



SEMARNAT

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

ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	2
I.1. Datos Generales del Proyecto	2
I.1.1. Nombre del Proyecto	2
I.1.2. Ubicación del proyecto	3
I.1.3. Dimensiones del proyecto	4
I.1.4. Duración del proyecto	8

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

I.1. Datos Generales del Proyecto.

En la actualidad, en gran parte de la Riviera Maya, y de forma específica en la playa ubicada frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort se reconoce un proceso de erosión que ha modificado el ancho de la playa, lo que a su vez ha incidido en la línea de costa, ocasionado por una combinación de factores naturales y de origen antrópico (Alexandrakis y Poulos, 2014) que no permiten la regeneración natural de la playa.

Para responder de una manera adecuada a la necesidad de frenar el proceso erosivo que sufre la playa debido a factores naturales y antrópicos que amenazan la infraestructura turística y el bienestar de sus visitantes, se requirió de realizar estudios de campo (dinámica costera, batimetría, biota marina, etc.), con el fin de valorar de manera integral el estado actual de los recursos bióticos y abióticos y poder identificar y evaluar los impactos ambientales (directos, así como sinérgicos, residuales y acumulativos) que pudiera generar el desarrollo del actual proyecto.

Es de esta manera, que con base en los resultados de los estudios técnicos realizados (diagnóstico de la zona y estudios de ingeniería y dinámica costera), se contempla la colocación de estructuras de protección paralelas a la costa lo que, en conjunción con el retiro de estructuras existentes (bolsacretos), permitirá la regeneración de la playa actualmente afectada por la pérdida crónica de sedimento. Estos estudios, garantizan de alguna forma, que el diseño, ubicación y orientación de los arrecifes artificiales sea el idóneo para dar una solución integral a la problemática identificada, contribuyendo con ello a mejorar las condiciones del Sistema Ambiental Regional (SAR) y trayendo beneficios a los visitantes del hotel y la biota.

I.1.1. Nombre del Proyecto

“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”

I.1.2. Ubicación del proyecto.

En la zona sureste de la República Mexicana, dentro de la península de Yucatán en el estado de Quintana Roo, municipio de Solidaridad en el poblado de Playa del Carmen al noreste de la mancha urbana, el proyecto se ubica en la zona marina del frente de playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

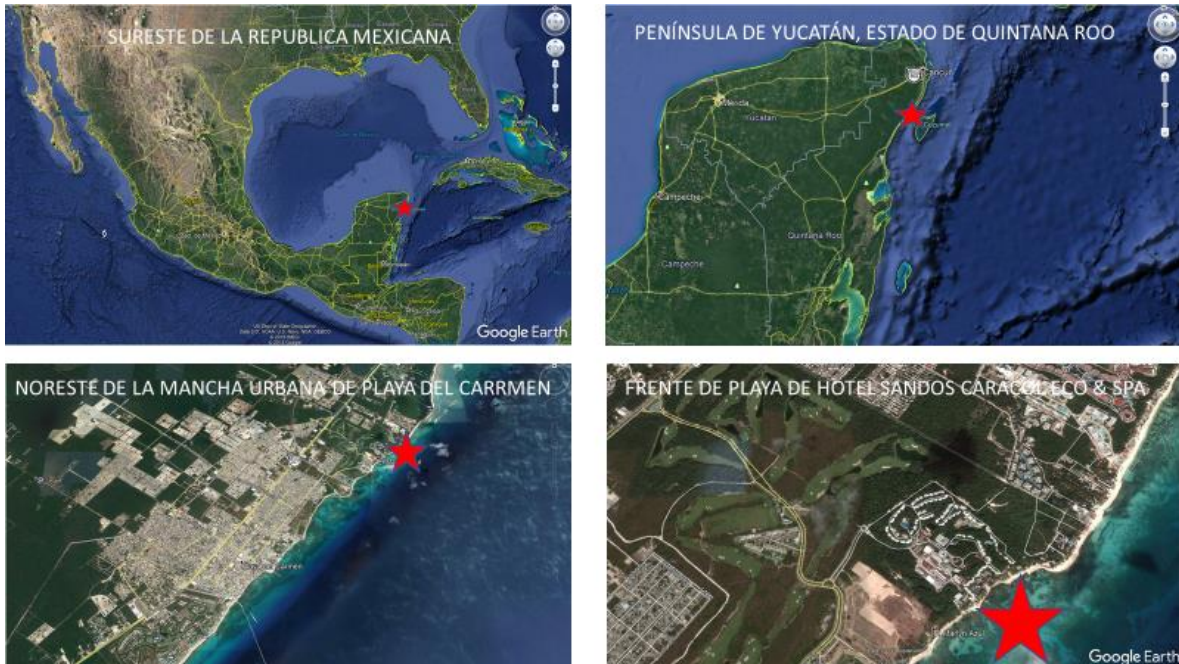


Figura 1. Ubicación del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, frente a la playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

El área de estudio del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, se localiza en la Carretera Cancún-Chetumal, C.P. 77710, en la localidad de Playa del Carmen, municipio de Solidaridad al noroeste del estado de Quintana Roo, en el corredor turístico Cancún-Tulum, mejor conocido como La Riviera Maya. El Proyecto se localiza a 51 km de Cancún, a orillas de la ciudad de Playa del Carmen y a 1.3 km de la carretera Cancún-Tulum (Carretera Federal 307).

El proyecto se ubica dentro de un Sistema Ambiental Regional (SAR), definido con base en la celda litoral, que en este caso abarca un polígono de 134.14 ha.

Una celda litoral es la región comprendida por rasgos geomorfológicos como puntas o salientes y en términos sedimentarios es autónoma de celdas contiguas; es decir que posee fuentes y sumideros de sedimento (Silva, Villatoro et al., 2014), por lo que el área comprendida en cada celda marina presenta condiciones y procesos propios.

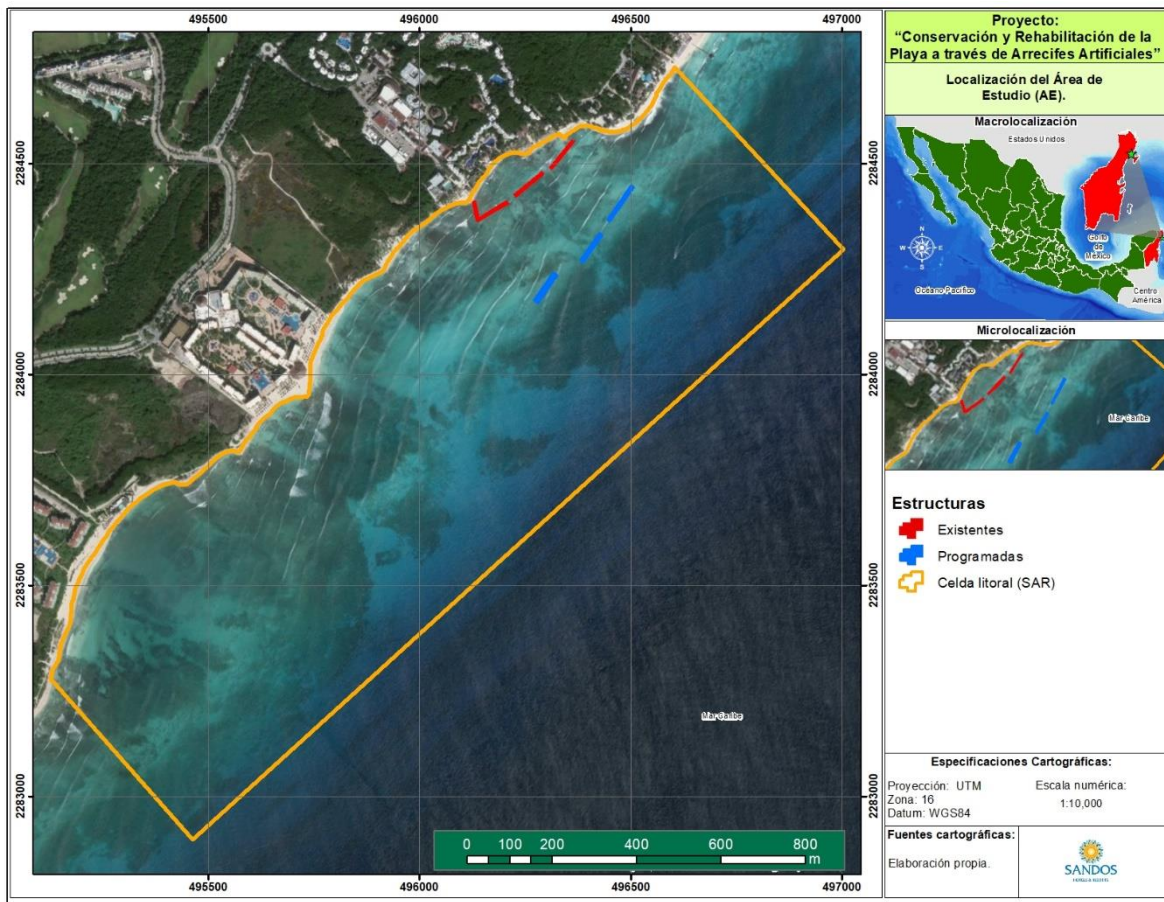


Figura 2. Ubicación del área del proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales" y la celda litoral definida como SAR.

I.1.3. Dimensiones del proyecto

El Sistema ambiental Regional delimitado para este proyecto ocupa un área de 134.14 ha. Este polígono abarca una distancia lineal de 2 km de frente de playa, y en la parte marina la profunda está delimitado por una distancia aproximada de la línea de costa de 700 m, a una profundidad promedio de 20 metros.



Tabla 1. Coordenadas geográficas del SAR del proyecto "**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**".

Vértice	Coordenada en X	Coordenada en Y
1	496486	2284856
2	497005	2284295
3	495463	2282899
4	494990	2283433

El proyecto "**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**" contempla, como se señaló previamente dos elementos:

- 1) La instalación de tres arrecifes artificiales y
- 2) el retiro de los bolsacretos que actualmente se ubican en el área.

Estos dos elementos son mostrados en la siguiente figura.

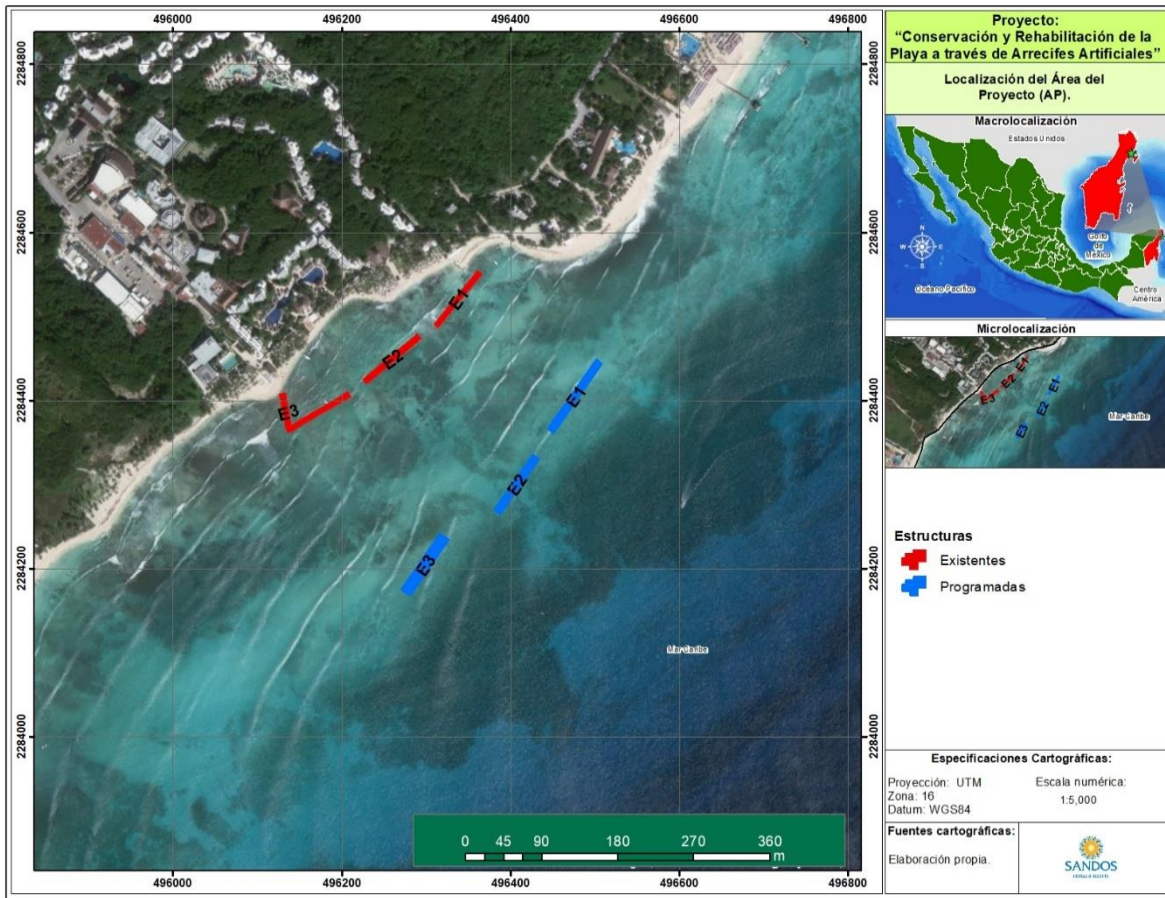


Figura 3. Ubicación del proyecto. En rojo se observan los bolsacretos que serán retirados y en azul los arrecifes artificiales que serán instalados.

A continuación, en la siguiente tabla, se presentan las coordenadas geográficas UTM (16N) de las tres estructuras de protección costera del proyecto "**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**". y las dimensiones de cada estructura de protección y el área que ocupa cada una dentro del SAR.



Tabla 2. Coordenadas de las tres estructuras de protección (AA).

Estructura	Vértice	Coordenada en X	Coordenada en Y
E1	1	496508.7065	2284443.6995
	2	496451.4865	2284361.6895
	3	496444.4335	2284366.6105
	4	496501.6535	2284448.6205
E2	1	496434.9526	2284329.3394
	2	496389.1726	2284263.7294
	3	496379.1674	2284270.7106
	4	496424.9474	2284336.3206
E3	1	496325.1594	2284235.3597
	2	496279.3794	2284169.7497
	3	496272.9006	2284174.2703
	4	496318.6806	2284239.8803

En la siguiente tabla se presentan las dimensiones de cada estructura de protección y el área que ocupa cada una.

Tabla 3. Dimensiones de cada estructura de protección (AA) y área ocupa dentro del SAR.

Estructura	Dimensiones (base) (m)	m ²	ha	Profundidad
E1	100 x 8.6	860	0.086	Isobata -2m
E2	80 x 12.2	976	0.0976	Isobata -2.8m
E3	80 x 7.9	632	0.0632	Isobata -1.8m
	Total	2,468	0.2468	

Con relación a las dimensiones de las estructuras existentes propuestas para su remoción, con ayuda de imágenes satelitales, se estimaron las dimensiones de estas estructuras, la cuales ocupan un área total aproximada de 1,604.934 m².

Tabla 4. Características de las estructuras (bolsacretos) que actualmente se presentan frente al “Hotel Sandos Caracol Eco Resort”.

Estructura (bolsacretos)	Dimensiones aproximadas (m)	Área ocupada (m ²)
E1	76.21 x 5.5	419.155
E2	82.43 x 9.5	783.085
E3	Paralela 77.83 x 3.7	287.971
	Perpendicular 42.49 x 2.7	114.723
Total		1,604.934

Estas estructuras, como ya se ha mencionado no han sido funcionales e incrementan la pérdida de sedimento debido a su ubicación y diseño, por lo que se propone su retiro.

Con base en lo anterior, se contará así con dos áreas principales de trabajo. La primera corresponde a la zona de instalación de los rompeolas en el fondo marino ocupando un área aproximada de 2,468.00 m² y la segunda, la zona donde se ubican los bolsacretos, mismos que serán desmantelados en un área aproximada de 1,604.934 m². Por lo tanto, el área total que será intervenida por la ejecución del proyecto corresponde a aproximadamente 4,072.934 m² (0.4072 ha). El área de ocupación del proyecto corresponde a 0.30% del área total del SAR.

I.1.4. Duración del proyecto

La implementación de los Arrecifes Artificiales (AA) como primera obra a realizar y el desmantelamiento de los bolsacretos, como segunda obra del presente proyecto, se estima que tendrán una duración de 18 meses durante las etapas de preparación del sitio y construcción y la vida útil del proyecto se considera que sea de 90 años.

El mantenimiento de los AA, se dará en caso de que un evento climático extraordinario (huracanes o tormentas tropicales con gran intensidad) llegue a modificar las estructuras o sus componentes, dando la notificación respectiva a la autoridad ambiental.



ÍNDICE

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.....	2
II.1 Información general del proyecto, plan o programa.....	7
II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa.	7
II.1.2 Justificación.....	9
II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto	15
II.1.4 Inversión requerida.....	24
II.2. Características particulares el proyecto.	25
II.2.1 Programa de trabajo.....	25
II.2.2 Representación gráfica regional.....	28
II.2.3 Representación gráfica local.....	29
II.2.4 Preparación del sitio y construcción	32
II.2.5 Operación y mantenimiento.....	41
II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.....	42
II.2.7 Residuos	43
II.2.8.- Generación de gases efecto invernadero	44
II.2.8.1 Identificación por etapa si el proyecto:.....	44
II.2.8.2 Generará gases efecto invernadero como es el caso de H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CFC, O ₃ , entre otros.....	44
II.2.8.3 Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto.....	47

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

Introducción

El estado de Quintana Roo se ha caracterizado por ser un destino turístico muy solicitado debido en gran medida a la belleza de sus playas con arena blanca y suave. No obstante, el sistema costero en las playas de la Riviera Maya, ha sido modificado por actores naturales y humanos y en la actualidad no es capaz de absorber nuevos embates ni de recuperarse a sí mismo (Guido Aldana, et al., 2009). En el caso particular de la Riviera Maya, se ha provocado que la costa cambie, de manera gradual, sus estados de equilibrio natural; es por ello que los procesos y fenómenos físicos de las playas responden de manera diferente a lo deseado, lo cual implica una serie de modificaciones que pueden llegar a considerarse como adversas tanto en términos ambientales como sociales y económicos (Ruiz-Martínez, et al., 2013), pues ha estado sujeta a procesos erosivos que han causado el retroceso de la línea de costa.

Uno de los factores determinantes de estas alteraciones costeras es sin duda el cambio climático, el cual ha provocado tormentas tropicales y huracanes más frecuentes e intensos. En la Riviera Maya, en los últimos años, huracanes como Gilberto, Wilma e Iván causaron graves daños en la línea de costa y disminución de las formaciones naturales de coral en aguas someras, además de allanamiento de los bajos de arena submarinos, los cuales además de su gran valor biológico, funcionaban como protecciones naturales de la línea de costa. Esto trajo como consecuencia una agresiva y permanente erosión y pérdida de las playas con afloramientos de roca madre que provocan inseguridad y disminuyen la calidad de los servicios turísticos.

Se ha observado así mismo que es la interacción de diferentes factores naturales lo que provoca la erosión de la zona costera, como las corrientes, el oleaje, las mareas y los vientos aunado a la morfología y batimetría costera en combinación con los procesos sedimentarios, hidrológicos y meteorológicos que inciden en la zona. Al respecto, el registro de una mayor frecuencia e intensidad de los eventos climáticos, así como el incremento en la elevación del nivel del mar es una evidencia más de las alteraciones provocadas por el cambio climático que debe ser considerado dentro de todos los estudios y proyectos serios a ser desarrollados dentro de la Riviera Maya.

Por otro lado, los agentes antrópicos han jugado un papel esencial en este proceso, pues más allá de los procesos físicos y geológicos que modifican de forma instantánea o gradual el comportamiento de un sistema litoral, actividades antropogénicas tales como la extracción de arena, petróleo, gas, y el establecimiento de asentamientos humanos o desarrollos turísticos tienden a acrecentar de una manera negativa la recuperación natural que posee una playa (disminución de su resiliencia), puesto que en la mayoría de los casos se alteran las fuentes de abastecimiento natural de sedimento (e.g. dunas, barras, etcétera), las cuales se consideran como elementos de retroalimentación de las costas (Ruiz-Martínez, et al., 2013). Es de resaltar que los procesos erosivos que se observan en la Riviera Maya, también se están presentando en otras playas del Caribe (PNUMA, 2003).

Como en gran parte de la Riviera Maya, en la playa ubicada frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort se reconoce un proceso de erosión que ha modificado el ancho de la playa, lo que a su vez ha incidido en la línea de costa, ocasionado por una combinación de factores naturales y de origen antrópico (Alexandrakis y Poulos, 2014) que no permiten la regeneración natural de la playa.

Uno de los factores que ha incidido de manera directa y a escala local en la pérdida de sedimento en la playa frente al hotel, es la presencia de tres estructuras paralelas a la línea de costa, conformadas de bolsas conteniendo concreto solidificado (bolsacretos), que fueron colocadas años atrás y que no han tenido el efecto esperado. Al respecto, estas estructuras fueron instaladas como parte del proyecto "Protección y Mejoramiento de la Playa frente al "Hotel El Caracol Village", autorizado por la Delegación Federal en Quintana Roo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mediante oficio No. DFQR/1098/2002.

Dicho proyecto consideró la colocación, en la zona marina, de 3 arrecifes artificiales, dispuestos en forma paralela a la línea de costa. Estas estructuras fueron modificadas posteriormente, cambiando su altura y acondicionando una apertura más grande entre los bolsacretos para permitir el acceso de embarcaciones pequeñas a la playa.



Figura 1. Ubicación de los bolsacretos y efectos erosivos en el frente de playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

Actualmente se ha observado la pérdida de arena en la zona de playa, suponiendo que es un efecto causado por las estructuras antes señaladas. Esto ha sido comprobado por estudios realizados en la zona (Anexo II.1), donde se ratifica la modificación de la línea de costa ocasionada por efectos erosivos en la playa, como resultado de la combinación de factores naturales de la dinámica costera y los de origen antrópico (Alexandrakis y Poulos, 2014). Estos factores (naturales y antrópicos) se encuentran actuando simultáneamente bajo diferentes escalas; es decir por un lado y a escala regional los eventos meteorológicos han jugado un papel importante en la pérdida de sedimento y por otro, a escala local, los bolsacretos no han protegido la playa en condiciones de tormenta por su diseño, altura y ubicación, además de que los espacios entre éstos ocasionan la pérdida de sedimentos que pudiera depositarse en la zona de la playa.



Figura 2. Las estructuras sumergidas de geotextil y sus superficies curvas y suaves (Parte superior de la imagen) permiten que las olas pasen sobre la estructura y se impacten con la playa.

Para evidenciar el estado actual de la playa y entender la causa de erosión en el sitio, se realizaron estudios técnicos de modelaje numérico con el fin de examinar las causas de la pérdida de sedimento en el frente de playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, considerando las observaciones realizadas y antecedentes de otros estudios y proyectos realizados cercanos al área del Hotel Sandos Caracol Eco Resort. (Silva et al., 2016).

Con base en el estudio técnico de ingeniería (Anexo II.1) se identificó que estas estructuras bloquean el aporte de sedimento que se da de manera natural en el transporte, y que, bajo las condiciones de oleaje presente en la zona no permiten la regeneración natural de la playa. Los tubos geotextiles o bolsacretos brindan protección a la playa, pero existen zonas más angostas debido a las aperturas que se realizaron entre algunos de éstos, para libre tránsito de embarcaciones, por lo

que parte de la playa centro y sur sigue siendo vulnerable a la pérdida de arena. Esto se evidencia en la siguiente figura, donde la configuración de la playa es sustancialmente influenciada por las estructuras existentes.



Figura 3. Ubicación de los bolsacretos y efectos erosivos en el frente de playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort. Las flechas azules muestran el flujo de agua dentro de la zona afectada por los bolsacretos, observándose además depresiones evidentes en la playa.

Considerando lo anterior, el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, se presenta como una medida necesaria para frenar el proceso erosivo en la playa colindante al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, como producto de los procesos meteorológicos e hidrológicos en la línea de la costa en combinación con el efecto producido por los bolsacretos. Esto con el fin de recuperar el ancho de playa reducido por la pérdida de sedimento, y con ello mejorar las condiciones actuales del sitio, lo que será traducido en el bienestar de los visitantes y del ambiente marino.



II.1 Información general del proyecto, plan o programa

II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa.

El proyecto denominado “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, es una obra nueva de protección costera que se pretende ubicar en la zona marina colindante al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en lo sucesivo el hotel.



Figura 4. Ubicación del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.



Figura 5. Predio del Hotel Sandos Caracol Eco Resort frente al cual se desarrollará el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”.

El proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, incluye la ejecución de dos elementos importantes:

1. La colocación de **tres** estructuras de protección paralelas a la línea de costa (arrecifes artificiales) con la finalidad de disminuir la fuerza del oleaje y con ello la erosión de la playa, asegurando el aporte de sedimento a la playa y,
2. El retiro de los bolsacretos que actualmente se ubican en el área debido a su poca funcionalidad y a que generan una mayor afectación a la zona ya que bajo las condiciones de oleaje presentes no permiten la regeneración natural de la playa. Con dicha acción se espera coadyuvar en la disminución del proceso erosivo que se sufre en el área actualmente.

El proyecto pretende llevarse a cabo en una superficie de 4,072.984 m²(0.4072 ha), de los cuales 2,468 m²serán ocupados por la instalación de los arrecifes artificiales y 1,604.934 m² serán intervenidos para el retiro de los bolsacretos, con el fin de dejar



el espacio abierto para el libre flujo del agua y el transporte de sedimento hacia la playa.

Se considera que no se requieren obras asociadas para la ejecución y desarrollo de este proyecto. Sólo podría requerirse el acondicionamiento de una rampa para colocar las piezas de roca sobre la barcaza en la orilla del mar para transportar y colocar las estructuras en el sitio adecuado, estas obras serían provisionales y se quitarían una vez terminada la etapa de construcción de los arrecifes artificiales.

Este proyecto, como se señaló anteriormente, responde a la necesidad de frenar el proceso erosivo que sufre la playa debido a factores naturales y antrópicos que amenazan la infraestructura turística y el bienestar de sus visitantes. Para la concepción de este proyecto integrado por los elementos antes descritos, se requirió la realización de estudios de campo (dinámica costera, batimetría, biota marina, etc.) con el fin de valorar de manera integral el estado actual de los recursos bióticos y abióticos y poder identificar y evaluar los impactos ambientales (directos, así como sinérgicos, residuales y acumulativos) que pudiera generar el desarrollo del proyecto.

Es importante señalar que la ejecución de este proyecto significará mejoras ambientales al ayudar a disminuir la erosión del área y con ello el retroceso de la línea de costa traduciéndose además en beneficios para la recreación y seguridad de los visitantes y para la biota que habita el sitio. Tomando en cuenta que la instalación de los arrecifes artificiales tiene un beneficio directo al turismo, ya que el fin buscado es la restitución de la playa y la disminución de la erosión que actualmente sufre la playa, el sector en el que se inscribe el proyecto es el Sector turístico.

II.1.2 Justificación

La zona turística de la Riviera Maya, en el estado de Quintana Roo constituye uno de los desarrollos turísticos más modernos e importantes de México. La actividad turística en esta zona es considerada como un renglón estratégico de la economía nacional (Guido Aldana et al., 2009). Desafortunadamente debido a su ubicación geográfica, el estado es altamente vulnerable a los huracanes, por lo que la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos en los últimos años, ha ocasionado cuantiosos daños a la infraestructura hotelera y ha afectado significativamente la estabilidad de las playas. Lo anterior, sumado a las externalidades negativas producto de la expansión hotelera en esta zona (Guido Aldana, et al., 2009),



trayendo consigo la pérdida de vegetación y de dunas, elementos importantes para la conservación del sedimento.

Aunado a lo anterior, se ha observado que generalmente las playas que no tienen frente a ellas barreras arrecifales, se encuentran expuestas a la acción del oleaje que de ser altamente energético genera escape de sedimento, lo que es contrarrestado únicamente si en alguna época del año el oleaje deposita arena. Cuando esto sucede, la arena conforma una duna donde el desarrollo de la vegetación halófila ayuda a la retención de sedimento. Esta dinámica está influenciada por la geomorfología de la playa y la dirección del oleaje que cambia con las estaciones. Cuando se altera alguno de los componentes que conforman la dinámica de la playa, se observa un desequilibrio en esta dinámica de erosión – acreción, lo cual llega a exponer la roca y en las zonas con construcciones se llegan a observar daños en las estructuras de las edificaciones cercanas.

La playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, se ubica en una zona donde no existe la protección de barrera arrecifal por lo que es más susceptible a los cambios estacionales. En el área, la dinámica de playa frente al hotel, está determinada por los efectos de la interacción de las corrientes y el oleaje, además de los eventos meteorológicos extremos y efecto producido por los bolsacretos.

Con la finalidad de determinar el estado actual de la playa colindante al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, se llevó a cabo el diagnóstico del problema de erosión que está presente en la playa y el dominio aledaño al hotel, a través del análisis del retroceso de la línea de costa considerando los años 2004, 2007, 2009, 2010, 2012 y 2016, además de la relación de la geomorfología, granulometría e hidrodinámica del oleaje para entender las causas de la pérdida de sedimento (Anexo II.1).

Los resultados de este análisis arrojaron que existe una tendencia erosiva en la parte alta de la playa y de sedimentación en la parte baja de ésta, además de pérdida de sedimento hacia aguas profundas. En la zona de los bolsacretos se identificaron zonas de erosión, en lo que probablemente son las bocas entre estructuras, sin encontrarse zonas de sedimentación con lo que se puede observar que esta área está perdiendo sedimento.

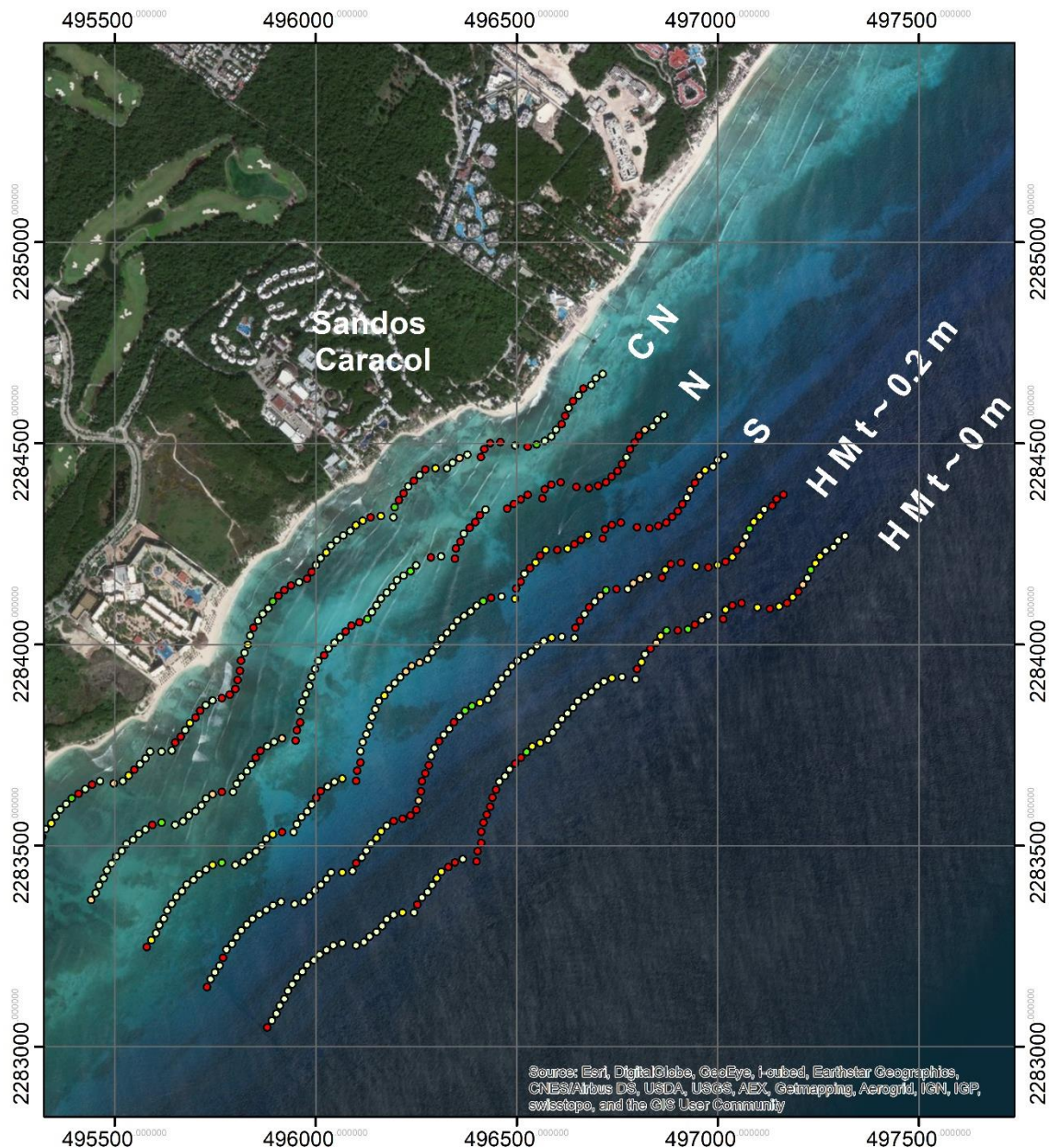


Figura 6. Índice de erosión de la playa del Hotel Sandos Caracol, para diferentes condiciones de oleaje. CN condiciones normales, N condición de Nortes, S condición de Suradas, H M t – 0.2 condición de huracanes con sobreelevación de marea de tormenta de 0.20 m y H M t – 0 condición de huracanes sin sobreelevación por marea de tormenta.

Los resultados de este estudio permitieron concluir que la playa del Hotel Sandos Caracol, se encuentra bajo un proceso de erosión crónica debido al poco aporte sedimentario que existe en la celda litoral. Cuando se presentan condiciones de oleaje con altura de ola entre 1 y 1.5 m y periodos no mayores a 10 s (Condiciones normales y Nortes), las olas inciden francamente sobre la playa generando un transporte de sedimento transversal en dirección mar (pérdida de sedimento) y cuando la velocidad de las corrientes es suficiente para transportar sedimento de forma longitudinal la dirección es hacia el sur, aun cuando se presentan los eventos de suradas, tal efecto se reconoce por el proceso de refracción del oleaje ocasionado por la batimetría de la costa.

En cuanto a las estructuras que están dispuestas en el frente de la playa, éstas no permiten la recuperación de la playa, sino al contrario potencializan los procesos del oleaje que han dado pie a que la línea de costa retroceda en algunos sectores, a través de dos efectos adversos que están contribuyendo al incremento en el proceso de erosión:

1. Al existir un transporte de sedimento hacia mar, las estructuras bloquean el sedimento que se transporta hacia la playa de forma transversal. Por la forma geométrica de las estructuras, en términos morfodinámicos las estructuras actúan como una barra; pero por la disminución de su altura ya no disipan suficiente energía del oleaje y por las características disipativas del perfil de la playa las estructuras están generando una zona inestable permitiendo que se queden atrapadas las olas.
2. Las estructuras generan una zona de difracción, por lo tanto, las corrientes y la amplitud de la ola se incrementan lo cual también genera pérdida de sedimento.

El sistema costero ha sido modificado por actores naturales y humanos y en la actualidad no es capaz de absorber nuevos embates ni de recuperarse por sí mismo (Guido Aldana, et al., 2009).



Figura 7. Variaciones en la línea de costa frente el Hotel Sandos Caracol Eco Resort debidas a la pérdida de sedimento.

Actualmente este grave problema erosivo ejerce una presión constante sobre el sistema ambiental, impactando de tal manera que el lugar va perdiendo gradualmente su calidad y belleza, factores que, individualmente y en su conjunto, degradan la imagen de esta localidad turística lo que se traduce en pérdidas económicas por la desvalorización del producto turístico.

Asimismo, el deterioro de la playa conlleva la degradación de otros factores físicos y biológicos que pueden incidir en la presencia de especies silvestres de interés como las tortugas marinas, pues estos reptiles necesitan playas con condiciones aptas para su arribo y anidamiento. Se ha visto que estos animales prefieren playas amplias con pendientes poco pronunciadas para un anidamiento exitoso. La pérdida de sedimento y el consecuente retroceso de la línea de costa disminuye la probabilidad de arribo de estos quelonios y con ello afectación a la reproducción de las tortugas marinas.

Además de lo anterior, esta pérdida constante de sedimento hacia el mar representa un factor de afectación a la biota marina que se localiza en la zona, pues el constante transporte y depósito, genera daños a las comunidades por abrasión o sedimentación.

Frente a la evidente fragilidad del sistema es necesario plantear una solución de carácter integral que no genere riesgos a los turistas y sin alterar el paisaje natural (Hernández, 2008). Además, que reconozca dentro de un plan de manejo costero integrado, aquellas zonas de concentración de energía del oleaje, mitigue el transporte de sedimentos fuera del sistema y permita el usufructo de la zona turística. Es por las razones antes expuestas que se hace imprescindible la implementación de acciones para recuperar la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort a partir de acciones tendientes a mejorar el entorno en el cual se prestan servicios turísticos y el hábitat para las especies y que garanticen la efectividad de las mismas, incidiendo directamente en la preservación de las playas y recuperación de los recursos naturales y económicos invertidos, obteniéndose beneficios sociales, económicos y ambientales.

Ante la situación actual del área, la única posibilidad de modificar las condiciones actuales de la playa es mediante la construcción de alguna estructura que sea capaz de disminuir la fuerza del oleaje que incide en la zona. Dicha estrategia debe, al menos cumplir con los siguientes términos:

- a) Reducir la energía del oleaje en la zona frente al predio del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.
- b) No generar impacto visual.
- c) Permitir el transporte litoral, pero controlando la respuesta dinámica de la línea de costa a los cambios estacionales y
- d) Contribuir a la generación de un nuevo hábitat para el establecimiento y resguardo de especies ayudando con ello a disminuir en cierta medida la presión de visitantes en zonas de arrecifes naturales.

Es así que el presente proyecto se propone en consecuencia a los efectos erosivos severos que están impactando el área del frente costero del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, el cual tras los estudios técnicos necesarios (diagnóstico de la zona y estudios de ingeniería específicos), contempla la colocación de estructuras de protección paralelas a la costa lo que, en conjunción con el retiro de los bolsacretos, permitirá la regeneración de la playa actualmente afectada por la pérdida crónica de sedimento. Este proyecto fue concebido con base en estudios de ingeniería y dinámica costera para que el diseño, ubicación y orientación de los arrecifes artificiales fueran idóneos para dar una solución integral a la



problemática identificada, contribuyendo con ello a mejorar las condiciones del SAR y trayendo beneficios a los visitantes del hotel y la biota.

Objetivos del Proyecto

Con base en lo expuesto previamente, los objetivos que se persiguen con la ejecución de este proyecto son los siguientes.

General

Implementar una medida que permita mitigar el proceso erosivo que sufre la playa producido por fenómenos hidro-meteorológicos y antrópicos (bolsacretos) con el fin de reducir la variabilidad espacio-temporal de la línea de costa frente al predio del “Hotel Sandos Caracol Eco Resort”.

Particulares

- Instalar tres estructuras de protección (arrecifes artificiales) paralelos a la línea de costa en la playa colindante con el Hotel con el fin de disminuir la fuerza del oleaje, permitir el transporte de sedimento a zonas contiguas y estabilizar el frente de playa.
- Retirar las estructuras existentes (bolsacretos) para evitar los procesos de difracción y retención de sedimento en la zona lo que ayudará a eliminar el efecto sinérgico erosivo por la presencia de estas estructuras.

II.1.3 Ubicación física y dimensiones del proyecto

El proyecto denominado “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, se ubica en la zona marina colindante al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, y se localiza en la Carretera Cancún-Chetumal, C.P. 77710, en la localidad de Playa del Carmen, municipio de Solidaridad al noroeste del estado de Quintana Roo, en el corredor turístico Cancún-Tulum, mejor conocido como La Riviera Maya. El Proyecto se localiza a 51 km de Cancún, a orillas de la ciudad de Playa del Carmen y a 1.3 km de la carretera Cancún-Tulum (Carretera Federal 307).

El proyecto se ubica dentro de un Sistema Ambiental Regional (SAR), definido con base en la celda litoral. Una celda litoral es la región comprendida por rasgos geomorfológicos como puntas o salientes y en términos sedimentarios es autónoma



de celdas contiguas; es decir que posee fuentes y sumideros de sedimento (Silva, Villatoro et al., 2014), por lo que el área comprendida en cada celda marina presenta condiciones y procesos propios.

El Sistema Ambiental Regional delimitado para este proyecto ocupa un área de 134.14 ha. Este polígono abarca una distancia lineal de 2 km de frente de playa, y en la parte marina profunda está delimitado por una distancia aproximada de la línea de costa de aproximadamente 700 m, a una profundidad promedio de 20 metros.

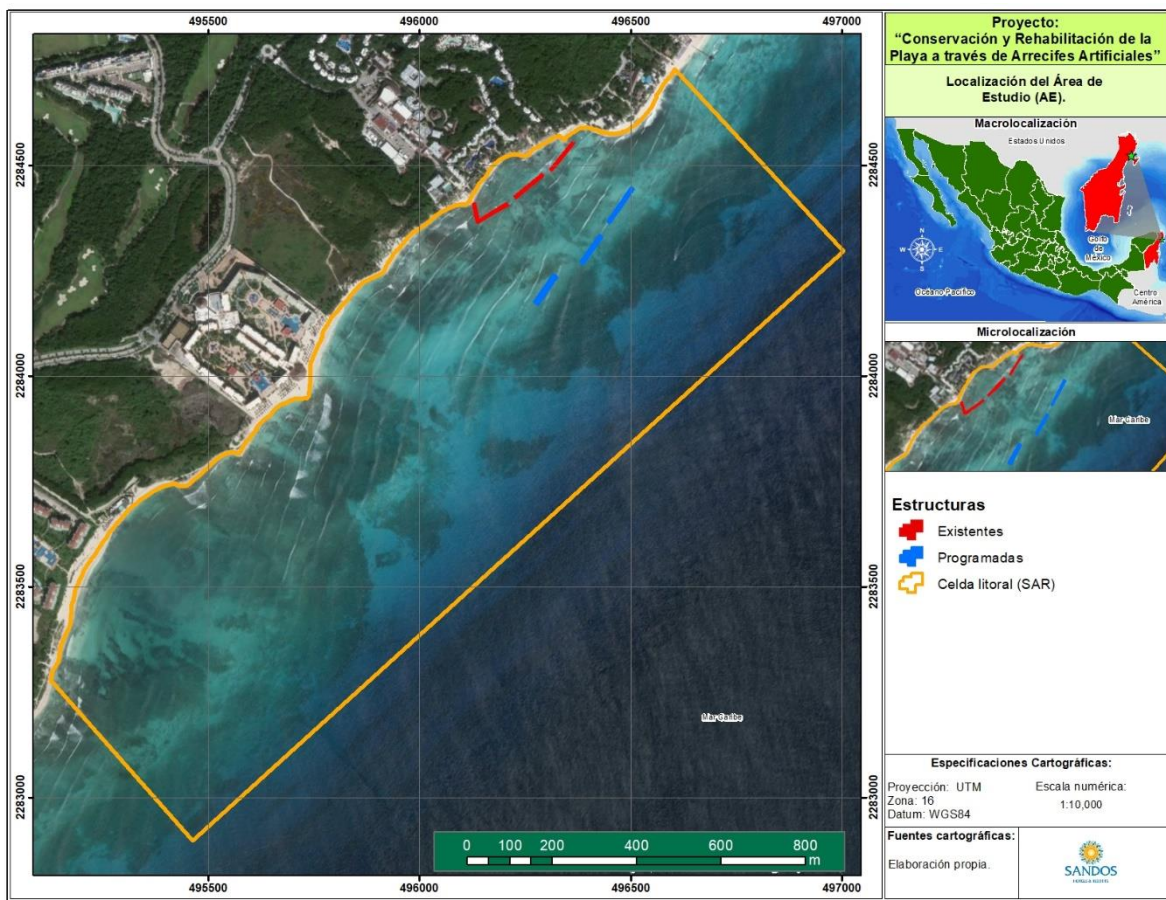


Figura 8. Ubicación del área de estudio (arriba) y celda litoral definida para el Sistema Ambiental para el proyecto “Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”.

El SAR (la celda litoral) se ubica en las siguientes coordenadas.



Tabla 1. Coordenadas geográficas del SAR del proyecto “Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”.

Vértice	Coordenada en X	Coordenada en Y
1	496486	2284856
2	497005	2284295
3	495463	2282899
4	494990	2283433

El proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” contempla, como se señaló previamente dos elementos: 1) la instalación de tres arrecifes artificiales y 2) el retiro de los bolsacretos que actualmente se ubican en el área. Estos dos elementos son mostrados en la siguiente figura.

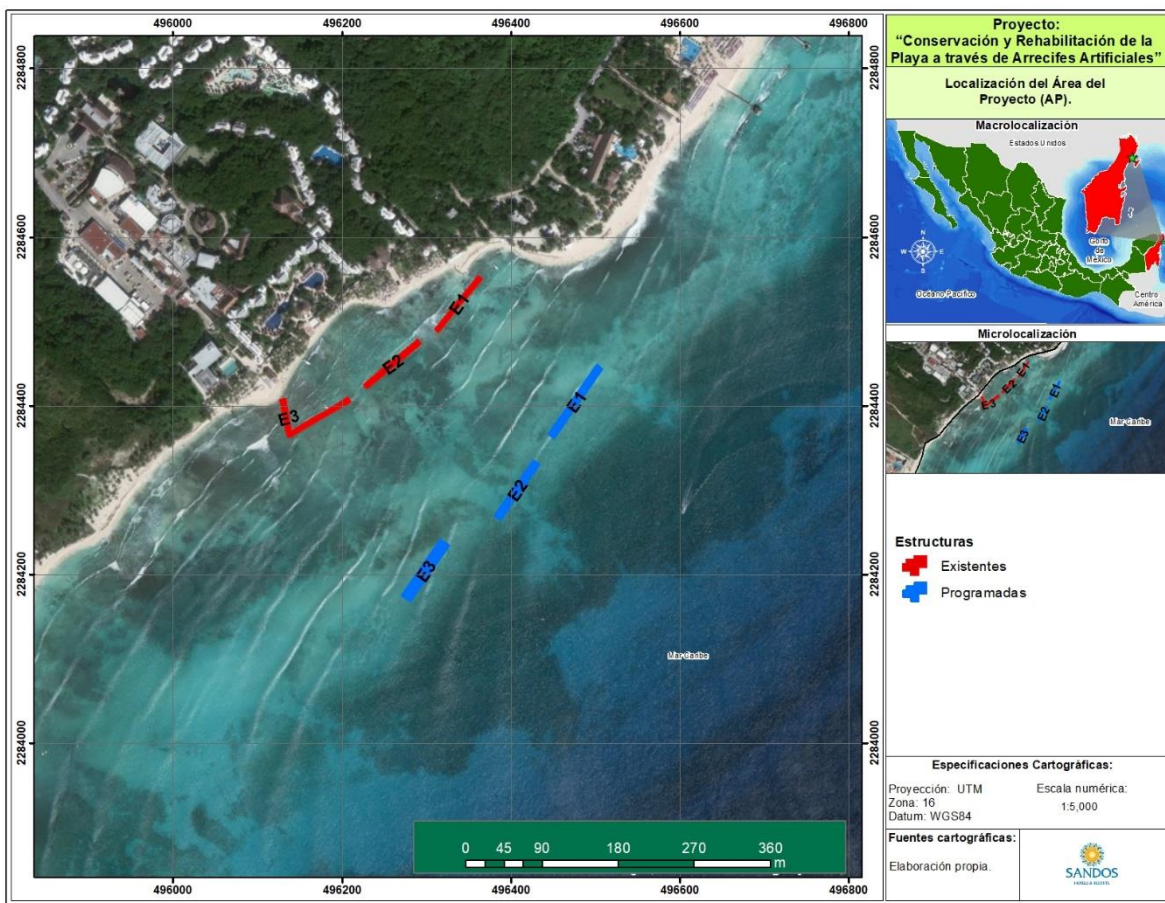


Figura 9. Ubicación del proyecto. En rojo se observan los bolsacretos que serán retirados y en azul los arrecifes artificiales que serán instalados.



A continuación, se describirán las características y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman este proyecto.

1. Instalación de Arrecifes Artificiales (Estructuras de protección).

En virtud de que estacionalmente existe una pérdida de arena en la playa colindante con el Hotel y vistos los resultados del análisis de dinámica costera (Anexo II.1), que confirman la propensión de dicha zona a perder arena, es que el proyecto pretende la instalación de tres estructuras de protección paralelas a la costa (arrecifes artificiales), a aproximadamente 300 m de la línea de costa.

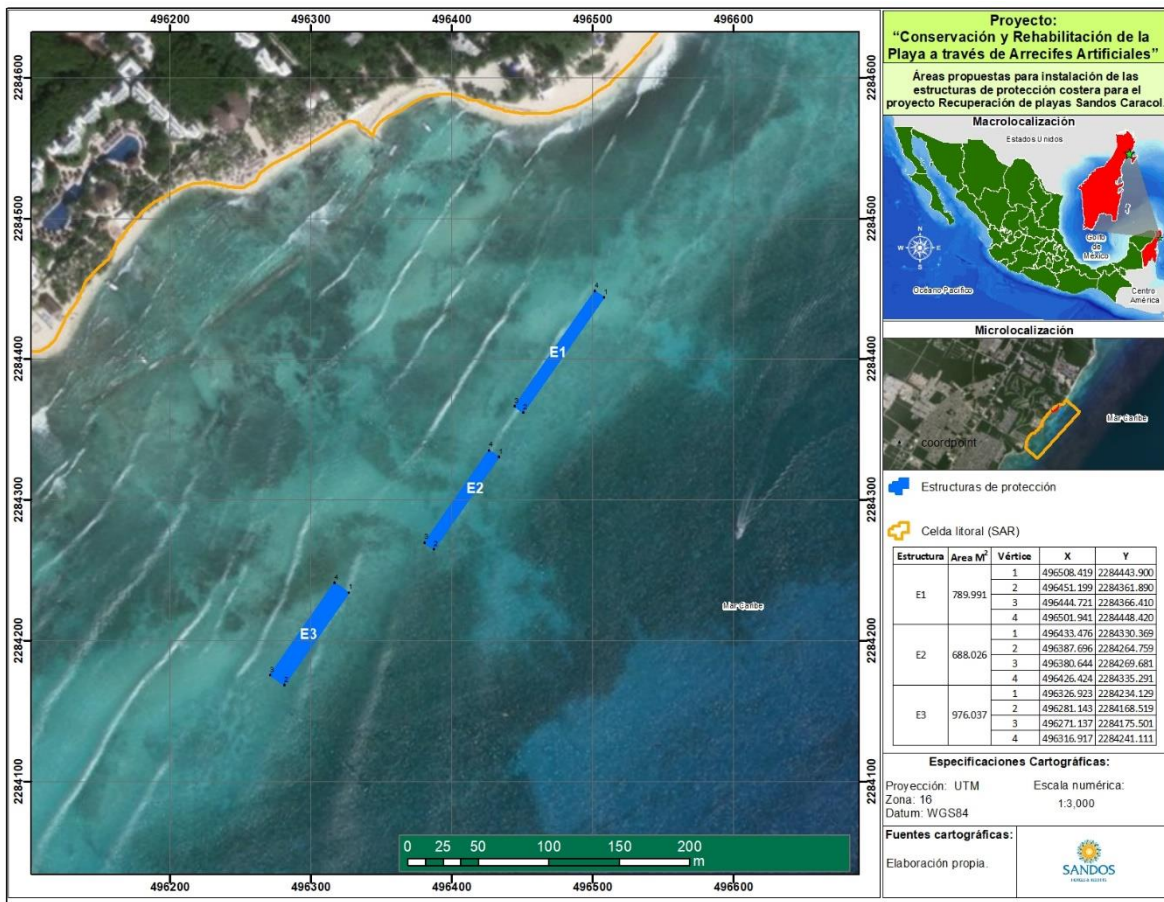


Figura 10. Ubicación de los arrecifes artificiales a colocar frente a la playa del hotel.

La ubicación geográfica de cada una de las estructuras se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 2. Coordenadas geográficas UTM (16N) de las tres estructuras de protección costera del proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales".

Estructura	Vértice	Coordenada en X	Coordenada en Y
E1	1	496508.7065	2284443.6995
	2	496451.4865	2284361.6895
	3	496444.4335	2284366.6105
	4	496501.6535	2284448.6205
E2	1	496434.9526	2284329.3394
	2	496389.1726	2284263.7294
	3	496379.1674	2284270.7106
	4	496424.9474	2284336.3206
E3	1	496325.1594	2284235.3597
	2	496279.3794	2284169.7497
	3	496272.9006	2284174.2703
	4	496318.6806	2284239.8803

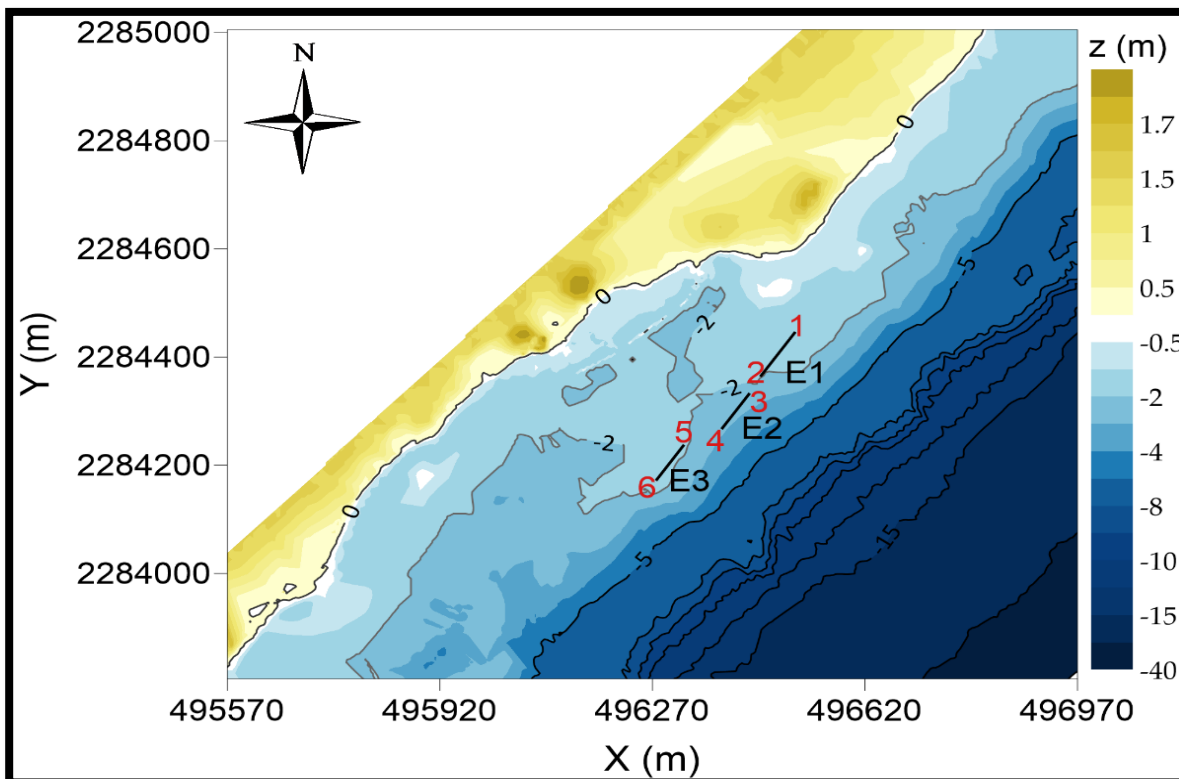


Figura 11. Ubicación de las estructuras sobre la batimetría de la zona

Las dimensiones de cada una de las estructuras se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Dimensiones de cada estructura de protección y área ocupa dentro del SAR.

Estructura	Dimensiones (base) (m)	m ²	ha	Profundidad
E1	100 x 8.6	860	0.086	Isobata -2 m
E2	80 x 12.2	976	0.0976	Isobata -2.8 m
E3	80 x 7.9	632	0.0632	Isobata -1.8m
	Total	2,468	0.2468	

Como se observa en la tabla, las estructuras, son rectas y se ubican paralelas a la línea de playa, siendo la primera (norte), la de una mayor longitud con amplitud en la base de la misma de 8.6 m, mientras las estructuras 2 y 3 tendrán 80 m de longitud, y un ancho de base de 12.2 y 7.9 respectivamente. El área a ser ocupada por estas estructuras es de 2,468 m² (0.2468 ha) aproximadamente.

Diseño en sección transversal de las estructuras - Tamaño de pieza

La longitud de la arista de los cubos de concreto es definida mediante el cálculo del diámetro nominal que garantiza la estabilidad de las distintas unidades en los diques en talud. Para ello se utilizó la metodología de diques en talud de baja cota de coronación propuesta por Kramer & Burcharth (2003).

De acuerdo con Kramer & Burcharth (2003), para altura de ola de diseño determinada por rotura por fondo, como es el caso de este proyecto, el diámetro nominal requerido Dn_{50} puede ser estimado por la ecuación. (1).

$$Dn_{50} = 0.29 \cdot H_c \tag{1}$$

donde H_c es la altura de la estructura

Considerando la profundidad máxima que se alcanza en el eje de las estructuras, se obtienen los diámetros nominales mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 4. Diámetro nominal de diseño de los cubos para las estructuras de protección

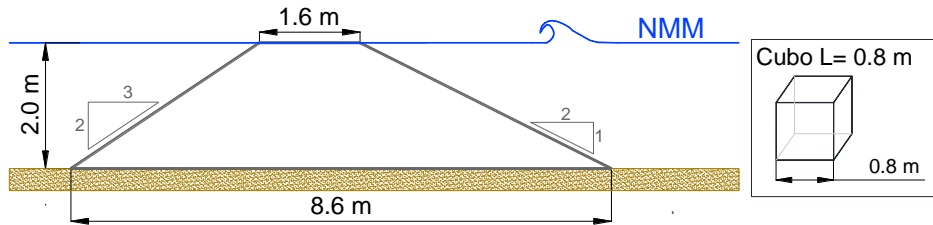
Estructura	Altura estructura- Hc (m)	Dn50 (m)
E1	2	0.58
E2	2.8	0.82
E3	1.8	0.52

A partir de los datos mostrados en la tabla anterior, es que se seleccionó el uso de cubos de concreto de 0.8 m de arista, que para la densidad de concreto que se puede obtener con los agregados disponibles en Quintana Roo (2.16 ton/m³) resultan con un peso de 1.1 toneladas.

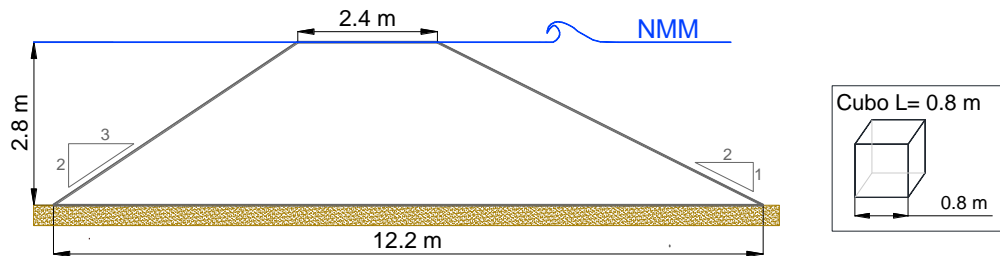
En la siguiente figura se muestra la sección de diseño de las tres estructuras, las cuales deben quedar coronadas a la altura del nivel medio del mar (NMM) en sus secciones ubicadas a mayor profundidad y ligeramente emergidas en el resto de su extensión. Se colocarán dos hileras de cubos en la coronación de las estructuras E1 y E3 y tres hileras en la situada a mayor profundidad, estructura E2.

A continuación, se presenta de manera esquemática las características de cada estructura.

SECCIÓN ESTRUCTURA E1



SECCIÓN ESTRUCTURA E2



SECCIÓN ESTRUCTURA E3

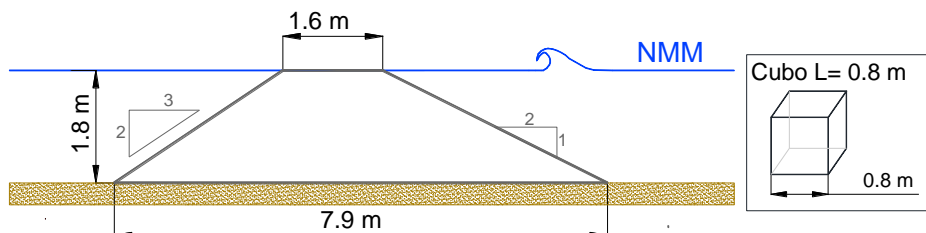


Figura 12. Sección transversal de las estructuras diseñadas para proteger el litoral del "Hotel Sandos Caracol Eco Resort".

Las piezas que conformarán a los arrecifes artificiales serán adquiridas en una empresa dedicada a ello, la cual será contratada en un radio no mayor a 30 km para facilitar su traslado, por lo que no serán conformadas en el predio. Dichas piezas serán cubos de concreto y medirán 0.8 m por 0.8 m y tendrán un peso de 1.1 ton., tal y como se ha señalado.

Cabe mencionar que el diseño, orientación y ubicación de estas estructuras fue determinado a través de un estudio técnico de ingeniería (Anexo II.1), por lo que se espera que estas estructuras cumplan su función de manera exitosa.



Al proteger la playa con este tipo de estructuras se generará de forma indirecta un hábitat artificial para especies características de los arrecifes coralinos naturales. El efecto combinado de las unidades posicionadas estratégicamente, disminuye la energía de la corriente, la cual será desviada reduciendo así la energía destructiva del oleaje y en consecuencia la erosión de las costas, desviando las corrientes, disminuyendo y cambiando la velocidad del agua, permitiendo que se deposite el sedimento y evitando la resuspensión por la alta energía que lleva la corriente normalmente.

2. Retiro de bolsacretos.

Frente al "Hotel Sandos Caracol Eco Resort" se presentan tres estructuras conformadas por bolsacretos a una distancia aproximada de 92 m de la línea de costa, como se muestra en la siguiente figura (E1, E2 y E3), que fueron instalados previamente como una medida para minimizar el retroceso de la línea de costa.

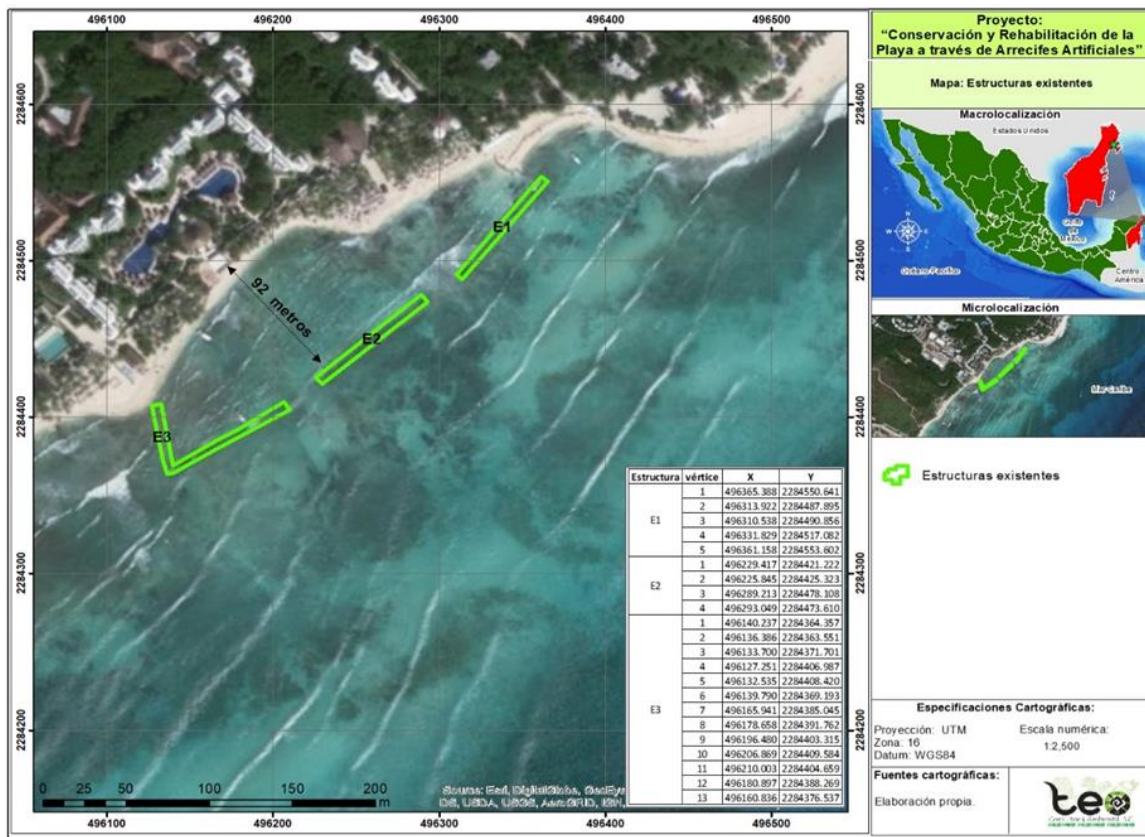


Figura 13. Ubicación de las estructuras actuales conformadas por bolsacretos.



Con ayuda de imágenes satelitales se estimaron las dimensiones de estas estructuras, la cuales ocupan un área total aproximada de 1, 604.934 m².

Tabla 5. Características de las estructuras (bolsacretos) que actualmente se presentan frente al “Hotel Sandos Caracol Eco Resort”.

Estructura (bolsacretos)	Dimensiones aproximadas (m)	Área ocupada (m ²)
E1	76.21 x 5.5	419.155
E2	82.43 x 9.5	783.085
E3	Paralela 77.83 x 3.7	287.971
	Perpendicular 42.49 x 2.7	114.723
Total		1,604.934

Estas estructuras, como ya se ha mencionado no han sido funcionales e incrementan la pérdida de sedimento debido a su ubicación y conformación, por lo que serán retiradas.

Con base en lo anterior, se contará así con dos áreas principales de trabajo. La primera corresponde a la zona de instalación de los arrecifes artificiales en el fondo marino ocupando un área aproximada de 2,468.00 m² y la segunda, la zona donde se ubican los bolsacretos, mismos que serán desmantelados en un área aproximada de 1,604.934 m². Por lo tanto, el área total que será intervenida por la ejecución del proyecto corresponde a aproximadamente 4,072.934 m² (0.4072 ha).

II.1.4 Inversión requerida

El proyecto tiene una inversión de **\$600,000 USD (seiscientos mil dólares)**, distribuidos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Elementos considerados en la inversión prevista para la ejecución del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”.

Elementos	Porcentaje de la inversión (%) que será ocupado para cada actividad.
Compra de piezas	40 %
Colocación de estructuras	38 %
Retiro de bolsacretos	10 %
Señalamiento.	2 %
Medidas de prevención y mitigación	10 %
Total	100 %

II.2. Características particulares el proyecto.

El proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, comprende dos elementos, el primero corresponde a la instalación de tres arrecifes artificiales (estructuras para la protección de playas), y el segundo, el retiro de los bolsacretos que actualmente se ubican en la zona marina frente al Hotel. Las actividades de ejecución de estos elementos serán realizadas en diferentes momentos.

II.2.1 Programa de trabajo

Las actividades que serán ejecutadas en cada etapa de desarrollo del proyecto y el tiempo requerido para ello se muestran a continuación en el programa de trabajo.

Cabe mencionar que debido a que las piezas que conformarán a los arrecifes artificiales serán adquiridas en una empresa proveedora para ser transportadas directamente al sitio del proyecto, no se requieren acciones específicas previas como parte del diseño del proyecto en la ejecución de los dos elementos, es así que en la etapa que corresponde a preparación del sitio, únicamente se llevarán a cabo medidas para la protección de los componentes ambientales, éstas serán incluidas en esta etapa.

Tabla 7. Programa de trabajo considerado para la instalación de las estructuras de protección.

ETAPAS	ACTIVIDADES	MESES																		AÑOS			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3 a 90	
Preparación del Sitio	Rescate y reubicación de fauna marina.	■	■				■	■				■	■										
	Delimitación de las áreas de instalación de las estructuras en el fondo.			■	■				■	■				■	■								
	Colocación de geomalla en el área donde serán colocadas las estructuras.			■	■				■	■				■	■								
Construcción	Traslado de las piezas al lugar de colocación.				■	■	■			■	■	■			■	■	■						
	Colocación de las piezas.				■	■	■			■	■	■			■	■	■						
	Señalización						■				■					■							
Operación y mantenimiento	Reubicación y acomodo de piezas de ser el caso.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Tabla 8. Programa de trabajo considerado para el retiro de los bolsacretos.

ETAPAS	ACTIVIDADES	Meses												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Preparación del sitio	Rescate y reubicación de organismos.													
	Colocación de la geomalla													
Retiro de bolsacretos	Fracturación de bolsacretos													
	Traslado de fragmentos hacia su sitio de disposición final.													
	Remoción de posibles residuos dentro del cerco de las geomalla													
	Acopio de residuos para su confinamiento													
	Retiro de geomallas													



De esta forma el tiempo requerido para la etapa de preparación del sitio y construcción será de 18 meses, a partir de los cuales iniciará la etapa de operación y mantenimiento.

Las estructuras de protección serán una obra permanente, cuya vida útil dependerá de las condiciones meteorológicas de la zona. Las estructuras estarán sujetas a los embates de la naturaleza como el resto de los elementos marinos, incluyendo los arrecifes naturales. Se solicitan así, 90 años vida útil para el proyecto.

II.2.2 Representación gráfica regional.

Como ha sido mencionado, el proyecto se sitúa frente al “Hotel Sandos Caracol Eco Resort” el cual se localiza en la región denominada Riviera Maya aproximadamente a 5 km del poblado de Playa del Carmen, en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo y dentro del SAR delimitado que ocupa un área de 134.14 ha.

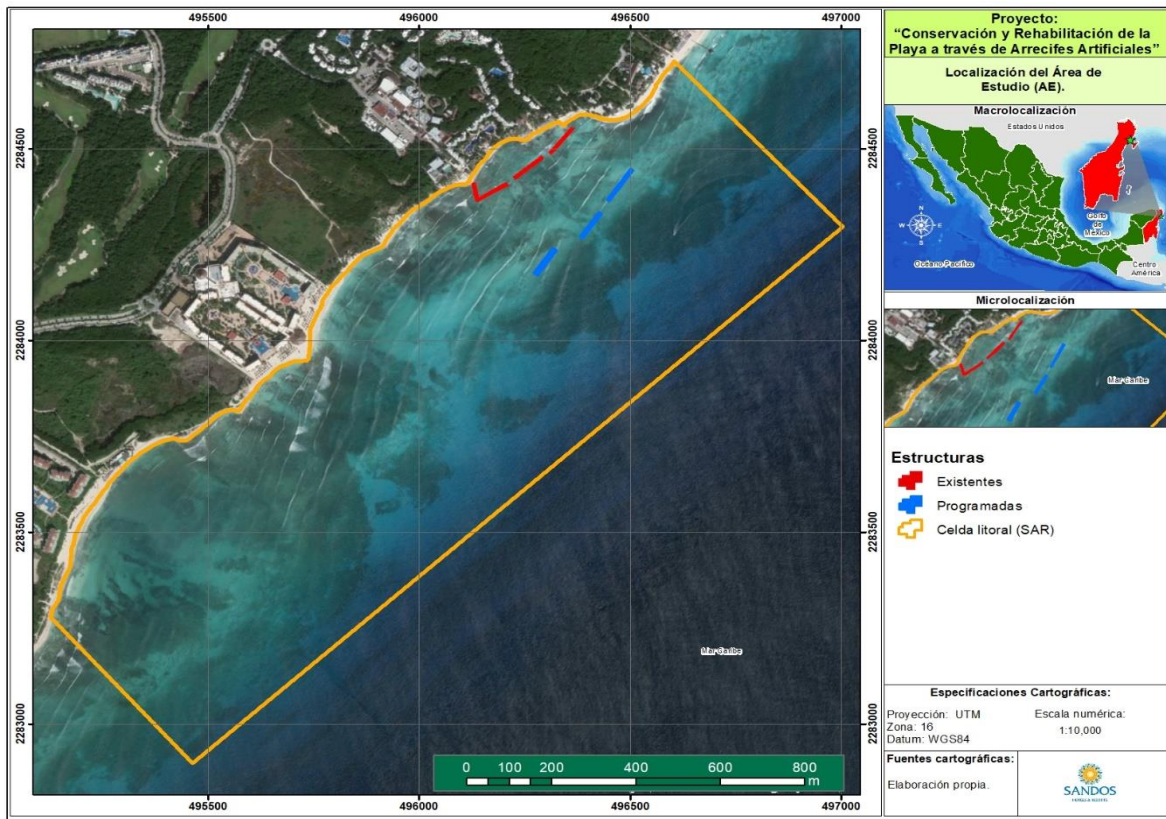


Figura 14. Ubicación del Sistema Ambiental Regional con base en la celda litoral definida.



II.2.3 Representación gráfica local.

El proyecto que comprende tanto la colocación de arrecifes artificiales como el retiro de los bolsacretos se puede observar en la siguiente figura. En ésta se muestra la ubicación de ambos elementos en la zona este del SAR y a nivel local frente a la playa colindante con el Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

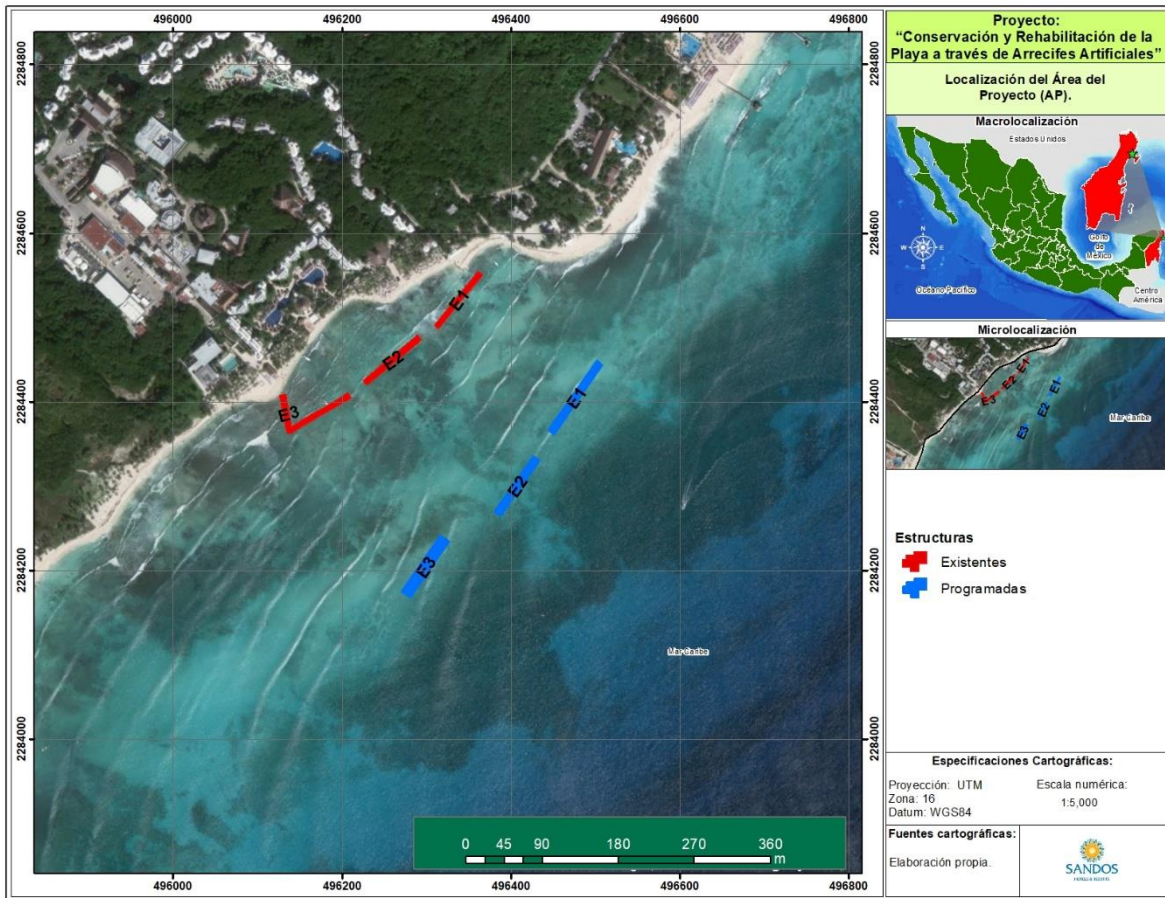


Figura 15. El proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales" contempla la instalación de tres estructuras "arrecifes artificiales" (en azul) y el retiro de bolsacretos existentes (en rojo).

Es importante señalar que la ubicación y dirección de estas estructuras se obtuvo a través de un modelo hidrológico basado en estudios de dinámica costera (Anexo II.1).



Uso actual del suelo, de la zona marina y sus colindancias.

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de población de Playa del Carmen (PO 20-12-10), el área terrestre colindante con el SAR el uso de suelo corresponde al TR3 uso turístico residencial, el cual se localiza en toda la zona colindante a la zona de playa, la cual tiene un uso área de preservación (AP), no se permite ningún tipo de edificación ni asentamiento y debe ser preservada.

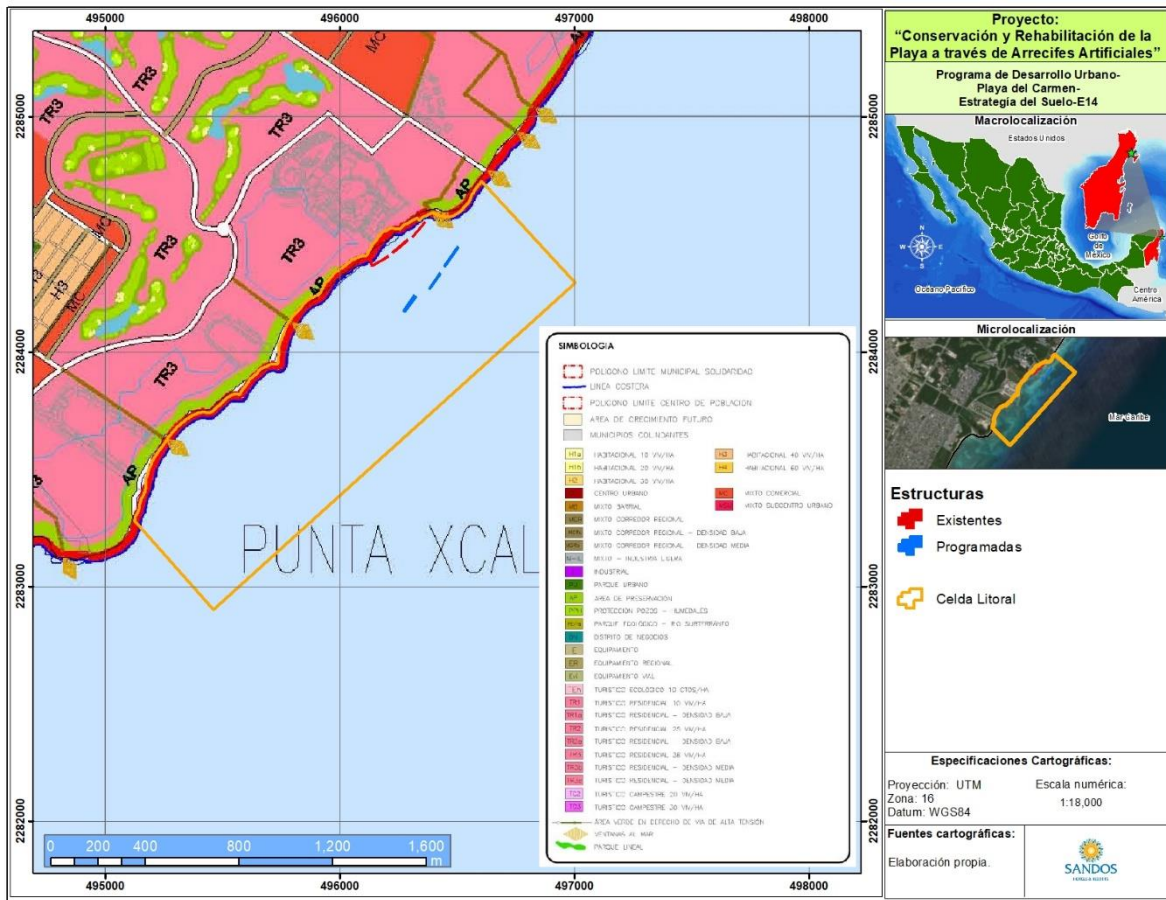


Figura 16. Usos de suelo en las colindancias del Hotel Sandos Caracol, así como en la playa colindante

El área del "Hotel Sandos Caracol Eco Resort", al cual se encuentra asociado el proyecto, se localiza en un área con uso de suelo TR3 "Turístico Residencial", y la zona de playa, corresponde a "Área de Preservación" donde únicamente se desarrollan actividades relacionadas con el turismo y recreación. En la zona marina donde se pretende ubicar el proyecto, actualmente se realizan actividades turísticas recreativas. Es relevante señalar que el predio en el que se ubica el hotel



colinda con predios en los que se encuentran otros hoteles actualmente en funcionamiento además de encontrarse muy cerca de la localidad de Playa del Carmen.

En la playa y en la zona marina actualmente se realizan actividades recreativas, motorizadas y no motorizadas y en la zona federal se colocan camastros en la zona del Hotel Sandos Caracol Eco Resort y en las áreas de los hoteles colindantes con el SAR. Al norte y al sur de la celda marina se realizan actividades acuáticas de los hoteles contiguos (Viceroy Riviera Maya, Hotel Petite Lafitte y Hotel Gran Riviera Princess). Al oeste el SAR colinda con las instalaciones de hoteles incluido el Sandos Caracol Eco Resort, al cual está asociado el presente proyecto.



Figura 17. Uso de la Zona Federal frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” será desarrollado en un área estrictamente marina frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, mismo que lo promueve, por lo que para el funcionamiento de los arrecifes artificiales no se requiere de ningún servicio adicional, pues éstos una vez colocados en la zona marina señalada, permanecerán allí sin requerir algún servicio, únicamente el mantenimiento de reacomodo de piezas, si así se requiere.

No obstante, en este apartado se hará referencia al contexto terrestre, en principio ya que es en esta zona donde se realizarán varias de las actividades inherentes al proyecto durante su ejecución sobre todo en la etapa de construcción y retiro de los bolsacretos.

La zona cuenta con el Aeropuerto que se localiza cercano a la Ciudad de Cancún a aproximadamente 40 minutos del área del Hotel, llegando por la carretera federal 307. El hotel al cual se encuentra asociado el proyecto, cuenta con todos los servicios urbanos (energía eléctrica, alumbrado público, red de agua potable y de aguas negras, alcantarillado drenaje, vías de comunicación, telefonía, etc.).

Para el desarrollo del proyecto se requerirá el uso de las zonas de disposición de los residuos que serán generados. Estos residuos provendrán del personal principalmente y de los bolsacretos cuando sean retirados. Asimismo, se requerirá el uso de sanitarios para el personal que labore en las etapas de ejecución del proyecto. Al respecto y como ya se señaló, el hotel cuenta con los servicios necesarios para cubrir estas necesidades pues los trabajadores podrán hacer uso de las instalaciones del hotel y se cuenta con áreas de manejo y disposición de residuos para aquellos desechos producidos en el proyecto.

Las piezas que conformarán a las estructuras, se comprarán a una compañía particular, por lo que estos llegarán a través de la carretera federal 307, y serán trasladados hacia la zona de la playa por un camino colindante al hotel, mismo que actualmente no es utilizado, pero permite el acceso hasta la playa.

En lo que respecta al proyecto en la zona marina, se requiere equipo como embarcaciones, mallas, flotadores, malacates, cuerdas y equipo de buceo entre otros. Una vez concluido el proyecto, no se requerirá de algún otro servicio durante la etapa de operación y solo en casos extraordinarios que pudieran mover de su ubicación las piezas, será preciso colocarlas nuevamente en su lugar, para lo cual será necesario el uso de equipo como el ya señalado.

II.2.4 Preparación del sitio y construcción

Como se mencionó anteriormente, no se realizará la fabricación de las piezas que formarán los arrecifes artificiales dentro de los predios del hotel, sino que éstas serán adquiridas en una empresa y se trasladarán al sitio limpias, libre de residuos de material y listas para sumergirse en el mar, sin ningún riesgo de contaminar. Es por esto que, en este caso, no se requiere llevar a cabo acciones propias del diseño



del proyecto para la preparación del sitio. Sin embargo, se considerarán en esta etapa aquellas acciones que, para proteger al ambiente, serán realizadas.

Para dar inicio con las obras y actividades del presente proyecto, se determinó que, con el fin de no afectar el frente de playa actual, se colocarán primero las estructuras de protección y posteriormente se retirarán los bolsacretos.

Etapa. Preparación del sitio

La primera actividad que se realizará en esta etapa será el rescate de la fauna bentónica que habita las zonas que serán afectadas por la colocación de los arrecifes artificiales y la remoción de los bolsacretos. En el caso de los bolsacretos debido a que han permanecido bajo el agua actualmente hay organismos habitando estas estructuras (erizos, nubribranquios, algas y corales), por lo que se incluye como actividad inicial el rescate y reubicación de organismos, esta actividad, tanto para la colocación de las estructuras de protección como para el retiro de los bolsacretos, se desarrollara antes de la colocación o eliminación de cada estructura, a fin de que no haya fauna que pueda ser afectada.

La biota que será considerada para el rescate será determinada entre otras cosas por presentar lento desplazamiento y por su importancia ecológica (e. g. corales, gasterópodos, moluscos, etc.). Estos organismos serán traslocados a sitios adecuados donde puedan continuar con su crecimiento poniendo atención en que las características del hábitat sean similares a las del sitio de rescate. De ser necesario se construirá un vivero temporal en donde podrán colocarse los ejemplares rescatados hasta que puedan ser reubicados en el sitio final. Estas actividades se realizarán por personal especializado para garantizar la mayor sobrevivencia posible.

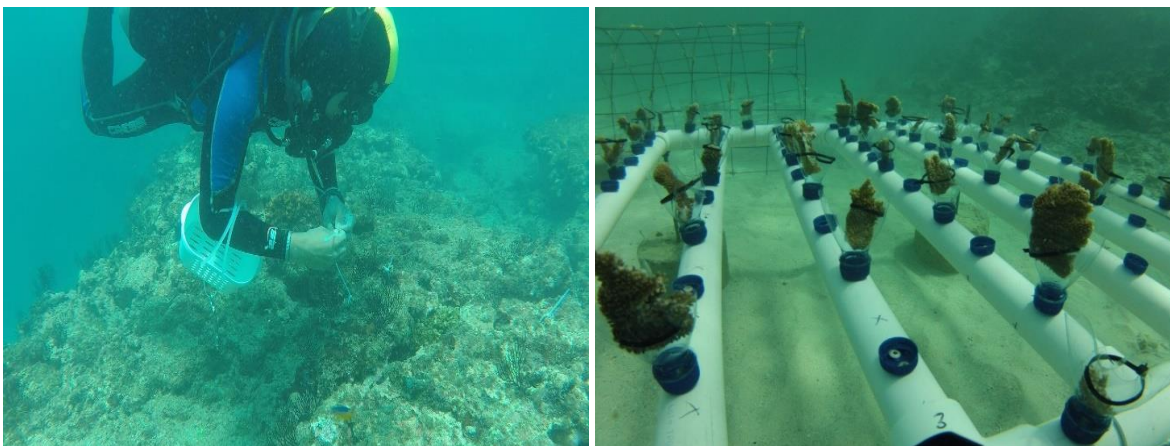


Figura 18. Ejemplo de acciones de rescate de fauna marina y de vivero temporal.

Posterior al rescate, como una medida preventiva, se colocarán geomallas perimetrales tanto en la zona de instalación de los arrecifes artificiales como en el área ocupada por los bolsacretos para formar una barrera aislante. La malla tendrá 0.5 mm de luz para aislar las zonas y evitar que los sedimentos que se generen durante el proceso de instalación de las piezas que conformarán los arrecifes artificiales, así como por el retiro de los bolsacretos, afecten la transparencia del agua circundante por la suspensión de sedimentos. La malla será fijada al fondo a través de las tres y sostenida por flotadores en la parte superior.

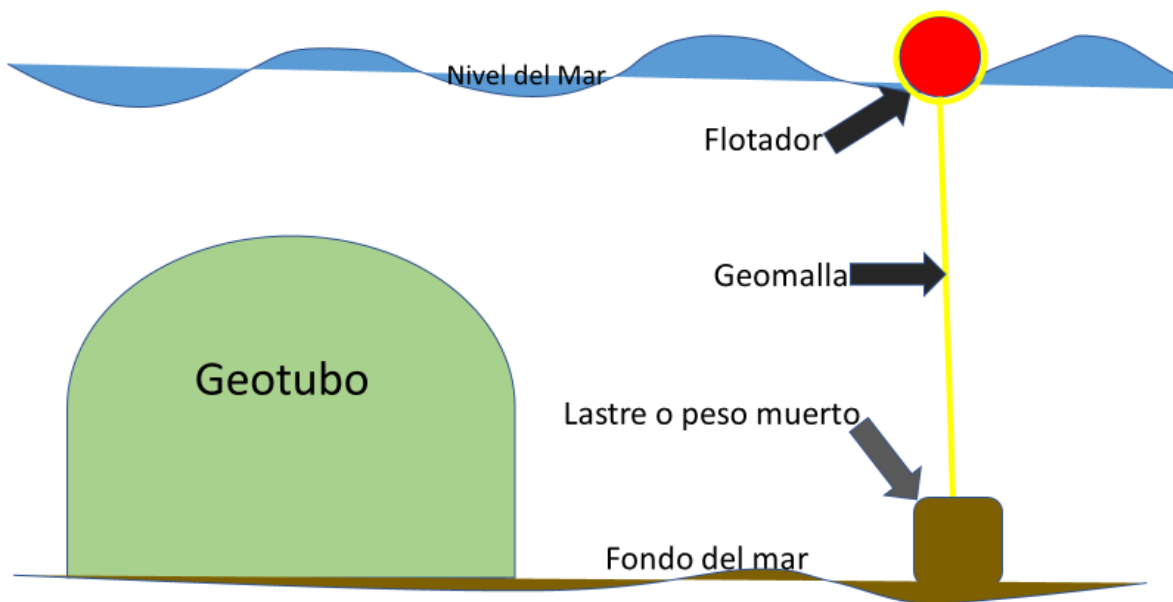


Figura 19. Ejemplo de colocación de malla en las zonas de intervención del proyecto.

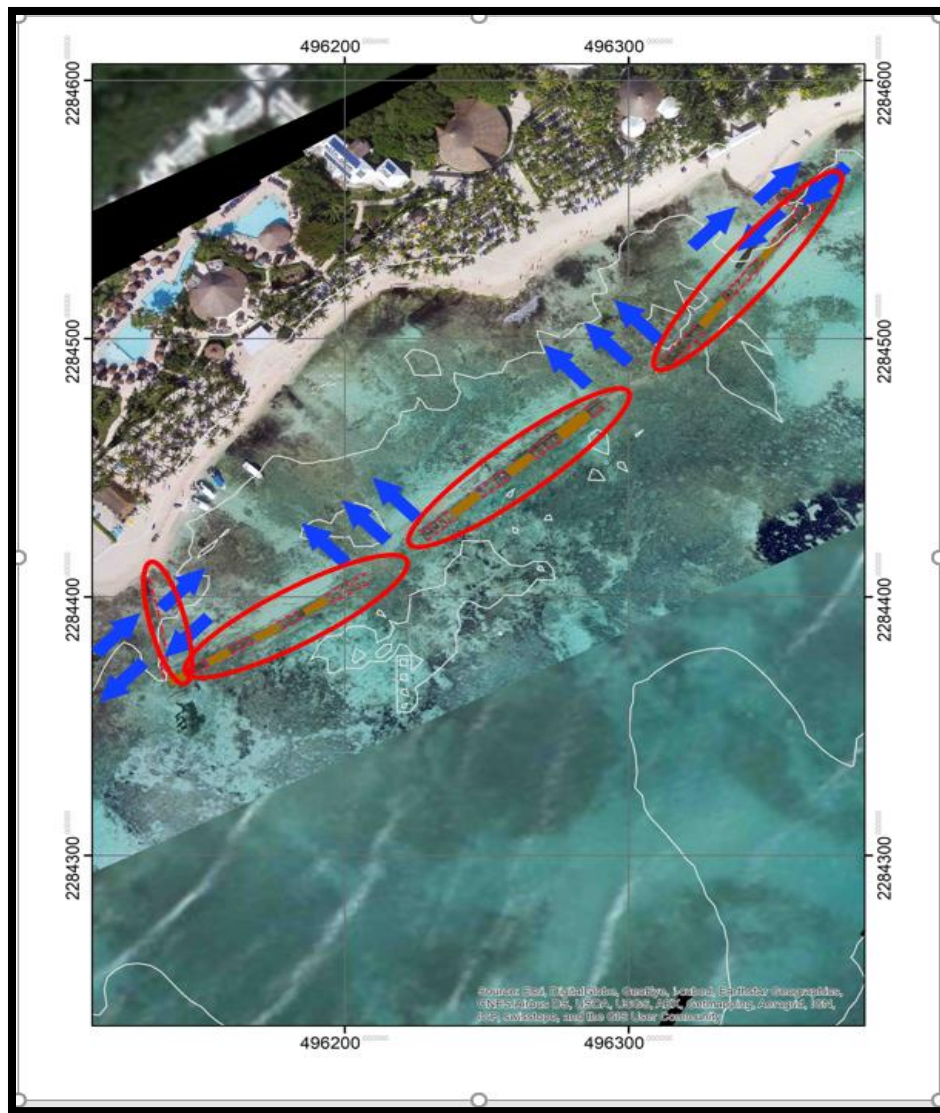


Figura 20. Ejemplo de ubicación de las geomallas para retención de sedimentos que se colocarán en los bolsacretos existentes y en las zonas de instalación de las estructuras.

Etapas: Construcción de los arrecifes artificiales.

Las actividades principales en esta etapa consistirán en la colocación y distribución de las piezas que conformarán a los arrecifes artificiales. Para implementar la parte constructiva de éstos, se asegurará el abastecimiento de la cantidad necesaria de piezas que los formarán, las cuales como ya se ha mencionado, se comprarán a una empresa proveedora (probablemente Calizas Industriales del Carmen, S.A. de C.V. (CALICA)), con las características que se requieren, asegurándose de que dicha empresa cuente con las autorizaciones legales necesarias para la comercialización de estas estructuras.

Posteriormente las piezas serán acarreadas y transportadas desde el lugar de fabricación a través de camiones de carga, hasta el frente de playa, donde previamente será destinada una superficie para que se descarguen y estiben de manera temporal hasta que sean cargadas a una barcaza para su colocación en el mar. El área donde se colocarán temporalmente las estructuras se encuentra desprovista de vegetación junto al frente de playa en la parte sur del predio del hotel. El camino por el cual circularán los camiones para trasladar las piezas es una brecha sin vegetación ubicado al costado oeste del hotel.

El camión que traerá las piezas se posicionará cerca de la grúa, y se colocarán éstas sobre la barcaza. Las piezas que no puedan ser trasladadas en ese momento se almacenarán cerca del sitio donde llegará la barcaza para ser levantadas y colocadas sobre esta en el próximo viaje.



Figura 21. Vía que será usada para el traslado de las piezas a la playa y zona de almacenamiento temporal de las mismas.



Figura 22. En la imagen izquierda se observa un camión de transporte de 20 ton. Que podría ser usado para el transporte de las piezas y la otra imagen muestra una grúa similar a la que se utilizará para estibar y luego colocar las estructuras en la barcaza para conformar los arrecifes artificiales.

Las piezas serán después, colocadas en una barcaza con la ayuda de una grúa móvil frente a la playa. La barcaza o contenedor flotante, contará con una lancha remolque que la trasladará al sitio donde se depositarán las piezas dentro del área de asentamiento de las piezas que conforman los arrecifes artificiales. La zona de colocación de las piezas será previamente delimitada a través de boyas georreferenciadas.

En esta etapa se contará con el apoyo de personal en la barcaza (3 especialistas) para las maniobras de carga y descarga de las piezas y de personal especializado en el mar (3 buzos especialistas), para que, desde la barcaza con la ayuda de cuerdas, boyas, cintas y poleas, además de un malacate mecánico a gasolina, se carguen las estructuras y se bajen al fondo para su colocación exacta dentro del polígono de asentamiento.



Figura 23. Tipo de barcaza o contenedor flotante con el cual se transportarán las piezas que formarán los arrecifes artificiales.

Se estima que la actividad de acarreo de material al frente de playa, cargar la barcaza y bajar de manera coordinada las piezas para formar los arrecifes artificiales se realizará en 3 meses de trabajo continuo con dos equipos completos de trabajo. Esto es que se manejen dos barcazas con sus respectivos equipos en éstas y en el mar. Es de considerar que el diseño de la forma de las estructuras, el peso de cada una de ellas y la distribución y colocación de estos arrecifes artificiales, no requerirá algún tipo de material o equipo extra para mantener en su posición, ya que como se describió anteriormente su forma, peso y conformación piramidal, contribuirán a mantener su posición dentro del armado de las estructuras.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes solicita la colocación de un señalamiento preventivo en cada extremo, por lo que en cada extremo de los arrecifes artificiales se pondrán unas zapatas con las siguientes dimensiones aproximadas: 2.2 m de base por 1.5 m de altura, y ahí se colocarán los señalamientos con luminarias solares (linternas con paneles solares para su recarga).

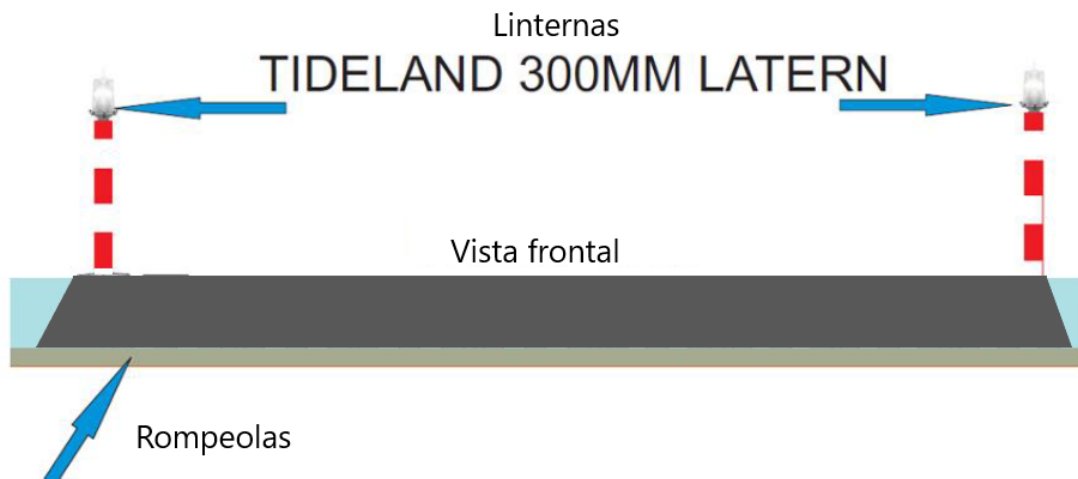


Figura 24. Ejemplo de señales luminosas que serán usadas en los arrecifes artificiales de acuerdo con lo establecido por la Secretaría de Comunicaciones y transportes.

Retiro de los bolsacretos

Una vez colocadas los tres arrecifes artificiales, se podrá iniciar con la remoción de los bolsacretos o estructuras preexistentes que han alterado la hidrología de la dinámica costera, limitando el aporte de sedimentos y promoviendo la salida sin el retorno de estos sedimentos. Como es evidente en este caso, no existe una etapa de construcción.

Para remover los bolsacretos, éstos serán fracturados con el apoyo de un rotomartillo mecánico el cual será manejado por personal especializado, esto con el fin de tener fragmentos manejables de entre 15 y 20 kg cada uno. Estos pedazos serán trasladados por el personal a una lancha que se colocará junto a la malla de contención que rodea el bolsacreto para después, ser trasladados al frente de playa en donde serán dispuestos en un vehículo que los llevará a un sitio adecuado para su confinamiento, el cual deberá contar con la autorización correspondiente para realizar este tipo de depósito de material (escombros).

Respecto a los fragmentos pequeños y sedimentos en suspensión provenientes de la fracturación, se dará el tiempo necesario para que se asienten en el fondo dentro del cerco de la geomalla y antes de quitarla, se succionarán con una manguera tipo aspiradora. Este material se filtrará en un cedazo de malla para

separarlos del agua de mar y arena, para después ser llevados junto al escombros en el sitio de confinamiento final.

Una vez terminadas las actividades, la geomalla contenedora de sedimentos será mantenida hasta que se sedimenten al fondo todas las partículas suspendidas y la turbidez del agua sea similar a la que se tenía previo a las actividades realizadas y similar al agua circundante. Para ello se llevará a cabo el monitoreo de la turbidez del agua antes, durante y después de las acciones previstas.

El tiempo requerido para el retiro de los bolsacretos será de aproximadamente tres meses de trabajo efectivo con un equipo de tres personas en el fondo marino y dos en la lancha. Se considera una semana extra por cualquier acontecimiento no previsto.

II.2.5 Operación y mantenimiento

Respecto a la etapa de operación y mantenimiento, los arrecifes artificiales una vez colocados, inciden en la dinámica de la playa de forma inmediata al reducir la fuerza del oleaje que llega a la playa. En términos generales estas estructuras no requieren de ningún tipo de mantenimiento, ya que, si consideramos que, el tamaño de las piezas que los conforman, está calculado con base en el oleaje más alto que se puede presentar a pie de dique, el cual depende de la profundidad. Olas más altas romperían antes de llegar a la estructura con lo que perderían mucha energía. En el caso de un gran huracán, acompañado de una sobreelevación del nivel del mar por marea de tormenta, la estructura podría perder algunas piezas, las cuales se deben ponerse de nuevo en su sitio luego de pasado el evento. Esto es el mantenimiento normal que requiere una estructura de este tipo y se estima que sería necesario en periodos no menores de 5 años

Es, por lo tanto, que la labor de mantenimiento se daría sólo en caso de que un evento climático moviera las estructuras, por lo que tendrían que ser recolocadas, a fin de que sigan prestando el servicio de atenuar el oleaje en la playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

En caso de que algún evento más fuerte las rompiera, se retirarían del sitio los restos de las piezas que conforman el arrecife artificial, y serían sustituidas por piezas de semejantes características, con el propósito de que no dejen de tener su funcionalidad original. Estas estructuras, se mantendrán en revisión cada vez que suceda un evento climatológico en la zona. Si se reporta algún desarreglo en la



estructura de los arrecifes artificiales, ya sea en su forma o en sus componentes, se realizarán los ajustes o reubicaciones necesarios para que se mantengan en operación de acuerdo a su cometido y conserven la estabilidad de la playa evitando los procesos erosivos que actualmente suceden en este sitio.

En el caso de los bolsacretos una vez terminado su desmantelamiento no habrá otra fase para estas estructuras.

Los arrecifes artificiales fungirán como sustrato para el establecimiento de organismos y refugio para otros. Los primeros en llegar serán los peces que encuentran refugio en los intersticios, posteriormente se irán estableciendo algas, esponjas incrustantes, y corales escleractinios y octocorales, y al haber alimento para otras especies, la biodiversidad irá aumentando paulatinamente.

Para el caso de las áreas libres de los bolsacretos, se estima que se reincorporarán paulatinamente a su estado natural a mediano plazo, adquiriendo las características naturales del medio abiótico y biótico circundante.

Se considera llevar a cabo el monitoreo del proceso de colonización natural y de las especies reubicadas en estas estructuras y en las áreas donde fueron retirados los bolsacretos, para lo cual se realizarán visitas cada 6 meses por los dos primeros años y de manera anual por los tres años siguientes.

II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Los arrecifes artificiales, por sus características, son estructuras de larga duración por lo que son de plazo indefinido, ya que se incorporarán y se integrarán al ecosistema marino, proporcionando, por una parte, la estabilidad en la dinámica costera, disminuyendo la energía del oleaje evitando con ello la erosión en el frente de playa y permitiendo además el transporte de sedimento para su recuperación. Por otra parte, estas estructuras conformarán un hábitat para la biota marina formando así parte del ecosistema. Tomando en cuenta lo anterior, no se considera una etapa de abandono para este proyecto.

II.2.7 Residuos

Durante las etapas de desarrollo del proyecto, los residuos generados provendrán principalmente de la maquinaria usada (camiones, grúa, barcaza o contenedor) y del personal que labore en el proyecto por procesos fisiológicos o por la generación de sólidos por el consumo de bebidas hidratantes y alimentos durante el desayuno o comidas. Sin embargo, los trabajadores del proyecto utilizarán la infraestructura de las instalaciones del “Hotel Sandos Caracol Eco Resort” (baños, comedores, basureros), para el depósito de los residuos generados, así como los sanitarios, y los servicios del comedor para empleados, para que de esta forma quede integrado el manejo de residuos del presente proyecto, al manejo integral que se tiene dentro de las instalaciones del hotel.



Figura 25. Instalaciones del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, para la disposición y manejo de residuos.

Además, se prevé que se genere material de desperdicio proveniente de la fractura de los bolsacretos el cual, será almacenado en la misma zona destinada para el almacenamiento temporal, de las piezas utilizadas para la conformación del arrecife artificial, ubicado al oeste del hotel para después ser llevado a un confinamiento autorizado.

En los equipos de trabajo dentro de la barcaza y lanchas, si es posible, se tendrá un contenedor con bebidas hidratantes (hielera) el cual también servirá para depositar los envases vacíos que se generen durante la jornada de trabajo y además se contará con contenedores para residuos orgánicos e inorgánicos, los cuales se depositarán después en los contenedores del hotel para su manejo y disposición adecuada.

Respecto a las emisiones a la atmósfera, todos los vehículos que sean utilizados, así como la maquinaria y equipo (vehículos que acarrearán los cubos de roca caliza, la grúa para carga y descarga como las lanchas, el rotomartillo mecánico como el malacate en la barcaza) provendrán de empresas acreditadas que puedan demostrar que se encuentran en buenas condiciones y que están sujetos al mantenimiento adecuado, para asegurar que las emisiones cumplan con la normatividad vigente, así también se verificará que el ruido producido por la maquinaria se encuentren dentro de la norma.

II.2.8.- Generación de gases efecto invernadero

II.2.8.1 Identificación por etapa si el proyecto:

II.2.8.2 Generará gases efecto invernadero como es el caso de H₂O, CO₂, CH₄, N₂O, CFC, O₃, entre otros.

El proyecto será realizado en una SAR totalmente marino por lo que la cantidad de emisiones generadas será mínima. Durante la ejecución del proyecto se hará uso de dos lanchas, las cuales, al ser embarcaciones de menor envergadura, las emisiones atmosféricas no son significativas en comparación a las emisiones atmosféricas de grandes embarcaciones (Pino-Riquelme 2017). Dentro de las emisiones antropogénicas, las fuentes móviles no carreteras donde se incluyen aviación, equipo básico en aeropuertos, embarcaciones marinas, locomotoras de arrastre, locomotoras de patio, maquinaria de uso agropecuario y para construcción, contribuyen con el 1% de las emisiones de gases a nivel nacional, lo

cual es mucho menor a lo emitido por fuentes móviles carreteras (58%) (SEMARNAT, 2013).

Cabe mencionar que se llevarán a cabo acciones en tierra, fuera del SAR, previas para la instalación de las estructuras programadas relacionadas con el transporte de las piezas hacia la playa, por lo que se hará uso de vehículos y maquinaria, los cuales emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera por efecto de la combustión (H_2O , CO_2 , CO_x , NO_x y HC principalmente). Sin embargo, todos los vehículos que sean utilizados en el área terrestre, así como la maquinaria y equipo usado en el mar (vehículos que acarrearán los cubos de roca caliza, la grúa para carga y descarga como las lanchas, el rotomartillo mecánico, malacate en la barcaza), deberán mantenerse en buenas condiciones y con el mantenimiento adecuado, lo cual será demostrado por la(s), empresa(s), que aporten dicho equipo para asegurar que las emisiones cumplan con la normatividad vigente, así mismo, se observará que el ruido producido por la maquinaria se encuentre dentro de la norma. Aunado a esto, es importante señalar que la cantidad de maquinaria que será usada para el traslado de las piezas de la playa al sitio designado en el mar será menor y no tendrá un uso constante, sólo durante el horario de trabajo.

Es relevante señalar que como se ha mostrado en este capítulo, el proyecto es promovido por la empresa dueña del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, el cual se encuentra actualmente en funcionamiento, por lo que se trata de un área previamente impactada por actividades antropogénicas, por lo que las actividades que puedan desarrollarse en esta zona, no generaran mayor impacto al ya generado, no obstante la implementación de acciones, como las antes descritas, evitarán o mitigaran cualquier afectación a la atmósfera por la emisión de gases de efecto invernadero y que pudieran disminuir la calidad del aire de manera local y en el SAR para con ello evitar contribuir a los efectos derivados del Cambio Climático.

En los últimos años el Cambio climático se ha convertido en un problema grave no, sólo para el hombre sino también para los ecosistemas. Parte de este problema ha surgido de la emisión excesiva de los gases de efecto invernadero provenientes de diversas fuentes, entre la cuales la combustión por quema de combustible es una de las que contribuye en alto porcentaje (SEMARNAT, 2013), ya que en este proceso se generan gases de efecto invernadero. El dióxido de carbono es el más común de los gases de efecto invernadero, producido por las actividades antropogénicas. La principal fuente de CO_2 , es la oxidación de los combustibles fósiles, la cual, produce entre 70 y 90 por ciento del total de las emisiones antropogénicas de CO_2 (www.sostenibilidad.com).



Como parte de la conciencia y compromiso ambiental que el proyecto **“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”** contempla, es la implementación de acciones para la Restauración Ecológica Activa en el área del proyecto la cual de acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015) se realiza con intervenciones directas sobre el territorio a través de actividades de asistencia como el enriquecimiento (adición de individuos), remoción (especies invasoras) o reubicación. Los impactos antropogénicos y naturales son a menudo crónicos (a largo plazo) e incluso cuando son agudos, pueden causar daños físicos que pueden comprometer los procesos de recuperación natural (Edwards y Gómez 2007), es por lo tanto necesario llevar a cabo acciones de restauración, entendida como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. La intervención realizada para ayudar a la recuperación natural puede ser tanto en la forma de medidas pasivas o indirectas o en forma de medidas activas o intervenciones directas.

Es así que observando las condiciones actuales del sitio de implantación del proyecto se pretende realizar una Restauración Activa del área a través del trasplante de colonias de coral vivo en sitios estratégicos con el fin de restituir el deterioro que se observa actualmente en la zona. Las colonias de coral serán producidas en un vivero creado para ello y serán sembradas en sitios que previamente serán detectados y marcados como sitios afectados. Posteriormente se llevará a cabo el monitoreo de las colonias sembradas para evaluar sobrevivencia y crecimiento. El trasplante de colonias tiene la intención de incrementar de manera directa la abundancia y cobertura de corales escleractinios (formadores de arrecifes). Estas características de la comunidad biótica a su vez están directamente relacionadas con la complejidad estructural (topografía tridimensional) de estos ecosistemas, lo cual generará hábitat para muchos otros organismos, propiciando así un incremento gradual de la biodiversidad. Las acciones de restauración van dirigidos a restituir esta complejidad estructural a través de la fijación de fragmentos de coral, cuya sobrevivencia y crecimiento en el mediano y largo plazo, favorecerá la formación de hábitat secundario, así como la propia acreción de la estructura arrecifal (INAPESCA; 2018)

Esto además de contribuir con la mejora ambiental en el área marina podrá también hacerlo en la atmósfera, ya que los arrecifes de coral junto con otros organismos ayudan en la captura del carbono.

Uno de los mecanismos para mantener constantes las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2), el principal gas implicado en el cambio climático, ha sido la fijación de CO_2 y su secuestro, en sumideros naturales como bosques, turberas u océanos. Los océanos son considerados los principales sumideros de carbono naturales, ya que son capaces de absorber alrededor del 50 % del carbono emitido a la atmósfera. En concreto, el plancton, los corales, los peces, las algas y otras bacterias fotosintéticas son los organismos encargados de esta captura. Estos organismos utilizan el carbono inorgánico disuelto en el mar en forma de carbonato de calcio para formar estructuras. Cuando estos organismos mueren o son consumidos, una parte de ese carbonato de calcio se precipita como partículas de sedimento y cae a las profundidades oceánicas. Este proceso se denomina bomba biológica y tiene un papel ecológico fundamental al potenciar la capacidad del océano de actuar como secuestrador de CO_2 atmosférico (Figueroa Clemente 2007, Gómez-Soto 2012). Además, se ha observado que algunas especies de corales (*Porites panamensis* y *P. capitata*) presentan una alta actividad autotrófica en la costa del Pacífico, lo que muestra que a nivel local también funcionan como sumideros de carbono (Robles-Jarero, et al., 2016).

II.2.8.3 Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto

Tal y como se señaló previamente, el desarrollo del proyecto será llevado a cabo en un SAR marino donde sólo se requiere el uso de poca maquinaria (grúa, una embarcación, malacate y rotomartillo), la cual estará a cargo de la empresa o empresas que serán contratadas, las cuales deberán evidenciar que toda la maquinaria y equipo se encuentren en buenas condiciones con el fin de cumplir con la normatividad vigente, y sólo serán usados durante el horario de trabajo, por lo tanto, la energía que será disipada por el desarrollo del proyecto será mínima.

Referencias.

- Edwards A.J., Gomez E.D. (2007). Reef Restoration Concepts & Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management program: St. Lucia, Australia. iv + 38pp. https://ccres.net/images/uploads/publications/5/reef_restoration_guidelines_spanish.pdf
- Gómez-Soto, C. 2012. Acidificación Oceánica y sus implicaciones en la calcificación de organismos marinos. 2012. En: Perspectivas en la ecología de arrecifes coralinos. Sánchez, Juan Armando, López-Angarita, Juliana. Compiladores. Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes, 2012. 348 páginas.
- Guido-Aldana, P., Ramírez-Camperos, A., Godínez-Orta, L., Cruz-León, S. y Juárez-León, A., 2009. Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México. Avances en Recursos Hidráulicos. 20, pp.41-56.
- Figueroa Clemente, M.2007. Los sumideros naturales de CO2. Universidad de Sevilla. 218 p. <https://books.google.com.mx/books?id=feddlyn-TP8C&pg=PA68&lpg=PA68&dq=corales+SUMIDEROS+DE+CO2&source=bl&ots=tlxDJZmHp6&sig=ACfU3U2hNYUTfyLPzvmjSv5nIZY1t2LC5Q&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZvfyPiZngAhVDPK0KHW7qDJw4ChDoATADegQIBhAB#v=onepage&q=corales%20SUMIDEROS%20DE%20CO2&f=false>.
- INAPESCA (2018). Programa Interdisciplinario De Restauración Activa Para Compensar Daños Antropogénicos En Arrecifes Coralinos Del Caribe Mexicano Informe técnico INFORME FINAL 2018. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJA009.pdf>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Informe de gestión al Congreso. República de Colombia.
- Pino Riquelme, A. 2017. "Estimación de emisiones contaminantes atmosféricas producidas por embarcaciones marítimas en Chile" memoria de titulación para optar al título de ingeniero civil mecánico, mención energía. Universidad técnica Federico Santa María Departamento De Ingeniería Mecánica Santiago- Chile
- Robles-Jarero, E. López-Uriarte, E., Torres-Ortiz, M. y Pérez-Peña, M. 2016. Productividad primaria en corales hermatípicos (*Porites panamensis* Verrill, 1866 y *Pocillopora capitata* Verrill, 1864) en la costa de Jalisco Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales septiembre 2016 Vol.2 No. 51-62 https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y

_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_6.pdf.

SEMARNAT, 2013. Inventario Nacional de Emisiones de México, 2008.
<https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe15/tema/cap5.html>

<https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/sumideros-carbono-que-son/>

ÍNDICE

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.....	3
III.1 MARCO REGULATORIO	3
III.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	4
III.1.1.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	7
III.1.2 Ley General de Vida Silvestre	12
III.1.3 Ley de Aguas Nacionales	14
III.1.4 Ley General de Cambio Climático	16
III.1.5 Ley General de Bienes Nacionales.....	18
III.1.6 Ley Federal de Mar	20
III.1.7 Ley de Vertimientos en Zonas Marinas Mexicanas.....	21
III.1.8 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental	23
III.1.9 Normas Oficiales Mexicanas	27
III.2 INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN DEL DESARROLLO	30
III.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.....	30
III.2.2 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018.....	38
III.2.3 Programa Sectorial de Turismo 2013-2018	44
III.2.4 Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018	49
III.2.5 Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022	51
III.2.6 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático, Estado de Quintana Roo	56
III. 3 INSTRUMENTOS DE ORDENACIÓN TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO	57



III.3.1 Ordenamientos ecológicos	57
III.3.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	57
III.3.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe	66
III.3.1.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Denominada Corredor Cancún-Tulum	126
III.3.1.4 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad	138
III.3.2 Desarrollo Urbano	165
III.3.2.1 Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad 2010-2050	165
III.3.3 Áreas Naturales.....	170
III.3.4 Regiones Prioritarias.....	172
III.3.4.1 Regiones Terrestres Prioritarias	172
III.3.4.2 Regiones Marinas Prioritarias.....	173
III.3.4.3 Regiones Hidrológicas Prioritarias.....	176
III.4 TRATADOS Y CONVENCIONES INTERNACIONALES.....	180
III. 4.1 Convenio sobre la Diversidad Biológica	182
III.4.2 Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas	184
III. 4.3 Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas	188
III.4.4 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	190
III.5 Conclusiones	193



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

III.1 MARCO REGULATORIO

México cuenta con un sistema jurídico federal, integrado por la Constitución, los tratados internacionales, las leyes federales y estatales, sus respectivos reglamentos y las normas oficiales mexicanas. Por lo que en el desarrollo normativo en materia de protección y preservación del medio ambiente se apuntala la **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** (CPEUM), cuyo artículo 4º, párrafos quinto y sexto, respectivamente, **establecen el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. Así como la obligación del Estado de garantizar su respeto y la responsabilidad para quien provoque daño y/o deterioro ambiental.**¹

También se reconoce el derecho de toda persona al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible.²

En lo relativo al desarrollo nacional, el artículo 25 de la misma CPEUM establece que corresponde al Estado la rectoría del mismo para garantizar que sea integral y sostenible. A tales fines, planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga la propia Constitución. **Al desarrollo económico nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación.**³

Es importante señalar que a efecto de reglamentar estos mandatos constitucionales se han promulgado diversas leyes sectoriales a nivel federal, que se relacionan con la protección y preservación del ambiente se encuentran: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Ley de Aguas Nacionales, Ley General de Vida Silvestre, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Ley

¹ *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, México, Diario Oficial de la Federación, 5 de febrero de 1917. Últimas reformas 27 de agosto de 2018.

² *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, México, Diario Oficial de la Federación, 5 de febrero de 1917. Últimas reformas 27 de agosto de 2018.

³ *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, México, Diario Oficial de la Federación, 5 de febrero de 1917. Últimas reformas 27 de agosto de 2018.

General de Bienes Nacionales, Ley Federal del Mar y, por citar algunas, Ley General de Cambio Climático y sus respectivos reglamentos. No obstante, este amplio marco normativo, este estudio hará referencia sólo a aquellas normas que tengan una relación más directa el proyecto objeto de este manifiesto.

III.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)⁴ es reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Por tanto, se analiza su contenido en la siguiente tabla en donde se realiza la vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de la LGEEPA:

Tabla 1 Vinculación jurídica del proyecto, con las disposiciones de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO, CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 1. La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:</p>	
<p>I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar.</p>	<p>El proyecto plantea la recuperación de playas, mediante la instalación de tres Arrecifes Artificiales (AA) y el retiro de tres bolsacretos que fueron instalados con anterioridad por lo que el proyecto brindará una barrera como protección costera ante eventos climáticos como tormentas y huracanes, ayudando a mantener las condiciones ambientales de la playa. además de dar</p>

⁴ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, México, Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988. Última reforma del 5 de junio de 2018.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO, CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
	oportunidades de desarrollo y bienestar para las personas a través del empleo.
V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.	Con la instalación de los AA que se pretenden construir se lograría disipar la pérdida de playa provocada por la erosión y energía del oleaje. Además, los AA permitirán preservar la vida marina y generar nuevas colonias de especies, considerando las medidas necesarias para llevar a cabo la preservación sustentable de los recursos naturales existentes en la zona.
Artículo 15. Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:	
IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aprovecha de manera sustentable los recursos naturales.	En cumplimiento a este artículo, en este manifiesto se incluyeron diversas acciones y medidas para prevenir y mitigar los posibles impactos negativos que pudiera ocasionar sobre los ecosistemas la operación del proyecto sujeto a evaluación, mismos que están contenidos en el Programa de Manejo Ambiental.
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	

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO, CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:	
X. Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.	El proyecto considera obras y actividades a desarrollar en la zona marina, lo cual implica una posible modificación de un ecosistema costero por lo que se somete a evaluación de impacto ambiental, cubriendo con los requisitos técnicos y legales para ser evaluado.
Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de la LGEEPA, los interesados deberán presentar a la SEMARNAT 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.	El presente Manifiesto cumple con lo establecido en este artículo, el cual comprende, además de la descripción detallada del proyecto y del sistema ambiental regional donde se ubica, la descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados, tomando en cuenta 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. Es así que busca lograr la sustentabilidad ambiental, propiciando el uso racional de los recursos naturales.
Artículo 88. Para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos se considerarán los siguientes criterios:	
IV. La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos.	El objetivo del proyecto, es evitar que el área se siga erosionando pues las estructuras propuestas ayudarán a disipar la energía del oleaje en condiciones normales y de tormenta de manera que se proteja el frente costero del Hotel Sandos Caracol Eco Resort al

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO, CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
	mismo tiempo que sirve como refugio de especies de flora y fauna marina.

III.1.1.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental⁵ es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal. En la siguiente tabla, se lleva a cabo la vinculación jurídica del proyecto objeto de este manifiesto, con las disposiciones del Reglamento de la LGEEPA en materia del impacto ambiental.

Tabla 2. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones del reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DEL REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
Artículo 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:	
Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS: Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de	El proyecto plantea la recuperación de playa, por medio del retiro de bolsacretos y la instalación de estructuras de protección de la zona costera para ser colocadas en el área marina colindante con el "Hotel Sandos Caracol Eco Resort", dichas estructuras serán AA con el fin de disminuir la fuerza del oleaje, permitir el transporte de sedimento a zonas

⁵ Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, México, Diario Oficial de la Federación, 30 de mayo de 2010. Última reforma 31 de octubre de 2014.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DEL REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros.	contiguas y estabilizar el frente de playa.
R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES: I. Cualquier tipo de obra civil, [...], y	El Proyecto es una obra civil con fines de conservación de playa ya que, estas estructuras tienen como finalidad el ayudar a evitar la erosión en el área.
Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización. La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.	Mediante el presente manifiesto de impacto ambiental en su modalidad Regional, promovido a efecto de ser evaluado por la Secretaría, cubre con lo determinado en dicho precepto legal. La información de este manifiesto se refiere a las circunstancias ambientales relevantes relacionadas con la realización del proyecto; así como a las medidas de mitigación y compensación propuestas para reducir los posibles impactos negativos que pudieran ser causados.
Artículo 11. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;	El presente Manifiesto de Impacto Ambiental se presenta en su modalidad Regional dado que se trata de: Un proyecto que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, pueden generarse impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DEL REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento;</p> <p>III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y</p> <p>IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.</p> <p>En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular</p>	<p>ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas</p>
<p>Artículo 13. La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:</p> <p>I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;</p> <p>II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;</p> <p>III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;</p> <p>IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;</p>	<p>El presente manifiesto de impacto ambiental, reúne todos y cada uno de los requisitos establecidos en este precepto, así como en la normatividad ambiental aplicable al proyecto que se vinculan en este capítulo.</p>

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DEL REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;</p> <p>VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;</p> <p>VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y</p> <p>VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.</p>	
<p>Artículo 17. El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando: I. La manifestación de impacto ambiental; II. Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete, y III. Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes.</p>	<p>El promovente cumple cabalmente con el presente precepto, en relación a la presentación de la autorización en materia de impacto ambiental y sus documentos anexos.</p>
<p>Artículo 36. Quienes elaboren los estudios deberán observar lo establecido en la Ley, este reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información</p>	<p>A causa del deterioro de los arrecifes coralinos que en años recientes ha sido una situación alarmante, se ha detectado una alta incidencia de proyectos de protección costera que se están implementando en la zona marino-costera en el litoral de Quintana Roo, con la finalidad de crear y restaurar el servicio de protección costera y minimizar el riesgo contra la erosión y energía del oleaje; por lo que bajo este esquema se tiene la intención de ejecutar un</p>

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DEL REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales. La responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá al prestador de servicios o, en su caso, a quien lo suscriba. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley, sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.</p>	<p>proyecto de recuperación de playa que siga criterios ambientales estrictos que permitan orientar el diseño y desempeño bajo esquemas de sustentabilidad ambiental, por lo cual, los resultados obtenidos de todas las pruebas serán verídicos y contemplando el análisis de la normatividad aplicable al sitio del proyecto.</p>
<p>Artículo 44. Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:</p>	
<p>I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;</p>	<p>En este manifiesto se realiza la descripción de los posibles efectos al ambiente de las obras y actividades que conforman al proyecto. Así como aquellas medidas para contrarrestar o evitar posibles afectaciones, contenidas en el Programa de Manejo Ambiental.</p>
<p>II. 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.</p>	<p>Este proyecto promueve ante todo la intención de conservar la playa, evitar la erosión costera y ayudar al ecosistema de la zona por medio de la instalación de AA.</p>
<p>III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas,</p>	<p>El proyecto promueve una serie de medidas preventivas y de mitigación a</p>

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DEL REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	efecto de reducir al mínimo los impactos negativos que el proyecto pudiera ocasionar sobre el ambiente dentro del Programa de Manejo Ambiental, de igual manera, se propone evaluar las medidas y mejoras que la autoridad considere pertinentes para determinar la factibilidad del proyecto.
<p>Artículo 49. Las autorizaciones que expida la Secretaría sólo podrán referirse a los aspectos ambientales de las obras o actividades de que se trate y su vigencia no podrá exceder del tiempo propuesto para la ejecución de éstas.</p> <p>Asimismo, los promoventes deberán dar aviso a la Secretaría del inicio y la conclusión de los proyectos, así como del cambio en su titularidad.</p>	<p>La elaboración del presente manifiesto atiende a los instrumentos normativos y de planeación ambientales aplicables al proyecto y en caso de ser autorizado, se atenderá en tiempo y forma su ejecución.</p> <p>El promovente se compromete a dar aviso a la Secretaría del inicio y conclusión del proyecto, así como, en su caso, del cambio en su titularidad.</p>

III.1.2 Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre (LGVS)⁶, es de orden público y de interés social, reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Conforme a su artículo primero la LGVS tiene por objeto el establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción. En consecuencia, se realiza en la siguiente tabla la vinculación del proyecto con las disposiciones de esta ley que le son aplicables:

⁶ Ley General de Vida Silvestre, México, Diario Oficial de la Federación, 3 de julio de 2000. Última Reforma 19 de enero de 2018.

Tabla 3. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de La Ley General De Vida Silvestre.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 5. 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.</p>	<p>El objetivo del proyecto es frenar la erosión costera, mediante la instalación de AA que ayudarán a la regeneración de la playa por acumulación y retención de sedimento, lo que genera la protección de la flora y fauna marinas existente en el área al disminuir la fuerza del oleaje y mantener el sedimento en el área evitando así que éste ocasione daños a la biota por sedimentación. Además, los AA podrán servir de sustrato para la fijación de las especies del sitio y proveerán refugio para muchos animales.</p>
<p>Artículo 15. La Secretaría promoverá la participación de todas las personas y sectores involucrados en la formulación y aplicación de las medidas para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre que estén dentro del ámbito de su competencia.</p>	<p>El objetivo del proyecto es evitar la erosión costera, mediante la instalación de AA, mismo que genera la protección de especies en el sitio del proyecto como son las Tortugas Marinas relativo a su arribo y anidación a la costa, así como la formulación de nuevas colonias de diversas especies.</p>
<p>Artículo 18. Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros,</p>	<p>Mediante el presente estudio, se realizó la caracterización de especies ubicadas en el sitio del proyecto, con la finalidad de evitar afectaciones, por lo que, mediante el Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, el promovente pretende proteger y conservar el mayor grado</p>

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.</p>	<p>de especies posibles, mediante una metodología especializada.</p>
<p>Artículo 63. La conservación del hábitat natural de la vida silvestre es de interés público. Los hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre son áreas específicas terrestres o acuáticas, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales, ya sea para la supervivencia de especies en categoría de riesgo, ya sea para una especie, o para una de sus poblaciones, y que por tanto requieren manejo y protección especial. Son áreas que regularmente son utilizadas para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción, o rutas de migración.</p>	<p>El sitio donde se instalará el proyecto no es un hábitat crítico para la conservación, ya que no se presenta algún proceso biológico, físico y/o químico, que no se de en cualquier otro sitio similar en el litoral costero del estado.</p>

III.1.3 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales(LAN)⁷ es reglamentaria del Artículo 27 de la CPEUM en materia de aguas nacionales, es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto

⁷ Ley de Aguas Nacionales, México, Diario Oficial de la Federación, 1 de diciembre de 1992. Última Reforma 24 marzo de 2016.

regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable⁸. Por lo que en la tabla que se muestra a continuación se analiza su contenido y realiza la vinculación del proyecto con las disposiciones que le son aplicables:

Tabla 4. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de la LAN.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LAN	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 16. La presente Ley establece las reglas y condiciones para el otorgamiento de las concesiones para explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, en cumplimiento a lo dispuesto en el Párrafo Sexto del Artículo 27 Constitucional.</p> <p>El régimen de propiedad nacional de las aguas subsistirá aun cuando las aguas, mediante la construcción de obras, sean desviadas del cauce o vaso originales, se impida su afluencia a ellos o sean objeto de tratamiento.</p>	<p>Debido a que el proyecto se planea realizar completamente en zona marina, se atiende a la influencia que en él se ejercerá, por lo que se realizaron los estudios técnicos necesarios, mismos que determinaron que la presencia de los AA no generará afectación en la hidrología de la dinámica costera, sino que se protegerá a la playa del proceso de erosión que sufre.</p>
<p>Artículo 100. "La Comisión" establecerá las normas o realizará las acciones necesarias para evitar que la construcción u operación de una obra altere desfavorablemente las condiciones hidráulicas de una corriente o ponga en peligro la vida de las personas y la seguridad de sus bienes o de los ecosistemas vitales.</p>	<p>El objetivo del proyecto es crear una barrera que proteja al ecosistema costero y reducir la erosión costera por el movimiento del mar y por eventos climáticos.</p>

⁸ LAN, artículo 1.

III.1.4 Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático⁹ (LGCC) es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico¹⁰. Por lo que en la tabla abajo mostrada se realiza la vinculación del proyecto con las disposiciones de la LGCC que le son aplicables:

Tabla 5. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de la Ley General de Cambio Climático.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 2. Esta ley tiene por objeto:</p> <p>IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno.</p>	<p>El proyecto tiene como finalidad evitar la erosión de la playa, ocasionada por actividades antropogénicas y por el movimiento de las corrientes marinas y fenómenos climáticos, que han aumentado su intensidad en la última década.</p>
<p>Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:</p> <p>II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático.</p>	<p>En concordancia con lo establecido en dicho precepto legal, el promovente es consciente de su corresponsabilidad en materia de cambio climático, es por eso que una de las finalidades del proyecto es evitar el deterioro de la zona costera, causado por el aumento de intensidad de los fenómenos meteorológicos, preservando el ecosistema marino y sus costas.</p>

⁹ *Ley General de Cambio Climático*, México, Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 2012. Última reforma del 13 de julio de 2018.

¹⁰ LGCC, artículo 1.



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
	Considerado por la LGCC como acción de adaptación.
VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;	Para la integración del presente manifiesto, el promovente ha realizado una serie de estudios orientados a identificar los posibles impactos ambientales, a efecto de implementar acciones de prevención, minimización, mitigación y, en su caso reparación correspondiente contenidas en el Programa de Manejo Ambiental.
XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad.	El promovente tiene como uno de sus ejes de actuación mantener y conservar los ecosistemas y su biodiversidad, al momento de la realización del proyecto, a través del Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas. En el sitio del proyecto no hay presencia de humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales.
Artículo 29. Se considerarán acciones de adaptación:	
IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación;	El proyecto tiene como finalidad la rehabilitación de la zona costera frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, que ha sido afectada por la erosión del mar, por lo que la naturaleza del proyecto está cataloga por la LGCC como una acción de adaptación.
VI. La construcción y mantenimiento de infraestructura;	En el marco del desarrollo sustentable y el establecimiento de medidas de adaptación, el proyecto contempla la

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
	instalación de AA y el mantenimiento de los mismos en caso de un evento climático que pudiera afectar la infraestructura colocada.
<p>Artículo 34. Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes, considerando las disposiciones siguientes:</p> <p>III. Reducción de emisiones y captura de carbono en el sector de agricultura, bosques y otros usos del suelo y preservación de los ecosistemas y la biodiversidad:</p> <p>d) Fortalecer los esquemas de manejo sustentable y la restauración de bosques, selvas, humedales y ecosistemas costero-marinos, en particular los manglares y los arrecifes de coral.</p>	<p>Dado que el área del proyecto se encuentra en un ecosistema costero-marino, y en aras de dar cumplimiento a este mandato legal, el promovente tiene proyectada la implementación de un Programa de Manejo Ambiental, para reducir los impactos ambientales que puedan ser generados por el proyecto, asimismo la maquinaria y embarcaciones, que serán utilizadas para el traslado de los AA provendrán de empresas que puedan acreditar las buenas condiciones de las mismas.</p> <p>Cabe señalar que con la instalación de los AA, se prevé quitar presión sobre los arrecifes naturales, debido a que los AA son ambientes que generan condiciones propicias para el establecimiento de organismos que normalmente habitan en un arrecife</p>

III.1.5 Ley General de Bienes Nacionales

La Ley General de Bienes Nacionales(LGBN)¹¹, es de orden público e interés general y tiene por objeto establecer, entre otras, los bienes que constituyen el patrimonio de la Nación. De manera que en la siguiente tabla se analiza su

¹¹ *Ley General de Bienes Nacionales*, México, Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 2004. Última reforma del 19 de enero de 2018.

contenido y se detalla la vinculación jurídica de sus disposiciones y el proyecto sujeto a evaluación.

Tabla 6. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de la Ley General de Bienes Nacionales

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY GENERAL DE BIENES NACIONALES	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
Artículo 6. Están sujetos al régimen de dominio público de la Federación:	
I. Los bienes señalados en los artículos 27, párrafos cuarto, quinto y octavo; 42, fracción IV, y 132 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; II. Los bienes de uso común a que se refiere el artículo 7 de esta Ley.	El proyecto se encuentra colindante a la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZFMT), los cuales constituyen bienes de uso común; por lo que están sujetos al régimen de dominio público de la Federación. Misma zona federal que actualmente tiene el uso para aprovechamiento.
Artículo 7. Son bienes de uso común:	
III. El mar territorial en la anchura que fije la Ley Federal del Mar; IV. Las playas marítimas, entendiéndose por tales las partes de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua, desde los límites de mayor reflujó hasta los límites de mayor flujo anuales; V. La zona federal marítimo terrestre;	Como se mencionó en el apartado anterior, el proyecto se encuentra colindante con la Zona Federal Marítimo Terrestre, los cuales constituyen bienes de uso común; por lo que están sujetos al régimen de dominio público de la Federación. La ZFMT, cuenta con un uso de aprovechamiento.
Artículo 8. Todos los habitantes de la República pueden usar los bienes de uso común, sin más restricciones que las establecidas por las leyes y reglamentos administrativos. Para aprovechamientos especiales sobre los bienes de uso común, se requiere concesión, autorización o permiso otorgados con las condiciones y requisitos que establezcan las leyes.	El proyecto materia del presente manifiesto, no ocupará ZFMT, sin embargo, la ZFMT, cercana al proyecto es de aprovechamiento, donde se desarrollan actividades relacionadas con el turismo y recreación. Misma que cuenta con concesión vigente.

III.1.6 Ley Federal de Mar

La Ley Federal del Mar (LFM)¹² es reglamentaria de los párrafos cuarto, quinto, sexto y octavo del artículo 27 de la CPEUM, en lo relativo a las zonas marinas mexicanas, por lo que en la tabla siguiente se analiza su contenido y se detalla la vinculación jurídica de sus disposiciones con el proyecto sujeto a evaluación:

Tabla 7. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de la Ley Federal del Mar.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY FEDERAL DEL MAR	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
Artículo 2. La presente Ley es de jurisdicción federal, rige en las zonas marinas que forman parte del territorio nacional y, en lo aplicable, más allá de éste en las zonas marinas donde la Nación ejerce derechos de soberanía, jurisdicciones y otros derechos. Sus disposiciones son de orden público, en el marco del sistema nacional de planeación democrática.	El proyecto objeto se encuentra en las aguas consideradas como zonas marinas interiores.
Artículo 3. Las zonas marinas mexicanas son: a) El Mar Territorial, que tiene una anchura de 12 millas marinas (22,224 metros), medidas a partir de líneas de base, sean normales o rectas, o una combinación de las mismas, determinadas de conformidad con las disposiciones del Reglamento de la presente Ley. b) Las Aguas Marinas Interiores, Son aguas Marinas Interiores aquellas comprendidas entre la costa y las líneas de base, normales o rectas, a partir de las cuales se mide el Mar Territorial, de	El proyecto objeto se encuentra en las aguas consideradas como zonas marinas interiores. El proyecto se ubica dentro de un Sistema Ambiental Regional (SAR), definido con base en la celda litoral. Una celda litoral es la región comprendida por rasgos geomorfológicos como puntas o salientes y en términos sedimentarios es autónoma de celdas contiguas; es decir que posee fuentes y sumideros de sedimento (Silva, Villatoro et al., 2014), por lo que el área comprendida en

¹² Ley Federal del Mar, México, Diario Oficial de la Federación, 8 de enero de 1986. Fe de erratas del 9 de enero de 1986.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY FEDERAL DEL MAR	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>conformidad con las disposiciones pertinentes del Reglamento de la presente Ley y que incluyen:</p> <p>I.- La parte norte del Golfo de California;</p> <p>II.- Las de las bahías internas;</p> <p>III.- Las de los puertos;</p> <p>IV.- Las internas de los arrecifes; y</p> <p>V.- Las de las desembocaduras o deltas de los ríos, lagunas y estuarios comunicados permanente o intermitentemente con el mar.</p>	<p>cada celda marina presenta condiciones y procesos propios.</p> <p>El Sistema Ambiental Regional delimitado para este proyecto ocupa un área de 134.14 ha. Este polígono abarca una distancia lineal de 2 km de frente de playa, y en la parte marina la profunda está delimitado por una distancia aproximada de la línea de costa de aproximadamente 700 m, a una profundidad promedio de 20 metros.</p>
<p>Artículo 21. En el ejercicio de los poderes, derechos, jurisdicciones y competencias de la Nación dentro de las zonas marinas mexicanas, se aplicarán la Ley Federal de Protección al Ambiente, la Ley General de Salud, y sus respectivos Reglamentos, la Ley Federal de Aguas y demás leyes y reglamentos aplicables vigentes o que se adopten, incluidos la presente Ley, su reglamento y las normas pertinentes del derecho internacional para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino.</p>	<p>Para la realización del presente manifiesto, el promovente consideró todas las disposiciones jurídicas aplicables, entre ellas, la LGEEPA, la LAN y sus respectivos reglamentos.</p>

III.1.7 Ley de Vertimientos en Zonas Marinas Mexicanas

La Ley de Vertimientos en Zonas Marinas Mexicanas(LVZMM)¹³, es de jurisdicción federal, sus disposiciones son de orden público y tienen por objeto el control y la prevención de la contaminación o alteración del mar por vertimientos en las zonas

¹³ Ley de Vertimientos en Zonas Marinas Mexicanas, México, Diario Oficial de la Federación, 17 de enero de 2014.

marinas mexicanas. En consecuencia, en la siguiente tabla se analiza su contenido y realiza la vinculación jurídica con el proyecto sujeto a evaluación.

Tabla 8. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de la Ley De Vertimientos en Zonas Marinas Mexicanas.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY DE VERTIMIENTOS EN ZONAS MARINAS MEXICANAS	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
Artículo 3. Es vertimiento en las zonas marinas mexicanas, cualquiera de los supuestos siguientes:	
VI. La colocación de materiales u objetos de cualquier naturaleza, con el objeto de crear, entre otras, muelles, espigones, escolleras, o cualquier otra estructura.	El proyecto comprende la colocación de infraestructura sumergible, arrecifes artificiales que tiene como finalidad evitar la erosión costera, a través de la disipación de la energía del oleaje lo que permitirá la acumulación de sedimentos y distribución de éstos en la zona.
Artículo 18. La Secretaría otorgará permiso para vertimiento a personas físicas o morales de nacionalidad mexicana o extranjeras, previo el cumplimiento de los requisitos que se establecen en la presente Ley, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas, o en su caso, en función de la evaluación de los resultados de los estudios técnicos e información científica aplicable en la materia, que deberá presentar el interesado.	El proyecto, de acuerdo con lo establecido en el Art. 15 de la presente ley, no requiere un permiso especial para su colocación, debido a que no cumple con ninguno de los criterios para así considerarlo: <i>“Los criterios se definirán a partir de los componentes de los desechos, materiales y sustancias y la información disponible sobre sus posibles efectos sobre la salud humana y el ambiente marino y costero”</i> . <i>En el Acuerdo, se definirán los desechos, materiales o sustancias que no pueden ser objeto de vertimiento. Para esta definición se considerarán, de manera enunciativa y no limitativa:</i> <i>I. Las sustancias antropogénicas tóxicas, persistentes y bioacumulables, entre otras: plásticos persistentes y demás materiales sintéticos, cadmio,</i>

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY DE VERTIMIENTOS EN ZONAS MARINAS MEXICANAS	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
	<p><i>mercurio, organohalógenos, organometálicos, hidrocarburos y sus derivados, cuando proceda, arsénico, plomo, cobre, zinc, berilio, cromo, níquel, vanadio, y sus compuestos de todos estos; compuestos orgánicos de silicio, cianuros, fluoruros, plaguicidas y pesticidas o sus subproductos distintos de los organohalógenos, y</i></p> <p><i>II. Aquellos compuestos respecto de los cuales se disponga de información que demuestre que causan daños a la salud humana o al ambiente marino y costero.</i></p> <p>Es así que el desarrollo del proyecto no contempla el vertimiento de ningún tipo de sustancia o residuo en el mar. No obstante, en el Subprograma de acciones independiente, se contemplan medidas, para evitar vertimientos no controlados al mar, al momento de la realización y operación del proyecto.</p>

III.1.8 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA)¹⁴ regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

¹⁴ Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, México, Diario Oficial de la Federación, 7 de junio de 2013.



Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental.

El régimen de responsabilidad ambiental reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. Reconoce que el desarrollo nacional sustentable debe considerar los valores económicos, sociales y ambientales.

La presente manifestación de impacto ambiental regional del proyecto, asume que sus obras y actividades pueden causar algún daño ambiental, por lo que ha establecido las medidas de prevención y mitigación correspondientes a efecto de minimizar dichos impactos. Además, el promovente prevé dar cabal cumplimiento a lo establecido en toda la normatividad ambiental aplicable que se relacione con la construcción y operación de las obras del proyecto.

Una vez que obtenida la autorización en materia de impacto ambiental, se cumplirá con todas y cada una de los términos y condicionantes establecidas en ella, garantizando que no se provocaran daños ambientales que no puedan ser previstos, mitigados y compensados. En la tabla abajo mostrada se realiza la vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de esta ley.

Tabla 9. Vinculación jurídica del proyecto con las disposiciones de La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
Artículo 2. Para los efectos de esta Ley se estará a las siguientes definiciones, así como aquellas previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Se entiende por:	
III. Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables del hábitat, de los ecosistemas, de los	El promovente ha procedido a identificar todos los posibles impactos ambientales que podrían ocasionarse por la realización del proyecto; así



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Para esta definición se estará a lo dispuesto por el artículo 6° de esta Ley.</p>	<p>como al establecimiento de medidas de protección, prevención y mitigación correspondientes, ello a efecto de encuadrar en lo dispuesto en el artículo 6° de esta Ley.</p>
<p>Artículo 6. No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de: I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que, II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas. La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.</p>	<p>El promovente, mediante el presente manifiesto, describe los posibles impactos identificados por la realización del proyecto; así como las medidas de prevención y mitigación correspondientes a efecto de evitar causar daño al ambiente, contenidas dentro del Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas, para dar cabal cumplimiento en lo establecido en el presente precepto.</p>

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>Artículo 10. Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.</p> <p>De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.</p>	<p>El promovente, como persona moral, realiza el presente manifiesto de impacto ambiental a efecto de cumplir con la normatividad ambiental. A tales fines, identifica los posibles impactos a producirse por la realización del proyecto, así como las medidas de prevención y mitigación conducentes, mismas que integran el Programa de Manejo Ambiental</p>
<p>Artículo 13. La reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su Estado Base los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación.</p> <p>La reparación deberá llevarse a cabo en el lugar en el que fue producido el daño. Los propietarios o poseedores de los inmuebles en los que se haya ocasionado un daño al ambiente, deberán permitir su reparación, de conformidad a esta Ley.</p> <p>El incumplimiento a dicha obligación dará lugar a la imposición de medios de apremio y a la responsabilidad penal que corresponda. Los</p>	<p>El promovente ha llevado a cabo los estudios de caracterización del ecosistema y biodiversidad existentes en el sitio del proyecto, para tener información respecto de las condiciones y servicios ambientales que guardan y prestan.</p> <p>Si bien el proyecto ha realizado las acciones orientadas a prevenir y, en su caso, mitigar los impactos ambientales, tal como se evidencia a través de este manifiesto, la información recabada permite tener información de base para, en su caso, proceder a la remediación.</p>

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS DISPOSICIONES DE LA LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
<p>propietarios y poseedores que resulten afectados por las acciones de reparación del daño al ambiente producido por terceros, tendrán derecho de repetir respecto a la persona que resulte responsable por los daños y perjuicios que se les ocasionen.</p>	
<p>Artículo 15. La compensación ambiental podrá ser total o parcial. En este último caso, la misma será fijada en la proporción en que no haya sido posible restaurar, restablecer, recuperar o remediar el bien, las condiciones o relación de interacción de los elementos naturales dañados.</p>	<p>Las acciones previstas por el promovente en la realización del proyecto están orientadas a la prevención y minimización de los impactos ambientales, por lo que se someten a evaluación mediante la presentación de este manifiesto. Sin embargo, si como resultado del procedimiento procesal respectivo es necesario proceder a la compensación, el promovente está dispuesto a llevarla a cabo.</p>

III.1.9 Normas Oficiales Mexicanas

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), regirá en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social. Su aplicación y vigilancia corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de las dependencias de la administración pública federal que tengan competencia en las materias reguladas en este ordenamiento.

Tiene por objeto, entre otras, en su fracción II: a) Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas; b) Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve



en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal; c) Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal; d) Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas; e) Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de administración pública federal; f) Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración; y g) En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.¹⁵

De conformidad con la LFMN, una norma oficial mexicana (NOM) es: la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación. En tal sentido, se realiza en la tabla siguiente la vinculación del proyecto con las NOMs que le son aplicables.

Tabla 10. Vinculación jurídica del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
NOM-022-SEMARNAT-2003. ¹⁶ Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	La región en donde se encuentra el proyecto, tiene gran relevancia por las zonas de manglar, sin embargo, el proyecto no generará ninguna afectación a manglares y humedales cercanos y en el sitio no hay presencia de ellos.
NOM-052-SEMARNAT-2005. ¹⁷ Que establece las características, el procedimiento de identificación,	Para la realización del proyecto no se generarán residuos peligrosos.

¹⁵ Artículo 2, fracción II, *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*, México, Diario Oficial de la Federación, 1 de julio de 1992. Última reforma del 15 de junio de 2018.

¹⁶ *NOM-022-SEMARNAT-2003*, Diario Oficial de la Federación, México, 10 de abril de 2003.

¹⁷ *NOM-052-SEMARNAT-2005*, Diario Oficial de la Federación, México, 23 de junio de 2006.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
clasificación y los listados de residuos peligrosos.	
NOM-059-SEMARNAT-2010. ¹⁸ 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.	En el estudio que se llevó a cabo para la caracterización biológica marina del Sistema Ambiental Regional y en específico para el área del proyecto, se registraron un total de dos especies en el Sistema Ambiental Regional que se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como sujetas a protección especial (Pr), siendo los gorgonáceos <i>Plexaura homomalla</i> y <i>Plexaurella dichotoma</i> , los cuales presentaron abundancia rara. Ninguna de estas especies fue observada en el área donde pretenden instalarse los AA o sobre los bolsacretos, que actualmente se presentan en el sitio.
NOM-080-SEMARNAT-1994. ¹⁹ Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Para la realización de las actividades del proyecto y para evitar afectaciones en el confort sonoro, la maquinaria se restringirá únicamente de 8 a 18 hrs o de 7 a 17 hrs de lunes a sábado.
NOM-162-SEMARNAT-2012. ²⁰ Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.	El promovente pretende llevar a cabo acciones de conservación y protección de los ejemplares de tortuga marina que aniden cerca del área de playa del proyecto. A través del Programa de Manejo

¹⁸ NOM-059-SEMARNAT-2010, Diario Oficial de la Federación, México, 30 de diciembre de 2010.

¹⁹ NOM-080-SEMARNAT-1994, México, Diario Oficial de la Federación, 13 de enero de 1995.

²⁰ NOM-162-SEMARNAT-2012, México, Diario Oficial de la Federación, 1 de febrero de 2013. Modificación del 8 de marzo de 2013.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS	
Precepto legal	Vinculación con el proyecto
	Ambiental en donde se incluyen acciones para la protección de los quelonios.

III.2 INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN DEL DESARROLLO

III.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018

El Estado tiene como obligación, de acuerdo con el artículo 25 de la CPEUM, fungir como el rector del desarrollo nacional, garantizando que éste sea incluyente, equitativo y sostenido. Por tanto, resulta indispensable que el Gobierno de la República impulse, al igual que lo hacen las economías más competitivas a nivel mundial, a los sectores con alto potencial de crecimiento y generación de empleos.

De igual forma, la CPEUM refiere en su artículo 26, apartado A que la planeación del desarrollo nacional constituye el eje que articula las políticas públicas que lleva a cabo el Gobierno de la República, facultad que lleva a cabo en cumplimiento a las disposiciones contenidas en el artículo 21 de la Ley de Planeación, el cual determina que **el Plan Nacional de Desarrollo precisará los objetivos nacionales, estrategias y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país**; contendrá previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines; determinará los instrumentos y responsables de su ejecución y **establecerá los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional, por lo que sus previsiones se refieren al conjunto de la actividad económica, social y cultural, tomando siempre en cuenta las variables ambientales que se relacionen a éstas**, y regirá el contenido de los programas que se generen en el sistema nacional de planeación democrática.

En este sentido, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND)²¹ plantea la ruta que el Gobierno de la República se ha trazado para lograr que México alcance su máximo potencial. A tales fines, se establecen cinco metas nacionales: I. México en Paz; II México Incluyente, III. México con Educación de Calidad, IV México

²¹ *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, México, Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 2013.

Próspero y, V. México con Responsabilidad Global. Asimismo, se presentan Estrategias Transversales para: i. Democratizar la Productividad: ii. Alcanzar un Gobierno Cercano y Moderno, y iii. Tener una Perspectiva de Género.

El desarrollo del turismo, materia de este manifiesto, es valorado en las metas: "IV. México próspero" y "V. México con responsabilidad global".

La meta "IV. México Próspero" promueve el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica mediante la generación de igualdad de oportunidades. Lo anterior, considerando que una infraestructura adecuada y el acceso e insumos estratégicos fomentan la competencia y permiten mayor flujo de capital y conocimiento hacia individuos y empresas con el mayor potencial para aprovecharlo. Asimismo, **esta meta busca proveer condiciones favorables para el desarrollo económico, a través de una regulación que permita una sana competencia entre las empresas y el diseño de una política moderna de fomento económico enfocada a generar innovación y crecimiento en sectores estratégicos.**

En el apartado "Diagnóstico" de esta meta, se reconoce que existe la oportunidad para que seamos más productivos. Por lo que el PND refiere en el rubro: "Fomento económico, política sectorial y regional", que **México requiere una política moderna de fomento económico enfocada en aquellos sectores estratégicos que tienen una alta capacidad para generar empleo, competir exitosamente en el exterior, democratizar la productividad entre sectores económicos y regiones geográficas, y generar alto valor a través de su integración con cadenas productivas locales.** Las actividades productivas de pequeñas y medianas empresas, del campo, la vivienda y el turismo son ejemplos de estos sectores.

En este sentido, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) constituyen más del 90% del tejido empresarial en la mayoría de los países del mundo. **En México, las MIPYMES aportan alrededor del 34.7% de la Producción Bruta Total y generan 73% de los empleos, lo que significa más de 19.6 millones de puestos laborales. Resulta indiscutible que la política orientada a apoyar a las MIPYMES productivas y formales** y, por supuesto, a los emprendedores, debe ser pieza angular de la agenda de gobierno, a fin de consolidarla como palanca estratégica del desarrollo nacional y de generación de bienestar para los mexicanos.



Por otra parte, se debe facilitar un proceso de cambio estructural ordenado que permita el crecimiento de actividades de alto valor agregado al mismo tiempo que se apoya la transformación productiva de los sectores tradicionales de la economía. Para ello, **es necesario coordinar la política de fomento económico, la infraestructura logística y la política sobre sectores estratégicos como el turismo.**

Ya en la sección relativa al "Sector turismo", el PND sostiene que **el turismo representa la posibilidad de crear trabajos, incrementar los mercados donde operan las pequeñas y medianas empresas, así como la posibilidad de preservar la riqueza natural y cultural de los países.** Una evidencia al respecto es que el 87% de la población en municipios turísticos en nuestro país tiene un nivel de marginación "muy bajo" de acuerdo con el CONEVAL, mientras que la cifra equivalente en los municipios no turísticos es de 9 por ciento.

México debe aprovechar integralmente el crecimiento del sector turístico a nivel mundial. Se debe mejorar el valor agregado de la oferta de este tipo de productos. En los últimos 30 años (1982-2012), los turistas internacionales en México han observado una tasa Media de crecimiento Anual (TMCA) de 2.0%. Como resultado, el país ha perdido posiciones en la clasificación de la Organización Mundial de Turismo (OTM), al pasar del séptimo lugar en 2000, al décimo en 2011 en la recepción de turistas internacionales y del duodécimo al vigésimo tercero en el ingreso de divisas. Por lo que es necesario considerar estrategias de promoción que atraigan a visitantes de estos países y regiones, como Rusia, China, Corea y América Latina. México se encuentra bien posicionado en el segmento de sol y playa, pero otros como el turismo cultural, ecoturismo y aventura, de salud, deportivo, de lujo, de negocios y reuniones o de cruceros, ofrecen la oportunidad de generar más derrama económica.

En lo que se refiere al mercado interno éste explica el 82.3% del consumo turístico del país. El flujo de personas registrado durante 2012 fue de más de 68 millones de turistas nacionales en hoteles, cifra que representa un máximo histórico y un incremento de 6.6% en el 2011. Por otro lado, la tasa media anual de crecimiento de la oferta total de cuartos de alojamiento fue de 4% entre 2000 y 2012, para alcanzar un nivel de 677,000. Además, la oferta de alojamiento contribuyó a generar 2.5 millones de puestos de trabajo en 2010, lo que representaba el 6.9% del empleo total. Sin embargo, se deben fomentar esquemas financieros especializados y accesibles que sirvan para promover inversiones turísticas. Asimismo, **es indispensable consolidar el modelo de desarrollo turístico sustentable, que compatibilice el crecimiento del turismo y los beneficios que éste genera, a**



través de la preservación y el mejoramiento de los recursos naturales y culturales. Adicionalmente, se requiere fortalecer el impacto del turismo en el bienestar social de las comunidades receptoras, para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones turísticas. En este sentido, todas las políticas de desarrollo del sector deben considerar criterios enfocados a incrementar la contribución del turismo a la reducción de la pobreza y la inclusión social.

Lo anterior se acota al objetivo imprescindible de **aprovechar el potencial turístico de México para generar una mayor derrama económica en el país**. Este objetivo se reduce a las siguientes **estrategias: impulsar el ordenamiento y la transformación sectorial; impulsar la innovación de la oferta y elevar la competitividad del sector turístico; fomentar un mayor flujo de inversiones y financiamiento en el sector turismo por medio de la promoción eficaz de los destinos turísticos; y propiciar que los ingresos generados por el turismo sean fuente de bienestar social.**

Para alcanzar cada uno de los objetivos planteados en el PND se detallan puntualmente una serie de estrategias y líneas de acción; así como estrategias transversales. En la tabla siguiente se detallan los relativos a la Meta "IV. México próspero" que tienen una relación estrecha con el desarrollo de este manifiesto.

Tabla 11. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, Meta IV. “México Próspero” y su vinculación con el proyecto.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018, META IV. “MÉXICO PRÓSPERO” Y SU VINCULACIÓN CON EL PROYECTO			
Objetivos	Estrategias	Líneas de acción	Vinculación con el proyecto
Objetivo 4.11. Aprovechar el potencial turístico de México para generar una mayor derrama económica en el país.	Estrategia 4.11.2. Impulsar la innovación de la oferta y elevar la competitividad del sector turístico.	Fortalecer la infraestructura y la calidad de los servicios y los productos turísticos.	El proyecto, además de buscar la protección de las costas por la erosión del oleaje, tiene como intención, mantener la belleza natural de las costas, para el disfrute del turista.
	Estrategia 4.11.3. Fomentar un mayor flujo de inversiones y financiamiento en el sector turismo y la promoción eficaz de los destinos turísticos.	Incentivar las inversiones turísticas de las micro, pequeñas y medianas empresas.	El proyecto es un claro ejemplo de inversión turística, teniendo como resultado mayor atractivo para los visitantes.
	Estrategia 4.11.4. Impulsar la sustentabilidad y que los ingresos generados por el turismo sean fuente de bienestar social.	Crear instrumentos para que el turismo sea una industria limpia, consolidando el modelo turístico basado en criterios de sustentabilidad social, económica y ambiental.	El proyecto turístico que se somete a evaluación cumple con los criterios de sustentabilidad exigidos por la normatividad ambiental y plantea el desarrollo económico y social en la localidad.
		Impulsar el cuidado y preservación del patrimonio cultural, histórico y natural del país.	El proyecto, tiene como finalidad preservar la belleza natural del sitio, así como evitar la erosión de la franja costera.
	Convertir al turismo en fuente de bienestar social.	Para el desarrollo del proyecto, se empleará gente de las localidades cercanas.	

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018, META IV. "MÉXICO PRÓSPERO" Y SU VINCULACIÓN CON EL PROYECTO			
Objetivos	Estrategias	Líneas de acción	Vinculación con el proyecto
Estrategias Transversales			
Estrategias	Líneas de acción		Vinculación con el proyecto
Estrategia I. Democratizar la Productividad	Fomentar y ampliar la inclusión laboral, particularmente hacia los jóvenes, las mujeres y los grupos en situación de vulnerabilidad para incrementar su productividad.		Para el desarrollo del proyecto, se empleará gente de las localidades cercanas.
	Promover políticas de desarrollo productivo acordes a las vocaciones productivas de cada región.		El Proyecto en sí mismo es una alternativa de desarrollo productivo, congruente con la planeación regional del sector turístico, que está orientado a la protección de los ecosistemas y el medio ambiente, ya que es uno de los insumos para el desarrollo del sector turístico sustentable.
Estrategia II. Gobierno Cercano y Moderno.	Combatir y castigar el delito ambiental, fortaleciendo los sistemas de prevención, investigación, vigilancia, inspección y sanción.		El promovente tiene conocimiento de los tipos ambientales relacionados con el aprovechamiento de los recursos naturales y la gestión ambiental, de manera que su actividad está orientada al respeto de la normatividad ambiental, lo cual previene la comisión de delitos ambientales.



PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018, META IV. “MÉXICO PRÓSPERO” Y SU VINCULACIÓN CON EL PROYECTO			
Objetivos	Estrategias	Líneas de acción	Vinculación con el proyecto
Estrategia III. Perspectiva de Género.	Impulsar el empoderamiento económico de las mujeres a través de la remoción de obstáculos que impiden su plena participación en las actividades económicas remuneradas.		El desarrollo del proyecto, es una oportunidad evidente para la inserción laboral de las mujeres, ya que las actividades que se desarrollarán por el proyecto, pueden ser llevadas a cabo por cualquier género, sin ser exclusivas del género masculino.



En cuanto a la **meta “V. México con responsabilidad global”**, el **Gobierno determina que el diálogo y la cooperación con otros países**, tanto en el ámbito bilateral como el multilateral, **son herramientas insustituibles para la consecución de las grandes metas nacionales**, en consecuencia, el entorno internacional constituye un punto firme de apoyo para los programas gubernamentales en todos los rubros de la Administración Pública Federal.

La expansión de los intercambios comerciales y de las inversiones productivas, la promoción del turismo, la proyección de la cultura mexicana y sus valores son tareas centrales para la promoción del desarrollo. Al mismo tiempo, en el marco del derecho internacional se hace necesario un diálogo continuo con otros actores -tanto estatales como, crecientemente, no gubernamentales- y, muy especialmente, una participación constante y activa en los foros multilaterales, en donde se abordan y deciden las grandes cuestiones que afectan a la comunidad internacional y que impactan el desarrollo interno de México. **Los retos globales -tales como el cambio climático, el desarrollo sustentable o la migración- y los desafíos regionales -como el fortalecimiento del Estado de Derecho, el impulso a la competitividad y a la apertura de mercados, así como la consolidación de la paz y la seguridad- requieren de una labor diplomática rigurosa y profesional.**

En resumen, **esta meta comprende las políticas del Gobierno de la República encaminadas a defender y promover el interés nacional en el exterior, y a contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo de México**, a través de relaciones cercanas, mutuamente benéficas y productivas con otros países, sustentadas en una política exterior vigorosa, sustantiva y activa.

En la tabla siguiente se detallan los objetivos, estrategias y líneas de acción planteados en el PND relacionados con la “V. México con responsabilidad global”, que guardan una correspondencia con el desarrollo de este manifiesto.

Tabla 12. PND. Meta V. “México con Responsabilidad Global” y su vinculación con el proyecto

PND. META V. “MÉXICO CON RESPONSABILIDAD GLOBAL” Y SU VINCULACIÓN CON EL PROYECTO		
Estrategias Transversales		
Estrategias	Líneas de acción	Vinculación con el proyecto
Estrategia I. Democratizar la Productividad	Dedicar atención especial a temas relacionados con la competitividad regional, como la infraestructura, el capital humano y los mercados laborales, para generar empleos a ambos lados de nuestras fronteras.	El proyecto para su realización contempla la contratación de empresas locales y de personal especializado, lo cual generará oportunidades de empleo a nivel local.

Como se advierte, **el actual PND 2013-2018 pone énfasis en el fomento económico a través de la transformación productiva de los sectores estratégicos de la economía, entre los que se encuentra el turismo**, cuya política supone una orientación de Estado para eliminar fallas de mercado que impiden a sectores o regiones alcanzar su máximo potencial.

Para lograr este objetivo, es fundamental lograr un desarrollo sustentable, por lo que contar con la evaluación del impacto ambiental, como un instrumento de política pública, puede contribuir a construir una sinergia positiva entre el desarrollo de las actividades económicas del sector turismo con las acciones en materia de protección y preservación ambiental; ya que para segmentos de turismo como el relativo a este manifiesto, los recursos naturales y la calidad del ambiente son insumos fundamentales para su éxito y permanencia.

III.2.2 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT)²², está conformado por 6 Objetivos principales:

²² Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018, México, Diario Oficial de la Federación, 12 de diciembre de 2013.



- Objetivo 1. Promover y facilitar el crecimiento sostenido y sustentable de bajo carbono con equidad y socialmente incluyente.
- Objetivo 2. Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero.
- Objetivo 3. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas.
- Objetivo 4. Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentablemente del patrimonio natural.
- Objetivo 5. Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo.
- Objetivo 6. Desarrollar, promover y aplicar instrumentos de política, información investigación, educación, capacitación, participación y derechos humanos para fortalecer la gobernanza ambiental.

De conformidad con el Diagnóstico de este Programa, **el crecimiento del país ha estado lejos de ser ambientalmente sustentable. Paralelamente al aumento del producto interno bruto (PIB) crecieron las emisiones de bióxido de carbono (CO₂)** - el principal gas responsable del efecto invernadero-, **la generación de residuos de distintos tipos y la descarga de aguas residuales, a la vez que la cubierta de bosques y selvas se redujo.** Esta pérdida y deterioro del capital natural viene acompañada de importantes costos económicos. Según cálculos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI),²³ **el costo total del agotamiento y la degradación ambiental (CTADA) representó 6.5% del PIB en 2011.**

En este contexto, el **reto que enfrenta el país es establecer y seguir un modelo de desarrollo que permita alcanzar un crecimiento sostenido de la economía que reduzca los niveles de pobreza y que incremente el bienestar y la calidad de vida de todos los ciudadanos sin hipotecar la base de recursos naturales para las generaciones venideras.** Esto es básicamente lo que significaría transitar hacia una economía verde, apuntalada en el valor del capital natural sobre la economía, como componente indispensable para avanzar hacia el desarrollo sustentable.

Por otro lado, **el Programa advierte que las zonas costeras y marinas son particularmente importantes para el desarrollo nacional: en ellas vive cerca del 20% de la población y se desarrolla una gama de actividades económicas relevantes como las portuarias y turísticas,** entre otras.

²³ INEGI, *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas económicas y ecológicas de México 2003-2011*, año base 2003, México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2013.

Pero, dada su vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos extremos, resulta primordial regular e inducir los usos del suelo y las actividades productivas que en ellas se realizan. Por lo que el proyecto que se somete a evaluación da cumplimiento al marco legal existente en materia ambiental, incluidos los ordenamientos ecológicos y territoriales, en aras de proponer un desarrollo turístico sustentable.

En la tabla señalada abajo se detalla la relación entre las metas y estrategias del PND y las estrategias y objetivos del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018; así como la vinculación jurídica de éste con el proyecto.

Tabla 13. Vinculación jurídica del proyecto con el Programa Sectorial De Medio Ambiente Y Recursos Naturales 2013-2018

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON EL PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2013-2018				
PND Meta Nacional	PND Objetivo de la Meta Nacional	PND Estrategias	Objetivos del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018	Vinculación con el proyecto
México Próspero	Objetivo 4.4. Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.	Estrategia 4.4.2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.	Objetivo 3. Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero.	Para controlar las emisiones atmosféricas, el promovente plantea la contratación de maquinaria en buenas condiciones, que pueda ser garantizada por la empresa propietaria.
		Estrategia 4.4.4. Proteger el patrimonio natural.	Objetivo 4. Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la	El proyecto plantea la restauración de la playa, con la finalidad de evitar su erosión, por el



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON EL PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2013-2018				
PND Meta Nacional	PND Objetivo de la Meta Nacional	PND Estrategias	Objetivos del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018	Vinculación con el proyecto
			conservación, restauración y aprovechamiento sustentablemente del patrimonio natural.	movimiento del mar, preservando la belleza natural del sitio y el ecosistema marino.
			Objetivo 5. Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo.	El proyecto plantea la restauración de la playa, con la finalidad de evitar la erosión, por el movimiento del mar, preservando la belleza natural del sitio y el ecosistema marino.
			Objetivo 6. Desarrollar, promover y aplicar instrumentos de política, información investigación, educación, capacitación,	El proyecto se apunala en la aplicación de todos los instrumentos de política ambiental y normatividad que están orientados a garantizar derechos humanos, tales



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON EL PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2013-2018				
PND Meta Nacional	PND Objetivo de la Meta Nacional	PND Estrategias	Objetivos del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018	Vinculación con el proyecto
			participación y derechos humanos para fortalecer la gobernanza ambiental.	como: a un medio ambiente sano.



III.2.3 Programa Sectorial de Turismo 2013-2018

El Programa Sectorial de Turismo 2013-2018 (PST), como el instrumento base de la planeación del Ejecutivo Federal en materia turística en el que se determinan los objetivos, estrategias, líneas de acción e indicadores concretos del sector.²⁴

En específico este instrumento se inscribe al esfuerzo de planeación descrito en el objetivo 4.11 del PND 2013-2018, el cual dispone: “*Aprovechar el potencial turístico de México para generar una mayor derrama económica en el país*”, desprendiéndose las cuatro estrategias a seguir: i. impulsar el ordenamiento y la transformación del sector turístico; ii. impulsar la innovación de la oferta y elevarla competitividad del sector turístico; iii. fomentar un mayor flujo de inversiones y financiamiento en el sector turismo y la promoción eficaz de los destinos turísticos y, iv. impulsar la sustentabilidad y que los ingresos generados por el turismo sean fuente de bienestar social.

En comparación con otras ramas productivas, **el turismo es una actividad económica dinámica y con un ritmo de crecimiento favorable, capaz de generar oportunidades para las micro, pequeñas y medianas empresas**, así como de crear encadenamientos productivos de mayor valor agregado para el país. Considerado un catalizador del desarrollo, **representa un poderoso instrumento para elevar el bienestar de las comunidades receptoras, genera un sentido de pertenencia y contribuye a la preservación de la riqueza natural y cultural.**

Para **México el turismo representa una de las principales fuentes de divisas, genera el 8.4% del PIB y más de 2.2 millones de empleos, lo cierto es que para ese periodo el país tuvo un crecimiento únicamente del 1.1%**. Lo cual es consistente con el registro de tasas de crecimiento menores y, en consecuencia, de la derrama económica generada por el turismo, situación totalmente contradictoria con el potencial turístico del país. No obstante, de acuerdo con cifras del Banco de México, parece que la tendencia empieza a revertirse, pues referente al período enero julio de 2014/2015, **se advierte un incremento en el número de llegadas de visitantes internacionales y, por ende, en las divisas provenientes de éstos, por lo que es un buen momento para invertir en el sector, a fin de contribuir a lograr los objetivos y metas de desarrollo nacionales.**

²⁴ Programa Sectorial de Turismo 2013-2018, México, Diario Oficial de la Federación, 13 de diciembre de 2013.

En cuanto a la oferta turística, **México cuenta con un importante patrimonio natural, histórico y cultural que lo sitúa como un destino que ofrece una amplia gama de productos.** Sin embargo, existe una alta concentración de la oferta en productos de sol y playa que centraliza buena parte de los servicios turísticos. De acuerdo con información del Sistema Nacional de la Información Estadística del Sector Turismo de México (Datatur), **65% de los turistas extranjeros se alojaron en destinos de sol y playa en 2012, de los cuales el 77% prefirieron tres destinos: Riviera Maya (38%), Cancún (29%) y Los Cabos (10%).** En el caso del turismo doméstico la proporción es distinta. Durante el mismo año, únicamente el 31% se hospedó en destinos de sol y playa. Los destinos predilectos por orden de importancia fueron: Acapulco (30%), Veracruz (15%), Cancún (12.1%), Mazatlán (8.1%) y Puerto Vallarta (7.2%).

Por otra parte, el PST reconoce que el crecimiento económico depende fundamentalmente de la inversión y la actividad turística reúne los atributos necesarios para la interacción de la inversión pública y privada aprovechando y desarrollando capacidades productivas de sus recursos humanos y la vocación turística de las regiones donde se desarrolla. En concreto **se requiere que la conducción y orientación de la inversión se realice hacia proyectos con potencial turístico que permita impulsar la calidad de los destinos turísticos.** En este sentido la banca de desarrollo y los programas locales de promoción turística deben tener convergencia y promover una amplia convocatoria de complementación con la inversión privada.

Por lo que **hace a la sustentabilidad en el turismo**, se trata de uno de los principales retos para la gestión del sector, cuya tendencia a la masificación **conduce a repensar no sólo los patrones de desarrollo de los destinos, sino en los patrones de consumo que exigen destinos más limpios, más seguros y responsables con el medio ambiente.**

La concentración de la oferta en destinos turísticos genera una alta demanda de recursos naturales y, por tanto, un mayor desgaste de los mismos. En 2012 el 52% de la oferta hotelera en el país se concentró en ocho destinos turísticos: Distrito Federal, Riviera Maya, Cancún, Acapulco, Guadalajara, Los Cabos, Monterrey y Puerto Vallarta. Esta situación y **la falta de planeación fundamentada en criterios de sustentabilidad integral tienen efectos negativos en la entrega de servicios en cada destino.** Por lo que es ineludible un esfuerzo transversal entre todos los niveles de gobierno y las dependencias y entidades de la federación para el aprovechamiento responsable de los activos naturales y culturales, evitando su

deterioro. **Siendo la evaluación del impacto ambiental un instrumento que ayuda a la planeación ordenada y sustentable del turismo.**

Ahora bien, enfocados en **el aspecto social de la sustentabilidad se debe incluir a los agentes sociales en el desarrollo turístico y fortalecimiento del tejido social, de forma que se promueva la cohesión social como una externalidad positiva directa.** Mientras que **el aspecto económico de la sustentabilidad en el turismo se fundamenta en relaciones económicas sostenibles en el tiempo, que generen empleos de calidad, que fomenten la creación de comunidad y cuya actividad incremente el bienestar humano a través de actividades rentables y amigables con el medio ambiente.**

Desde la perspectiva ambiental de la sustentabilidad, es importante advertir que **el turismo guarda una relación ambivalente con el fenómeno del cambio climático.** Por una parte, su estrecha relación con el medio ambiente lo hace vulnerable a cualquier cambio de las condiciones climáticas en los destinos. Por otra, **tiene una elevada y creciente responsabilidad en las emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales contribuyen a acelerar el fenómeno del cambio climático.**

Como se advierte, el beneficio social de la actividad turística pasa también por la promoción de una cultura de preservación y cuidado de la riqueza natural, cultural, histórica y arqueológica en la que debe participar la comunidad. Esto es, **en la medida que la población de los destinos turísticos identifique opciones de empleo y desarrollo en la actividad turística local y se identifique con ella, apreciará como un activo propio de la comunidad o el municipio las ventajas turísticas de su localidad y participará más activamente en la defensa y cuidado del patrimonio turístico de su localidad** y con ello de las regiones turísticas del país. Esto es, el desarrollo turístico debe tener un carácter incluyente que trascienda la generación de empleos para darle un mayor rango y reconocimiento social.

Esta dimensión de apropiación social de los destinos turísticos contribuirá a mejorar la sustentabilidad y a ampliar la gama de servicios que de manera directa e indirecta genera el turismo, pero además, permitirá darle una visión de mediano plazo donde el crecimiento incluyente, ordenado y equilibrado de los destinos turísticos le garantice sustentabilidad y empleo permanente a la población y con ello una mejor calidad de vida.

Por todo lo anterior, **se debe apostar por una estrategia integral que fomente el desarrollo sustentable de los destinos turísticos y amplíe los beneficios sociales y**



económicos de las comunidades receptoras, manteniendo la importancia de los recursos naturales, así como su preservación. En este sentido, no se debe soslayar la capacidad que tiene el turismo para combatir la pobreza y fomentar el desarrollo de las comunidades. **Es fundamental utilizar todas las herramientas al alcance para lograr un crecimiento sustentable y justo** que utilice las nuevas tecnologías, fuentes de energía alternativa, conciencia ambiental, **que modifique los patrones de consumo y de desarrollo turístico con el fin enfrentar los retos que plantea el cambio climático.**

Para ello, implementa en congruencia con las establecidas por el PND 2013-2018, diversas estrategias, gran porcentaje de ellas van orientadas al accionar de la Administración Pública en coordinación con los diversos sectores partícipes en este sector, no obstante, la estrategia:

En la tabla siguiente se detallan los objetivos, estrategias y líneas de acción planteados en el PST que se relacionan con el presente manifiesto.

Tabla 14. Objetivos, estrategias y líneas de acción del Programa Sectorial de Turismo y su vinculación legal con el proyecto.

OBJETIVOS, ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DEL PROGRAMA SECTORIAL DE TURISMO Y SU VINCULACIÓN LEGAL CON EL PROYECTO	
Objetivo 2. Fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística. Entender que el turismo mexicano no está aislado y que participa con el resto del mundo en un mercado cada vez más competido es un punto que debe hacernos reflexionar. Hoy más que nunca se hace necesario promover un turismo sustentable y de calidad que ofrezca productos y servicios innovadores, con mayor valor agregado y con una adecuada articulación de la cadena de valor. Con calidad, innovación y productividad se generarán las condiciones para que los visitantes tengan una experiencia única, que fortalezca la competitividad del turismo mexicano en el mundo y que haga que la industria turística se desarrolle, que multiplique su potencial y que sus beneficios alcancen a más mexicanos.	
Estrategia 2.2. Impulsar la innovación, diversificación y consolidación de la oferta turística por región y destino.	
Líneas de acción	Vinculación con el proyecto
2.2.5 Crear y mejorar las condiciones de infraestructura y equipamiento en los destinos y sitios de interés turístico.	Con la finalidad de evitar la erosión costera, se realizará la instalación de AA, mismos que permitirán proteger del oleaje a la costa y a las especies que en ella habitan, manteniendo la

OBJETIVOS, ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DEL PROGRAMA SECTORIAL DE TURISMO Y SU VINCULACIÓN LEGAL CON EL PROYECTO

	<p>belleza natural del lugar y propiciando la colonización natural de especies, en la infraestructura colocada, aunado a lo anterior, se eliminarán los bolsacretos que actualmente limitan el aporte de sedimentos a la zona de la playa.</p>
--	--

Objetivo 5. Fomentar el desarrollo sustentable de los destinos turísticos y ampliar los beneficios sociales y económicos de las comunidades receptoras.

Delinear acciones para aprovechar el potencial turístico de nuestro país no tendría sentido alguno, si no enfocamos nuestros esfuerzos para que la derrama económica que genera el turismo tenga un impacto que perdure y se traduzca en mayor bienestar para los mexicanos. Es por eso que debemos *dirigir acciones que permitan una mayor distribución de los beneficios del turismo, que permitan a los mexicanos disfrutar de nuestro país, y que todo esto sea sostenible en el largo plazo; sin dañar nuestros recursos naturales, nuestra cultura, ni a nuestra sociedad.*

El desarrollo sustentable del sector turístico tendrá una visión integral que contempla criterios medioambientales, económicos y sociales. Este enfoque contribuirá a incrementar la derrama económica que genera el turismo promoviendo una distribución más justa y equitativa de los beneficios y una mayor protección del patrimonio natural y cultural. Esta visión se verá reflejada en el esfuerzo por sistematizar y consolidar mecanismos de monitoreo de estos criterios en coordinación con las entidades federativas y los municipios turísticos. Estas acciones beneficiarán al medio ambiente, a los turistas y, sobre todo, a las comunidades receptoras.

Estrategia 5.4. Promover una distribución amplia y justa de los beneficios económicos y sociales del turismo en las comunidades receptoras.

Líneas de acción	Vinculación con el proyecto
5.4.2 Fortalecer el número y la calidad de los empleos locales sostenidos por el turismo.	Para la realización del proyecto, se plantea la contratación de personal de la localidad, tanto para el retiro de infraestructura (bolsacretos ya

OBJETIVOS, ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DEL PROGRAMA SECTORIAL DE TURISMO Y SU VINCULACIÓN LEGAL CON EL PROYECTO

	existentes), como para la colocación de los AA.
--	---

III.2.4 Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018

El Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC)²⁵, es congruente con el objetivo 4.4 y la estrategia 4.4.3 del PND, que se refieren al fortalecimiento de la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.

El PECC, está conformado por 4 Objetivos generales, mismos que contienen estrategias y líneas de acción, siendo los siguientes:

- Objetivo 1. Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica.
- Objetivo 2. Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático.
- Objetivo 3. Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones.
- Objetivo 4. Reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, propiciando cobeneficios de salud y bienestar.
- Objetivo 5. Consolidar la política nacional de cambio climático mediante instrumentos eficaces y en coordinación con entidades federativas, municipios, Poder Legislativo y sociedad.

Dentro del diagnóstico del PECC, México tiene características geográficas que lo colocan como uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático y a diferentes fenómenos meteorológicos. El PECC, ha identificado por sectores prioritarios, aquellos impactos del cambio climático que se pueden presentar en territorio nacional:

- Agricultura: disminución de productividad de maíz y pérdida de fertilidad de suelos.

²⁵ Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, México, Diario Oficial de la Federación, 28 de abril de 2014.



- Hídrico: sequías más frecuentes y como consecuencia mayor demanda de agua. Por otro lado, en ciertas regiones aumento en la precipitación e incremento de inundaciones.
- Costero: aumento del nivel del mar, intrusión salina.
- Tormentas y clima severo: mayor número e intensidad de tormentas, impactos con mayores consecuencias.
- Ecosistemas y biodiversidad: reducción del área de cubierta de bosques de coníferas y especies, aumento de temperatura en aguas oceánicas.
- Infraestructura estratégica: la infraestructura turística, portuaria, de energía, comunicación y transportes, se puede ver afectada por el aumento en número e intensidad de ciclones tropicales y mareas de tormentas más intensas.

Derivado de lo anterior en la tabla presentada a continuación, se muestra los objetivos, estrategias y líneas de acción y su vinculación jurídica con el proyecto:

Tabla 15. Objetivos, estrategias y líneas de acción del Programa Especial De Cambio Climático y su vinculación legal con el proyecto.

OBJETIVOS, ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DEL PROGRAMA ESPECIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SU VINCULACIÓN LEGAL CON EL PROYECTO	
Objetivo 2. Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático.	
Estrategia 2.1. Promover esquemas y acciones de protección, conservación y restauración de ecosistemas terrestres, costeros y marinos y su biodiversidad	
Líneas de acción	Vinculación con el proyecto
2.1.4 Reforzar acciones que coadyuven en la protección y conservación del medio ambiente marino	Con la finalidad de evitar la erosión costera, se realizará la instalación de AA, mismos que permitirán proteger del oleaje la costa y a las especies que en ella habitan, manteniendo la belleza natural del lugar y propiciando la colonización natural de especies, en la infraestructura colocada. Además, se implementará un Programa de Manejo Ambiental, en el cual se incluyen acciones para la



OBJETIVOS, ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DEL PROGRAMA ESPECIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y SU VINCULACIÓN LEGAL CON EL PROYECTO	
--	--

	protección y conservación del medio marino.
--	---

III.2.5 Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 25, 26, 39 y 120 de la CPEUM; 1, fracciones I, II, III y 35 de la Ley de Planeación; 1, 4, 5, 6 y 9, de la Constitución Política del Estado de Quintana Roo y con base en los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo se formuló el Plan Estatal de Desarrollo de 2016-2022²⁶ (PED), al cual se sujetarán obligatoriamente los instrumentos de planeación, programación y gestión del desarrollo en el Estado de Quintana Roo, ya que se trata del documento rector de las acciones del gobierno y la Administración Pública Estatal.

El PED, tiene por objeto disponer de un esquema de actuación institucional, sustentado en una línea base de referencia, contraste y expectativas realistas, que induzcan a la programación de actividades orientadas a la obtención de resultados positivos y valor público en la actuación gubernamental, sujetos a evaluación y control en el ejercicio del gasto público, a través de indicadores estratégicos y de gestión propios de una administración pública de carácter gerencial.

El PED, está integrado por 5 Ejes Estratégicos:

- a) Eje 1. Desarrollo y diversificación económica con oportunidades para todos: Estado de gran relevancia nacional por su desarrollo e importancia económica, uno de los estados con mayor recepción de migrantes nacionales. Sin embargo, la falta de planeación y el nulo impulso de regiones socioeconómicas en todo el territorio estatal, ha generado la concentración de actividades en la zona norte del estado, así como el impulso pleno en el desarrollo turístico, desaprovechando otros sectores como el primario y secundario, así como elementos naturales, culturales e históricos, buscando minimizar estas problemáticas, a través del Plan de Acción, mismo que consta con 4 programas:
 - Programa 1. Empleo y Justicia Laboral.

²⁶ Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022, México, Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 25 de enero de 2017. Disponible en: <https://www.qroo.gob.mx/plan-estatal-de-desarrollo-quintana-roo-2016-2022/introduccio>.

- Programa 2. Desarrollo, Innovación y Diversificación Económica.
- Programa 3. Competitividad e Inversión.
- Programa 4. Diversificación y Desarrollo del Turismo.

b) Eje 2. Gobernabilidad, Seguridad y Estado de Derecho: el propósito es construir esquemas de coordinación y colaboración en todos los niveles de gobierno y con los sectores social, público y privado para un corto, mediano y largo plazo, con certeza, tranquilidad y protección permanente desde una perspectiva de gobernanza y auténtica participación democrática. Conformado el Plan de Acción con 8 programas:

- Programa 5. Gobernabilidad.
- Programa 6. Capacitación, Vinculación y Actuación de los Cuerpos Policiales.
- Programa 7. Equipamiento y tecnología para la seguridad.
- Programa 8. Corresponsabilidad en la Prevención del Delito y Responsabilidad Vial.
- Programa 9. Sistema Penitenciario.
- Programa 10. Protección Civil.
- Programa 11. Derechos Humanos.
- Programa 12. Procuración de Justicia.

c) Eje 3. Gobierno Moderno, Confiable y Cercano a la Gente: ante la fragilidad de los sistemas de planeación, programación, seguimiento, evaluación y control, se busca la sanación pública y de reconocimiento mutuo de las fallas del sistema, mediante la coordinación de los gobiernos locales y participación ciudadana. El Plan de Acción de este eje está conformado por 8 programas:

- Programa 13. Gobierno Transparente y de Puertas Abiertas.
- Programa 14. Comunicación e Información Gubernamental.
- Programa 15. Gobierno Digital y con Innovación Gubernamental.
- Programa 16. Administración Responsable de Recursos.
- Programa 17. Gestión y Control Gubernamental.
- Programa 18. Robustecimiento de las Finanzas Públicas.
- Programa 19. Planeación y Evaluación Estratégica.
- Programa 20. Gerencia Pública.

d) Eje 4. Desarrollo Social y Combate a la Desigualdad: la política de desarrollo social debe interesarse en solucionar problemas estructurales que acentúan la pobreza y la marginación, con el objetivo de garantizar la igualdad de



oportunidades a todos sus habitantes y promover el desarrollo de sus capacidades. Buscando garantizar el ejercicio real de los derechos humanos. El Plan de Acción de este eje se integra por 6 programas:

- Programa 21. Combate a la Pobreza.
- Programa 22. Recomposición del Tejido Social.
- Programa 23. Educación Pública de Calidad.
- Programa 24. Salud Pública Universal.
- Programa 25. Atención a Grupos en Situación de Vulnerabilidad.
- Programa 26. Igualdad de Género.

e) Eje 5. Crecimiento Ordenado con Sustentabilidad: Basados en los beneficios económicos que el sector turístico ha causado, así como observando los desequilibrios medioambientales y sociales, tales como contaminación, uso irracional de los recursos, explotación forestal, cambios de uso de suelo, alta concentración demográfica en algunas ciudades, altos niveles de inmigración, informalidad, nuevas zonas marginales y baja diversificación productiva. Ha repercutido en la agudización de problemas sociales y en la precarización del trabajo. Por lo que busca este eje lograr es el desarrollo óptimo territorial del Estado, en sus tres regiones: sur, norte y maya, mediante tres líneas básicas de acción: a) conseguir el equilibrio territorial en sus regiones; b) vincular a su población rural y semi rural con la población urbana mediante el fortalecimiento del desarrollo endógeno; y c) lograr el desarrollo sostenible en todo el proceso de planeación del desarrollo territorial con una visión de largo plazo. Eje que cuenta con 7 programas:

- Programa 27. Desarrollo Urbano Sostenible y Ordenamiento Territorial con Cisión Regional y Metropolitana.
- Programas 28. Medio Ambiente y Sustentabilidad.
- Programa 29. Movilidad y Transporte.
- Programa 30. Infraestructura para el Desarrollo del Estado.
- Programa 31. Vivienda.
- Programa 32. Servicios Públicos de Calidad.
- Programa 33. Desarrollo Insular del Estado.

De conformidad con lo anterior, dentro de la siguiente tabla, se describirán aquellas estrategias de las cuales van de acuerdo con el proyecto.



Tabla 16. Vinculación jurídica del proyecto con el Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON EL PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2016-2022				
EJE 5. CRECIMIENTO ORDENADO CON SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL				
PROGRAMA	OBJETIVO	ESTRATEGIA	LÍNEAS DE ACCIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Programa 28. Medio ambiente y sustentabilidad	Garantizar la protección, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales para mejorar la calidad de vida de los quintanarroenses, mitigando los impactos derivados de las principales actividades productivas, que generan afectación al medio ambiente y a la biodiversidad.	Desarrollar instrumentos, mecanismos y programas orientados a concientizar, regular, cumplir y vigilar la normatividad ambiental aplicable en los proyectos, actividades, desarrollos existentes y futuros, en corresponsabilidad con los sectores público, privado y social.	5.28.31 Implementar acciones de seguimiento del mangle y otros ecosistemas degradados.	En la ubicación del proyecto no hay presencia de mangle.
			5.28.48 Implementar incentivos para que los nuevos desarrollos turísticos adopten medidas que mitiguen los efectos de cambio climático y la contaminación de recursos, así como a predios que destinen superficies para la conservación.	El promovente es consciente de los efectos del cambio climático en la zona, por lo que busca con la realización del proyecto el evitar el deterioro del ecosistema marino y la erosión costera provocada, entre otros, por los fenómenos climáticos de mayor intensidad de los últimos años.



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON EL PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2016-2022				
EJE 5. CRECIMIENTO ORDENADO CON SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL				
Programa 33. Desarrollo Insular de esta	Integrar, con el apoyo de los gobiernos municipal y federal, equitativamente a las ínsulas del estado en las acciones de desarrollo social, competitivo y sustentable que fomenten una mejor calidad de vida para sus habitantes	Coordinar acciones específicas para la planeación, promoción y gestión del territorio insular del Estado de acuerdo con la Estrategia Nacional de las Islas.	5.33.12 Tomar medidas para prevenir y atender posibles consecuencias derivadas de riesgos meteorológicos.	El desarrollo del proyecto, servirá como barrera artificial para los riesgos meteorológicos que se presentan en la zona, además de evitar la erosión costera.



III.2.6 Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático, Estado de Quintana Roo

El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo (PEACCQR), es un instrumento en el cual se prevén los efectos del cambio climático sobre la población, actividades económicas y recursos naturales en el estado, dicho programa establece los siguientes objetivos:

- Establecer estrategias y líneas de acción en corto, mediano y largo plazos para prevenir y mitigar los efectos adversos del Cambio Climático en Quintana Roo.
- Elaborar y actualizar periódicamente los Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el Estado.
- Generar, articular y orientar la instrumentación de las acciones de mitigación de emisiones de GEI y de adaptación al Cambio Climático en las dependencias de los tres órdenes de gobierno en el estado de Quintana Roo
- Articular, coordinar y orientar las acciones y medidas de mitigación y adaptación al cambio climático entre sector gubernamental, académico, iniciativa privada, sociedad civil y organizaciones no gubernamentales.

De conformidad con lo anterior, dentro de la siguiente tabla, se describirán aquellas estrategias de las cuales van de acuerdo con el proyecto.

Tabla 17. Vinculación jurídica del proyecto con el Programa Estatal de Acción Ante El Cambio Climático, Estado De Quintana Roo.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON EL PROGRAMA ESTATAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO, ESTADO DE QUINTANA ROO	
Medidas de adaptación al Cambio Climático (turismo)	
Efecto del Cambio Climático en: Daños a infraestructura	
Medidas de adaptación: Fomentar entre el sector turístico el uso de buenas prácticas ambientales para la planeación, diseño y construcción sustentable.	
Indicadores	Vinculación con el proyecto
Número de hoteles certificados con calidad ambiental turística	El proyecto contempla, la instalación de AA y el retiro de los bolsacretos preexistentes, contemplando medidas necesarias para evitar



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON EL PROGRAMA ESTATAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO, ESTADO DE QUINTANA ROO

	cualquier alteración en el ecosistema marino y con la finalidad de rehabilitar la playa erosionada por el movimiento del mar.
--	---

III. 3 INSTRUMENTOS DE ORDENACIÓN TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO

III.3.1 Ordenamientos ecológicos

III.3.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)²⁷, es un instrumento de observancia obligatoria en todo el territorio nacional que vincula las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática.

El POEGT, está integrado por un Modelo de Ordenamiento Ecológico General Territorial, una regionalización ecológica del Territorio Nacional, que divide a toda la República Mexicana en 145 unidades ambientales biofísicas (UAB), estableciendo lineamientos y estrategias ecológicas generales.

Al POEGT, lo conforman 44 estrategias ecológicas que están dirigidas:

- A lograr la sustentabilidad ambiental del territorio.
- Al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana.
- Al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

El POEGT, establece 10 lineamientos ecológicos:

1. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.
2. Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias y sectores económicos que intervienen en la instrumentación del programa

²⁷ Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, México, Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012.



- de ordenamiento ecológico general del territorio, con la activa participación de la sociedad en las acciones en esta área.
3. Contar con una población con conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio, fomentando la educación ambiental a través de los medios de comunicación y sistemas de educación y salud.
 4. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.
 5. Preservar la flora y la fauna, tanto en su espacio terrestre como en los sistemas hídricos a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.
 6. Promover la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, mediante formas de utilización y aprovechamiento sustentable que beneficien a los habitantes locales y eviten la disminución del capital natural.
 7. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.
 8. Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.
 9. Incorporar al SINAP las áreas prioritarias para la preservación, bajo esquemas de preservación y manejo sustentable.
 10. Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en el escenario tendencial del pronóstico, a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

En relación al proyecto material del presente manifiesto y conforme a lo establecido en el POEGT, le corresponde la Región Ecológica número 17.33, compuesta exclusivamente por la Unidad Ambiental Biofísica número 62, con una política ambiental de restauración, protección y aprovechamiento sustentable, de importancia alta y con un escenario a largo plazo inestable a crítico.

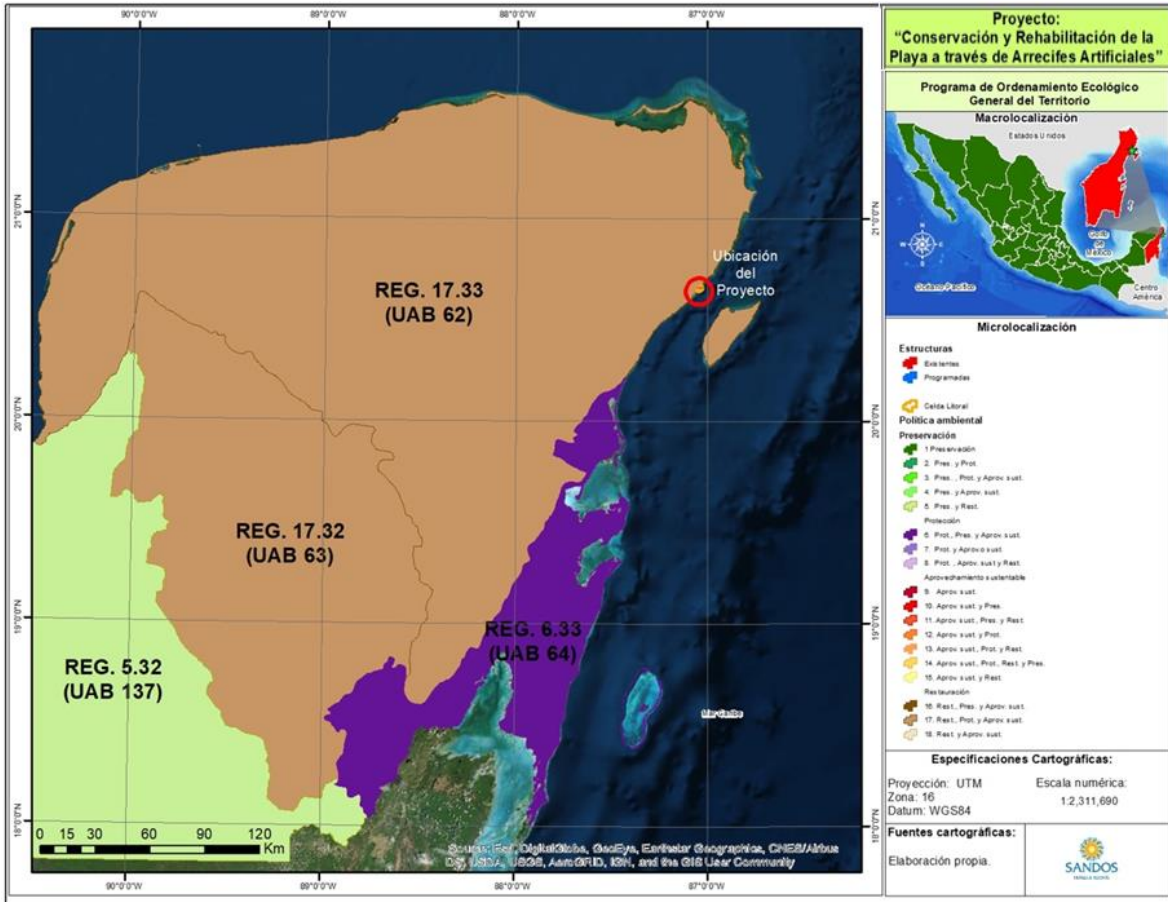


Figura 1. Ubicación del proyecto Arrecifes Artificiales como estructuras de protección contra la erosión y regeneración de playas dentro del plano del POEGT.

Derivado de lo anterior en la tabla siguiente, se muestra la vinculación del POEGT con el proyecto.



Tabla 18. Vinculación jurídica del proyecto con las Estrategias Sectoriales De La UAB 62 del Programa De Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS SECTORIALES DE LA UAB 62 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO		
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
Política ambiental	Estrategias sectoriales	Vinculación con el proyecto
A) Preservación	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	Para reducir los impactos negativos del proyecto por su realización, el Programa de Manejo Ambiental contempla el Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, el Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero así como el Subprograma de Acciones Independientes, puesto que el promovente es consciente de la importancia de las especies que se encuentran o utilizan al sitio del proyecto como vía de acceso a la playa.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	El proyecto no contempla el aprovechamiento de recursos naturales, sin embargo, el promovente es consciente de la importancia de los recursos que existen en el sitio del proyecto, así reflejado en el Programa de Manejo Ambiental.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	No aplica para el proyecto.



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS SECTORIALES DE LA UAB 62 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO		
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
Política ambiental	Estrategias sectoriales	Vinculación con el proyecto
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	No aplica para el proyecto.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	No aplica para el proyecto.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	El promovente es consciente de la importancia de los recursos naturales que existen en el sitio del proyecto y su preservación, así reflejado dentro del Programa de Manejo Ambiental.
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	No aplica para el proyecto.
	10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	No aplica para el proyecto.
	11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	No aplica para el proyecto.
	12. Protección de los ecosistemas.	Para la elaboración del presente manifiesto, se realizaron múltiples estudios especializados para detectar las posibles afectaciones que la construcción y operación del proyecto, ocasionarían al ecosistema marino, basados



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS SECTORIALES DE LA UAB 62 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO		
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
Política ambiental	Estrategias sectoriales	Vinculación con el proyecto
		en el principio de protección y preservación, integrando así el Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	No aplica para el proyecto.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	No aplica para el proyecto.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	No aplica para el proyecto.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	La realización del proyecto, generará desarrollo en la región, puesto que las empresas y trabajadores que se contemplan contratar serán locales.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	El proyecto, además de evitar la erosión de la costa, tiene la intención de preservar la belleza natural del sitio y las especies que en él habitan, para seguir potencializando la región como un lugar turístico a nivel nacional e internacional.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y	No aplica para el proyecto.



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS SECTORIALES DE LA UAB 62 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO		
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
Política ambiental	Estrategias sectoriales	Vinculación con el proyecto
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables. Bien estructuradas y menos costosas.	
	32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	No aplica para el proyecto.
E) Desarrollo Social	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	No aplica para el proyecto.
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	El proyecto pretende contratar trabajadores locales, generando oportunidades al mercado laboral de la zona.
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	No aplica para el proyecto.

VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS SECTORIALES DE LA UAB 62 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO		
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
Política ambiental	Estrategias sectoriales	Vinculación con el proyecto
	39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza.	No aplica para el proyecto.
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.	No aplica para el proyecto.
	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	No aplica para el proyecto.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	No aplica para el proyecto.
B) Planeación de Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	No aplica para el proyecto.



VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO CON LAS ESTRATEGIAS SECTORIALES DE LA UAB 62 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO		
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
Política ambiental	Estrategias sectoriales	Vinculación con el proyecto
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	No aplica para el proyecto.



III.3.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC)²⁸, es el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

El POEMRGMMC, identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio, con acciones en materia de derecho marítimo, lucha contra la contaminación en los mares, protección de los recursos marinos, combate a la marginación y orientación del desarrollo hacia la sustentabilidad.

El POEMRGMMC, está integrado por 1. Lineamientos Ecológicos, conformada por 27 metas o enunciados generales, 2. Unidades de Gestión Ambiental (UGA), que incluyen 203 unidades clasificadas en a) Marina y b) Regionales:

- a) Área Marina, que comprende las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo zonas federales adyacentes del Golfo de México y Mar Caribe. También incluye 26 Áreas Naturales Protegidas, de competencia Federal con parte de su extensión en la zona marina. Cabe señalar, que en dichas áreas aplica el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente, así como las acciones generales y específicas que establece este Programa, de acuerdo a su ubicación.
- b) Área Regional, abarca una región ecológica ubicada en 142 municipios con influencia costera de 6 entidades federativas (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas). En ésta área se incluyen 3 Áreas Naturales Protegidas de Competencia Federal que no tienen contacto directo con el mar, en las cuales aplica solamente el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente. Asimismo, se incluyen 14 Áreas Naturales Protegidas Estatales.

²⁸ Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, México, Diario Oficial de la Federación, 24 de noviembre de 2012.

En relación al análisis del POEMRGMMC, el Anexo 9 determina que se debe iniciar con la identificación de la UGA de interés, posteriormente con las: 1. Acciones Generales, 2. Acciones Específicas, 3. Criterios para la zona costera inmediata (en caso de aplicar) y por último 4. Criterios Insulares (en caso de que la UGA sea insular o marina que incluya islas).

Siendo así, el proyecto de rehabilitación de la playa ubicada frente Hotel Sandos Caracol Eco Resort se encuentra dentro de la UGA Regional No. 139 y la UGA Marina No. 178, tal y como se muestra en la siguiente figura.

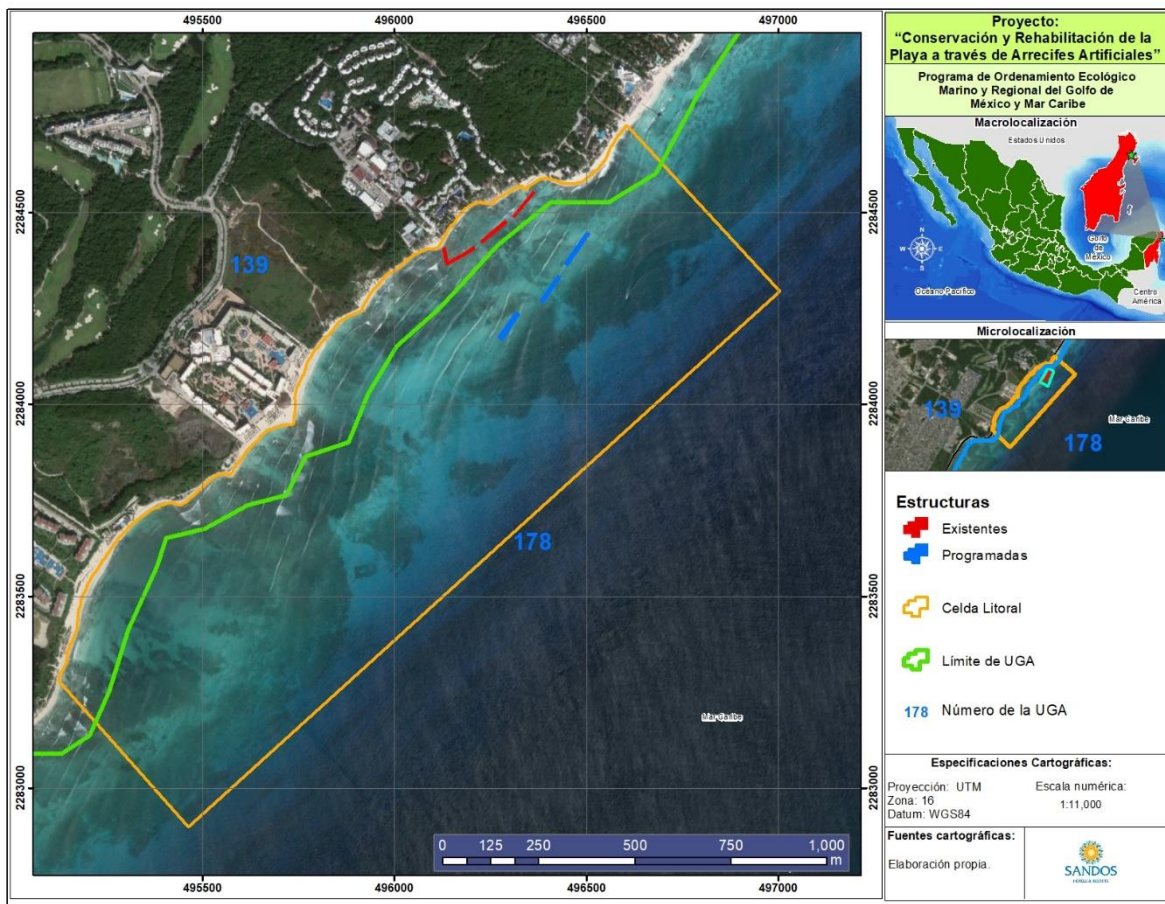


Figura 2. UGA No. 139 y 178 del POEMRGMMC y el sitio del proyecto.

Ambas UGAs le son aplicables los criterios generales del Anexo 4 del POEMRGMMC, los cuales se describen en la siguiente tabla.



Tabla 19. Acciones generales del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo De México y Mar Caribe y su vinculación jurídica del proyecto.

ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	No aplica para el proyecto.
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	No aplica para el proyecto.
G003	Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	El proyecto está plenamente comprometido con las especies que habitan en el sitio y que pudieran ser perturbadas al momento de su realización, por lo que dentro del Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas se contemplan acciones para la protección de la biota.
G004	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 presente manifiesto contempla la presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como son los gorgonáceos y en las playas adyacentes al SAR, la presencia de tortugas marinas por lo que a través del Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas, se incluyen acciones para la

ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		protección de las especies encontradas en el SAR.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	No aplica para el proyecto.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	El proyecto, utilizará maquinaria y equipo para su desarrollo, sin embargo el promovente, comprometido con la reducción de emisiones, verificará que las empresas contratadas, puedan demostrar que se encuentran en buenas condiciones y que están sujetos al mantenimiento adecuado.
G007	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.	No aplica para el proyecto.
G008	El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	No aplica para el proyecto.
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	La naturaleza del proyecto se centra en la colocación de AA y retiro de bolsacretos dentro del ecosistema marino, por lo que el Programa de Manejo Ambiental del proyecto,



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		se centra en reducir impactos negativos al medio.
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	No aplica para el proyecto.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	La naturaleza del proyecto se centra en la colocación de AA y retiro de bolsacretos dentro del ecosistema marino, por lo que el Programa de Manejo Ambiental del proyecto, se centra en reducir impactos negativos al medio.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	No aplica para el proyecto.
G013	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	No aplica para el proyecto.
G014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	No aplica para el proyecto.
G015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	No aplica para el proyecto.
G017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	No aplica para el proyecto.
G018	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.	No aplica para el proyecto.
G019	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 aplica para el proyecto.
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	No aplica para el proyecto.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	No aplica para el proyecto.
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	No aplica para el proyecto.
G023	Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G024	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.	No aplica para el proyecto.
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	No aplica para el proyecto.
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	No aplica para el proyecto.
G027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.	No aplica para el proyecto.
G028	Promover el uso de energías renovables.	No aplica para el proyecto.
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	No aplica para el proyecto.
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	No aplica para el proyecto.
G031	Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.	No aplica para el proyecto.
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	No aplica para el proyecto.
G034	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.	No aplica para el proyecto.
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	No aplica para el proyecto.
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	No aplica para el proyecto.
G037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agroecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.	No aplica para el proyecto.
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	No aplica para el proyecto.
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	No aplica para el proyecto.
G041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	No aplica para el proyecto.
G042	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.	No aplica para el proyecto.
G043	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 de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.	No aplica para el proyecto.
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	No aplica para el proyecto.
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	No aplica para el proyecto.
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	No aplica para el proyecto.
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	No aplica para el proyecto.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	No aplica para el proyecto.
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	No aplica para el proyecto.
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	No aplica para el proyecto.
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	No aplica para el proyecto.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	No aplica para el proyecto.
G055	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.	No aplica para el proyecto.
G056	Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.	No aplica para el proyecto.
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	No aplica para el proyecto.
G058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPALAFEST que resulten aplicables.	No aplica para el proyecto.
G059	El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	El proyecto consta en la instalación de AA y el retiro de bolsacretos, a fin de evitar la erosión de la playa, previendo la afectación de especies en el sitio de interés, es así que a través del Programa de Manejo Ambiental se determinan las medidas necesarias para minimizar los impactos que pudieran generar deterioro a la vegetación acuática.
G061	La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	El proyecto consta en la instalación de AA y el retiro de bolsacretos, mismo que tiene como finalidad evitar la erosión de la playa, previendo la presencia de especies en el sitio, se establecen dentro del Programa de Manejo Ambiental, las medidas necesarias para evitar cualquier afectación por la realización del proyecto.
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	No aplica para el proyecto.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIONES GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
G064	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.	No aplica para el proyecto.
G065	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 no se encuentra dentro de un ANP.



El proyecto materia del presente manifiesto, por la escala que maneja el plano del POEMRGMMC recae dentro de la UGA Regional No. 139, denominada Solidaridad, se encuentra en el municipio de Solidaridad en el estado de Quintana Roo, tiene una extensión de 327,229.174 ha, con una población de 135,237 habitantes, le son aplicables Criterios de Zona costera Inmediata Mar Caribe, dentro de la extensión de la UGA existen puertos turísticos y comerciales.

Tabla 20. Acciones específicas de la UGA 139 Del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y su vinculación jurídica con el proyecto.

ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	No aplica para el proyecto.
A-002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	No aplica para el proyecto.
A-003	Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.	No aplica para el proyecto.
A-005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	No aplica para el proyecto.
A-006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	No aplica para el proyecto.
A-007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	
A-008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.	El proyecto, se encuentra en una zona con presencia de Tortugas Marinas, por lo que dentro del Programa de Manejo Ambiental, se contemplan acciones para la protección y vigilancia de tortugas que puedan ser afectadas por la realización del proyecto.
A-009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	El proyecto, se encuentra en una zona con presencia de Tortugas Marinas, por lo que dentro del Programa de Manejo Ambiental, contempla acciones para la protección y vigilancia de tortugas, en específico mantener condiciones idóneas para su anidación.
A-010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	Actualmente, el Hotel Sandos Caracol Eco Resort, cuenta con un programa de protección a la tortuga marina, el cual seguirá llevándose al cabo junto con las acciones que se proponen



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		implementar en el Programa de Manejo Ambiental del presente proyecto para la protección y conservación de las tortugas marinas que arriban a la zona.
A-011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto, dado que no se considera la instalación de infraestructura en la zona terrestre. El proyecto generará mejoras ambientales al ayudar a disminuir la erosión del área y con ello el retroceso de la línea de costa traduciéndose además en beneficios para la recreación y seguridad de los visitantes y para la biota que habita el sitio.
A-013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	
A-014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	En el sitio del proyecto, no hay presencia de manglares y humedales, por lo que no generará afectaciones a dichos elementos naturales.
A-015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	No aplica para el proyecto.
A-016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	No aplica para el proyecto.
A-017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	No aplica para el proyecto.
A-018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún	En el sitio del proyecto se detectó, derivado de la caracterización de la



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	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).	zona, la presencia de dos especies de gorgonáceos, mismas que están catalogadas por la NOM-059 SEMARNAT-2010, bajo la categoría de "Sujetas a protección especial". Especies que para su protección se incluyeron acciones en el Programa de Manejo Ambiental.
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.	No aplica para el proyecto. No se generarán residuos peligrosos, sin embargo, dentro del Subprograma de Acciones Independientes, se contemplan medidas para evitar el vertimiento de sustancias o residuos que puedan alterar el agua marina o el ecosistema marino.
A-020	Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar las emisiones producidas en los periodos de zafra.	No aplica para el proyecto.
A-021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	
A-022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	No aplica para el proyecto.
A-023	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	No aplica para el proyecto.
A-024	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 in situ, en términos de la legislación aplicable.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
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.	No aplica para el proyecto.
A-027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	El proyecto no instalará infraestructura en la playa cercana al proyecto.
A-028	Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica	No aplica para el proyecto.
A-029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas	El proyecto contempla la instalación de AA y el retiro de bolsacretos, para evitar la erosión de la costa, misma



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	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.	infraestructura que no generará alteraciones negativas en el perfil de la costa y en los patrones naturales de las corrientes, tal y como se describe en el presente manifiesto. Además, como medida preventiva se monitoreará el perfil costero, a través del Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero.
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.	Dada las características del proyecto, es importante señalar, que este se diseñó, tomando en cuenta tecnologías de ingeniería para restablecer las condiciones que en el pasado presentaba la playa, la cual se ha visto afectada por la erosión de la misma, es así que además de restablecer el patrón de circulación de aguas al sustituir las estructuras que actualmente se presentan y que interrumpen el flujo de agua, por otras que lo restablecen, se disminuirá la erosión que actualmente se presenta,



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		así mismo, con la implementación del Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero, se detectarán los cambios en la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort y zonas aledañas dentro del SAR, a fin de identificar la eficiencia del proyecto.
A-031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	El proyecto tiene como finalidad evitar la erosión costera y con esto, preservar la playa mediante la acumulación de sedimento.
A-032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	El proyecto tiene como finalidad evitar la erosión costera y con esto, preservar la playa mediante la acumulación de sedimentos.
A-033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	No aplica para el proyecto.
A-034	Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-037	Promover la generación energética por medio de energía solar.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
A-039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
A-044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	No aplica para el proyecto.
A-046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de	El proyecto utilizará embarcaciones menores para la instalación de los AA y el retiro de los bolsacretos. Asimismo,



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	dentro del Subprograma de Acciones Independientes, se contemplan medidas para evitar cualquier vertido o disposición de residuos.
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.	No aplica para el proyecto.
A-051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
A-053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	No aplica para el proyecto.
A-054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.	
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.	No aplica para el proyecto.
A-056	Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.	No aplica para el proyecto.
A-057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares.	No aplica para el proyecto.
A-058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	No aplica para el proyecto.
A-060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	No aplica para el proyecto. Sin embargo, la naturaleza del proyecto ayudará a evitará que los eventos hidrometeorológicos extremos dañen la playa, pues los AA servirán como barrera artificial.
A-061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
A-063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	No aplica para el proyecto.
A-064	Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
A-067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
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.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
A-070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	No aplica para el proyecto.
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	El proyecto se encuentra en una zona de alta actividad turística, mismo que con su realización generará la recuperación de la playa preservando la belleza natural de la costa.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	
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.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
A-077	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura aeroportuaria deberá minimizar la afectación de la estructura y función	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 139 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	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.	

La UGA No. 178 denominada Zona Marina de Competencia Federal, misma que consta de una superficie de 311,046.005 hectáreas, con una población contabilizada de 0 habitantes, dentro de la delimitación de dicha UGA no se encuentran instalaciones portuarias, de tipo turístico, comercial o pesquero.

De conformidad con lo anterior, las siguientes tablas, contienen los criterios aplicables para la UGA Marina No. 178, en donde se encuentra el proyecto tema del presente manifiesto.

Tabla 21. Acciones específicas de la UGA 178 del Programa De Ordenamiento Ecológico Marino y Regional Del Golfo de México y Mar Caribe y su vinculación jurídica del proyecto.

ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
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.	No aplica para el proyecto.
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 aplica para el proyecto.
A-016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	No aplica para el proyecto.
A-018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies	El presente manifiesto contempla la presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNT-2010, en las playas adyacentes al SAR, por lo que a través del Programa de Manejo Ambiental,



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	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).	se observará la presencia de ejemplares, priorizando su protección en cada etapa del proyecto.
A-022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
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	El proyecto contempla la instalación de AA y el retiro de bolsacretos, para evitar la erosión de la costera, misma infraestructura que no generará alteraciones negativas en el perfil de la costa y en los patrones naturales de las corrientes, tal y como se describe en el presente manifiesto. Además, como medida preventiva se monitoreará el



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	contingencia meteorológica o desastre natural.	perfil costero, a través del Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero.
A-033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	No aplica para el proyecto.
A-034	Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
A-041	Fortalecer los mecanismos de seguimiento y control de las pesquerías comerciales para evitar su sobreexplotación.	No aplica para el proyecto.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
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.	No aplica para el proyecto.
A-044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
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.	El proyecto utilizará embarcaciones menores para el transporte del material para la instalación de los AA y el retiro de los bolsacretos. Asimismo, dentro del Subprograma de Acciones Independientes, se contemplan



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		medidas para evitar cualquier vertido o disposición de residuos.
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.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
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	El proyecto se encuentra en una zona de alta actividad turística, sin embargo, la finalidad del proyecto es evitar la erosión costera, preservando la belleza natural de la costa.



ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	
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.	No aplica para el proyecto.
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	No aplica para el proyecto.

ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	ACCIÓN ESPECÍFICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	garanticen la no afectación de los recursos naturales.	

La UGA 139 y 178, conforme a su ubicación le aplican Criterios de Regulación Ecológica para la Zonas Costeras Inmediatas. El POEMRGMMC define a la Zona Costera Inmediata como, la franja de aguas marinas acotada por el nivel de pleamar en su porción costera y la isobata de los 60 metros en su posición marina. El POEMRGMMC, maneja que dichas zonas por sus cualidades deben promover un conjunto de acciones extra, como complemento de las acciones definidas de cada UGA.

Dentro de la UGA 139 y 178, en donde se ubica el proyecto materia del presente manifiesto, se encuentra la subregión denominada Zona Costera Inmediata Mar Caribe, zona cuyos Criterios de Regulación Ecológica, corresponden en su mayoría a las características naturales, por su riqueza en formaciones arrecifales y su intenso uso turístico, criterios que se refieren dentro del contenido de la siguiente tabla y su vinculación jurídica con el proyecto.



Tabla 22. Criterios de regulación ecológica, de la zona costera inmediata del mar caribe, aplicable a la UGA 178 del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional Del Golfo De México y Mar Caribe y su vinculación jurídica del proyecto

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZMC-01	Con el fin de proteger y preservar las comunidades arrecifales, principalmente las de mayor extensión, y/o riqueza de especies en la zona, y aquellas que representan valores culturales particulares, se recomienda no construir ningún tipo de infraestructura en las áreas ocupadas por dichas formaciones.	Dentro de la ubicación del proyecto no se presentan formaciones arrecifales, tal como se describe en el presente manifiesto.
ZMC-02	Dado que los pastos marinos representan importantes ecosistemas para la fauna marina, debe promoverse su conservación y preservación, por lo que se debe evitar su afectación y pérdida en caso de alguna actividad o proyecto. La evaluación del impacto ambiental correspondiente deberá realizarse	Dentro de la zona sur del SAR se encontraron pastos marinos, no así en el área de afectación directa del proyecto, por lo que no se causará ningún daño o pérdida de pastos marinos por las actividades realizadas por el proyecto de manera directa o indirecta. Reiterando dentro del presente manifiesto, el interés pleno de



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	conforme a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como a las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.	proteger a la flora y fauna que se pudiera ver afectada por la realización del proyecto, se implementa el Programa de Manejo Ambiental.
ZMC-03	Sólo se permitirá la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles para fines de investigación, rescate y traslado con fines de conservación y preservación, conforme a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	No aplica para el proyecto.
ZMC-04	Con el fin de preservar zonas coralinas, principalmente las más representativas por su extensión, riqueza y especies presentes, la ubicación y construcción de posibles puntos de anclaje deberán estar sujetas a estudios específicos que la autoridad correspondiente solicite.	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZMC-05	La recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales u otros ecosistemas representativos, sólo podrá llevarse a cabo bajo las disposiciones aplicables de la Ley General de Vida Silvestre y demás normatividad aplicable.	No aplica para el proyecto, ya que no se localiza en ecosistemas representativos como lo son las zonas arrecifales, éste se ubica en un ambiente de laja, donde se identificaron organismos que pudieran verse afectados por la instalación de los AA, es así que la implementación del Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, tiene como finalidad evitar las afectaciones a las especies que se ubiquen en el sitio del proyecto, el cual se instrumentará con especialistas que lleven a cabo el rescate de la fauna marina. Lo anterior siempre considerando la normatividad aplicable.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZMC-06	La construcción de estructuras promotoras de playas deberán estar avaladas por las autoridades competentes y contar con los estudios técnicos y específicos que la autoridad requiera para este fin.	No aplica para el proyecto.
ZMC-07	Como una medida preventiva para evitar contaminación marina no debe permitirse el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos de ningún tipo en los cuerpos de agua en esta zona.	No aplica para el proyecto.
ZMC-08	Con el objeto de coadyuvar en la preservación de las especies de tortugas que año con año arriban en esta zona costera, es recomendable que las actividades recreativas marinas eviten llevarse a cabo entre el ocaso y el amanecer, esto en la temporada de anidación,	Las actividades que contempla el proyecto, aunque no son recreativas, pueden incidir en el arribo de las tortugas, es así que el Programa de Manejo Ambiental, contempla la protección de especies que se observen en el sitio. Asimismo, las actividades de instalación de los AA y el retiro de los bolsacretos, se



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	principalmente en aquellos sitios de mayor incidencia de dichas especies.	realizarán dentro de un horario, diurno para evitar afectaciones a las especies que se localicen en las inmediaciones del sitio.
ZMC-09	Con el objetivo de preservar las comunidades arrecifales en la zona, es importante que cualquier actividad que se lleve a cabo en ellos y su zona de influencia estén sujetas a permisos avalados que garanticen que dichas actividades no tendrán impactos adversos sobre los valores naturales o culturales de los arrecifes, con base en estudios específicos que determinen la capacidad de carga de los mismos.	En el sitio del proyecto se detectó un detraimiento en el arrecife natural, es así que la instalación de los AA, generaría la protección de estos. Cabe señalar que la ubicación, tipo y diseño de los AA fue obtenido a través modelos, alimentados con información de estudios técnicos de dinámica costera y considerando también, la caracterización ambiental, por lo que con la instalación del AA se contribuirá a preservar las comunidades naturales al quitarles presión por parte de los visitantes a esos sitios.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
ZMC-10	Con el fin de prevenir la contaminación y deterioro de las zonas marinas, es recomendable la difusión de las normas ambientales correspondientes en toda actividad náutica en la zona.	Para la ejecución del proyecto, se utilizarán embarcaciones menores, para el traslado de materiales, mismas que seguirán las medidas necesarias para evitar cualquier afectación de flora y fauna.
ZMC-11	Se requerirá que en caso de alguna actividad relacionada con obras de canalización y dragado debidamente autorizadas, se utilicen mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos, en el caso de que exista el riesgo de que se afecten o resulten dañados recursos naturales por estas obras.	No aplica para el proyecto.
ZMC-12	La construcción de proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500TRB [Toneladas de Registro Bruto] y/o 49 pies de eslora),	No aplica para el proyecto. Toda vez que las embarcaciones utilizadas para el proyecto, serán embarcaciones menores que no cumplen con las dimensiones mencionadas en el

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	deberá incluir medidas para mantener los procesos de transporte litoral y la calidad del agua marina, así como para evitar la afectación de comunidades marinas presentes en la zona.	presente criterio de regulación ecológica.
ZMC-13	Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura, en los Lineamientos para los Mecanismos de Identificación y Control del Esfuerzo Pesquero, así como el permiso de pesca correspondiente.	No aplica para el proyecto.
ZMC-14	Por las características de gran volumen de los efluentes subterráneos de los sistemas asociados a la zona oriente de la Península de Yucatán y por la importancia que revisten los humedales como mecanismo de	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	<p>protección del ecosistema marino ante el arrastre de contaminantes de origen terrígeno en particular para esta región los fosfatos y algunos metales pesados producto de los desperdicios generados por el turismo, se recomienda en las UGA regionales correspondientes (UGA:139, UGA:152 y UGA:156) estudiar la factibilidad y promover la creación de áreas de protección mediante políticas, estrategias y control de uso del suelo en esquemas como los Ordenamientos Ecológicos locales o mediante el establecimiento de ANP federales, estatales, municipales, o áreas destinadas voluntariamente a la conservación que actúen de manera sinérgica para conservar los atributos del sistema costero colindante y contribuyan a completar un corredor</p>	



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA DEL MAR CARIBE, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIO DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	de áreas protegidas sobre toda la zona costera del Canal de Yucatán y Mar Caribe, en particular para mantener o restaurar la conectividad de los sistemas de humedales de la Península de Yucatán.	

Conforme a lo antes dicho, la UGA 178, le aplican dos zonas costeras inmediatas, siendo la última por analizar, la Zona Costera Inmediata al Municipio de Solidaridad. Conforme al POEMRGMMC, dicho municipio es de gran importancia por su infraestructura turística y por la presencia de arrecifes, que forman parte de la segunda estructura coralina más grande del mundo, denominada Arrecife Mesoamericano, misma que está en riesgo por actividades como la extracción y pesca con arpón ilegal, encallamiento de embarcaciones.

Los criterios aplicables a la Zona Costera Inmediata al Municipio de Solidaridad, acorde con el POEMRGMMC, son aplicables desde la línea de alta marea a la isobata de 50 m, a lo largo del litoral, desde Punta Maroma en las coordenadas 20°45'3.42" N y 86°56'55.85" W hasta Punta John, en las coordenadas 20°31'32.35"N y 87°10'24.45"W, con una longitud aproximada de 34.17 km.

Dentro de la siguiente tabla, se presentan los Criterios de la multicitada Zona Costera Inmediata al Municipio de Solidaridad y su vinculación jurídica con el proyecto materia del presente manifiesto.



Tabla 23. Criterios de regulación ecológica, de la zona costera inmediata al municipio de Solidaridad, aplicable a la UGA 178 del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo De México y Mar Caribe y su vinculación jurídica del proyecto.

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
SOL-G-1	Las obras o actividades que impliquen la extracción de arena, los dragados, rellenos, excavaciones y cualquier obra o acción que genere sedimentos en suspensión, o modifique directa o indirectamente el contorno del litoral y el fondo marino, por su impacto en la zona de influencia, deberá considerar los impactos sinérgicos potenciales de dichas obras o actividades, y en su caso, adoptar las medidas necesarias para su prevención y mitigación, de estar sujetas a autorización en materia de impacto ambiental federal.	El presente Manifiesto, considera en la evaluación de impactos ambientales, y los posibles impactos sinérgicos potenciales, así mismo, el proyecto, contempla para el retiro de los bolsacretos y construcción de los AA utilizar una geomalla para evitar que los sedimentos contaminen el litoral y el fondo marino, asimismo dentro del Programa de Manejo Ambiental, se llevarán al cabo acciones de vigilancia de la turbidez del agua marina antes, durante y después de las obras.
SOL-G-2	Promover y fomentar que en toda obra, durante las etapas de preparación de sitio, construcción y operación, se apliquen las medidas adecuadas para el manejo de grasas,	Por la realización del proyecto se contempla una generación mínima de emisiones atmosféricas, manejo de aceites e hidrocarburos. Sin embargo, al utilizarse maquinaria y lanchas, para



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	aceites, emisiones atmosféricas e hidrocarburos, que minimicen la afectación a los ecosistemas. En cuanto a los efectos de la emisión de energías como son vibración, ruido y energía lumínica provenientes de la maquinaria en uso, se acatarán las medidas de mitigación que establezca la autoridad competente.	la colocación de los AA y el retiro de los bolsacretos se contemplan medidas dentro del Subprograma de Acciones Independientes para evitar cualquier posible afectación.
SOL-G-3	Para aquellos eventos temporales de carácter cultural, recreativo o deportivo que se realicen en la zona marina y que requieran de instalaciones o infraestructura temporales, deberán ubicarse a una distancia mínima de 100 metros de las formaciones arrecifales, y bajo la supervisión de la autoridad competente.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-4	Evitar la instalación de infraestructura que afecte la dinámica del transporte litoral, incluyendo espigones,	El proyecto tiene como finalidad la rehabilitación de la costa, causada por la erosión, mediante la instalación



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	bolsacretos y cualquier barrera que obstruya o modifique los cauces principales del flujo y reflujo de marea para evitar el desbalance en los procesos costeros, con excepción de aquellos proyectos para fines de conservación y restauración de playas que impliquen una solución de manejo integral costero.	de AA y el retiro de bolsacretos existentes: El diseño de los mismos, no modifica el flujo de la marea de manera negativa, sino por el contrario, permitirá disminuir la erosión, conservando y restaurando la playa a sus condiciones originales.
SOL-G-5	Las descargas de aguas residuales de cualquier tipo al mar o a las aguas interiores de recintos portuarios deberán cumplir estrictamente con la normatividad aplicable y con los términos de los permisos que para tales efectos se emitan.	No aplica para el proyecto. Toda vez que no se realizarán descargas de ningún tipo.
SOL-G-6	Evitar el uso de explosivos que puedan dañar formaciones arrecifales y especies asociadas.	No aplica para el proyecto, no se utilizarán ningún tipo de explosivo para la realización del proyecto.
SOL-G-7	La autorización para la prestación de servicios acuáticos motorizados,	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	incluyendo motos acuáticas, deportes de arrastre o remolque del tipo parasailing, bananas, ski, y similares, deberá <input type="checkbox"/> considerar la elaboración de estudios técnicos que determinen la capacidad de carga del ecosistema, con el fin de que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes pueda regular el número máximo de embarcaciones que presten estos servicios, propiciando así condiciones de seguridad y evitando daños al ecosistema.	
SOL-G-8	Para asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales, se evitará la acuacultura intensiva o con especies no nativas que implique: la acumulación de materia orgánica compuesta por los restos de alimentos y/o por las mismas materias fecales de los organismos en cultivo; contaminación producida por los	No aplica para el proyecto. No se pretende el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	agentes químicos utilizados en la construcción, en la protección contra la corrosión y/o en antifijación de organismos incrustantes, así como en pigmentos incorporados al alimento, desinfectantes y diferentes productos utilizados para el control de enfermedades; la abundancia de patógenos provocada por el mantenimiento en condiciones de monocultivo, en altas densidades y en un lugar determinado y por un tiempo prolongado que provocara el contagio de patógenos que afecten a otras especies silvestres; o el posible escape o liberación de los individuos cultivados cuando éstos han sido modificados genéticamente.	
SOL-G-9	Promover ante las autoridades competentes la creación de "zonas de refugio" pesquero previstas en la Ley General de Pesca y Acuacultura	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	Sustentables para la recuperación de las poblaciones y ecosistemas, incrementando el atractivo natural de las zonas.	
SOL-G-10	Las actividades de pesca se realizarán preferentemente fuera de las zonas de nado, arrecifales y portuarias.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-11	Fomentar que los distintos tipos de actividades tanto pesqueras, como acuático- recreativas se realicen en horarios y zonas alternadas para evitar conflictos entre éstas y a través de acuerdos entre los sectores.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-12	La pesca deportiva se realizará de acuerdo a la normatividad aplicable, conforme a buenas prácticas y con artes de pesca que minimicen el impacto a las especies capturadas.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-13	Los responsables de las embarcaciones mayores que transiten en el área, cumpliendo con la normatividad aplicable, dispondrán	No aplica para el proyecto. Se utilizarán embarcaciones, pero de menor tamaño, mismas que serán supervisadas a través del



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	de un sistema de captación, recuperación y manejo de aceites, grasas, combustibles y otro tipo de hidrocarburos, que pudieran verse accidentalmente en el mar.	Subprograma de Acciones Independientes.
SOL-G-14	Las marinas y muelles, deberán permitir el libre paso de fauna acuática bajo sus instalaciones.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-15	Se evitará realizar el mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones y motores, abastecimiento de combustible y achicamiento de las sentinas en aguas marinas abiertas, fuera de instalaciones portuarias o adecuadas para tal efecto, con excepción de casos de emergencia. En dicho supuesto se deberá notificar a la autoridad competente.	Para la instalación de las piezas que conforman los AA, se utilizarán embarcaciones menores, siendo necesario supervisar que estén en condiciones óptimas a fin de evitar cualquier derrame de sustancias que puedan generar contaminación es así que en el Subprograma de Acciones Independientes, se contemplan actividades a realizar respecto a este punto.
SOL-G-16	La instalación de cualquier tipo de infraestructura portuaria, previa Manifestación y Resolución de	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
	Impacto Ambiental, se realizará de tal manera que no impacte significativamente en el ambiente debido a: los cambios de flujos marinos, la obstaculización del libre paso de la fauna, la limitación de la conectividad entre ecosistemas, la generación de sedimentos en suspensión, la alteración de las propiedades bioquímicas y físicas del agua y las estructuras arrecifales.	
SOL-G-17	Promover la señalización de las rutas para el tránsito de las embarcaciones en la zona, por parte de la autoridad competente.	El proyecto contempla la instalación de señales que identifiquen la ubicación de los AA a fin de prevenir cualquier colisión de las embarcaciones con los mismos
SOL-G-18	Promover programas de monitoreo de calidad del agua con el propósito de identificar las posibles fuentes de contaminación y establecer medidas que eviten y mitiguen daños a la salud pública y a los ecosistemas arrecifales.	El Programa de Manejo Ambiental, contempla implementar acciones para vigilar la turbidez del agua antes, durante y después de las obras inherentes a proyecto, con el fin de verificar que las condiciones del agua



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
		marina sean similares a las iniciales en cuanto a la turbidez. Asimismo dentro del Subprograma de Acciones Independientes se incluyen medidas para evitar cualquier afectación por contaminación para evitar afectaciones a la biota por la realización del proyecto.
SOL-G-19	Se evitará el abandono de embarcaciones.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-20	El uso de vehículos acuáticos motorizados deberá realizarse en el marco de las autorizaciones expedidas para tal efecto, y evitando daños mecánicos a los arrecifes por encallamientos, por el golpe y arrastre de anclas o alguna parte de la embarcación o motor, derrames de aceites y combustibles, o generación o resuspensión de sedimentos.	Las embarcaciones que se utilicen son de menor tamaño y seguirán las medidas establecidas en el Subprograma de Acciones Independientes, además de que no se llevarán a cabo actividades sobre los arrecifes.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
SOL-G-21	Las embarcaciones utilizarán de preferencia motores de cuatro tiempos, con la finalidad de minimizar la contaminación por hidrocarburos y aceites.	Las embarcaciones que se utilicen seguirán las medidas establecidas en el Subprograma de Acciones Independientes, para evitar afectaciones en la biota.
SOL-G-22	Por motivos de seguridad de los usuarios, las embarcaciones y la integridad de los arrecifes de la zona, se evitará el acuatizaje de aeronaves.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-23	Solo se permite el acuatizaje de hidroaviones en el área de lagunas arrecifales, con fines de protección civil y vigilancia.	No aplica para el proyecto.
SOL-G-24	Se evitará la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna marina nativas, a excepción de aquellas que se extraigan, capturen o comercialicen en términos de la normatividad aplicable y de los permisos que para tal efecto haya emitido la SEMARNAT o la SAGARPA.	No aplica para el proyecto. Sin embargo, el promovente es consciente de la importancia de las especies marinas de la zona, por lo que dentro del Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas, se fijaron medidas especializadas para evitar impactos negativos a dichas especies.



CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA, DE LA ZONA COSTERA INMEDIATA AL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, APLICABLE A LA UGA 178 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CLAVE	CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
SOL-G-25	La captura de individuos vivos de especies exóticas solo podrá realizarse de conformidad con lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.	No aplica para el proyecto. Sin embargo, el promovente es consciente de la importancia de las especies marinas de la zona, por lo que dentro del Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas, se fijaron medidas especializada para evitar impactos negativos a dichas especies.



De igual forma y tal como lo muestra la siguiente figura, le aplican los siguientes criterios de regulación ecológica al proyecto por su ubicación.

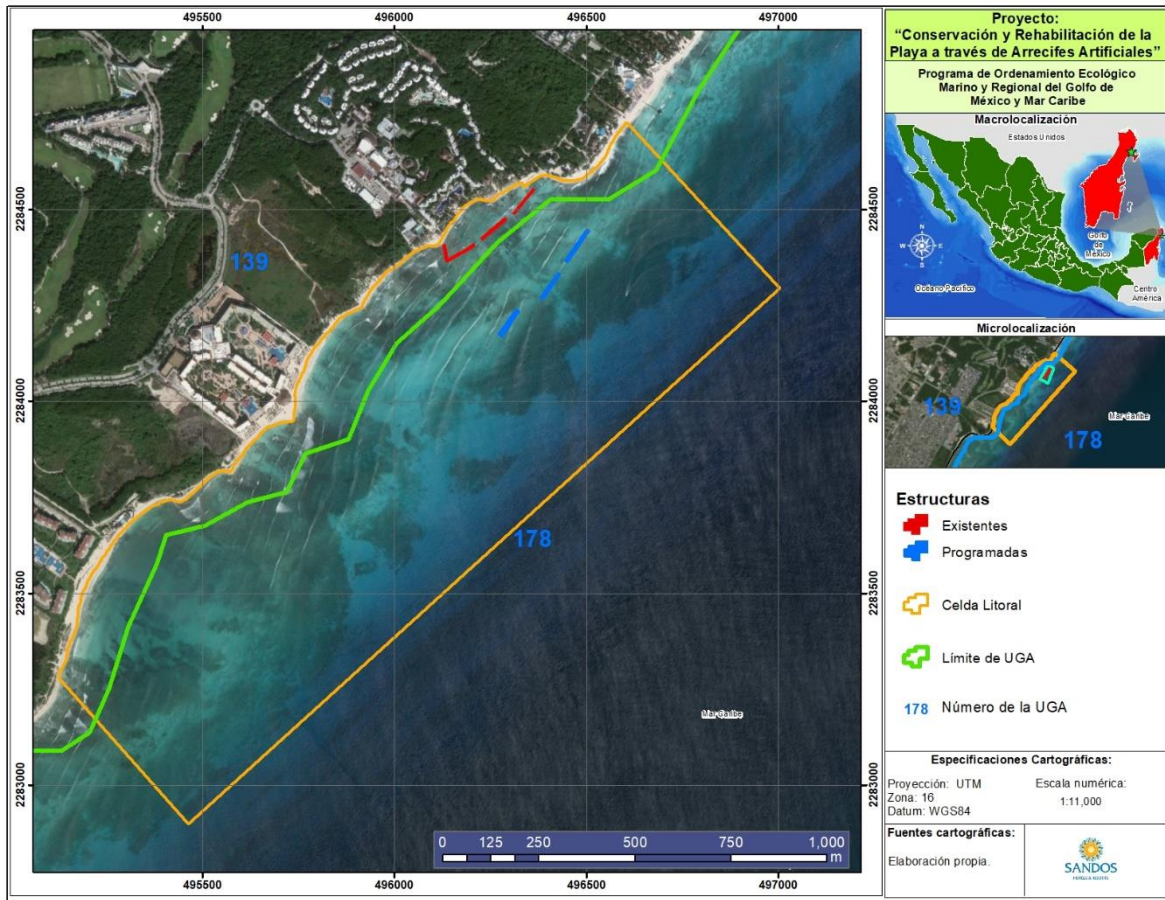


Figura 3. Zona costera inmediata al municipio de Solidaridad y el sitio del proyecto(POEMRGMMC).

A la UGA 178, del POEMRGMMC, le son aplicables Criterios de Regulación para Islas, mismos que tienen como finalidad la conservación de los recursos naturales de dichas extensiones de territorio, dentro del Programa hay dos tipos de condiciones distintas, desde el punto de vista del manejo:

- En primer lugar, se encuentran islas relativamente grandes, mismas que se han clasificado en UGAs independientes según el POEMRGMMC, como lo son la isla de Cozumel.



- El segundo lugar, se integran por islas más pequeñas, con atributos entre sí, que hace posible su agrupación y la asignación de acciones específicas, para su salvaguarda y protección.

Sin embargo, el sitio en donde se pretende realizar el proyecto no hay presencia de islas en la cercanía, la más cerca es la Isla Cozumel que se encuentra a 16 km de la ubicación del proyecto.

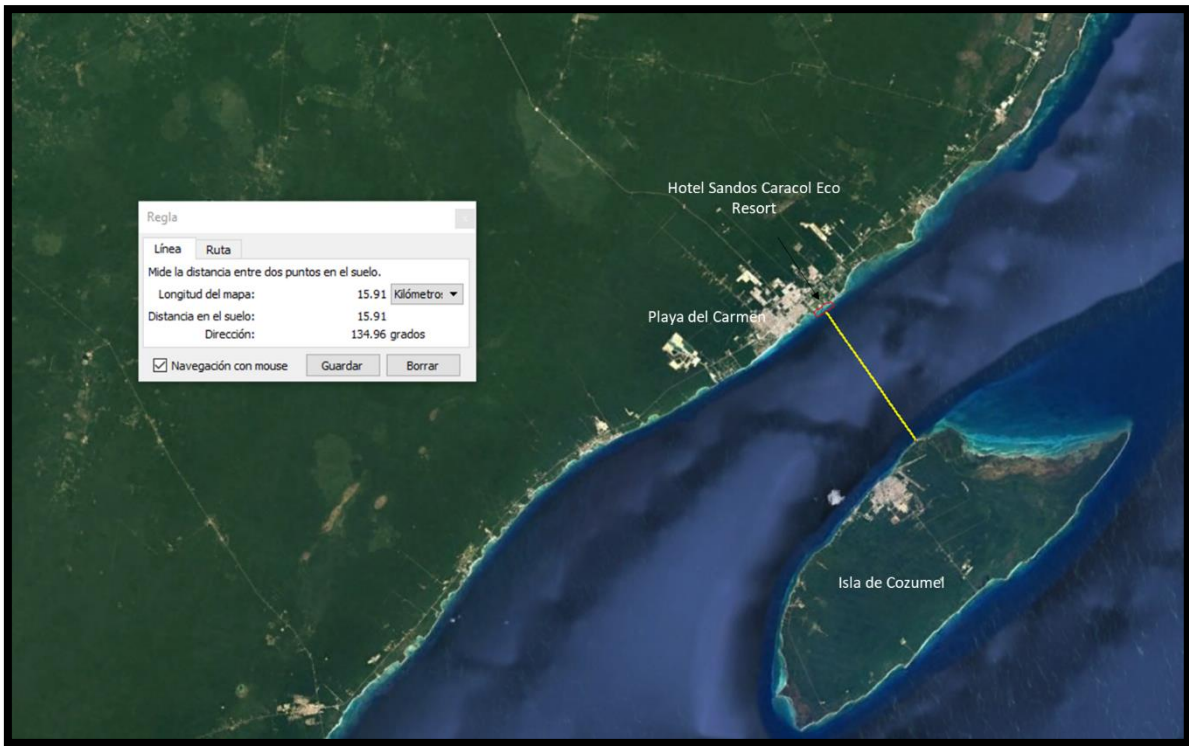


Figura 4. La distancia del proyecto a la isla más cerna que es la isla de Cozumel, es de aproximadamente 16 Km.

III.3.1.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Denominada Corredor Cancún-Tulum

El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Denominada Corredor Cancún Tulum (POETEDCCT)²⁹, tiene por objetivo, alentar un desarrollo turístico e infraestructura de servicios congruentes a políticas ambientales que permitan la permanencia de sus recursos naturales sin llegar al conservacionismo extremo o a un desarrollo sin límites que provoque deterioro y pueda conducir a la destrucción de una de las regiones del Caribe Mexicano que aún conserva su belleza y valor ecológico.

La Región del Corredor Cancún-Tulum, se localiza en la costa norte del Estado de Quintana Roo, que involucra los municipios de Benito Juárez, Cozumel y Solidaridad, el Corredor se caracteriza por su gran riqueza y amplia diversidad de comunidades vegetales.

²⁹ Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Denominada Corredor Cancún-Tulum, México, Diario Oficial de la Federación, 16 de noviembre de 2001.

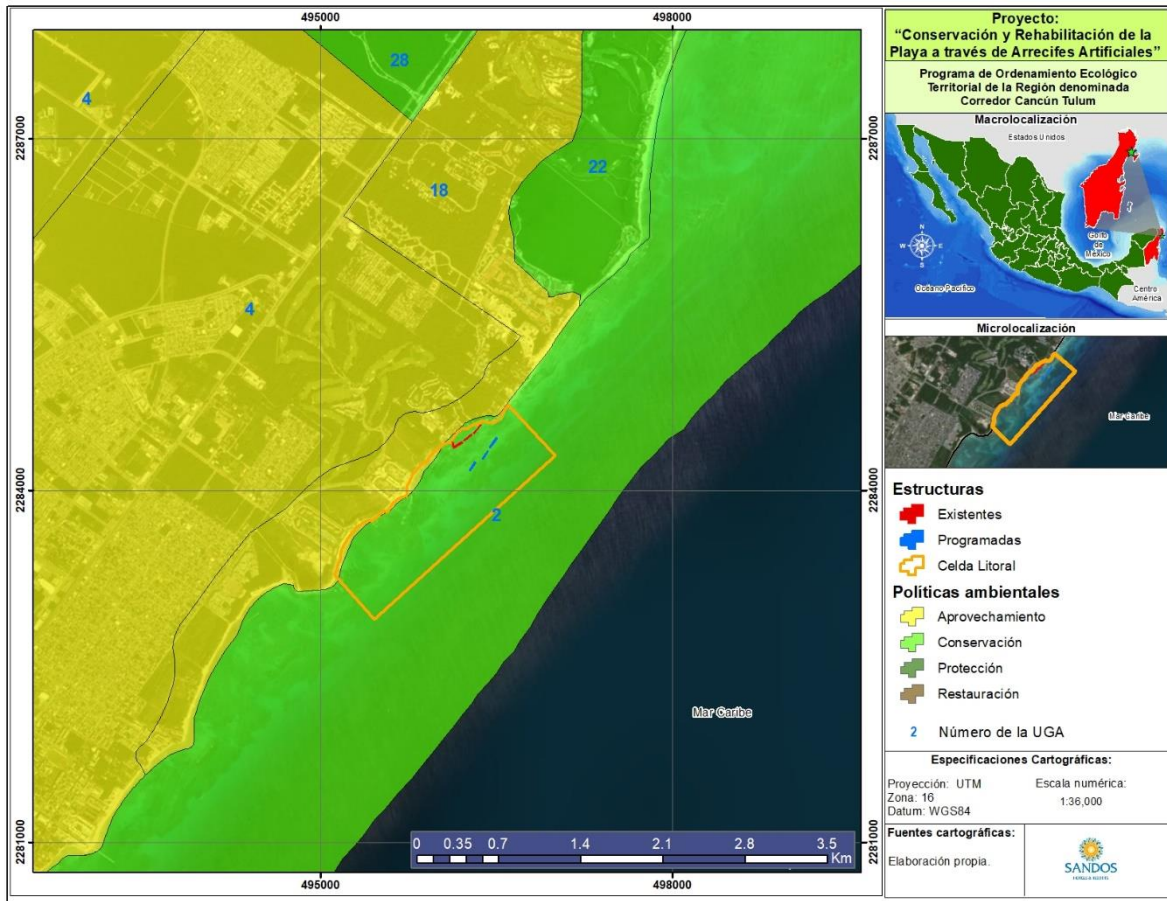


Figura 5. Ubicación del proyecto en relación al POETEDCCT

El proyecto en cuestión se localiza dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) M-2, con una política de Conservación y fragilidad ambiental 3, como se desprende y analiza en las siguientes tablas.

Tabla 24. Asignación de criterios del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de La Región denominada Corredor Cancún Tulum

ASIGNACIÓN DE CRITERIOS DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DE LA REGIÓN DENOMINADA CORREDOR CANCÚN TULUM				
UGA M-2				
Política/Fragilidad Ambiental	Uso Predominante	Usos Compatibles	Usos Condicionados	Usos Incompatibles
Conservación 3 Litoral Costero	Actividades Marina	—	Flora y Fauna, Infraestructura, Pesca, Turismo	Acuacultura

Tabla 25. Criterios ecológicos de la UGA M-2 y su vinculación jurídica con el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CRITERIO	VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO	
Construcción (C) 6	Durante las obras de canalización y dragado, se utilizarán mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos.	El proyecto no considera ningún tipo de obras de canalización ni dragado, no obstante, contempla acciones para evitar cualquier tipo de dispersión de desechos, tanto para la colocación de los AA como para el retiro de los bolsacretos, así como el monitoreo de la turbidez del agua marina, acciones establecidas en el Subprograma de Acciones Independientes.
Equipamiento e Infraestructura (EI) 30	La instalación de marinas está sujeta a la autorización de impacto ambiental.	No aplica para el proyecto.
El 31	La instalación de marinas deberá garantizar el mantenimiento de los procesos de transporte litoral y la calidad del agua marina.	No aplica para el proyecto.
El 32	La instalación de marinas estará supeditada a los estudios batimétricos, topográficos, de mecánica de suelos y geohidrológicos.	No aplica para el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CRITERIO		VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
El 33	La construcción de los muelles estará sujeta a estudios geohidrológicos especiales y apego a normas internacionales.	No aplica para el proyecto.
El 34	La construcción de muelles permanentes deberá garantizar el mantenimiento de los procesos de transporte litoral y la calidad del agua marina.	No aplica para el proyecto.
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.	El proyecto no contempla para su realización ningún tipo de sustancia aceitosa o tóxica, que pueda afectar el ecosistema marino.
Flora y Fauna (FF) 3	Se prohíbe la captura de mamíferos marinos.	No aplica para el proyecto.
FF 22	Se prohíbe la introducción de especies de flora y fauna exóticas invasivas.	No aplica para el proyecto.
FF 25	Se prohíbe la alteración y remoción de pastos del fondo marino.	El proyecto no se ubicará en zonas de pastizales marinos, por lo que no se verán alterados o removidos los pastos, respetándose así el presente criterio.
FF 26	Se prohíbe el uso de explosivos, dragados y construcciones cercanas a arrecifes y manglares.	Las obras de colocación de los AA y retiro o desmantelamiento de los bolsacretos, no contempla la utilización de explosivos,

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CRITERIO		VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
		maquinaria para dragado o construcciones cercanas a arrecifes y manglares.
FF 27	La ubicación y construcción de puntos de anclaje estará sujeta a estudios específicos.	No aplica, ya que el proyecto no considera puntos de anclaje
FF 28	No se permitirá el anclaje de embarcaciones en un radio menor de 35 m inmediatos al arrecife.	No aplica para el proyecto, dado que el proyecto se localiza fuera del arrecife.
FF 29	El anclaje de embarcaciones solo se permitirá en zonas de arenales y ceibadales.	El proyecto se ubica en ambientes de laja en combinación con sedimentos y/o algas, por lo que se cumple con el criterio
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.	No aplica para el proyecto, ya que este se ubica en un ambiente de laja, donde se identificaron organismos que pudieran verse afectados por la instalación de los AA, es así que la implementación del Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, tiene como finalidad evitar las afectaciones a las especies que se ubiquen en el sitio del proyecto, el cual se instrumentará con de especialistas que lleven a cabo el rescate de la fauna marina. Lo anterior siempre considerando la normatividad aplicable.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
	CRITERIO	VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
FF 31	Se prohíbe la construcción de estructuras promotoras de playa en forma de espigón.	No aplica para el proyecto, ya que este se ubica en un ambiente de laja, donde se identificaron organismos que pudieran verse afectados por la instalación de los AA, es así que la implementación del Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, tiene como finalidad evitar las afectaciones a las especies que se ubiquen en el sitio del proyecto, el cual se instrumentará con de especialistas que lleven a cabo el rescate de la fauna marina. Lo anterior siempre considerando la normatividad 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.	Para la elaboración del presente manifiesto se realizaron diferentes estudios especializados, es así que las medidas establecidas para minimizar los impactos que pudiera generar el proyecto en las especies identificadas listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 las cuales se localizaron en el SAR fuera del área del proyecto, están consideradas en el Programa

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
	CRITERIO	VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
		de Manejo Ambiental y sus subprogramas priorizando su protección en cada etapa del proyecto.
Manejo de Ecosistemas (MAE) 2	Las acciones tendientes a establecer medidas para el control de la erosión en la zona costera estarán sujetas a Manifestación de Impacto Ambiental, la que deberá analizar con detalle las implicaciones que éstas generen en los predios colindantes.	El proyecto, se basa en acciones tendientes al control de la erosión en la zona costera frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, materia del presente manifiesto, mismo que analiza a detalle las implicaciones que se generen por la instalación de los AA y el desmantelamiento de los bolsacretos, así como cualquier posible alteración en la dinámica costera.
MAE 6	Se prohíbe el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables.	No aplica para el proyecto. Asimismo, como medida preventiva en el Subprograma de Acciones Independientes, se establecen acciones para evitar el vertimiento de cualquier sustancia o residuo, producido por la realización del proyecto.
MAE 56	Se prohíben las actividades recreativas marinas en el periodo de anidación de tortugas desde el ocaso hasta el amanecer.	No aplica para el proyecto ya que este no considera actividades recreativas, no obstante, se implementarán medidas como la señalada en el presente criterio, las

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CRITERIO		VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
		cuales serán incorporadas al Programa que instrumenta el Hotel al cual se encuentra asociado el proyecto, mismas que serán enunciadas en el subprograma de Acciones Independientes.
Turismo (TU) 6	La visita a las áreas arrecifales deberá estar sujeto a estudios específicos.	No aplica para el proyecto.
TU 7	Se prohíbe la utilización de embarcaciones motorizadas en caletas y cenotes costeros.	No aplica para el proyecto. Las obras del proyecto no se ubican en caletas y cenotes costeros.
TU 8	Las actividades náuticas deberán contar con un reglamento que minimice impactos ambientales.	No aplica para el proyecto.
TU 9	No se permite el acuatizaje de hidroaviones.	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
TU 20	No se permitirá el uso de plataformas o embarcaciones para fines de buceo y esnorqueleo masivos.	No aplica para el proyecto.
TU 22	En el desarrollo de los proyectos Turísticos, se deberán mantener los	El proyecto no se llevará a cabo en ninguno de los ecosistemas señalados. El

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
	CRITERIO	VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
	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.	presente manifiesto contempla la presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNT-2010 en el SAR y en las playas adyacentes a éste, por lo que a través del Programa de Manejo Ambiental y sus subprogramas, se observará la presencia de ejemplares, priorizando su protección en cada etapa del proyecto.
TU 25	La práctica de cualquier tipo de deporte acuático motorizado, deberá contar con las autorizaciones correspondientes y garantizar la seguridad de los bañistas. Estableciendo las zonas de entradas y salidas de embarcaciones (entradas y rutas).	No aplica para el proyecto.
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.	No aplica para el proyecto.
TU 29	Se prohíbe tocar, pararse, dañar, alterar, asirse, sujetarse o recargarse de las formaciones arrecifales.	Las obras contempladas en el proyecto no están en la cercanía de formaciones arrecifales, que pudieran ser afectadas.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CRITERIO		VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
TU 30	En el buceo libre, autónomo y la natación se prohíbe el uso de guantes y cuchillo.	Para el desarrollo del proyecto se utilizarán buzos profesionales y equipo especializado de buceo, para el seguimiento de la adecuada instalación de los AA y desmantelamiento de los bolsacretos. Mismos que no contemplan la utilización de los utensilios mencionados en el presente Criterio Ecológico.
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.	No aplica para el proyecto.
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 a la legislación aplicable en la materia.	No aplica para el proyecto.
TU 36	Deberán señalizarse los canales de acceso a las lagunas arrecifales.	No aplica para el proyecto.
TU 37	Queda prohibido realizar el mantenimiento, limpieza,	Para el desarrollo de las acciones del presente

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
	CRITERIO	VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
	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.	proyecto, se contempla la utilización de embarcaciones menores, mismas que tendrán un adecuado control para evitar cualquier derrame de sustancias que puedan generar contaminación, en el sitio del proyecto. Lo anterior se encuentra dentro de las acciones preventivas del Subprograma de Acciones Independientes.
TU 38	Queda prohibida la navegación de embarcaciones de motor de 1.5 o más metros de calado en las lagunas arrecifales.	No aplica para el proyecto.
TU 40	Se prohíbe dar alimento a la Fauna silvestre.	Dentro del Subprograma de Acciones Independientes, se contempla el instruir al personal, que se ocupará para la realización del proyecto a fin de evitar acciones que puedan alterar la fauna y flora silvestre del sitio.
TU 41	Se prohíbe el uso de motores de dos tiempos en actividades turísticas marítimas.	No aplica para el proyecto.
TU 42	Se prohíbe el uso de plataformas marinas, o	No aplica para el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA M-2 Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA DEL PROYECTO		
CRITERIO		VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO
	artefactos que funcionen como tales.	
Actividades Pesqueras (APS) 1	Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la SEMARNAT, así como el permiso de pesca correspondiente.	No aplica para el proyecto.
APS 2	Queda prohibido el uso de químicos o aparato electrónicos y mecánicos para la captura de animales marinos de ornato.	No aplica para el proyecto.

III.3.1.4 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad

El Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POELMS)³⁰, está integrado por 14 objetivos específicos, los cuales son:

- Preservar las zonas de captación y extracción de agua del municipio.
- Preservar en el municipio las asociaciones vegetales de selva baja y de halófitos costeras en función de sus reducidas extensiones, así como humedales costeros y continentales en función de su importancia ecológica.
- Preservar y proteger la biodiversidad que existe en los diferentes ecosistemas presentes en el municipio.
- Preservar de forma integral los componentes de los medios biótico y abiótico para que continúen generando beneficios económicos y sociales a la población.
- Generar las condiciones para detener el avance de asentamientos humanos irregulares por medio del establecimiento de zonas específicas para el crecimiento urbano y mediante la promoción de otras formas, suficientemente rentables y menos agresivas para el ambiente, de aprovechar el territorio.
- Promover el aprovechamiento sustentable del territorio y de los recursos naturales del municipio.
- Favorecer e incentivar las actividades productivas que realicen un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- Establecer límites de cambio aceptables para los usos del suelo proyectados, que permitan el desarrollo de actividades productivas sin detrimento de los recursos naturales del municipio.
- Prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo.
- Propiciar el desarrollo urbano ambientalmente responsable mediante la aplicación de criterios de regulación ecológica en los centros urbanos y en las áreas previstas como reservas urbanas.
- Establecer criterios de regulación ecológica, dentro y fuera de los centros de población, que propicien las buenas prácticas ambientales y minimicen el deterioro del ambiente.
- Preservar el patrimonio histórico y cultural del municipio.

³⁰ Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 25 de mayo de 2009.

- Dar certidumbre jurídica a la inversión pública y privada, estableciendo congruencia y consistencia entre los instrumentos normativos del desarrollo urbano y ambiental, aplicables en el ámbito municipal de Solidaridad.

Aunado a lo anterior el POELMS, establece como políticas de ordenamiento:

1. Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos.
2. Aprovechamiento Urbano: La ocupación del territorio al interior de los centros de población de acuerdo con los parámetros de ocupación y uso del suelo establecidos en los planes o programas de desarrollo urbano vigentes.
3. Preservación del equilibrio ecológico: El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.
4. Protección de los recursos naturales: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.
5. Conservación: La permanencia de los elementos de la naturaleza, lograda mediante la planeación del desarrollo sustentable, a fin de asegurar, para las generaciones presentes y futuras, un ambiente propicio para su desarrollo y los recursos naturales que les permitan satisfacer sus necesidades.

El proyecto materia del presente manifiesto, conforme a su ubicación se encuentra dentro de la UGA 10 del POELMS, tal como se aprecia en la siguiente figura. La UGA 10 se identifica con el nombre de "Zona Urbana de Playa de Carmen", con una política ambiental de Aprovechamiento Sustentable, dentro de una superficie de 9,343.99 hectáreas, con un porcentaje municipal de 3.93%.



Figura 6. Ubicación del proyecto en relación al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad

El escenario inicial de la UGA 10, que se ubica en la ciudad de Playa del Carmen, que representa el centro urbano con la mayor tasa de crecimiento del estado, debido al crecimiento y diversificación de la oferta turística del municipio, en las tablas mostradas a continuación se presentan las características de la UGA y la vinculación jurídica de la UGA 10 con el proyecto.



Tabla 26. Características de la UGA 10. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.

UGA 10 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, CARACTERÍSTICAS	
ESCENARIO INICIAL	La ciudad de playa del Carmen representa el centro urbano con la mayor tasa de crecimiento del estado, por lo que las reservas urbanas se agotan rápidamente, ocasionando que día a día se incremente la mancha urbana. Esta dinámica responde al crecimiento y diversificación de la oferta turística del municipio, la cobertura de los servicios básicos es buena, no obstante, existe un importante rezago en el manejo y disposición final de los residuos sólidos. De acuerdo con las estimaciones realizadas este centro urbano seguirá creciendo por lo que se requiere prever la dotación de nuevas reservas urbanas para contener y controlar de manera eficiente el crecimiento urbano.
TENDENCIAS	Se considera que la zona urbana llega a una saturación en el lapso de tiempo comprendido entre los 5 y 10 años, por lo que se han adicionado zonas de reserva urbana suficientes que permitan contener el acelerado crecimiento de la ciudad, el cual continuará en la medida que se continúe ampliando el sector turístico del municipio. La ciudad tiende hacia la ecoeficiencia con la aplicación de diferentes acciones, técnicas, procedimientos y equipo para la reducción de la contaminación.
LINEAMIENTO AMBIENTAL	La ciudad presenta un crecimiento ordenado en apego a programa director de desarrollo urbano, el manejo de las aguas residuales, así como la disposición de los residuos se realiza con estándares por encima de lo establecido en la normatividad vigente. La ciudad presenta áreas verdes suficientes.
ESTRATEGIAS AMBIENTALES	<ul style="list-style-type: none"> • Se deberá llevar a cabo una bitácora ambiental del cambio de uso del suelo para este centro urbano. • Se instalan oportunamente plantas de tratamiento y la red de drenaje sanitario en las nuevas áreas de crecimiento.

UGA 10 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, CARACTERÍSTICAS	
	<ul style="list-style-type: none"> • Las aguas residuales se tratan con una eficiencia del 95%. • Se establece un adecuado sistema de recolección, acopio y disposición final de residuos sólidos. • Se ofrecen espacios verdes suficientes a los habitantes (9 m² de área verde por persona). • Se instalan sistemas alternativos para la generación de energía eléctrica para el uso público (alumbrado público y de oficinas gubernamentales). • La ciudad cuenta con un sistema vial moderno y eficiente. • La ciudad mantiene la cobertura actual de manglares.
VOCACIÓN DE USO DEL SUELO	Urbana.
USOS CONDICIONADOS	Los que establezca el Programa Director de Fortalecimiento Urbano 2002-2026 (P.O. 1 de abril de 2002) y el Plan Parcial de Desarrollo Urbano número 1 del Centro Urbano de Población de Playa del Carmen 2008-2013, Municipio Solidaridad, Quintana Roo, denominado "del fuego y del agua". (P.O. 29 de mayo de 2008).
USOS INCOMPATIBLES	Los que establezca el Programa Director de Fortalecimiento Urbano 2002-2026 (P.O. 1 de abril de 2002) y el Plan Parcial de Desarrollo Urbano número 1 del Centro Urbano de Población de Playa del Carmen 2008-2013, Municipio Solidaridad, Quintana Roo, denominado "del fuego y del agua". (P.O. 29 de mayo de 2008).

Tabla 27. Criterios ecológicos de la UGA 10 del Programa De Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad y su vinculación jurídica con el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
CRITERIOS URBANOS		
CU-01	Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las	Mediante el presente manifiesto, se describe el cumplimiento de dicho precepto, atendiendo siempre al cumplimiento normativo preciso y a la preservación de las especies que se ubican en la cercanía del sitio.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.	
CU-02	Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	No aplica para el proyecto, debido a que se trata de un ambiente acuático, no terrestre, y las actividades que se desarrollarán en tierra, se llevarán a cabo en un área desprovista de vegetación, por lo que no hay vegetación a ser rescatada.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
CU-03	<p>Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</p>	<p>El Hotel Sandos Caracol Eco Resort donde se llevarán a cabo algunas actividades inherentes al proyecto, ya cuenta con acciones específicas para el cuidado de las especies de fauna, mismas que seguirán implementándose durante el desarrollo del proyecto. Así mismo, como parte del proyecto, se establecen subprogramas para prevenir y proteger especies de fauna marina, dentro del Programa de Manejo Ambiental los cuales tienen como objetivo, evitar impactos negativos en la fauna del sitio del proyecto.</p>
CU-04	<p>Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté</p>	<p>No aplica para el proyecto.</p>



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	<p>incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.</p>	
CU-05	<p>Para el desplante de cualquier obra o instalación se deberán utilizar preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.</p>	<p>Las actividades a desarrollar se llevarán a cabo en un área afectada del Hotel Sandos Caracol Eco Resort. El promovente es consciente de la importancia de la vegetación marina, estableciendo un Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, basados en medidas para</p>



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
		evitar afectaciones previo a la construcción y operación del proyecto.
CU-06	En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.	No aplica para el proyecto.
CU-07	En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.	No aplica para el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
CU-08	La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de conformidad con la normatividad aplicable.	No aplica para el proyecto.
CU-09	Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.	El promovente es consciente de este precepto. Las estructuras de AA, son pre- armadas por lo que no será necesario la utilización de otros materiales.
CU-10	En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones, sembradíos, y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).	
CU-11	Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.	Los residuos generados por los trabajadores, serán dispuestos en los contenedores establecidos en Hotel Sandos Caracol Eco Resorts, así mismo el material proveniente del retiro de los bolsacretos, será dispuesto en áreas autorizadas para ello. Dentro del Subprograma de Acciones Independientes, se contempla el control de residuos derivados de la construcción y operación del proyecto.
CU-12	Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de	No aplica para el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.	
CU-13	En ningún caso se permite el uso del fuego para el desmonte de predios urbanos o suburbanos, ni para la disposición de residuos sólidos en áreas abiertas.	No aplica para el proyecto.
CU-14	Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.	No aplica para el proyecto. El proyecto no generará residuos peligrosos.
CU-15	En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos	El promovente es consciente de lo establecido en el presente precepto, y



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.	considerando que el hotel al cual está asociado el proyecto, ya cuenta con un programa de manejo de residuos, este será implementado durante el desarrollo del proyecto, así como otras medidas que están establecidas en el Subprograma de Acciones Independientes.
CU-16	Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad al interior de los centros de población con programa de desarrollo urbano decretado incluye únicamente a los predios colindantes con la zona federal marítimo terrestre.	El promovente es consciente de lo establecido en el presente precepto.
CU-17	Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.	
CU-18	Las reservas territoriales destinadas a aprovechamiento urbano y las áreas de preservación ecológica establecidas en el programa de desarrollo urbano deberán mantener su cobertura vegetal original mientras no se incorporen al desarrollo y se autorice su aprovechamiento por las autoridades competentes.	No aplica para el proyecto.
CU-19	El desarrollo de proyectos en las áreas de reserva urbana se realizará de acuerdo con la programación prevista	No aplica para el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	en el plan o programa director de desarrollo urbano que le corresponda.	
CU-20	Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	No aplica para el proyecto.
CU-21	En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.	
CU-22	Las aguas residuales deberán canalizarse hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado o el organismo operador autorizado por esta instancia. En el caso de que no existan plantas de tratamiento que puedan atender la demanda del proyecto, el promovente deberá instalar una planta que cumpla con las condiciones establecidas en la normatividad vigente en materia de aguas residuales tratadas.	No aplica para el proyecto.
CU-23	El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	
CU-24	En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, jardines, áreas verdes, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.	No aplica para el proyecto.
CU-25	La superficie de aprovechamiento de un predio, así como sus coeficientes	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	<p>de uso (CUS) y ocupación del suelo (COS), estarán en función de lo que determine el programa o plan de desarrollo urbano vigente que le aplique.</p> <p>Solo se permite el desmonte de la superficie que resulte de multiplicar el Coeficiente de Modificación del Suelo por la superficie total del predio, para lo cual deberá obtener de manera previa la autorización por excepción del cambio de uso del suelo en terrenos forestales y las autorizaciones estatales y municipales respectivas. Será obligatorio mantener la superficie remanente con la vegetación original. En el caso que la superficie remanente se encuentre afectada o que carezca de vegetación, el promovente deberá procurar su restauración o reforestación.</p>	



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
CU-26	Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que éstos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.	No aplica para el proyecto.
CU-27	Se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 40 cm. Para evitar daño a las raíces deberá establecerse un radio de protección de 5 m alrededor del tronco del árbol.	No aplica para el proyecto.
CU-28	Se permite la instalación temporal de plantas de pomezclado, dosificadoras o similares dentro del área de desmonte permitida en el interior de predios para abastecer al	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	proyecto, únicamente durante su construcción. Debiendo ser retiradas una vez que se concluya la construcción del mismo. El área ocupada por la planta deberá integrarse al proyecto.	
CU-29	Las plantas de premezclado, dosificadoras o similares deberán contar con un programa de cumplimiento ambiental autorizado por la SEDUMA para la regulación de emisiones a la atmósfera, ruido y generación de residuos peligrosos, que dé cumplimiento a la normatividad vigente. Este programa se deberá presentar junto con la manifestación de impacto ambiental de la planta.	No aplica para el proyecto.
CU-30	Se deberá instalar una malla perimetral para reducir la emisión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo y reducir el impacto visual.	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
CU-31	Durante el transporte de materiales pétreos éstos deberán humedecerse y cubrirse con una lona antidispersante, la que se debe sujetarse adecuadamente y encontrarse en buen estado, con objeto de minimizar la dispersión de partículas de polvo.	No aplica para el proyecto.
CU-32	En predios urbanos en los que existan manglares, deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.	No aplica para el proyecto.
CU-33	En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales	Por la realización del proyecto se contempla una mínima generación de emisiones atmosféricas, manejo de aceites e hidrocarburos, al utilizarse maquinaria y lanchas, para la colocación de los AA y el retiro de los bolsacretos se contemplan medidas dentro del Subprograma de Acciones Independientes para evitar cualquier posible afectación.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	<p>impregnados con estas sustancias o de sus recipientes.</p> <p>En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que se empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso corrección, que aplicará.</p> <p>Para el almacenamiento de este tipo de sustancias se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.</p>	
CRITERIOS ESPECÍFICOS		
CE-39	Si un predio está dividido en dos o más UGA, la superficie máxima de aprovechamiento de cada porción será la que se establezca para cada uso y unidad. La superficie máxima de	No aplica para el proyecto.

CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	aprovechamiento no es acumulativa entre usos o unidades de gestión.	
CE-79	Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías. Dichas medidas deberán manifestarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto, para su valoración y en su caso, validación y autorización por la Dirección de Vida Silvestre de la SEMARNAT.	El objetivo del proyecto es evitar la erosión costera, mediante la instalación de AA, mismo que regenerará la playa donde anidan las tortugas marinas. Es importante señalar que el promovente actualmente implementa un Programa para la conservación de tortuga marina y que el presente proyecto considera asimismo acciones en el Programa de Manejo Ambiental que de no estar consideradas en el Programa que implementa el Hotel, serán integradas al mismo.
CE-95	En los predios en los que exista vegetación exótica o invasora deberá llevarse a cabo un programa de erradicación de dichas especies.	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
CE-98	Las reservas urbanas destinadas a aprovechamiento urbano deberán mantener su cobertura vegetal original en tanto no sean urbanizadas.	No aplica para el proyecto.
CE-103	En el caso de que el ecosistema de duna costera se encuentre afectado o carezca de vegetación, ésta se deberá restaurar o reforestar con la finalidad de promover la protección de las playas, de la zona de anidación de las tortugas marinas y para el mantenimiento de la vegetación costera. Para el cumplimiento de este criterio deberá presentarse de manera conjunta con el estudio ambiental correspondiente, el programa de restauración de vegetación costera. La restauración se realizará en el primer año a partir de la fecha de inicio de obras del proyecto autorizado. Las actividades de restauración deberán obtener de	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
	manera previa a su inicio la autorización correspondiente.	
CE-104	La estructura de la duna costera o bermas rocosas, así como la vegetación que las ocupa se debe mantener en estado natural en por lo menos el 75 % de su superficie dentro del predio.	No aplica para el proyecto.
CE-105	Se permiten los andadores de acceso a la playa de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente, los cuales siempre tendrán un trazo que atraviese la franja de vegetación costera en forma diagonal con la finalidad de evitar la erosión de la duna o playa. Los andadores o accesos a la playa tendrán una anchura máxima de tres metros y se podrá establecer uno por cada 100 metros de frente de playa de cada predio.	No aplica para el proyecto.



CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA UGA 10 DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD Y SU VINCULACIÓN JURÍDICA CON EL PROYECTO		
Clave	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
CE-106	Los andadores de acceso a la playa se establecerán sobre el terreno natural, sin rellenos, ni pavimentos, sólo se permitirá la delimitación del mismo con rocas u otros ornamentos no contaminantes. Se permite el establecimiento de andadores elevados que respeten el relieve natural de la duna.	No aplica para el proyecto.

III.3.2 Desarrollo Urbano

III.3.2.1 Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad 2010-2050

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050³¹, establece que el centro de población Playa del Carmen, es zona urbana, regulada en su propio programa de desarrollo, como lo es el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad 2010-2050 (PDUCPC)³², mismo que contiene estrategias y acciones, a largo plazo y en tres etapas:

Primera etapa: a corto plazo de 2010-2030.

Segunda etapa: a mediano plazo de 2021-2040.

Tercera etapa: a largo plazo de 2041-2050.

El PDUCPC, tiene como estrategia general el fomentar el desarrollo urbano sustentable, mismo que consiste en proteger el ambiente natural (recursos naturales prioritarios) y regular el ambiente construido (infraestructura y organización del territorio para minimizar la afectación del ambiente natural).

Buscando dentro de la sustentabilidad, las condiciones que permitan la funcionalidad de la ciudad, es decir la dotación de los servicios públicos y un medio ambiente limpio y la calidad de vida de sus habitantes.

La Estrategia de Desarrollo Urbano del PDUCPC, presentan normas generales y restricciones de edificación para cada uno de los Usos de Suelo.

Para la aplicación del PDUCPC, existe una Zonificación Primaria, misma que tiene como finalidad ordenar, regular y planear el desarrollo urbano de la ciudad, conformada por tres zonas específicas:

1. La mancha urbana actual, conformada por 4,969 has.
2. Una zona de reserva urbana, conformada por 2,827 has.

³¹ Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Solidaridad 2010-2050. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 20 de diciembre de 2010.

³² Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad 2010-2050. Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, 20 de diciembre de 2010.

3. Un área de crecimiento del centro de población, conformada por 5,094 has.

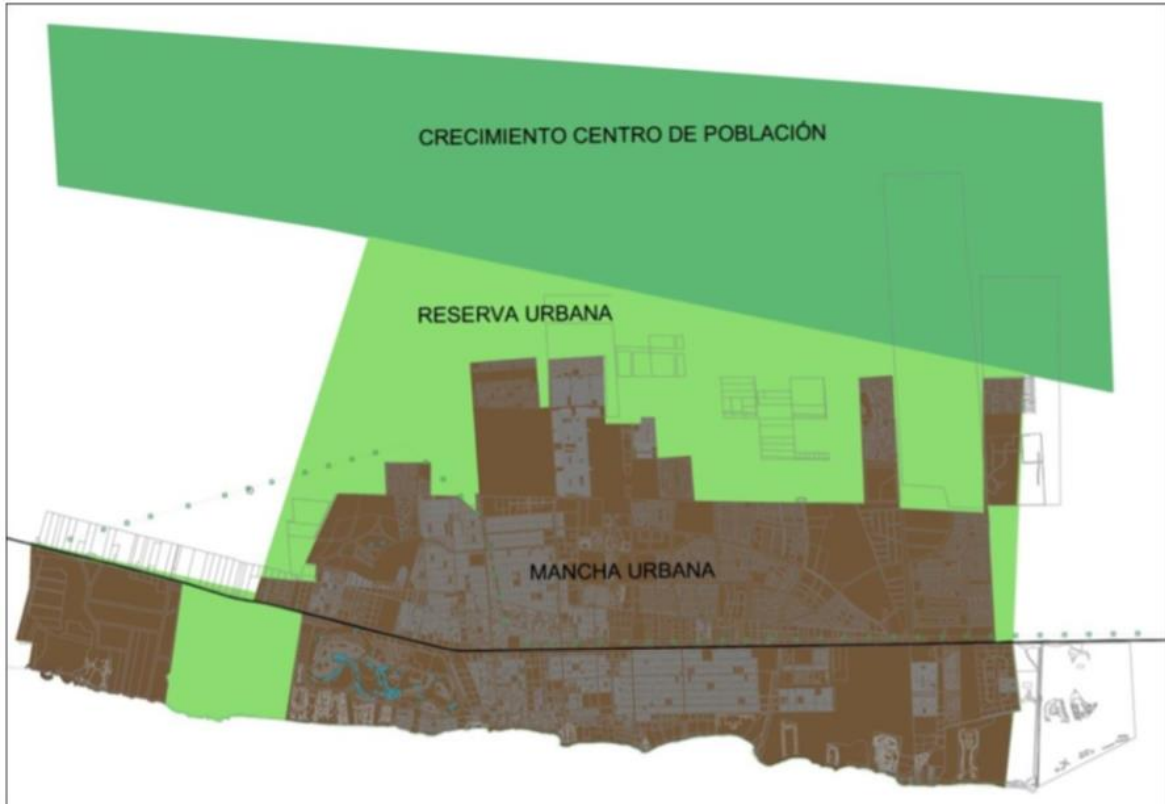


Figura 7. Ubicación de las tres zonas de la Zonificación Primaria, del Centro de Población de Playa del Carmen Fuente: Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad 2010-2050, página 9.

El esquema general de la zonificación de usos del PDUCCP, se conforma por:

- Zonas Turísticas: con clave de identificación "T", se desarrollan viviendas y hoteles de densidad baja y densidad media.

Normas particulares:

- Salvaguardar la belleza y valor ambiental de los recursos naturales, que son la razón de ser del atractivo de éstas zonas y cuyo deterioro las más de las veces es irreversible convirtiéndose a la vez en decadencia de la propia actividad turística;
- Propiciar el aprovechamiento adecuado del potencial de desarrollo que pueden tener sitios de atractivo natural, previendo

distintos tipos de zonas que respondan a las características naturales del área;

- Proteger las áreas contra la excesiva concentración de habitantes regulando la densidad de la población y la densidad de la edificación en cada zona específica, señalando la mínima dotación de espacios abiertos dentro de estas zonas con objeto de asegurar espacios para el descanso y la recreación; así como proteger las zonas turísticas contra riesgos urbanos y tráfico pesado ocasionados por usos incompatibles.

La subclasificación de las Zonas Turísticas son: Turístico Ecológico Hotelero (TEh), Turístico Hotelero (Th), Turístico Campestre de Densidad Baja (TC1), Turístico Campestre de Densidad Baja (TC2), Turístico Campestre de Densidad Baja (TC3), Turístico Residencial de Densidad Baja (TR1-U), Turístico Residencial de Densidad Baja (TR1-P), Turístico Residencial de Densidad Baja (TR1a), Turístico Residencial de Densidad Baja (TR2a), Turístico Residencial de Densidad Baja (TR2-U), Turístico Residencial de Densidad Baja (TR2-P), Turístico Residencial de Densidad Media (TR3-U), Turístico Residencial de Densidad Media (TR3-P), Turístico Residencial de Densidad Media (TR3b) y Turístico Residencial de Densidad Media (TR3c).

- Zonas Habitacionales: son aquellas edificaciones para el uso habitacional y se clasifican:
 - a) Zonas Habitacionales de Densidad Baja, con clave: H1a-U, H1b-U, H1b-P, H2-U y H2-P.
 - b) Zona Habitacional de Densidad Baja, con clave: H1a-U.
- Zonas Habitacionales Urbano Campestre: densidad Baja y Media, con clave: HC1, HC2, HC3, HC4 y HC5.
- Zonas de Uso Mixto: se caracterizan por ser de uso habitacional con actividades relativas al comercio y servicios, así como instalaciones de equipamiento urbano y alojamiento temporal. Ubicadas principalmente sobre vialidades primarias y en centros de cada supermanzana. Estas zonas se dividen en: Mixto Barrial, Densidad Media (MB1), Mixto Barrial, Densidad Alta (MB), Mixto Subcentro Urbano, Densidad Media (MSU1), Mixto Subcentro Urbano, Densidad Alta (MSU), Zona Central Mixto Comercial (MC1), Zona Central Mixto Comercial (MC), Zona Central Comercial Centro Urbano (CU).

- Zonas Comerciales de Servicios en Corredor Regional Mixto: zonas que mezclan la habitación con actividades relativas al comercio y servicios, así como con instalaciones de equipamiento urbano y alojamiento, ubicadas en vialidades principales. Zonas integradas por: Zona Comercial y de Servicios, Corredor Regional Mixto (MCR1), Zona Comercial y de Servicios, Corredor Regional Mixto (MCR), Zona Comercial y de Servicios, Corredor Regional Mixto (MCRa), Zona Comercial y de Servicios, Corredor Regional Mixto (MCRb) y Distrito de Negocios (DN).
- Zonas Industriales: zonas necesarias para el adecuado desempeño de las actividades industriales, de conforman por: Zonas Mixtas de Industria Ligera-Talleres (M-IL) y Zonas de Industria Media (I).
- Zonas de Equipamiento: mismas que serán de acuerdo con el dictamen de la Dirección de Ordenamiento Ambiental y Urbano del municipio de Solidaridad, integradas con: Equipamiento Urbano (E), Parque Urbano (PU), Equipamiento Vial (EVI), Equipamiento Regional (ER), Especial (ER₁, ER₄, ER₆, ER₇, ER₉, ER₁₀), Administración Pública y Servicios (ER₂, ER₃, ER₅, ER₆) e Infraestructura (ER₈).
- Zonas de Aprovechamiento: conformadas por, Zonas de Aprovechamiento Turístico Extractivo (T-AX).
- Zonas de Conservación: conformadas por, Protección de Pozos y Humedales (PPH).
- Zonas de Preservación Ecológica: conformadas por, Cauces de Ríos Subterráneos (PE/rs) y Áreas de Preservación Ecológica (AP)

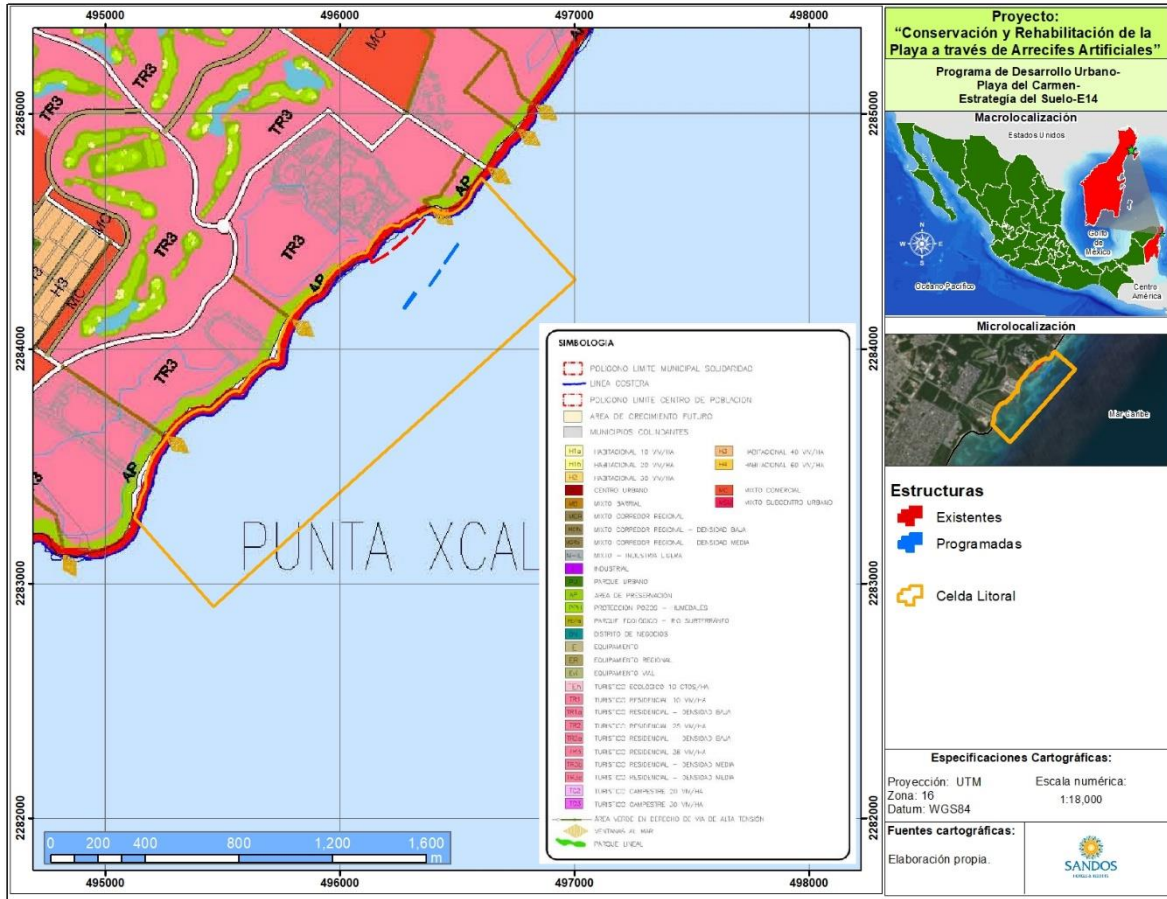


Figura 8. Usos de suelo en las colindancias del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, así como en la playa colindante

En relación del proyecto materia del presente manifiesto y tal como se muestra en la figura anterior, el área terrestre colindante con el SAR presenta cuatro tipos de usos de suelo. El primero se refiere al T3 que corresponde a un uso turístico residencial de densidad media, el H3, habitacional, el MC, mixto comercial y el AP que se refiere a área de preservación ecológica, la cual se localiza casi a todo lo largo de la playa que colinda con el SAR. En el AP, no se permite ningún tipo de edificación ni asentamiento y debe ser preservada.

El área de construcción del Hotel Sandos Caracol Eco Resort forma parte del área T3 (Turístico Residencial) y el de la Zona Federal Marítimo Terrestre es de aprovechamiento, donde se desarrollan actividades relacionadas con el turismo y recreación. En la zona del mar frente a la playa del hotel, actualmente se realizan actividades turísticas recreativas. Es relevante señalar que el predio en el que se



ubica el hotel colinda con predios en los que se encuentran otros hoteles actualmente en funcionamiento además de encontrarse muy cerca de la localidad de Playa del Carmen.

III.3.3 Áreas Naturales

El área del proyecto no se ubica dentro de ningún Área Natural Protegida. La más cercana es la Reserva de la Biosfera del Caribe Mexicano, decretada como Área Natural Protegida el día 7 de diciembre de 2016 como se muestra en la siguiente figura.

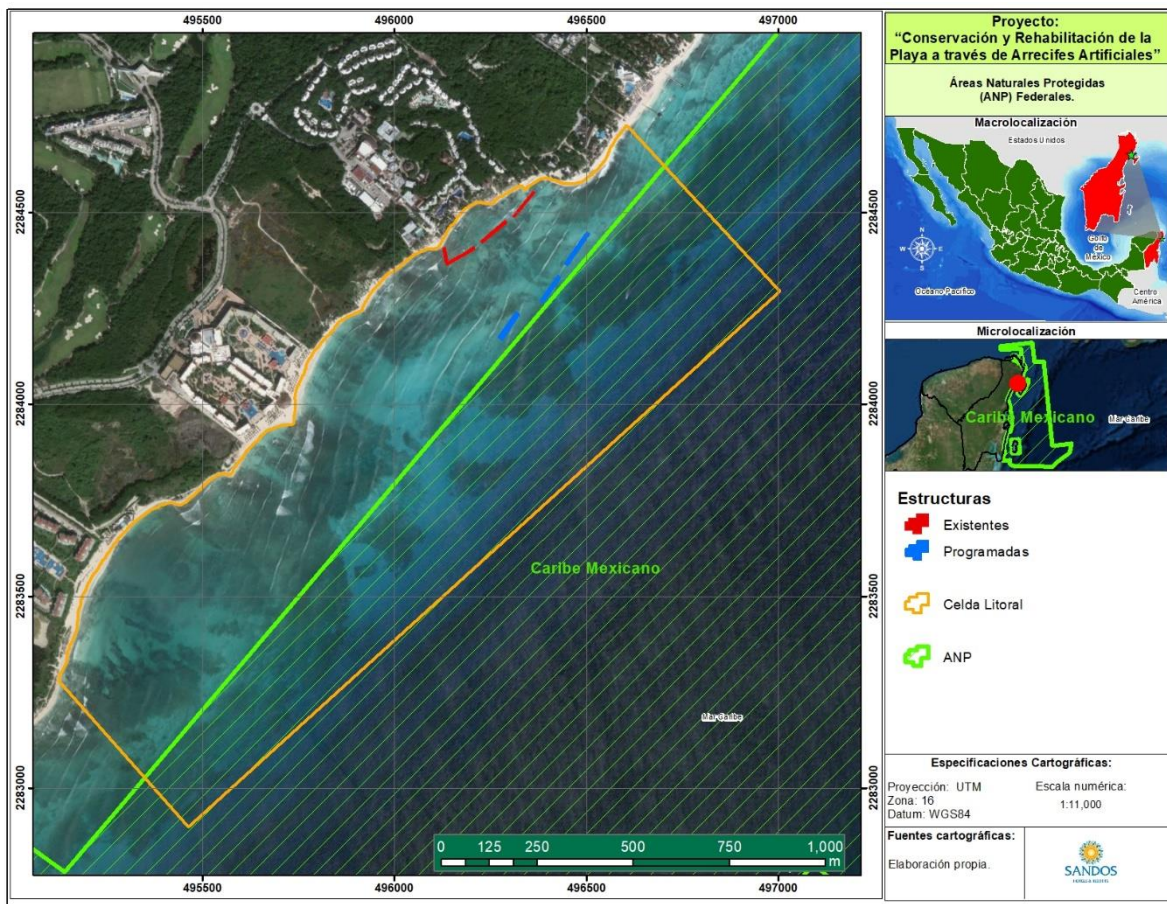


Figura 9. Sitio del proyecto respecto al ANP Reserva de la Biósfera del Caribe Mexicano

La Reserva de la Biosfera del Caribe Mexicano se localiza 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. De esta superficie 5, 725,465-86-57.50 hectáreas corresponden a la porción marina y 28,589-49-74.10 hectáreas corresponden a la porción terrestre. El 30 de noviembre de 2018, se publicó en el DOF, el Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida de la Reserva de la Biosfera del Caribe Mexicano, con los siguientes objetivos específicos:

- Protección. Favorecer la permanencia y conservación de la diversidad biológica de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, a través del establecimiento y promoción de un conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar el deterioro de los ecosistemas.
- Manejo. Establecer políticas, estrategias y programas, con el fin de determinar actividades y acciones orientadas al cumplimiento de los objetivos de conservación, protección, restauración, capacitación, educación y recreación de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, a través de proyectos alternativos y la promoción de actividades de desarrollo sustentable, promoviendo una economía verde, así como el desarrollo integral costero.
- Restauración. Recuperar y restablecer los procesos naturales que se desarrollan en los ecosistemas de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano.
- Conocimiento. Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan tomar las decisiones adecuadas para la preservación y el uso sustentable de la biodiversidad de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano.
- Cultura. Difundir acciones de conservación de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, propiciando la participación activa de las comunidades aledañas que generen la valoración de los servicios ambientales, mediante la identidad, difusión y educación para la conservación de la biodiversidad que contiene.
- Gestión. Establecer las formas en que se organizará la administración de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano por parte de la autoridad competente, así como los mecanismos de participación de los tres órdenes de gobierno, de los individuos y comunidades, así como de todas aquellas personas, instituciones, grupos y organizaciones sociales interesadas en su conservación y aprovechamiento sustentable.

III.3.4 Regiones Prioritarias

El Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, Arriaga et al., 2000), se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad en diferentes ámbitos ecológicos. Así, la CONABIO ha impulsado la identificación, además de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), de las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP, ámbitos acuáticos continentales) y de las Regiones Prioritarias Marinas (RPM, ámbitos costeros y oceánicos). Una regionalización complementaria, desarrollada por CIPAMEX, corresponde a las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA). De ahí que esta regionalización ha sido un esfuerzo técnico de la CONABIO por identificar aquellas regiones con alguna importancia. Sin embargo, no han sido elevadas a calidad de regulación específica para el país, sea como norma u otro instrumento, ni publicadas en el Diario ni Periódico Oficial.

En este documento se determinó, que el predio se ubica en una de las regiones prioritarias propuestas por la CONABIO, y se analiza su impacto en términos de lo que especifica el área.

III.3.4.1 Regiones Terrestres Prioritarias

El Programa de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) tiene como objetivo general la determinación de unidades ambientales estables 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.

El proyecto, no se localiza en ninguna RTP, que pudiera ser afectada por la realización del mismo.

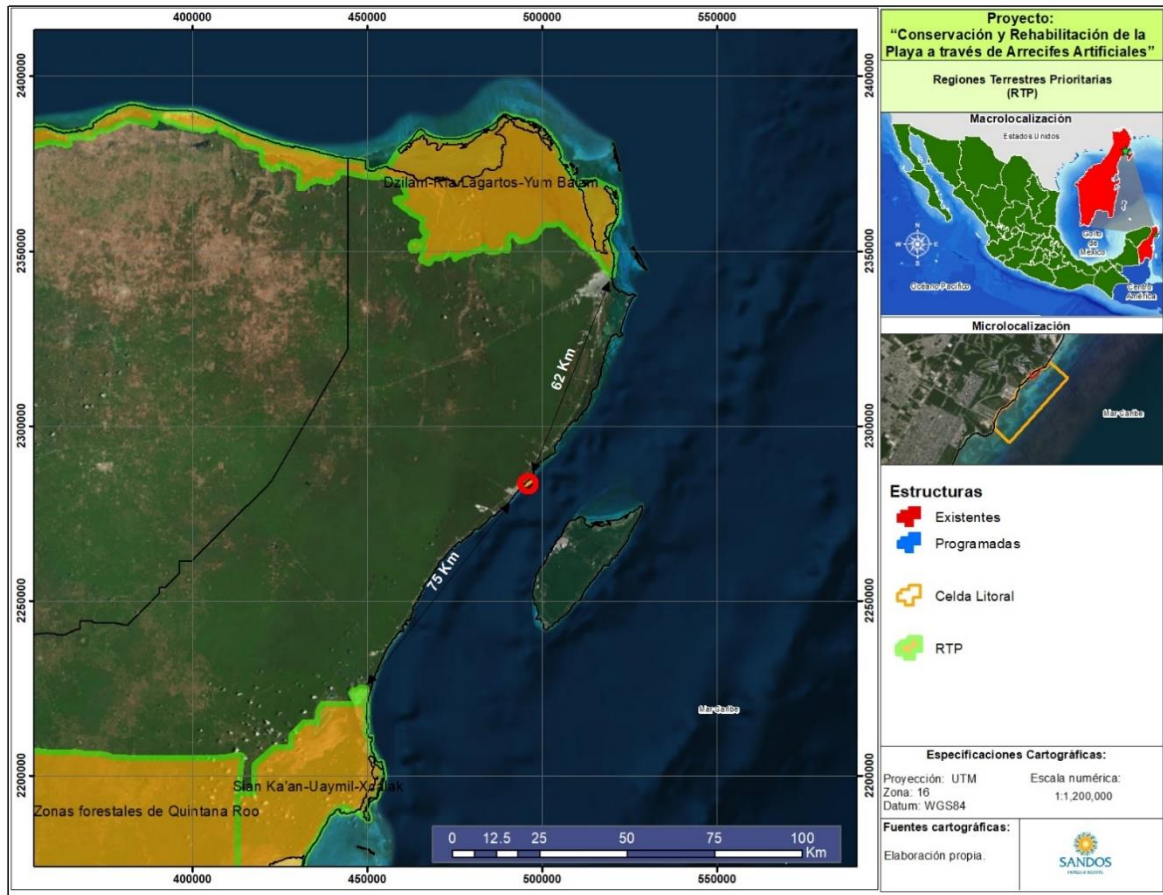


Figura 10. Ubicación del Proyecto respecto a las RTP más cercanas.

III.3.4.2 Regiones Marinas Prioritarias

La vastedad de los ecosistemas marinos es una de las principales razones por las que su conocimiento e información son, frecuentemente, escasos y fragmentados. Sin embargo, la intrincada dependencia de la humanidad respecto de los recursos y la conciencia de que estos recursos están siendo fuertemente impactados por las mismas actividades humanas, ha planteado la necesidad de incrementar el conocimiento sobre el medio marino, a todos los niveles, para emprender acciones que conlleven a su mantenimiento, conservación, recuperación o restauración.

Es bajo este contexto que el Programa de Regiones Marinas Prioritarias (RMP) llevó a cabo una clasificación de las 70 áreas prioritarias, considerando criterios ambientales (integridad ecológica, endemismo, riqueza, procesos oceánicos, etc.), económicos (especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas



importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, etc.); a partir de estas últimas, se realizaron recomendaciones para la prevención, mitigación, y control de las zonas marinas.

La clasificación de las áreas prioritarias, la descripción de sus características físicas, biológicas y sociales, así como las problemáticas y sugerencias identificadas no pretenden ser una revisión exhaustiva y terminante. Por el contrario, por un lado, reflejan el conocimiento, la experiencia y el sentir de un vasto número de científicos, trabajadores gubernamentales, cooperativas, asociaciones civiles, etc., y por el otro, intenta resaltar las definiciones, los problemas, el conocimiento y las propuestas más actuales y frecuentes en la materia. Asimismo, representan un marco de referencia y una herramienta que espera ser útil para tomadores de decisiones, científicos, usuarios y público en general.

El proyecto, se ubica en la RMP No. 63 denominada Punta Maroma-Punta Nizuc, misma que tiene una extensión de 1, 005 km², el polígono se localiza en latitud. 21°11'24" a 20°32'24", longitud. 87°7'48" a 86°40'12".

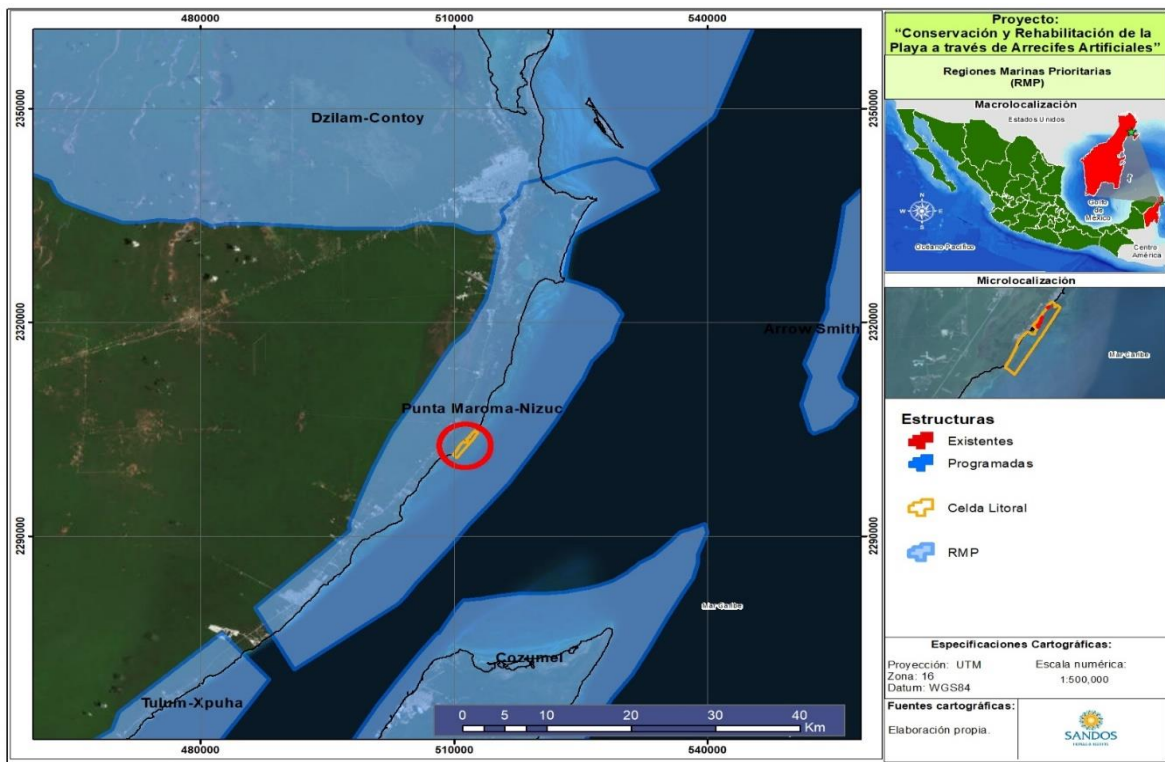


Figura 11. Ubicación del Proyecto dentro del RMP Punta Maroma-Punta Nizuc.



Las características de la RMP No. 63, son las siguientes:

- Clima: cálido subhúmedo con lluvias en otoño. Temperatura media anual 22-26 °C. Ocurren tormentas tropicales, huracanes, nortes.
- Geología: placa de Norteamérica, rocas sedimentarias, plataforma amplia.
- Descripción: arrecifes, lagunas, playas, dunas costeras, estuarios.
- Oceanografía: predomina la corriente de Yucatán. Oleaje variable. Aporte de agua dulce por lagunas. Hay giros y contracorriente.
- Biodiversidad: moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, esponjas, corales, artrópodos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, manglares, selva baja inundable. Zona de reproducción de tortugas y merostomados.
- Aspectos económicos: zona de poca pesca organizada en cooperativas y libres. Se explotan crustáceos y peces. Crianza de peces en la laguna Nichupté. Turismo de alto impacto, ecoturismo y buceo. Hay porcicultura en Puerto Morelos, Quintana Roo.
- -Uso de recursos: presión sobre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.

En relación a la problemática de la RMP No. 63, se destaca principalmente la:

- Modificación del entorno, debido a la tal de manglar, relleno de áreas inundables, remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe deforestación (menor retención de agua) e impactos humanos (Cancún y otros desarrollos turísticos). Blanqueamiento de corales.
- La contaminación presente en la RMP No. 63, es generada por las descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.
- Uso de recursos: presión sobre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.
- Especies introducidas de *Cassuarina spp.* y *Columbrina spp.*

En lo relativo a la conservación dentro de la RMP No. 63, misma en la que se ubican formaciones de arrecifes protegidos, como los arrecifes de Puerto Morelos, se



recomienda dar impulso a su plan de manejo y a su bonificación. La laguna de Nichupté debería estar sujeta a normas de uso y protección.

En relación al sitio del proyecto materia del presente estudio, se tiene contemplado la importancia del área, así como los las especies que en él habitan o transitan, por lo que conforme a la información obtenida del monitoreo del sitio se ha generado el Programa de Manejo Ambiental y sus múltiples subprogramas, para evitar cualquier afectación al momento de la realización del proyecto, destacándose, el Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina y el Subprograma de Acciones Independientes, mismo que engloba actividades específicas que pudieran generar alguna alteración en el sitio del proyecto y que abarca la adecuada disposición de residuos, sustancias, quema de desechos y vegetación, entre otras actividades más.

III.3.4.3 Regiones Hidrológicas Prioritarias

El Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) de la CONABIO está orientado a 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 110 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.

La superficie del proyecto del presente manifiesto, se localiza dentro de la RHP No. 105 denominada Corredor Cancún- Tulum.

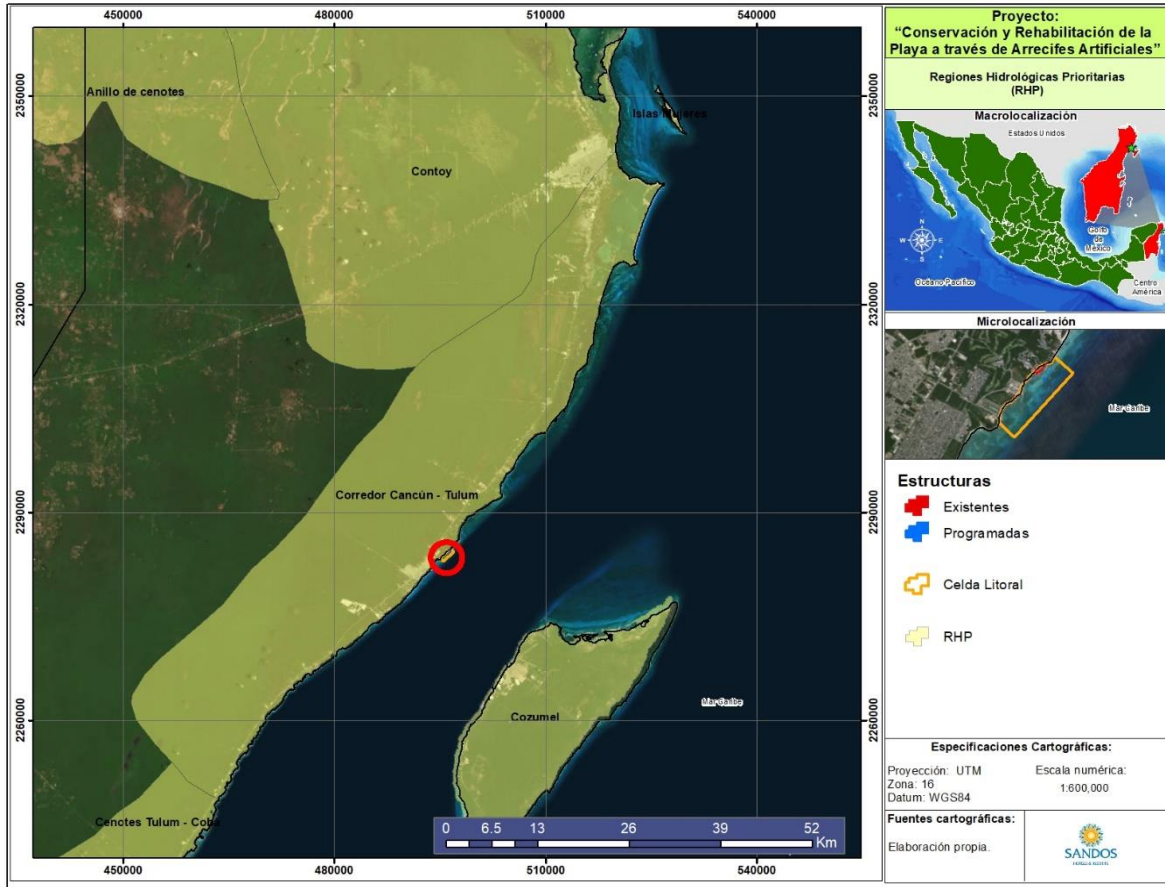


Figura 12. Ubicación del proyecto dentro de la RHP No. 105.

La RHP No. 105, tiene una extensión de 1,715 km², el polígono se ubica en la latitud 21°10'48" - 20°20'24" N y longitud 87°28'12" - 86°44'24" W, los recursos hídricos principales son de dos tipos:

- Lénticos: lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales.
- Lóticos: aguas subterráneas

Los suelos de la RHP No. 105, son de tipo Litosol, Rendzina y Zolonchak, se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y fértil, que descansa sobre roca caliza. El clima de la región cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas promedio anual 26-28 °C, con una precipitación anual de 1000-2000 mm.

La RHP en donde se localiza el sitio del proyecto, se ubican los poblados de Cancún, Playa del Carmen, Puerto Morelos, Tulum, Akumal y Xel-ha, la principal actividad económica de la región es el turismo, la actividad forestal y pecuaria.

En relación a la biodiversidad del lugar, existen varios tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, manglar, sabana, palmar inundable y vegetación de dunas costeras. Diversidad de hábitats: estuarios, humedales, dunas costeras, caletas, cenotes y playas. Flora característica: *Acacia globulifera*, *tasiste Acoelorrhaphe wrightii*, *Annona glabra*, *Atriplex cristata*, *Bactris balanoidea*, ramón *Brosimum alicastrum*, *Bucida buceras*, chaca *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cameraria latifolia*, *Capparis flexuosa*, *C. incana*, *Coccoloba reflexiflora*, *C. uvifera*, palma nakax *Coccothrinax readii*, *Cordia sebestena*, *Crescentia cujete*, *Curatella americana*, *Cyperus planifolius*, *Dalbergia glabra*, *Eugenia lundellii*, palo de tinte *Haematoxylum campechianum*, *Hampea trilobata*, *Hyperbaena winzerlingii*, *Ipomoea violacea*, chicozapote *Manilkara zapota*, chechén *Metopium brownei*, *Pouteria campechiana*, *P. chiricana*, palma *Pseudophoenix sargentii*, mangle rojo *Rhizophora mangle*, palma chit *Trinax radiata*. La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis*, *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella turgida*, *Diploneis puella*, *Eunotia maior*, *E. monodon*, *Gomphonema angustatum*, *G. lanceolatum*, *Nitzschia scalaris*, *Synedra ulna* y *Terpsinoe musica*. Fauna característica: de crustáceos como el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; el anfípodo *Tulumella unidens*; el palemónido *Creaseria morleyi*; los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis*, *Eucyclops agilis*, *Macrocyclops albidus*, *Mastigodiptomus texensis*, *Mesocyclops edax*, *Mesocyclops sp.*, *Schizopera tobac cubana*, *Thermocyclops inversus*, *Tropocyclops prasinus mexicanus*, *T. prasinus s.str.*; los ostrácodos *Candonocypris serratomarginata*, *Chlamydotheca mexicana*, *Cypridopsis niagrensis*, *C. rhomboidea*, *Cyprinotus putei*, *C. symmetricus*, *Darwinula stevensoni*, *Eucypris cisternina*, *E. serratomarginata*, *Herpetocypris meridiana*, *Metacypris americana*, *Stenocypris fontinalis*, *Strandesia intrepida*, *S. obtusata*; de peces como los cíclidos *Archocentrus octofasciatus*, *Cichlasoma friedrichsthalii*, *C. robertsoni*, *C. salvini*, *C. synspilum*, *C. urophthalmus*, *Petenia splendida* y *Thorichthys meeki*; los poecílidos *Belonesox belizanus*, *Gambusia yucatanana*, *Heterandria bimaculata*, *Poecilia mexicana*, *P. orri* y *P. petenensis*; la anguila americana *Anguilla rostrata*, el carácido *Astyanax aeneus* y el bagre *Rhamdia guatemalensis*. Endemismos del isópodo *Bahalana mayana*; de los anfípodos *Bahadzia bozanici*, *Mayaweckelia cenoticola*,



Tuluweckelia cernua; del ostrácodo *Danielopolina mexicana*; del remípedo *Speleonectes tulumensis*; del termosbenáceo *Tulumella unidens*, los cuales habitan en cenotes y cuevas; de los peces *Astyanax altior*, la brótula ciega *Ogilbia pearsei*, la anguila *Ophisternon infernale*, *Poecilia velifera*; de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, el loro yucateco *Amazona xantholora*, que junto con el manatí *Trichechus manatus* se encuentran amenazados por lo reducido y aislado de sus hábitats, por la contaminación y navegación respectivamente. Zona de reproducción de tortugas caguama *Caretta caretta*, blanca *Chelonia mydas*, laúd *Dermodochelis coriacea* y el merostomado *Limulus polyphemus*. Todas estas especies amenazadas junto con los reptiles boa *Boa constrictor*, huico rayado *Cnemidophorus cozumela*, garrobo *Ctenosaura similis*, iguana verde *Iguana iguana*, casquito *Kinosternon scorpioides*, mojina *Rhinoclemmys areolata*, jicotea *Trachemys scripta*; las aves loro yucateco *Amazona xantholora*, garceta de alas azules *Anas discors*, carao *Aramus guarana*, aguililla cangrejera *Buteogallus anthracinus*, hocofaisán *Crax rubra*, el trepatroncos alileonado *Dendrocincla anabatina*, garzita alazana *Egretta rufescens*, halcón palomero *Falco columbarius*, el gavilán zancudo *Geranoospiza caerulescens*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el bolsero cuculado *I. cucullatus*, zopilote rey *Sarcoramphus papa*, golondrina marina *Sterna antillarum*, *Strix nigrolineata* y los mamíferos mono aullador *Alouatta pigra*, mono araña *Ateles geoffroyi*, grisón *Galictis vittata* y oso hormiguero *Tamandua mexicana*.

En esta RHP, la problemática se debe principalmente por:

- Modificación del entorno: perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
- Contaminación: aguas residuales y desechos sólidos.
- Uso de recursos: pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera tasiste*.

Para la conservación de la RHP No. 105 se necesita restaurar la vegetación, frenar la contaminación de acuíferos y dar tratamiento a las aguas residuales. Se desconoce la influencia de afloramientos de agua en la zona de la laguna de Nichupté. Están considerados Parques Nacionales Punta Cancún, Punta Nizuc y Tulum. El Parque Nacional Tulum está siendo afectado por la construcción urbana, el saqueo de material vegetal, la construcción de un tren turístico, la presencia de



puestos comerciales de artesanías para los turistas y la gran cantidad de basura arrojada a las zonas de manglar y de selva mediana subperennifolia.

En lo que se refiere al proyecto materia del presente manifiesto y su vinculación con la RHP No. 105, dentro del Programa de Manejo Ambiental que se describe en el Capítulo VI y debido a la importancia de la región por la gran cantidad de biodiversidad y priorizando las problemáticas descritas debido a las obras e infraestructura que generan modificaciones al entorno, se incorporó el Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, que tiene como objetivo la protección de las especies mediante un adecuado manejo y reubicación de individuos, que se puedan llegar a ser afectados por la realización del proyecto, así como acciones para la protección de la tortuga Marina, para llevar un control del arribo y anidación de estas especies, acciones que serán integradas al Programa de Tortuga Marina que el Hotel lleva a cabo actualmente.

Aunado a lo anterior y en relación con los residuos que se pueden generar al momento de la realización de las actividades del proyecto y contemplado la importancia de evitar cualquier afectación en el ecosistema marino, el Subprograma de Acciones Independientes, contempla medidas para evitar la contaminación por residuos sólidos, sedimentos o sustancias, así como el control de las estructuras que serán colocadas en el sitio del proyecto.

III.4 TRATADOS Y CONVENCIONES INTERNACIONALES

En el orden jurídico mexicano, la definición de "Tratado" y su regulación se encuentran en la Ley sobre la Celebración de Tratados (LCT)³³, cuyo artículo 2º, fracción I, establece que se entenderá por Tratado: el convenio regido por el derecho internacional público, celebrado por escrito entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y uno o varios sujetos de Derecho Internacional Público, ya sea que para su aplicación requiera o no la celebración de acuerdos en materias específicas, cualquiera que sea su denominación, mediante el cual los Estados Unidos Mexicanos asumen compromisos.

Mientras que el fundamento de los tratados internacionales como fuente del derecho nacional se encuentra en el artículo 133 constitucional, que dispone:

³³ Ley sobre la Celebración de Tratados, México, Diario Oficial de la Federación, 2 de enero de 1992.



"Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los Tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión. Los jueces de cada entidad federativa se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de las entidades federativas."³⁴

Ahora bien, es importante advertir que, a partir de la reforma constitucional del 10 de junio de 2011, los tratados internacionales en materia de derecho ambiental adquieren una jerarquía al mismo nivel que la Constitución federal, pues el nuevo artículo primero³⁵ establece:

"En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece.

Las normas relativas a los derechos humanos se interpretarán de conformidad con esta Constitución y con los tratados internacionales de la materia favoreciendo en todo tiempo a las personas la protección más amplia.

Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley."

Este mandato da lugar a la conformación del bloque de constitucionalidad, lo que significa, en interpretación de la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN), que el ordenamiento jurídico mexicano tiene dos fuentes primigenias: a) los derechos fundamentales reconocidos en la Constitución federal; y, b) todos

³⁴ *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, México, Diario Oficial de la Federación, 5 de febrero de 1917. Últimas reformas 27 de agosto de 2018.

³⁵ *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, México, Diario Oficial de la Federación, 5 de febrero de 1917. Últimas reformas 27 de agosto de 2018.

aquellos derechos humanos establecidos en tratados internacionales de los que el Estado mexicano sea parte. Consecuentemente, las normas provenientes de ambas fuentes constituyen un único conjunto normativo, sin jerarquías. Esto implica que los valores, principios y derechos que ellas materializan deben permear en todo el orden jurídico, obligando a todas las autoridades a su aplicación y, en aquellos casos en que sea procedente, a su interpretación.

De manera que la autoridad ambiental debe considerar en la evaluación del impacto ambiental los tratados internacionales que se vinculen con el proyecto, por lo que a continuación realizamos el detalle de los mismos.

III. 4.1 Convenio sobre la Diversidad Biológica

La conservación de la diversidad biológica es interés común de toda la humanidad, por lo que el 5 de junio de 1992, en la Cumbre de la Tierra auspiciada por Naciones Unidas, celebrada en Río de Janeiro, fue adoptado el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), como un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: a) la conservación de la diversidad biológica, b) la utilización sostenible de sus componentes y, c) la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible.

De conformidad con el artículo 2 del CDB, se entiende por:

- **Diversidad biológica:** la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
- **Ecosistema:** se entiende un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.
- **Recursos biológicos:** recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro tipo del componente biótico de los ecosistemas de valor o utilidad real o potencial para la humanidad.
- **Utilización sostenible:** la utilización de componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione la

disminución a largo plazo de la diversidad biológica, con lo cual se mantienen las posibilidades de ésta de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras.

Este convenio es de gran relevancia para México, ya que es considerado un país “megadiverso”, ya que forma parte del selecto grupo de naciones poseedoras de la mayor cantidad y diversidad de especies de animales y plantas, casi el 70% de la diversidad mundial de especies. Nuestro país se ubica entre los primeros 12 países poseedoras de una gran biodiversidad, entre los que se encuentran: Colombia, Ecuador, Perú, México, Brasil, Congo, Madagascar, China, India, Malasia, Indonesia y Australia.

Dado que México ha firmado y ratificado el CDB está obligado con sus mandatos, por ello, procedemos a realizar en la tabla siguiente la vinculación del proyecto con las disposiciones correspondientes.

Tabla 28. Vinculación jurídica de la Convención sobre Diversidad Biológica con el proyecto.

VINCULACIÓN JURÍDICA DE LA CONVENCIÓN SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA CON EL PROYECTO	
Disposición legal	Vinculación con el Proyecto
Artículo 6. Medidas generales a los efectos de la conservación y la utilización sostenible. a) Elaborar estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica; b) Integrar, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales.	Mediante el Programa de Manejo ambiental y su Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina, se establece el compromiso pleno del proyecto para conservar y evitar cualquier alteración al ecosistema marino.
Artículo 14. Evaluación del impacto y reducción al mínimo del impacto adverso	Para la elaboración del presente manifiesto se realizaron, diversos estudios técnicos, los cuales tuvieron como finalidad identificar cualquier



VINCULACIÓN JURÍDICA DE LA CONVENCIÓN SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA CON EL PROYECTO	
Disposición legal	Vinculación con el Proyecto
<p>a) Establecer procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de los proyectos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos.</p> <p>b) Establecer arreglos apropiados para asegurarse de que se tengan debidamente en cuenta las consecuencias ambientales de sus programas y políticas que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica.</p>	<p>alteración de la flora y fauna por la realización del proyecto, derivando en medidas de prevención, mitigación y compensación, establecidas en el Programa de Manejo Ambiental. Con lo anterior se da cumplimiento cabal al presente numeral.</p>

III.4.2 Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas

Este instrumento internacional vinculante para el Estado mexicano, conocido también como Convención RAMSAR, fue adoptado en Irán el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975. México se adhirió a ella en 1986. Este tratado internacional pretende dirigir a los países signantes hacia la conservación y uso racional de los humedales, reconociendo la importancia y el valor de dichos ecosistemas en términos de biodiversidad y servicios ambientales, entre otros.

Actualmente México cuenta con 142 sitios RAMSAR con una superficie de 8,657,057 hectáreas. Dentro de la región administrativa ubicada en el estado de Quintana Roo, se encuentran 13 sitios RAMSAR:

- Laguna de Chichankanab, sitio RAMSAR No. 1364, cuenta con una superficie de 1,999 ha, fue designada el 2 de febrero de 2004. Conformada por cuerpos de agua dulce y manglar, además se encuentran, solo en esta



ubicación, cinco peces endémicos y amenazados, comúnmente conocidos como "cachorritos", *Cyprinodon beltrani*, *C. labiosus*, *C. maya*, *C. simus* y *C. Verecundus*³⁶.

- Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, sitio RAMSAR No. 1360, cuenta con una superficie de 154,052 ha, fue designada el 2 de febrero de 2004. Es considerado como un santuario de vida silvestre, la vegetación destacable es el manglar y los petenes.³⁷
- Área de Protección de Flora y Fauna Otoch Ma'ax Yetel Kooh, sitio RAMSAR No. 1763, cuenta con una superficie de 5,367 ha, fue designada el 2 de febrero de 2008. Este sitio se encuentra localizado dentro del estado de Yucatán, pero la región administrativa es Quintana Roo. Conformada por un complejo de lagunas, depresiones amplias y cenotes, es conocido como uno de los principales 5 lugares para la conservación de los primates de la Península de Yucatán.³⁸
- Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, sitio RAMSAR No. 1353, cuenta con una superficie de 144,360 ha, fue designada el 2 de febrero de 2004. Tiene cuatro tipos de hábitats: arrecifes de coral, praderas de fanerógamas marinas, zonas arenosas y manglares, al menos 15 especies de flora y fauna amenazadas están presentes en esta zona, a pesar de su pequeño tamaño. Dos especies de gran importancia económica también están presentes en la laguna: la langosta (*Panulirus argus*) y la Caracola Reina (*Lobatus gigas*).³⁹
- Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, sitio RAMSAR No. 1320, cuenta con una superficie de 17,949 ha, fue designado el 27 de noviembre de 2003. Comprende los arrecifes de coral, lagunas costeras, playas, manglares y acuíferos kárstico, en relación a las especies que habitan en la zona, se encuentran especies amenazadas y en peligro de extinción. Este sitio es de gran importancia para la anidación de aves marinas y para el desove de peces.⁴⁰
- Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, sitio RAMSAR No. 1329, cuenta con una superficie de 652,193 ha, fue designada el 27 de noviembre de 2003. Es un área de protección de vida silvestre, el sitio se encuentra en una gran llanura cárstica a lo largo de un arrecife de barrera de 120 km de largo, dos bahías grandes y poco profundas rodeadas de manglares, así como numerosos sumideros o cenotes. En el habitan un gran número de especies de flora y

³⁶ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1364>

³⁷ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1360>

³⁸ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1763>

³⁹ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1353>

⁴⁰ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1320>

fauna, incluyendo 320 especies de aves, 5 felinos neotropicales y especies en peligro de extinción.⁴¹

- Parque Nacional de Arrecifes de Cozumel, sitio RAMSAR No. 1449, cuenta con una superficie de 11,987 ha, fue designado el 2 de febrero de 2005. El sitio cubre la zona sur de arrecifes de la costa de la isla de Cozumel, es el hábitat de numerosas especies en peligro de extinción, como la tortuga boba (*Caretta caretta*), hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) y las tortugas verdes (*Chelonia mydas*), el pez ballesta de la reina (*Balistes vetula*) y el endémico Toadfish espléndido (*Sanopus Splendidus*).⁴²
- Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel, sitio RAMSAR No. 1921, cuenta con una superficie de 32,786 ha, fue designado el 2 de febrero de 2009. En el sitio se encuentran especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, como *Caretta caretta*, *Ctenosaura similis*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*, entre otras más especies.⁴³
- Santuario Nacional Playa tortuguera X'cachel- X'cachelito, sitio RAMSAR No. 1351, cuenta con una superficie de 362 ha, fue designada el 2 de febrero de 2004. Cuenta con el índice de cría más alto en el estado de Quintana Roo y en México para la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga boba (*Caretta caretta*), en relación a su vegetación se encuentran especies como la Palma de paja de Florida (*Thrina radiata*) y manglares (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*).⁴⁴
- Parque Nacional arrecife Puerto Morelos, sitio RAMSAR No. 1343, cuenta con una superficie de 9,066 ha, fue designado el 2 de febrero de 2004. El sitio forma parte del Gran Arrecife Mesoamericano, el segundo arrecife de coral más grande del mundo. Dentro del parque hay presencia de manglares y playas de cría de tortuga.⁴⁵
- Manglares de Nichupté, sitio RAMSAR No. 1777, cuenta con una superficie de 4,257 ha, fue designado el 2 de febrero de 2008. En el sitio se encuentran mangle (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*), en relación a la fauna, hay especies en protección

⁴¹ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1329>

⁴² Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1449>

⁴³ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1921>

⁴⁴ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1351>

⁴⁵ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1343>

especial como el *Crocodylus moreletii* y *Rana berlandieri*, *Ctenosaura similis* (amenazado) y *Chelonia mydas* (en extinción).⁴⁶

- Parque Nacional Isla Contoy, sitio RAMSAR No. 1323, cuenta con una superficie de 5,126 ha, fue designado el 27 de noviembre de 2003. Es el principal sitio de anidación de aves en el Caribe mexicano. Las especies que anidan en la isla son principalmente tortuga verde, caguama, carey y baula en peligro de extinción.⁴⁷
- Reserva Estatal Bala'an K'aax, sitio RAMSAR No. 1332, cuenta con una superficie de 131,610 ha, fue designada el 2 de febrero de 2004. En el sitio habitan aproximadamente 601 especies de vertebrados, de los cuales 27% son amenazados, bajo protección especial o en peligro de extinción, además de ser de gran importancia para el suministro de agua en la región y para los humedales costeros.⁴⁸

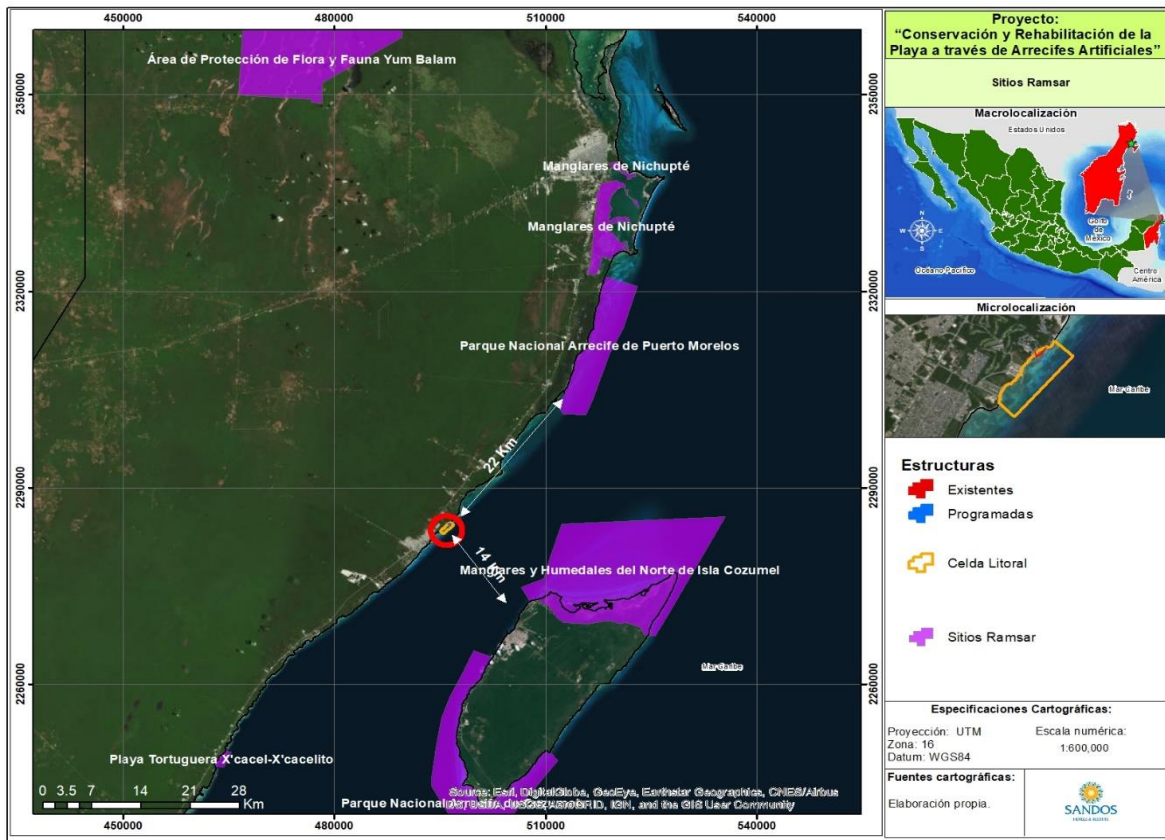


Figura 13. Ubicación del proyecto respecto a los sitios RAMSAR más cercanos.

⁴⁶ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1777>

⁴⁷ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1323>

⁴⁸ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Disponible en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1332>

Derivado de lo anterior, el proyecto, no se encuentra dentro de ninguno de los sitios catalogados como sitios Ramsar, dentro de la Región Administrativa del estado de Quintana Roo.

III. 4.3 Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas

La Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIPCTM) tiene por objeto dentro de su artículo primero, el promover la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y el hábitat del cual dependen, basándose en los datos científicos más fidedignos disponibles y considerando las características ambientales, socioeconómicas y culturales de las Partes.

La CIPCTM entró en vigor en mayo de 2001 y cuenta en febrero de 2010 con trece Partes contratantes (Belice, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, México, Países Bajos, Panamá, Perú, Uruguay y Venezuela). En la tabla mostrada a continuación se detalla la vinculación del proyecto con sus disposiciones.

Tabla 29. Vinculación jurídica de la Convención Interamericana Para La Protección Y Conservación De Las Tortugas Marinas con el proyecto

VINCULACIÓN JURÍDICA DE LA CONVENCIÓN INTERAMERICANA PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS TORTUGAS MARINAS CON EL PROYECTO	
Disposición legal	Vinculación jurídica
Artículo IV MEDIDAS	
2. Tales medidas comprenderán:	
a. La prohibición de la captura, retención o muerte intencionales de las tortugas marinas, así como del comercio doméstico de las mismas, de sus huevos, partes o productos.	El proyecto tiene presente el compromiso de proteger a las tortugas marinas que puedan encontrarse en el sitio, a través del Programa de Manejo Ambiental en el que se incluyen acciones para la protección de los quelonios, las cuales serán integradas al Programa de Tortuga Marina que el hotel realiza actualmente por lo que no se verán afectadas por la realización y operación del proyecto.



VINCULACIÓN JURÍDICA DE LA CONVENCIÓN INTERAMERICANA PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS TORTUGAS MARINAS CON EL PROYECTO	
Disposición legal	Vinculación jurídica
b. El cumplimiento de las obligaciones establecidas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) en lo relativo a tortugas marinas, sus huevos, partes o productos.	El proyecto tiene presente el compromiso de proteger a las tortugas marinas que puedan encontrarse en el sitio, a través del Programa de Manejo Ambiental en el que se incluyen acciones para la protección de los quelonios, las cuales serán integradas al Programa de Tortuga Marina que el hotel realiza actualmente por lo que no se verán afectadas por la realización y operación del proyecto.
c. En la medida de lo posible, la restricción de las actividades humanas que puedan afectar gravemente a las tortugas marinas, sobre todo durante los períodos de reproducción, incubación y migración.	El proyecto tiene presente el compromiso de proteger a las tortugas marinas que puedan encontrarse en el sitio, a través del Programa de Manejo Ambiental en el que se incluyen acciones para la protección de los quelonios, las cuales serán integradas al Programa de Tortuga Marina que el hotel realiza actualmente por lo que no se verán afectadas por la realización y operación del proyecto.
d. La protección, conservación y, según proceda, la restauración del hábitat y de los lugares de desove de las tortugas marinas, así como el establecimiento de las limitaciones que sean necesarias en cuanto a la utilización de esas zonas mediante, entre otras cosas, la designación de áreas protegidas, tal como está previsto en el Anexo II.	El proyecto tiene como objetivo proteger y rehabilitar la playa y considera a su vez, restricciones para facilitar el desove de las tortugas marinas, con lo cual se cumple lo establecido en el presente inciso.
e. El fomento de la investigación científica relacionada con las tortugas marinas, con sus hábitats y con otros	No aplica al proyecto. El proyecto tiene presente el compromiso de proteger a las tortugas marinas que puedan

VINCULACIÓN JURÍDICA DE LA CONVENCIÓN INTERAMERICANA PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS TORTUGAS MARINAS CON EL PROYECTO	
Disposición legal	Vinculación jurídica
aspectos pertinentes, que genere información fidedigna y útil para la adopción de las medidas referidas en este Artículo	encontrarse en el sitio, a través del Programa de Manejo Ambiental en el que se incluyen acciones para la protección de los quelonios, las cuales serán integradas al Programa de Tortuga Marina que el hotel realiza actualmente por lo que no se verán afectadas por la realización y operación del proyecto.
g. La promoción de la educación ambiental y la difusión de información, con miras a estimular la participación de las instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y del público en general en cada Estado, en particular de las comunidades involucradas en la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y de sus hábitats.	El proyecto tiene presente el compromiso de proteger a las tortugas marinas que puedan encontrarse en el sitio, es así que a través del Programa de Manejo Ambiental en el que se incluyen acciones para la protección de los quelonios, las cuales serán integradas al Programa de Tortuga Marina que el hotel implementa, en caso de que no estén consideradas, tal es el caso de la educación respecto al cuidado y protección de la tortuga marina, no se verán afectadas por la realización y operación del proyecto.

III.4.4 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

El cambio climático, entendido como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables, constituye una amenaza para los ecosistemas y el desarrollo de las actividades económicas, como el turismo.⁴⁹

⁴⁹ Peña Jiménez, Arturo y Neyra González, Lucila, Amenazas a la biodiversidad. En CONABIO. *La diversidad biológica de México. Estudio de País*, México, Comisión Nacional para la Conservación y el Uso de la Biodiversidad, 1998.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) determinó que la vulnerabilidad es una función de la exposición del sistema, que depende también de la sensibilidad y de la capacidad adaptativa del sistema, según la fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad} = f (\text{Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptativa}).^{50}$$

En consecuencia, la vulnerabilidad del turismo se determina a partir de la exposición del sector a ciertas condiciones climáticas (temperaturas extremas, sequía, fenómenos hidrometeorológicos, etc.); así como del análisis sobre los límites de tolerancia del sector los cuales pueden verse ampliarse o disminuirse en función de las capacidades de adaptación desarrolladas.

En referencia al turismo costero, los países que recibirán mayor impacto serán los que poseen una relativamente alta contribución de las actividades del sector al PIB, que a su vez están amenazados por tormentas de viento e incrementos del nivel del mar como es el caso de México.⁵¹

En cuanto a la capacidad de adaptación al cambio climático, es importante advertir que ésta puede variar en los diversos componentes del sector turístico (prestadores de servicios, proveedores de servicios turísticos, comunidades receptoras y turistas). Ello obedece a que la capacidad adaptativa, en general, depende de tres elementos clave: recursos económicos, acceso a la información y tiempo.⁵²

Por tanto, resulta indispensable la comprensión sobre la necesidad de reconducir al sector turístico en la identificación de su vulnerabilidad, a efecto de involucrarle en procesos de adaptación climática apuntalados en instrumentos de carácter preventivo, considerados clave para la gestión integral de riesgos, lo cual es un imperativo para lograr el desarrollo sustentable local en un marco de corresponsabilidad que considere la participación tanto de los prestadores de servicios turísticos, como de la población receptora y las autoridades municipales.

⁵⁰ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Cambio climático 2007. Informe de Síntesis*. En Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (Dirs.). Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, Organización Meteorológica Mundial-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2007.

⁵¹ Nagy, J. G., et al., Adaptive Capacity for Responding to Climate Variability and Change in *Estuarine Fisheries of the Rio de la Plata*, Working Paper No. 36, Washington, D. C., Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change, 2006.

⁵² Gössling, S. y Hall, C. M., An introduction to tourism and global environmental change. En Gössling, S. y Hall, C. M. (Eds.). *Tourism and global environmental change. Ecological, social and political interrelationships*, London, Routledge, 2006.



Bajo este contexto, en el marco de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, se adoptó en la Conferencia de Río de 1992, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo artículo segundo, establece como uno de los compromisos de las Partes firmantes, es cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático; desarrollar y elaborar planes apropiados e integrados para la ordenación de las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura, y para la protección y rehabilitación de las zonas afectadas por la sequía y la desertificación, así como por las inundaciones.

De acuerdo con estudios recientes, muchos gobiernos y empresas de turismo se enfocan en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en concordancia con las reducciones requeridas en otros sectores. No obstante, la transformación hacia un sector turístico bajo en carbono requiere inversiones en tecnología, un enfoque empresarial direccionado a la reducción de GEI, así como cambios conductuales por parte de los turistas.⁵³

En la siguiente tabla se realiza la vinculación jurídica con las disposiciones aplicables de la CMNUCC y el proyecto objeto del presente manifiesto.

Tabla 30. Vinculación jurídica de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático con el proyecto

VINCULACIÓN JURÍDICA DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO CON EL PROYECTO	
Disposición legal	Vinculación jurídica
Artículo 1. Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán:	
e) Cooperar en los preparativos para la adaptación a los impactos del cambio climático; desarrollar y elaborar planes apropiados e integrados para la ordenación de las zonas costeras, los recursos hídricos y la agricultura, y para la protección y rehabilitación de las zonas, particularmente de África,	El proyecto tiene como finalidad evitar la erosión costera causante del movimiento del mar y de los fenómenos meteorológicos, que han aumentado su intensidad y frecuencia a causa del cambio climático.

⁵³ Organization for Economic Co-operation and Development-United Nations Environment Programme, *Climate Change and Tourism Policy in OECD Countries, 2013*. Disponible en: <http://www.oecd.org/cfe/tourism/48681944.pdf>.



VINCULACIÓN JURÍDICA DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO CON EL PROYECTO	
Disposición legal	Vinculación jurídica
afectadas por la sequía y la desertificación, así como por las inundaciones.	
f) Tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados, por ejemplo evaluaciones del impacto, formulados y determinados a nivel nacional, con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él.	Por parte de la LGCC, considera la rehabilitación de playas como una medida de adaptación, finalidad principal del proyecto materia del presente manifiesto.

III.5 Conclusiones

Derivado de los análisis y observaciones realizadas a la costa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, se identificó la erosión de la línea costera, como consecuencia natural y antrópica, una de estas causas, son la presencia de bolsacretos en el sitio del proyecto, mismos que no protegen la playa y no permiten el transporte de sedimentos, por lo que es necesario la colocación de los AA, con la finalidad de evitar la erosión costera, así como la preservación de la riqueza natural del lugar, manteniendo el interés del turismo nacional y extranjero, por la región, así como la protección de las especies que se encuentran.

Aunado a lo anterior el proyecto, se ubica en una de las regiones de mayor relevancia tanto para el sector turístico nacional, como para la preservación de los elementos naturales, por su vulnerabilidad.

Dentro del marco normativo se distingue la importancia de la protección de los recursos naturales, así como un desarrollo sostenible, que permita al país ser



competitivo y reconocido por su turismo. De igual forma la normativa determina el interés de evitar afectaciones de los recursos naturales en la realización de proyectos o bien establecer medidas de mitigación o compensación, así como la importancia de preservar especies en estado crítico, mismas que deberán ser atendidas y protegidas con medidas específicas.

En relación a los efectos del cambio climático, se distingue en el cuerpo normativo, la necesidad de reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas, así como de realizar medidas de adaptación, para contrarrestar los impactos negativos sobre el ambiente.

A nivel estatal, el estado de Quintana Roo, cuenta con instrumentos normativos que buscan un desarrollo sostenible, mediante al aprovechamiento mesurado de los recursos y previendo metas a futuro, relacionadas con contrarrestar los efectos del cambio climático. Asimismo, el reconocimiento de la gran variedad de especies de flora y fauna que habitan en el territorio del estado y su gran relevancia a nivel nacional e internacional, basados en el compromiso de su protección.

Conforme a lo anterior, el presente capítulo identifica de manera precisa los preceptos normativos que le son aplicable a la realización y operación del proyecto, con la intención de evitar que se generen afectaciones que pudieran causar desequilibrio ecológico. Existiendo una compatibilidad de los instrumentos citado con las actividades para la operación y desarrollo del proyecto, regidas por un Programa de Manejo Ambiental, enfocado en la protección del ecosistema marino.

INDICE

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN. INVENTARIO AMBIENTAL	8
IV.1 Delimitación del área de estudio	8
IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental.....	11
IV.2.1 Aspectos abióticos.....	15
IV.2.1.1 Clima	15
IV.2.1.1.1 Fenómenos meteorológicos	22
IV.2.1.2 Riesgos Naturales.....	30
IV.2.1.2.1 Susceptibilidad de la zona a sismicidad	30
IV.2.1.2.2 Susceptibilidad de la zona por tsunami	33
IV.2.1.2.3 Amenaza por inundaciones	34
IV.2.1.3 Geología.....	35
IV.2.1.4 Geomorfología	36
IV.2.1.5 Relieve marino	39
IV.2.1.5.1 Fallas y fracturamientos.....	41
IV.2.1.6 Hidrología.....	42
IV.2.1.6.1 Hidrología superficial.....	43
IV.2.1.6.2 Hidrología subterránea.....	44
IV.2.1.6.3 Hidrología marina	46
IV.2.1.6.3.1 Batimetría.....	47
IV.2.1.6.3.2 Viento	51
IV.2.1.6.3.3 Oleaje.....	52

IV.2.1.6.3.4 Corrientes.....	56
IV.2.1.6.3.5 Mareas	66
IV.2.1.6.3.6 Sedimentos	69
IV.2.1.7 Riesgo por erosión	73
IV.2.2 Aspectos bióticos	77
IV.2.2.1 Introducción	77
IV.2.2.2 Objetivos	80
IV.2.2.3 Metodología	80
IV.2.2.3.1 Área de Estudio	80
IV.2.2.3.2 Tipos de ambientes en el Área de Estudio	81
IV.2.2.3.3 Muestreo	83
IV.2.2.3.3.1 Muestreo de tipos de ambientes.....	83
IV.2.2.3.3.2 Muestreo de la biota marina en el Sistema Ambiental Regional	86
IV.2.2.3.3.3 Muestreo en estructuras de protección costera existentes.....	92
IV.2.2.3.3.4 Muestreo en áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera	96
IV.2.2.3.4 Análisis de datos	99
IV.2.2.3.4.1 Abundancia	100
IV.2.2.3.4.2 Diversidad	101
IV.2.2.3.4.3 Formas de crecimiento.....	102
IV.2.2.3.4.4 Estructura de tallas	102
IV.2.2.3.4.5 Condiciones del organismo.....	103
IV.2.2.3.4.6 Grupos funcionales	104
IV.2.2.4 Resultados.....	105

IV.2.2.4.1 Descripción general del Área de Estudio	105
IV.2.2.4.2 Tipos de ambientes en el Área de Estudio	105
IV.2.2.4.2.1 Laja rugosa con algas (L-rug/a)	108
IV.2.2.4.2.2 Laja con sedimentos y algas (L-sed/a)	110
IV.2.2.4.2.3 Laja lisa con algas (L-lis/a)	112
IV.2.2.4.2.4 Laja con gorgonáceos (L-gor)	114
IV.2.2.4.2.5 Pastizal (Past)	116
IV.2.2.4.2.6 Arenal somero (Ar-som)	118
IV.2.2.4.2.7 Arenal profundo (Ar-pro)	120
IV.2.2.4.3 Caracterización biológica en el Sistema Ambiental Regional	122
IV.2.2.4.3.1 Escleractinios (corales duros)	122
IV.2.2.4.3.1.1 Distribución y composición de especies	122
IV.2.2.4.3.1.2 Abundancia y riqueza específica	124
IV.2.2.4.3.1.3 Diversidad y equitabilidad	125
IV.2.2.4.3.1.4 Estructura de tallas	127
IV.2.2.4.3.1.5 Formas de crecimiento	129
IV.2.2.4.3.1.6 Condición del organismo	131
IV.2.2.4.3.1.7 Comparación en las dos épocas del año	133
IV.2.2.4.3.2 Gorgonáceos (corales blandos)	134
IV.2.2.4.3.2.1 Distribución y composición de especies	134
IV.2.2.4.3.2.2 Abundancia y riqueza específica	136
IV.2.2.4.3.2.3 Diversidad y equitabilidad	137
IV.2.2.4.3.2.4 Estructura de tallas	139
IV.2.2.4.3.2.5 Condiciones del organismo	141

IV.2.2.4.3.2.6 Comparación en las dos épocas del año	143
IV.2.2.4.3.3 Ictiofauna (peces arrecifales)	144
IV.2.2.4.3.3.1 Distribución y composición de especies.....	144
IV.2.2.4.3.3.2 Abundancia y riqueza específica	147
IV.2.2.4.3.3.3 Diversidad y equitabilidad	149
IV.2.2.4.3.3.4 Estructura de tallas	151
IV.2.2.4.3.3.5 Grupos funcionales	153
IV.2.2.4.3.3.6 Comparación en las dos épocas del año	155
IV.2.2.4.3.4 Vegetación marina (macroalgas y pastos marinos)	156
IV.2.2.4.3.4.1 Distribución y composición de especies.....	156
IV.2.2.4.3.4.2 Abundancia y riqueza específica	159
IV.2.2.4.3.4.3 Diversidad y equitabilidad	160
IV.2.2.4.3.4.4 Grupos funcionales	162
IV.2.2.4.3.4.5 Comparación en las dos épocas del año	164
IV.2.2.4.3.5 Invertebrados.....	165
IV.2.2.4.3.5.1 Distribución y composición de especies.....	165
IV.2.2.4.3.5.1 Abundancia y riqueza específica	168
IV.2.2.4.3.5.2 Comparación en las dos épocas del año	169
IV.2.2.4.4 Caracterización biológica de las estructuras de protección costera existentes (bolsacretos).....	170
IV.2.2.4.4.1 Escleractinios (corales duros).....	185
IV.2.2.4.4.1.1 Distribución y composición de especies.....	185
IV.2.2.4.4.1.2 Abundancia y riqueza específica	187
IV.2.2.4.4.1.3 Diversidad y equitabilidad	189

IV.2.2.4.4.1.4 Estructura de tallas	191
IV.2.2.4.4.1.5 Formas de crecimiento.....	193
IV.2.2.4.4.1.6 Comparación en las dos épocas del año	195
IV.2.2.4.4.2 Gorgonáceos (corales blandos).....	196
IV.2.2.4.4.3 Ictiofauna (peces arrecifales)	196
IV.2.2.4.4.3.1 Distribución y composición de especies.....	196
IV.2.2.4.4.3.2 Abundancia y riqueza específica	199
IV.2.2.4.4.3.3 Diversidad y equitabilidad	201
IV.2.2.4.4.3.4 Estructura de tallas	203
IV.2.2.4.4.3.5 Grupos funcionales	205
IV.2.2.4.4.3.6 Comparación en las dos épocas del año	207
IV.2.2.4.4.4 Vegetación marina (macroalgas y pastos marinos)	208
IV.2.2.4.4.4.1 Distribución y composición de especies.....	208
IV.2.2.4.4.4.2 Abundancia y riqueza específica	210
IV.2.2.4.4.4.3 Diversidad y equitabilidad	212
IV.2.2.4.4.4.4 Grupos funcionales	214
IV.2.2.4.4.4.5 Comparación en las dos épocas del año	216
IV.2.2.4.4.5 Invertebrados.....	217
IV.2.2.4.4.5.1 Distribución y composición de especies.....	217
IV.2.2.4.4.5.2 Abundancia y riqueza específica	219
IV.2.2.4.4.5.3 Comparación en las dos épocas del año	221
IV.2.2.4.5 Caracterización biológica en las áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera.....	222
IV.2.2.4.5.1 Escleractinios (corales duros).....	229

IV.2.2.4.5.1.1 Distribución y composición de especies.....	229
IV.2.2.4.5.1.2 Abundancia y riqueza específica	232
IV.2.2.4.5.1.3 Diversidad y equitabilidad	233
IV.2.2.4.5.1.4 Estructura de tallas	235
IV.2.2.4.5.1.5 Formas de crecimiento.....	237
IV.2.2.4.5.1.6 Comparación en las dos épocas del año	239
IV.2.2.4.5.2 Gorgonáceos (corales blandos)	240
2.2.4.5.2.1 Distribución y composición de especies	240
IV.2.2.4.5.2.2 Abundancia y riqueza específica	241
IV.2.2.4.5.2.3 Diversidad y equitabilidad	243
IV.2.2.4.5.2.4 Estructura de tallas	245
IV.2.2.4.5.2.5 Condiciones del organismo.....	247
IV.2.2.4.5.2.6 Comparación en las dos épocas del año	249
IV.2.2.4.5.3 Ictiofauna (peces arrecifales)	249
IV.2.2.4.5.3.1 Distribución y composición de especies.....	249
IV.2.2.4.5.3.2 Abundancia y riqueza específica	253
IV.2.2.4.5.3.3 Diversidad y equitabilidad	254
IV.2.2.4.5.3.4 Estructura de tallas	256
IV.2.2.4.5.3.5 Grupos funcionales	258
IV.2.2.4.5.3.6 Comparación en las dos épocas del año	260
IV.2.2.4.5.4 Vegetación marina (macroalgas y pastos marinos)	261
IV.2.2.4.5.4.1 Distribución y composición de especies.....	261
IV.2.2.4.5.4.2 Abundancia y riqueza específica	263
IV.2.2.4.5.4.3 Diversidad y equitabilidad	265

IV.2.2.4.5.4.4 Grupos funcionales	267
IV.2.2.4.5.4.5 Comparación en las dos épocas del año	269
IV.2.2.4.5.5 Invertebrados	270
IV.2.2.4.5.5.1 Distribución y composición de especies.....	270
IV.2.2.4.5.5.1 Abundancia y riqueza específica	272
IV.2.2.4.5.5.2 Comparación en las dos épocas del año	274
IV.2.2.5 Especies de interés particular	274
IV.2.2.6 Discusión	275
IV.2.2.7 Conclusión.....	280
IV.2.3 Caracterización biológica adyacente al Área de Estudio.....	282
IV.2.4 Paisaje	290
IV.2.5 Medio socioeconómico	293
IV.2.5.1 Demografía	293
IV.2.5.2 Factores socioculturales	301
IV.2.6 Diagnóstico ambiental	301
IV.2.6.1 Integración e interpretación del inventario ambiental	302
IV.3 Referencias.....	314

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN. INVENTARIO AMBIENTAL

IV.1 Delimitación del área de estudio

El proyecto denominado "**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**", es una obra nueva de protección costera que se pretende ubicar en la zona marina colindante al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, el cual se localiza en la Carretera Cancún-Chetumal, C.P. 77710, en la localidad de Playa del Carmen, municipio de Solidaridad al noroeste del estado de Quintana Roo, en el corredor turístico Cancún-Tulum, mejor conocido como La Riviera Maya. El Proyecto se localiza a 51 km de Cancún, a orillas de la ciudad de Playa del Carmen y a 1.3 km de la carretera Cancún-Tulum (Carretera Federal 307).

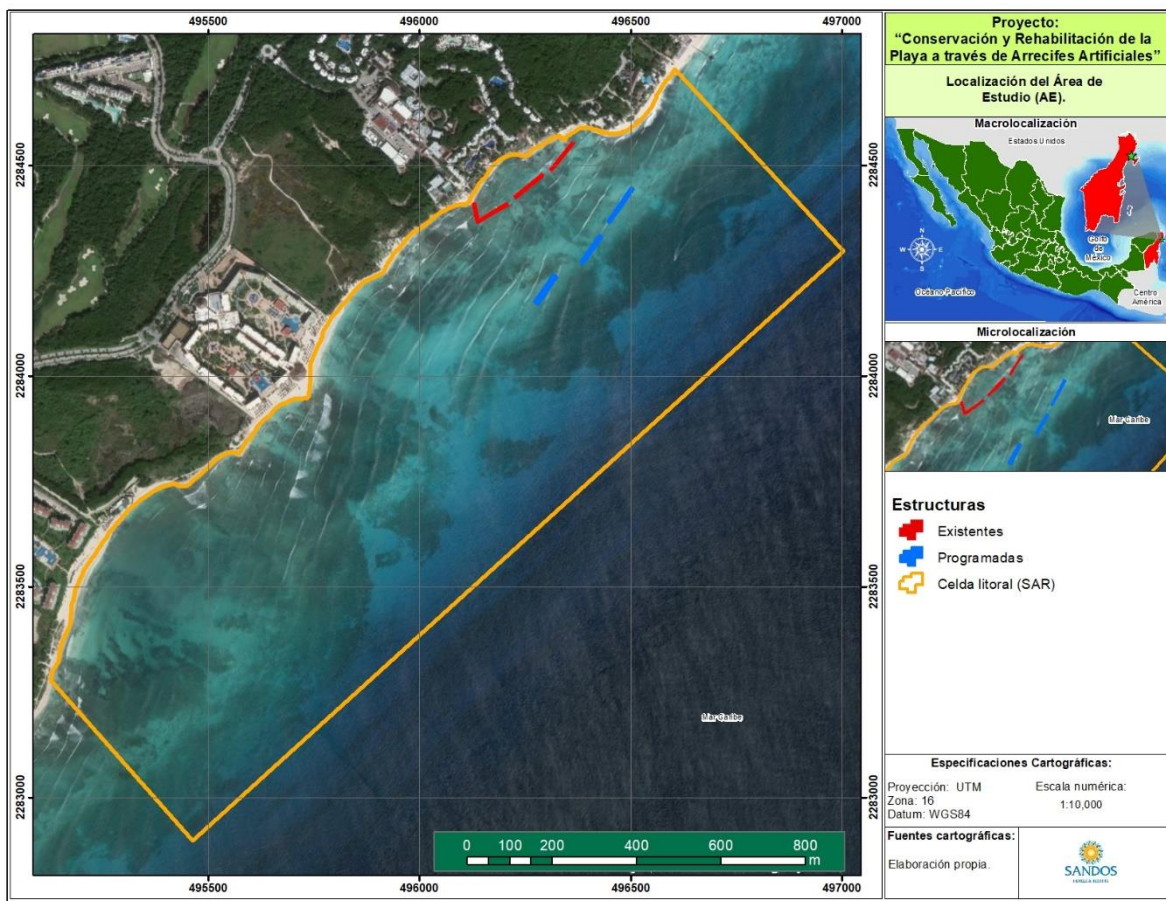


Figura 1. Localización del proyecto.



Como se describió detalladamente en el **Capítulo II** de la presente Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (**MIA-R**), el presente proyecto tiene dos elementos principalmente, el primero que consiste en la construcción de **tres estructuras de protección o arrecifes artificiales** (Anexo II.1) frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort. Con estas estructuras se pretende proteger a la playa por su función como disipador de la energía del oleaje al incidir sobre la misma (Anexo II).

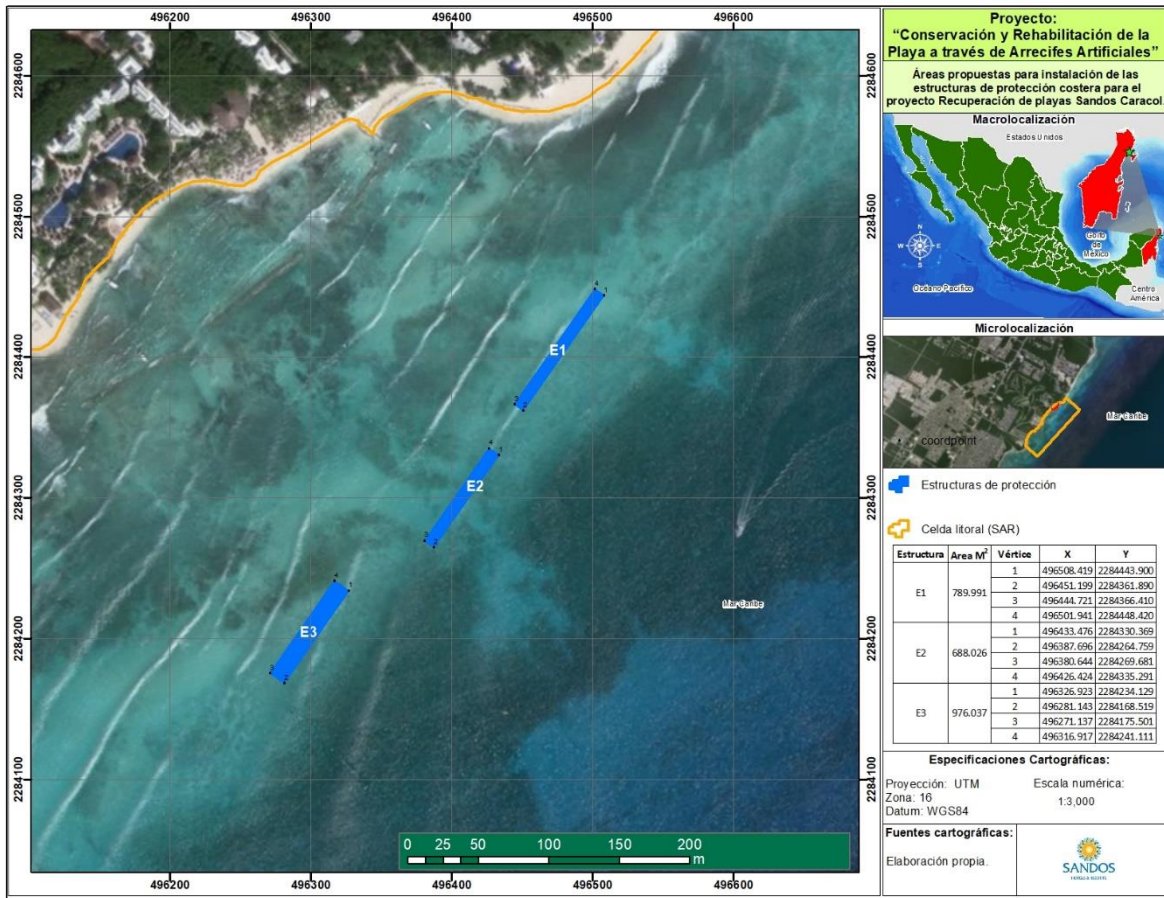


Figura 2. Ubicación de las estructuras de protección costera propuestas frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

El segundo se refiere al **retiro de estructuras de protección costera** (bolsacretos) **existentes** en la zona marina frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

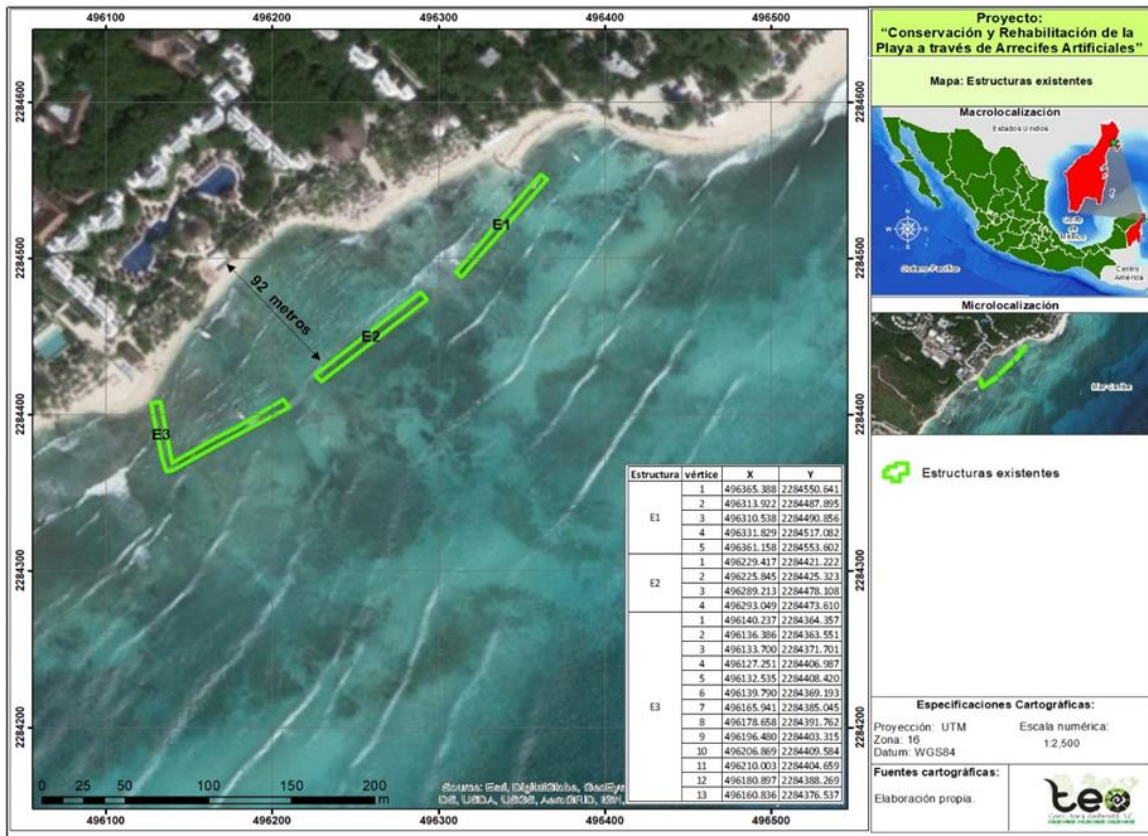


Figura 3. Ubicación de las estructuras de protección costera existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort.





Figura 4. Vista aérea de las estructuras de protección costera existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

La delimitación y caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) es esencial en la elaboración de una Manifestación de Impacto Ambiental, ya que uno de sus principales propósitos es contar con una unidad de referencia espacial para evaluar de manera objetiva los impactos ambientales del proyecto que se pretende llevar a cabo.

De tal forma que, la **delimitación del Sistema Ambiental Regional**, se desarrolló **bajo el criterio de celda litoral**. Las celdas litorales son definidas como unidades básicas en las que se divide el litoral (Anfuso 2004, Guido *et al.* 2009), y en términos sedimentarios la celda litoral es autónoma de celdas contiguas, es decir, que posee fuentes y sumideros de sedimento (Silva *et al.* 2014).

Las celdas litorales se originan por la interacción entre el oleaje incidente y las estructuras naturales (e.g., puntas, cañones submarinos, bahías, estuarios, cabos o puntas, desembocaduras de ríos) o antrópicas (e.g., muelles, espigones). Existen celdas litorales de dos tipos, las que ocurren en: 1) costas irregulares y 2) costas abiertas. Las **celdas litorales** que ocurren en **costas irregulares**, están definidas por límites de tipo fijo como estructuras naturales o antrópicas; también son conocidas por celdas morfológicas. Mientras que las **celdas litorales** que ocurren en **costas abiertas**, están definidas por procesos de refracción del oleaje, o generación de ondas de bordes, entre otros, cuya existencia está condicionada por la morfología de la playa submarina; los límites de este tipo de celdas son de tipo libre, es decir, varían su posición en función de las características del oleaje incidente (Anfuso 2004, Silva *et al.* 2017).

Los sedimentos se mueven dentro de cada celda o pasan de una celda a otra, en función de la dirección de aproximación del oleaje y de las características de los límites entre ellas (Anfuso 2004). Los sedimentos (como indicador se tiene al tipo de material que conforma la costa) que se mueven dentro de cada celda litoral, forman zonas homogéneas de circulación de los mismos, conocidas con el nombre de compartimientos. De tal forma que una celda litoral puede estar dividida por varios compartimientos (Silva *et al.* 2017).

Asimismo, de acuerdo con Silva *et al.* (2017), a lo largo de la línea de costa (longitudinal), se pueden diferenciar las siguientes celdas litorales sujetas a una jerarquía de escalas espaciales o temporales:

- Micro celdas que van de 0 a 1 km (escala espacial) o de 0 a 1 año (escala temporal), con cambios oscilantes a baja escala.
- Meso celdas de 1 a 10 km (escala espacial) o de 1 a 10 años (escala temporal) con cambios periódicos a meso escala determinados por el comportamiento de la configuración morfológica o por un nuevo equilibrio en la línea costera.
- Celdas litorales en escala espacial de 10 a 100 km o 10 a 100 años en escala temporal, con cambios lentos de gran escala ocasionados por fenómenos naturales. Asimismo, pueden ocurrir cambios a gran escala por la presencia de estructuras artificiales que propician un nuevo equilibrio.

Finalmente, gracias a la delimitación de una celda litoral, es posible estudiar los procesos del transporte de sedimentos en forma aislada (Guido *et al.* 2009).

En vista de que el área del proyecto se encuentra en una costa irregular y que el Estudio Técnico de Dinámica Costera elaborado para este proyecto delimita la celda litoral en la cual se ubica el proyecto, se consideró que esta celda conformaría el Sistema Ambiental Regional del proyecto. Esta área abarca una distancia lineal de aproximadamente 2.07 km de frente de playa, desde punta Xcalacoco (punta norte) hasta punta Esmeralda (punta sur); y en la parte marina profunda está delimitado por una distancia de la línea de costa de aproximadamente 700 m, a una profundidad aproximada de 20 metros. La superficie del polígono del SAR es de 134.14 hectáreas.

Con respecto a las puntas que limitan a la celda litoral, la punta Esmeralda o punta sur, tiene una playa en proceso de erosión, existe una duna de playa la cual es discontinua y pequeña, en donde es posible encontrar especies rastreras de flora. Por otro lado, la punta Xcalacoco o punta norte, es una saliente en la que no existe duna y es de menor tamaño que la punta norte.



Figura 2. Algunas secciones del frente de playa que limita al oeste del Sistema Ambiental Regional (celda litoral) (noviembre 2018). Fotografías: C. Delgado.

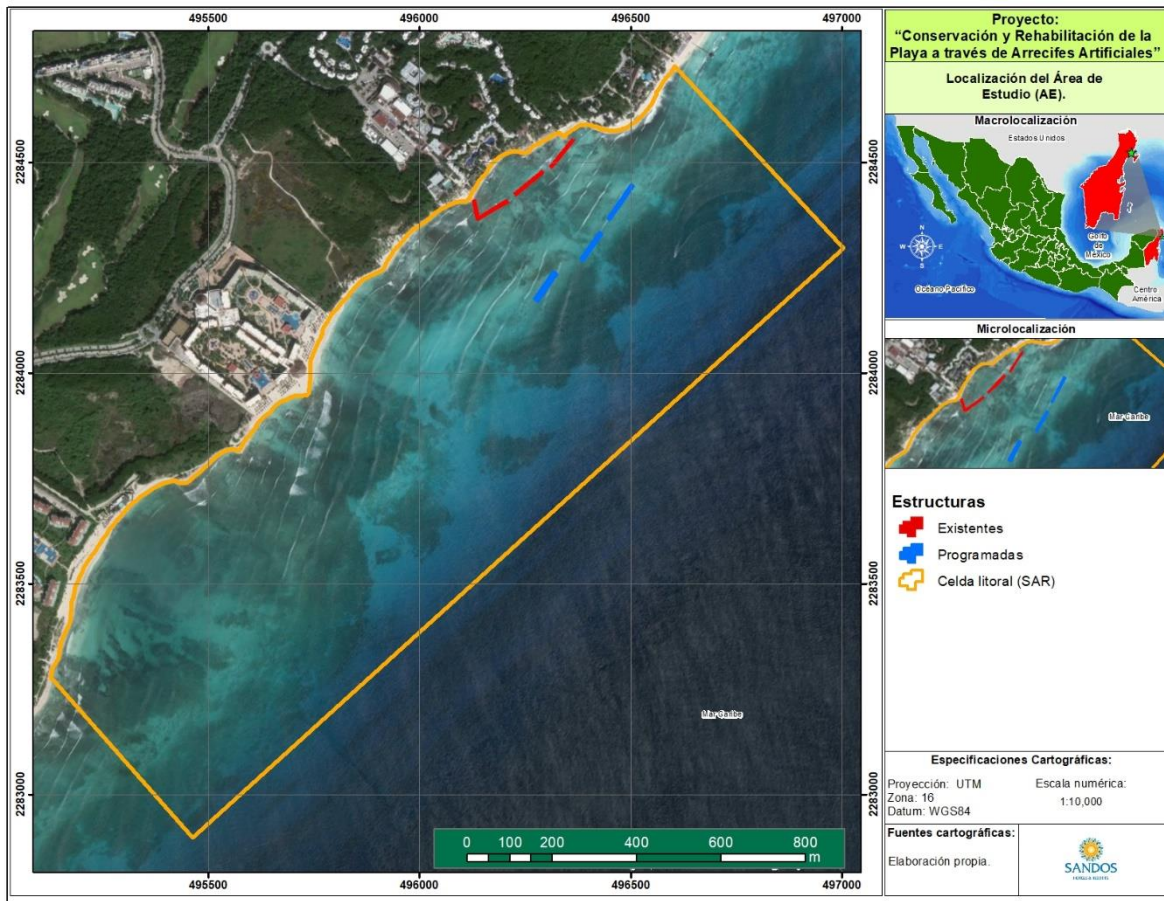


Figura 3. Sistema Ambiental Regional del proyecto el cual está delimitado por una celda litoral.

IV.2.1 Aspectos abióticos

IV.2.1.1 Clima

Con base en el análisis de la información proporcionada por la base de datos en la web del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de las estaciones meteorológicas se eligió la estación climática 23163 Playa del Carmen, la cual se encuentra próxima al Sistema Ambiental Regional (<http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=qroo>).

La estación climatológica 23163 Playa del Carmen cuenta con un período de registro que va desde los años 1951 hasta 2010. En la tabla siguiente se muestra la



temperatura máxima, temperatura media normal, temperatura mínima, así como la precipitación normal de esta estación meteorológica.

Tabla 1. Información climática de la estación 23163 Playa del Carmen.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	Media
Temperatura máxima	37.5	33	34	39	40	39	39	39.5	39	37	35	39		37.6
Temperatura media normal	22.8	23.4	24.3	26.1	27.3	27.9	28	28	27.9	26.3	24.4	23.4		25.8
Temperatura mínima	8	7	5	10	15	14	13	15	14	13.5	11	9		9.9
Precipitación normal	61.2	50.5	28.1	51.2	78.1	153	126	126.3	168.8	284.3	130.3	73.1	1331.2	110.93

De acuerdo con los datos de la estación meteorológica Playa del Carmen, los meses más calurosos van de mayo a octubre, siendo el mes de agosto el que presenta la temperatura más alta alcanzando hasta 39.5°C.

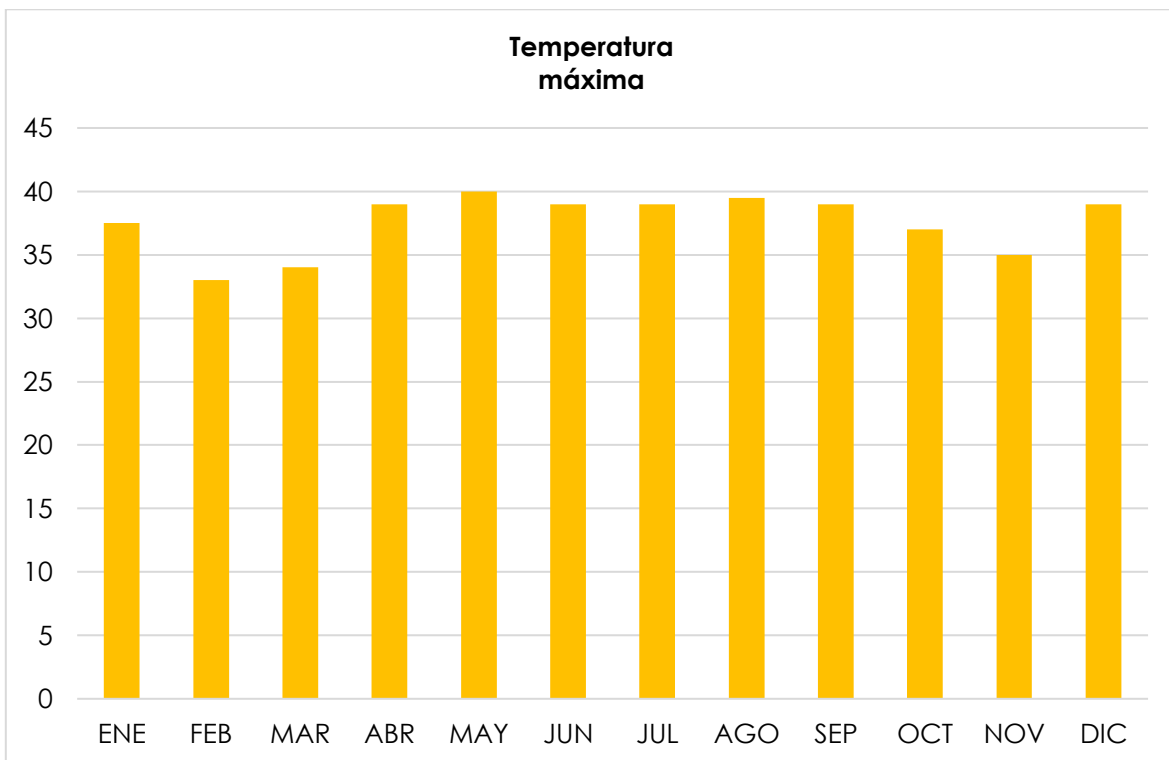


Figura 4. Registros de la temperatura máxima por mes en la estación meteorológica 23163 Playa del Carmen.

Asimismo, los meses que pueden presentar las temperaturas más bajas van de diciembre a marzo, siendo el mes de marzo el que presenta la temperatura más baja disminuyendo hasta 5°C.

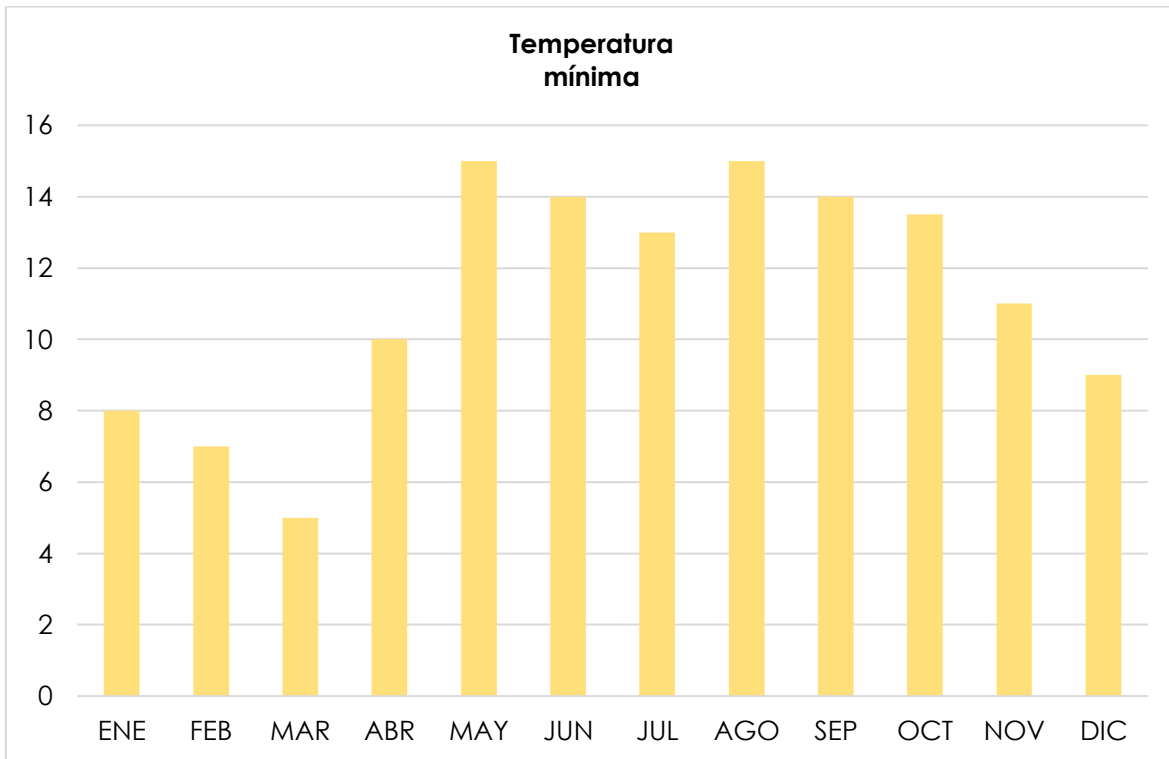


Figura 5. Registros de la temperatura mínima por mes en la estación meteorológica de 23163 Playa del Carmen.

Con respecto a la temperatura media normal, el mes con temperatura más baja es enero con 22.8°C, y los meses con la temperatura más alta son julio y agosto con 28°C.

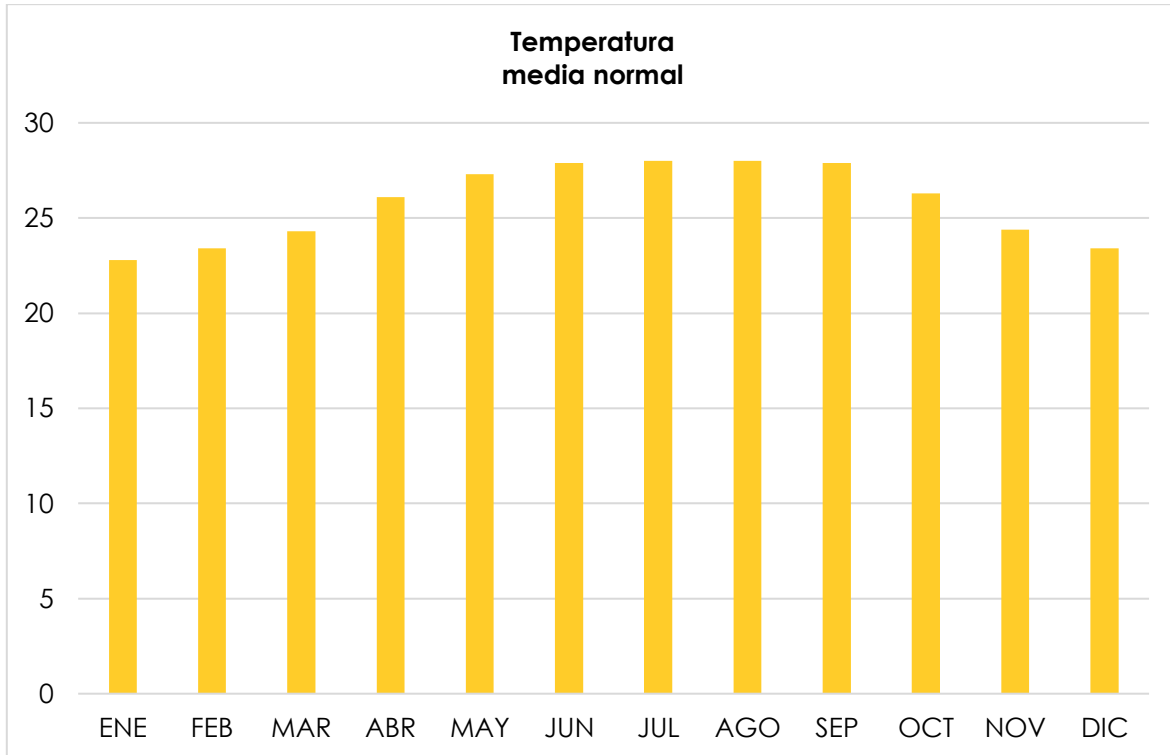


Figura 6. Registros de la temperatura media normal por mes en la estación meteorológica 23163 Playa del Carmen.

A continuación, se muestra una figura sobre la temperatura mínima, media normal y máxima en la estación meteorológica 23163 Playa del Carmen.

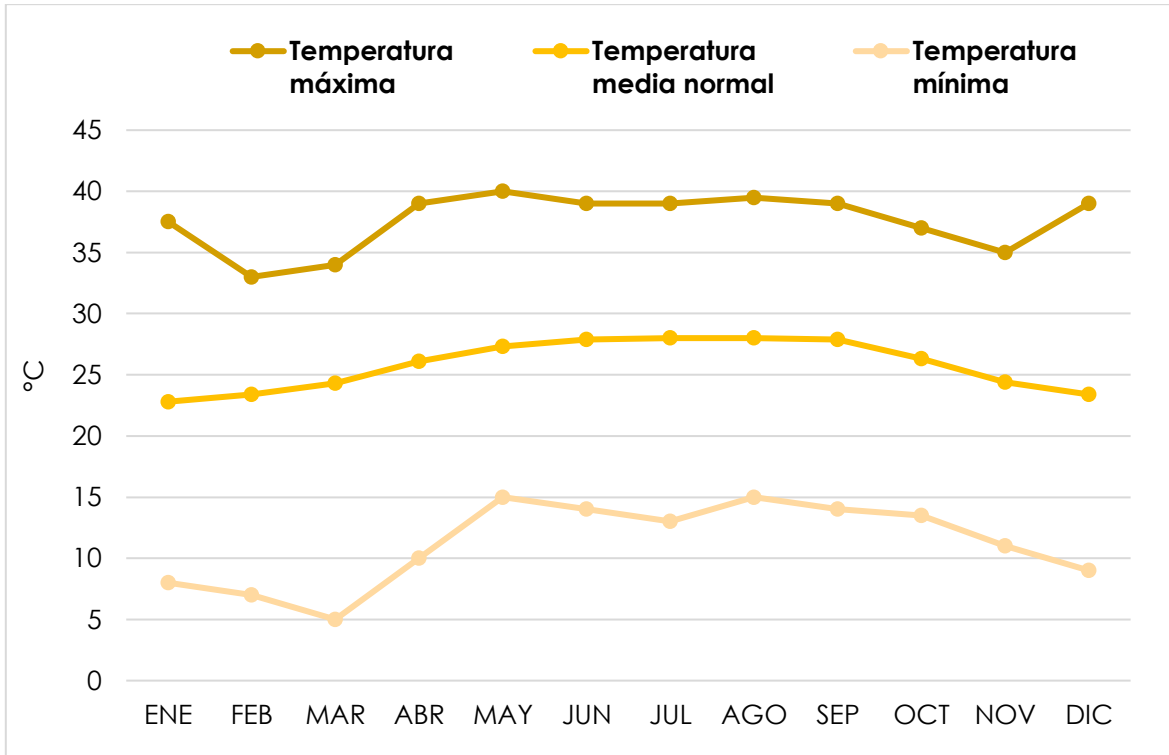


Figura 7. Registros de la temperatura mínima, media normal y máxima por mes en la estación meteorológica de 23163 Playa del Carmen.

Por otro lado, la precipitación normal anual es de 1331.2 mm, siendo el mes de octubre el que mayor cantidad de precipitación recibe, contrario a los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, siendo el mes de marzo el que menos precipitación presenta.

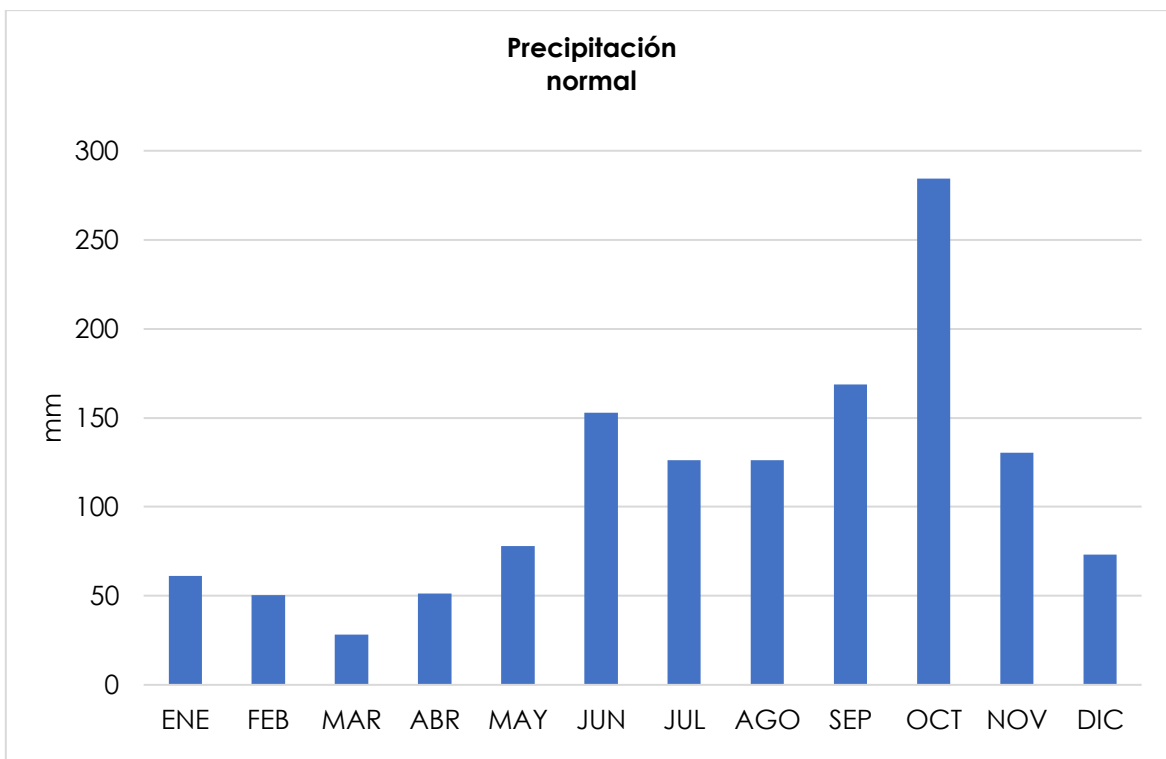


Figura 8. Registros de la precipitación normal en la estación meteorológica de 23163 Playa del Carmen.

De acuerdo con CONAGUA (2015), los valores medios anuales de evapotranspiración, según datos del Centro Regional de Pronóstico Meteorológico, calculados para toda la región de la Península de Yucatán son de 1,236.46 mm, con una variación con valores medios mínimos de 1,056 mm, a medios máximos de 1,400 mm.

Con la información de la estación meteorológica se identificaron dos tipos de climas presentes en el Sistema Ambiental Regional, los cuales son: **Aw₁(x')** y **Aw₂(x')**.

Tipos de clima.

Aw₁(x') (cálido subhúmedo)

Este tipo de clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y humedad media. La temperatura media anual es mayor de 22°C y la temperatura del mes más frío es mayor a 18°C. La precipitación del mes más seco tiene un intervalo entre 0 y 60 mm; las lluvias de verano indican un índice de precipitación entre temperatura (P/T)

menor de 43.2 y 55.0 y el porcentaje de lluvia invernal es de 5% a 10.2% del total anual. Este tipo de clima es el que tiene una humedad intermedia entre los climas cálidos subhúmedos (INEGI 2000).

Aw₂(x') (cálido subhúmedo)

Este tipo de clima es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. La precipitación del mes más seco está entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal es mayor al 10.2% del total anual. Este tipo de clima es el más húmedo de los climas cálidos subhúmedos (INEGI 2000).

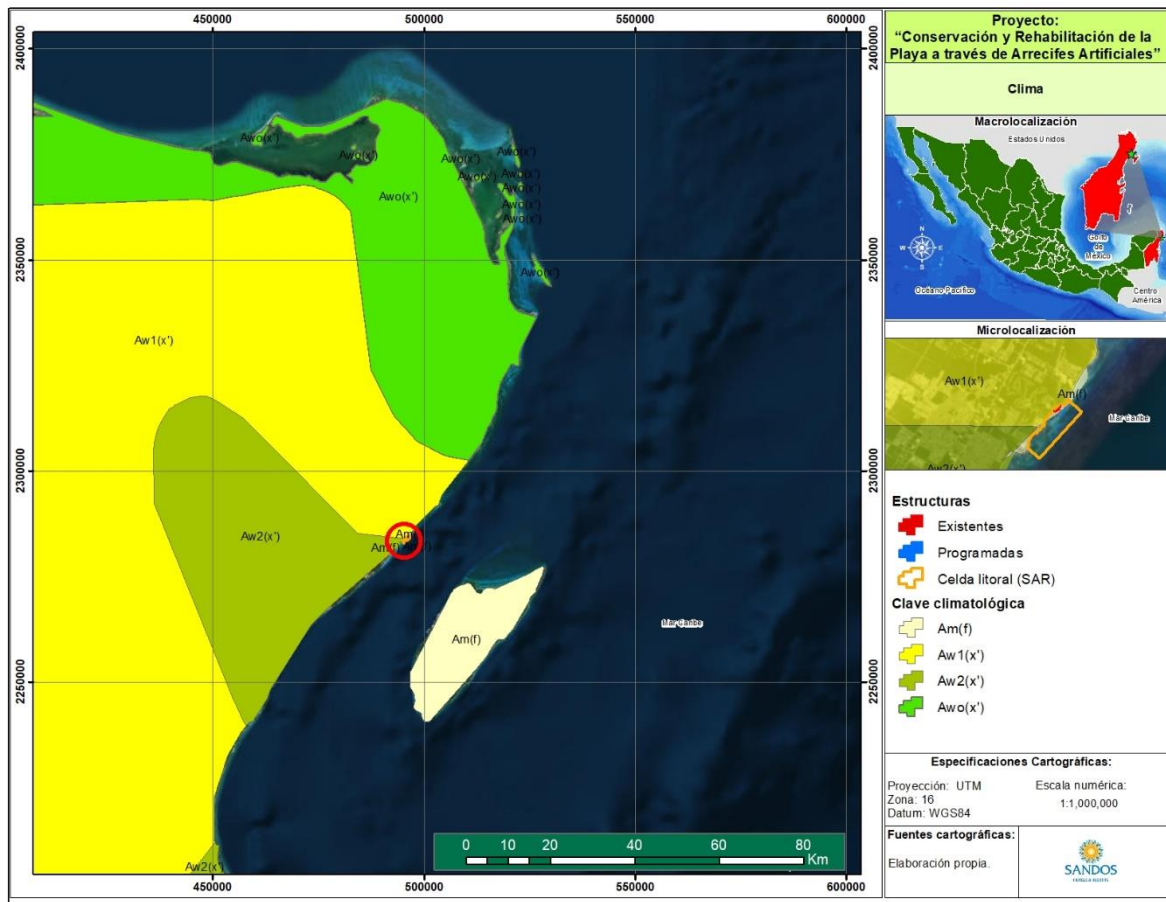


Figura 9. Clima del Sistema Ambiental Regional (García 1998).

IV.2.1.1.1 Fenómenos meteorológicos

Los principales fenómenos meteorológicos que afectan año tras año a la Península de Yucatán están relacionados con la época: en el verano e invierno se observan los nortes o frentes fríos; y en los meses de abril y mayo se presenta un período relativamente seco. En cualquier época del año se pueden presentar suradas. Asimismo, a partir del mes de mayo y hasta octubre, la situación meteorológica en la entidad se ve fuertemente influenciada por la presencia de ondas tropicales cuyo potencial de humedad es importante, se presenta entonces la temporada anual de lluvias, que son del tipo tropical (CONAGUA 2015).

Ciclones tropicales.

Los eventos ciclónicos, son perturbaciones atmosféricas que se manifiestan como tempestades violentas giratorias alrededor de un centro de baja presión, en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, del cual forma parte nuestro país. Se originan en mares cálidos y por su gran potencia están considerados entre los fenómenos naturales que mayor destrucción causan. La trayectoria que siguen, en general, es hacia el oeste, para después continuar al oeste-noroeste y recurvar al norte y noreste (INEGI 2004).

Los ciclones se clasifican según la intensidad de sus vientos en:

- a. Cyclón tropical. Es un sistema formado por nubes con movimiento definido con vientos máximos sostenidos menores a 60 km/h está considerado un ciclón tropical en fase formativa.
- b. Tormenta tropical. Es un sistema formado por nubes con movimiento definido, cuyos vientos máximos sostenidos varían entre 61 y 120 km/h.
- c. Huracán. Es un ciclón tropical de intensidad máxima en donde los vientos máximos alcanzan y superan 120 km/h. Han llegado a medirse hasta 250 km/h en los vientos de los huracanes más violentos. Tienen un núcleo definido de presión en superficie muy baja, que puede ser inferior a 930 hPa (Hectopascales).

Por otra parte, la evolución de un evento ciclónico puede dividirse en cuatro fases:



I. Nacimiento (Depresión tropical). Se caracteriza porque aumenta la velocidad del viento a 62 Km/h; las nubes comienzan a organizarse y la presión desciende hasta cerca de los 1000 hPa.

II. Desarrollo (Tormenta tropical). La depresión tropical adquiere la característica de tormenta tropical, y, por consiguiente, el viento aumenta a una velocidad máxima de entre 63 y 117 Km/h, las nubes se distribuyen en forma de espiral, se forma un ojo pequeño, por lo general de forma circular, y la presión se reduce a menos de 1000 hPa. En esta fase se le asigna un nombre correspondiente a una lista formulada por la Organización Meteorológica Mundial (Comité de Huracanes). Cuando un ciclón ocasiona un impacto social y económico importante a un país, el nombre de este ciclón no volverá a aparecer en la lista.

III. Madurez (Huracán). La tormenta tropical adquiere la característica de Huracán y alcanza un máximo de velocidad del viento, pudiendo llegar a los 370 Km/h, y en el área nubosa se expande obteniendo su máxima extensión. Los huracanes se clasifican de acuerdo a la fuerza de sus vientos, mediante la escala Saffir-Simpson.

Tabla 2. Escala internacional de Saffir/Simpson para clasificar la intensidad de los huracanes.

Categoría	Daños	Vientos Km/h	Presión HPA
1	Mínimos	119 a 150	Superior a 980
2	Moderados	151 a 180	965 a 979
3	Extensos	181 a 210	945 a 964
4	Extremos	211 a 250	920 a 944
5	Catastróficos	Más de 250	Menor de 920

IV. Disipación (Fase final). La presión en el centro del sistema comienza a aumentar y los vientos decrecen paulatinamente acompañados por una debilitación del sistema. En esta fase los ciclones que penetran a tierra a los que recurvan hacia latitudes medias se disgregan o convierten en ciclones extratropicales. Un factor central en el fin de un huracán es la falta de sustento energético que le proporcionan las aguas cálidas; otro es que, al llegar a tierra, el rozamiento con la superficie irregular del terreno causa ensanchamiento nuboso del meteoro y provoca su detención y disipación en fuertes lluvias; otro más, es que se encuentre con una corriente fría que lo disipa.



Figura 10. Huracán Irma (agosto-septiembre 2017), ejemplo donde se muestra la evolución de un huracán y sus diferentes fases.

La mayoría de los ciclones tropicales no pasan por todas las fases antes mencionadas, o pasan tan rápidamente que se hace imposible detectar dichas fases mediante la información sinóptica disponible. A los sitios donde se generan los huracanes se les conoce como "zonas ciclógenas" y existen ocho en nuestro planeta (cada zona ciclógena puede tener varias regiones matrices).

Los huracanes que afectan al territorio Mexicano tienen cuatro regiones matrices o de origen y en ellas aparecen con distinto grado de intensidad, que va creciendo a medida que progresa la temporada, que se extiende iniciando la segunda quincena de mayo hasta la primera quincena de noviembre, con la circunstancia de que los meteoros finales son potentes, ya que no retornan por las fases iniciales de los primeros, que pasan de sistemas lluviosos a depresionarios, luego a tormentas tropicales y finalmente a huracanes, pudiendo algunos transcurrir en la primera fase, sin modificación. Por su parte, las zonas matrices van entrando en actividad sucesivamente, a la manera como se propaga un incendio, pero todas conservan su fuego hasta el final de la estación.

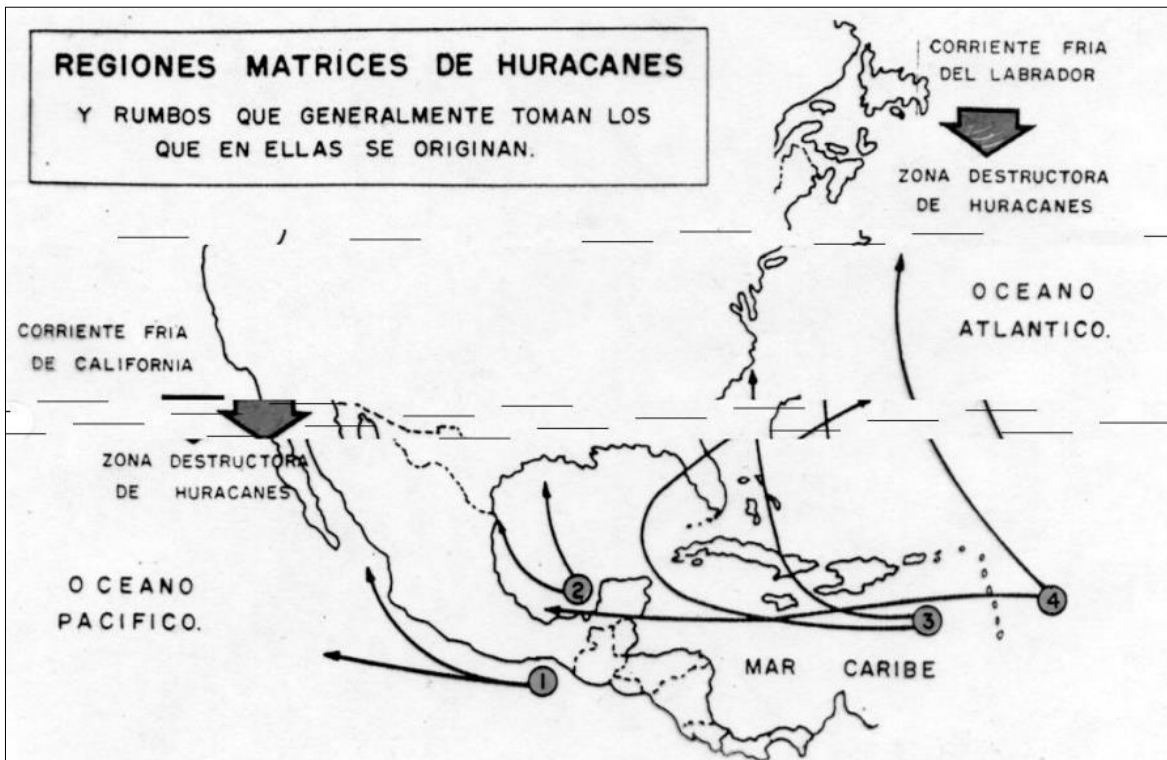


Figura 11. Regiones matrices de huracanes. 1. Golfo de Tehuantepec; 2. Sonda de Campeche; 3. Caribe Oriental; 4. Región Atlántica. La temporada de huracanes inicia la segunda quincena de mayo y termina la primera quincena de octubre. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional 1997.

Para el caso que nos ocupa, los ciclones tropicales que ocurren en las costas de **Quintana Roo**, se originan en la Región del Mar Caribe y en la Región Oriental del Océano Atlántico, de la zona de las islas de Cabo Verde, cerca de la costa occidental de África. La gran magnitud y violencia de los huracanes se deben a que – si encuentran condiciones propicias en su largo recorrido – tienen mucho tiempo para crecer y vigorizarse, y parte de este proceso ocurre durante su tránsito sobre el Caribe (Morales 2004). Quintana Roo ocupa el tercer lugar en incidencia de huracanes, después de Baja California Sur y Sinaloa. **En el Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto, las depresiones tropicales y ciclones se manifiestan durante los meses de junio a octubre.** Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 30 ciclones tropicales afectaron al estado de Quintana Roo entre 1970 y 2007. Los huracanes de mayor magnitud fueron Janet (1955), Hallie (1966), Dorothy (1970), Carmen (1974), Eloise (1975), Gilberto (1988), el

Wilma en 2005 y Dean en 2007, reportaron los daños materiales más cuantiosos de los que se tenga memoria.

A continuación, se muestra una lista de sistemas tropicales que se presentaron en el estado de Quintana Roo (NOAA).

Tabla 3. Sistemas tropicales por año, punto de entrada, categoría de entrada, presión y vientos máximos.

Nombre	Año	Punto de entrada	Categoría de entrada	Presión (mb)	Vientos Máximos Sostenidos (nudos)
Hermine	1980	Belice	Tormenta Tropical	994	60
Gilbert	1988	Cozumel	H5	892	145
Keith	1988	Cancún	Tormenta Tropical	993	60
Diana	1990	Sian Ka'An RB	Tormenta Tropical	1000	45
Claudette	1993	Puerto Morelos	Tormenta Tropical	1009	50
Gert	1993	Belice	Tormenta Tropical	1000	35
Opal	1995	Sian Ka'An RB	Depresión Tropical	1004	25
Roxanne	1995	Tulum	H3	958	100
Dolly	1996	Sian Ka'An RB	Tormenta Tropical	999	65
Mitch	1998	Honduras	H5	922	135
Katrina	1999	Chetumal	Depresión Tropical	1008	25
Gordon	2000	Akumal	Depresión Tropical	1007	25
Keith	2000	Belice	Tormenta Tropical	989	60
Chantal	2001	Belice	Tormenta Tropical	1000	60
Isidore	2002	Telchac, Yuc.	H3	935	110
Larry	2003	Tulum	Tormenta Tropical	1007	20
Billy	2003	Balam Kaax ANP	Depresión Tropical	1009	20

Nombre	Año	Punto de entrada	Categoría de entrada	Presión (mb)	Vientos Máximos Sostenidos (nudos)
Cindy	2005	Banco Chinchorro	Depresión Tropical	1007	30
Emily	2005	Playa del Carmen	H5	955	115
Stan	2005	Sian Ka'An RB	Tormenta Tropical	1003	35
Wilma	2005	Playa del Carmen	H4	926	120
Dean	2007	Mahahual	H5	907	150
Olga	2007	Cancún	Depresión Tropical	1006	30
Dolly	2008	Playa del Carmen	Tormenta Tropical	1007	45

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Otro factor que influye en la actividad ciclónica es la variabilidad inducida por El Niño en la temperatura (temperaturas oceánicas calientes) y su contraparte La Niña (temperaturas oceánicas frías; CONAGUA, 2007).

A continuación, se muestra un mapa de México con las zonas de riesgo de huracanes y sus categorías de intensidad. Quintana Roo, y, por lo tanto, el Sistema Ambiental Regional del proyecto, se encuentran en una zona de alto riesgo de huracanes.

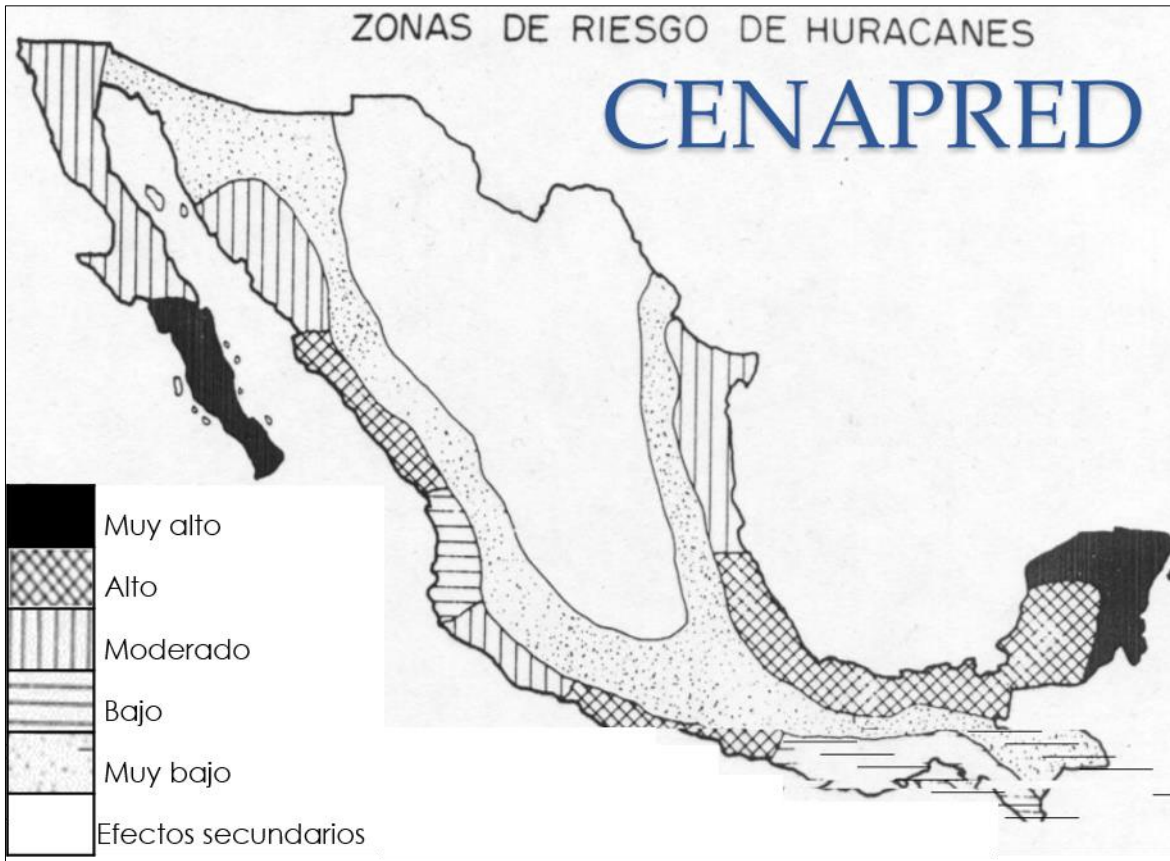


Figura 12. Zonas de riesgo de huracanes.

En la siguiente figura se muestran las trayectorias de ciclones tropicales que han ocurrido en el océano Atlántico, en el periodo de 1951 al 2000, en este caso se presentan mes por mes a lo largo de la temporada. La temporada de ciclones tropicales inicia el 1° de junio y termina el 30 de noviembre. Como se puede observar en la siguiente figura, históricamente ningún ciclón tropical ha ocurrido en el mes de mayo, mientras que en el mes de agosto se nota un incremento en los ciclones tropicales, siendo septiembre el mes con mayor número de ciclones tropicales que afectan directamente las costas de la península de Yucatán, sitio donde se ubica el proyecto. En noviembre todavía existe una probabilidad de que se produzcan afectaciones por estos fenómenos (Rosengaus *et al.* 2014).

Esto sugiere que **el Sistema Ambiental Regional, se encuentra expuesto a ciclones tropicales de mayor intensidad en los meses de agosto y septiembre.**

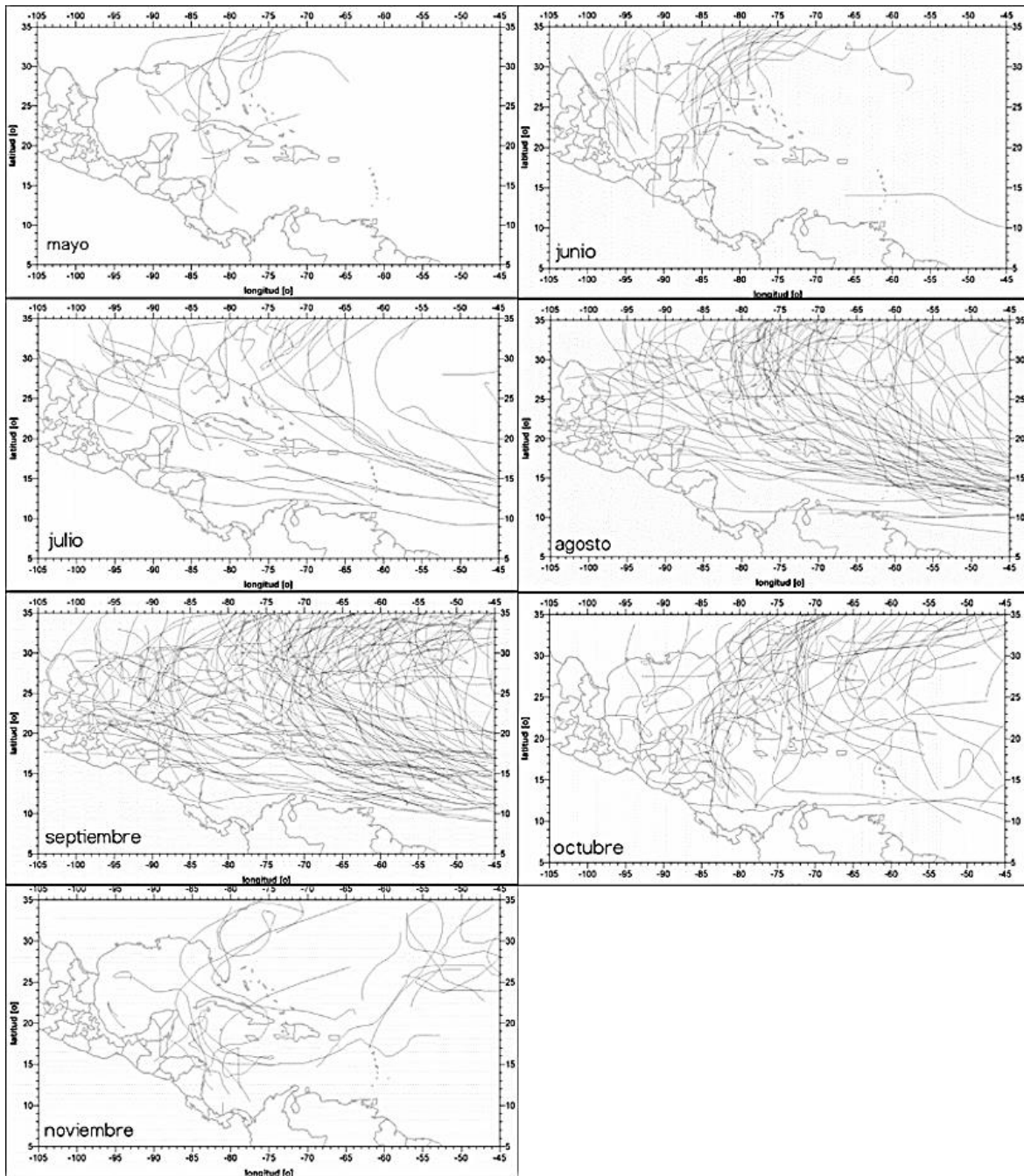


Figura 13. Trayectorias de los meses de mayo a noviembre de los ciclones tropicales que han pasado por el océano Atlántico, periodo 1951 a 2000. Fuente: Rosengaus *et al.* 2014.

En suma, la información anterior muestra que el Sistema Ambiental Regional está en contacto directo con este tipo de fenómenos climatológicos. Por lo tanto, es



susceptible a impactos de mayor o menor intensidad debido a que puede ser el punto de entrada de una tormenta, depresión o ciclón tropical al territorio nacional.

Suradas

La Surada es el viento proveniente del sur y sureste; es favorecida por sistemas anticiclónicos intensos, los cuales afectan principalmente a Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. El fenómeno puede presentarse en cualquier época del año.

Son vientos intensos y secos en superficie con rachas superiores a 60 km/h, no traen lluvia, propiciando ambiente cálido y estable. Además de los vientos intensos que pueden ocasionar daños en infraestructura endeble, la surada favorece los incendios forestales.

IV.2.1.2 Riesgos Naturales

IV.2.1.2.1 Susceptibilidad de la zona a sismicidad

De acuerdo con información del Servicio Meteorológico Nacional, la República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas, mismas que fueron diferenciadas con base en registros históricos y registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos a lo largo del siglo pasado (figura siguiente).

El **Sistema Ambiental Regional (SAR)**, al ser un área marina, no tiene asignada una zona sísmica, pero el área terrestre colindante, se localiza en una zona muy estable desde el punto de vista sísmico, ya que se ubica sobre la placa de Norteamérica, lejos de la línea de contacto con la del Caribe. Ambas placas se deslizan en sentido opuesto a lo largo de sus bordes, por lo tanto, no hay procesos de encuentro que provoque sacudidas sísmicas. De forma que, en la Península de Yucatán, zonas aledañas, y, en consecuencia, el SAR, existe una baja intensidad sísmica (Morales 2004, Zavala *et al.* 2005), como se puede observar en la siguiente figura.

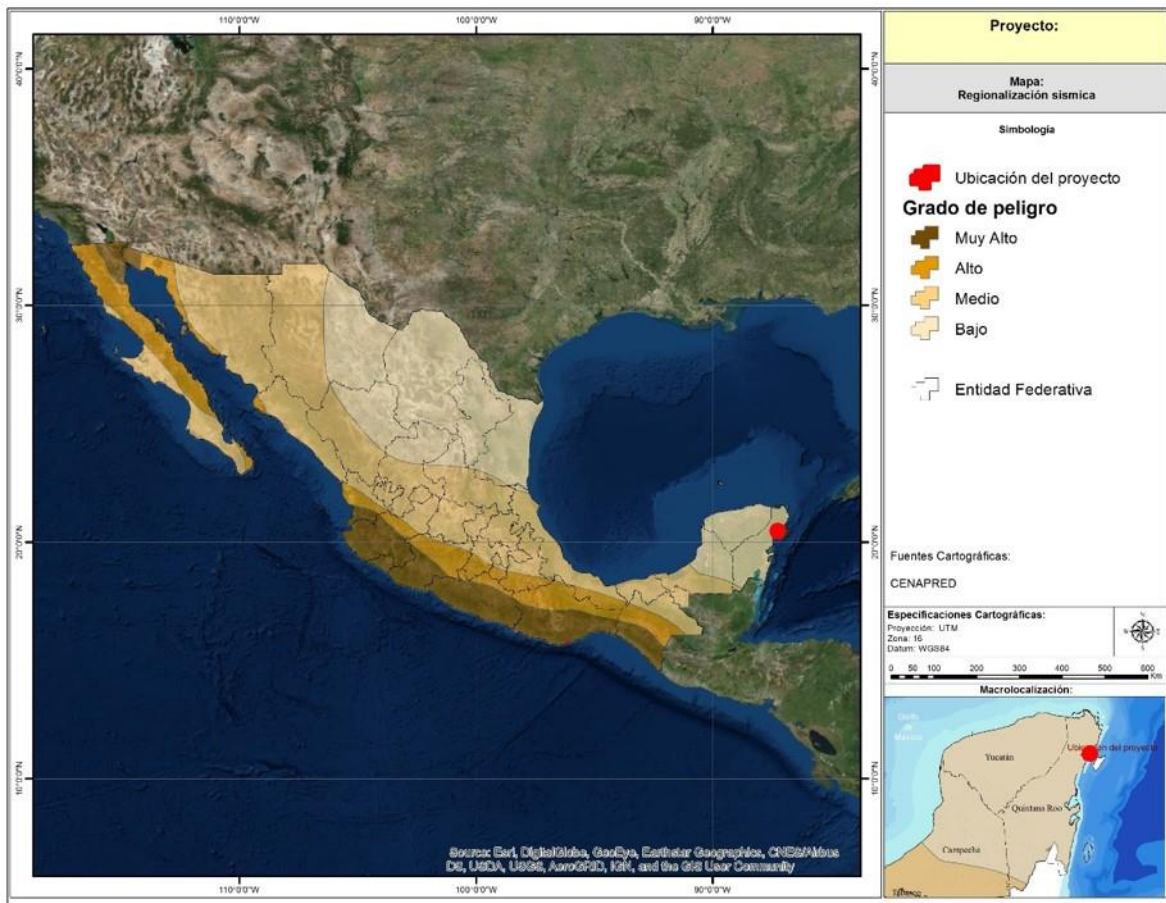


Figura 14. Regionalización sísmica en el Sistema Ambiental Regional. Fuente: Servicio Sismológico Nacional.

Como prueba de lo mencionado en el párrafo anterior, de acuerdo al Servicio Sismológico Nacional, del año 2006 a la fecha, se han registrado 11 sismos en Quintana Roo de baja intensidad, y de estos, únicamente dos (sombreados en la siguiente tabla) fueron los que ocurrieron próximos al Sistema Ambiental Regional del proyecto.

Tabla 4. Fenómenos sismológicos registrados en el periodo 2000 a la fecha. La fila sombreada es el sismo ocurrido más próximo al área del Sistema Ambiental Regional del proyecto.

N°	Intensidad	Fecha	Ubicación	Coordenadas	
				X	Y
1	4.6	10 junio 2002	60 km al sur de Felipe Carrillo Puerto.	19.04	-88.08
2	4.5	21 junio 2005	76 km al sureste de Chetumal.	17.96	-87.87
3	5.7	10 septiembre 2006	555 km al norte de Isla Mujeres.	26.25	-87.26
4	4.2	15 marzo 2009	278 km al sureste de Chetumal.	16.94	-86.25
5	4.8	10 diciembre 2011	289 km al sureste de Chetumal.	16.87	-86.18
6	4.7	3 mayo 2012	322 al sureste de Chetumal.	17.26	-85.54
7	4.4	11 mayo 2012	299 km al sur de Chetumal.	15.83	-88.41
8	5.4	10 abril 2013	339 km al sureste de Chetumal.	15.86	-87.05
9	4.7	24 agosto 2013	405 km al sureste de Chetumal.	15.56	-86.03
10	4.3	13 enero 2014	267 km al sur de Chetumal.	16.12	-88.74
11	4.2	11 enero 2015	56 km al suroeste de Playa del Carmen.	20.31	-87.50

Fuente: Servicio Sismológico Nacional. <http://www.ssn.unam.mx/>

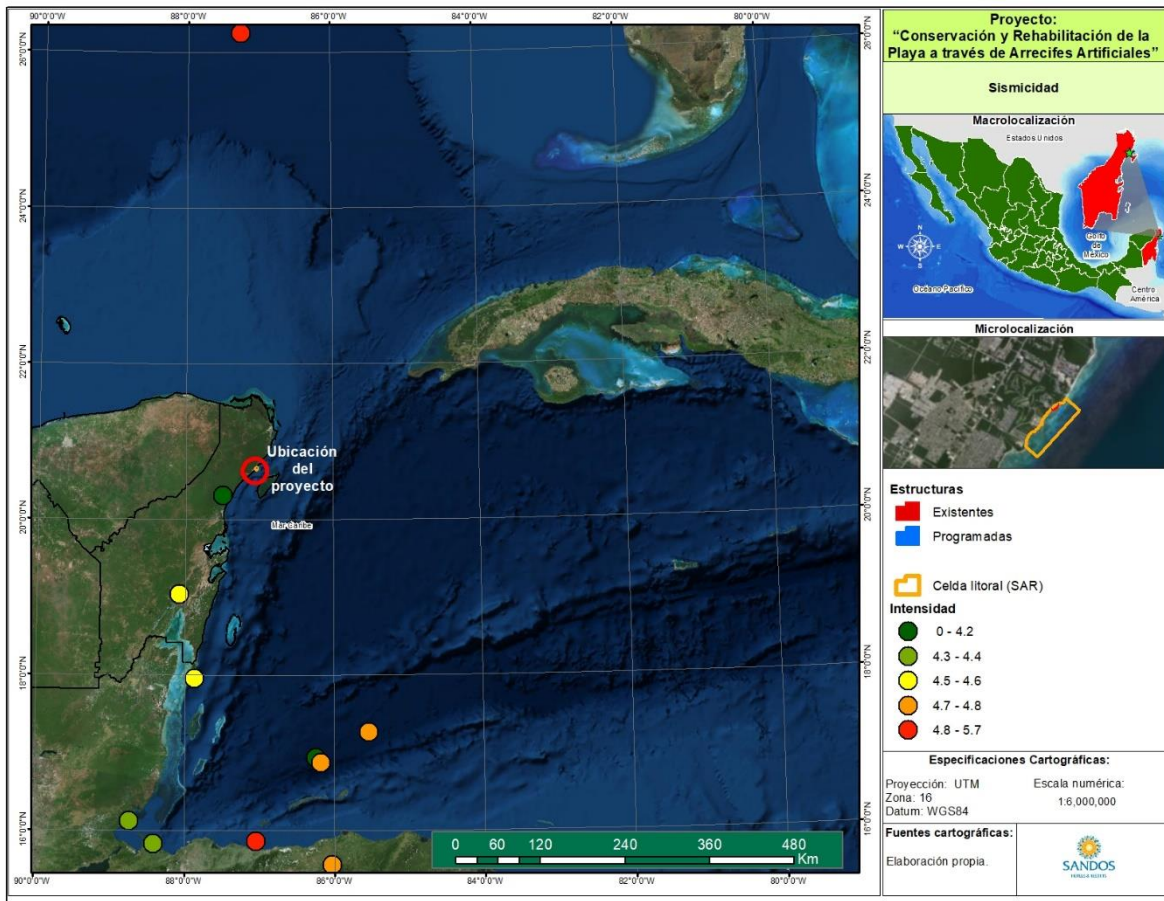


Figura 15. Sismos próximos al Sistema Ambiental Regional. Fuente: Servicio Sismológico Nacional.

IV.2.1.2.2 Susceptibilidad de la zona por tsunami

Un tsunami es un evento que involucra un grupo de olas de gran energía y tamaño variable que se producen cuando algún fenómeno (e.g., sismo, volcán, detonación submarina) desplaza verticalmente una gran masa de agua. En el país, la mayor parte de los tsunamis se generan por sismos que ocurren "en el contorno costero del Océano Pacífico, en la zona de subducción entre las placas de Cocos y Rivera bajo la placa norteamericana" (CENAPRED 2016).

El Sistema Ambiental Regional del proyecto, se encuentra en el Mar Caribe, y la susceptibilidad de que el sistema sea afectado por un tsunami es muy remota o nula, ya que se localiza a una distancia considerable del área generadora de sismos del país.

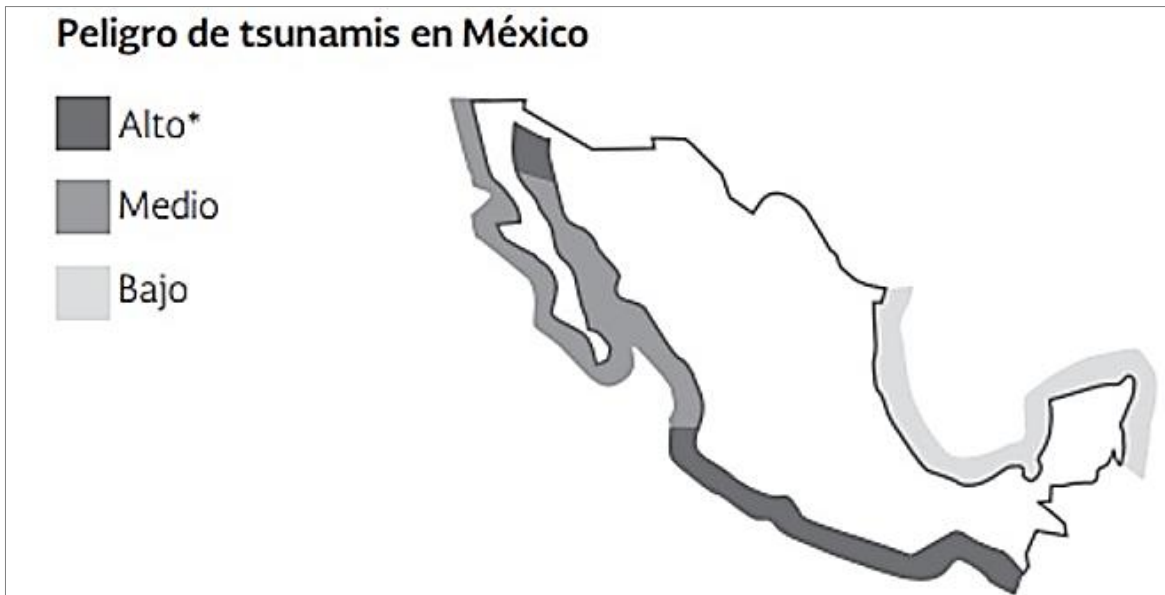


Figura 16. Representación de peligro de tsunamis en México. Fuente: CENAPRED 2016.

IV.2.1.2.3 Amenaza por inundaciones

El Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar, en su artículo 4º define a la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) como un área que en un plano horizontal presente un ángulo de inclinación de 30 grados o menos. Asimismo, cuando las costas carezcan de playas y presenten formaciones rocosas o acantilados, la ZOFEMAT se determina dentro de una faja de 20 metros contigua al litoral marino, únicamente cuando la inclinación en dicha faja sea de 30 grados o menor en forma continua.

Fuera del Sistema Ambiental Regional del proyecto, en su porción oeste, se encuentra la Zona Federal Marítimo Terrestre, ubicada una parte, frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort. De acuerdo con CENAPRED (2007), dicha zona sería propensa a sufrir inundaciones, las cuales se producen por intrusión del mar durante las tormentas tropicales o sistemas ciclónicos que generan fuertes vientos y mareas de tormenta que hacen que el nivel del mar se aproxime a dichos sitios.

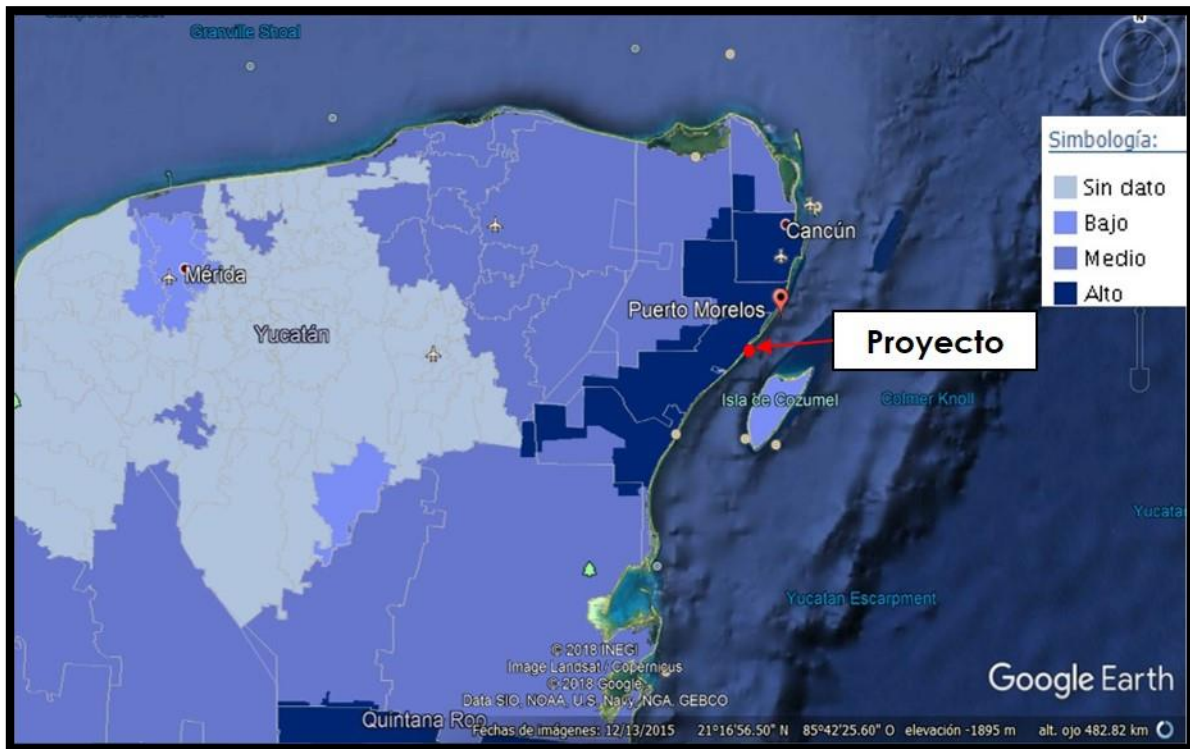


Figura 17. Grado de riesgo por inundaciones por municipio, escala: 1:1000000. Fuente: CENAPRED (2007).

IV.2.1.3 Geología

El **Sistema Ambiental Regional (SAR)** del proyecto **se localiza en el Mar Caribe**, el cual tuvo su origen durante el periodo Terciario, entre 65 y dos millones de años antes del presente, como resultado de la deriva continental o desplazamiento de las placas de la corteza terrestre (Morales 2004). En este largo y lento proceso, las placas continentales de Norte y Sudamérica se fueron alejando del primitivo supercontinente de Pangea y así se formó el océano Atlántico. A la vez, se iban separando una de la otra, y en el espacio que dejaban se fue introduciendo un gran trozo rectangular de la placa del Pacífico, que finalmente se separó y se diferenció de ella para constituir lo que ahora es la placa del Caribe. Finalmente, los movimientos tectónicos llevaron al istmo centroamericano hasta el sitio que ahora ocupa, separando por completo al Atlántico del Pacífico en esa región, de tal forma que así nació el **mar Caribe** (Morales 2004).

El SAR del proyecto, a su vez, se ubica en una estructura geológica, también conocida como **plataforma carbonatada**, la cual consiste en carbonatos y



evaporitas, depositadas durante el Cretácico inferior hasta el Mioceno. En cuanto al Mioceno, consiste de calizas blandas, pero con nódulos duros que pueden formar verdaderos niveles, éstas pasan a margas blancas en los niveles inferiores y a veces se presentan finas capas de yeso. En la siguiente figura, se puede observar que el Sistema Ambiental Regional del proyecto es parte de la Formación Carrillo Puerto (Pcp) (CONAGUA 2017).

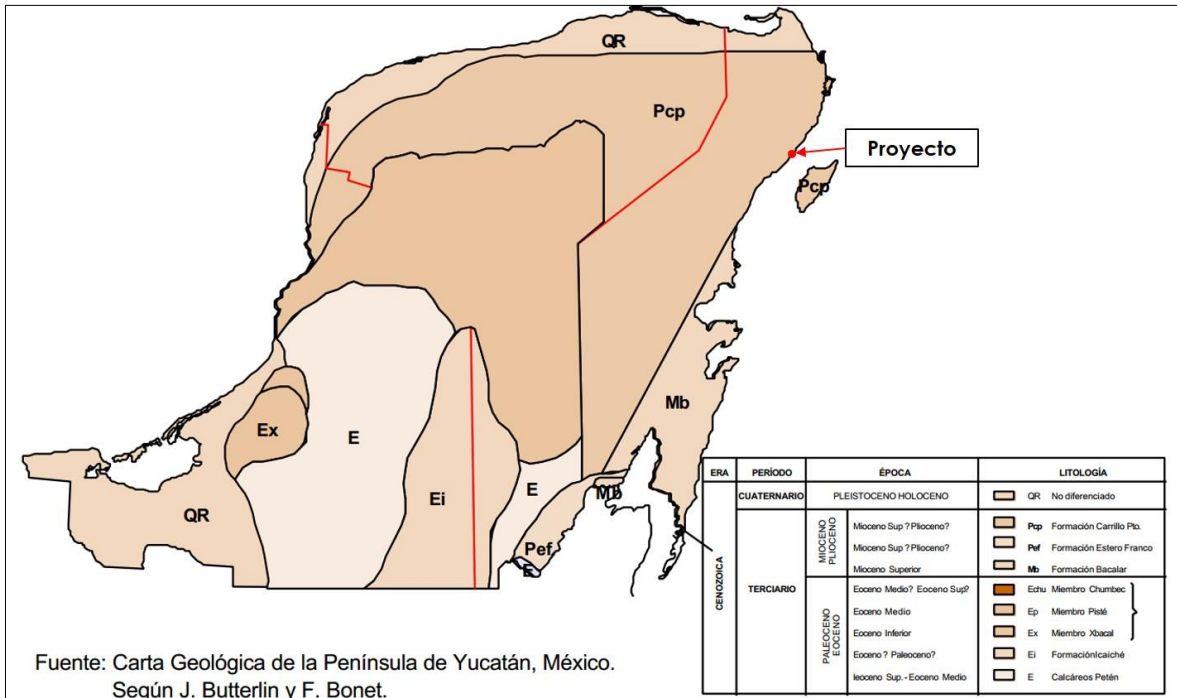


Figura 18. Geología del Sistema Ambiental Regional del proyecto.

IV.2.1.4 Geomorfología

La geomorfología costera tiene dos objetivos principales: estudiar la forma de las costas y los procesos que actúan en ella (Guido *et al.* 2009). En este sentido, el **Sistema Ambiental Regional se ubica en la plataforma continental**, es decir, la superficie del fondo submarino de suave pendiente que se extiende desde la costa sin exceder los 200 m de profundidad y muy reducida en la costa de Quintana Roo (800 km lineales), con tan solo 9,000 km² (Morales 2004). La plataforma continental a **su vez forma parte de la plataforma carbonatada**, cuyo límite geomorfológico es el talud continental (Lugo *et al.* 2009).

En la siguiente figura se muestra la geomorfología; cabe señalar que las capas del mapa están desfasadas con la imagen satelital, y, por lo tanto, la capa de



“Continente” (café) debe coincidir hasta la línea de costa, mientras que la capa de “Plataforma continental” (azul claro) debe coincidir con el SAR.

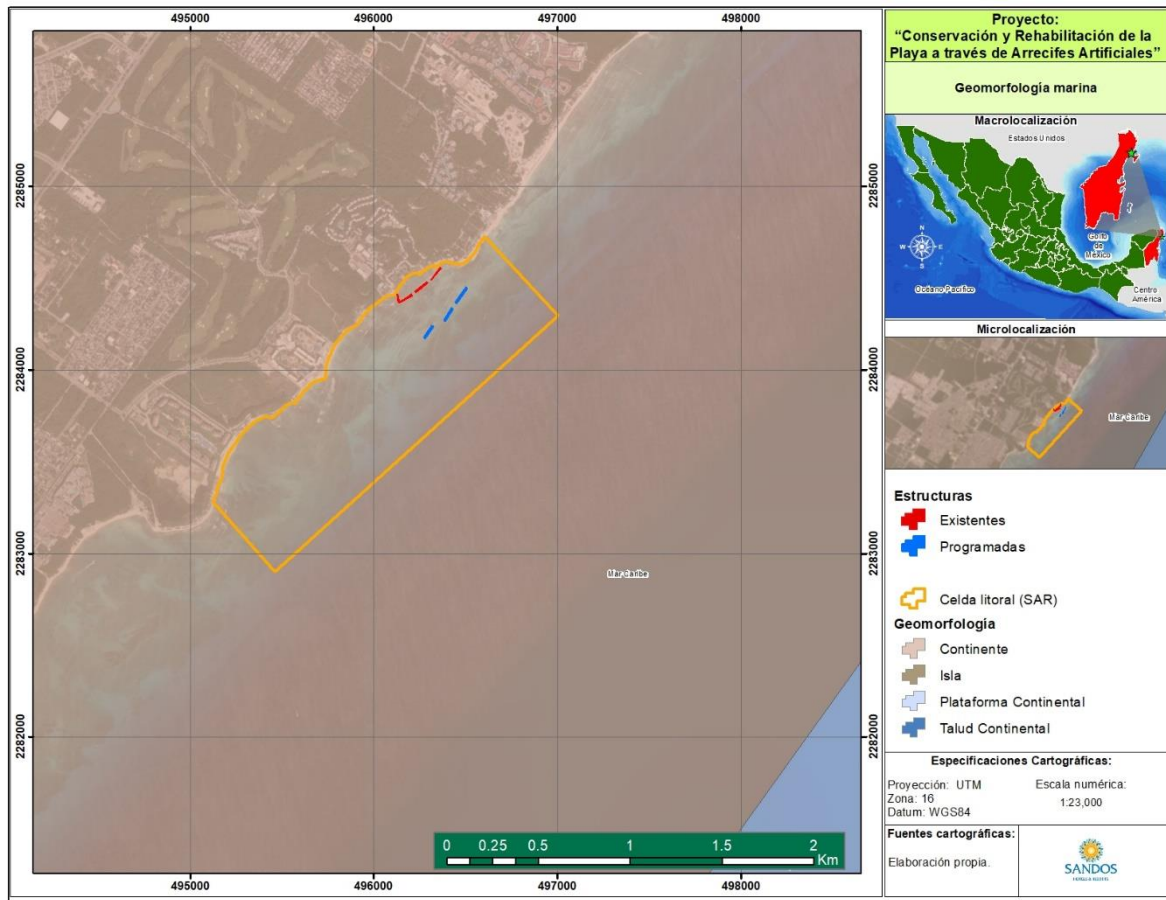


Figura 19. Geomorfología del Sistema Ambiental Regional del proyecto (Lugo *et al.* 2009).

La **plataforma carbonatada** es una superficie sumergida a poca profundidad sobre la que se depositan carbonatos. La deposición de carbonatos se debe a la presencia de organismos (e.g., corales, algas, coralinas, algas verdes, foraminíferos y moluscos) que secretan carbonato de calcio y a la presencia de organismos que utilizan este carbonato de calcio para la construcción de sus conchas o esqueletos.

Las plataformas carbonatadas se forman en áreas donde no hay aporte de terrígenos o es mínimo, ya que el aporte de terrígenos afecta directamente el crecimiento de los organismos productores de carbonatos, especialmente en los constructores de arrecifes. Una de las condiciones para la formación y evolución

de las plataformas carbonáticas es que se encuentre en áreas aisladas de aporte silicoclástico intenso (UNISON 2005).

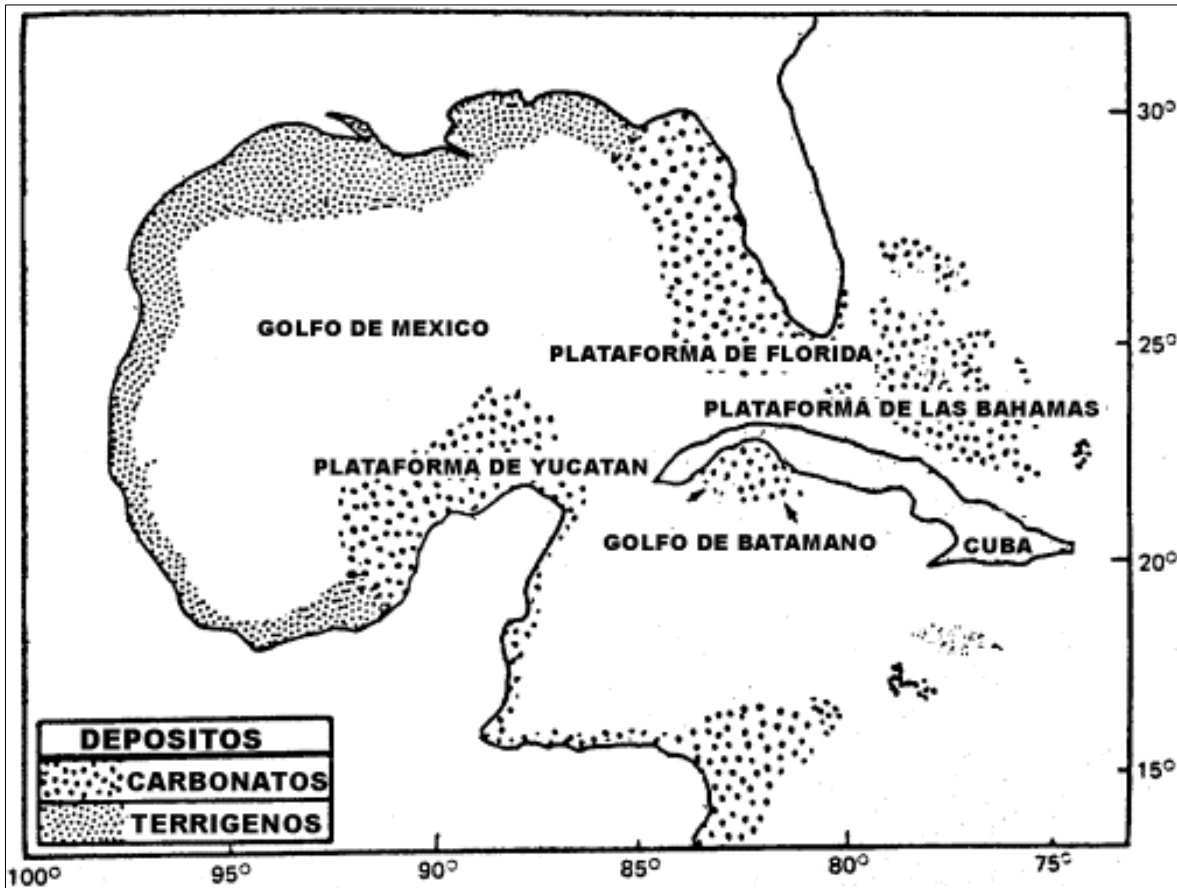


Figura 20. Distribución general de los ambientes marinos someros en el Golfo de México y el Mar Caribe. Fuente: Davis 1992.

En las plataformas carbonatadas, como en las que se encuentra el Sistema Ambiental Regional del proyecto, existe un equilibrio dinámico entre la producción de carbonatos y la subsidencia (*i.e.*, proceso de hundimiento vertical de una cuenca sedimentaria como consecuencia del peso de los sedimentos que se van depositando en ella de una manera progresiva), para permitir acumulaciones gruesas y mantener la profundidad adecuada para favorecer continuamente el aporte de carbonato de calcio (UNISON 2005).

IV.2.1.5 Relieve marino

Cerdeira-Estrada *et al.* (2018) estudiaron la distribución espacial y extensión del relieve submarino de los ecosistemas del Caribe mexicano, que cubren las aguas someras del sistema arrecifal mesoamericano. Por lo que a partir del análisis de datos en campo y de imágenes satelitales WorldView-2 se generaron productos de reflectancia de fondo y batimetría satelital.

Como resultado, dentro de la plataforma continental, realizaron una clasificación jerárquica en dos niveles de terraza con profundidad máxima de 18 m: primer nivel de terraza continental y segundo nivel de terraza continental. En el segundo nivel de terraza continental, se encuentran las formas erosivas, acumulativas y de acreción orgánica, la cuales son: 1) piso lagunar, 2) arrecife posterior, 3) cresta arrecifal, 4) arrecife frontal y 5) macizos rocosos (Cerdeira-Estrada *et al.* 2018).

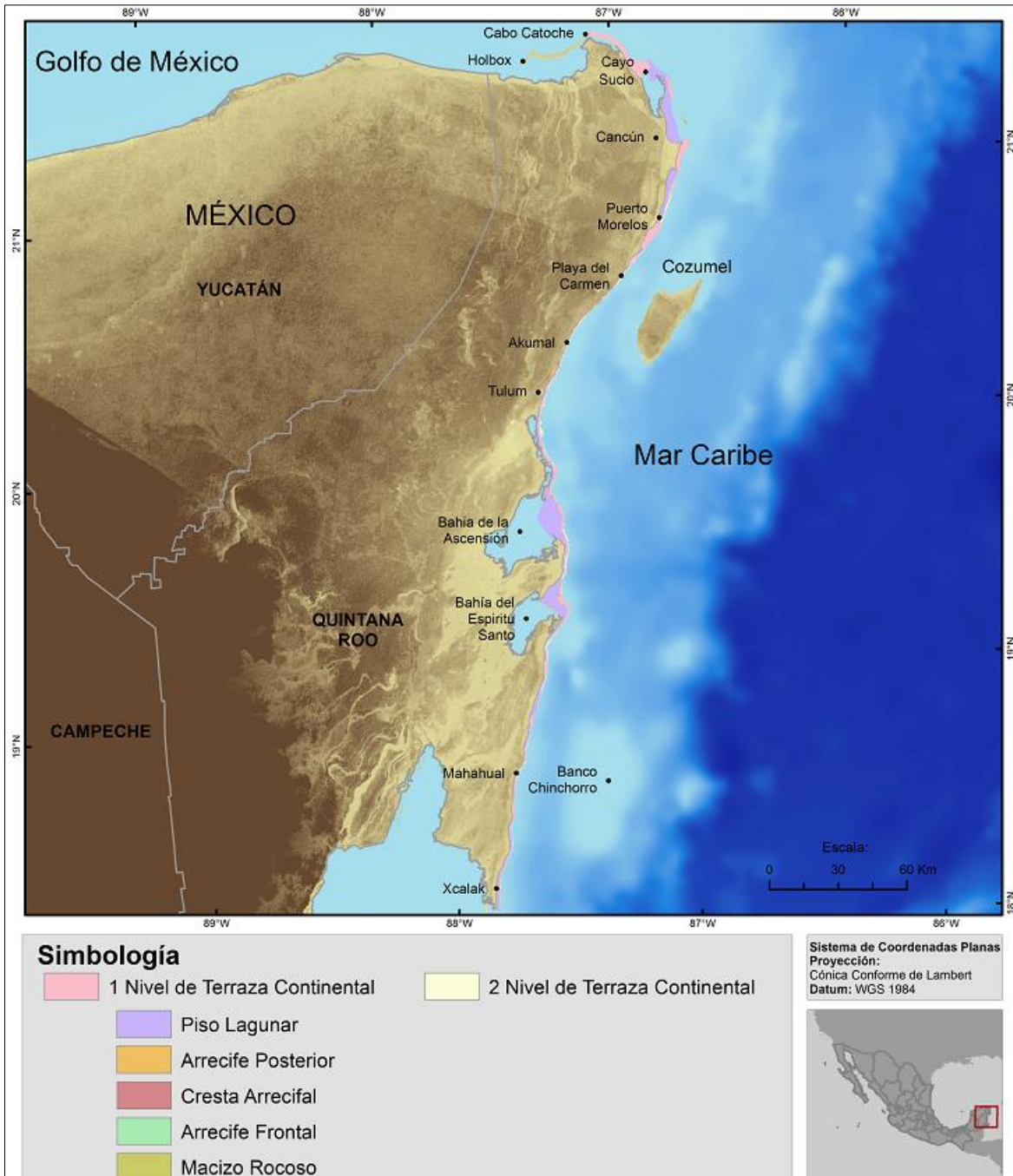


Figura 21. Relieve Submarino de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano desde Cabo Catoche hasta Xcalak. Fuente: Cerdeira-Estrada *et al.* 2018.

De acuerdo con esta clasificación jerárquica, la mayor parte del Sistema Ambiental Regional se encuentra en el Primer Nivel de Terraza Continental; y el resto del SAR se ubica en el Piso Lagunar (Cerdeira-Estrada *et al.* 2018). De tal forma que el relieve



del SAR no presenta variaciones importantes, alcanzando una profundidad promedio de 20 m.

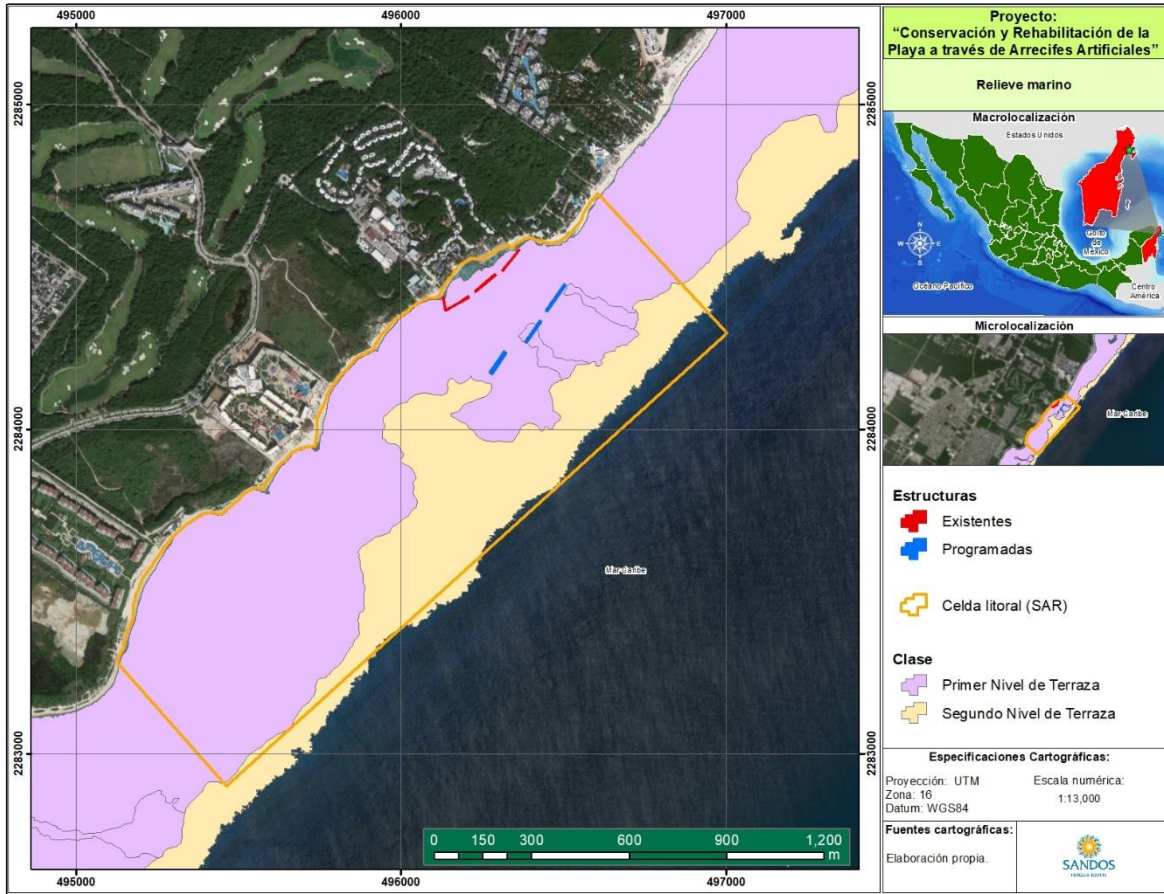


Figura 22. Relieve marino del Sistema Ambiental Regional del proyecto. Fuente: Cerdeira-Estrada *et al.* 2018.

IV.2.1.5.1 Fallas y fracturamientos

La sección de la plataforma continental donde se encuentra ubicado el Sistema Ambiental Regional del proyecto, es muy estrecha. Esto se debe a la existencia de una serie de fallas que separan las placas tectónicas norteamericana y del Caribe. Justo en el canal entre la península y Cozumel se tiene una de esas fallas, lo que hace que dicho canal sea profundo, aproximadamente 500 m. Se sabe que, sobre las plataformas estrechas, los sedimentos no son retenidos por mucho tiempo sobre las playas, aunque en el área de Playas del Carmen, la presencia de barreras arrecifales contribuye a la retención de sedimentos. Por lo tanto, se plantea la



hipótesis de que existe una pérdida de arena desde la plataforma interna hacia el fondo del canal (Guido *et al.* 2009).

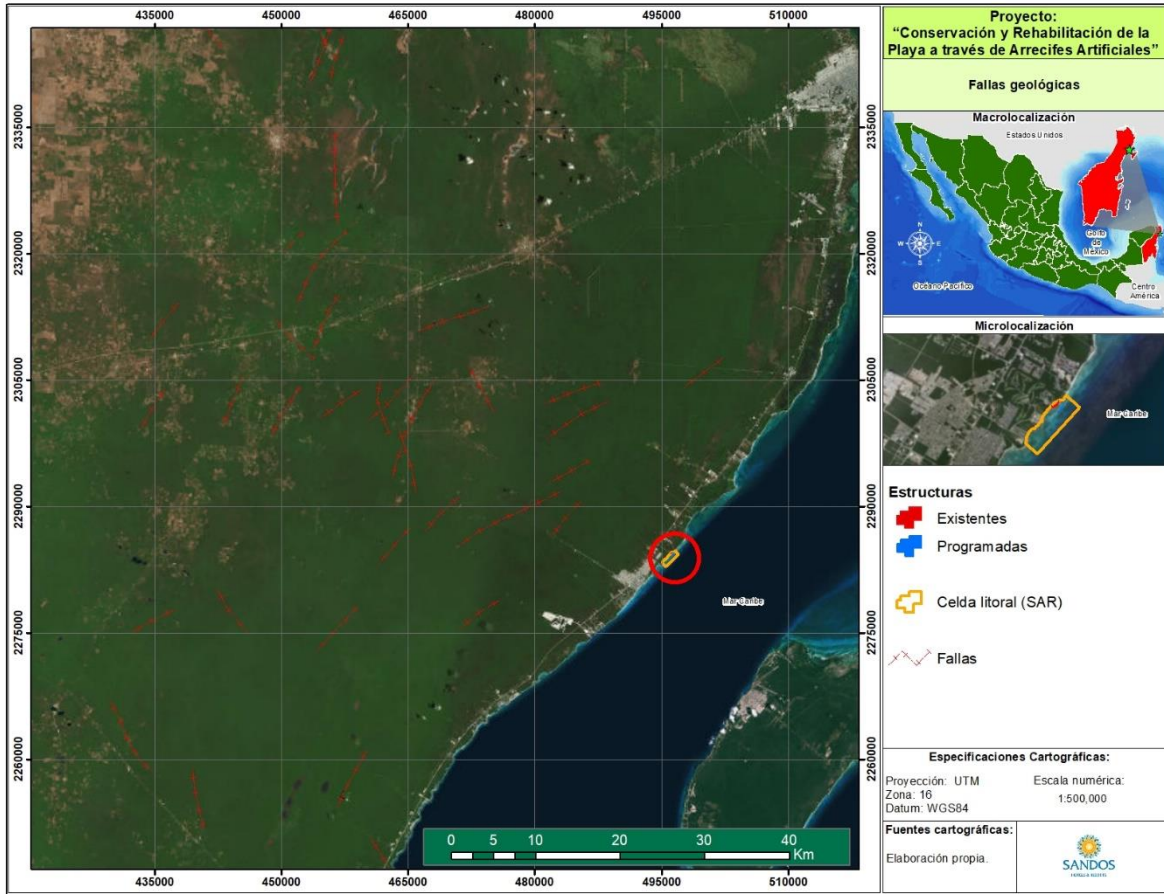


Figura 23. Se observa la plataforma continental, junto con la barrera de arrecifes de coral y **fallas geológicas**.

IV.2.1.6 Hidrología

Aunque la porción continental no forme parte del Sistema Ambiental Regional (SAR) marino del presente proyecto, a continuación, se realiza una descripción de la hidrología superficial y subterránea adyacente al SAR, con el fin de describir si existen desembocaduras de ríos u ojos de agua provenientes del continente y que pudieran verse afectados por el desarrollo del proyecto.

IV.2.1.6.1 Hidrología superficial

La parte continental adyacente al Sistema Ambiental Regional del proyecto forma parte de un tipo de **cuenca arreica**, la cual es un tipo de cuenca hidrográfica que no posee ningún tipo de conexión aparente con ríos o flujo de agua que muevan el líquido estancado dentro de la propia cuenca. En este sentido, el agua se evapora del terreno o se filtra por debajo de la tierra. Este tipo de cuencas forman concentraciones de agua en forma de lagos pequeños que se filtran por debajo de la superficie y se concentran debajo de la tierra.

La parte continental adyacente al Sistema Ambiental Regional forma parte de la **Región Hidrológica (RH) 32 Yucatán Norte**; no existen corrientes de agua superficial, a causa de la ausencia de relieve prominente y de la alta permeabilidad del substrato geológico, consistente principalmente de roca caliza, y al poco espesor del suelo. Esto origina cenotes y corrientes subterráneas (INEGI 2002).

Al no poderse desarrollar las corrientes superficiales, la porción del agua de precipitación que resta a la evaporación es absorbida por las plantas y suelos, y el resto satura el terreno, colma el bajo relieve y se infiltra en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas en cavernosidades de desarrollo muy complicado, trabajo efectuado por las propias aguas infiltradas y regidas según las zonas de menor resistencia de las rocas y por las fracturas existentes, favorecido además este fenómeno por el pequeño espesor de los suelos y la espesa cobertura vegetal; de manera que todos los sitios que reciben la lluvia, constituyen zonas de recarga del acuífero, es decir toda la superficie del estado de Quintana Roo. Asimismo, el relieve plano con muy poca elevación sobre el nivel del mar que, aunado con la cercanía a este último, ocasiona que se relacionen también con la influencia de las mareas (INEGI 2002).

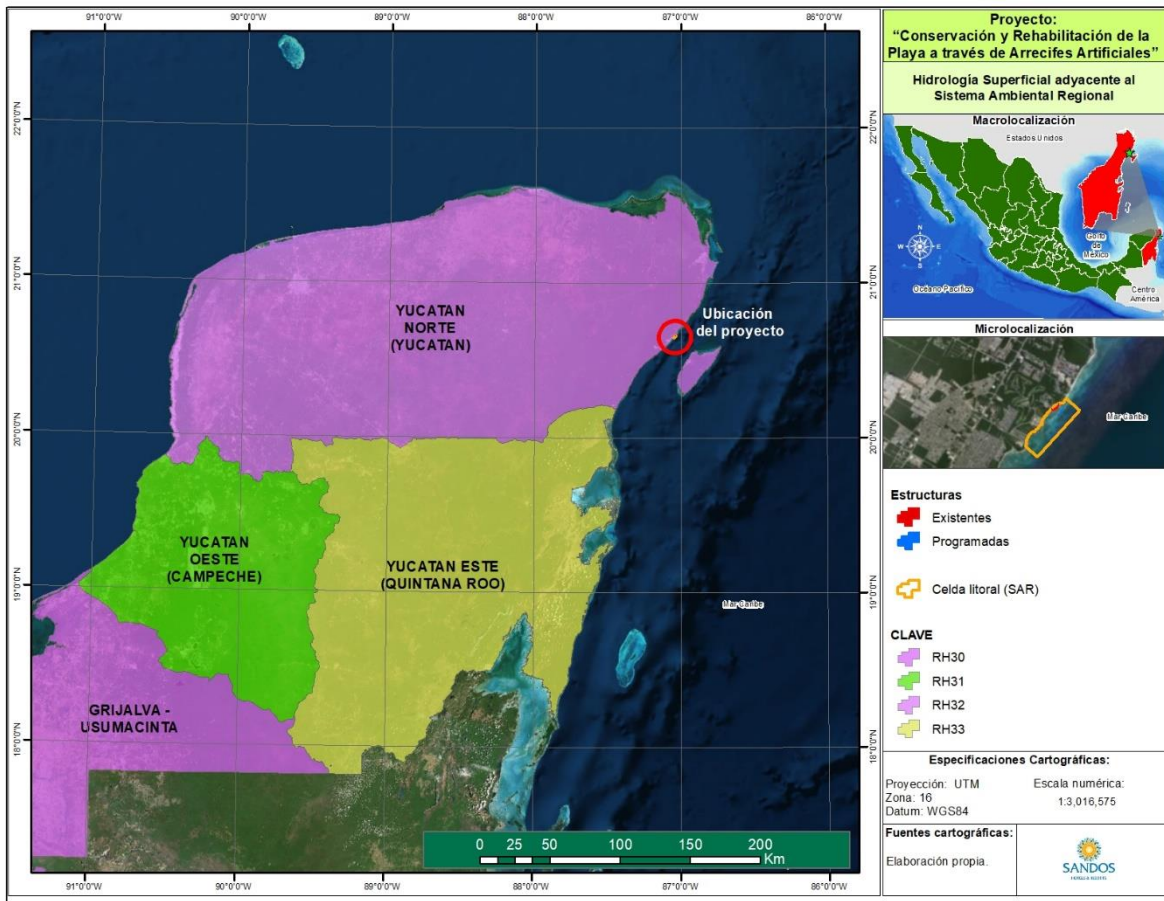


Figura 24. Hidrología superficial adyacente al Sistema Ambiental Regional del proyecto. Fuente: CONAGUA (2017).

IV.2.1.6.2 Hidrología subterránea

Adyacente al **Sistema Ambiental Regional del proyecto se ubica el acuífero 3105 Península de Yucatán**. De este acuífero se extraen aproximadamente 1,300 millones de m³/año. De estos, el estado de Quintana Roo extrae aproximadamente 219 millones de m³/año, que representa 17% de lo que se extrae de este acuífero. Este acuífero está formado por trece Unidades Hidrológicas, seis ubicadas en Quintana Roo: Cerros y Valles, Cuencas Escalonadas, Planicie Interior, Costas Bajas, Costera e Isla de Cozumel; tres en Campeche: Cerros y Valles, Costera y Xpujil y los cuatro restantes en Yucatán: Costera, Círculo de Cenotes, Planicie Interior y Cerros y Valles. El acuífero adyacente al **Sistema Ambiental Regional** del proyecto se localiza en la **Unidad Hidrológica Planicie Interior** (CONAGUA 2015).

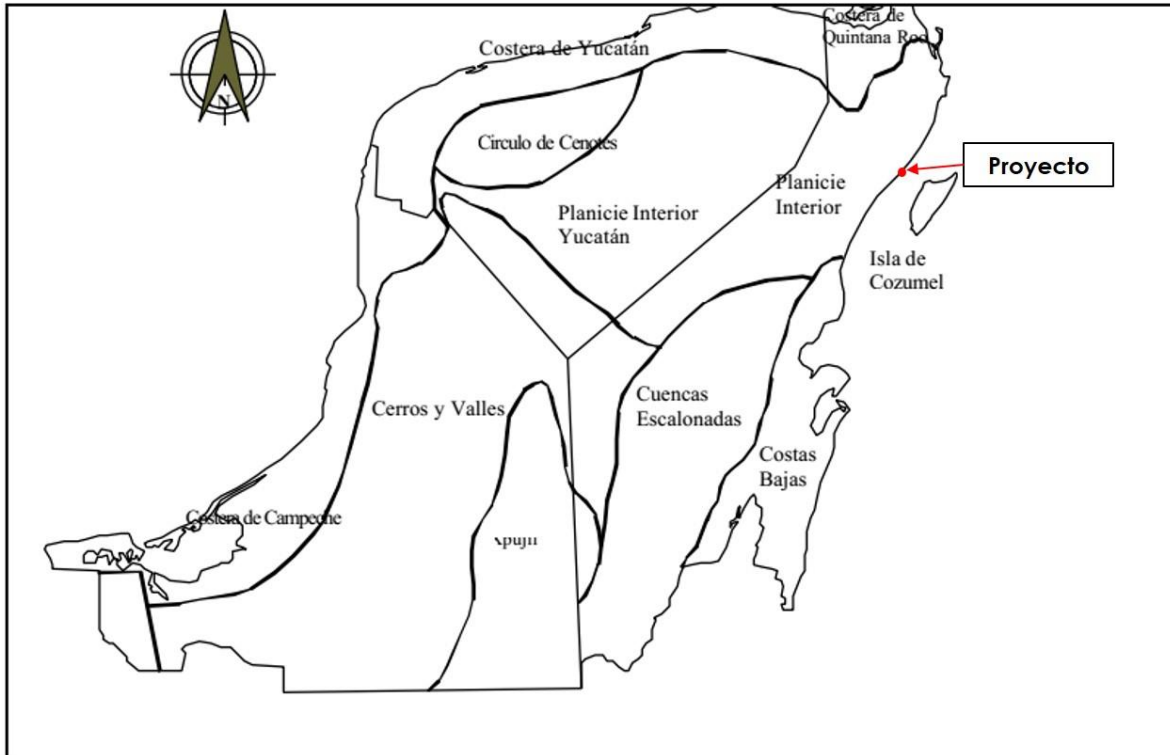


Figura 25. Ubicación de las Unidades Hidrológicas de la Península de Yucatán. Fuente: CONAGUA (2015).

El **Acuífero 3105 Península de Yucatán** presenta una **recarga total media anual** de **21,813.40 Mm³/año**, correspondiente a la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural por infiltración, más la recarga inducida. Por otra parte, las **descargas naturales comprometidas** del Acuífero son: 1) las descargas naturales que tienen lugar hacia el mar (Dn) y 2) la salida por flujo subterráneo (Sh). El volumen calculado es del orden de **14,542.2 Mm³/año**. Asimismo, el **volumen anual de extracción**, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el **Registro Público de Derechos de Agua (REPGA)**, de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002, es de **1,511,978,972 m³/año** (CONAGUA 2015).

De acuerdo con CONAGUA (2015), la disponibilidad de aguas subterráneas, se obtiene de restar el volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPGA:

$$21'813,400,000 - 14'542,200,000 - 1,511,978,972 = 5'759,221,028$$



La cifra indica que existe del **volumen disponible** de 5,759,221,028 m³ anuales para nuevas concesiones en el Acuífero Península de Yucatán (CONAGUA 2015).

Con respecto a la calidad del agua del Acuífero Península de Yucatán, se ha encontrado contaminación fecal en el agua subterránea de sitios turísticos y no turísticos de la costa de Quintana Roo, en algunos casos, la contaminación del acuífero se debe al turismo (Bautista 2011).

Una vez en el acuífero, los contaminantes disueltos (*i.e.*, residuos fecales, materia orgánica, nitrógeno, compuestos químicos, detergentes, así como metales pesados y bacterias) fluyen a través del laberinto de cuevas subterráneas, y pueden descargar al mar, y, por ende, al Sistema Ambiental Regional del proyecto, lo que podría afectar el equilibrio natural del ecosistema marino (Gondwe 2010, González *et al.* 2018). La capacidad de dispersión de contaminantes ha sido modelada frente a la costa de Playa del Carmen, obteniéndose velocidades superficiales con magnitudes mayores a 1 m/s, lo cual pone de manifiesto la rapidez con que migran los contaminantes disueltos en el agua (Carrillo Bribiezca 2008).

Así, las aguas contaminadas no solo representan un serio riesgo para la salud humana, sino también para los extensos humedales costeros y los ecosistemas marinos, ya que la contaminación marina puede darse tanto a través de las aguas que fluyen directamente de los humedales, como de los manantiales que descargan de modo directo en el mar Caribe (González *et al.* 2018). En consecuencia, en el Sistema Ambiental Regional del proyecto se pueden esperar condiciones de contaminación.

IV.2.1.6.3 Hidrología marina

El **Sistema Ambiental Regional del proyecto se encuentra ubicado en las aguas del Mar Caribe**, el cual pertenece al océano Atlántico y está situado al este de América Central (Zavala *et al.* 2005). Las aguas del mar Caribe se forman principalmente a expensas de las del Océano Atlántico (Suárez y Rivera 1998). Estas aguas son cálidas, claras, menos salinas que las del Atlántico, circulan en sentido antihorario, biológicamente pobres y muy escasas en pesca, pero a la vez albergan uno de los ecosistemas más ricos del planeta (Morales, 2004, Zavala *et al.* 2005).

La **salinidad** superficial de la zona costera de Quintana Roo es del orden de 36 Unidades Prácticas de Salinidad (PSU) hasta una profundidad de 30-50 m. Por debajo de esta zona isohalina se encuentran aguas con salinidad superior (ca. 37



PSU), de origen subtropical (Suárez y Rivera 1998). Por otro lado, la **temperatura** superficial promedio oscila entre 27 y 28 °C. En la zona arrecifal frente a la porción central de Quintana Roo se han registrado valores medios de temperatura variables (25-31°C), con promedios menores en febrero (25.5 °C) y un incremento en marzo-mayo (28.5 °C). Los mayores valores ocurren en junio y julio (30.5 °C). En esta misma zona la salinidad varía de 32-36 PSU, la menor en febrero (32.3 PSU) y la mayor en junio (35 PSU). Estos valores e intervalos podrían considerarse representativos para toda la costa de Quintana Roo en condiciones similares (Suárez y Rivera 1998).

Por otra parte, la composición del agua y el tipo de fondo del océano determinan su **color**. En océanos con poca productividad o escasa materia orgánica particulada o disuelta, las partículas reflejan longitudes de onda del espectro visible de la luz, por ello su color es azul. También es azul cuando son áreas profundas y los rayos del sol al entrar en el agua se dispersan (CCO 2016). En este sentido, las aguas del Mar Caribe, y, en consecuencia, del Sistema Ambiental Regional del proyecto, son muy escasas en sustancias y microorganismos flotantes, por ese motivo tiene esos colores azul turquesa intenso en sus aguas, que se oscurece en zonas de mayor profundidad alejado de las costas y se enverdece en zonas con vegetación en el fondo marino, consecuencia de algas y otra flora marina autóctona.

IV.2.1.6.3.1 Batimetría

Para determinar la profundidad marina en el frente marítimo y zona de playa del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, se realizó un levantamiento batimétrico con un ecosonda Garmin Echomap Chirp 72 cv., con la intención de tener una batimetría de alta resolución, los transectos están espaciados en promedio a 20 m de distancia. En la siguiente figura se muestra la trayectoria esquemática del levantamiento batimétrico.

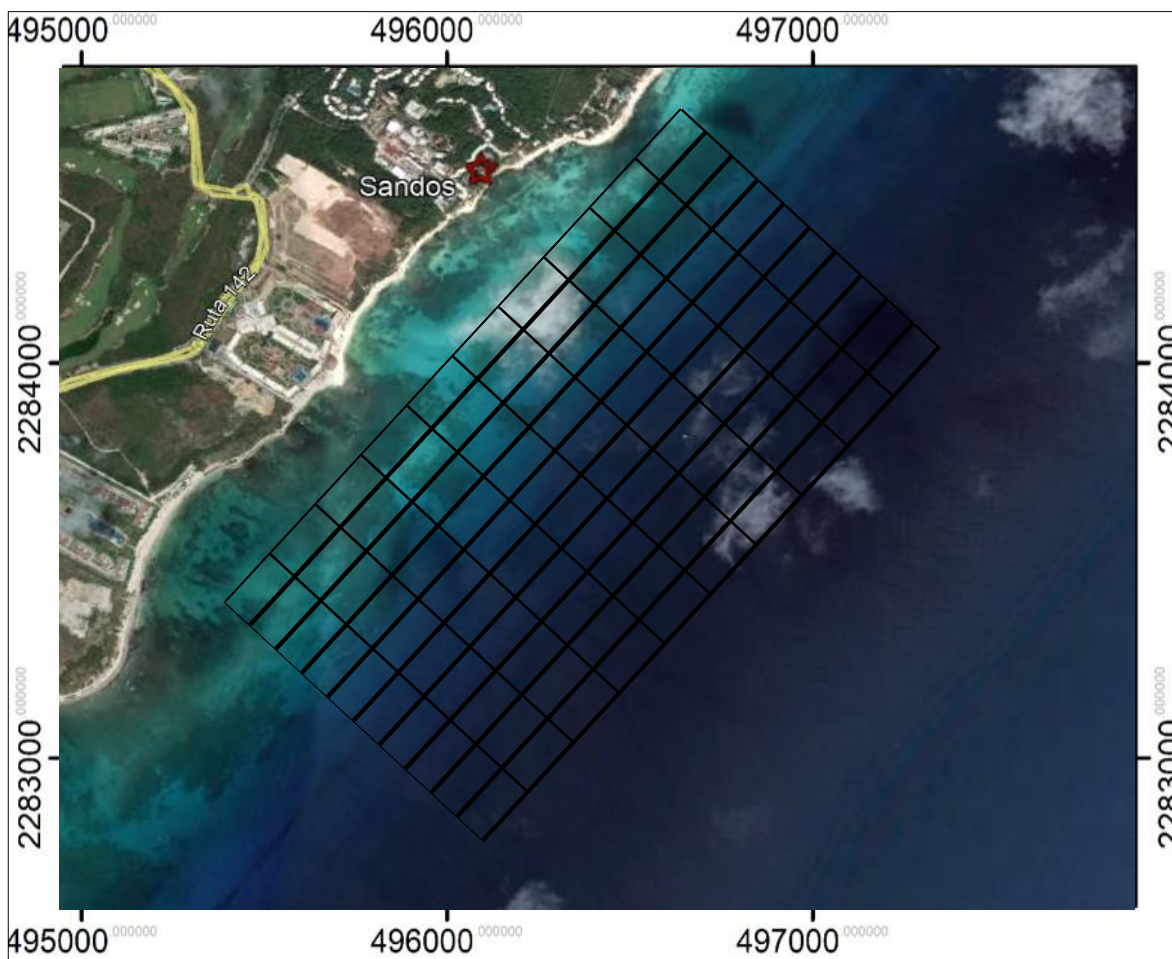


Figura 26. Trayectoria esquemática del levantamiento batimétrico.

Los datos recabados en el trabajo de campo se procesaron interpolando los transectos para generar un modelo digital de elevaciones y a su vez integrar la topografía levantada, por lo tanto, el resultado fue un modelo topo-batimétrico con una resolución de 4 m.



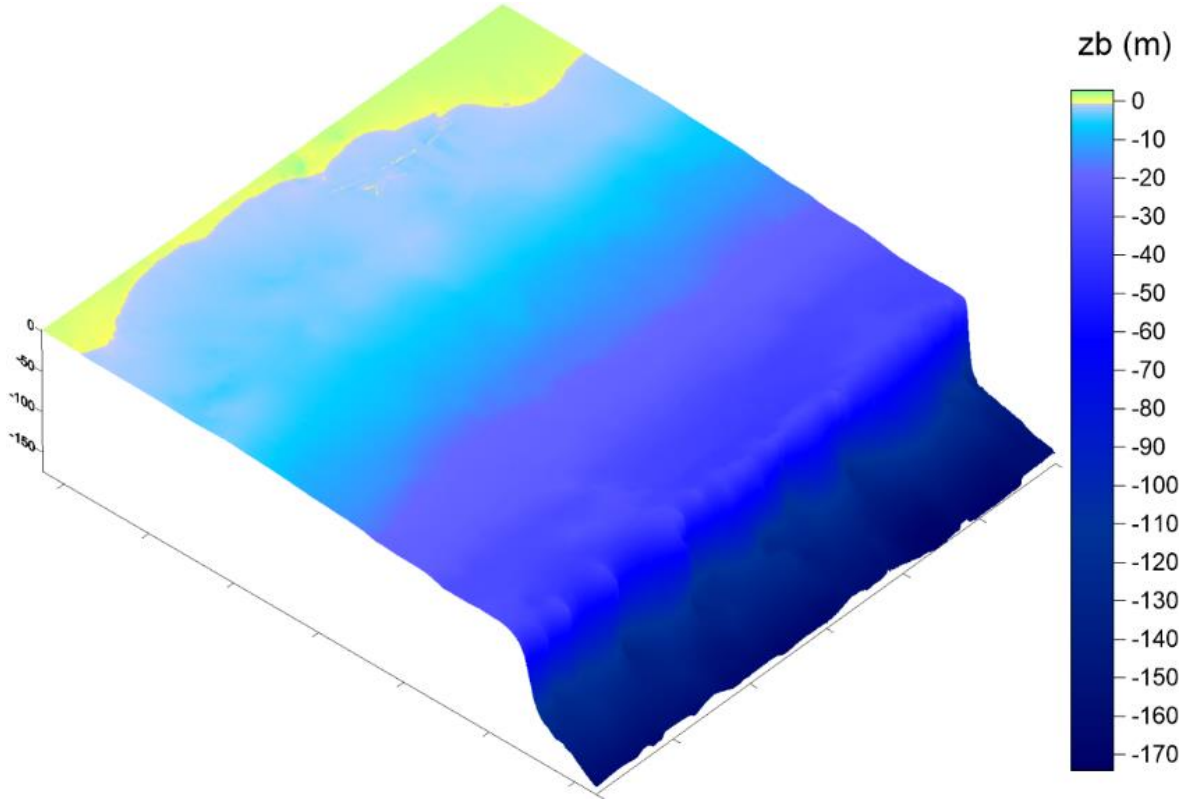


Figura 27. Modelo digital de elevaciones de alta resolución en 3D.

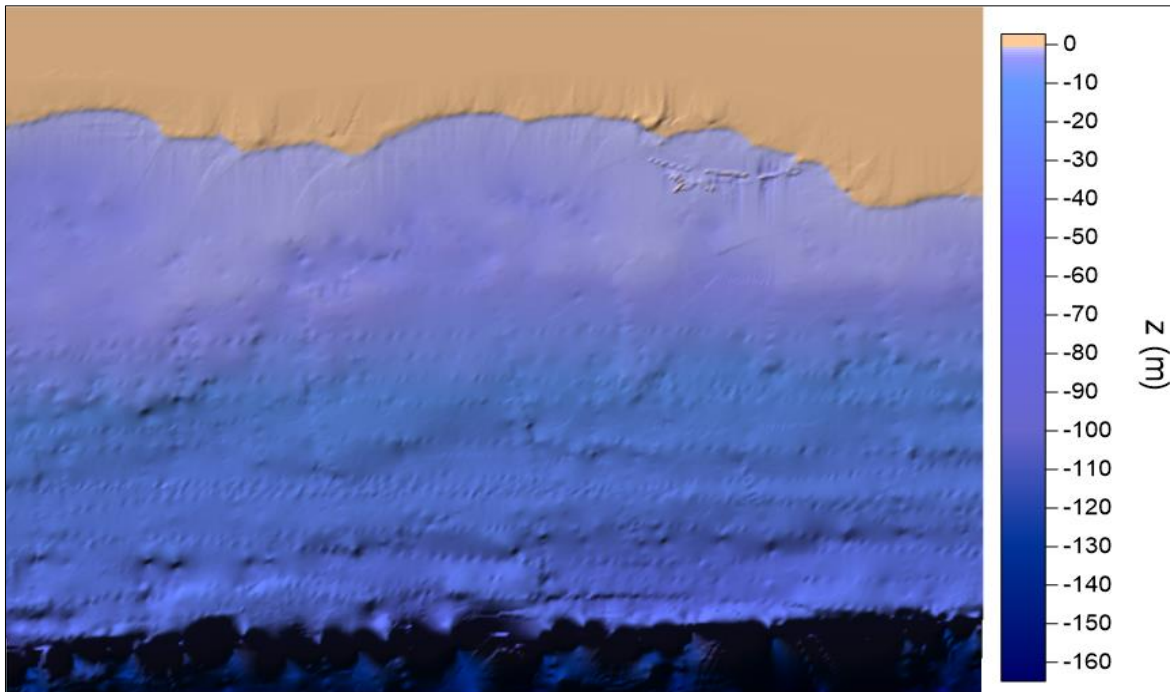


Figura 28. Modelo digital de elevaciones de alta resolución visto en planta.

Así, la profundidad del mar dentro del Sistema Ambiental Regional, presenta valores que van de los 0 a los -20 metros, como se puede observar en la siguiente figura. En la parte este de todo el Sistema Ambiental Regional (SAR) la profundidad aumenta conforme se aleja de la playa; no obstante, en el extremo noreste del SAR, se encuentra la parte más profunda del mar con -20 m; mientras que, en el extremo sureste del SAR, las profundidades alcanzan los -15 m.

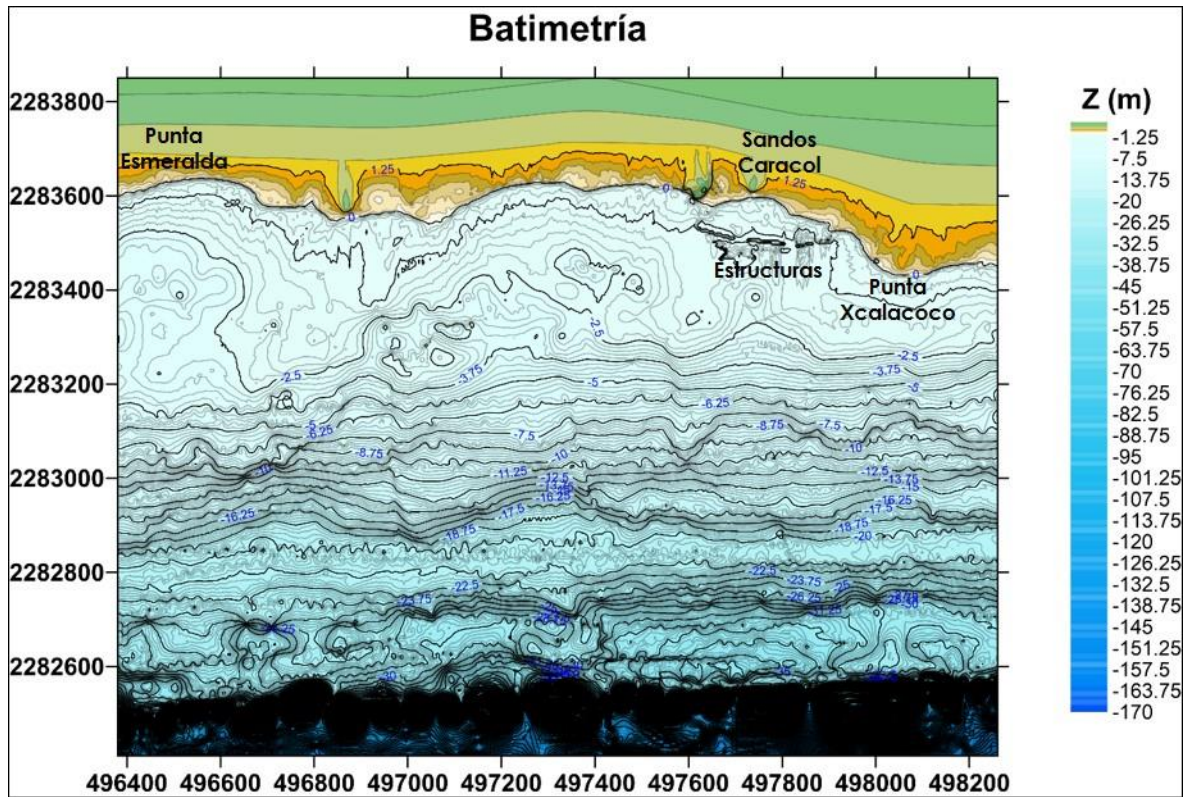


Figura 29. Batimetría en el Sistema Ambiental Regional.

IV.2.1.6.3.2 Viento

El **Sistema Ambiental Regional** del proyecto, se ubica en el océano tropical en el que soplan fuertemente los vientos Alisios (CCO 2016). Los vientos Alisios soplan en los océanos Pacífico y Atlántico; se generan por un efecto convectivo global conocido como células climáticas de convección. Los vientos alisios se sitúan entre el ecuador y los trópicos, en la célula conocida como Célula de Hadley. En condiciones normales, la presión atmosférica en el ecuador es inferior a la de los trópicos, debido a su mayor temperatura, y, por lo tanto, el aire tiende a circular de norte a sur (en el hemisferio norte) y de sur a norte (en el hemisferio sur). Pero al combinarse con la rotación de la Tierra (efecto de Coriolis), la dirección real en que soplan es de noreste a suroeste en el hemisferio norte, y de sureste a noroeste en el hemisferio sur. Su velocidad es de unos 20 kilómetros hora (UPC 2018). De manera bibliográfica y de acuerdo con Suárez y Rivera (1998), en el Sistema Ambiental Regional del proyecto, en invierno, los vientos dominantes provienen del norte, mientras que el resto del año, provienen del sureste.

IV.2.1.6.3.3 Oleaje

Las **olas** son el movimiento ondulatorio de la superficie del océano debido especialmente a los vientos. Vientos fuertes producen olas más grandes y anchas. Las olas mueven el agua, pero no la desplazan. Solo cuando la ola choca contra el fondo es cuando el movimiento se transforma en desplazamiento en la misma dirección de la ola (CCO 2016). Es importante resaltar que esta zona es altamente vulnerable a fenómenos climáticos extremos como tormentas tropicales y huracanes que son generadoras de oleaje y mareas de tormenta que pueden afectar a los ecosistemas costeros.

La Isla de Cozumel protege de cierto modo a la playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort (H.S.C.E.R.); es decir, el oleaje que se genera en aguas profundas, cuando viaja incide sobre la Isla de Cozumel, y a su vez, el oleaje que se propaga desde la Isla hacia la playa del hotel es de menor energía que aquel oleaje que incide sobre la Isla.

Para determinar el clima marítimo, se realizó el modelo de propagación del oleaje usando la base de datos extraída del análisis del modelo Wave Watch III (WWIII), el cual es un modelo de tercera generación, que resuelve la ecuación de conservación de la densidad espectral de la acción de onda (Tolman 2009). Los datos fueron extraídos de la celda situada en las coordenadas UTM X 500000, Y 2285257.48023301 a una distancia de 3.12 km de la línea de costa (Figura 30). Esta base de datos se encuentra disponible en línea: <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/index2.shtml> (ver Anexo II).



Figura 30. Ubicación de la celda del Wave Watch III con datos de oleaje.

A partir de la caracterización del clima marítimo se obtuvo también la: 1) Función de distribución de la altura de la ola H_s , donde el: cuartil 25% = 0.29 m (*i.e.*, 75% de las olas superan 0.29 m), cuartil 50% = 0.39 m (*i.e.*, 50% de las olas superan 0.39 m), 75% = 7.62 s (*i.e.*, 25% de las olas superan 7.62 s); 2) Rosa de oleaje, que muestra la dirección de procedencia del oleaje: **E** = Este, **N** = Norte, **O** = Oeste y **S** = Sur; 3) Tabla de probabilidad de dirección de oleaje; y, 4) Función de distribución conjunta de H_s - T_p , donde T_p es el periodo pico de las olas y el cuartil 25% = 5.21 s (*i.e.*, 75% del periodo pico de las olas superan 5.21 s), cuartil 50% = 6.37 s (*i.e.*, 50% del periodo pico de las olas superan 6.37 s), 75% = 7.62 s (*i.e.*, 25% del periodo pico de las olas superan 7.62 s) (Ver detalle en Anexo II).

Como **resultado** se obtuvo que el oleaje tiene diferentes direcciones dependiendo de los fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en cada época del año (**rosa de oleaje** figura siguiente). Durante primavera y otoño ocurren "suradas" donde la dirección de procedencia del oleaje es S, SSE y SE que en total suman 24.19% del registro del oleaje. Asimismo, a finales de primavera y hasta inicios de



otoño ocurre la temporada de huracanes; durante esos meses la dirección predominante del oleaje es E, ENE y ESE que corresponde a 55.13% del registro. Finalmente, en los meses de finales de otoño, invierno e inicios de primavera, ocurren “nortes”, donde la dirección de procedencia del oleaje es N, NNE y NE, que en conjunto suma 19.02% del registro del oleaje.

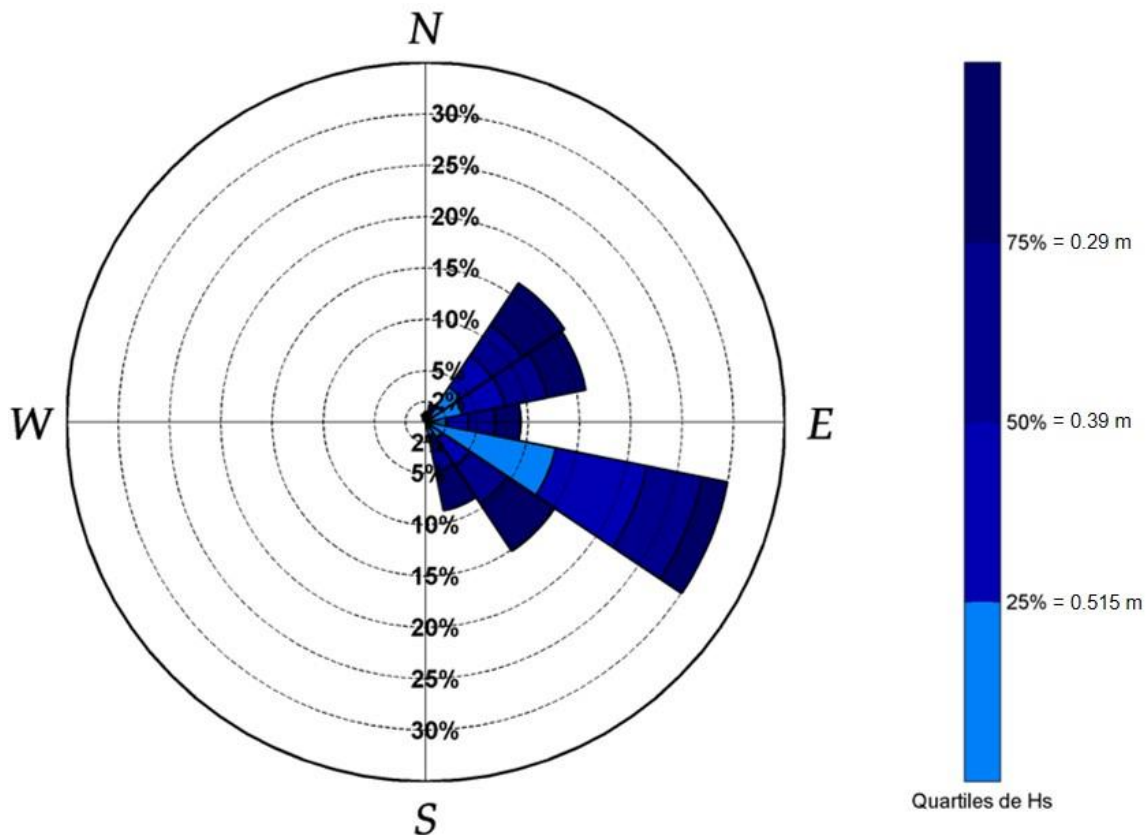


Figura 31. Rosas de oleaje.

Con respecto a la **altura de la ola**, en condición de nortes, la altura de la ola varía de 0.41 a 1.41 m; en condición de huracanes la altura de la ola va de 0.32 a 1.2181 m; y finalmente, para la condición de suradas la altura de la ola va de 0.45 a 4.49 m.

Tabla 5. Resumen estadístico de la serie de la altura de la ola Hs. Hs12 es la altura de ola significante excedida 12 veces al año en régimen medio.

Dirección	Probabilidad	Hs _{50%}	Hs _{90%}	Hs _{95%}	Hs ₁₂
N	0.0099	0.470	0.730	0.9600	1.2977
NNE	0.0179	0.410	0.730	1.1100	1.3947
NE	0.1624	0.410	0.730	1.1421	1.4125
ENE	0.1589	0.400	0.640	0.9500	1.2181
E	0.0925	0.420	0.640	0.9000	1.1412
ESE	0.2999	0.320	0.500	0.7600	1.0889
SE	0.1510	0.460	0.740	1.1300	1.6400
SSE	0.0880	0.480	0.810	1.2000	1.5982
S	0.0029	0.450	1.730	4.1488	4.4900
SSW	0.0007	0.280	0.715	4.0450	4.2700
SW	0.0005	0.280	0.850	3.4089	3.4200
WSW	0.0006	0.355	0.879	1.7184	1.8000
W	0.0010	0.355	0.730	0.9976	1.0100
WNW	0.0017	0.390	0.700	0.8800	0.9000
NW	0.0041	0.430	0.720	0.9260	1.0542
NNW	0.0080	0.470	0.750	0.9800	1.0725

Tabla 6. Resumen estadístico de la serie del periodo pico del oleaje Tp. Tp12 es el periodo de la ola significante excedida 12 veces al año en régimen medio

Dirección	Probabilidad	Tp _{50%}	Tp _{90%}	Tp _{95%}	Tp ₁₂
N	0.0099	2.8300	3.4200	4.1835	5.8800
NNE	0.0179	3.1800	7.5950	10.2520	10.9491
NE	0.1624	6.0200	7.4500	8.9621	10.6127
ENE	0.1589	5.9100	7.2300	8.4000	9.3781
E	0.0925	6.1400	7.5900	8.8700	11.8063
ESE	0.2999	8.1600	9.3900	10.3800	12.2778
SE	0.1510	6.1600	7.6500	9.0600	10.7303
SSE	0.0880	5.600	7.2300	8.5000	9.3664
S	0.0029	3.6550	7.9420	9.6744	9.8600
SSW	0.0007	2.4500	4.0750	7.3580	7.5500
SW	0.0005	2.3300	3.9040	6.3188	6.3200
WSW	0.0006	2.4400	3.8650	4.9428	5.0100
W	0.0010	2.5155	3.5600	5.5200	7.6900
WNW	0.0017	2.6600	3.4000	3.8210	3.9500

Dirección	Probabilidad	Tp _{50%}	Tp _{90%}	Tp _{95%}	Tp ₁₂
NW	0.0041	2.7950	3.3100	3.7580	5.5952
NNW	0.0080	2.8400	3.4500	3.9541	6.6838

IV.2.1.6.3.4 Corrientes

Las corrientes marinas son como ríos que viajan a diferente velocidad y profundidad, transportando tanto organismos como alimentos. Pueden ser causadas por el viento y otras por los cambios de densidad debido a variaciones en la temperatura y en la salinidad. Cuando son originadas por el viento, la energía en superficie es transmitida hacia abajo en la columna de agua, pero la velocidad y dirección de los movimientos cambian con la profundidad. En la superficie, las corrientes se mueven en el sentido del viento, pero las capas inferiores reciben menor cantidad de energía lo que hace que disminuya su velocidad. A esto se suma la fuerza de Coriolis que causa en los objetos que se desplazan, un giro hacia la derecha o izquierda dependiendo de dónde se ubique éste, (en el hemisferio norte o sur, respectivamente), haciendo que cada una de estas capas presente una desviación con respecto a la capa inmediatamente superior. Esto crea un movimiento en espiral conocido como “espiral de Ekman” cuyos efectos alcanzan entre los 100 a 150 m de profundidad (CCO 2016).

Las corrientes superficiales más importantes en el océano se encuentran en el Atlántico: la corriente Ecuatorial que viene de África hacia América y la del Golfo que va de América hacia Europa; en el Pacífico, está la corriente Ecuatorial del Norte y del Sur, y la de Perú o Humboldt que viene del polo sur hacia el norte y pasa cerca del Ecuador. En el océano Índico se presenta la corriente de Agulhas. Las corrientes pueden ser frías, como la de Humboldt, o cálidas como la del Golfo que viaja por el Caribe hacia el norte y llega cerca de Groenlandia (CCO 2016).



Figura 32. Corrientes oceánicas: frías (azul) y cálidas (rojas). Fuente: CCO 2006.

El **Sistema Ambiental Regional (SAR)** del proyecto **está dominado por la Corriente del Caribe** que corre de sur a norte, en forma paralela a la línea de costa, **frente al estado de Quintana Roo** (Zavala *et al.* 2005). La Corriente del Caribe se forma a partir de la Corriente de Guayana, con mezcla de aguas del Mar Caribe y del Mar de los Sargazos (Suárez y Rivera 1998). Esta corriente presenta un flujo de 25 a 35 millones de m³/s (Zabala *et al.* 2005), tal cantidad de agua equivale a 120 veces el desfogue máximo del Amazonas (Morales 2004); la corriente, tiene además, una velocidad promedio de 80 cm/s en la superficie, y hasta 150 cm/s a una profundidad de 300 m (Reyes 2005); **al pasar por el Canal de Yucatán recibe el nombre de Corriente de Yucatán** (Zavala *et al.* 2005). Este flujo de agua es la principal fuente que irriga al Golfo de México y da origen a la Corriente de Lazo, que sale al Atlántico Norte por el Estrecho de Florida como las Corrientes de Florida y del Golfo (Zabala *et al.* 2005).

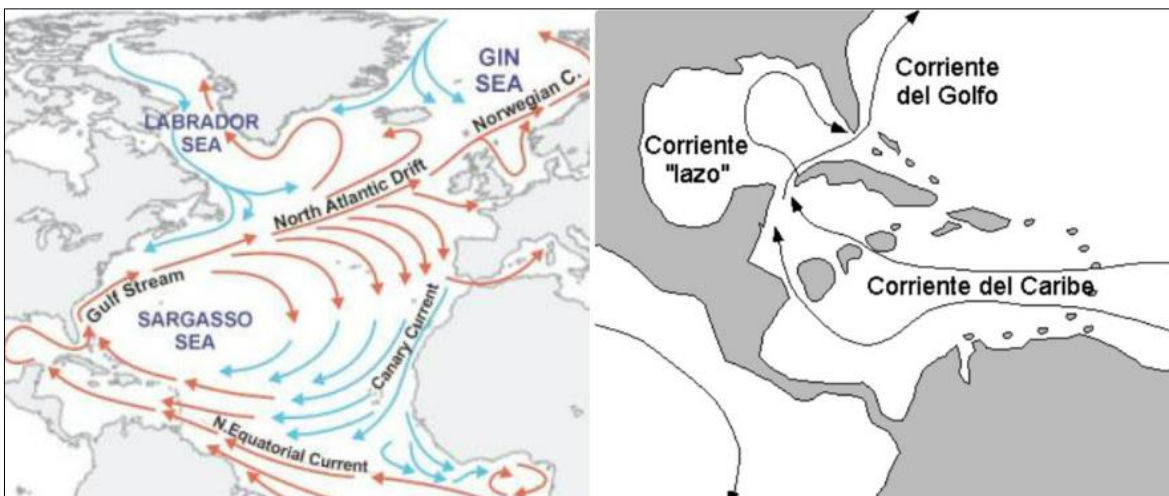


Figura 33. Corriente del Caribe en el Mar Caribe de México. Fuente: figura izquierda Masmar 2013; figura derecha Iturralde-Vinent 2003.

La diferencia de profundidades entre los canales de Yucatán y la Florida, no permite la evacuación de toda el agua que penetra al Golfo de México por el Canal de Yucatán, a través del canal de la Florida. El exceso resultante debe regresar al Mar Caribe utilizando la única vía posible. Es por esa razón que en los niveles intermedios y profundos se producen corrientes de retorno, de gran importancia para el balance hídrico del Golfo de México y el Mar Caribe. Así, de manera cuasi-permanente se observa un flujo de dirección sur adosado al talud de la plataforma de Yucatán como contracorrientes costeras (Zabala *et al.* 2005).

Esta contracorriente caracteriza a las porciones más internas de la costa quintanarroense, con influencia en los arrecifes, lagunas arrecifales y bahías. La contracorriente es más fuerte a medida que aumenta también la fuerza de la corriente, lo cual sucede aproximadamente a mitad de primavera (Merino 1992). Durante la época de nortes, el régimen de vientos – predominantemente hacia el sur – fortalece la contracorriente (Suárez y Rivera 1998).

Según Merino (1986), la dirección de la corriente (sur-norte) continúa de manera parcial hasta la porción norte de la costa del Caribe de México. La contracorriente (norte-sur) se establece con mayor claridad y fuerza entre dos puntos prominentes del litoral (Merino 1986). La mezcla de ambos flujos forma giros de amplitud variable y de forma longitudinalmente alargada cuyo flujo resultante se dirige hacia la costa. Podría sugerirse que cada sección de la costa separada por una prominencia litoral – o punta – tuviese su propio giro de contracorriente y una misma dinámica dentro de este patrón, en el que el agua se acumula en su porción frontal inferior favoreciendo así un flujo resultante hacia el sur. Además, en estas zonas cóncavas de puntas, ensenadas y otros accidentes costeros, el intenso flujo de la corriente hacia el norte – paralelo a la costa –, genera gradientes negativos de presión, favoreciendo también la formación de giros entre las puntas. En términos hidrodinámicos, este patrón puede resumirse como sigue: la dirección de las aguas superficiales a lo largo del margen oriental de la Península de Yucatán es, finalmente, hacia la costa, por efecto sumado de la corriente sur-norte y de la fisiografía de la costa. Estos patrones pueden tener modificaciones estacionales por efecto de las variaciones temporales en la fuerza de la Corriente de Yucatán (Merino, 1986, 1992). La barrera arrecifal modifica en meso y microescala la circulación costera, y es posible que el giro se debilite por efecto de la presencia de arrecifes de barrera frente a la punta, dificultando la acumulación de agua que regeneraría la contracorriente en este sector (Suárez y Rivera 1998).

Así, la circulación costera podría estar caracterizada por giros seccionales, de amplitud e intensidad variables en la porción sur de las puntas, regenerando la contracorriente hacia el sur (Suárez y Rivera 1998). Tomando en cuenta la disposición de una parte de las prominencias arrecifales a lo largo de la zona costera de Quintana Roo, Suárez y Rivera (1998), construyeron diagramas del flujo de la corriente y la contracorriente en distintas secciones del litoral quintanarroense. En este sentido **para el Sistema Ambiental Regional (SAR)** del proyecto, en la siguiente figura, se observa **de manera general**, que la Corriente del Caribe va de sur a norte; asimismo, a una **escala menor** se observa que **la corriente** del SAR

también **va de norte a sur**, al parecer porque las puntas Maroma y Bete son pronunciadas.

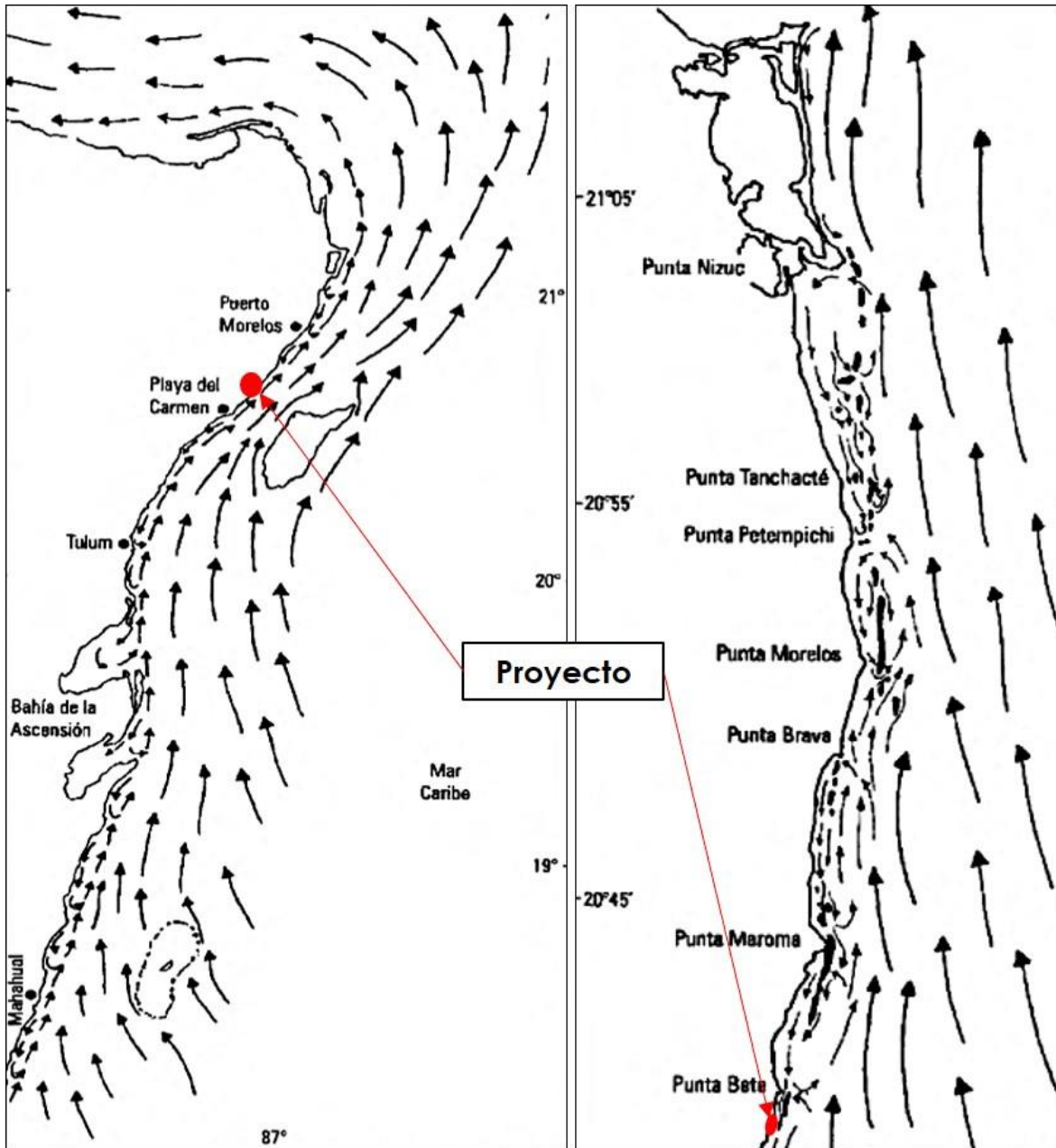


Figura 34. Corriente del Caribe en el Sistema Ambiental Regional del proyecto. Izquierda: general; derecha: a escala menor. Fuente: Suárez y Rivera (1998).

La **velocidad de corriente en el Sistema Ambiental Regional** también se analizó a partir la base de datos extraída del re análisis del modelo Wave Watch III (WWIII), el

cual es un modelo de tercera generación (ver Anexo II). Los datos fueron extraídos de la celda situada en las coordenadas UTM X 500000, Y 2285257.48023301 a una distancia de 3.12 km de la línea de costa (Figura 30). Esta base de datos se encuentra disponible en línea: <<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/index2.shtml>>.

La **velocidad de corrientes** en el Sistema Ambiental Regional se analizó para **cinco escenarios de simulación**: 1) Condiciones normales; 2) Suradas; 3) Norte; 4) Huracán con marea de tormenta; 5) Huracán sin marea de tormenta.

A continuación, se muestran los **resultados de las modelaciones de corrientes**, las cuales dejan ver los vectores de velocidad en cuanto a dirección y magnitud. En las siguientes figuras, los colores indican de azul claro a azul marino velocidades crecientes de corrientes. Para cada una de estas figuras se incluye su descripción y el detalle del sentido de circulación de las corrientes en las playas colindantes al sistema (Anexo II.1).

1) En **condiciones normales**, la velocidad de la corriente es de hasta 0.1 m/s en algunos puntos del Sistema Ambiental Regional. En estas condiciones, la dirección de los vectores con mayor magnitud se encuentra incidiendo perpendicularmente a la playa, que, en términos prácticos, si la magnitud de la velocidad es mayor a la velocidad de inicio de movimiento de sedimento, las partículas de arena son transportadas transversalmente y en aquellas zonas donde el vector velocidad está orientado paralelo a la playa el transporte es longitudinal.

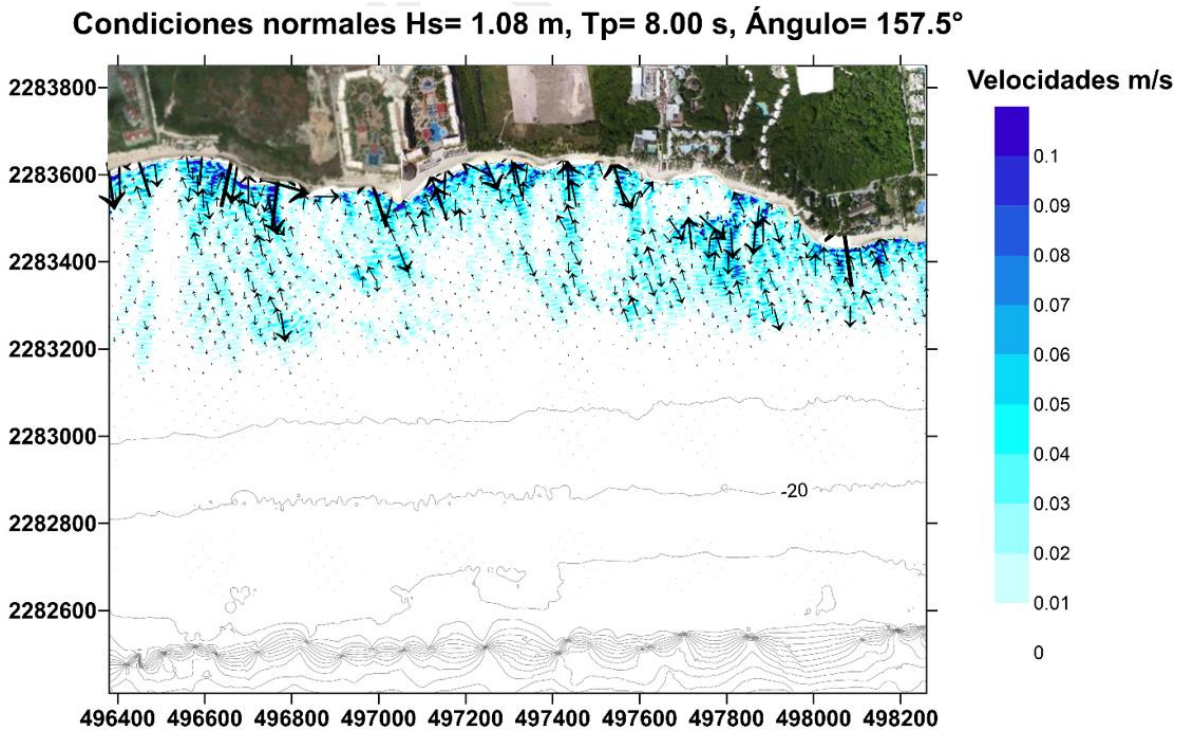


Figura 35. Circulación de corrientes de oleaje en condición normal.

2) En condiciones de **surada**, la velocidad de la corriente es de hasta 0.07 m/s en algunos puntos del Sistema Ambiental Regional. En estas condiciones, se disipa mucha de la energía y las velocidades que llegan a incidir en la playa principalmente tienen dirección hacia el sur y su magnitud es pequeña.

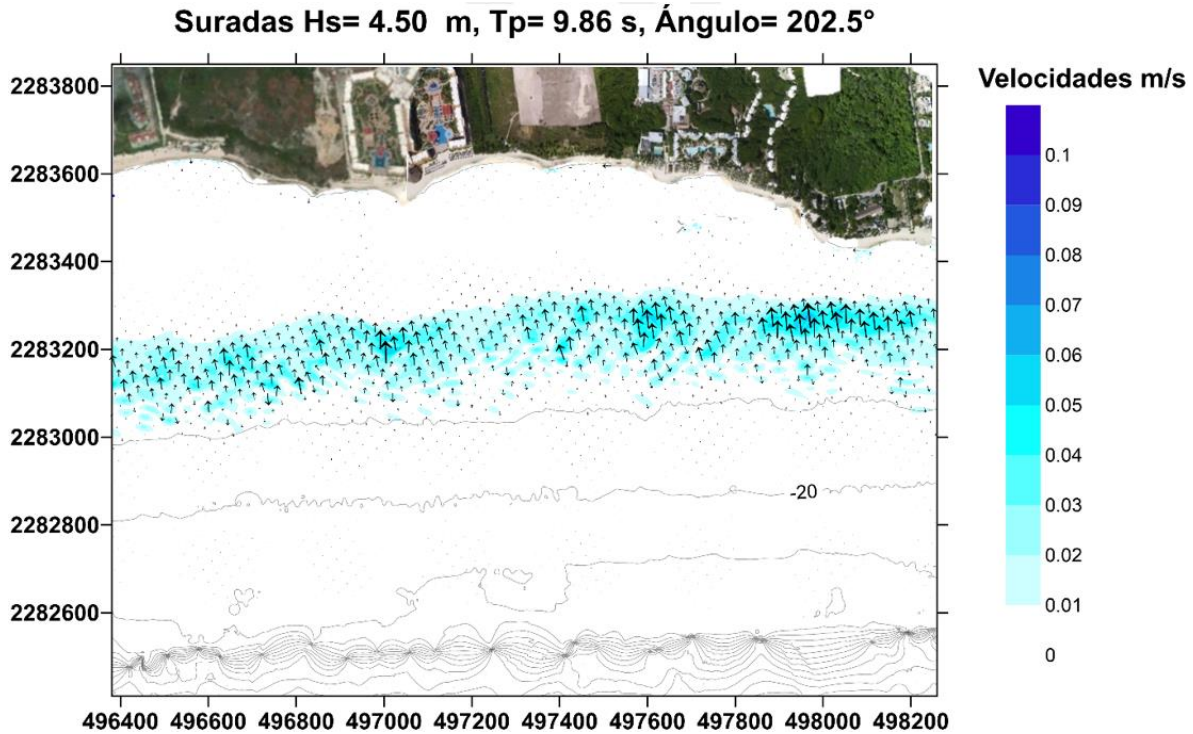


Figura 36. Circulación de corrientes de oleaje en condición de surada.

3) En condiciones de **norte**, la velocidad de la corriente es de hasta 0.09 m/s en algunos puntos del Sistema Ambiental Regional. En estas condiciones, el transporte longitudinal es predominante hacia el sur, aunque existen zonas como el frente del Hotel donde las corrientes son en dirección mar, lo cual significa que la arena es puesta en suspensión y transportada hacia el sur generando un problema de erosión.

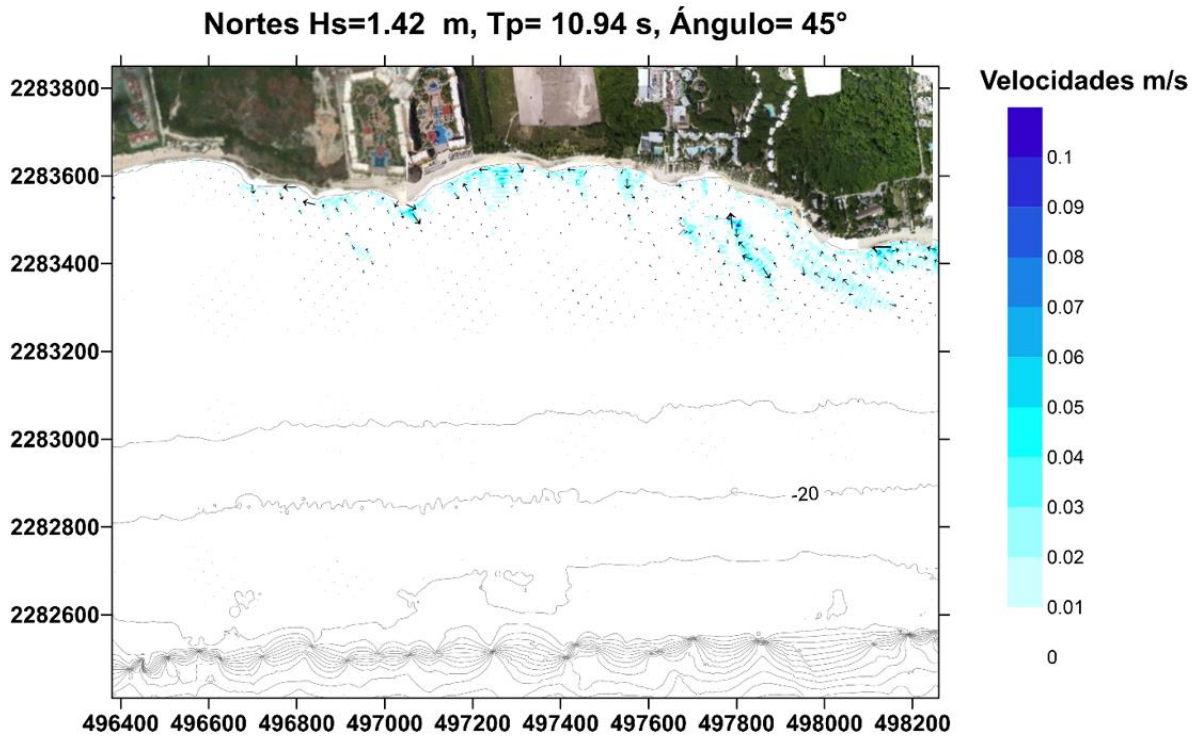


Figura 37. Circulación de corrientes de oleaje en condición de norte.

4) En condiciones de **huracán con marea de tormenta = 0.2 m**, la velocidad de la corriente es de hasta 0.08 m/s en algunos puntos del Sistema Ambiental Regional. En estas condiciones, existe rotura del oleaje y se disipa energía del oleaje, y aunque existen zonas de la playa donde incide el oleaje con una magnitud considerable, se establece que en la playa del hotel las magnitudes son menores; sin embargo, es suficiente para que exista transporte de sedimento.

Huracanes Hs= 5.00 m, Tp= 12.27 s, Ángulo= 135°, Marea de tormenta = 0.2 m

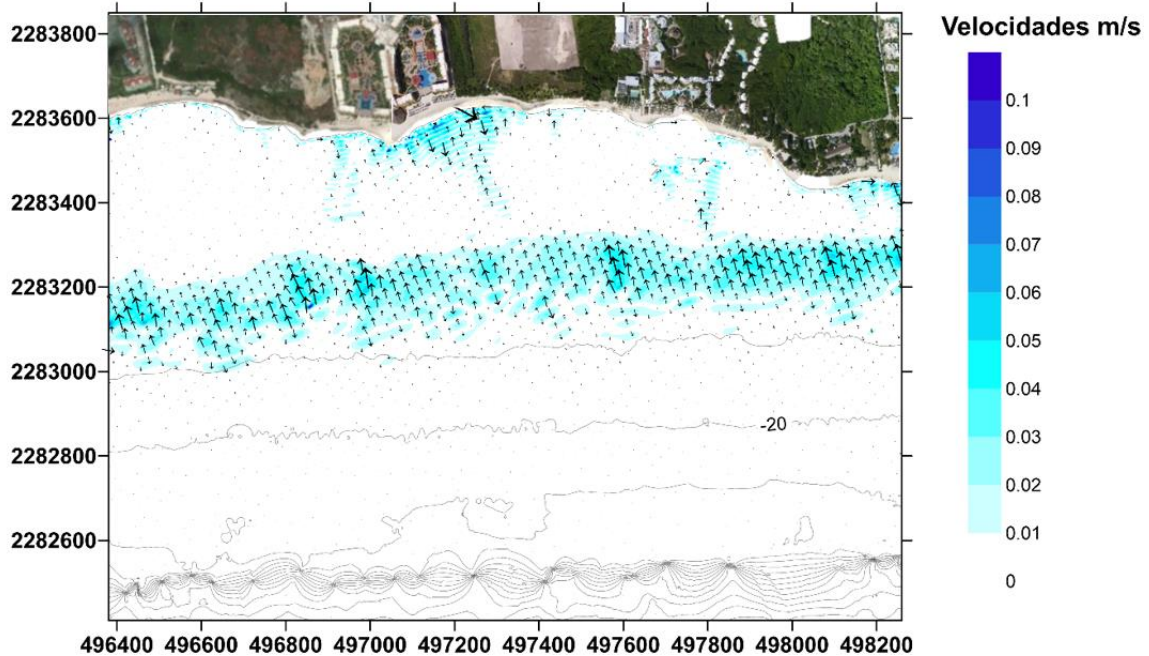


Figura 38. Circulación de corrientes de oleaje en condición de huracán con marea de tormenta.

5) En condiciones de **huracán sin marea de tormenta**, la velocidad de la corriente es de hasta 0.1 m/s en algunos puntos del Sistema Ambiental Regional. En estas condiciones, también existe rotura del oleaje y se disipa energía del oleaje, y aunque existen zonas de la playa donde incide el oleaje con una magnitud considerable, se establece que en la playa del hotel las magnitudes son menores; sin embargo, es suficiente para que exista transporte de sedimento.

Huracanes Hs= 5.00 m, Tp= 12.27 s, Ángulo= 135°, sin marea de tormenta

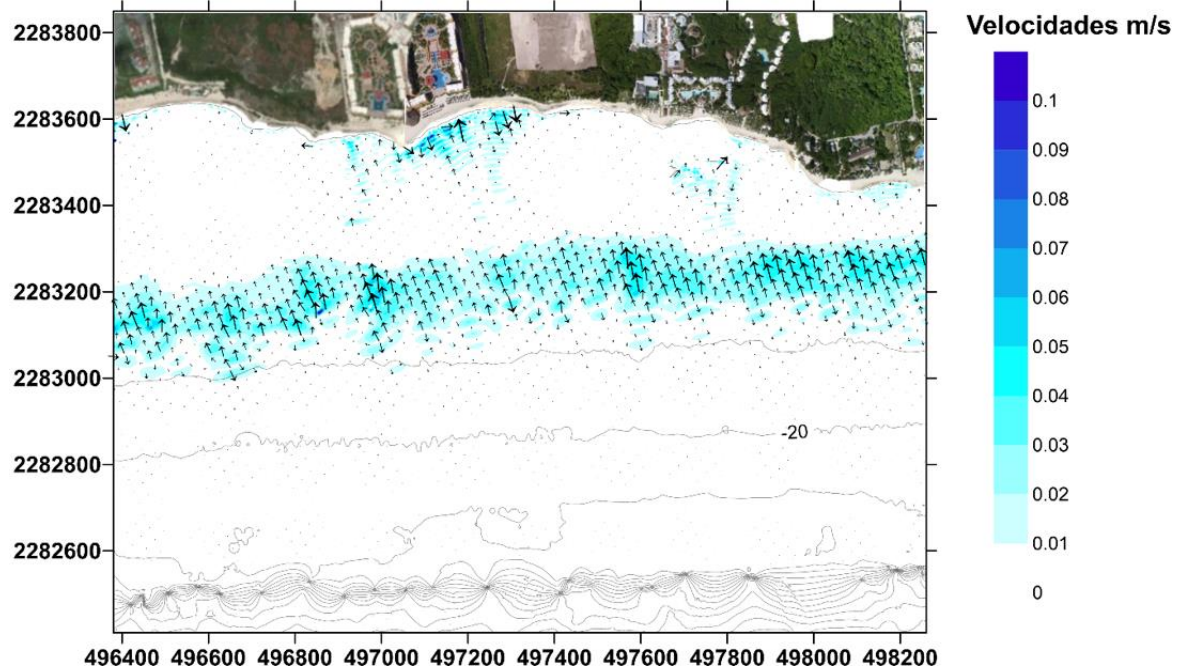


Figura 39. Circulación de corrientes de oleaje en condición de huracán sin marea de tormenta.

IV.2.1.6.3.5 Mareas

Las mareas son fenómenos particulares que ocurren en el océano produciendo descensos y elevaciones periódicas en la superficie debido al efecto de atracción que la luna y el sol ocasionan sobre el planeta. El efecto de la luna sobre la Tierra es el doble que el del sol, ya que, si bien este es más grande, se encuentra a una mayor distancia. Cuando la cara de la luna mira hacia una región de la Tierra, atrae el agua de la superficie del océano en esa región elevándola. Como la Tierra y la luna están en movimiento, en cierto momento cesa el efecto de la luna en esa región y la superficie del océano desciende. Al subir la superficie del océano se dice que hay pleamar o marea alta y al descender se dice que hay bajamar o marea baja (CCO 2016).

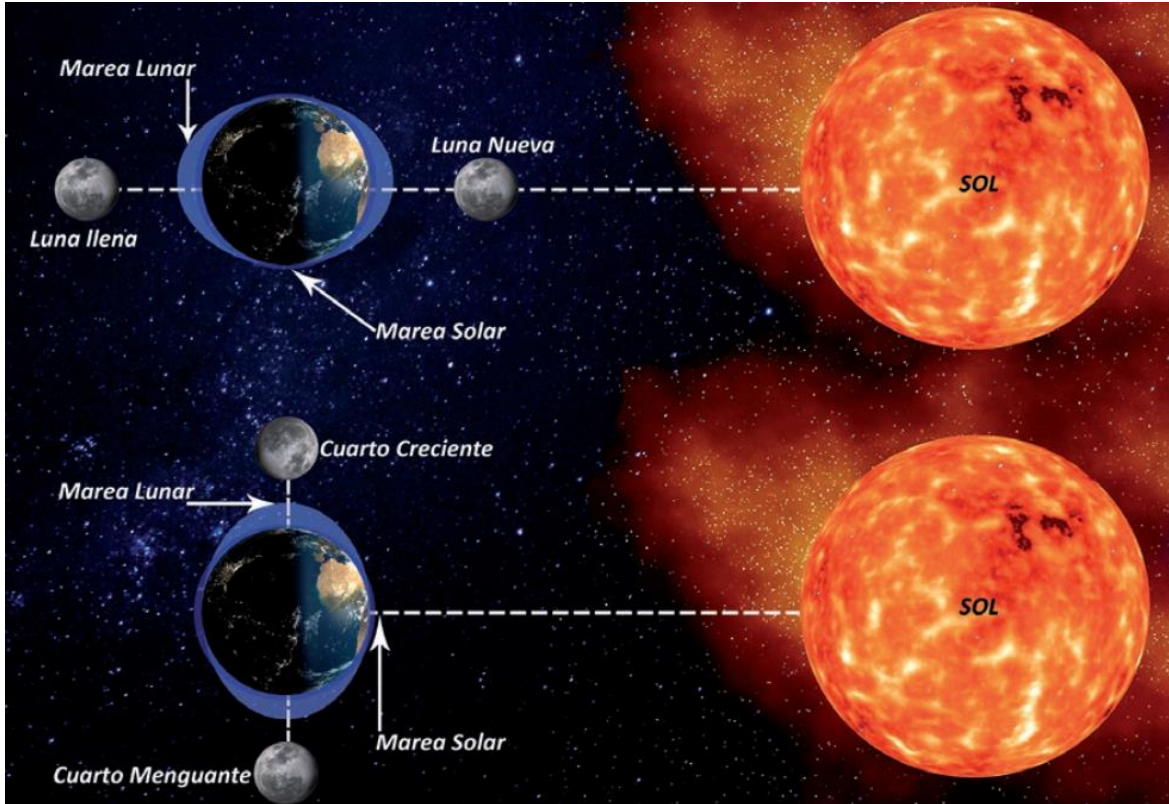


Figura 40. Influencia del sol y la luna en las mareas.

Con respecto al **Sistema Ambiental Regional** del proyecto, para realizar el análisis de marea, se utilizaron los registros de la estación del Servicio Mareográfico de la UNAM de la estación de Puerto Morelos en Quintana Roo. Cabe aclarar que el registro es muy corto y el periodo disponible corresponde de 2005 a 2017 (Anexo II).

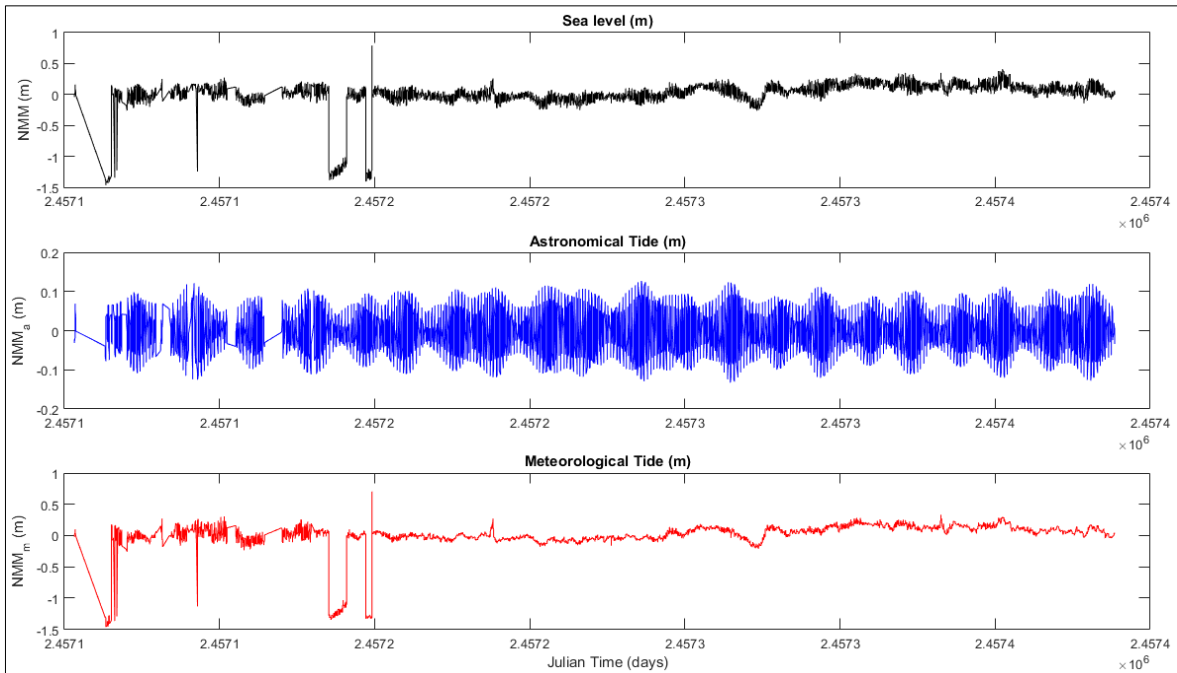


Figura 41. Registro de la estación de Puerto Morelos, Quintana Roo.

El régimen de mareas para Puerto Morelos corresponde al tipo mixta semidiurna y se considera micro mareal dado que es de baja amplitud.

Tabla 7. Plano de marea de la estación de Puerto Morelos.

Pleamar máxima registrada	0.400 m
Nivel de pleamar media superior	0.205 m
Nivel de pleamar media	0.170 m
Nivel medio del mar	0.103 m
Nivel de baja mar media	0.017 m
Nivel de baja mar media inferior	0.000 m
Baja mar mínima registrada	-0.148 m

Las principales componentes de la marea astronómica semidiurna que se calcularon de acuerdo con Doodson (1921), se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Componentes principales de la marea astronómica de Puerto Morelos, Quintana Roo.

Símbolo del componente	Nombre	Frecuencia	Amplitud	Fase
M2	Lunar principal	0.0805114	0.0674	237.92
S2	Solar principal	0.0833333	0.0213	228.34
N2	Lunar elíptico mayor	0.0789992	0.0166	186.85
K2	Lunisolar declinacional	0.0835615	0.0014	144.72

IV.2.1.6.3.6 Sedimentos

La arena de la región es blanca y se debe a que es de carbonato de calcio; parte de ella consiste en restos de corales y conchas de moluscos molidos y pulverizados por el oleaje, pero la mayor parte se forma por la descomposición de algas calcáreas. Estas pequeñas plantas marinas, muy abundantes en aguas someras y de las cuales hay numerosas especies, contienen tanto carbonato de calcio que a veces sus hojas son rígidas. Como los granos de arena son muy pequeños, tienen una superficie muy grande en relación con su volumen. Ello hace que no puedan acumular mucho calor y además lo irradian rápida y fácilmente. Por eso no llegan a calentarse y siempre se sienten frescos (Morales 2004).

El sedimento producido en el ambiente marino, puede ser transportado por la acción del viento, oleaje o corrientes, entre otras, ya sea a áreas continentales, al borde de la plataforma o a las profundidades marinas. Este fenómeno se explica a partir de la Ley de Gravitación Universal de Newton, que en términos sencillos indica que cada partícula de masa del universo es atraída por otra partícula de masa mayor (Morales 2004).

En el área de la playa, se realizó un muestreo de arena con el fin de describir las características de los sedimentos. Las muestras se recolectaron de 6 perfiles espaciados a 100 m. Se obtuvieron en total 18 muestras. Las coordenadas de las muestras se incluyen en la siguiente figura.

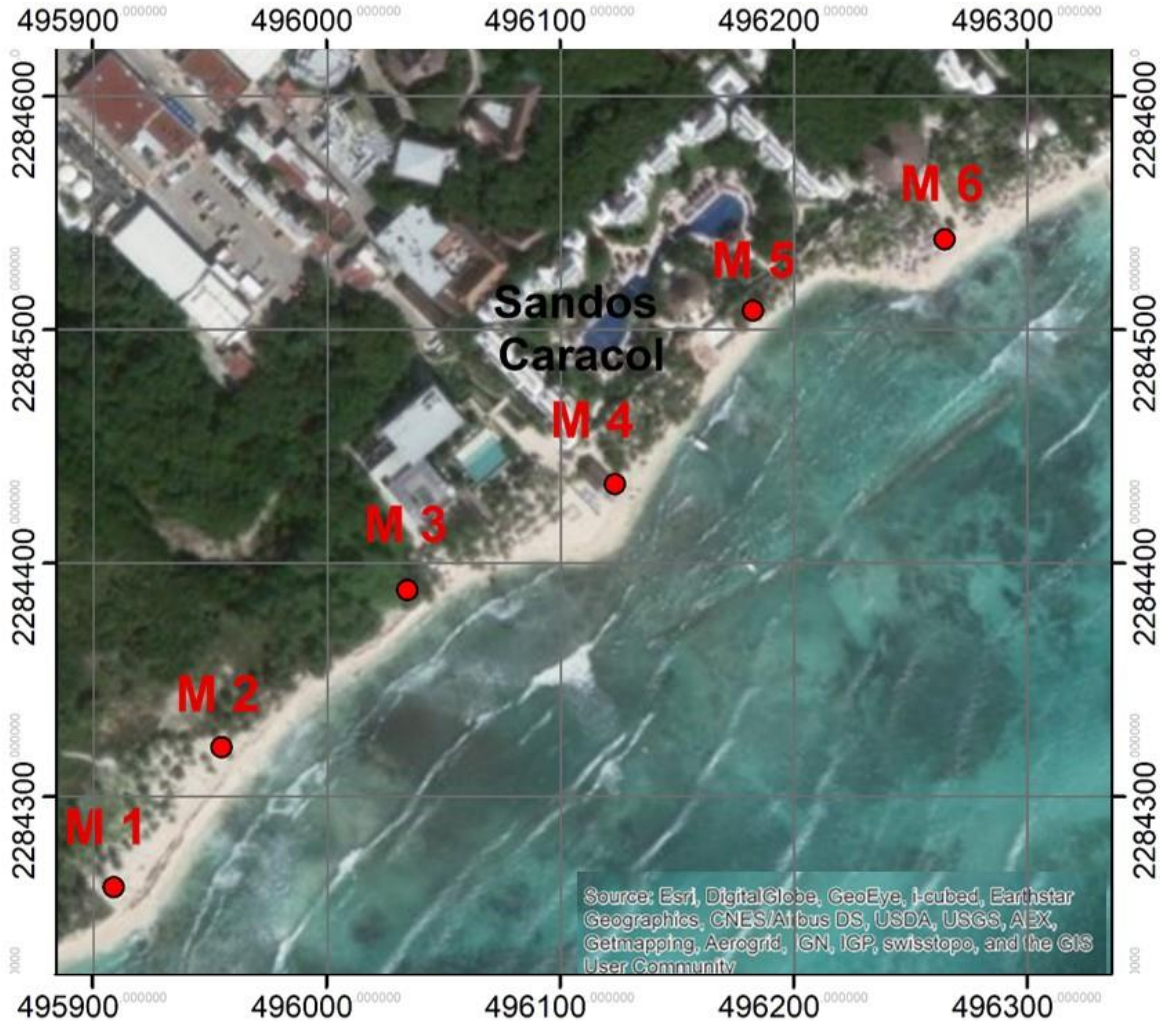


Figura 42. Ubicación de los sitios de muestreo de arena.

Los datos extraídos de las muestras de sedimento se procesaron en el Laboratorio del Grupo de Costas y Puertos del Instituto de Ingeniería de la UNAM, en un CAMSIZER, la ventaja del CAMSIZER es la velocidad de procesamiento de las muestras (Anexo II.1).

Se realizó un análisis métrico del sedimento también conocido comúnmente como análisis granulométrico. El tamaño de grano es una propiedad fundamental del sedimento, siendo muy usada para describir diferentes facies sedimentarias y clasificar ambientes sedimentarios puesto que juega un papel principal en el transporte y deposición de material granular. En este contexto, el tamaño de grano proporciona aspectos importantes de la procedencia del sedimento, de su transporte histórico y de las condiciones de sedimentación (Román-Sierra *et al.*



2013). El criterio utilizado para definir los límites del tamaño del grano es la clasificación realizada por la American Society for Testing and Materials (ASTM) (Juárez y Rico 2002) (tabla siguiente; Anexo II).

Tabla 9. Clasificación del material según la Society for Testing and Materials (ASTM).

Material	Malla	Malla en mm	Material	Malla	Malla en mm
Grava muy fina	5	4	Arena media	40	0.42
Grava muy fina	6	3.36	Arena media	45	0.354
Grava muy fina	7	2.83	Arena media	50	0.297
Grava muy fina	8	2.38	Arena fina	60	0.25
Arena muy gruesa	10	2	Arena fina	70	0.21
Arena muy gruesa	12	1.63	Arena fina	80	0.177
Arena muy gruesa	14	1.41	Arena fina	100	0.149
Arena muy gruesa	16	1.19	Arena fina	120	0.125
Arena gruesa	18	1	Arena muy fina	140	0.105
Arena gruesa	20	0.84	Arena muy fina	170	0.088
Arena gruesa	25	0.707	Arena muy fina	200	0.074
Arena gruesa	30	0.545	Arena muy fina	230	0.062
Arena media	35	0.5			

En este sentido, para las 18 muestras se utilizó una malla el tamaño medio de grano (D_{50}). Asimismo, dado que no se recolectaron muestras de sedimento de todo el dominio de modelación, lo que se realizó fue una simplificación, tal que con la

información disponible se logró cubrir todo el dominio y de esta forma se pudo estimar el transporte de sedimento transversal y longitudinal (Anexo II).

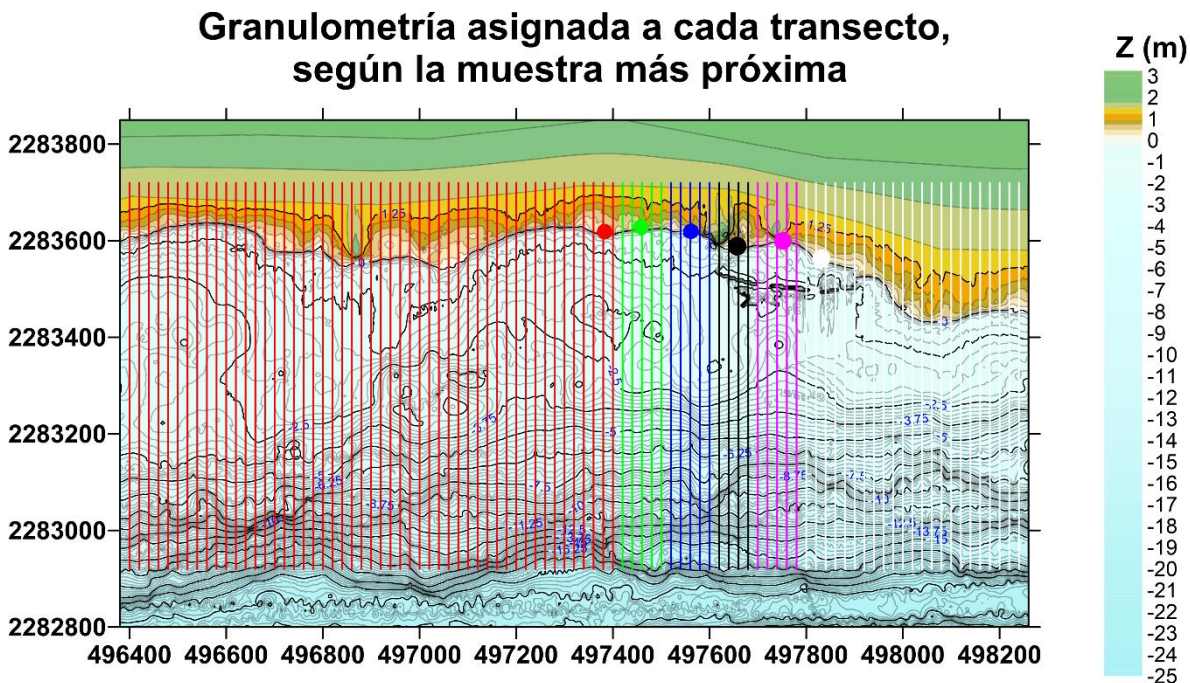


Figura 43. Granulometría asignada a cada transecto, según la muestra más próxima. El color rojo corresponde a la Muestra 1 (M1), el verde a la muestra 2 (M2), azul a la muestra 3 (M3), negro a la muestra 4 (M4), magenta a la muestra 5 (M5) y el color blanco a la muestra 6 (M6).

En la tabla siguiente se muestran los resultados del tamaño medio de grano (D_{50}).

Tabla 10. Tamaño medio de grano (D_{50}) de las 18 muestras obtenidas en el área del proyecto.

Numero de muestra	D_{50} mm	Clasificación
M1 Playa seca	0.305	Arena media
M1 Zona de lavado	0.297	Arena media
M1 Zona de rotura	0.515	Arena media
M2 Playa seca	0.270	Arena media
M2 Zona de lavado	0.253	Arena media
M2 Zona de rotura	0.238	Arena fina
M3 Playa seca	0.382	Arena media
M3 Zona de lavado	0.350	Arena media
M3 Zona de rotura	-----	



Numero de muestra	D ₅₀ mm	Clasificación
M4 Playa seca	0.368	Arena media
M4 Zona de lavado	0.295	Arena media
M4 Zona de rotura	0.265	Arena media
M5 Playa seca	0.345	Arena media
M5 Zona de lavado	0.388	Arena media
M5 Zona de rotura	1.006	Arena gruesa
M6 Playa seca	0.395	Arena media
M6 Zona de lavado	0.344	Arena media
M6 Zona de rotura	0.275	Arena media

Finalmente, la granulometría de los perfiles de playa es necesaria para entender el transporte de sedimento presente en la celda litoral y además para relacionarlo con la dinámica costera (Anexo II.1).

IV.2.1.7 Riesgo por erosión

Como se mencionó anteriormente, fuera **del Sistema Ambiental Regional** del proyecto, en su porción oeste, se encuentra la Zona Federal Marítimo Terrestre, ubicada una parte, frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort. De acuerdo con Guido *et al.* (2009), dicho sistema **es propenso a sufrir erosión costera y sus causas son tanto naturales** (interacción de procesos climáticos, meteorológicos, hidrodinámicos y sedimentarios con la morfología costera) **como antrópogenic** (ocupación de la duna litoral por parte de particulares, construcción desordenada de obras de protección). Tales factores se encuentran actuando bajo diferentes escalas; es decir, las estructuras de protección costera existentes (bolsacretos: factor antrópico) no protegen a la playa en condiciones de tormenta, y además bloquean el transporte de sedimento. En síntesis, las estructuras y las condiciones de oleaje presente en la zona no permiten la regeneración natural de la playa.

Con el fin de determinar las tasas de erosión/acreción de la línea de costa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, se realizó un análisis de la evolución de línea de costa (Anexo II.1) en el periodo de 2004 a 2016, con el que se evaluó el desplazamiento de la costa.

Este análisis se realizó a partir de las imágenes satelitales obtenidas de Google Earth en los años 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2012, 2016 y 2017. En promedio se descargaron 40 pantallas. Posterior a la descarga, se unificaron las pantallas para



armar la imagen de la zona de estudio y se procedió a georreferenciar la imagen con base en puntos de control definidos por la imagen del año 2005. La imagen del año 2005 fue proporcionada por el Grupo de Costas y Puertos del Instituto de Ingeniería de la UNAM y tiene la peculiaridad de que fue adquirida después del impacto del huracán Wilma y está georreferenciada. Habiendo georreferenciado cada una de las imágenes, se digitalizó la línea de costa en el Sistema de Información Geográfica GRASS GIS.

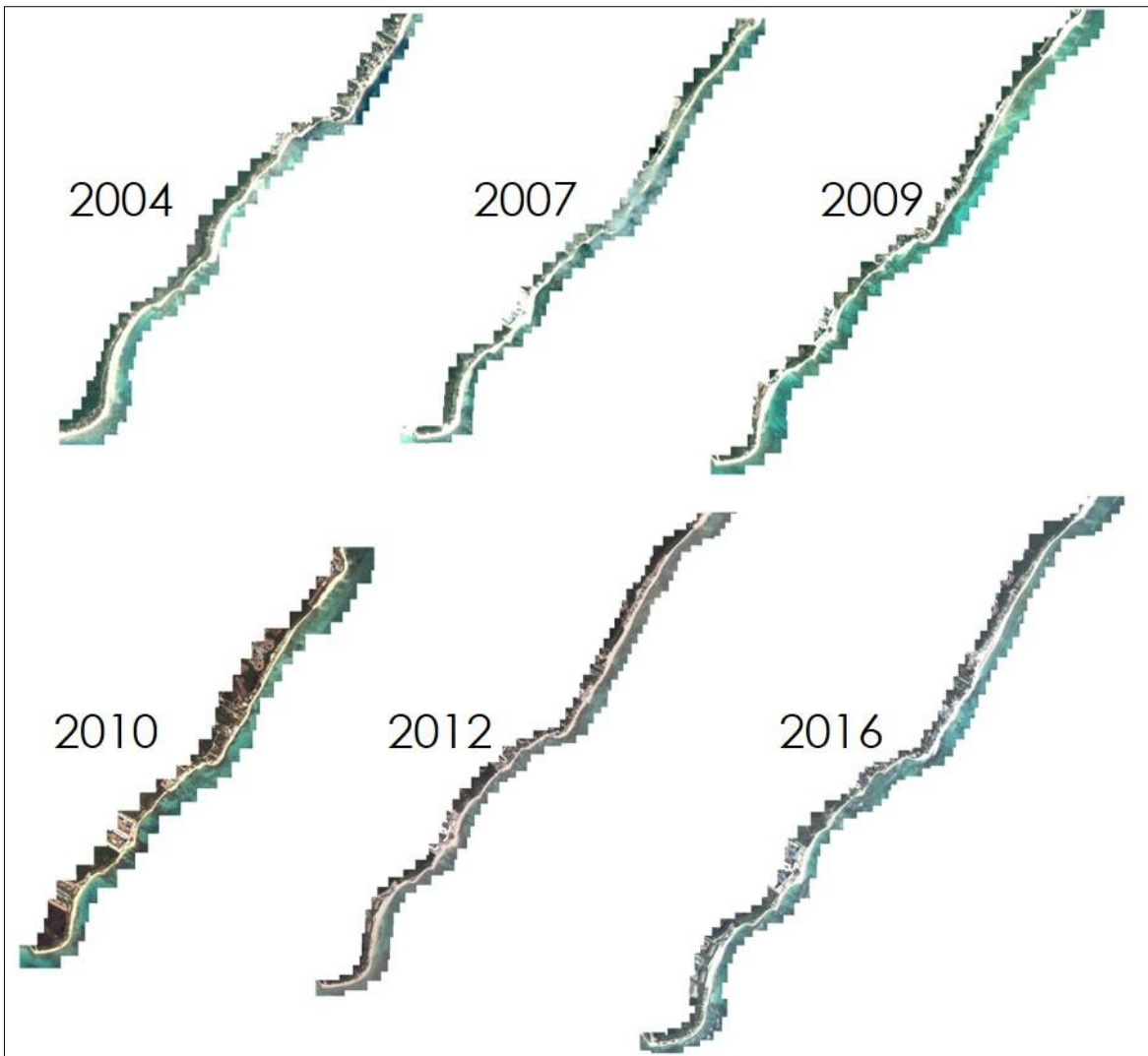


Figura 44. Serie de imágenes adquiridas en Google Earth de los años 2004, 2007, 2009, 2010, 2012 y 2016.

Como referencia de erosión o acreción se construyó una línea recta paralela a la orientación de la línea de costa y para hacer compatible la información se registró el cambio en cada uno de los transectos. En total, se establecieron 95 transectos.

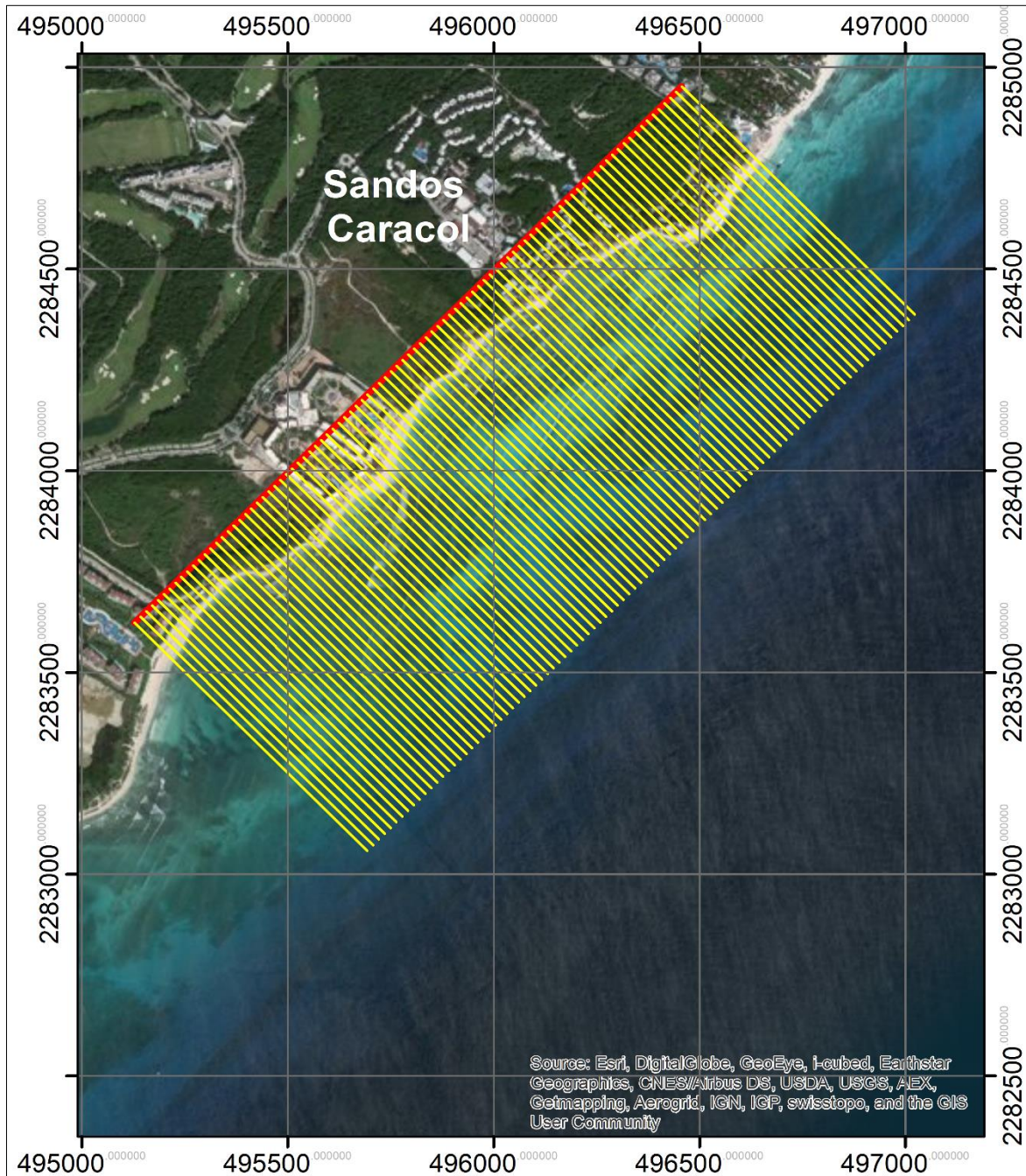


Figura 45. Línea base construida para estimar el ancho de playa por transecto (95 transectos en total). La distancia entre cada transecto es de 20 m.



La línea de costa digitalizada de los años 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2012, 2016 y 2017 se puede observar en el Anexo II.1. El análisis de la línea de costa consistió en obtener la tasa de cambio que se estimó como sigue:

$$t_{ij} = \frac{(Lc_{i+1} - Lc_i)}{((i+1) - i)}, \text{ donde}$$

i = año, 2004, 2005, 2007...2017

j = transecto,

Lc = valor de la distancia de la línea base a la línea de costa en el año i .

Con el valor de la tasa de cambio se calculó el porcentaje de cambio respecto al máximo retroceso o incremento en la línea de costa durante el periodo $i+1$. Posteriormente ya con todos los porcentajes de la serie de tiempo de 2004 al 2017, para cada transecto se estimó el promedio de los porcentajes y al resultado se le consideró como el índice de cambio. Los **valores del índice de cambio en la línea de costa (ILc) cercanos a 1, representan transectos con una mayor dinámica de la línea de costa, y valores cercanos a 0, representan transectos estables** (Anexo II).

Tabla 11. Resumen de valores del Índice de cambio de la Línea de Costa (ILc).

Número de transecto	66	67	68	69	70	71	72	73	74
ILc	0.2442	0.2028	0.1328	0.2921	0.1803	0.2252	0.1861	0.2941	0.1816

Resultados detallados sobre el ancho de playa (distancia de cada transecto de la línea base a la línea de costa), tasa de cambio e índice de cambio se pueden apreciar en el Anexo II.1.

El análisis anterior demuestra que la playa del Hotel Sandos Caracol se encuentra en proceso de erosión, incrementado por las estructuras existentes dentro de la celda litoral, mismas que no permiten la recuperación de la playa (aporte de sedimento), sino al contrario potencializan los procesos del oleaje como la difracción y la reflexión del oleaje que han dado pie a que la línea de costa retroceda en algunos sectores (Anexo II.1).

En vista de lo anterior, **se justifica la necesidad de actuar, retirando las estructuras actuales e instalando unas nuevas paralelas a la playa para proteger la zona costera objeto del proyecto** (Anexo II.1).

IV.2.2 Aspectos bióticos

IV.2.2.1 Introducción

En el mundo se han identificado 12 regiones marinas subdivididas en 62 provincias, que a su vez incluyen 232 ecorregiones. Las 12 regiones marinas son: Ártico, Atlántico norte templado, Pacífico norte templado, Atlántico tropical, Indo-Pacífico occidental, Indo-Pacífico central, Indo-Pacífico oriental, Pacífico tropical oriental, Sud América templada, Sudáfrica templada, Australasia templada y Océano sur. Las regiones marinas de México son la Pacífico norte templado, Pacífico tropical oriental, Atlántico norte templado y Atlántico tropical (CONABIO 2009). De las 232 ecorregiones marinas, en México hay 28 (Sarukhán *et al.* 2009) (Figura 46). El Sistema Ambiental Regional definido para el proyecto se localiza en la ecorregión marina 15.1 Plataforma del Caribe mesoamericano.

La ecorregión marina 15.1 Plataforma del Caribe mesoamericano tiene una fisiografía de mares someros que incluye arrecifes de coral y bajos. Es una ecorregión de suma importancia, ya que alberga especies amenazadas, endémicas, raras y aquellas en peligro de extinción de conformidad con la NOM-059-SEMARNAT-2010, tales como Corales escleractíneos: cuerno de alce (*Acropora palmata*), cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*); corales blandos o abanico de mar (*Plexaura homomalla*, *Plexaura dichotoma*). Asimismo, es una zona de tránsito para las tortugas marinas caguama (*Caretta caretta*), verde del Atlántico o blanca (*Chelonia mydas*), de carey (*Eretmochelys imbricata*) y laúd (*Dermochelys coriacea*) (CONANP S/F).

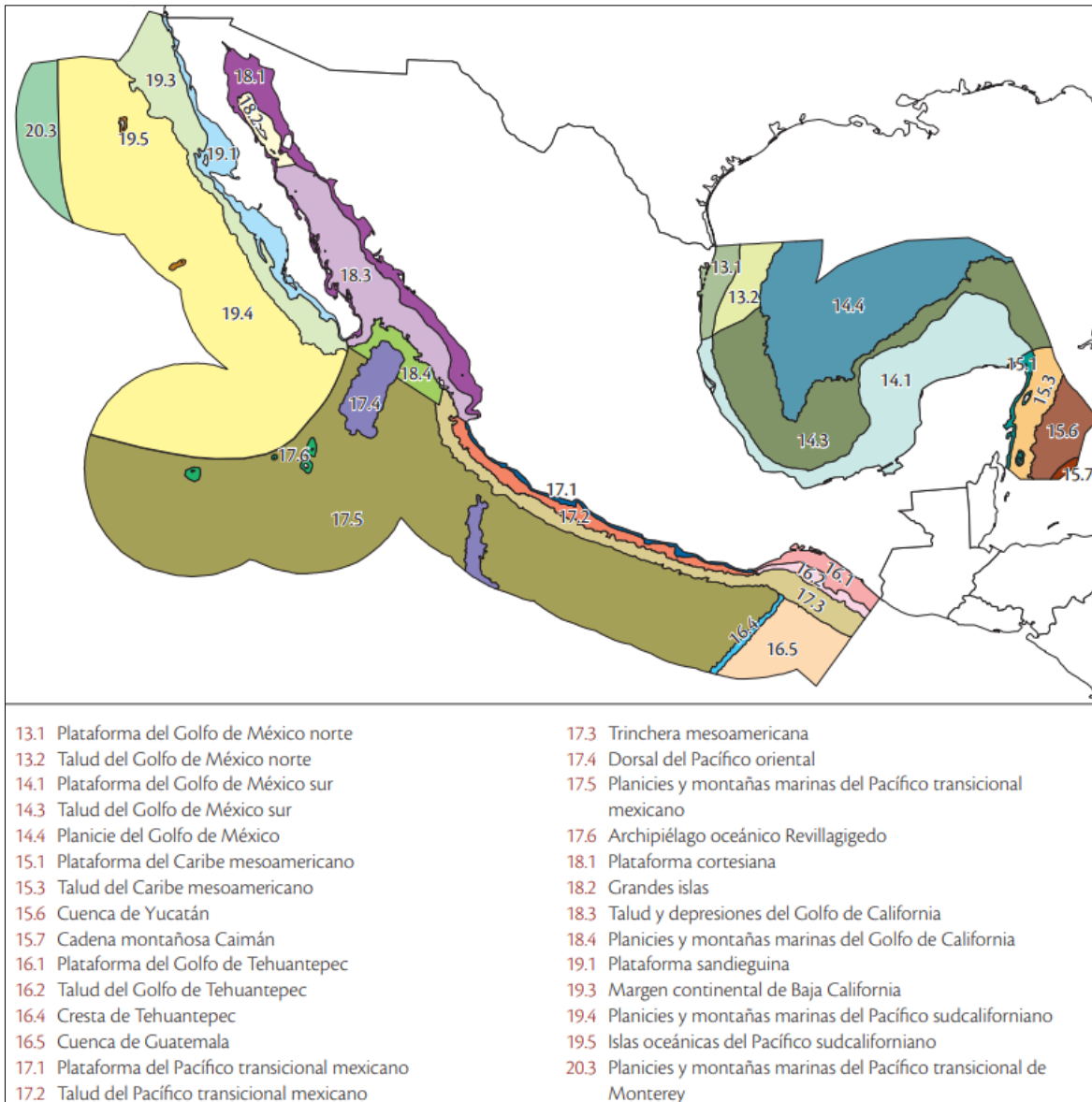


Figura 46. Ecorregiones marinas de México (Sarukhán *et al.* 2009).

De esta manera, los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano representan una fuente importante de bienes y servicios para la economía y bienestar de los habitantes del Estado de Quintana Roo. Es reconocido el efecto que brinda la barrera arrecifal como protección costera, al reducir el efecto catastrófico de eventos climáticos como tormentas y huracanes (Gardner *et al.* 2005); y cuando este ambiente se encuentra en buen estado previene la erosión de la costa que causa pérdida de playas y pone en riesgo a las comunidades e infraestructura en los litorales.



Una cresta arrecifal bien desarrollada logra disipar la energía del oleaje que proviene del mar y que cruza el arrecife hacia la costa, atenuando el efecto de la energía del oleaje sobre el litoral. Este efecto ocurre debido a la alta complejidad de la estructura coralina que caracteriza a esta zona, debido principalmente a la presencia del coral masivo ramificado de la especie cuerno de alce (*Acropora palmata*) (Lirman 2003).

Por otro lado, el arrecife es la principal fuente de los sedimentos que forman las playas, debido al desgaste de las estructuras de carbonato de calcio que forman los corales en sus esqueletos, así como las conchas de moluscos, el caparazón de los crustáceos, espículas de esponjas y esqueletos de las algas calcáreas. Por otro lado, los arrecifes de coral sustentan distintas actividades económicas de la región como son la pesca y el turismo.

Desafortunadamente, el deterioro de los arrecifes coralinos en años recientes ha sido una situación alarmante, teniendo una estimación de la asociación Healty Reefs en el 2015 en donde reportan que 56% de los arrecifes en México se encontraron en situación pobre o crítica (Kramer *et al.* 2015). De manera consecuente, se ha detectado un detrimento de las funciones de estos ambientes, y con ello el menoscabo de los bienes y servicios que naturalmente brindan. Esta situación ha provocado una alta incidencia de proyectos de protección costera que se están implementando en la zona marino-costera en el litoral de Quintana Roo, con la finalidad de crear y/o restaurar el servicio de protección costera y minimizar el riesgo contra la erosión y energía del oleaje.

En este sentido, la Riviera Maya se ha convertido en un punto de referencia, ya que se han ejecutado algunos proyectos turísticos relevantes bajo modelos de desarrollo turístico innovadores. Estos proyectos se han caracterizado por la aplicación de modelos de desarrollo que siguen criterios ambientales muy estrictos, lo cual ha permitido orientar su diseño y desempeño bajo esquemas de sustentabilidad ambiental.

Bajo este esquema de operatividad, y con la intención de ejecutar un proyecto de recuperación de playas para el hotel Sandos Caracol, se presenta una evaluación de las condiciones biológicas que prevalecen en el Sistema Ambiental Regional definido para el proyecto, a través de la caracterización biológica y ecológica de la biota marina que habita en el lugar, con el fin de determinar la condición actual y emitir elementos de juicio para su manejo.

IV.2.2.2 Objetivos

El objetivo general de este apartado es caracterizar el ambiente biótico marino del Sistema Ambiental Regional definido para el proyecto, con el fin de determinar la condición actual de este ecosistema, sus ambientes asociados, y detectar cambios estacionales durante un año de muestreo. Mientras que los objetivos específicos son:

- Identificar y describir los tipos de ambientes marinos que existen en el Sistema Ambiental Regional definido para este proyecto.
- Elaborar un mapa de los tipos de ambientes marinos identificados y definir su distribución geográfica referenciada que permita caracterizar el fondo marino y la comunidad biótica dominante.
- Evaluar la estructura comunitaria de los principales grupos taxonómicos de biota marina presente en el Sistema Ambiental Regional, en las estructuras de protección costera existentes y en las áreas propuestas para la instalación de los arrecifes artificiales en términos de su composición específica, distribución, abundancia, diversidad, equitabilidad, estructura de tallas y formas de crecimiento, y describir su variación anual.
- Describir y realizar un análisis de la comunidad biótica marina que existe en el Sistema Ambiental Regional en función de los diferentes ambientes que se reconocieron, así como su variación anual
- Emitir un diagnóstico de la condición actual del área del proyecto en el Sistema Ambiental Regional y describir las posibles variaciones anuales que existen en la biota marina.

IV.2.2.3 Metodología

IV.2.2.3.1 Área de Estudio

Como ya se mencionó al inicio del presente capítulo, el Área de Estudio del proyecto comprende el Sistema Ambiental Regional (134.14 Ha), así como los sitios donde se pretende realizar la: 1) construcción de las nuevas estructuras de protección costera y 2) remoción de las estructuras de protección costera existentes (bolsacretos).

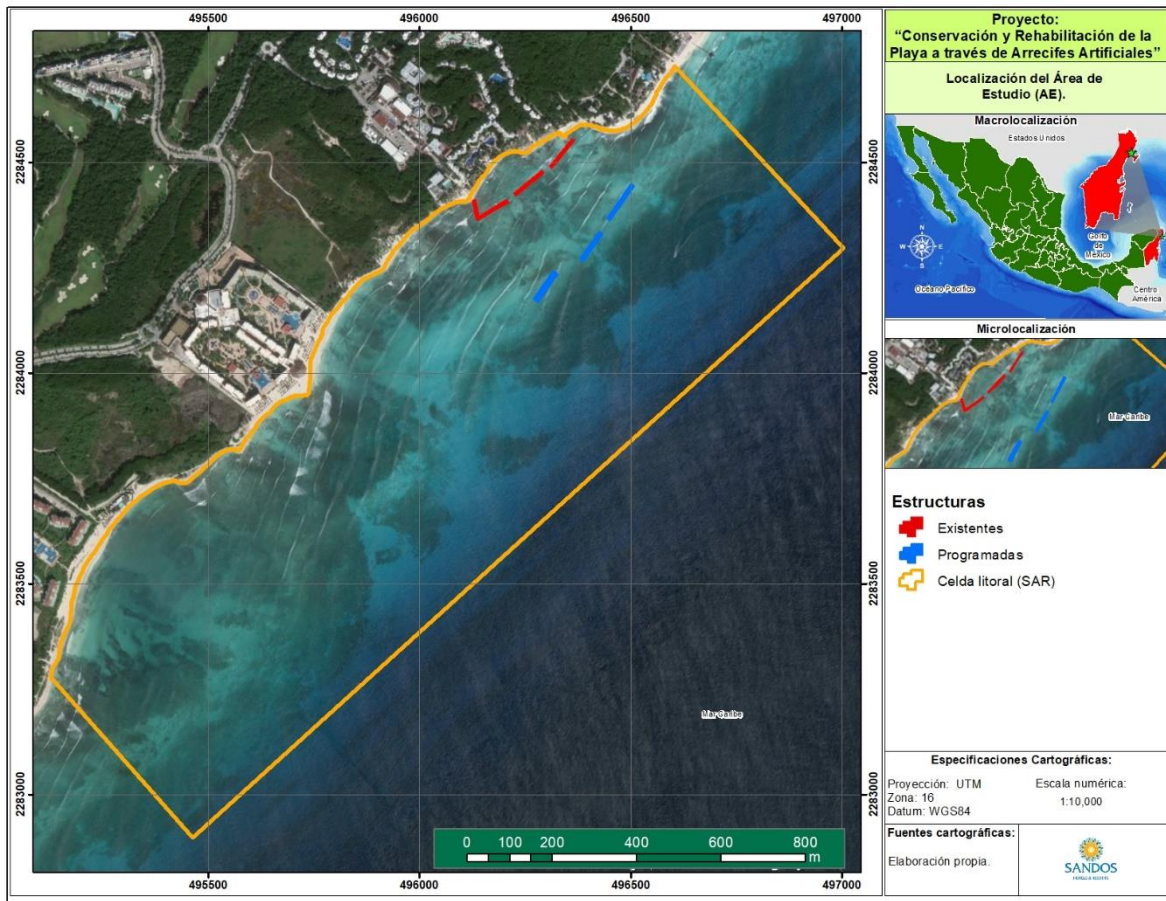


Figura 47. Área de Estudio (Sistema Ambiental Regional y sitios del proyecto).

IV.2.2.3.2 Tipos de ambientes en el Área de Estudio

Con el fin de definir los principales tipos de ambientes en el Área de Estudio, se realizó en primer lugar, un análisis de fotografía aérea con dron (TEO Consultoría Ambiental S.C. 2018).



Figura 48. Fotografía aérea tomada con dron del área de estudio definido para el proyecto.

En segundo lugar, se tomó en cuenta el mapa de Cobertura Bentónica de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche-Xcalak (Cerdeira-Estrada *et al.* 2018) (Figura 49). Este mapa representa la distribución espacial y extensión de la cobertura bentónica de los ecosistemas marinos del Caribe mexicano, cubriendo las aguas someras del sistema arrecifal mesoamericano entre Cabo Catoche y Xcalak. Se generó a partir del análisis conjunto de las imágenes satelitales WorldView-2, la reflectancia de fondo, el relieve submarino, la batimetría satelital, la aplicación de técnicas apoyadas con el conocimiento de expertos, y del análisis de datos de campo. El mapa de cobertura bentónica tiene una profundidad máxima promedio de 18 m, en el que se definieron nueve tipos de ambientes: 1) sedimentos; 2) comunidad de pastos marinos; 3) pastos marinos y macroalgas; 4) macroalgas; 5) estructura coralina; 6) tocones y pedacería de coral; 7) octocorales; 8) octocorales y corales; y 9) arrecife rocoso (Cerdeira-Estrada *et al.* 2018).

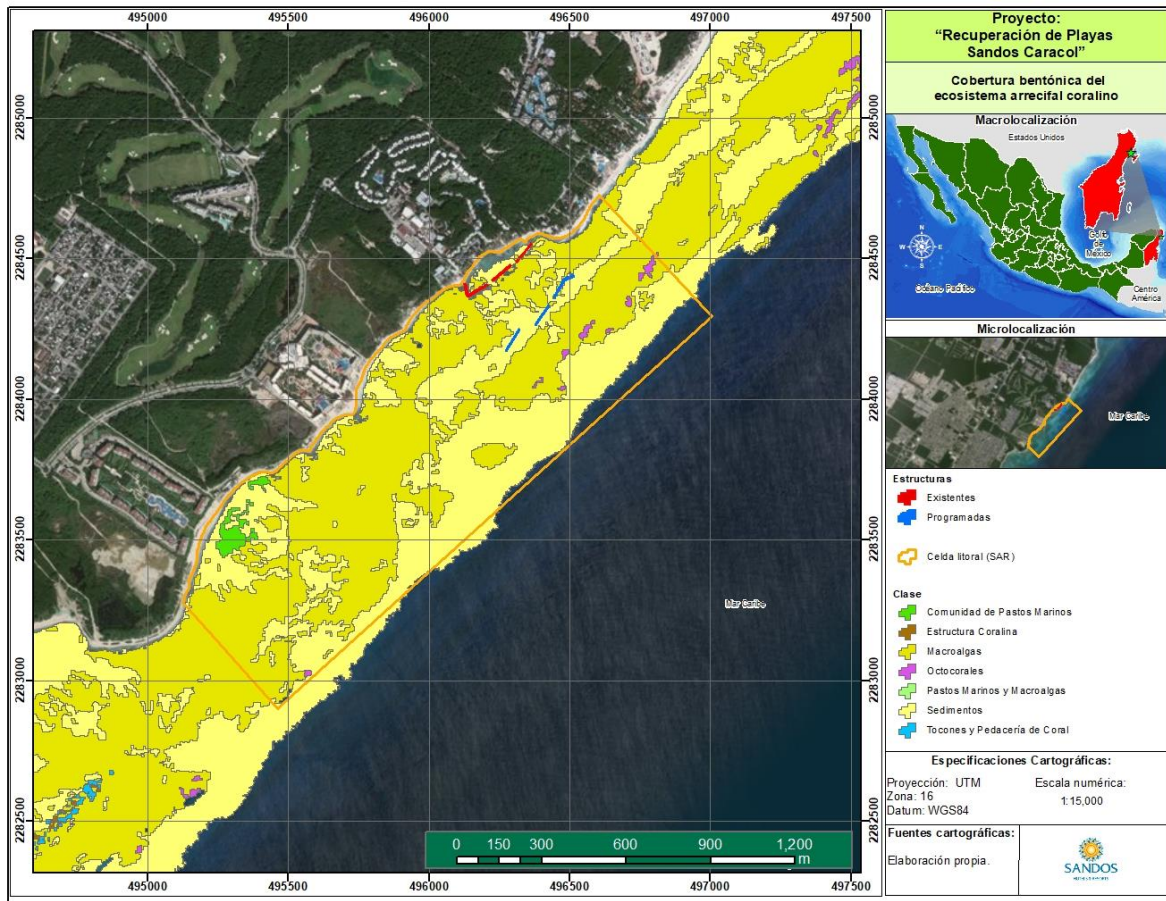


Figura 49. Mapa de cobertura bentónica de los ecosistemas marinos del caribe mexicano: Cabo Catoche-Xcalak (Cerdeira-Estrada *et al.* 2018).

Esta información (fotografía aérea tomada con dron y mapa con nueve ambientes marinos; Cerdeira-Estrada *et al.* 2018) sirvió como guía para realizar un reconocimiento subacuático con el fin de corroborar en campo el tipo de sustrato y comunidad bentónica dominante. A continuación, se describe como se realizó este reconocimiento subacuático.

IV.2.2.3.3 Muestreo

IV.2.2.3.3.1 Muestreo de tipos de ambientes

Para identificar y delimitar los tipos de ambientes, así como generar un mapa que represente la estructura general de la biota marina, se realizó un muestreo en dos épocas del año: del 29 de junio al 1 de julio (lluvias) y del 23 al 25 de noviembre



(secas) de 2018, en 38 puntos de muestreo (21 puntos de muestreo intensivo y 17 de prospección). Con el fin de tener un muestreo representativo del Área de Estudio, el número y distribución de los puntos de muestreo se determinó tomando como base los nueve tipos de ambientes del mapa de Cobertura Bentónica de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche-Xcalak (Cerdeira-Estrada *et al.* 2018) (Figura 49). A continuación, se incluyen las coordenadas de los sitios de muestreo, así como su respectivo mapa.

Tabla 12. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el Área de Estudio.

Tipo de muestreo	ID	Coordenadas UTM	
		X	Y
Muestreo intensivo	121	496,664.00	2,284,254.00
	A01	496,567.00	2,284,572.00
	A02	496,712.00	2,284,469.00
	A06	496,379.00	2,284,200.00
	A15	495,650.00	2,283,696.00
	A18	495,756.00	2,283,527.00
	A22	495,409.00	2,283,042.00
	G01	495,771.00	2,283,487.00
	G02	495,570.00	2,283,026.00
	P01	495,414.00	2,283,713.00
	P02	495,264.00	2,283,480.00
	R01	496,624.00	2,284,558.00
	R02	496,825.00	2,284,377.00
	R04	496,863.00	2,284,270.00
	R05	496,347.00	2,284,296.00
	R08	495,997.00	2,284,020.00
	R09	496,100.00	2,283,809.00
	R11	495,902.00	2,283,601.00
	R14	495,663.00	2,283,281.00
	S02	495,483.00	2,283,417.00
S03	495,226.00	2,283,377.00	
Prospección	120	496,910.00	2,284,518.00
	122	495,639.00	2,283,285.00
	A03	496,756.00	2,284,333.00
	A04	496,346.00	2,284,482.00
	A05	496,253.00	2,284,343.00
	A08	495,957.00	2,284,192.00



Tipo de muestreo	ID	Coordenadas UTM	
		X	Y
	A10	496,203.00	2,283,815.00
	A12	496,008.00	2,283,648.00
	R03	496,890.00	2,284,372.00
	R06	496,588.00	2,284,104.00
	R07	496,209.00	2,284,371.00
	R10	496,168.00	2,283,629.00
	R15	495,656.00	2,283,135.00
	X	496,378.00	2,284,534.00
	X	496,408.00	2,284,568.00
	X	496,457.00	2,284,405.00
	X	496,139.00	2,284,412.00

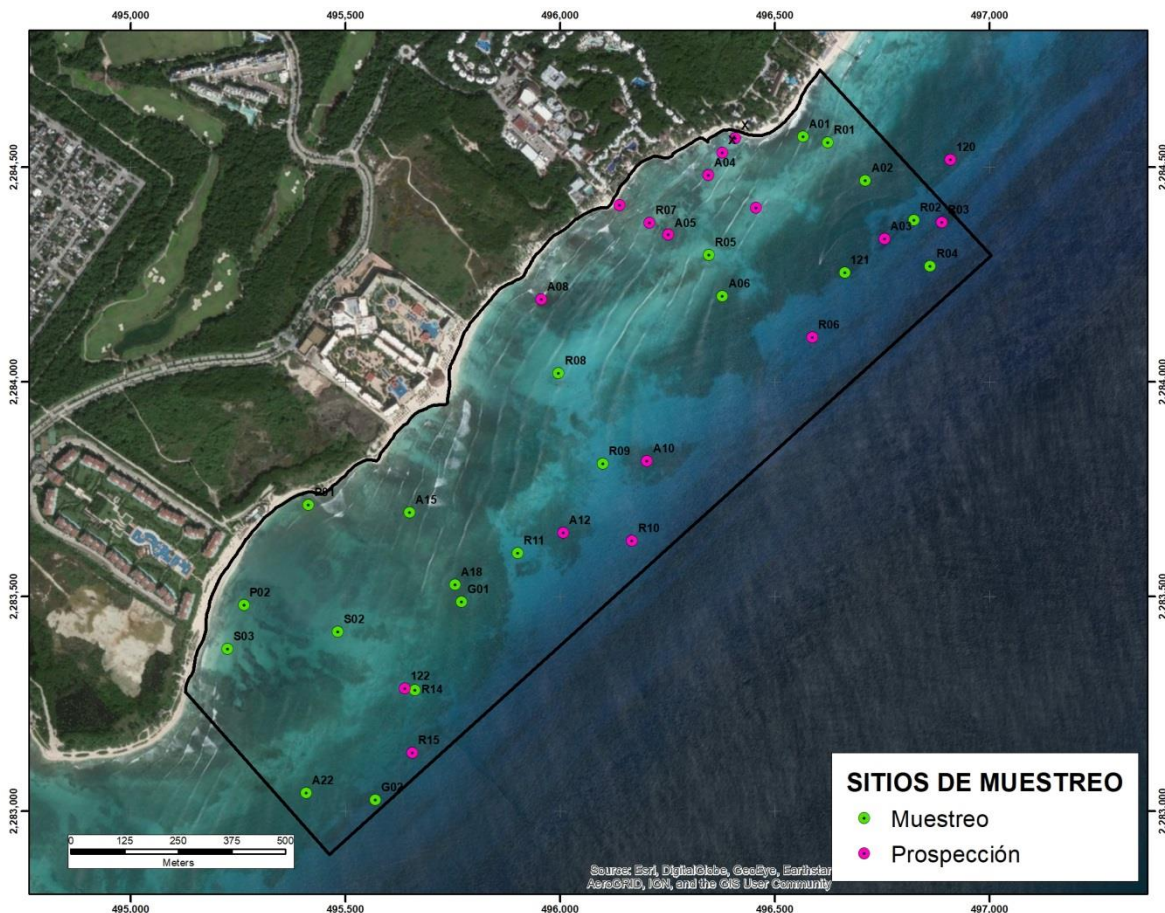


Figura 50. Sitios de muestreo de tipos de ambientes en el Área de Estudio.



En este muestreo, se registró información sobre el tipo de ambiente, tipo de sustrato, profundidad, comunidad bentónica dominante, así como un levantamiento de la lista de especies de los principales grupos taxonómicos.

IV.2.2.3.3.2 Muestreo de la biota marina en el Sistema Ambiental Regional

Para identificar a la biota marina que existe en el polígono del Sistema Ambiental Regional (SAR: 134.14 Ha), se realizó un muestreo intensivo en dos épocas del año: del 29 de junio al 1 de julio (lluvias) y del 23 al 25 de noviembre (secas) de 2018. Con respecto al material y equipo empleado para realizar los muestreos de campo se utilizó una tabla de acrílico, lápiz, lija, geoposicionador, cintas métricas, cámaras fotográficas contra agua, boyas, pesos muertos, cuerdas, así como equipos de buceo.



Figura 51. Material y equipo para la caracterización biológica marina.

Un método convencional para caracterizar a los arrecifes del Caribe mexicano es a través del uso de transectos (Gutiérrez *et al.* 1993, 1995, Lara *et al.* 1994a, 1994b, Padilla *et al.* 1994), por lo que se establecieron 21 transectos a través del SAR. La longitud de cada transecto fue de 50 m (Loya 1972). El extremo de cada transecto representó la coordenada del punto de muestreo utilizado para generar el mapa de ambientes. Los sitios de muestreo fueron los mismos para las dos épocas del año. A continuación, se incluyen las coordenadas de los sitios de muestreo, así como su respectivo mapa.

Tabla 13. Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el Sistema Ambiental Regional.

Tipo de muestreo	ID	Coordenadas UTM	
		X	Y
Muestreo intensivo	121	496,664.00	2,284,254.00
	A01	496,567.00	2,284,572.00
	A02	496,712.00	2,284,469.00
	A06	496,379.00	2,284,200.00
	A15	495,650.00	2,283,696.00
	A18	495,756.00	2,283,527.00
	A22	495,409.00	2,283,042.00
	G01	495,771.00	2,283,487.00
	G02	495,570.00	2,283,026.00
	P01	495,414.00	2,283,713.00
	P02	495,264.00	2,283,480.00
	R01	496,624.00	2,284,558.00
	R02	496,825.00	2,284,377.00
	R04	496,863.00	2,284,270.00
	R05	496,347.00	2,284,296.00
	R08	495,997.00	2,284,020.00
	R09	496,100.00	2,283,809.00
	R11	495,902.00	2,283,601.00
	R14	495,663.00	2,283,281.00
	S02	495,483.00	2,283,417.00
	S03	495,226.00	2,283,377.00

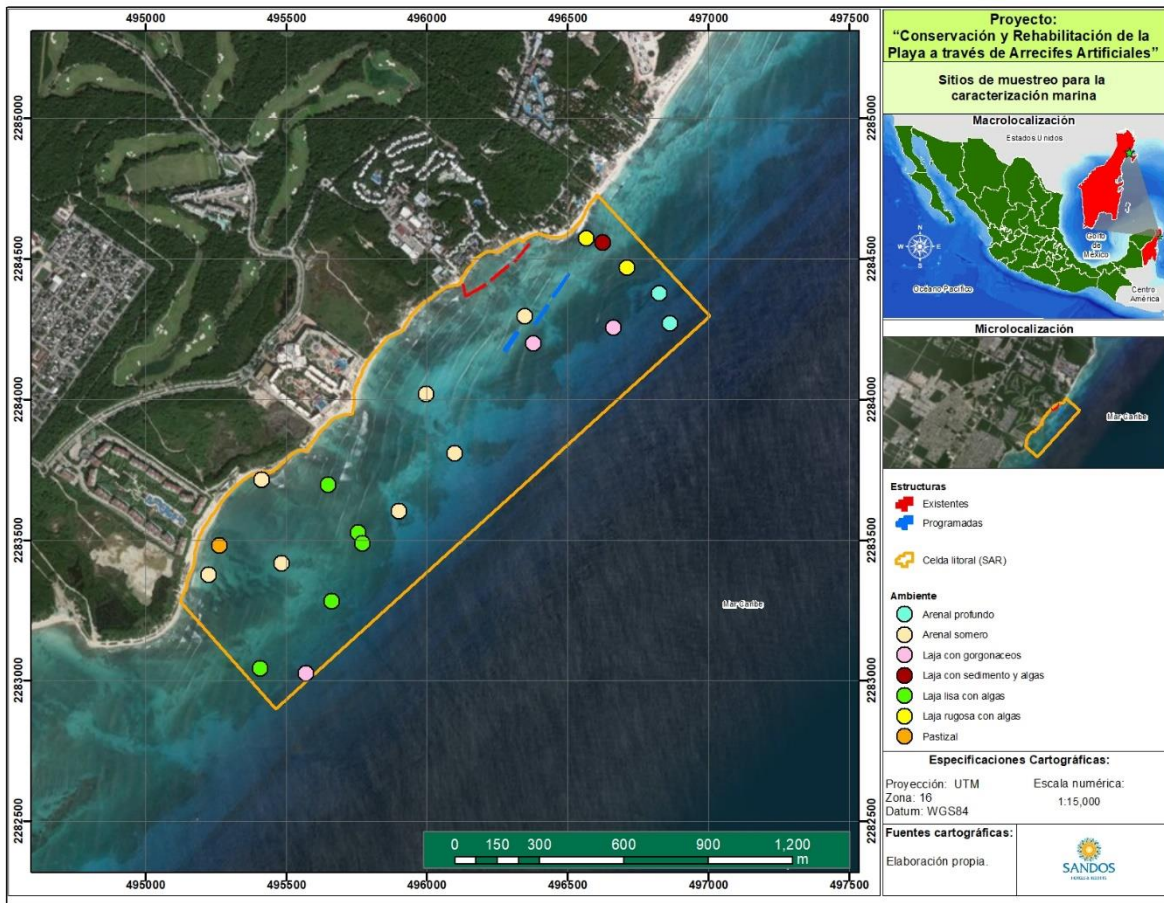


Figura 52. Sitios de muestreo intensivo para la caracterización biológica en el Sistema Ambiental Regional del proyecto.

Durante el muestreo en campo, se realizaron recorridos para ubicar la coordenada de inicio del transecto; una vez detectado el punto, se instaló una boya en el extremo del transecto, amarrada a un peso muerto. El transecto, por lo general, se colocó paralelo a la línea de costa y en dirección noreste o suroeste, dependiendo de la zona de interés a muestrear.

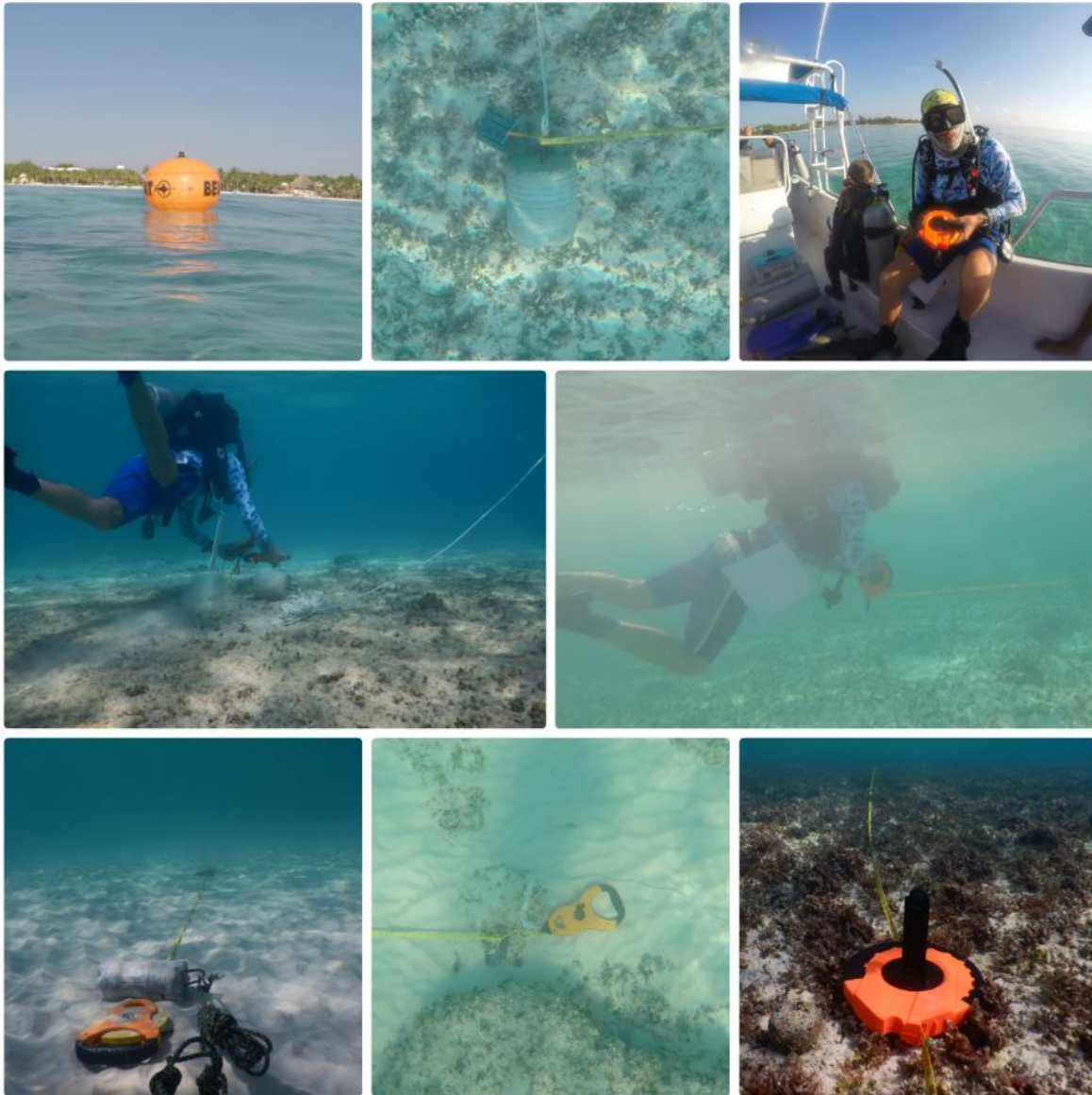


Figura 53. Recorridos en búsqueda de la coordenada programada, así como instalación del transecto a través de boya, peso muerto y cinta métrica.

Asimismo, con el fin de tener un muestreo representativo de toda el área del SAR, el método de muestreo empleado fue el estratificado, el cual considera la división del área de estudio en áreas menores que se considera que tienen características homogéneas. En este sentido, el número y distribución de los transectos de muestreo se determinó tomando como base los nueve tipos de ambientes del mapa de Cobertura Bentónica de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche-Xcalak (Cerdeira-Estrada *et al.* 2018) (Figura 49), así como la

zonificación propuesta para los arrecifes de la región (Gutiérrez *et al.* 1993, Padilla *et al.* 1994), reconociendo la ausencia de algunas zonas estructurales en ciertos sitios. Esta variabilidad de la estructura a lo largo del área de estudio genera diferencias en el perfil arrecifal y en la biota marina asociada, los cuales están relacionados con el tipo de ambiente. Por lo tanto, el número de transectos de muestreo fue distinto en cada ambiente, en función de su extensión y heterogeneidad ambiental.

Los principales grupos taxonómicos muestreados fueron: 1) **Escleractinios** (corales duros), 2) **Gorgonáceos** (corales blandos), 3) **Vegetación marina** (macroalgas y pastos marinos), **Ictiofauna** (peces arrecifales), y, 5) **Invertebrados**.

Durante los muestreos se tomaron registros de las especies, el número de individuos por especie; también se estimó el tamaño de los individuos y se registró la condición de los mismos, para detectar mortalidad o algún otro tipo de daño, así como la morfología de las colonias (figura siguiente).

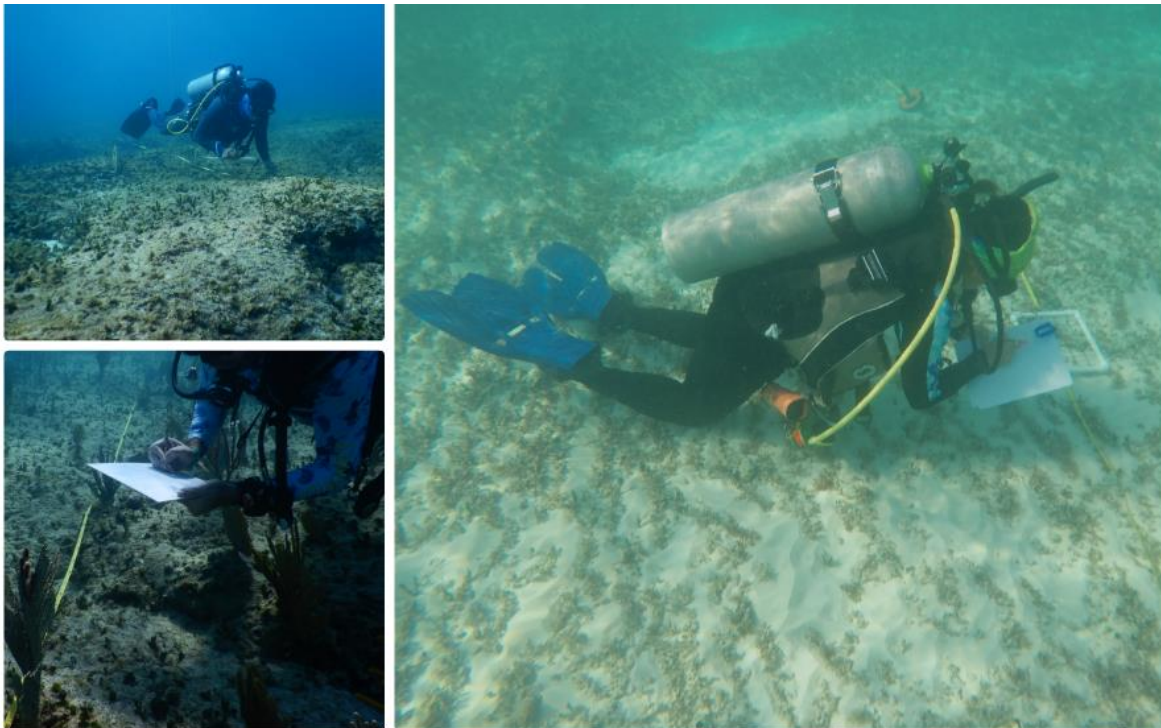


Figura 54. Toma de datos a lo largo de los transectos durante el muestreo.

Para los **gorgonáceos** (corales blandos), **ictiofauna** e **invertebrados**, se aplicó un metro de ancho a cada lado del transecto de 50 m; respecto a los peces, se



registraron además los presentes en la columna de agua. Mientras que para la **biota bentónica** se tomaron datos a dos metros a cada lado del transecto.



Figura 55. Muestreo a uno y dos metros a cada lado del transecto de 50 m.

Para el caso de la **vegetación marina** (macroalgas y pastos marinos) se colocaron cuadrantes de 625 cm² cada 10 m sobre el transecto; el cuadrante se dividió cada 5x5 cm y se contó el número de cuadros que ocupa cada especie.



Figura 56. Muestreo de vegetación marina con cuadrantes de 625 cm².

La identificación de especies se determinó *in situ* y se utilizaron claves y guías de campo para **escleractinios** (Smith 1972, Greenberg y Greenberg 1977, Castañares y Soto 1982, Zlatarsky y Martínez 1982, Colin 1988 y Humann 1993a), **gorgonáceos** (Cairns 1977, Bayer 1961, Bayer, *et al.* 1983, Humman 1993a), **peces** (Chaplin 1972, Greenberg y Greenberg 1977, Stokes 1984) y **algas** (Littler *et al.* 1989, Humman 1993a).

IV.2.2.3.3 Muestreo en estructuras de protección costera existentes

El promovente realizó un muestreo en las tres estructuras de protección costera existentes (bolsacretos), con la intención de realizar una caracterización biológica marina en dicha área. Para la caracterización biológica marina, se utilizaron tres transectos con la longitud de las estructuras existentes (Tabla 15); se utilizó el método de muestreo descrito en el apartado IV.2.2.3.2 Muestreo de la biota marina en el Sistema Ambiental Regional. El muestreo se llevó a cabo en dos épocas del año, realizando el mismo recorrido en cada una: 1 de julio (lluvias) y 23 de noviembre (secas) de 2018, por la parte de Barlovento (lado externo o expuesto a la energía del oleaje) y por el Sotavento (lado interno o protegido de la energía del oleaje). A continuación, se incluyen las coordenadas de los transectos de muestreo, así como su respectivo mapa.

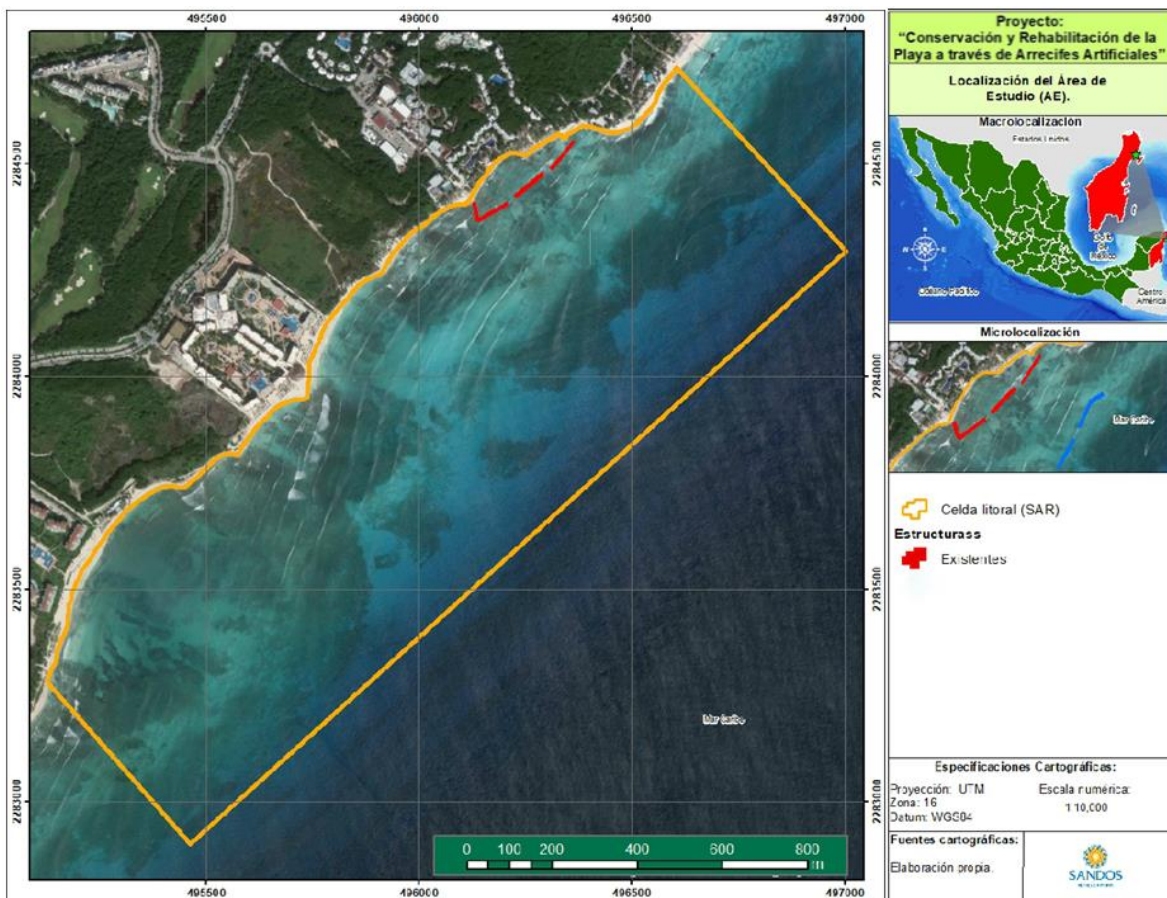


Figura 57. Estructuras de protección costera existentes.

Tabla 14. Coordenadas UTM de las estructuras de protección costera existentes (bolsacretos).

Estructura	Vértice	Coordenadas UTM	
		X	Y
E1	1	496365.388	2284550.641
	2	496313.922	2284487.895
	3	496310.538	2284490.856
	4	496331.829	2284517.082
	5	496361.158	2284553.602
E2	1	496229.417	2284421.222
	2	496225.845	2284425.323
	3	496289.213	2284478.108
	4	496293.049	2284473.610
E3	1	496140.237	2284364.357

Estructura	Vértice	Coordenadas UTM	
		X	Y
	2	496136.386	2284363.551
	3	496133.700	2284371.701
	4	496127.251	2284406.987
	5	496132.535	2284408.420
	6	496139.790	2284369.193
	7	496165.941	2284385.045
	8	496178.658	2284391.762
	9	496196.480	2284403.315
	10	496206.869	2284409.584
	11	496210.003	2284404.659
	12	496180.897	2284388.269
	13	496160.836	2284376.537

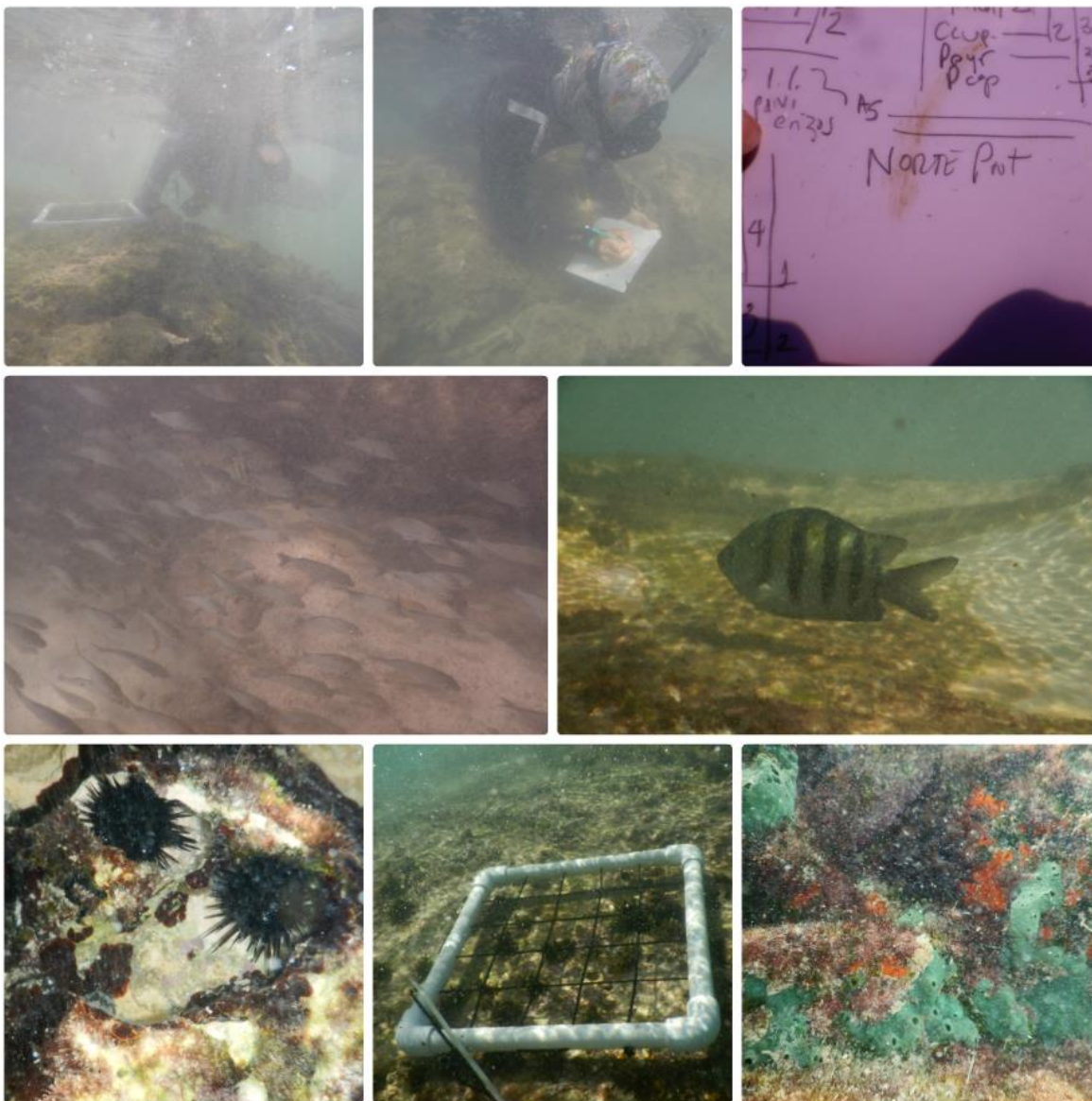


Figura 58. Evidencia fotográfica del muestreo realizado en las estructuras de protección costera existentes.

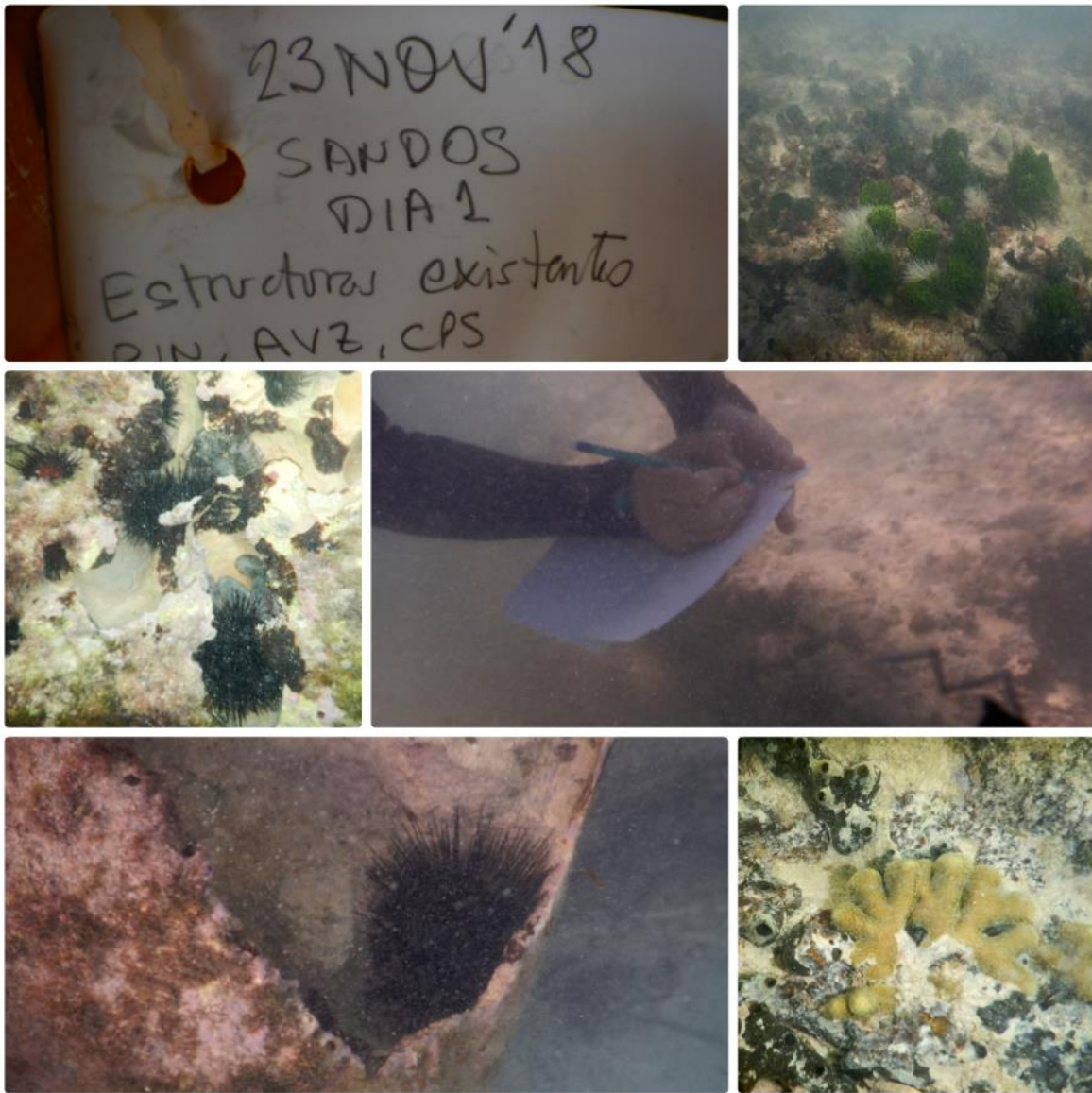


Figura 59. Evidencia fotográfica del muestreo realizado en las estructuras de protección costera existentes.

IV.2.2.3.3.4 Muestreo en áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera

Además de realizar muestreos a través del Sistema Ambiental Regional y de las estructuras de protección costera existentes (bolsacretos), el promovente también realizó un muestreo en las tres áreas propuestas para la instalación de las estructuras de protección costera (i.e., estructura 1: norte; estructura 2: centro; y estructura 3:

sur), con la intención de realizar una caracterización biológica marina en dichas áreas. Para la caracterización biológica marina, se utilizaron tres transectos con la longitud que tendrán las estructuras propuestas (Tabla 15). El muestreo se realizó en dos épocas del año: 29 de junio (lluvias) y 24 de noviembre (secas) de 2018; se utilizó el método de muestreo descrito en el apartado IV.2.2.3.3.2 Muestreo de la biota marina en el Sistema Ambiental Regional. A continuación, se incluyen las coordenadas de los transectos de muestreo, así como su respectivo mapa.

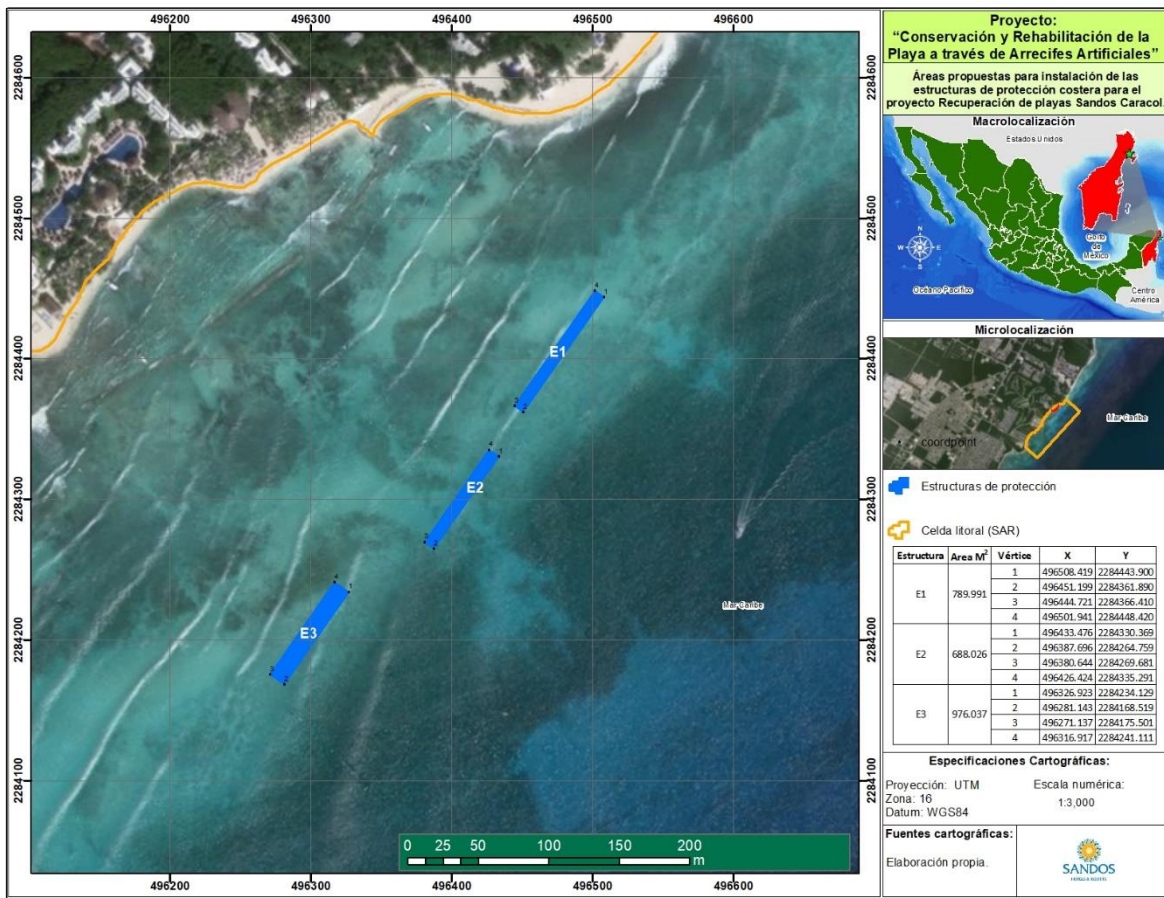


Figura 60. Localización de los arrecifes artificiales que sirvieron de punto de referencia geográfica para realizar el muestreo

Tabla 15. Referencia geográfica de los recorridos de prospección en las áreas propuestas para instalación de las estructuras de protección costera.

Estructura	Vértice	Coordenada en X	Coordenada en Y
E1	1	496508.7065	2284443.6995
	2	496451.4865	2284361.6895
	3	496444.4335	2284366.6105
	4	496501.6535	2284448.6205
E2	1	496434.9526	2284329.3394
	2	496389.1726	2284263.7294
	3	496379.1674	2284270.7106
	4	496424.9474	2284336.3206
E3	1	496325.1594	2284235.3597
	2	496279.3794	2284169.7497
	3	496272.9006	2284174.2703
	4	496318.6806	2284239.8803

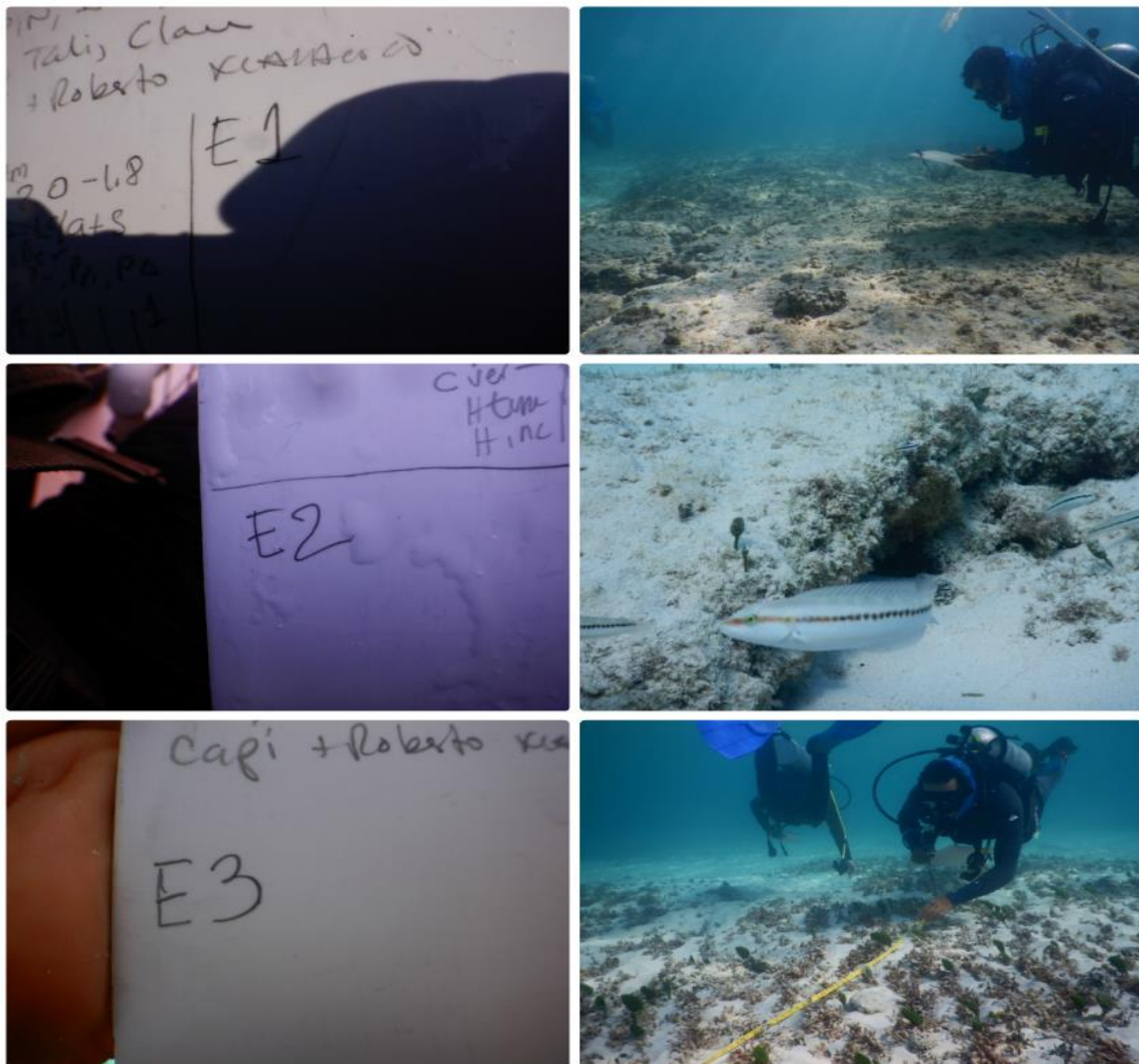


Figura 61. Evidencia fotográfica del muestreo realizado en las tres áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera.

IV.2.2.3.4 Análisis de datos

A partir de la información recabada en los muestreos de campo, se realizó un análisis de las comunidades de organismos arrecifales (**escleractinios, gorgonáceos, vegetación marina, ictiofauna e invertebrados**) registrados en: 1) el Sistema Ambiental Regional, 2) las estructuras de protección costera existentes (bolsacretos), y 3) las áreas propuestas para la instalación de las estructuras de protección costera. Esta evaluación permite conocer la condición actual en la que

se encuentra la comunidad de organismos, así como emitir un diagnóstico ambiental del área de estudio.

Este análisis se realizó a través de la determinación de su riqueza de especies, composición de especies (Lista de especies), grupos funcionales (en peces, macroalgas y pastos marinos), así como la evaluación de la distribución, abundancia, diversidad, equitabilidad, estructura de tallas, formas de crecimiento y condiciones de los organismos (para corales blandos). A continuación, se explica cada uno de ellos.

IV.2.2.3.4.1 Abundancia

Para todos los grupos biológicos muestreados (**escleractinios, gorgonáceos vegetación marina, ictiofauna e invertebrados**) se realizó una estimación de la **abundancia**. Para el caso de los **escleractinios y las algas**, se hizo una estimación de la cobertura de cada uno de estos grupos, expresada como el porcentaje de tejido vivo que cada uno ocupó en el transecto. Con respecto a los **gorgonáceos e ictiofauna** (peces arrecifales), se hizo una estimación de densidad con base en el número de colonias/individuos que se encontraron por metro cuadrado del área de muestreo.

También se incluye una **lista de especies** por grupo biológico con un estimador de abundancia relativa por especie para cada una de las áreas de muestreo: **1) Sistema Ambiental Regional, 2) estructuras de protección costera existentes y 3) áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera**. Este estimador de abundancia relativa se presenta en categorías, de acuerdo a lo descrito en la siguiente tabla.

Tabla 16. Categorías de abundancia relativa y definición de su rango.

Categoría	Abreviación	Rango de abundancia relativa
Dominante	D	> 20 %
Abundante	A	10 – 20 %
Común	C	5 – 10 %
Escaso	E	1 – 5 %
Raro	R	< 1 %

Cabe mencionar que las listas de especies no incluyen los nombres comunes de las especies, porque la mayoría no lo tiene definido.



IV.2.2.3.4.2 Diversidad

Para cada grupo biológico y **área de muestreo 1. Sistema Ambiental Regional, 2. Estructuras de protección costera existentes y 3. Áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera**), se obtuvo su riqueza de especies (S), índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), así como una medida de la heterogeneidad a través del valor de Equitabilidad (J').

La **Riqueza de especies (S)**, es el número total de especies de una comunidad particular (hábitat, muestra, punto o sitio concreto, que se considera homogéneo). La riqueza de especies es la forma más sencilla de medir la biodiversidad entre comunidades (Magurran 2004).

El **Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')**, toma en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas. Así, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra sin tener en cuenta la distribución en el espacio. Los valores normales están entre 1 y 5. Valores bajos significan mayor dominancia, mientras que valores altos indican mayor equitatividad. La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

H' = Índice de equidad de Shannon-Wiener

P_i = abundancia proporcional de la especie, (i = número de individuos de la especie i (n) entre el número total de individuos de la muestra (N))

$$H' = - [(p_1 \ln p_1 + p_2 \ln p_2 + p_3 \ln p_3 + \dots + p_i \ln p_i)]$$

El **Índice de Pielou (J')**, mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno 2001). La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$



Dónde:

H' = Índice de equidad de Shannon-Wiener

$\log_2 S$ = es la diversidad máxima (H'_{max}) que se obtendría si la distribución de las abundancias de las especies en la comunidad fuera perfectamente equitativas.

IV.2.2.3.4.3 Formas de crecimiento

Este parámetro se consideró para aquellos organismos arrecifales que crecen formando colonias, los cuales presentan un crecimiento indeterminado y cuyas formas de crecimiento pueden servir como indicadores de las condiciones ambientales a las cuales están sujetos. De esta manera se registró la forma de crecimiento de los **escleractinios** con base en categorías para cada taxón, según se presenta en la siguiente tabla. El análisis de este parámetro se muestra en los resultados como un histograma de frecuencias por categoría de forma de crecimiento por **área de muestreo: 1) Sistema Ambiental Regional, 2) estructuras de protección costera existentes (bolsacretos) y 3) áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera.**

Tabla 17. Categorías de formas de crecimiento para los escleractinios (corales duros).

Categoría	Forma de crecimiento
Dig	Digitiforme
Inc	Incrustante
Mas	Masiva
Ram	Ramificado
Pla	Plato

IV.2.2.3.4.4 Estructura de tallas

El tamaño de las colonias se registró para los **escleractinios** (corales duros), los **gorgonáceos** (corales blandos) e **ictiofauna** (peces arrecifales) con la intención de conocer la estructura de tallas de cada uno de estos grupos biológicos. Para ello, se utilizaron diferentes parámetros para estimar la talla; en el caso de los **escleractinios** se consideró el diámetro mayor de cada colonia; para los **gorgonáceos** se midió la altura máxima de cada colonia; y, para la **ictiofauna** se estimó la longitud total del cuerpo de cada pez.

El tamaño de los organismos se registró en clases de tamaño, para lo cual se definen las categorías de talla para cada grupo que se muestra en la siguiente. El análisis se presenta como un histograma de frecuencias por taxón y área de muestreo: 1) Sistema Ambiental Regional, 2) estructuras de protección costera existentes y 3) áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera.

Tabla 18. Categorías de talla para los escleractinios, gorgonáceos e ictiofauna (peces).

Clase de talla	Escleractinios (corales duros)	Gorgonáceos (corales blandos)	Ictiofauna (peces arrecifales)
I	<5 cm	<10 cm	<5cm
II	5-10 cm	10-30 cm	5-10 cm
III	10-20 cm	30-50 cm	10-20 cm
IV	20-40 cm	>50 cm	20-30 cm
V	>40 cm		>30 cm

IV.2.2.3.4.5 Condiciones del organismo

Esta evaluación se hizo de manera cualitativa en los **escleractinios** (corales duros) y en los **gorgonáceos** (corales blandos) por ser los organismos más importantes en cuanto a su papel ecológico y abundancia, a través del registro del tipo de daño que pudieran presentar sus colonias. Para ello, se consideraron diferentes categorías de daño dependiendo del grupo, según se explica en la tabla siguiente. El análisis se presenta como histograma de frecuencias relativas de categorías de daño por **área de muestreo**: 1) Sistema Ambiental Regional, 2) estructuras de protección costera existentes y 3) áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera.

Tabla 19. Categorías de condición de los organismos para escleractinios y gorgonáceos.

Escleractinios (corales duros)		Gorgonáceos (corales blandos)	
Categoría	Condición del organismo	Categoría	Condición del organismo
Sana	Sin tejido dañado	Sana	Sin tejido dañado
Sedi	Tejido cubierto con sedimento	Daño	Tejido con algún tipo de daño
Blca	Tejido blanqueado	Enfe	Enfermedad (virus, nódulos, etc.).

Escleractinios (corales duros)		Gorgonáceos (corales blandos)	
Categoría	Condición del organismo	Categoría	Condición del organismo
Epib	Con organismos epibiontes.		

IV.2.2.3.4.6 Grupos funcionales

Para la **ictiofauna** (peces arrecifales) y **vegetación marina** (macroalgas y pastos marinos) se realizó un análisis de grupos funcionales. Para ello se consideró el tipo de alimentación en los peces para definir su grupo trófico, y el tipo de pigmento fotosintético presente en las algas, de acuerdo al Phylum al que pertenecen taxonómicamente, según las categorías que se especifican a continuación.

Se realizó un análisis de la distribución de frecuencias por grupo biológico de acuerdo con los grupos tróficos para los peces y los grupos taxonómicos para las algas. Las categorías se presentan en la tabla siguiente. El análisis se presenta como histograma de frecuencias relativas de categorías de grupos funcionales

Tabla 20. Categorías de grupos funcionales para peces arrecifales y para la vegetación marina.

Ictiofauna (peces arrecifales)		Vegetación marina (macroalgas y pastos marinos)	
Categoría	Grupo trófico	Categoría	Grupo taxonómico
Bento	Bentófago	Vcar	Clorofitas (verde) carnosas
Herbi	Herbívoro	Vcal	Clorofitas (verde) calcáreas
Ictio	Ictiófago	Roja	Rodofitas
Omni	Omnívoro	Café	Feofitas
Planc	Planctófago	Cian	Cianofita
		Pasto	Pastos marinos

Las categorías tróficas para agrupar a los peces arrecifales de acuerdo con sus hábitos alimenticios se definen de la siguiente manera:

- Bentófago: Se alimenta de cangrejos, camarones, anélidos, gasterópodos, estomatópodos, peces.
- Herbívoro: Dieta a base de algas y pastos marinos.
- Ictiófago: Se alimentan de peces.

- Omnívoro: Consumen algas, anélidos, peces, copépodos, gasterópodos, antozoos, tunicados, cangrejos, esponjas, equinodermos.
- Planctófago: Se alimentan de cangrejos, camarones, estomatópodos, zoantarios y huevos de peces que forman el plancton.

IV.2.2.4 Resultados

IV.2.2.4.1 Descripción general del Área de Estudio

El arrecife que se desarrolla en el Área de Estudio del proyecto muestra una estructura diferente al patrón de zonación típico para la zona del Caribe Mexicano (Gutiérrez *et al.* 1993), por lo que no son claramente reconocibles las zonas y subzonas característicos. Siendo así, el ambiente marino está compuesto principalmente de una laja calcárea sin la presencia de una cresta arrecifal, y, por lo tanto, no hay presencia de una laguna arrecifal como tal, encontrando solamente un área muy reducida de pastos marinos en la parte sur del área de estudio.

IV.2.2.4.2 Tipos de ambientes en el Área de Estudio

En el Área de Estudio se reconocieron siete tipos de ambientes, de acuerdo con sus características de tipo de sustrato, profundidad, topografía del lugar, así como de la biota marina dominante. Dichos ambientes son: 1) arenal somero, 2) laja rugosa con algas, 3) pastizal, 4) laja lisa con algas, 5) laja con sedimentos y algas, 6) laja con gorgonáceos y 7) arenal profundo. En la siguiente tabla se muestran los tipos de ambientes identificados para el Área de Estudio, así como la superficie y el porcentaje que ocupa cada uno.

Tabla 21. Tipo de ambiente identificado en el Área de Estudio, así como superficie (ha) y porcentaje (%) de cada uno de ellos.

Tipo de ambiente	Abreviatura	Ha	%
Laja rugosa con algas	L-rug/a	13.57	10.12
Laja con sedimento y algas	L-sed/a	4.65	3.47
Laja lisa con algas	L-lis/a	48.96	36.50
Laja con gorgonáceos	L-gor	12.40	9.25
Pastizal	Past	1.42	1.06

Arenal somero	Ar-som	21.02	15.67
Arenal profundo	Ar-pro	32.12	23.94
Total		134.14	100.00

A continuación, se muestra el mapa de los tipos de ambientes identificados en el Área de Estudio.

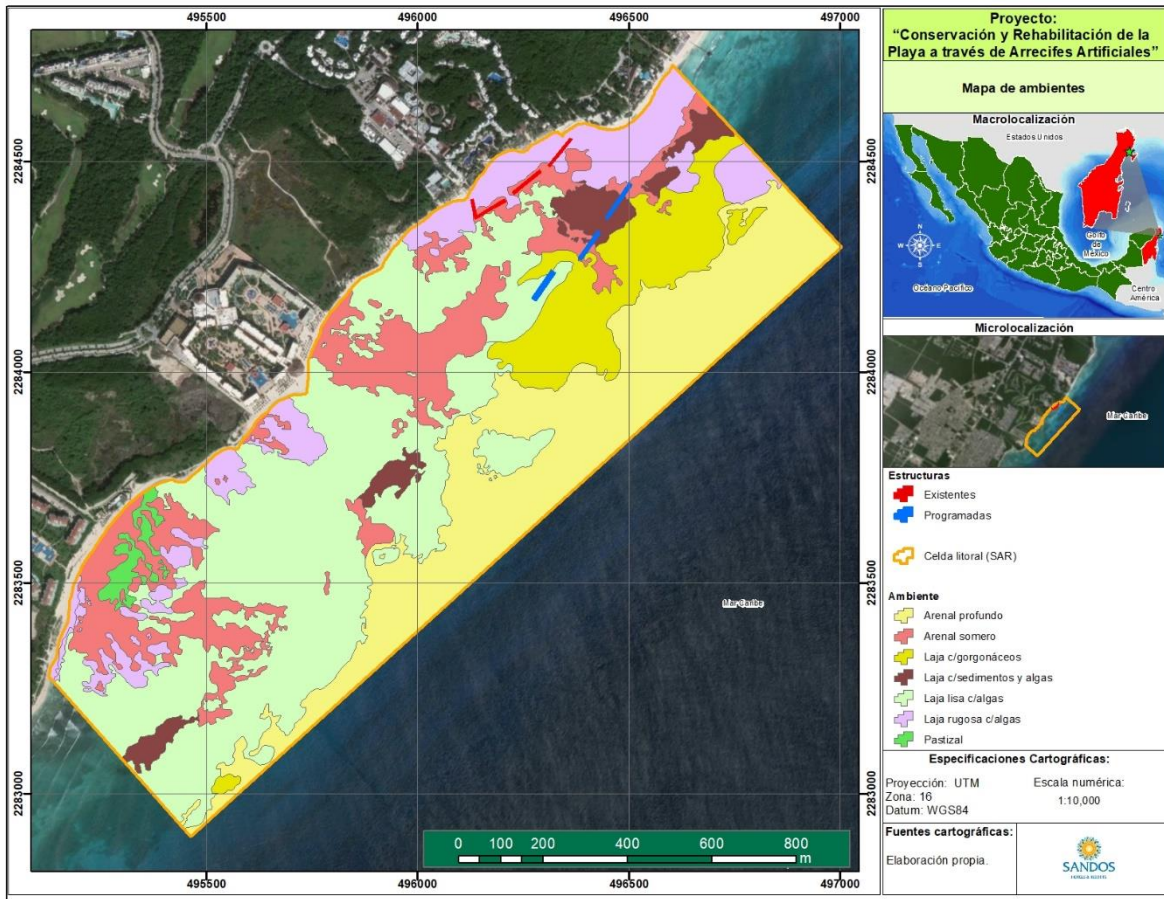


Figura 62. Tipos de ambientes identificados en el Área de Estudio.

En la tabla siguiente, se incluye el tipo de ambiente identificado en cada sitio de muestreo intensivo para caracterizar el Sistema Ambiental Regional. Los mismos sitios de muestreo sirvieron para realizar el mapa de ambientes del Área de Estudio (figura anterior).



Tabla 22. Tipos de ambientes identificados en los sitios de muestreo intensivos para caracterizar el **Sistema Ambiental Regional (SAR)**.

ID Muestreo intensivo	Tipo de ambiente	Abreviatura	Coordenadas UTM	
			X	Y
A01	Laja rugosa con algas	L-rug/a	496,567.00	2,284,572.00
A02			496,712.00	2,284,469.00
R01	Laja con sedimento y algas	L-sed/a	496,624.00	2,284,558.00
A15	Laja lisa con algas	L-lisa/a	495,650.00	2,283,696.00
A18			495,756.00	2,283,527.00
A22			495,409.00	2,283,042.00
G01			495,771.00	2,283,487.00
R14			495,663.00	2,283,281.00
121	Laja con gorgonáceos	L-gor	496,664.00	2,284,254.00
A06			496,379.00	2,284,200.00
G02			495,570.00	2,283,026.00
P01	Pastizal	Past	495,414.00	2,283,713.00
P02			495,264.00	2,283,480.00
R05	Arenas somero	Ar-som	496,347.00	2,284,296.00
R08			495,997.00	2,284,020.00
R09			496,100.00	2,283,809.00
R11			495,902.00	2,283,601.00
S02			495,483.00	2,283,417.00
S03			495,226.00	2,283,377.00
R02	Arenal profundo	Ar-pro	496,825.00	2,284,377.00
R04			496,863.00	2,284,270.00

Como se puede observar en la tabla anterior el número de transectos colocados en cada tipo de ambiente fueron: seis en arenal somero (Ar-som), dos en laja rugosa con algas (L-rug/a), dos en pastizal (Past), cinco en laja lisa con algas (L-lis/a), uno en laja con sedimentos y algas (L-sed/a), tres en laja con gorgonáceos (L-gor) y dos en arenal profundo (Ar-pro).

Es preciso decir que las categorías que se utilizaron en el mapa de ambientes del presente estudio son diferentes a las que reconoce Cerdeira-Estrada *et al.* (2018), toda vez que se consideró que la nomenclatura y la distribución de los mismos no siempre correspondían a la zonación arrecifal y a las observaciones de campo en cuanto al tipo de sustrato y biota marina dominante. En este sentido, se consideró que las categorías que Cerdeira-Estrada *et al.* (2008) definieron como “arrecife rocoso”, “tocones y pedacera de coral” y “estructura coralina” no son claramente



diferenciables en campo. Asimismo, la categoría denominada “sedimentos”, que utiliza Cerdeira-Estrada *et al.* (2008), no diferencia entre los bancos de arena que forman en la parte somera dentro de la Laguna arrecifal, de aquellos que forman el canal de arena en la parte profunda, ni de las áreas con sustrato de laja con una capa de sedimentos. Finalmente, se considera confuso que exista una categoría denominada “octocorales” y otra “octocorales y corales”; al igual que las categorías denominadas “comunidad de pastos marinos” y “pastos marinos y macroalgas”.

De tal forma que, en el presente estudio, se definieron categorías por tipo de ambiente considerando, en primer lugar, el **tipo de sustrato**, reconociendo los que están formados por: 1) **laja** (*i.e.*, laja rugosa con algas, laja con sedimento y algas, laja lisa con algas y laja con gorgonáceos); 2) **arena** (*i.e.*, arenal somero y arenal profundo); y 3) pradera de **pastos marinos**.

Resulta evidente que algunos tipos de sustratos presentan variaciones en cuanto a la comunidad bentónica dominante, por lo que **se consideraron** ambientes distintos, teniendo en total **siete ambientes diferentes** que se consideran para el presente estudio.

Del análisis comparativo entre el mapa de ambientes de Cerdeira-Estrada *et al.* (2018) que se presenta en este estudio (Figura 49), se observa que evidentemente existe una similitud genérica en la distribución de los ambientes, pero con ciertas diferencias que permiten que el mapa que se presenta en este estudio (Figura 62), sea de mayor utilidad para los fines del proyecto. Bajo estas consideraciones, el mapa de ambientes que se presenta como herramienta para el presente estudio tiene definidos siete tipos de ambientes dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto. A continuación, se describe de manera general, cada tipo de ambiente reconocido en el SAR.

IV.2.2.4.2.1 Laja rugosa con algas (L-rug/a)

El ambiente denominado **Laja rugosa con algas (L-rug/a)** es un área somera, contigua a la línea de costa, que forma una franja continua, de aproximadamente 30 metros, que se presenta contigua a la línea de costa en la parte norte del Sistema Ambiental Regional, en parches de tamaño medio en la parte central y en manchones dispersos en la parte sur. Este ambiente cubre una extensión total de **13.57 ha**, que representa **10.12% del Sistema Ambiental Regional**.

Este ambiente se caracteriza porque el sustrato está formado por una laja rugosa de poco relieve cubierta por una gran cantidad de algas calcáreas. El sustrato en este tipo de ambiente es muy homogéneo, se extiende hasta la línea de costa. Los corales son pequeños, encontrando especies consideradas ruderales o pioneras como son *Porites astreoides*, *P. divaricata* y *Siderastrea siderea* con cobertura de tejido por debajo del 1% y en buenas condiciones. Los gorgonáceos están ausentes, con poca presencia de peces en general, pero con mayor abundancia en los sitios de mayor relieve, y son comunes los erizos de tamaño pequeño de la especie *Equinometra lucunter*. Se encontraron pocas especies de peces, aunque su abundancia fue la más elevada en este tipo de ambiente. Se detectó la presencia de salida de agua dulce (ojos de agua) en esta zona. La profundidad en estos sitios varía de 0-3 metros. A continuación, se muestran imágenes de los muestreos en las dos temporadas (lluvias y secas) para este tipo de ambiente.

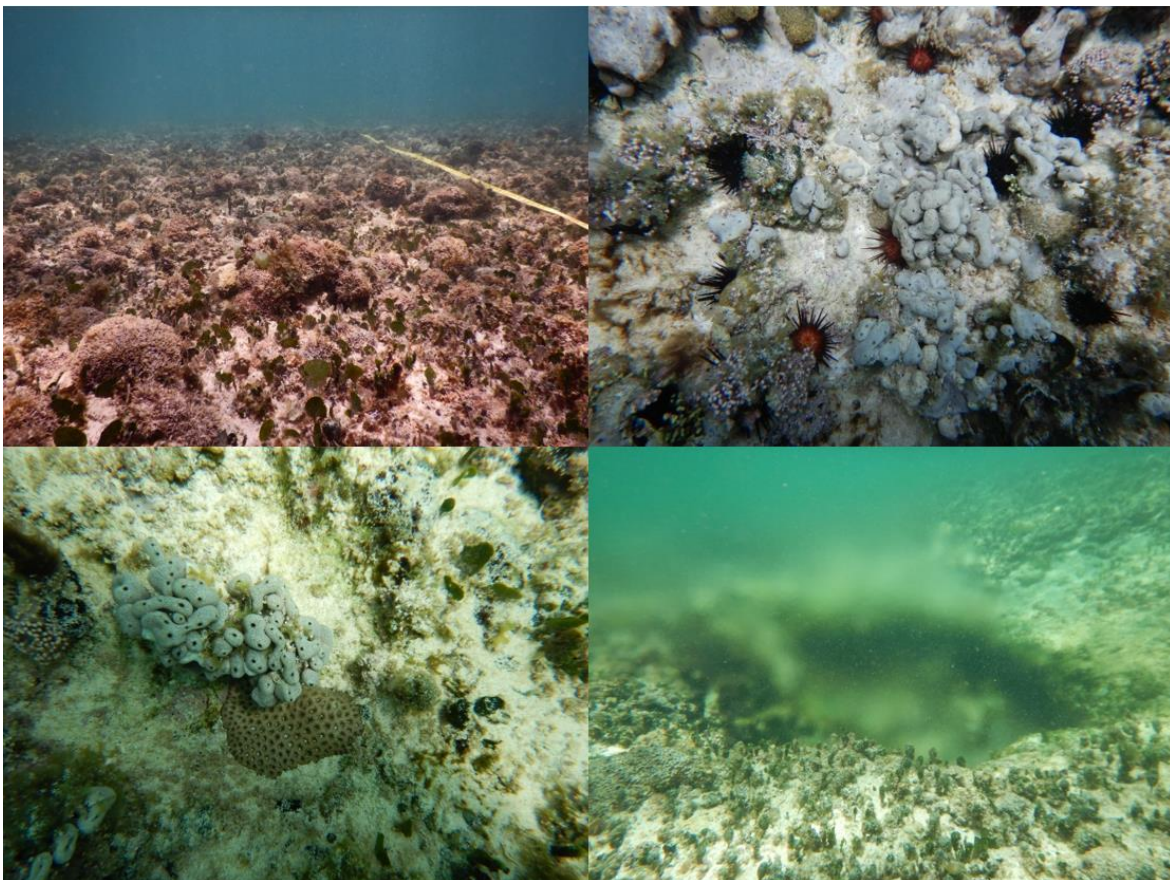


Figura 63. Tipo de ambiente denominado **Laja rugosa con algas (L-rug/a)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante la época de lluvias. Arriba

izquierda: sustrato de laja rugosa con algas calcáreas; Arriba derecha: presencia de erizos; Abajo izquierda: pequeños corales; Abajo derecha: ojo de agua.



Figura 64. Tipo de ambiente denominado **Laja rugosa con algas (L-rug/a)** dentro del Sistema Ambiental Regional durante el muestreo en la época de secas. Izquierda: sustrato de laja rugosa con algas calcáreas; derecho: ojo de agua.

IV.2.2.4.2.2 Laja con sedimentos y algas (L-sed/a)

El tipo de ambiente denominado **Laja con sedimentos y algas (L-sed/a)** es un área poco extensa que se encuentra en una franja de profundidad media muy discontinua, siendo un esbozo del canal de arena que se forma de manera paralela a la línea de costa en otras partes del arrecife en donde divide la zona de la Cresta de la del Arrecife Frontal. Este ambiente abarca una **extensión total de 4.65 ha**, lo que **representa 3.47% del área total del Sistema Ambiental Regional**.

Este ambiente se caracteriza por una alta presencia de sedimentos de arena fina sobre una laja calcárea, presentando parches de algas de diferentes composiciones y porcentajes de cobertura. La mayoría de las algas presentes son del tipo verde calcáreas, siendo abundantes los géneros *Penicillus* y *Rhipocephalus*. Los corales son escasos y poco diversos, representados por colonias de tamaño pequeño y con muestras de afectación por sedimentación. Pulpos y peces lenguados fueron abundantes. La profundidad en este ambiente varía alrededor de 2 metros. A continuación, se muestran imágenes de los muestreos en las dos temporadas (lluvias y secas) para este tipo de ambiente.



Figura 65. Tipo de ambiente denominado **Laja con sedimentos y algas (L-sed/a)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto, durante el muestreo hecho en la época de lluvias. Diferentes proporciones de arena y algas en este tipo de ambiente y la presencia de pequeñas colonias de coral de la especie *Siderastrea siderea*.



Figura 66. Tipo de ambiente denominado **Laja con sedimentos y algas (L-sed/a)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante el muestreo en la época de secas. Diferentes proporciones de arena y algas en este tipo de ambiente.

IV.2.2.4.2.3 Laja lisa con algas (L-lis/a)

El ambiente denominado **Laja lisa con algas (L-lisa/a)** es el más extenso en el Sistema Ambiental Regional de este proyecto. **Abarca 48.96 ha**, lo que **representa 36.50% del polígono del Sistema Ambiental Regional**. Este ambiente representa lo que sería la Transición Barlovento en la Cresta Arrecifal de arrecifes más desarrollados, y aquí únicamente se presenta como una Laja plana sin relieve, con ausencia de alguna estructura de tipo coralina.

El sustrato en este tipo de ambiente se caracteriza por ser una laja plana sin relieve con una capa de sedimento muy delgada y presencia de algas verdes calcáreas en su mayoría. La presencia de corales es un poco más diversa, encontrando especies de los géneros *Porites*, *Siderastrea*, *Pseudodiploria*, *Meandrina* y *Favia*, y colonias aisladas y dispersas de tamaño medio, aunque la cobertura en general es menor al 1%. En este tipo de ambiente también se observaron erizos, aunque en menor abundancia. Los peces en este tipo de ambiente presentaron una alta variedad, así como una abundancia importante. La profundidad en estos sitios va de 1.7 m en su parte más somera a 6.4 m en las partes más alejadas de la costa. A continuación, se muestran imágenes de los muestreos en las dos temporadas (lluvias y secas) para este tipo de ambiente.

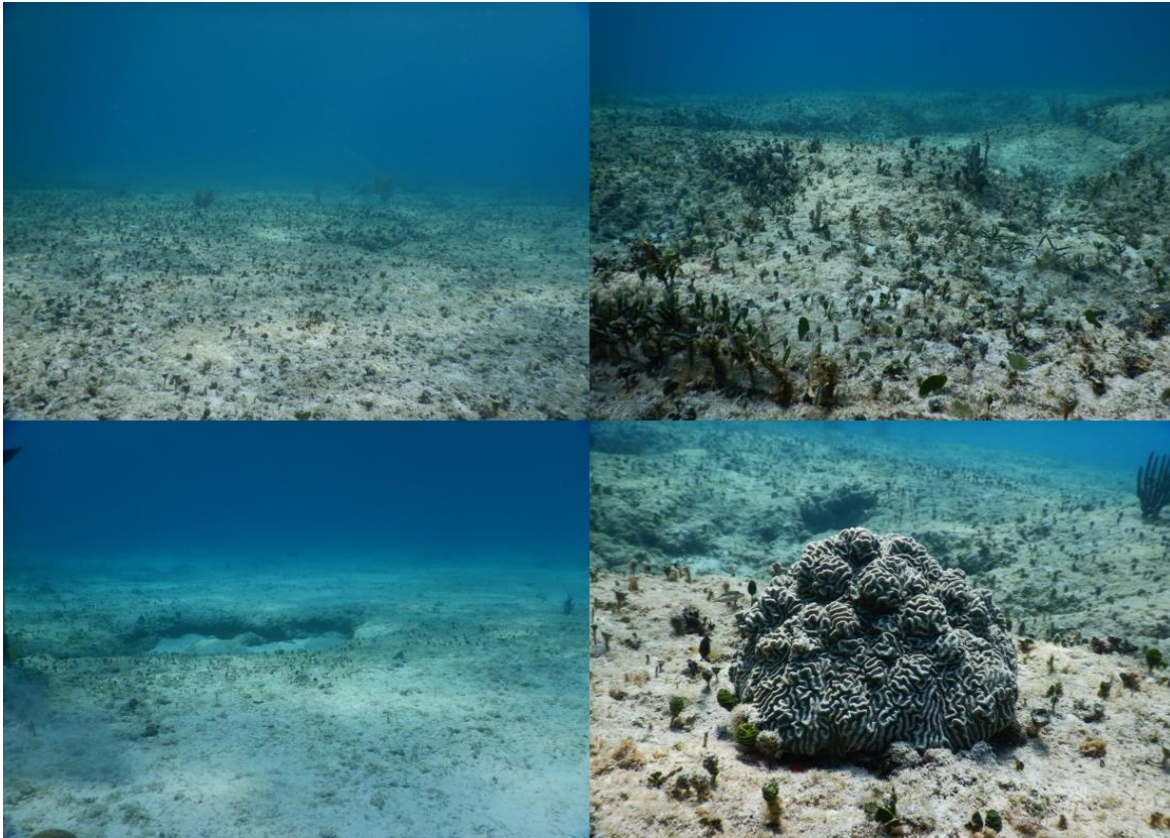


Figura 67. Tipo de ambiente denominado Laja lisa con algas (L-lisa/a) dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante la época de lluvias. Diferentes vistas del sustrato y presencia de colonias de coral de la especie *Pseudodiploria strigosa*.



Figura 68. Tipo de ambiente denominado **Laja lisa con algas (L-lisa/a)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante el muestreo en la época de secas. Diferentes vistas del sustrato y la presencia de colonias de coral de la especie *Pseudodiploria strigosa*.



IV.2.2.4.2.4 Laja con gorgonáceos (L-gor)

El ambiente que se denominó **Laja con gorgonáceos (L-gor)** es un área que se encuentra en la parte norte a una profundidad intermedia. Abarca **12.4 ha**, lo que **representa 9.25% del polígono del Sistema Ambiental Regional**. Este ambiente representa la parte más desarrollada del arrecife, sobre todo en la parte que colinda con el Arenal profundo, en donde la laja presenta un desnivel o escalón, y suele encontrarse mayor abundancia y diversidad de especies de todos los grupos taxonómicos.

Este tipo de ambiente se caracteriza por ser una laja plana con poco relieve y lisa en casi toda su extensión, a excepción del desnivel que se forma en su borde más profundo, donde colinda con el Arenal profundo. Este ambiente se caracteriza por la presencia de gorgonáceos, los cuales pueden ser en forma de abanico, candelabro o ramificados; siendo los más abundantes los de las especies *Pterogorgia anceps*, *Eunicea tourneforti* y *Muriceopsis flavida*. La presencia de corales escleractinios es común, aunque la cobertura que alcanza es baja, generalmente menor al 1%; teniendo como especies comunes *Agarica agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Montastraea cavernosa* y *Pseudodiplora clivosa*. Esta laja presenta una capa delgada de sedimentos finos, y algas que varían en cobertura alrededor del 40%, y algunos parches de sedimento. Los peces son abundantes, sobre todo en la parte del desnivel que se forma en la parte profunda. La profundidad de este ambiente va desde los 3 metros en su parte somera, hasta los 10 metros de profundidad en donde termina la laja sobre el arenal profundo. A continuación, se muestran imágenes de los muestreos en las dos temporadas (lluvias y secas) para este tipo de ambiente.

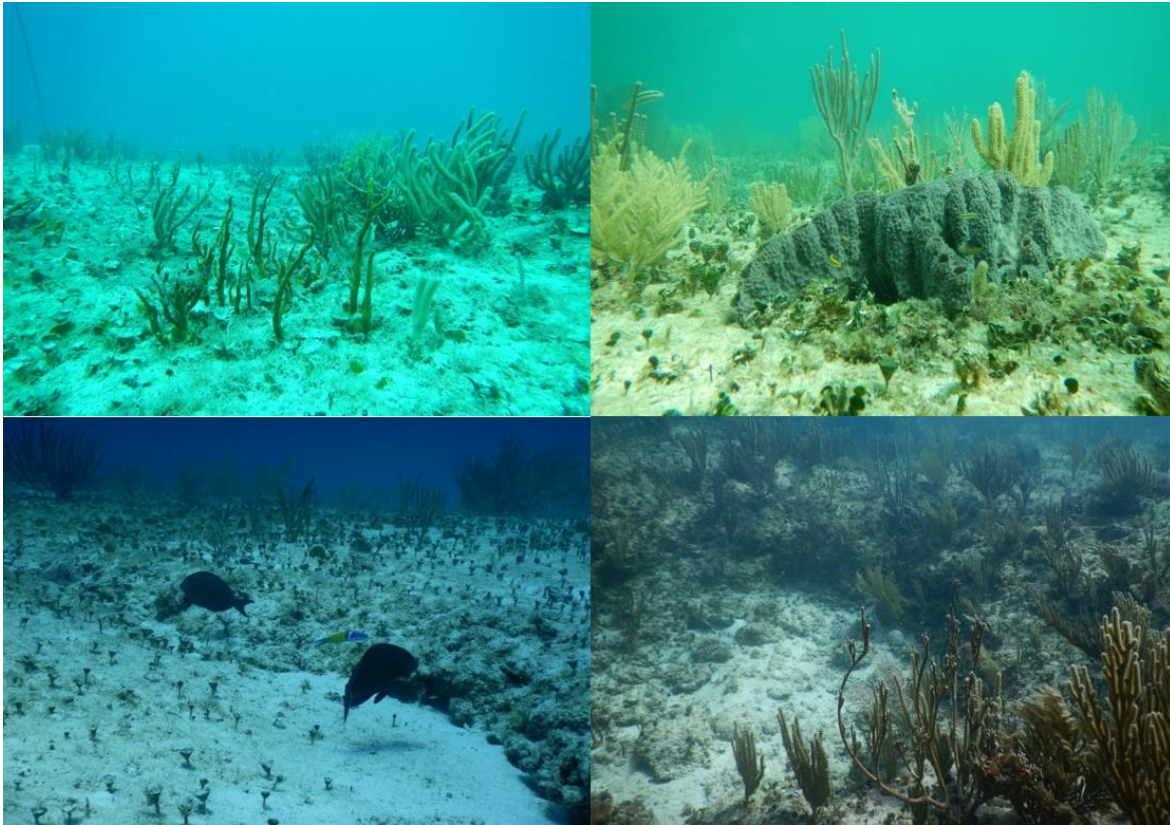


Figura 69. Tipo de ambiente denominado **Laja con gorgonáceos (L-gor)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante la época de lluvias.



Figura 70. Tipo de ambiente denominado **Laja con gorgonáceos (L-gor)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante el muestreo hecho en la época de secas.

IV.2.2.4.2.5 Pastizal (Past)

El ambiente de **Pastizal (Past)** es un área muy pequeña, que se encuentra en la parte somera de la sección sur del polígono del Sistema Ambiental Regional; **abarca 1.42 ha**, lo que **representa 1.06% del Sistema Ambiental Regional**. Debido a que en el área de estudio no existe una Laguna Arrecifal bien desarrollada, la presencia de este tipo de ambiente es escasa.

Este ambiente de Pastizal es una comunidad de pastizal mixto, con presencia de las 3 especies de pastos marinos, encontrando parches de *Halodule wrightii* hacia la parte más somera, parches extensos de *Syringodium filiforme*, y otras partes en donde la comunidad de pastos marinos está principalmente compuesta de *Thalassia testudinum* y algas verdes calcáreas de crecimiento erecto como las de los géneros *Penicillus*. El sustrato es principalmente de arena fina, y el sitio se encontró con alta turbiedad, por efecto de la presencia de Sargazo en la línea de costa. La profundidad del sitio oscila entre 2.5 y 3 metros. A continuación, se muestran imágenes de los muestreos en las dos temporadas (lluvias y secas) para este tipo de ambiente.

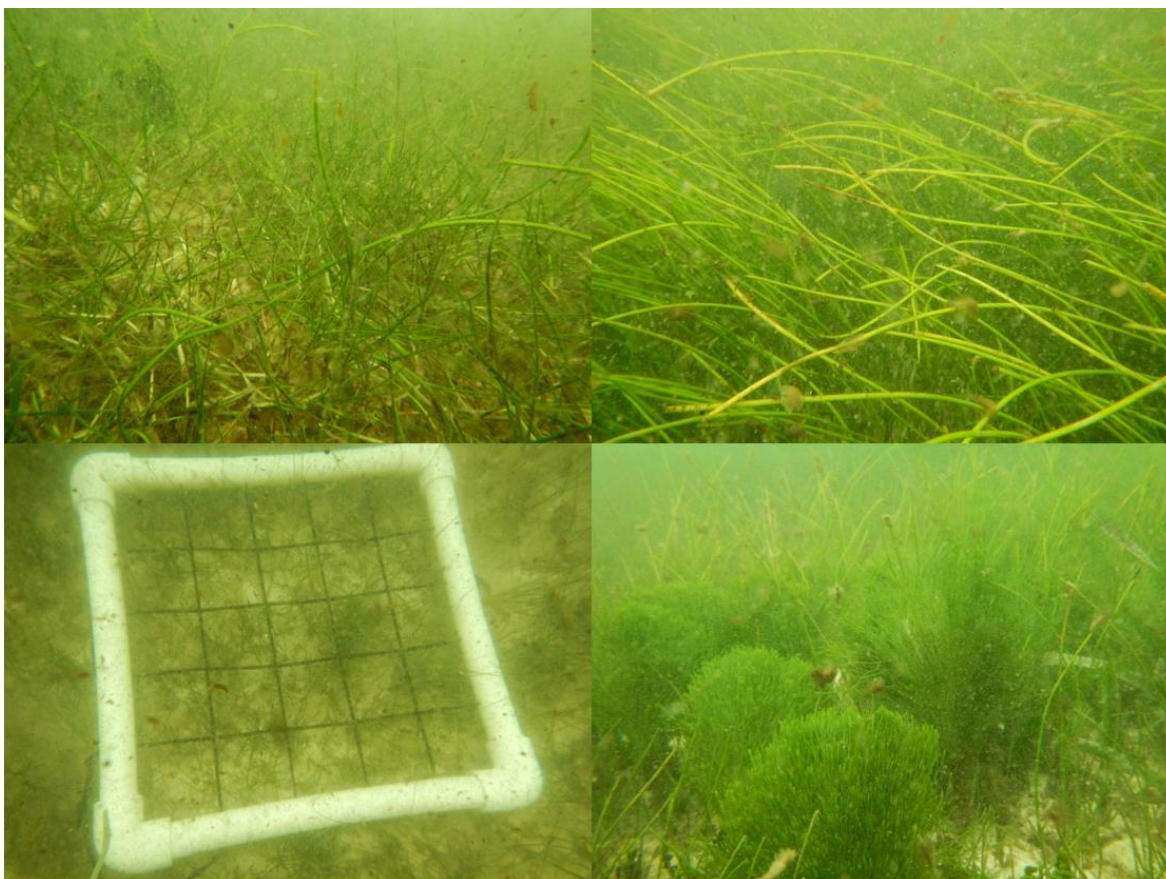


Figura 71. Tipo de ambiente denominado Pastizal (Past) dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante la época de lluvias. Arriba: parches de pasto de la especie *S. filiforme*. Abajo izquierda: pastizal de *H. wrightii*; Abajo derecha: Pastizal de *T. testudinum* y algas verdes calcáreas del género *Penicillus*.



Figura 72. Tipo de ambiente denominado **Pastizal (Past)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante el muestreo en la época de secas. Izquierda: parches de pasto de la especie *S. filiforme*; derecha: pastizal de *T. testudinum*.



IV.2.2.4.2.6 Arenal somero (Ar-som)

El ambiente que se denominó **Arenal somero (Ar-som)** se encuentra distribuido de manera dispersa a través de todo el polígono del Sistema Ambiental Regional, y se refiere a todas aquellas superficies en donde no se observa un sustrato de laja de manera superficial y que está cubierta de sedimento. Este ambiente en total **abarca una superficie de 21.02 ha**, lo que **representa 15.67% del polígono del Sistema Ambiental Regional**.

Este ambiente se caracteriza por presentar un sustrato de sedimento fino, en donde no se observa biota sésil marina; solamente algunas piedras con algas ocasionales, así como la presencia de algas sueltas flotantes, sobre todo de Sargazo en las partes someras, lo que afecta notoriamente la turbiedad del agua. Hacia las partes más profundas, los arenales se observan limpios y con arena blanca. La profundidad de estos sitios varía de 1 a 3 metros. A continuación, se muestran imágenes de los muestreos en las dos temporadas (lluvias y secas) para este tipo de ambiente.



Figura 73. Tipo de ambiente denominado **Arenal somero (Ar-som)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto. Arriba izquierda: arenal en la parte somera cercana a la línea de costa con alta turbiedad debido al efecto del Sargazo; y arenales de sedimento fino a diferentes profundidades.



Figura 74. Tipo de ambiente denominado **Arenal somero (Ar-som)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto durante el muestreo realizado en la época de secas. Izquierda: arenal de sedimento fino; derecha: presencia de algas entre los arenales.

IV.2.2.4.2.7 Arenal profundo (Ar-pro)

El ambiente denominado **Arenal profundo (Ar-pro)** abarca una extensión amplia del Sistema Ambiental Regional formando una franja a lo largo de la parte profunda del polígono. **Abarca una superficie de 32.10 ha**, lo que corresponde al **23.94% del Sistema Ambiental Regional**.

El Arenal profundo tiene un sustrato de Arena fina que varía bastante en la composición de especies presentes, teniendo sitios en donde se observa un arenal limpio sin presencia de biota marina, grandes extensiones con presencia escasa de algas creciendo entre la arena, parches de pasto marino y algas, hasta áreas pequeñas donde hay sustrato duro cubierto de sedimento en donde crece una comunidad de gorgonáceos donde predominan las especies de los géneros *Pseudopterogorgia* y *Gorgonia*. La profundidad de la capa de sedimento también es muy variable, encontrando sitios donde tiene solamente 5 cm de grosor sobre el sustrato de laja, hasta sitios en donde hay más de 20 cm de grosor en la capa de sedimento. La profundidad a la que se encuentra este ambiente varía de los 12 metros en su parte más somera hasta los 20 metros en el límite este del polígono del Sistema Ambiental Regional.



Figura 75. Tipo de ambiente denominado **Arenal profundo (Ar-pro)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto en los muestreos hechos durante la época de lluvias. Arriba izquierda: arenal sin presencia de biota sésil; arriba derecha: presencia escasa de algas; abajo izquierda: parches de algas y pasto marino; abajo derecha: comunidades de gorgonáceos creciendo en el arenal profundo.



Figura 76. Tipo de ambiente denominado **Arenal profundo (Ar-pro)** dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto en el muestreo durante la época de secas. Izquierda: arenal con poca presencia de biota sésil; derecha: presencia de parches de algas y pasto marino.

IV.2.2.4.3 Caracterización biológica en el Sistema Ambiental Regional

A continuación, se presenta el análisis de los parámetros comunitarios de los cinco grupos biológicos en el Sistema Ambiental Regional por tipo de ambiente. Los resultados corresponden a los muestreos realizados durante dos épocas del año: 29 de junio al 1 de julio del 2018 (lluvias) y del 23 al 25 de noviembre del 2018 (secas).

IV.2.2.4.3.1 Escleractinios (corales duros)

IV.2.2.4.3.1.1 Distribución y composición de especies

Durante la época de **lluvias** se registraron un total de **12 especies, distribuidas en ocho géneros y siete familias**. Solo en tres ambientes se registraron colonias coralinas dentro del área de muestreo. La especie *Porites astreoides* registró una dominancia en los ambientes L-rug/a y L-lis/a; en el primer ambiente mencionado, también domino *Siderastrea radians* y fue abundante *Porites porites*; en L-lis/a registró también una dominancia de *Millepora complanata*. En el ambiente L-gor las especies dominantes fueron *Agaricia agaricites* y *Siderastrea sideraea*, siendo abundantes *Montastrea cavernosa* y *Millepora complanata*. En los ambientes L-sed/a y Ar-pro se observaron colonias coralinas fuera del área de muestreo.

Tabla 23. Lista de especies y abundancia relativa de corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional, muestreo época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

* Especies observadas en el sitio fuera del transecto de muestreo.

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
Agariciidae	<i>Agaricia</i>	<i>agaricites</i>			E	D			
Faviidae	<i>Pseudodiploria</i>	<i>clivosa</i>			*				
		<i>strigosa</i>				*			
	<i>Montastraea</i>	<i>cavernosa</i>				A			
Meandrinidae	<i>Dichocoenia</i>	<i>stokesii</i>				*			
Pocilloporidae	<i>Madracis</i>	<i>decactis</i>			*				
Poritidae	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>	D		D				
		<i>porites</i>	A	*	E				
Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>	D		E	E			
		<i>sideraea</i>	C	*	*	D			
Hidrocorales									
Milleporidae	<i>Millepora</i>	<i>alcicornis</i>			D	E			*
		<i>complanata</i>			C	A			
Total			4	0	6	6	0	0	0

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** = Pastizal; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.

En la época de **secas** se registraron **12 especies, distribuidas en ocho géneros y seis familias**; de estas 12 especies, cinco fueron observadas fuera del transecto de muestreo. La especie con mayor distribución fue *Porites porites*, registrándose en cuatro de los siete ambientes de muestreo, siendo dominante en todos ellos. En el ambiente L-rug/a también dominó la especie *Pseudodiploria clivosa*. En los ambientes L-lis/a y Past dominaron, junto con *P. porites*, las especies *Porites astreoides* y *Siderastrea radians* y las especies *Isophyllia sinuosa*, *Pseudodiploria strigosa*, *Dichocoenia stokesii*, *Millepora alcicornis*.

Tabla 24. Lista de especies y abundancia relativa de corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional, muestreo de la época de secas. D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

* Especies observadas en el sitio fuera del transecto de muestreo.

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
Agariciidae	<i>Agaricia</i>	<i>agaricites</i>			*	A			
Faviidae	<i>Isophyllia</i>	<i>sinuosa</i>				*			
		<i>Montastraea</i>	<i>cavernosa</i>			D			
	<i>Pseudodiploria</i>	<i>clivosa</i>	D		*	*			
		<i>strigosa</i>				*			
Meandrinidae	<i>Dichocoenia</i>	<i>stokesii</i>			*	*			



Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
Poritidae	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>	A		D		D		
		<i>porites</i>	D	D	D	*	D	*	
Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>	A	*	D	A	D	*	*
		<i>sideraea</i>	*			D			
HIDROCORALES									
Milleporidae	<i>Millepora</i>	<i>alcicornis</i>			*	*			*
		<i>complanata</i>			*				
Total			4	1	3	4	3		

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** = Pastizal; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.

IV.2.2.4.3.1.2 Abundancia y riqueza específica

Durante la época de lluvias, la mayor cobertura de tejido coralino se registró en el ambiente L-rug/a con 0.4%, sin embargo, la riqueza fue la más baja para esta zona son solo cuatro especies registradas; los sitios L-lis/a y L-gor registraron una riqueza de siete especies coralinas, con una cobertura de 0.2% y 0.3% respectivamente.

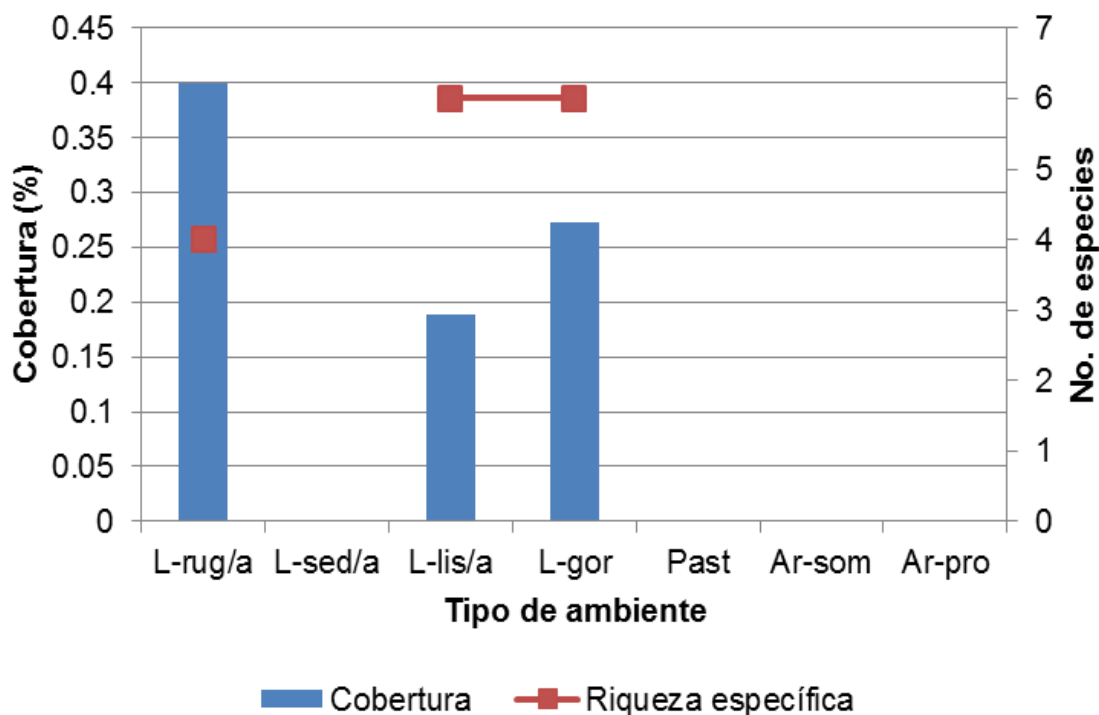


Figura 77. Abundancia y Riqueza específica de corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional del proyecto en época de lluvias.

En la época de secas, la mayor cobertura se registró en el ambiente Past con 0.8% de tejido coralino vivo y una riqueza de tres especies; en ambiente L-rug/a se observó una cobertura del 0.6% con una riqueza de cuatro especies de corales; seguido por el ambiente L-gor con una cobertura de tejido coralino del 0.3% aportado por cuatro especies coralinas. Los valores más bajos de estas variables fueron registrados en el ambiente L-sed/a con una cobertura del 0.06% y una sola especie. Los ambientes Ar-som y Ar-pro no registraron colonias coralinas dentro del transecto de muestreo.

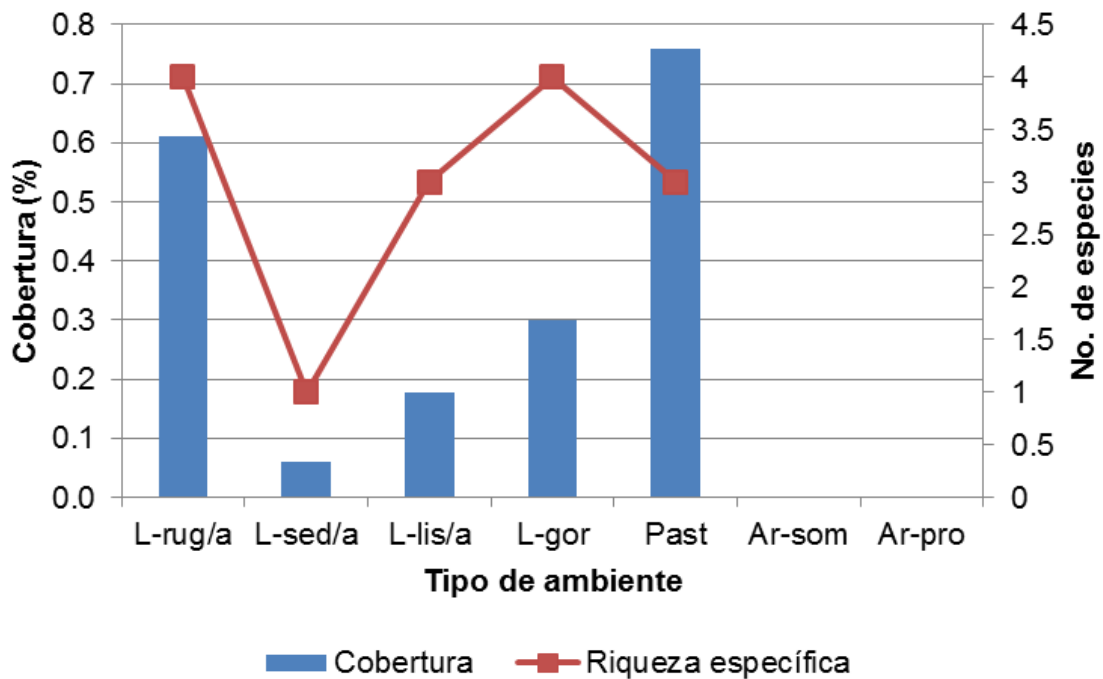


Figura 78. Abundancia y Riqueza específica de corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional del proyecto en la época de secas.

IV.2.2.4.3.1.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, el valor más alto de diversidad se encontró en el ambiente L-gor con una $H'=1.5533$ y una equitabilidad de $J'=0.8669$; el mayor valor de equitabilidad se obtuvo en el ambiente L-rug/a con un valor de $J'=0.8859$ y una diversidad de $H'=1.2282$; finalmente el ambiente L-lis/a obtuvo valores de diversidad $H'=1.3395$ y equitabilidad $J'=0.7475$.

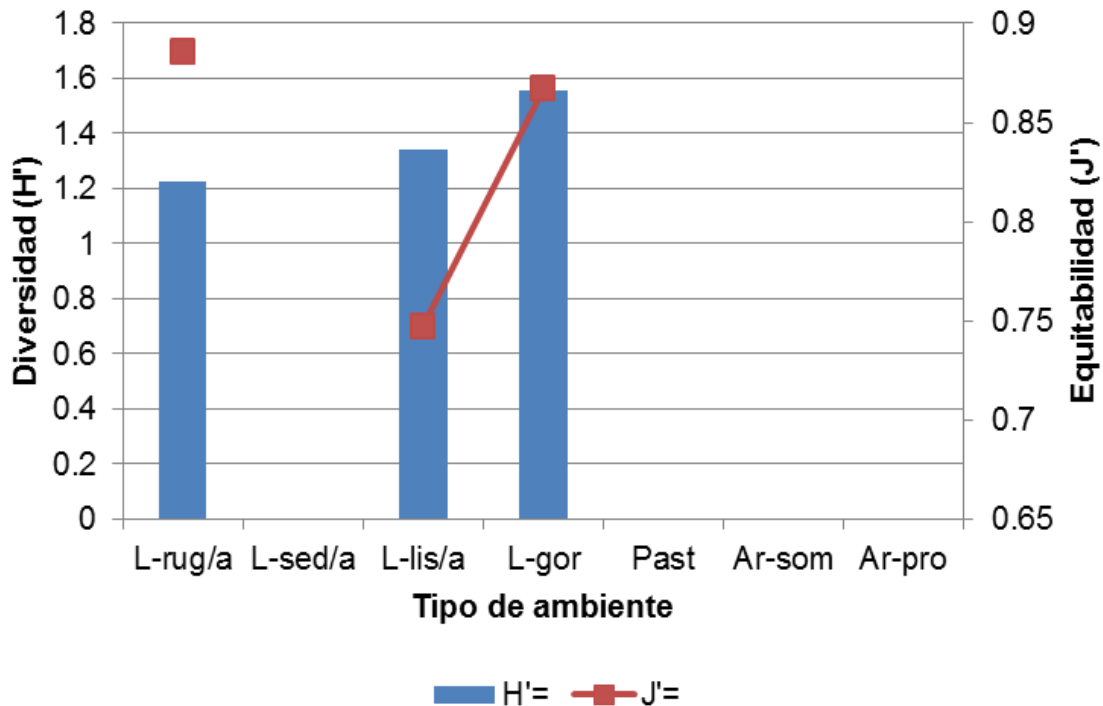


Figura 79. Diversidad de corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional del proyecto. Índice de Shannon-Wiener (H') y Equitabilidad (J') en época de lluvias.

En la época de secas, los valores más altos de estos índices, se registraron en el ambiente L-gor con una diversidad de $H'=1.3315$ y una equitabilidad de $J'=0.9605$ y en L-lis/a con una equitabilidad de $J'=0.9695$ con una diversidad de $H'=1.065$. El ambiente L-rug/a registró el valor más bajo de equitabilidad con una $J'=0.9329$ y una diversidad de $H'=1.2932$; mientras que el ambiente Past presentó el menor valor de diversidad con una $H'=1.0601$ y una equitabilidad de $J'=0.9649$.

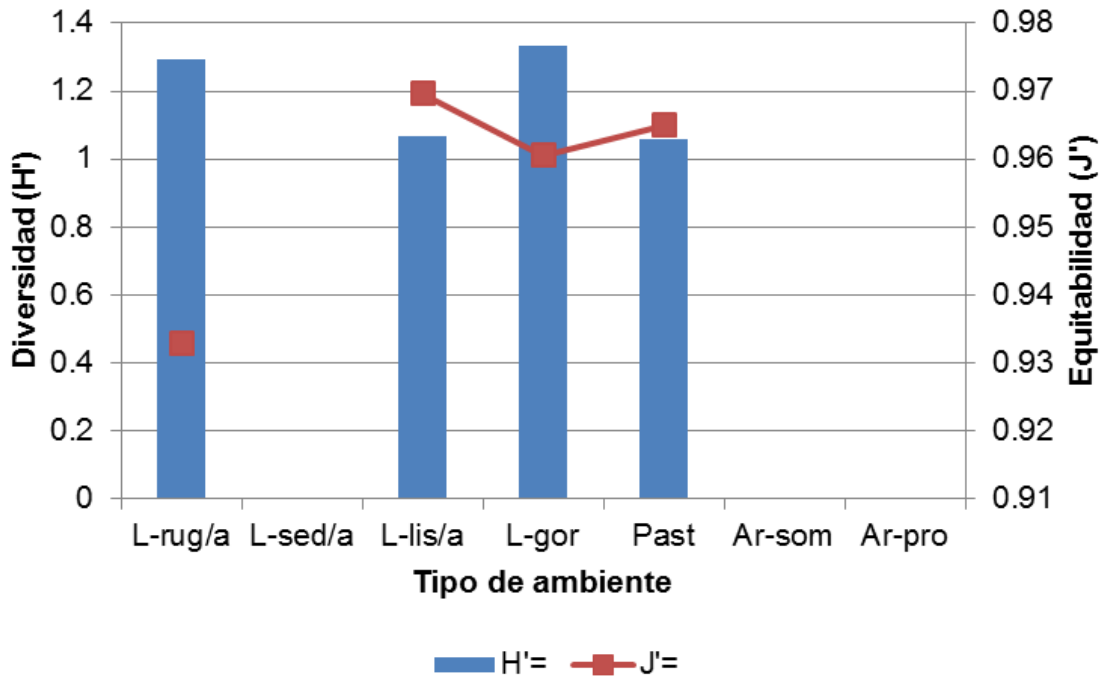


Figura 80. Diversidad de corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional del proyecto. Índice de Shannon-Wiener (H') y Equitabilidad (J') en época de secas.

IV.2.2.4.3.1.4 Estructura de tallas

En la época de lluvias, se registraron cinco categorías de tamaños, donde el ambiente L-lis/a presentó el mayor número de categorías con cuatro, dominando los corales pequeños categoría I y II con un aporte del 40% de frecuencia por igual y las colonias de mayor tamaño categoría IV y V registraron un 10% de frecuencia cada una. En el ambiente L-rug/a dominaron las colonias pequeñas categoría I con más del 58% de frecuencia, las colonias categoría II obtuvieron 33.3% de frecuencia y las colonias categoría III aportaron el 8.3%. En el ambiente L-rug las colonias dominantes fueron las pertenecientes a la categoría III, aportando una frecuencia del 50%, las colonias, seguido por las colonias categoría II con un 37.5% y finalmente las colonias más pequeñas con una frecuencia del 12.5%.

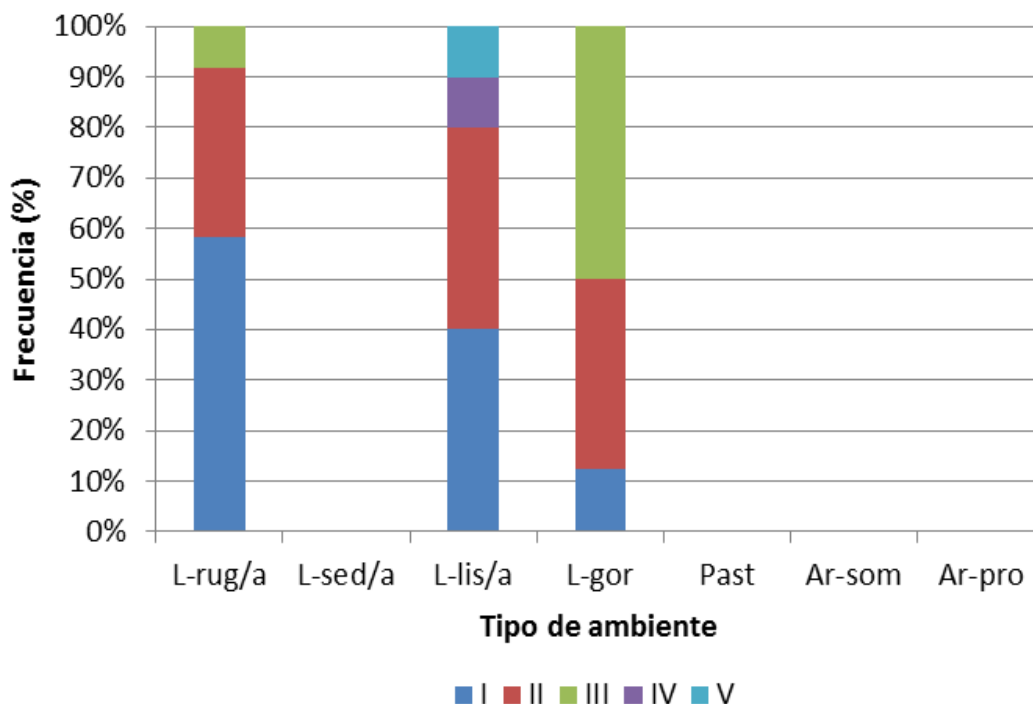


Figura 81. Estructura de tallas para corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional del proyecto en época de lluvias. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-40 cm, V > 40 cm de diámetro.

En la época de secas, se registraron tres categorías de tamaños de colonias coralinas, registrándose el espectro completo en los ambientes L-rug/a, L-gor y Past, dominando las colonias pequeñas categoría I, en el ambiente L-rug con un 69.2%; en el ambiente L-gor compartieron dominancia las colonias categoría II y III, ambas con un aporte del 42.9% de frecuencia; mientras que en el ambiente Past las tres categorías aportaron 33.3% cada una. En el ambiente L-lis/a solo se registraron colonias pequeñas de la categoría I y II, dominando las primeras con una frecuencia de registro del 66.7% y finalmente el ambiente L-sed/a solo registró colonias de la categoría II.

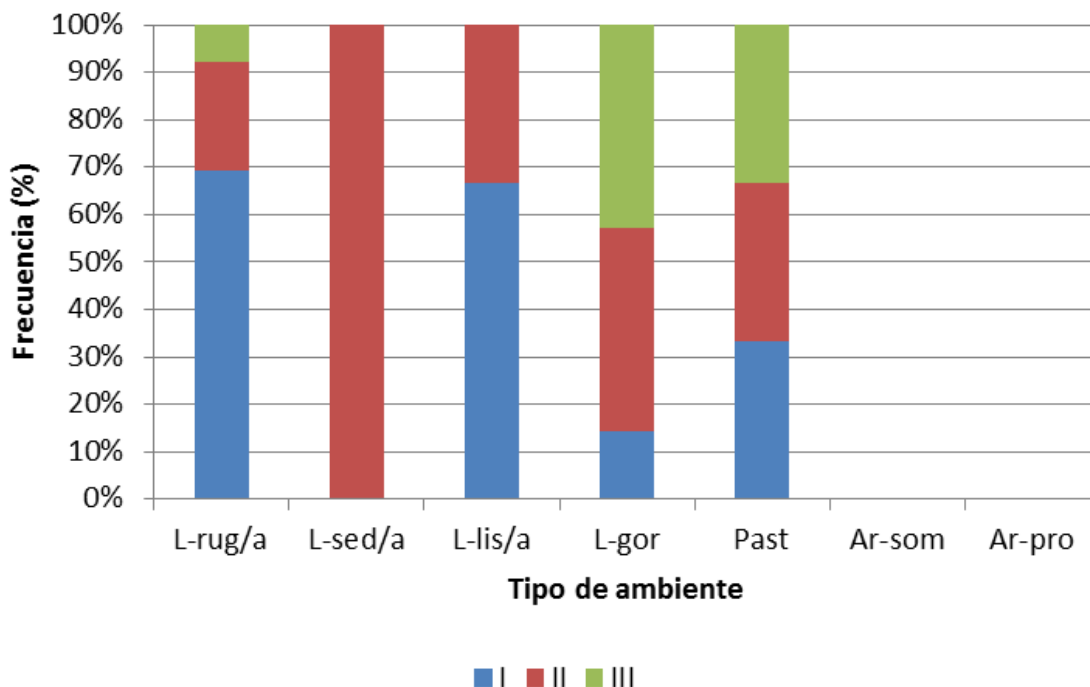


Figura 82. Estructura de tallas para corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional del proyecto en época de secas. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-40 cm, V > 40 cm de diámetro.

IV.2.2.4.3.1.5 Formas de crecimiento

En la época de lluvias, se registraron cuatro formas de crecimiento, siendo L-lis/a el único ambiente donde se observó el espectro completo, presentando una mayor frecuencia los corales con crecimiento ramificado con un 45.5%; siguiendo los corales masivos con un aporte del 36.4% y los corales con crecimiento digitiforme y crecimiento incrustante aportaron cada uno 9.1% de frecuencia. En el ambiente L-rug los corales incrustantes fueron los que aportaron la mayor frecuencia de registro con 66.7%, seguido por los corales digitiformes con 25% de frecuencia y los corales masivos con una frecuencia de 8.3%; finalmente en el ambiente L-gor, los corales con crecimiento masivo fueron los que dominaron, de acuerdo a la frecuencia registrada, aportando 50%; mientras que los corales digitiformes y ramificados aportaron 25% cada tipo de crecimiento.

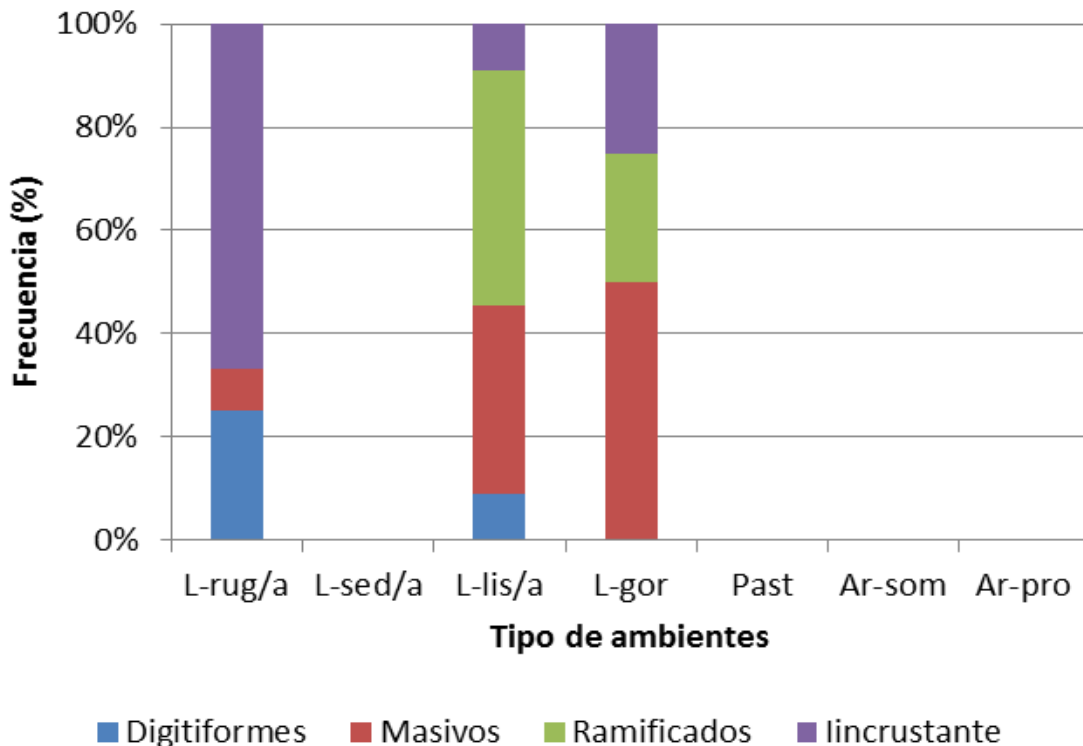


Figura 83. Formas de crecimiento para corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. Dig = Digitiforme, Inc = Incrustante, Mas = Masiva, Ram = Ramificado.

En época de secas, se observaron solo dos formas de crecimiento coralino, digitiformes y masivos. En el ambiente L-rug dominaron los corales de forma digitiforme con una frecuencia de observación del 57.7%; en el ambiente L-lis/a la dominancia la presentaron los corales masivos, con un aporte del 66.6% de frecuencia; en el ambiente Past, ambas formas aportaron un 50% de frecuencia de registro; mientras que en los ambientes L-sed/a y L.gor, solo se observaron corales con una forma de crecimiento, digitiformes para el primer ambiente mencionado y corales masivos par L.gor.

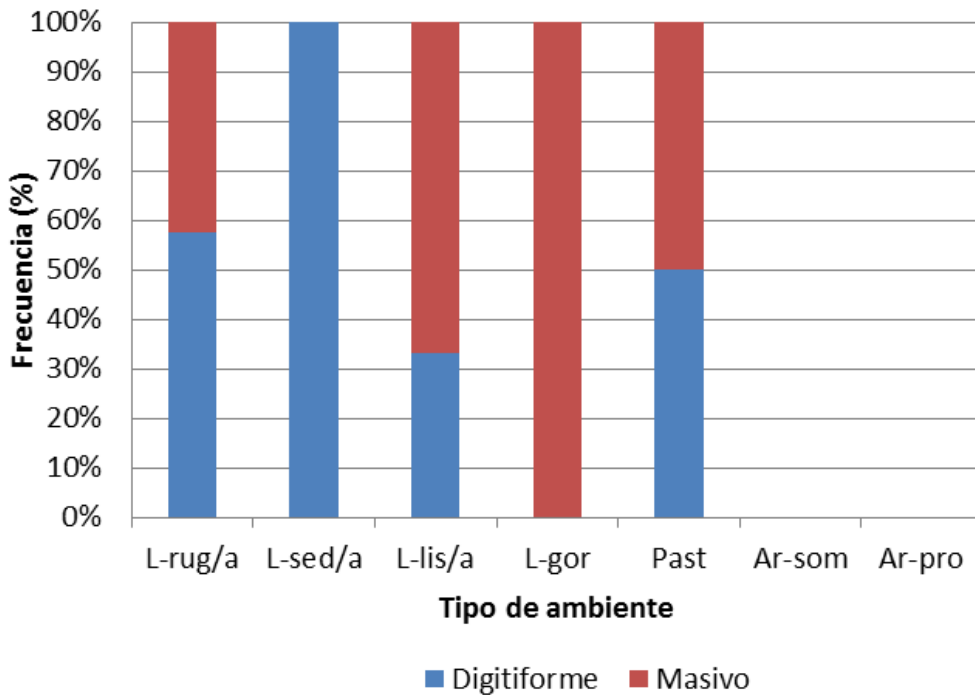


Figura 84. Formas de crecimiento para corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional en época de secas. Dig = Digitiforme, Inc = Incrustante, Mas = Masiva, Ram = Ramificado.

IV.2.2.4.3.1.6 Condición del organismo

No se registraron colonias afectadas por algún tipo de enfermedad, las afectaciones que se observaron fueron de mortalidad parcial, sedimento sobre el tejido, y presencia de epibiontes. Aproximadamente 75% de las colonias se encuentran sin afectaciones.

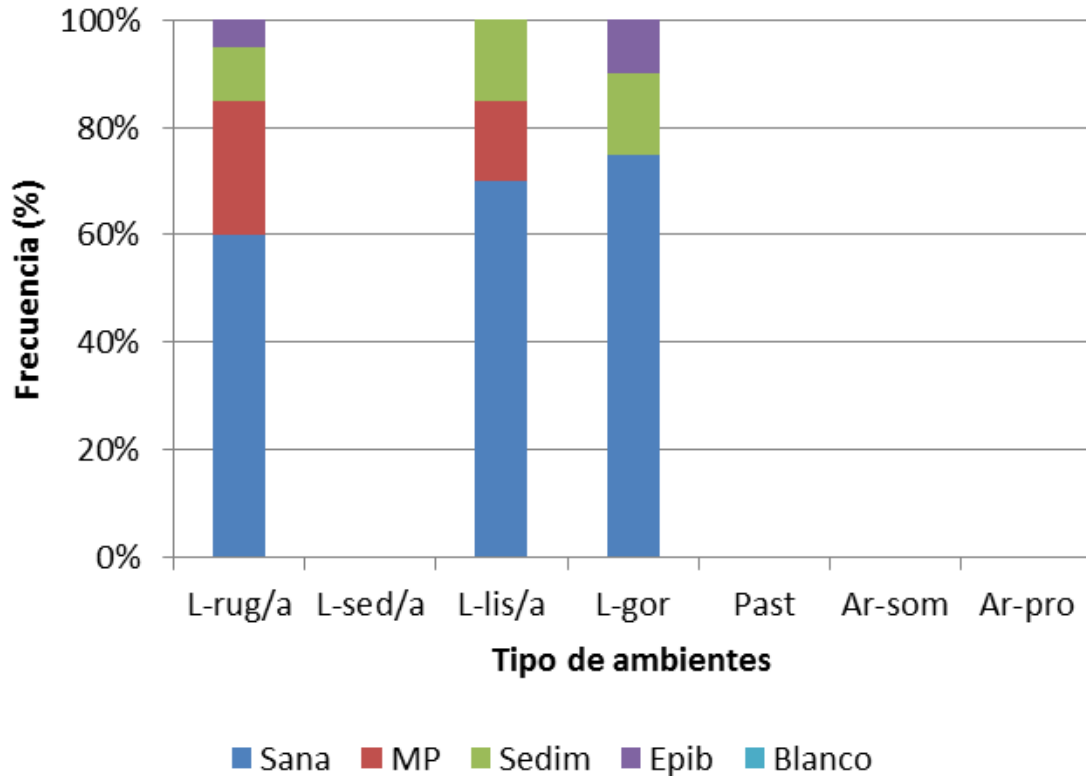


Figura 85. Condición del organismo para corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias.

En la época de secas, tampoco se registraron enfermedades. Las afectaciones fueron principalmente por mortalidad parcial, seguidas de sedimento, y pocas afectadas por epibiontes. Un 70% de las colonias se encuentran sin afectación.

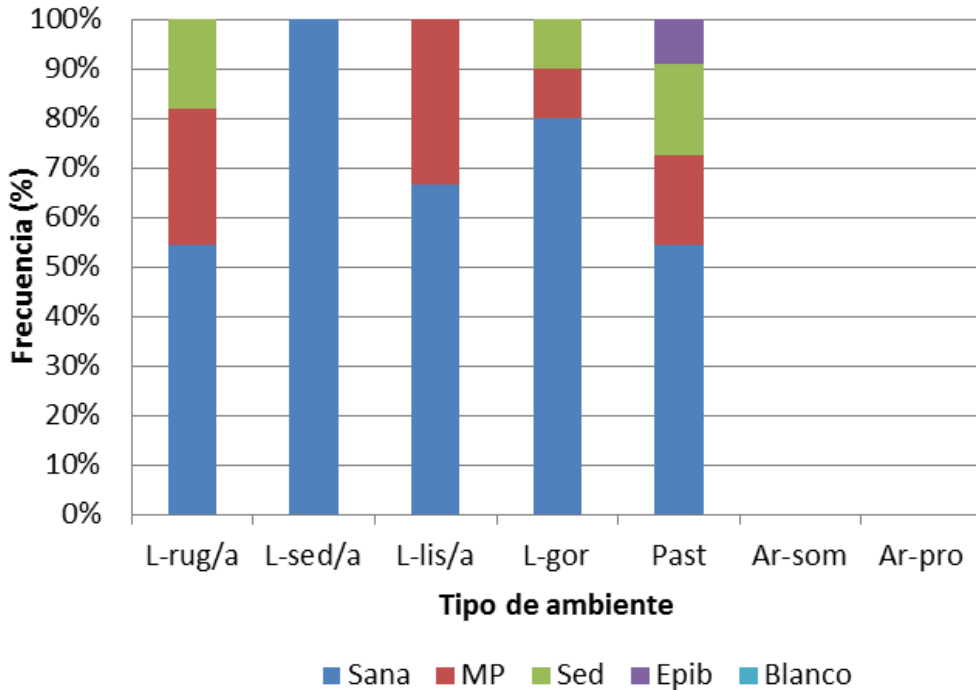


Figura 86. Condición del organismo para corales escleractinios para el Sistema Ambiental Regional en época de secas.

IV.2.2.4.3.1.7 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad de corales es muy pobre en la zona de estudio, encontrando valores muy bajos, tanto de riqueza de especies como de abundancia en ambas épocas de muestreo. No se observa ningún patrón que pudiera alertar sobre algún cambio temporal importante. En cuanto a la dominancia de especies se observa una consistencia con la abundancia de *Porites astreoides* en la mayoría de los ambientes en ambas épocas del año; siendo una especie que se considera pionera en el proceso de sucesión ecológica.

Tabla 25. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para corales escleractinios por tipo de ambiente en 2 épocas: Lluvias y secas del 2018.

Ambiente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (% cob)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
L-rug/a	4	4	0.40	0.61	Past, Srad	Pcliv, Ppor
L-sed/a	0	1	0.00	0.06	-	Ppor
L-lis/a	6	3	0.19	0.18	Past, Mcom	Past, Ppor, Srad
L-gor	6	4	0.27	0.30	Aaga, Ssid	Mcav, Ssid
Past	0	3	0.00	0.76	-	Past, Ppor, Srad
Ar-som	0	0	0.00	0.00	-	-
Ar-pro	0	0	0.00	0.00	-	-

IV.2.2.4.3.2 Gorgonáceos (corales blandos)

IV.2.2.4.3.2.1 Distribución y composición de especies

En el muestreo de la época de lluvias, en el área de estudio se registró un total de **19 especies de gorgonáceos, pertenecientes a 10 géneros y tres familias**. La especie dominante en el área fue *Pterogorgia anceps*, la cual se encontró distribuida en varios de los ambientes del área de estudio, en donde había disponible sustrato duro para su fijación. En el listado de especies se muestra la importancia de cada una de las especies, de acuerdo a una categorización basada en rangos de abundancia relativa.

Tabla 26. Lista de especies y abundancia relativa de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en la época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
Briareidae	<i>Briareum</i>	<i>asbestinum</i>				E			
Gorgoniidae	<i>Gorgonia</i>	<i>flabellum</i>	D		D	A			
		<i>mariae</i>							D
	<i>Pseudoptero-gorgia</i>	<i>acerosa</i>			E	E			A
		<i>americana</i>			A	E			C
	<i>Pterogorgia</i>	<i>anceps</i>	D	D	C	E			A
		<i>citrina</i>			D				E
<i>guadalupensis</i>			D	E					
Plexauridae	<i>Eunicea</i>	<i>calyculata</i>				E			C
		<i>fusca</i>			R				
		<i>mammosa</i>			A	D			C
		<i>tourneforti</i>			E	C			E
	<i>Muricea</i>	<i>muricata</i>			R	E			
	<i>Muriceopsis</i>	<i>flavida</i>			E	C			E
	<i>Plexaura</i>	<i>flexuosa</i>			C	A			E



Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
	Plexaurella	<i>homomalla</i>				E			
		<i>dichotoma</i>							E
		<i>nutans</i>				E			C
	Pseudoplexaura	<i>porosa</i>				R			E
Total			2	2	12	14	0	0	13

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** = Pastizal; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.

En el muestreo de la época de secas, en el área de estudio se registró un total de 19 especies de gorgonáceos, pertenecientes a 10 géneros y 2 familias. Se muestrearon un total de 259 individuos en los 7 ambientes de monitoreo establecidas para el proyecto. La especie dominante en el área fue *Pterogorgia anceps*, la cual se encontró distribuida en varios de los ambientes del área de estudio, en donde había disponible sustrato duro para su fijación. En el listado de especies se muestra la importancia de cada una de las especies, de acuerdo a una categorización basada en rangos de abundancia relativa.

Tabla 27. Listado de especies y abundancia relativa de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional, muestreo de la época de secas. D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
Gorgoniidae	Gorgonia	<i>flabellum</i>			D	A			
		<i>mariae</i>				R			
	PseudopteroGorgia	<i>americana</i>				C			
	PseudopteroGorgia	<i>acerosa</i>			E				
		<i>americana</i>			E	E		D	
	Pterogorgia	<i>acerosa</i>			E				
		<i>anceps</i>			A	E		D	D
<i>citrina</i>				D	E				
		<i>guadalupensis</i>				R			
Plexauridae	Eunicea	<i>calyculata</i>			E	C			
		<i>mammosa</i>			A	D			
		<i>tourneforti</i>			E	E			
	Muricea	<i>muricata</i>				R			
	Muriceopsis	<i>flavida</i>				R			
	Plexaura	<i>flexuosa</i>				A			
		<i>homomalla</i>				E			
	Plexaurella	<i>dichotoma</i>				R			
		<i>nutans</i>			E	E		D	
Pseudoplexaura	<i>porosa</i>			E	E				
Total			0	0	11	17	0	3	1

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** = Pastizal; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.



IV.2.2.4.3.2.2 Abundancia y riqueza específica

En la época de lluvias, la densidad más alta se encontró en el ambiente L-gor, con 1.9 ind/m², mientras que los valores más bajos se ubicaron en las estaciones Past y Ar-som, en las cuales no hubo registros. En relación a la riqueza específica, también se observó la cifra más alta en el ambiente L-gor, con 14. Por el contrario, los números más bajos se obtuvieron en Past, debido a la ausencia de registros.

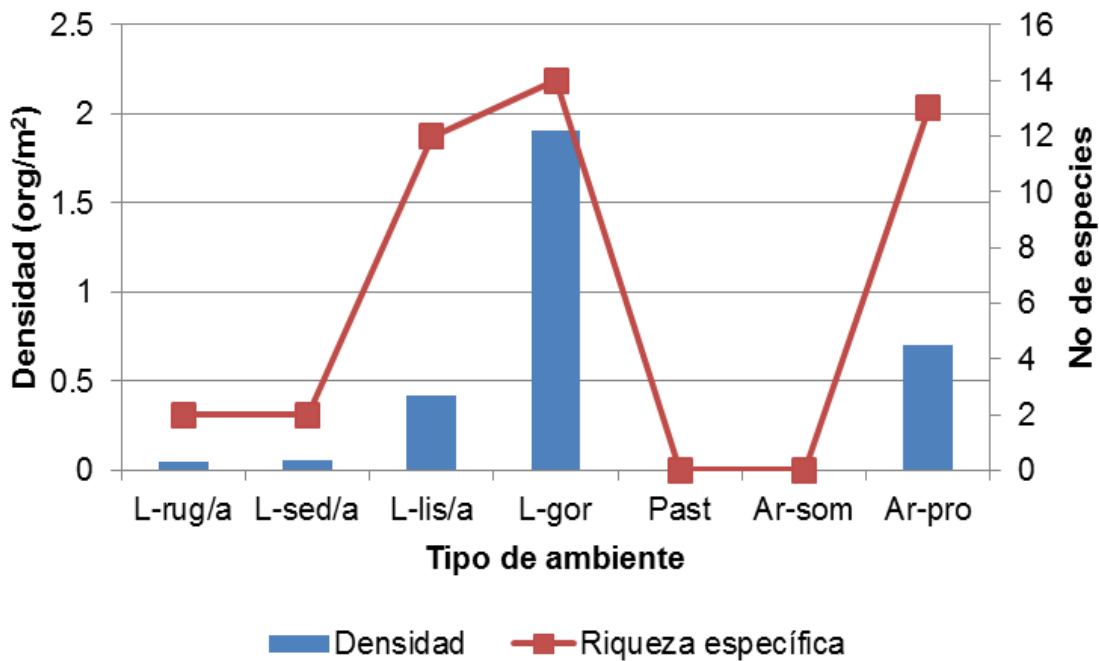


Figura 87. Abundancia y Riqueza específica de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias.

En la época de secas, la densidad más alta se encontró en el ambiente L-gor, con 1.16 ind/m², mientras que los valores más bajos se ubicaron en las estaciones L-rug/a, L-sed/a, Past y Ar-som, en las cuales no hubo registros. En relación a la riqueza específica, también se observó la cifra más alta en el ambiente L-gor, con 17. Por el contrario, como en el caso de la densidad, los números más bajos también se obtuvieron en los 4 ambientes en los que no hubo registros.

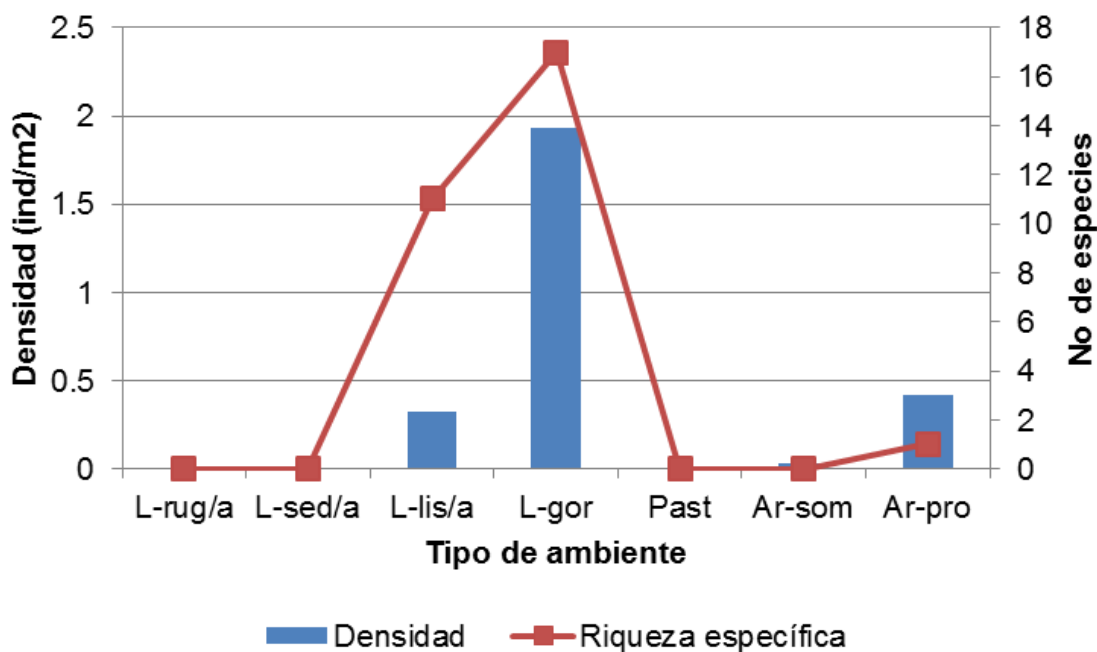


Figura 88. Abundancia y riqueza específica de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en época de secas.

IV.2.2.4.3.2.3 Diversidad y equitabilidad

En la época de lluvias, la mayor diversidad se encontró en el ambiente Ar-pro, con un valor de 2.34. Los ambientes menos diversos fueron Past y Ar-som, sin registros de gorgonáceos. En términos de equitabilidad, el valor más alto se encontró en el ambiente L-rug/a, con 0.97. Como en el caso de la diversidad, la cifra más baja se obtuvo en los ambientes Past y Ar-som, debido a que no hubo registros.

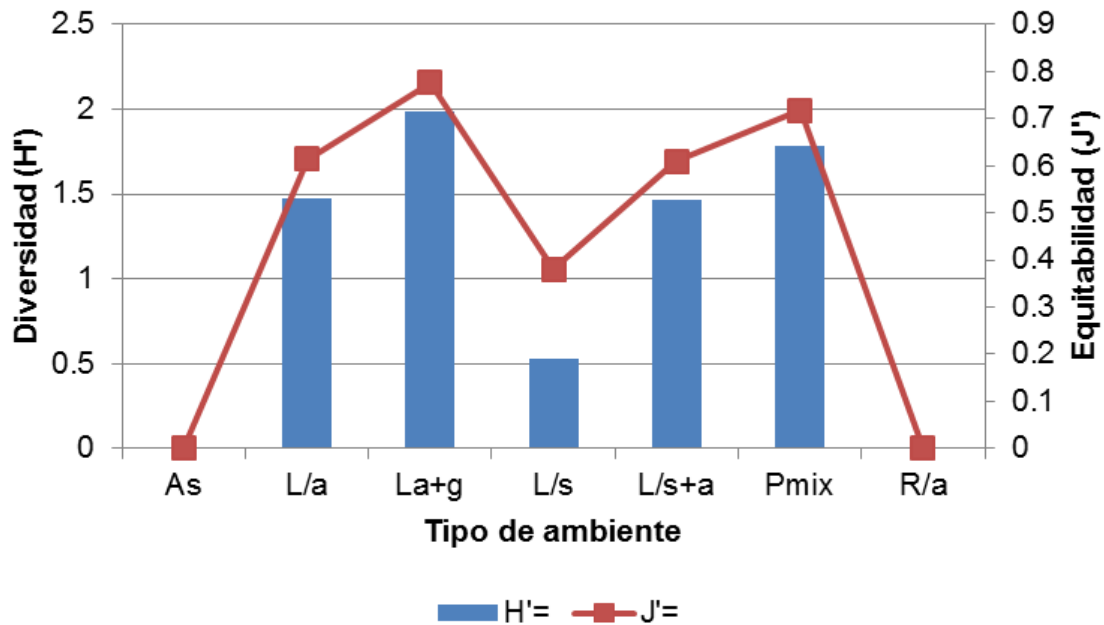


Figura 89. Diversidad de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J') en época de lluvias.

En la época de secas, la mayor diversidad se encontró en el ambiente L-gor, con un valor de 2.07. Los ambientes menos diversos fueron L-rug/a, L-sed/a, Past y Ar-som y Ar-pro, sin registros de gorgonáceos. En términos de equitabilidad, el valor más alto se encontró en el ambiente L-lis/a, con 0.83. Como en el caso de la

diversidad, la cifra más baja se obtuvo en los ambientes L-rug/a, L-sed/a, Past y Ar-som y Ar-pro, debido a que no hubo registros.

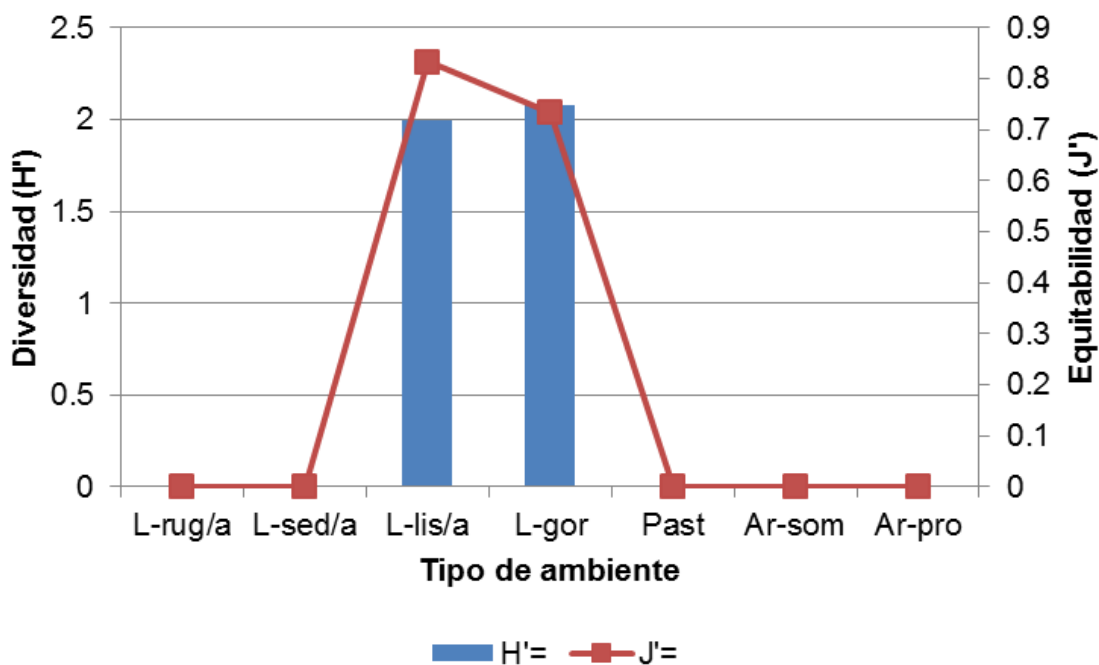


Figura 90. Diversidad de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J') en época de secas.

IV.2.2.4.3.2.4 Estructura de tallas

En la época de lluvias se observó que en la mayoría de los ambientes con registros de gorgonáceos, las tallas con mayor frecuencia fueron las de los juveniles (L-rug/a, L-sed/a, L-lis/a, L-gor). Solamente fue diferente el caso de Ar-pro, donde la frecuencia de adultos resultó mayor. Se encontraron reclutas en los ambientes L-lis/a y L-gor, aunque en frecuencias muy inferiores a las demás tallas, menores al 3% del total. No hubo registros en los ambientes Past y Ar-som.

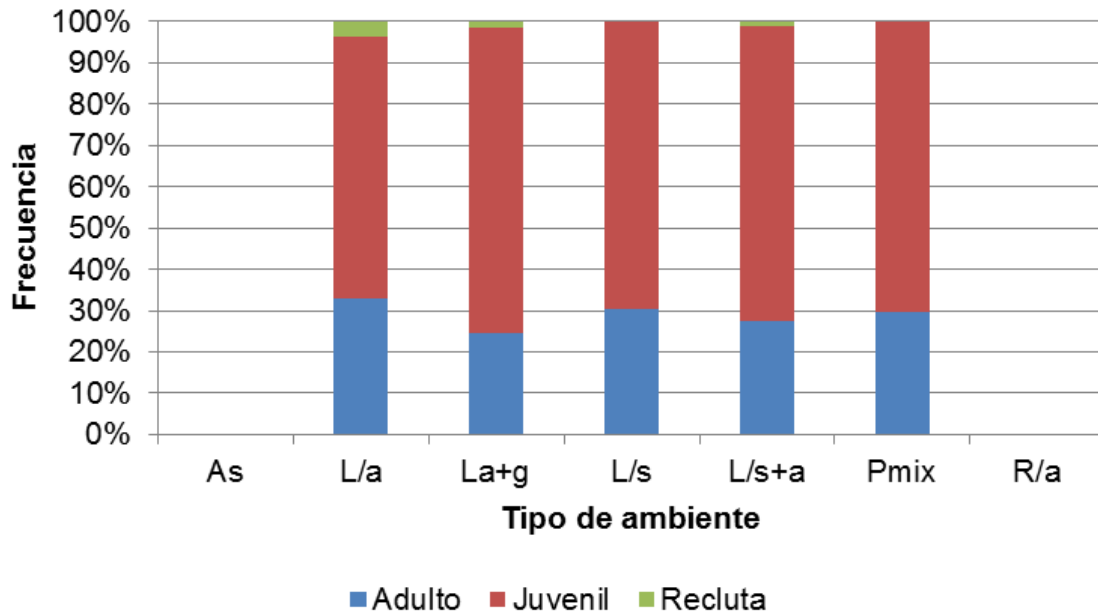


Figura 91. Frecuencia de estructura de tallas para gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias.

En la época de secas, los ambientes con registros de gorgonáceos fueron L-lis/a, Ar-pro y L-gor, teniendo mayor frecuencia la talla juvenil en los 2 primeros. En el ambiente L-gor la mayor frecuencia correspondió a la talla adulta. En los ambientes L-lis/a y Ar-pro se registraron también reclutas, aunque sus frecuencias fueron muy bajas en comparación con las otras tallas. No se realizaron registros en los ambientes L-rug/a, L-sed/a, Past y Ar-som.

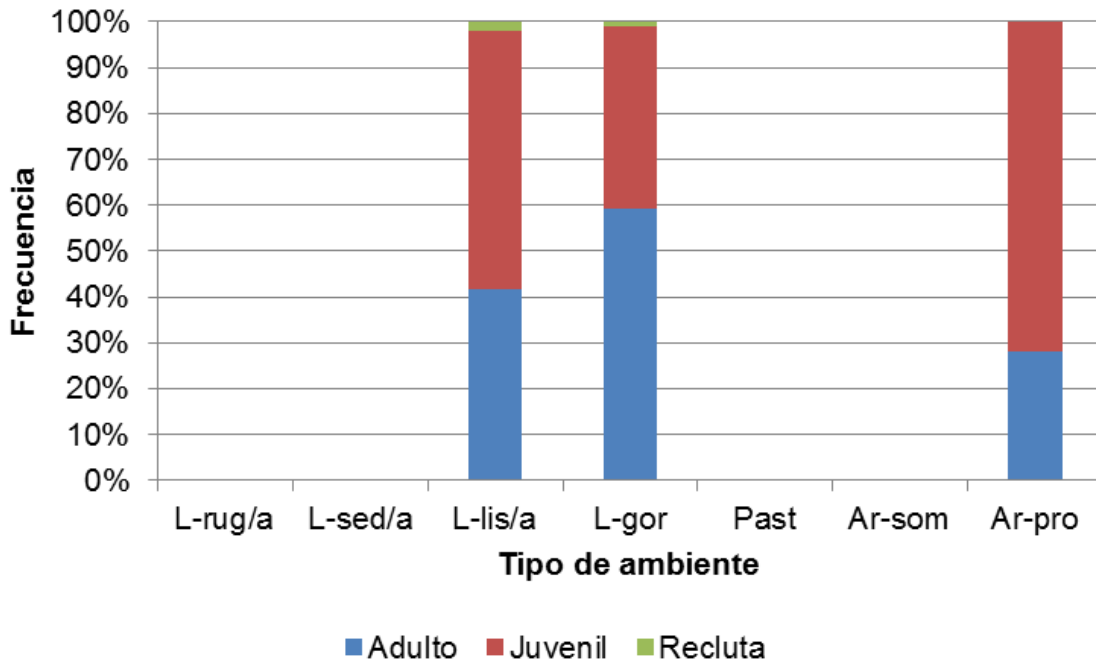


Figura 92. Frecuencia de estructura de tallas para gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en época de secas.

IV.2.2.4.3.2.5 Condiciones del organismo

En la época de lluvias se encontraron colonias dañadas en 4 de los 7 ambientes, aunque con diferentes frecuencias. El ambiente L-rug/a fue donde se registró la mayor frecuencia de daño, con 28.5%. Los daños registrados fueron el sobrecrecimiento de algas y con menor frecuencia de coral de fuego, aunque las frecuencias fueron bajas en los demás ambientes.

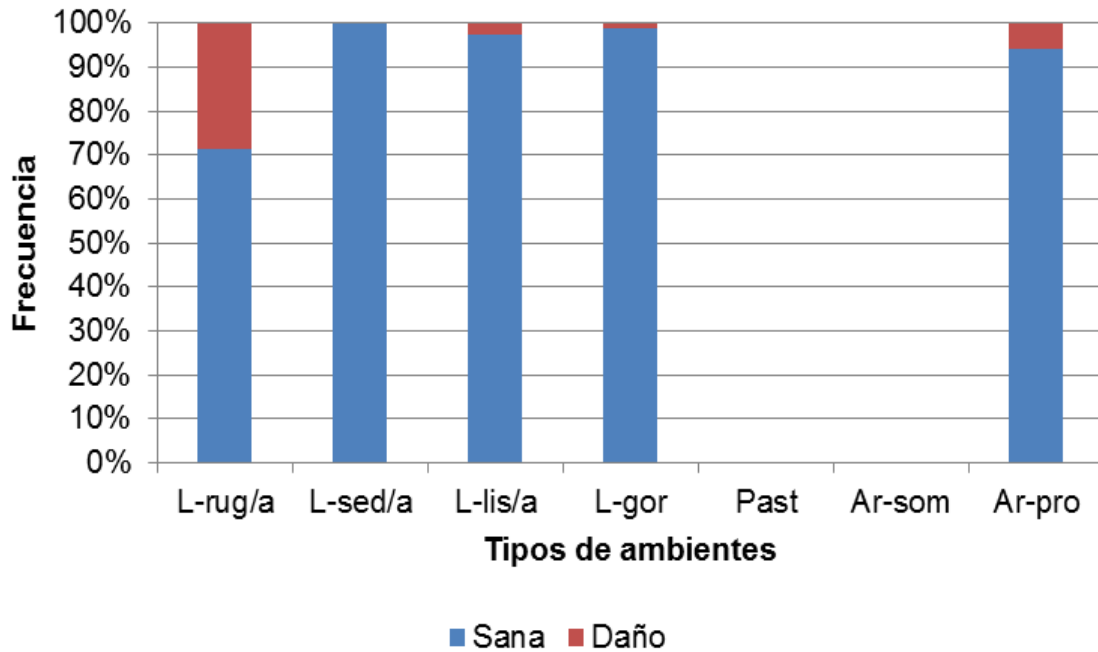


Figura 93. Condición del organismo para gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. Sana = colonia sin tejido dañado; Daño = colonia que presenta algún tipo de afectación.

En la época de secas se encontraron colonias dañadas en 3 de los 7 ambientes, aunque con diferentes frecuencias. El ambiente Ar-pro fue donde se registró la mayor frecuencia de daño, con 8%. Los daños registrados fueron el sobrecrecimiento de algas, siendo sus frecuencias más bajas en los demás ambientes.

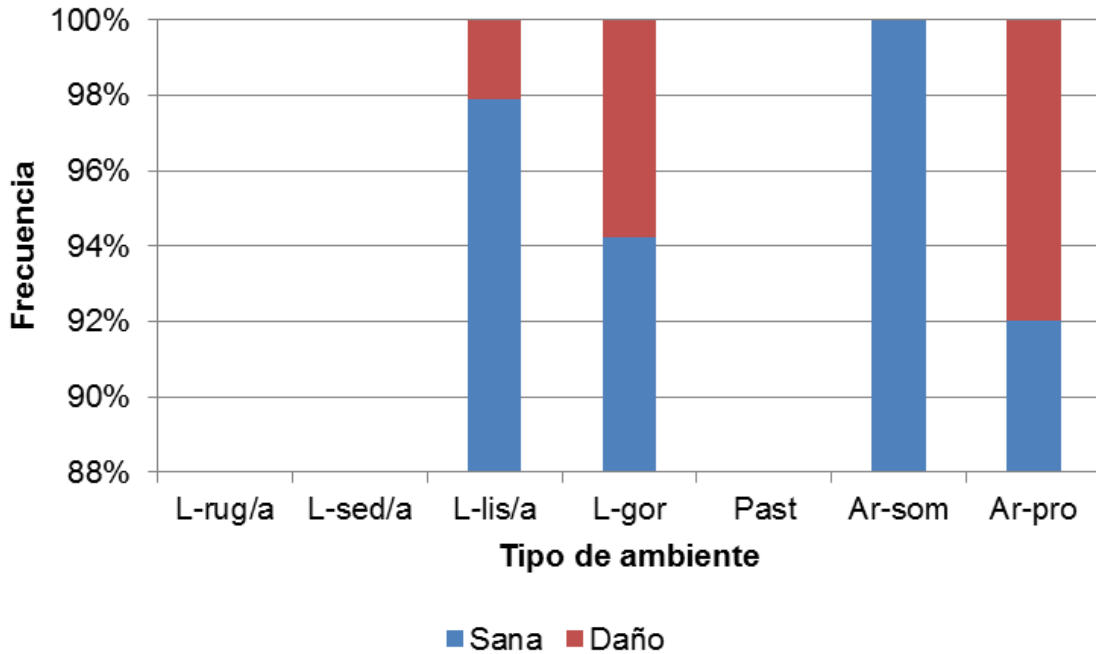


Figura 94. Condición del organismo para gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en época de secas. Sana = colonia sin tejido dañado; Daño = colonia que presenta algún tipo de afectación.

IV.2.2.4.3.2.6 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad de gorgonáceos es más abundante en los ambientes L-lis/a y L-gor, siendo los dos tipos de ambiente con mayor riqueza específica y abundancia, notando una ligera disminución de estos valores en el muestreo de secas. En cambio, en el ambiente Ar-pro la disminución de estos valores fue muy notoria; esta variación puede obedecer a que durante el muestreo de la época de lluvias el muestreo incluyó un parche de sustrato duro en la parte profunda con alta presencia de gorgonáceos, mientras que, en la época de secas, el registro incluye únicamente una sola especie *Pseudopterogorgia anceps* que es de ambientes más bien de sustrato arenoso.

Tabla 28. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para gorgonáceos por tipo de ambiente en dos épocas: lluvias y secas del 2018.

AMBIENTE	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
L-rug/a	2	0	0.05	0.00	Gflab, Panc	-
L-sed/a	2	0	0.06	0.00	Panc, Pgua	-
L-lis/a	12	11	0.42	0.32	Gflab, Pcit	Gflab, Pcit
L-gor	14	17	1.91	1.93	Emam	Emam
Past	0	0	0.00	0.00	-	-
Ar-som	0	0	0.00	0.03	-	Pame, Panc, Pnut
Ar-pro	13	1	0.71	0.42	Gmar	Panc

IV.2.2.4.3.3 Ictiofauna (peces arrecifales)

IV.2.2.4.3.3.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registró un total de 50 especies distribuidas en 35 géneros y 24 familias. La especie *Canthigaster rostrata* fue la que presentó una mayor presencia en toda la zona de muestreo, registrándose en prácticamente todos los ambientes, con excepción de Ar-som, donde no se registraron especies de peces. Esta especie fue dominante en los ambientes Past y en el Ar-pro; en el último ambiente mencionado compartió dominancia con la especie *Stegastes partitus*. En los ambientes L-rug/a, L-sed/a y L-lis/a dominó la especie *Halichoeres bivittatus*, junto con *Thalassoma bifasciatum* en L-rug/a y L-lis/a. Cinco especies solo fueron observadas fuera del área de muestreo.

Tabla 29. Lista de especies y abundancia relativa de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>chirurgus</i>		E	E	C			E
		<i>coeruleus</i>		E	E	E			E
Aulostomidae	<i>Aulostomus</i>	<i>maculatus</i>							R
Bothidae	<i>Bothus</i>	<i>lunatus</i>		*					
Carangidae	<i>Caranx</i>	<i>ruber</i>	R		E	E			
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>capistratus</i>		E	R	R			
		<i>ocellatus</i>			R	R			E
		<i>striatus</i>		E		R			E
Dasyatidae	<i>Dasyatis</i>	<i>americana</i>						*	
Gobiidae	<i>Ctenogobius</i>	<i>saepepallens</i>			R				
Haemulidae	<i>Anisotremus</i>	<i>surinamensis</i>				R			
	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>			E				

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
		<i>melanurum</i>			R				
		<i>plumieri</i>			R				*
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>	D	D	D	C			
		<i>maculupina</i>							E
		<i>poeyi</i>			R	E			R
		<i>radiatus</i>			E	E			
	<i>Thalassoma</i>	<i>bifasciatum</i>	D	C	D	D			E
Labrisomidae	<i>Malacoctenus</i>	<i>triangulatus</i>	R		R	R			
		<i>versicolor</i>	R						R
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>synagris</i>			R				
	<i>Ocyurus</i>	<i>chrysurus</i>				R			
Monacanthidae	<i>Cantherhines</i>	<i>pullus</i>			R				
Mullidae	<i>Pseudopeneus</i>	<i>maculatus</i>			E	E			
Muraenidae	<i>Gymnothorax</i>	<i>millaris</i>			*				
Opistognathidae	<i>Opistognathus</i>	<i>aurifrons</i>							R
Pomacanthidae	<i>Holocanthus</i>	<i>tricolor</i>				*			*
	<i>Pomacanthus</i>	<i>arcuatus</i>			R	E			
		<i>paru</i>	E		R	R			
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>saxantilis</i>	D	A	E				
	<i>Chromis</i>	<i>cyanea</i>				E			
		<i>multilineata</i>					E		
	<i>Stegastes</i>	<i>diencaeus</i>	C	E	E				
		<i>partitus</i>	C	C	A	A			D
<i>variabilis</i>		R	E	R					
Scaridae	<i>Nicholsina</i>	<i>usta</i>	R		R	E			
	<i>Scarus</i>	<i>iserti</i>							E
	<i>Sparisoma</i>	<i>chrysopterum</i>			R				
		<i>radians</i>	E	E	R	E			E
		<i>viride</i>		E	R			E	
Scianidae	<i>Pareques</i>	<i>acuminatus</i>			E				
Scorpaenidae	<i>Pterois</i>	<i>volitans</i>			R	*			
	<i>Scorpaena</i>	<i>plumieri</i>							*
Serranidae	<i>Epinephelus</i>	<i>fulva</i>							R
	<i>Serranus</i>	<i>tigrinus</i>			*	E			
Sparidae	<i>Calamus</i>	<i>calamus</i>							*
Sphyracidae	<i>Sphyracna</i>	<i>barracuda</i>				E			
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>	C	C	C	A	D		D
	<i>Sphoeroides</i>	<i>spengleri</i>							
Total			13	13	30	24	1		16

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** = Pastizal; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.

En el muestreo de la época de secas, se registraron un total de 47 especies de peces, distribuidas en 30 géneros y 24 familias. La especie con mayor representatividad, de acuerdo al número de ambientes donde fue observado, fue *Halichoeres bivittatus*, estando presente en cinco de los siete ambientes descritos; siendo dominante en Lrug/a, Lsed/a y Ar-som; abundante en Llis/a y escaso en el ambiente Lgor. La especie *Thalassoma bifasciatum* fue abundante en Lrug/a, Llis/a y en Past; mientras que en Lgor presentó dominancia. Las especies con menos representatividad (solo registrados en un ambiente) y con un estatus de "raro" de



acuerdo al bajo número de organismos observados fueron: *Serranus tigrinus*; *Pomacanthus arcuatus*, *Holocanthus tricolor*, *Diodon holocanthus*, *Chaetodon ocellatus*, *Caranx ruber*, *Aulostomus maculatus*, *Apogon maculatus*.

Tabla 30. Lista de especies y abundancia relativa de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de secas. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Pas†	Ar-som	Ar-pro
Acanthuridae	Acanthurus	<i>chirurgus</i>	E		C				
		<i>coeruleus</i>	E	E	E	C			
Apogonidae	Apogon	<i>maculatus</i>				R			
Aulostomidae	Aulostomus	<i>maculatus</i>				R			
Bothidae	Bothus	<i>lunatus</i>							C
Carangidae	Caranx	<i>crysos</i>	E		E	*		*	
		<i>ruber</i>			R				
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>capistratus</i>				E			
		<i>ocellatus</i>			R				
		<i>striatus</i>			R	E			
Dasyatidae	Dasyatis	<i>americana</i>					*		
Diodontidae	Diodon	<i>holocanthus</i>	R						
Gerreidae	Gerres	<i>cinereus</i>					E		
Haemulidae	Haemulon	<i>carbonarium</i>	A		E				
		<i>chrysargyreum</i>							C
		<i>flavolineatum</i>	E		C				
Labridae	Halichoeres	<i>bivittatus</i>	D	D	A	E		D	
		<i>garnoti</i>				E			
		<i>poeyi</i>						A	
		<i>radiatus</i>			R			C	
	Thalassoma	<i>bifasciatum</i>	A		A	D	A		
Labrisomidae	Malacoctenus	<i>triangulatus</i>			R	E			
Lutjanidae	Lutjanus	<i>analís</i>					E		C
		<i>apodus</i>					*		
	Ocyurus	<i>chrysurus</i>			E				D
Mullidae	Pseudopeneus	<i>maculatus</i>	E		R		E		
Pomacanthidae	Holocanthus	<i>tricolor</i>				R			
	Pomacanthus	<i>arcuatus</i>				R			
		<i>paru</i>			R	*			
Pomacentridae	Abudefduf	<i>saxantilis</i>	A	D	E		D		
	Stegastes	<i>diencaeus</i>	E		E		D	A	
		<i>fuscus</i>	E						

Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
		<i>partitus</i>			E	E			
		<i>planifrons</i>			R				
		<i>variabilis</i>			R				
Priacanthidae	<i>Priacanthus</i>	<i>arenatus</i>			R				
Ptereleotridae	<i>Ptereleotris</i>	<i>helenae</i>							C
Scaridae	<i>Nicholsina</i>	<i>usta</i>			R		E		
	<i>Sparisoma</i>	<i>aurofrenatum</i>			R	R			
		<i>radians</i>	R			R			
		<i>viride</i>				R	R		
Scianidae	<i>Pareques</i>	<i>acuminatus</i>		E	E			A	
Scorpaenidae	<i>Pterois</i>	<i>volitans</i>				R			
Serranidae	<i>Epinephelus</i>	<i>fulvus</i>			E	R			
	<i>Serranus</i>	<i>tigrinus</i>				R			
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>	C		D	D			D
Urobatidae	<i>Urobatis</i>	<i>jamaicensis</i>				E			
Total			14	4	27	20	7	5	6

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** = Pastizal; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.

IV.2.2.4.3.3.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, la mayor densidad de peces se registró en el ambiente L-rug/a con 2.2 org/m²; con una riqueza de 13 especies, misma riqueza que se observó en L-sed/a; mientras que la mayor riqueza se presentó en el ambiente L-lis/a con 30 especies de peces y una densidad de 1.8 org/m², estando prácticamente con una densidad similar el ambiente L-gor con un total de 1.7 org/ m², registrando la segunda riqueza más alta para esta zona con 24 especies. El ambiente Ar-pro presento una riqueza de 16 especies y una densidad de 1.4 org/ m².

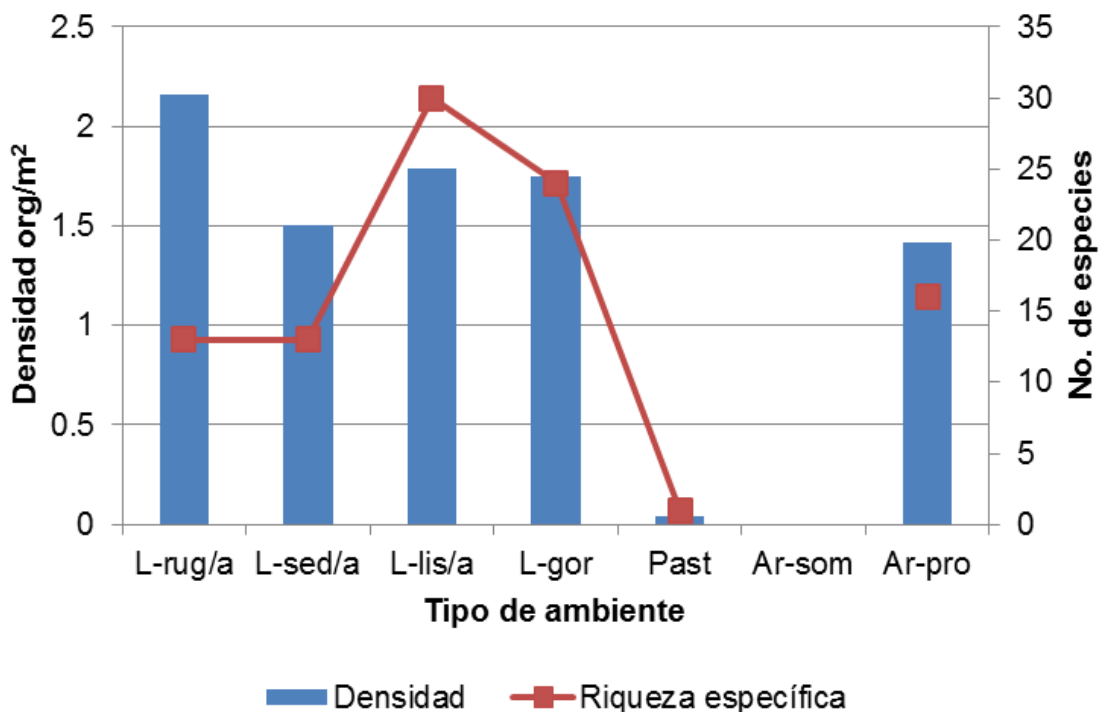


Figura 95. Abundancia y Riqueza específica de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de secas.

En la época de secas, la mayor densidad y riqueza de peces se registró en el ambiente L-lis/a con un 2.0 ind/m² y 27 especies presentes; seguido por los ambientes L-gor y L-rug/a con unas densidades de 1.5 ind/m² y 1.1 ind/m², y una riqueza de 20 y 14 especies respectivamente. Los ambientes de arenal, Ar-som y Ar-pro registraron las densidades más bajas con 0.07 ind/m² y 0.1 ind/m²; mientras que la menor riqueza se presentó en el ambiente L-sed/a con cuatro especies observadas.

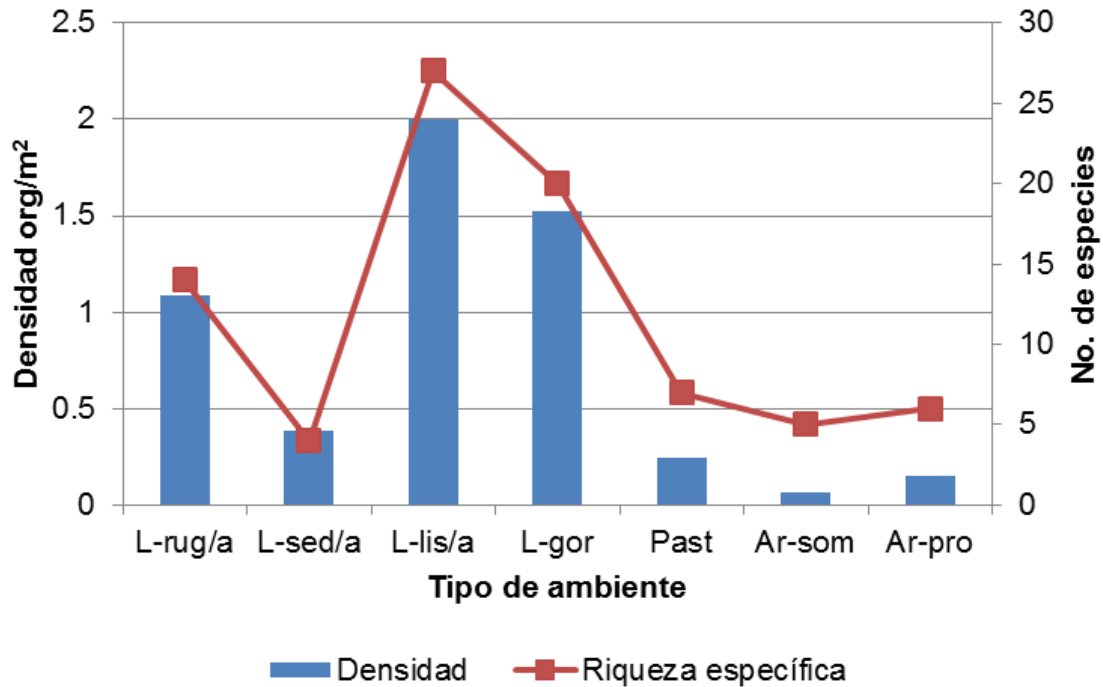


Figura 96. Abundancia y Riqueza específica de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de secas.

IV.2.2.4.3.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, la más alta diversidad se registró en el ambiente L-lis/a con un valor de $H'=2.4166$ y una equitabilidad de $J'=0.7105$; el ambiente L-gor presentó la segunda diversidad y equitabilidad más alta con $H'=2.3897$ y $J'=0.7520$. La mayor equitabilidad se presentó en L-sed/a con un valor de $J'=0.7551$ y una diversidad 1.9369; Ar-pro registró valores de $H'=1.9120$ y la equitabilidad más baja para esta zona con $J'=0.6896$; mientras que el ambiente L-rug/a obtuvo la diversidad más baja con un valor de $H'=1.8293$ y una equitabilidad de $J'=0.7132$.

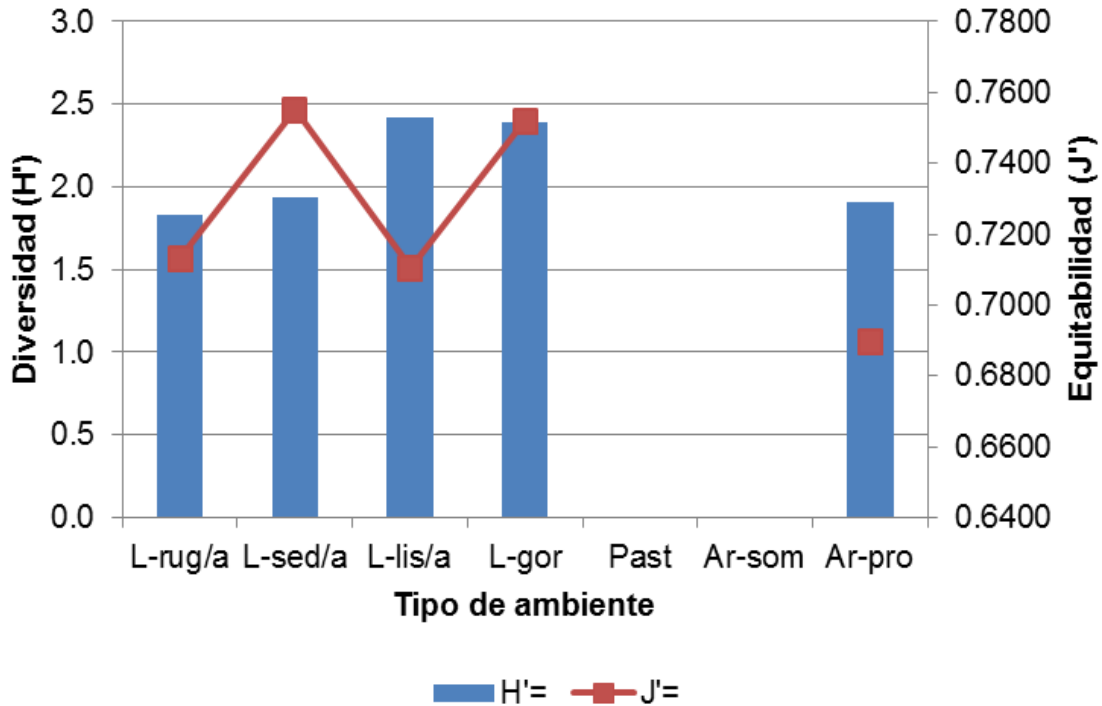


Figura 97. Diversidad de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

En la época de secas, el ambiente con mayor diversidad fue L-lis/a con un valor de $H'=2.3076$ y una equitabilidad de $J'=0.7001$; el ambiente L-rug/a registró una diversidad de $H'=2.0203$ con una equitabilidad de $J'=0.7655$; los ambientes L-gor y Past presentaron una diversidad de $H'=1.6604$ y $H'=1.4314$, con una equitabilidad de $J'=0.5542$ y $J'=0,7358$ respectivamente, siendo el ambiente L-gor donde se observó el valor más bajo de equitabilidad; mientras que la menor diversidad se registró en el ambiente L-sed/a con una $H'=0.8568$.

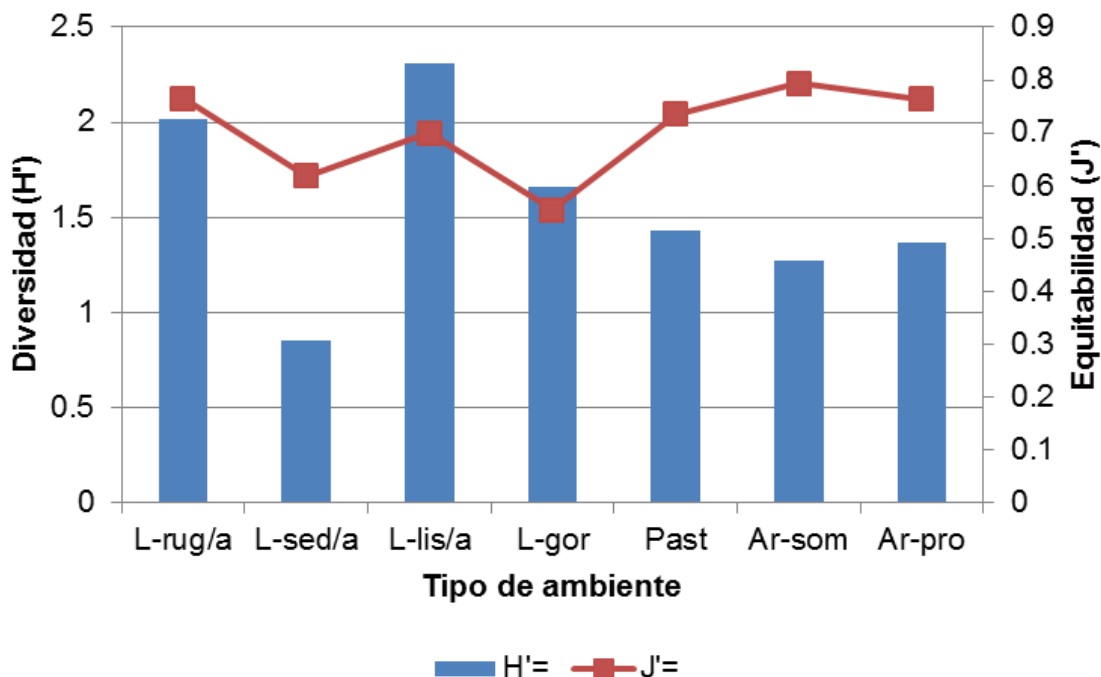


Figura 98. Diversidad de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.3.3.4 Estructura de tallas

En época de lluvias, se definieron seis categorías de tallas dominando en todos los ambientes los peces pequeños categoría I. El ambiente L-gor fue el único donde se observó el espectro completo de tallas, dominando de menor a mayor tamaño de acuerdo a la frecuencia de registro, donde los peces pequeños categoría I aportaron 70.6% de frecuencia; los peces categoría II aportaron 13.7% de frecuencia; los de categoría III registraron 9.5%; los peces de categoría IV aportaron 3.1%; y finalmente los peces grandes categoría V y VI aportaron 1.5% cada una. Los ambientes L-rug/a y L-lis/a registraron las primeras categorías de tamaños, dominando los peces pequeños categoría I con 80.0% y 74.7% respectivamente. El ambiente Ar-pro registro cuatro categorías, y al igual que en todos los ambientes, los peces de menor tamaño aportaron la mayor frecuencia con 79.2%. Los ambientes l-sed/a y Past fueron los que obtuvieron el menor espectro de tallas con tres y una categoría respectivamente.

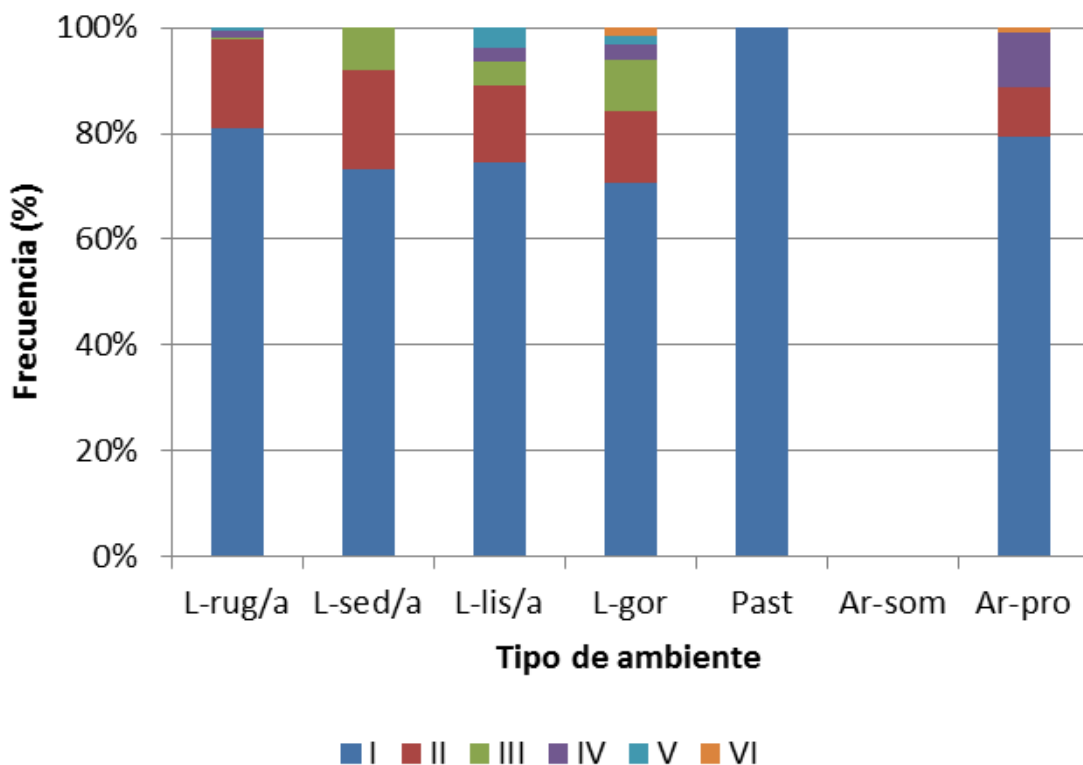


Figura 99. Estructura de tallas para peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-30, V > 25 cm de longitud.

En la época de secas también se registraron las 6 categorías de talla, siendo los ambientes L-lis/a y L-gor, fueron los que registraron un mayor espectro de tamaño de peces, estando representadas cinco de las seis categorías, donde dominaron los peces pequeños categoría I, con una frecuencia de 87.9% para L-lis/a y 86.2% para el ambiente L-gor. El ambiente L-rug/ registró cuatro categorías, dominando los peces pequeños categoría I con un 60.7% de frecuencia. Para los ambientes Past y Ar-pro fueron registradas tres categorías, y al igual que el resto de los ambientes, los peces pequeños fueron los que aportaron la mayor frecuencia de registro, con más del 80%. En los ambientes L-se/a y Ar-som solo se observaron peces pequeños categoría I y II, dominando la categoría I.

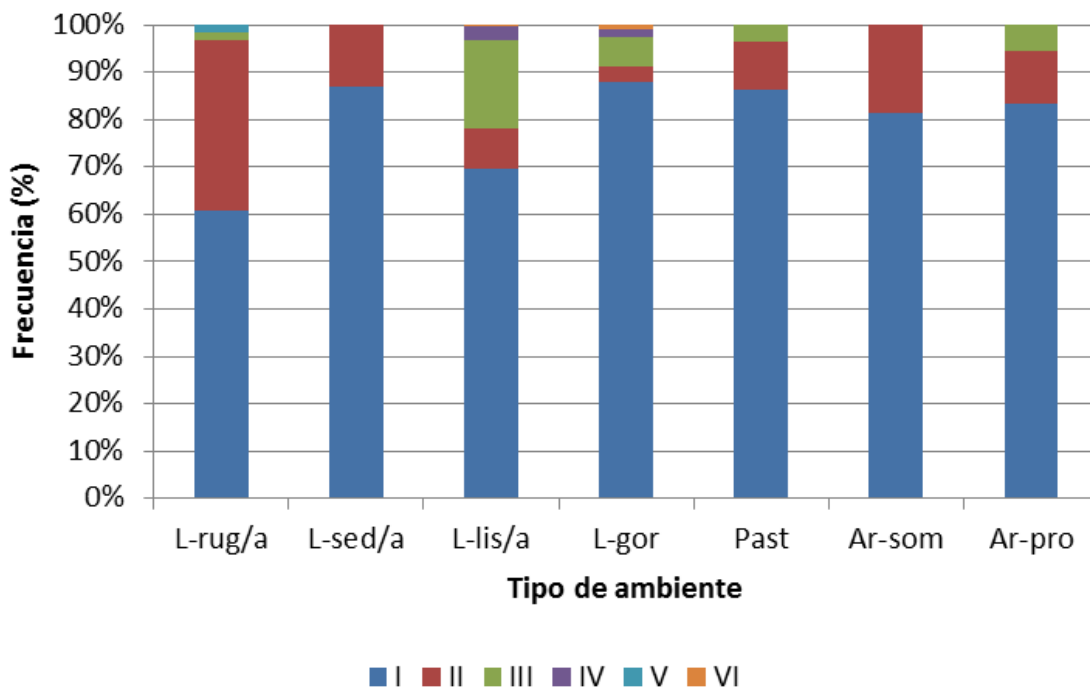
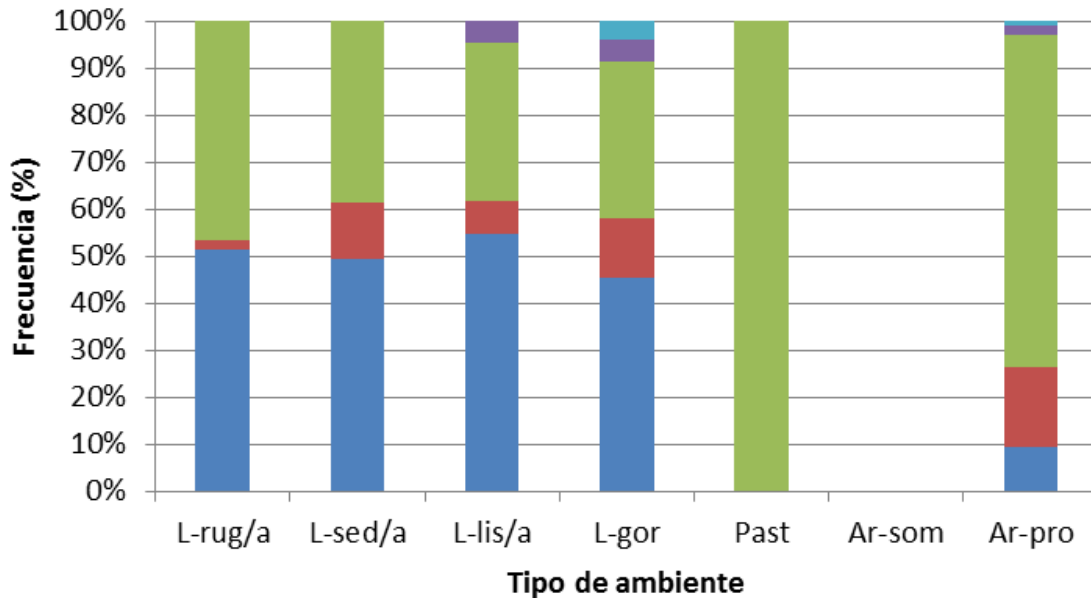


Figura 100. Estructura de tallas para peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de secas. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-30, V > 25 cm de longitud.

IV.2.2.4.3.3.5 Grupos funcionales

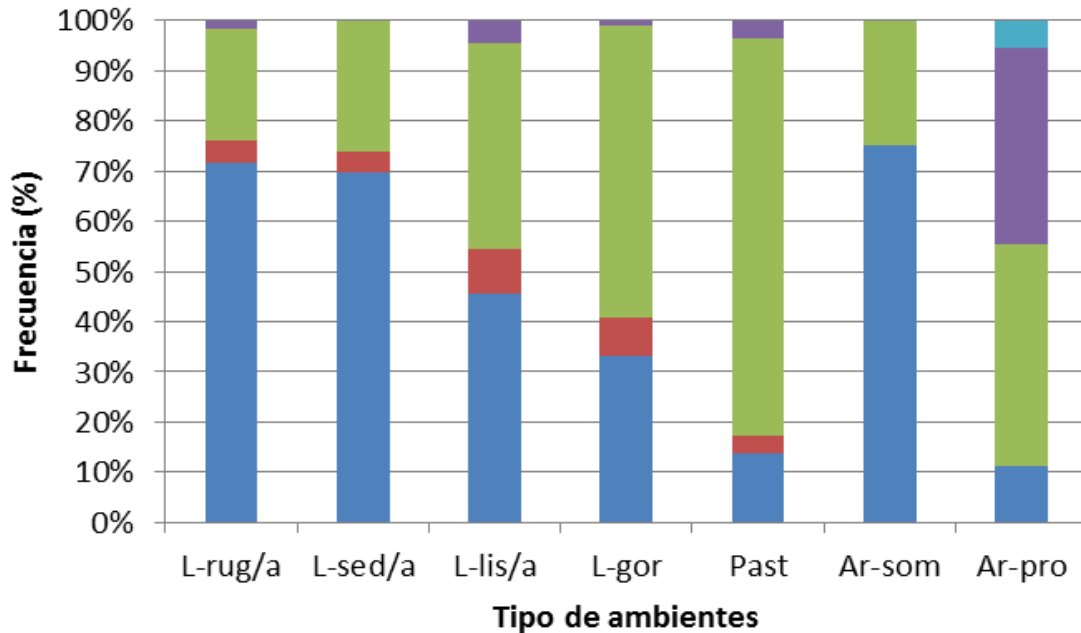
En época de lluvias, los ambientes L-gor y Ar-pro presentaron los cinco grupos tróficos definidos para este muestreo, dominando los peces bentófagos con una frecuencia de 45.4% en el primer ambiente mencionado, y los peces omnívoros en el ambiente Ar-pro. El ambiente L-lis/a registró cuatro grupos tróficos, obteniendo la mayor frecuencia los peces bentófagos con 54.7% de frecuencia, siguiendo los peces omnívoros con 33.4%, mientras que los piscívoros aportaron solo 4.7%. Los ambientes L-sed/a y L-rug/a ambos presentaron tres grupos tróficos aportando la mayor frecuencia los peces bentófagos en los dos ambientes, con el 49.3% y el 51.4% respectivamente, siguiendo los peces Omnívoros con un aporte del 38.6% para el ambiente L-sed/a y con un 46.8% de frecuencia en el ambiente L-rug/a.



■ Bentófago ■ Herbívoros ■ Omnívoro ■ Piscívoro ■ Planctófago

Figura 101. Grupos tróficos para peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. Bento = Bentófago, Herbi = Herbívoro, Ictio=Ictiófago, Omni=Omnívoro; Planc = Planctófago.

En la época de secas se registraron cinco grupos tróficos en toda la zona de estudio; ningún ambiente presentó el espectro completo. En los ambientes L-rug/a y L-lis/a se observaron cuatro grupos tróficos, dominando los peces bentófagos con una frecuencia de 71.5% y 45.4% respectivamente; en L-gor y Past, también se registraron cuatro grupos tróficos, sin embargo, aquí la dominancia la presentaron los peces omnívoros, con una frecuencia de 58.0% y 79.3% para cada ambiente. El ambiente Ar-som fue el que registró un menor espectro, con solo dos grupos tróficos representados, los peces bentófagos con un aporte del 75% y los peces omnívoros con el resto del porcentaje de observación.



■ Bentófago ■ Herbívoros ■ Omnívoro ■ Piscívoro ■ Planctófago
Figura 102. Grupos tróficos para peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en época de secas. Bento = Bentófago, Herbi = Herbívoro, Ictio=Ictiófago, Omni=Omnívoro; Planc = Planctófago.

IV.2.2.4.3.3.6 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad de peces presentó una cierta estabilidad en los parámetros comunitarios estimados entre los muestreos de la época de lluvias y secas. Los cambios más notorios se observan en 2 tipos de ambientes, L-sed/a y Ar-pro, con una disminución importante en los valores de riqueza específica y abundancia, aunque las especies dominantes son similares. También se observa incremento en los valores estimados para los ambientes del Past y del Ar-som, y un cambio en las especies dominantes.

Tabla 31. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para peces arrecifales por tipo de ambiente en 2 épocas: lluvias y secas del 2018.

Ambiente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
L-rug/a	13	14	2.16	1.08	Hbiv, Tbif, Asax	Hbiv, Tbif, Asax
L-sed/a	13	4	1.50	0.38	Hbiv	Hbiv, Asax
L-lis/a	30	27	1.78	2.00	Tbif	Cros
L-gor	24	20	1.75	1.52	Tbif	Tbif, Cros
Past	1	7	0.04	0.24	Cros	Asax, Sdie
Ar-som	0	5	0.00	0.07	-	Hbiv
Ar-pro	16	6	1.41	0.15	Spar, Cros	Ocry, Cros

IV.2.2.4.3.4 Vegetación marina (macroalgas y pastos marinos)

IV.2.2.4.3.4.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, para la vegetación marina, se encontró una elevada riqueza específica, registrando un total de 49 especies pertenecientes a 29 géneros y 5 phyla, encontrando diferentes asociaciones de especies características para cada tipo de ambiente. Los ambientes de laja presentan una asociación de algas rojas en la L-rug/a, algas verdes calcáreas en la L-lis/a y en la L-gor, y una combinación de ambas en la L-sed/a. En el ambiente de Pastizal, los pastos marinos son dominantes, encontrando las tres especies de pastos características del Caribe, *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. Finalmente, para las áreas del Arenal, las algas verdes calcáreas de crecimiento erecto fueron las más abundantes.

Tabla 32. Lista de especies y abundancia relativa de la vegetación marina del Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

División	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro
Chlorophyta	<i>Avrainvillea</i>	<i>asarifolia</i>	C	D	E	E			C
	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>			E				
		<i>paspalooides</i>	E		R				
		<i>prolifera</i>		E					
		<i>verticillata</i>			R				
	<i>Dasya</i>	<i>harveyi</i>							A
	<i>Dasycladus</i>	<i>vermicularis</i>				E			
	<i>Derbesia</i>	<i>marina</i>	E	C					
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>	R		E				E
		<i>lacrimosa</i>				R			
		<i>opuntia</i>	E		C	E			
		<i>tuna</i>	E		D	C	E		
	<i>Neomeris</i>	<i>anulata</i>			R				
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>	E	E		E			
		<i>dumetosus</i>	E	E	R	C	A		E

División	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro	
		<i>lamourouxii</i>		C			E			
	<i>Rhipocephalus</i>	<i>phoenix</i>	E	C	D	D	E		D	
	<i>Udotea</i>		<i>cyathiformis</i>				E			
			<i>fibrosa</i>	R		E				E
			<i>flabellum</i>				C			
			<i>occidentalis</i>		E					
			<i>spinulosa</i>		E					E
		<i>wilsoni</i>	R						E	
<i>Valonia</i>	<i>macrophysa</i>				R					
Phaeophyta	<i>Dictyota</i>	<i>bartayresiana</i>				R				
		<i>cavernosa</i>	R							
		<i>crenulata</i>				C	A		E	
		<i>menstrualis</i>					R			
		<i>pinnatifida</i>				R				
		<i>pulchella</i>	E			C				
	<i>Padina</i>	<i>sp.</i>	E							
	<i>Sargassum</i>	<i>fluitans</i>	E				E			A
<i>natans</i>					R	E				
<i>Styopodium</i>	<i>zonale</i>					E				
Rhodophyta	<i>Acanthophora</i>	<i>spicifera</i>		C	E	E				
	<i>Amphiroa</i>	<i>fragilissima</i>	A			E				
		<i>rigida</i>				R	E			
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>	C	D						
	<i>Ceramium</i>	<i>nitens</i>				E				
	<i>Galaxaura</i>	<i>rugosa</i>					C			
	<i>Gracilaria</i>	<i>caudata</i>	E							
	<i>Heterosiphonia</i>	<i>gibbesi</i>	R							
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>	E			E				
	<i>Laurencia</i>	<i>poiteaui</i>	E	E	R	A			A	
<i>Neogoniolithon</i>	<i>strictum</i>	D			E					
Cyanobacteria	<i>Lyngbya</i>	<i>sp.</i>	E	E		E				
Magnoliophyta	<i>Halodule</i>	<i>wrightii</i>					A		C	
	<i>Syringodium</i>	<i>filiforme</i>					D			
	<i>Thalassia</i>	<i>testudinum</i>					E			
Total			23	13	24	20	7	0	12	

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** =; **Pmix** = Pastizal mixto; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.

En el muestreo de la época de secas se observó una reducción en la riqueza específica en general, teniendo un registro de 40 especies, 24 géneros y 5 phyla. Las especies más abundantes son las de los géneros *Halimeda*, *Penicillus* y *Rhipocephalus*, pero con mayor presencia de algas rojas que en el periodo de la época de lluvias. El ambiente de Pastizal parece no presentar cambios, al tener dominancia de las 3 especies de pastos características del Caribe, *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. Finalmente, para las áreas del Arenal las algas verdes calcáreas de crecimiento erecto siguieron siendo las más abundantes.



Tabla 33. Lista de especies y abundancia relativa de la vegetación marina del Sistema Ambiental Regional en época de secas. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

División	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro	
Chlorophyta	<i>Avrainvillea</i>	<i>asarifolia</i>		A	C	C			E	
	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>				R	R			
		<i>paspalooides</i>				E		E		
		<i>prolifera</i>							D	
		<i>verticillata</i>				E	R			
	<i>Derbesia</i>	<i>marina</i>		C						
	<i>Halimeda</i>	<i>gracilis</i>								E
		<i>incrassata</i>						E		E
		<i>opuntia</i>	C			C		E		
		<i>scabra</i>				E				
		<i>tuna</i>	A			A	C	C		
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>			C	E		E	A	
		<i>dumetosus</i>	A		C		E			
		<i>pyriformis</i>	A			E	C	A	A	A
	<i>Rhipocephalus</i>	<i>phoenix</i>	A	A	A	D			D	
	<i>Udotea</i>	<i>cyathiformis</i>					R			
<i>fibrosa</i>					E	C			A	
<i>flabellum</i>						E				
<i>wilsoni</i>						R				
<i>Valonia</i>	<i>macrophysa</i>						C			
Phaeophyta	<i>Dictyota</i>	<i>crenulata</i>	C	C	E					
		<i>crispata</i>			C					
		<i>pulchella</i>			E		E			
Rhodophyta	<i>Acanthophora</i>	<i>spicifera</i>	E	A	E		E		E	
	<i>Amphiroa</i>	<i>rigida</i>			R	R				
		<i>spicifera</i>							A	
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>	C	D				C		
	<i>Galaxaura</i>	sp.				E				
	<i>Heterosiphonia</i>	<i>gibbesi</i>							E	
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>	A		E					
	<i>Hypnea</i>	<i>cervicornis</i>		A	A			C		
	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>		A					E	
<i>poiteaui</i>					E			C		
<i>Liagora</i>	sp.			R			C			
Magnoliophyta	<i>Halodule</i>	<i>wrightii</i>							A	
	<i>Syringodium</i>	<i>filiforme</i>					D			
	<i>Thalassia</i>	<i>testudinum</i>					D			
Cyanobacteria	<i>Lyngbya</i>	sp.	A		C	A				
	<i>Styopodium</i>	<i>zonale</i>			R	E				
	<i>Symploca</i>	sp.				R				
No. de especies			10	10	22	16	10	8	11	

Tipos de ambientes: L-rug/a = Laja rugosa con algas; L-sed/a = Laja con sedimentos y algas; L-lis/a = Laja lisa con algas; L-gor = Laja con gorgonáceos; Past =; Pmix = Pastizal mixto; Ar-som = Arenal somero; Ar-pro = Arenal profundo.

IV.2.2.4.3.4.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, el ambiente de Pastizal (Past), es el que tiene el valor más alto de cobertura vegetal debido a que la comunidad de pastos marinos es muy densa. El resto de los ambientes presentan una cobertura de algas entre el 30 y 40%, lo cual representa valores bajos en comparación con otros sitios de la región; a excepción del Arenal somero (Ar-som) que no presentó vegetación.

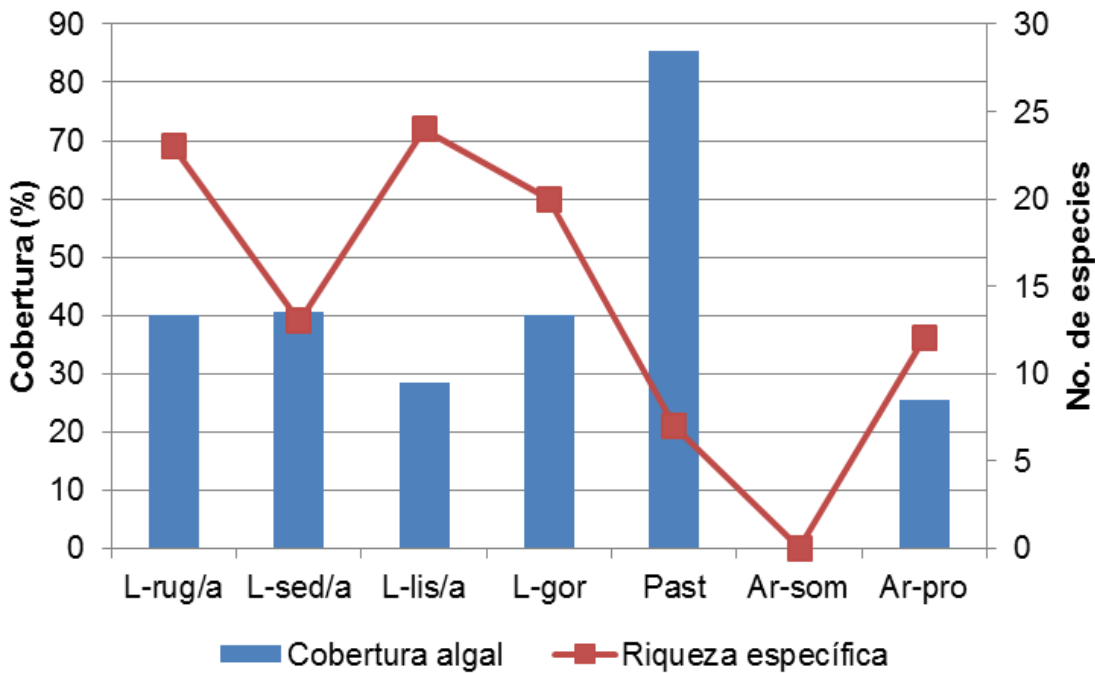


Figura 103. Abundancia y Riqueza específica de vegetación marina del Sistema Ambiental Regional en época de lluvias.

En la época de secas la cobertura de corales estuvo entre 19 y 43% en los ambientes de laja, del 36% para el Pastizal (Pas) y de 3% para el Arenal somero (Ar-som) y 21% para el Arenal profundo (Ar-pro). En cuanto a la riqueza específica, el valor más alto se encontró en L-lis/a con 22 especies, seguido de la L-gor que tuvo 16, y el resto de los ambientes tienen entre 8 y 10 especies.

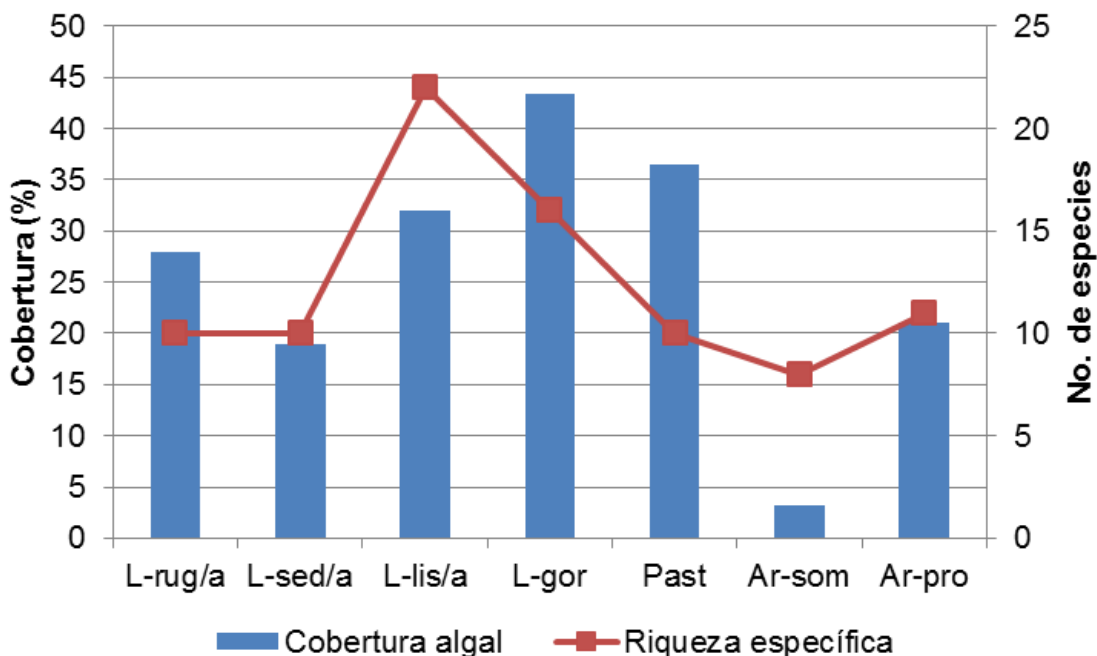


Figura 104. Abundancia y Riqueza específica de vegetación marina para el Sistema Ambiental Regional en época de secas.

IV.2.2.4.3.4.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, la diversidad de algas presentó valores más altos, alrededor de $H' = 2.3$ y 2.6 en los cuatro ambientes de laja, con valores de equitabilidad entre $J' = 0.7$ y 0.9 ; mientras que el Arenal profundo tuvo valores de $H' = 2.0$ y $J' = 0.8$. Los valores más bajos fueron para el ambiente del Pastizal, con $H' = 1.3$ y $J' = 0.67$, debido a la dominancia de los pastos marinos. En el Arenal somero no se encontraron especies de algas marinas.

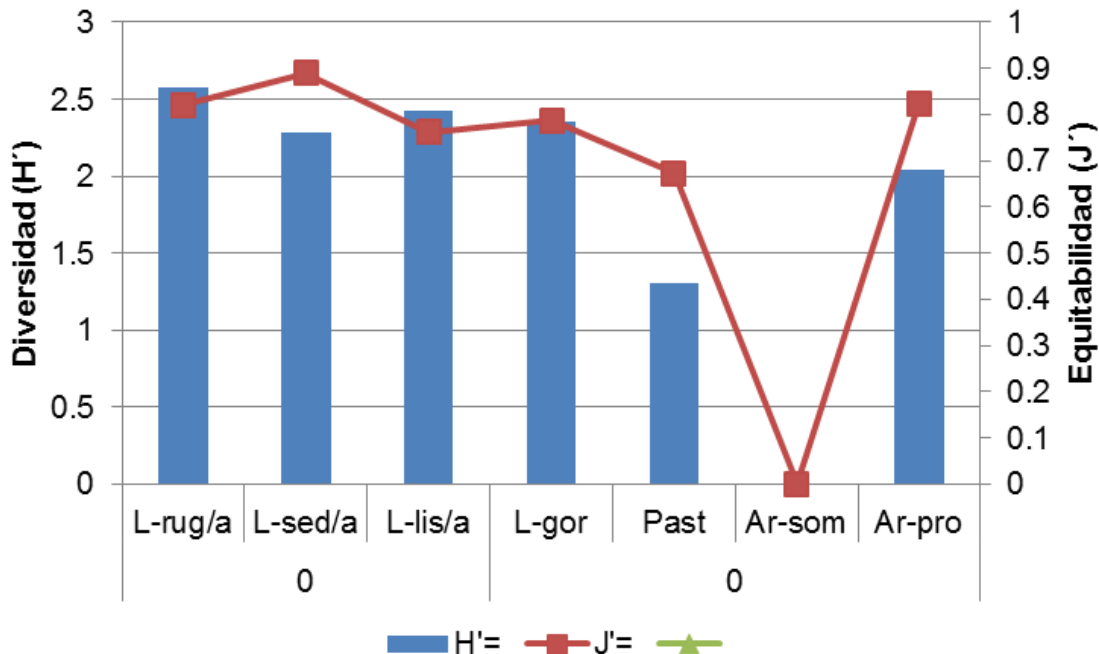


Figura 105. Diversidad de vegetación marina para el Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

En la época de secas la diversidad de algas fue muy similar en la mayoría de los ambientes, teniendo el valor más alto en el ambiente L-lis/a con un valor de 2.64, y el más bajo en el Pastizal con valor de 1.76; el resto de los ambientes tuvo valores entre 1.9 y 2.1. En cuanto a la equitabilidad se estimaron valores entre 0.84 y 0.95 en la mayoría de los ambientes, a excepción de L-gor que tuvo el valor más bajo de 0.7 y el Pastizal con un valor de 0.76.

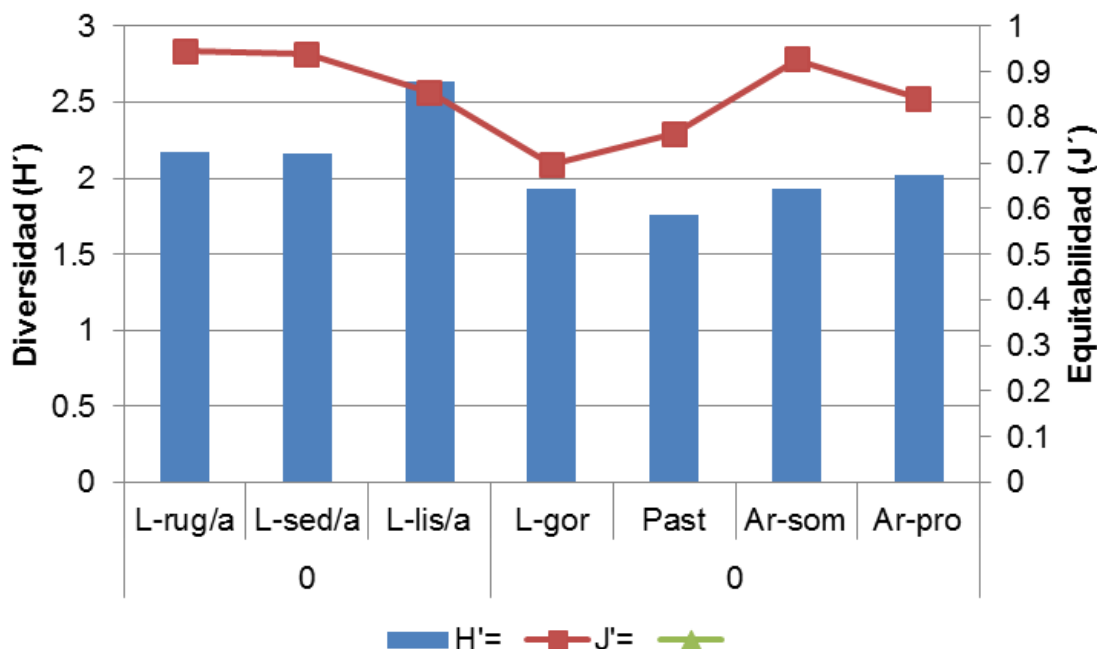


Figura 106. Diversidad de vegetación marina para el Sistema Ambiental Regional en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.3.4.4 Grupos funcionales

Finalmente, el análisis de grupos funcionales para macroalgas, en época de lluvias, muestra una abundancia de algas verdes calcáreas en la mayoría de los ambientes, y una baja presencia de algas verdes carnosas. En el ambiente L-rug/a destaca la abundancia de algas rojas calcáreas, debido a la dominancia del alga de la especie *Bostrychia tenella*; y en el ambiente del Pastizal se denota la dominancia de pastos marinos. Las cianobacteras se encuentran en 3 tipos de ambientes, siendo un indicador de alta presencia de nutrientes en la zona.

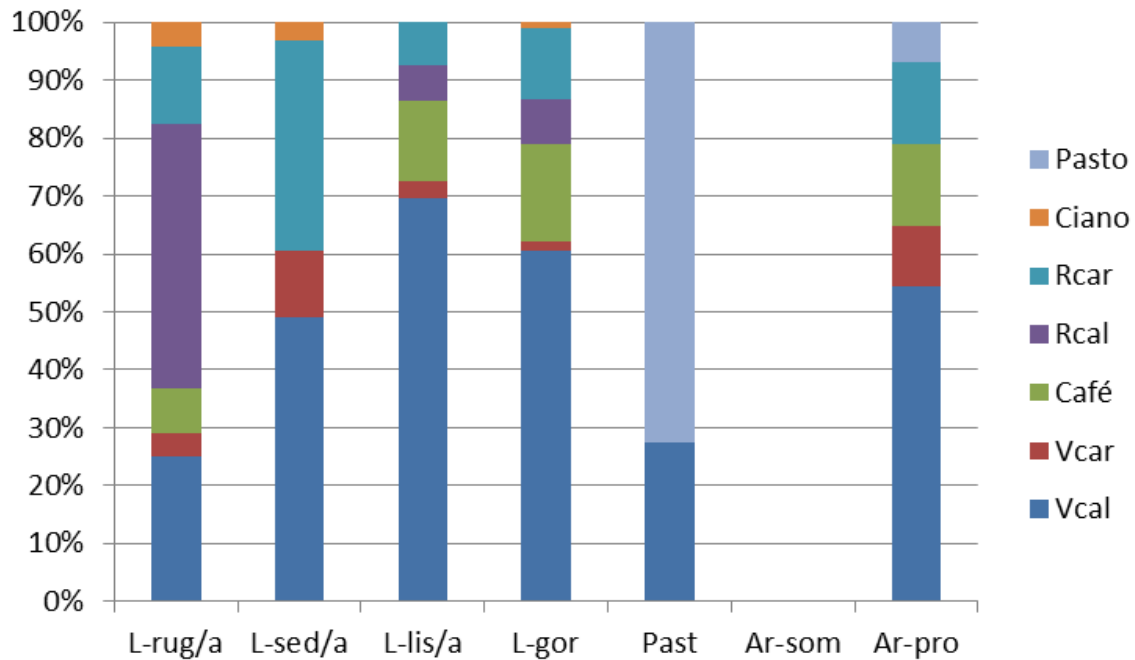


Figura 107. Grupos taxonómicos para vegetación marina del Sistema Ambiental Regional en época de lluvias. Vcar = Clorofitas carnosas, Vcal = Clorifitas calcáreas, RcaR = Rodofitas carnosas, Rcal = Rodofitas calcáreas, Café = Feofitas, Pasto = Magnoliofitas., Ciano = Cianobacterias.

En la época de secas el patrón de distribución de grupos funcionales para las algas mostró un patrón similar, con una abundancia de algas verdes calcáreas de los géneros *Halimeda*, *Penicillus*, *Rhipocephalus* y *Udotea* en la mayoría de los tipos de ambiente, y una abundancia de aproximadamente el 60% de pasto marino en el ambiente Pastizal. Las cianobacterias mostraron un incremento importante en las estaciones con sustrato de laja.

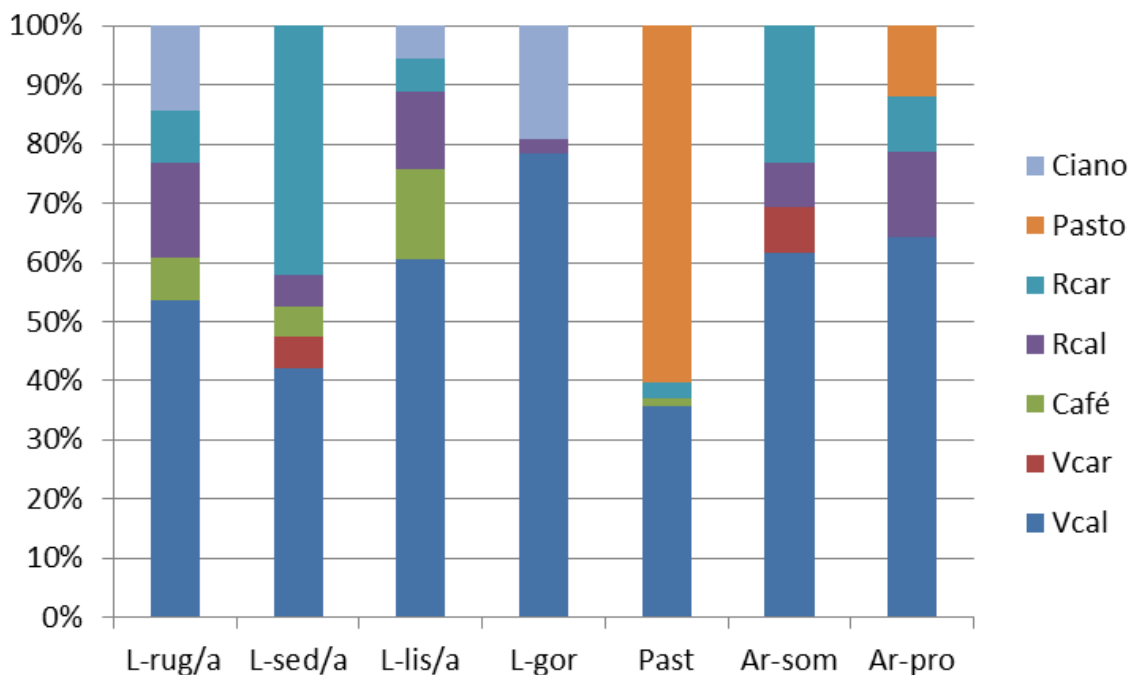


Figura 108. Grupos taxonómicos para vegetación marina del Sistema Ambiental Regional en época de secas. Vcar = Clorofitas carnosas, Vcal = Clorifitas calcáreas, RcaR = Rodofitas carnosas, Rcal = Rodofitas calcáreas, Café = Feofitas, Pasto = Magnoliofitas., Ciano = Cianobacterias.

IV.2.2.4.3.4.5 Comparación en las dos épocas del año

En cuanto a la vegetación marina se observa en general un decremento en la riqueza específica y abundancia, aunque las especies dominantes permanecen similares en la mayoría de los casos. Se aprecia una disminución importante de estos parámetros para los ambientes L-rug/a; un incremento de los mismos en el Ar-som que en la época de lluvias no tuvo registro; mientras que en el ambiente del Past se registró un incremento de especies, pero una disminución importante de su cobertura. Estas variaciones pueden deberse a los cambios estacionales que de manera natural presenta la comunidad vegetal en los ambientes marinos, en función de la temperatura del agua.

Tabla 34. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para vegetación marina por tipo de ambiente en dos épocas: lluvias y secas del 2018.

Ambiente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (% cob)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
L-rug/a	23	10	40.00	28.00	Nstri	Hboe
L-sed/a	13	10	40.67	19.00	Aasa, Bten	Bten
L-lis/a	24	22	28.53	32.00	Htun, Rpho,	Htun, Rph
L-gor	20	16	40.00	43.33	Rpho	Rpho
Past	7	10	85.33	36.50	Sfil	Sfil, Ttes
Ar-som	0	8	-	3.25	-	Cpro
Ar-pro	12	11	25.33	21.00	Rpho	Rpho

IV.2.2.4.3.5 Invertebrados

Adicionalmente, se realizó un registro de otro tipo de invertebrados presentes en los diferentes ambientes encontrados para el Sistema Ambiental Regional del proyecto.

IV.2.2.4.3.5.1 Distribución y composición de especies

En el área de estudio, en la época de lluvias, se registraron un total de 30 especies de invertebrados, pertenecientes a 26 géneros y 24 familias. Se registraron organismos pertenecientes a 7 diferentes grupos, tales como anélidos, anémonas, coralimorfos, equinodermos, esponjas, moluscos y zoántidos. Se muestrearon un total de 401 individuos en los 7 ambientes en los que se dividió el área de estudio ya referida.

El ambiente donde se encontró el mayor número de especies fue L-lis/a, con 23, mientras que en los ambientes Past y Ar-som no se registró ninguna. En términos de abundancia relativa, la especie dominante fue el equinodermo *Echinometra viridis*, principalmente en las zonas de sustrato duro.

Tabla 35. Lista de especies de invertebrados en el Sistema Ambiental Regional en la época de lluvias. D = Dominante; A = Abundante; C = Común; E = Escaso; R = Raro.

Grupo	Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro	
Anélido	Sabellidae	<i>Bispira</i>	<i>brunnea</i>			E					
	Serpulidae	<i>Spirobranchus</i>	<i>giganteus</i>			E					
Anémona	Stichodactylidae	<i>Stichodactyla</i>	<i>helianthus</i>			E	E				
Coralimorfo	Ricordeidae	<i>Ricordea</i>	<i>florida</i>			E	E				
Equinodermo	Cidaridae	<i>Eucidaris</i>	<i>tribuloides</i>			E					
	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>			C	E				
	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>	D	D	A	A				
	Ophiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>guildingii</i>				E				
	Ophionereididae	<i>Ophionereis</i>	<i>reticulata</i>		E						
	Oreasteridae	<i>Oreaster</i>	<i>reticulatus</i>			E					
Esponja	Aplysinidae	<i>Aplysina</i>	<i>cauliformis</i>			E				A	
			<i>fistularis</i>			E	C				
			<i>fulva</i>			E	D			C	
	Axinellidae	<i>Dragmacidon</i>	<i>sp</i>			E	C				
			<i>Ptilocaulis</i>	<i>sp</i>			E				
	Callyspongiidae	<i>Callyspongia</i>	<i>vaginalis</i>			E	A			C	
	Clathrinidae	<i>Clathrina</i>	<i>canariensis</i>							E	
	Clionidae	<i>Anthosigmella</i>	<i>varians</i>			E					E
			<i>Cliona</i>	<i>caribbaea</i>	E	A	D	C			
	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>etheria</i>			E	C				
	Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>campana</i>				E				E
			<i>felix</i>	E							E
			<i>strobilina</i>				D	E			
	Microcionidae	<i>Clathria</i>	<i>sp</i>			E					
	Pseudoceratinidae	<i>Pseudoceratina</i>	<i>crassa</i>			E				E	
Thorectidae	<i>Hyrtios</i>	<i>violaceus</i>	R								
Molusco	Octopodidae	<i>Octopus</i>	<i>sp</i>		E	E					
	Ovulidae	<i>Cyphoma</i>	<i>gibbosum</i>	R		E	E				
	Strombidae	<i>Strombus</i>	<i>gigas</i>				E				
Zoántido	Sphenopidae	<i>Palythoa</i>	<i>caribaeorum</i>			E	E				
No de especies				5	4	23	16	0	0	8	

Tipos de ambientes: L-rug/a = Laja rugosa con algas; L-sed/a = Laja con sedimentos y algas; L-lis/a = Laja lisa con algas; L-gor = Laja con gorgonáceos; Past =; Pmix = Pastizal mixto; Ar-som = Arenal somero; Ar-pro = Arenal profundo.

En el muestreo de la época de secas, en el área de estudio se registró un total de 35 especies de invertebrados, pertenecientes a 30 géneros y 29 familias. Estos organismos se incluyeron 7 diferentes grupos, tales como anélidos, anémonas, coralimorfos, crustáceos, equinodermos, esponjas, moluscos, tunicados y zoántidos. Se muestrearon un total de 342 individuos en los 7 ambientes en los que se dividió el área de estudio ya referida. El ambiente donde se encontró el mayor número de especies fue L-lis/a, con 24, mientras que en el ambiente Past solamente se registró

una. En términos de abundancia relativa, la especie dominante fue el equinodermo *Echinometra viridis*, principalmente en las zonas de sustrato duro.

Tabla 36. Lista de especies de invertebrados en el Sistema Ambiental Regional en la época de secas. D = Dominante; A = Abundante; C = Común; E = Escaso; R = Raro.

Grupo	Familia	Género	Especie	L-rug/a	L-sed/a	L-lis/a	L-gor	Past	Ar-som	Ar-pro	
Anélido	Amphinomidae	<i>Hermodice</i>	<i>carunculata</i>			E			E		
	Serpulidae	<i>Spirobranchus</i>	<i>giganteus</i>			E	R		E		
Anémona	Actiniidae	<i>Condylactis</i>	<i>gigantea</i>			E					
	Stichodactylidae	<i>Stichodactyla</i>	<i>helianthus</i>				E				
Coralimorfo	Ricordeidae	<i>Ricordea</i>	<i>florida</i>			E					
Crustáceo	Diogenidae	<i>Paguristes</i>	<i>sp</i>	E							
	Inachidae	<i>Stenorhynchus</i>	<i>seticornis</i>				E			D	
	Palaemonidae	<i>Periclimenes</i>	<i>yucatanicus</i>				R				
Equinodermo	Cidaridae	<i>Eucidaris</i>	<i>tribuloides</i>			E					
	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>	E		E	R		E		
	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>	D	D	A			D		
	Mellitidae	<i>Mellita</i>	<i>quinqüesperforata</i>						E	D	
	Toxopneustidae	<i>Tripneustes</i>	<i>ventricosus</i>	E		E	R	D	E		
Esponja	Aplysinidae	<i>Aplysina</i>	<i>cauliformis</i>			E	E				
			<i>fistularis</i>	E		E					
			<i>fulva</i>			E	D		E		
	Axinellidae	<i>Ptilocaulis</i>	<i>sp</i>			E	R				
	Callyspongiidae	<i>Callyspongia</i>	<i>vaginalis</i>			E	E				
	Clionidae	<i>Anthosigmella</i>	<i>varians</i>			E	R				
			<i>caribbaea</i>	E		A			E		
	Crambeidae	<i>Monanchora</i>	<i>sp</i>			E					
	Desmacididae	<i>Desmapsamma</i>	<i>anchorata</i>			C	R			D	
	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>etheria</i>				A	E			
			<i>campana</i>				E				
			<i>felix</i>				E				
			<i>strobilina</i>	D	D	A	E				
	Niphatidae	<i>Niphates</i>	<i>digitalis</i>				E				
Petrosiidae	<i>Xestospongia</i>	<i>muta</i>				E					
Pseudoceratinidae	<i>Pseudoceratina</i>	<i>crassa</i>			E	E					
Tetillidae	<i>Cinachyra</i>	<i>sp</i>				R					
Molusco	Ranellidae	<i>Charonia</i>	<i>variegata</i>			E	R				
	Strombidae	<i>Strombus</i>	<i>costatus</i>		C				E	D	
<i>gigas</i>			E								
Tunicado	Didemnidae	<i>Trididemnum</i>	<i>solidum</i>	E							
Zoántido	Sphenopidae	<i>Palythoa</i>	<i>caribaeorum</i>	E		E	R				
No de especies				10	3	24	20	1	9	4	

Tipos de ambientes: **L-rug/a** = Laja rugosa con algas; **L-sed/a** = Laja con sedimentos y algas; **L-lis/a** = Laja lisa con algas; **L-gor** = Laja con gorgonáceos; **Past** =; **Pmix** = Pastizal mixto; **Ar-som** = Arenal somero; **Ar-pro** = Arenal profundo.

IV.2.2.4.3.5.1 Abundancia y riqueza específica

En la época de lluvias, la mayor densidad de invertebrados se registró en el ambiente L-rug/a, con 1.17 ind/m². Hubo dos ambientes en los que no se registró ninguna especie de invertebrados, siendo estos Past y Ar-som. En cuanto a la riqueza específica, el ambiente donde se registraron los valores más altos fue L-lis/a, con 23. De igual forma que en el caso de la densidad, los ambientes en los cuales no hubo registros fueron los mismos.

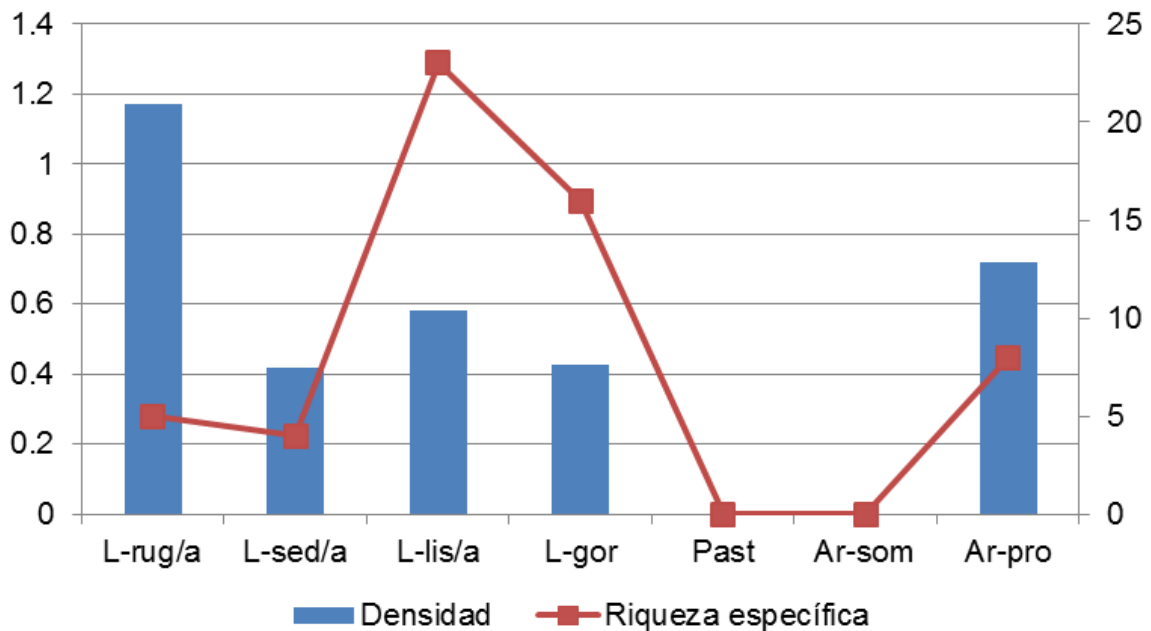


Figura 109. Abundancia y Riqueza específica de invertebrados en el Sistema Ambiental Regional en la época de lluvias.

En la época de secas, la mayor densidad de invertebrados se registró en el ambiente L-gor, con 1.35 ind/m². Por el contrario, el ambiente con la menor densidad resultó ser Past, con un valor de 0.01 ind/m². En cuanto a la riqueza específica, el ambiente donde se registraron los valores más altos fue L-lis/a, con 24 especies. De igual manera que en el caso de la densidad, el ambiente en con la menor riqueza fue Past, con una especie registrada.

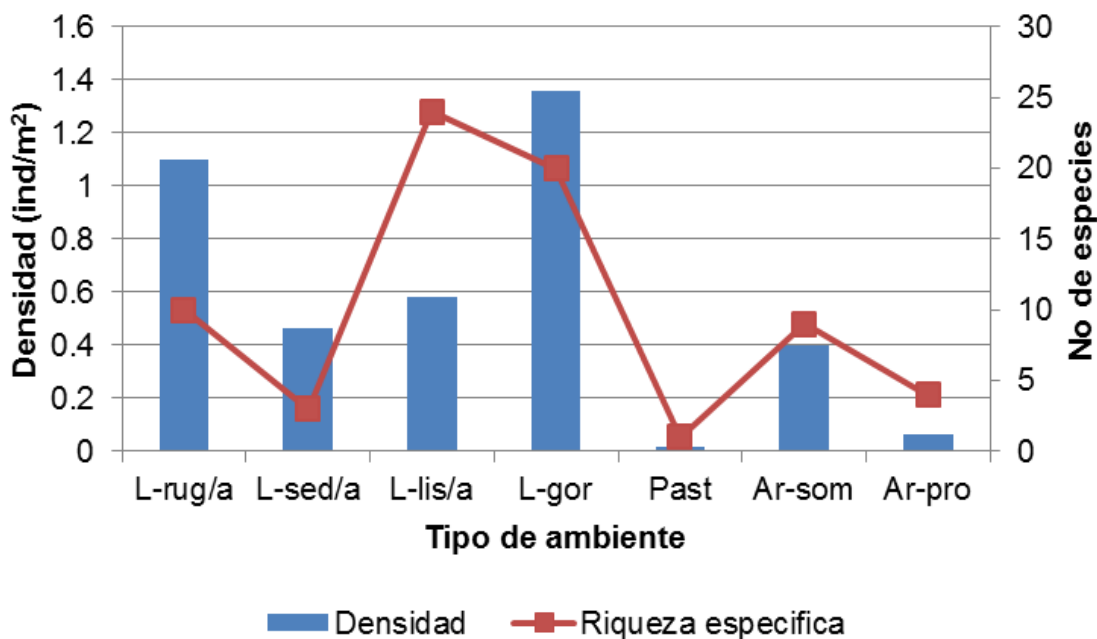


Figura 110. Abundancia y Riqueza específica de invertebrados en el Sistema Ambiental Regional en la época de secas.

IV.2.2.4.3.5.2 Comparación en las dos épocas del año

Los invertebrados son un grupo que presenta algunas diferencias importantes entre los muestreos de la época de lluvias y secas, sobre todo en los ambientes con mayor complejidad estructural que provee refugio para este tipo de organismos. Siendo así, el ambiente de L-rug/a presenta una disminución de la riqueza específica, pero una abundancia y dominancia de especies similar. El ambiente Ar-som mostró un incremento de los valores debido a que no se obtuvieron registros de invertebrados en el muestreo de la época de lluvias; y en el Ar-pro también se observó un decremento en los valores de estos parámetros, debido a que en el muestreo de la época de secas cayó un parche de sustrato duro en los transectos.

Tabla 37. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para invertebrados por tipo de ambiente en dos épocas: lluvias y secas del 2018.

Ambiente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
L-rug/a	5	10	1.17	1.10	Evir	Evir, Istro
L-sed/a	4	3	0.42	0.47	Evir	Evir, Istro
L-lis/a	23	24	0.58	0.58	Ccar	Evir, Istro
L-gor	16	20	0.43	1.36	Aful	Aful
Past	0	1	0.00	0.02	-	Tven
Ar-som	0	9	0.00	0.40	-	Evir, Istro
Ar-pro	8	4	0.72	0.07	Acau	Sset, Mqui, Danc

IV.2.2.4.4 Caracterización biológica de las estructuras de protección costera existentes (bolsacretos)

Las estructuras de protección costera fabricadas con bolsacreto que se encuentran instaladas frente al Hotel Sandos Caracol han generado un hábitat artificial en donde reside biota marina, tanto sésil como móvil. Se encuentran instaladas sobre un ambiente de laja con algas a una profundidad entre 1 y 1.5 m, y llegan hasta el nivel de la superficie del mar.

Para efectos del análisis de la biota presente en estas estructuras se dividió el muestreo en función de la posición de la estructura (norte, centro y sur) y en cada una su lado expuesto y su lado protegido; además de la fracción somera de la estructura sur, dando en total 7 secciones en las que se presenta la descripción de la estructura y la caracterización de la biota asociada.

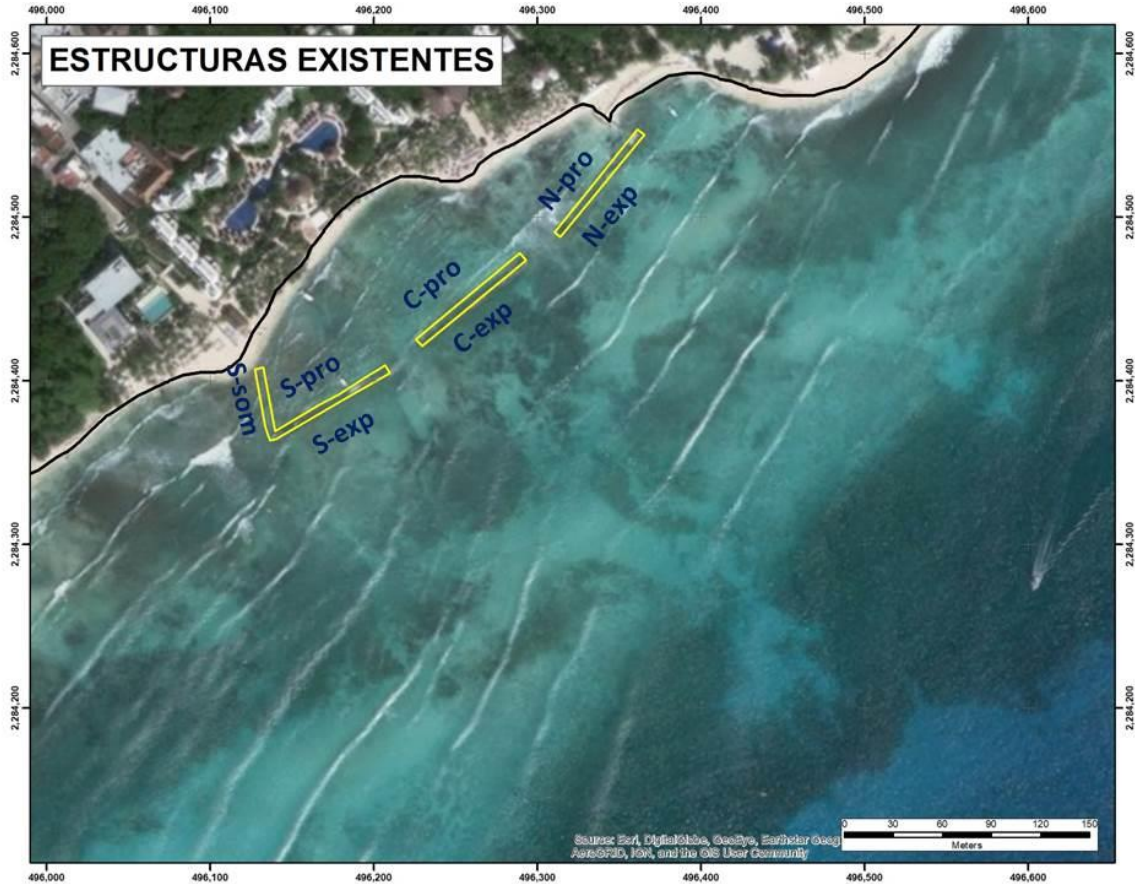


Figura 111. Ubicación de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol y nomenclatura utilizada para reconocimiento de biota asociada: Sur somero (S-som), Sur expuesto (S-exp), Centro expuesto (C-exp), Norte expuesto (N-exp), Norte protegido (N-pro), Centro protegido (C-pro) y Sur protegido (S-pro).

A continuación, se incluye una descripción de las estructuras de protección existentes.

a) Sur somero (S-som)

Esta sección es la más somera, ya que parte desde la línea de costa hasta el extremo de la estructura Sur. La estructura está formada en su parte más somera por acumulación de piedras sobre un sustrato de laja, y posteriormente, a partir de 1 metro de profundidad, se encuentra una fila de bolsacretos sobre un sustrato de arena. El sustrato de laja presenta varias composiciones: inicia como una laja lisa cubierta con algas verdes calcáreas de las especies *Rhipocephalus phoenix* y *Penicillus capitatus*, así como del alga café *Dictyota crenulata*, posteriormente se



presenta una laja rugosa cubierta de algas verdes calcáreas con dominancia de *Penicillus dumetosus*, un parche de pasto marino denso y erizos. También se encontraron algunas colonias pequeñas de coral de la especie *Siderastrea radians*.

La estructura mide 45 metros de largo en esta sección. Se encuentra a una profundidad de 0.3 metros en su parte más somera hasta 1.3 metros en la parte más profunda. A continuación, se muestran imágenes de los muestreos realizados durante la época de lluvias y de secas para esta estructura.



Figura 112. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Sur somero (S-som) en el muestreo de la época de lluvias. Arriba izquierda: vista desde superficie; arriba derecha: parche de pasto marino y algas; abajo izquierda: acumulación de piedras sobre sustrato de laja; abajo derecha: bolsacretos sobre sustrato de arena.

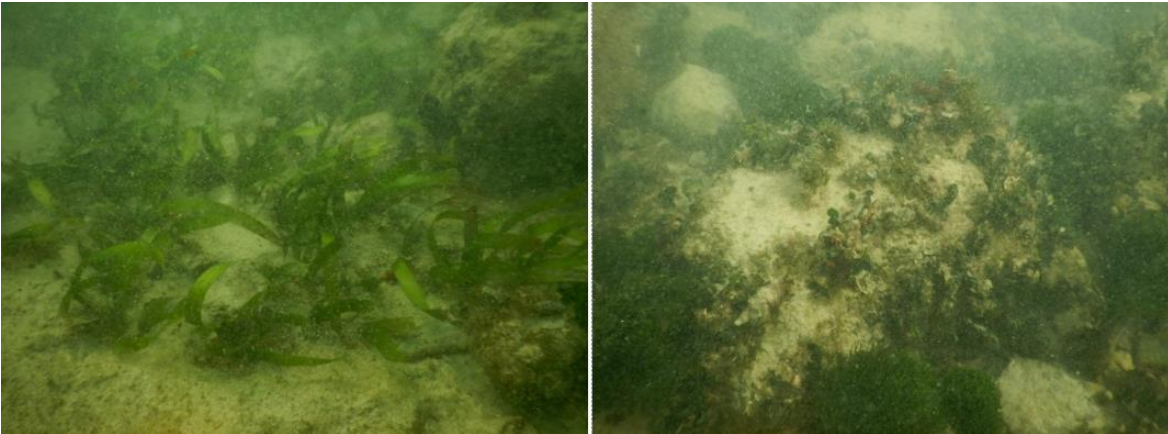


Figura 113. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Sur somero (S-som), en el muestreo de la época de secas. Izquierda: parche de pasto marino; derecha: rocas cubiertas de algas sobre sustrato de laja.

b) Sur expuesto (S-exp)

Esta estructura es la que se encuentra en la sección Sur en la parte expuesta. Está formada por una pila de bolsacretos en dos niveles sobre un sustrato de laja cubierta de sedimentos. Los bolsacretos se encuentran solidificados, y sirven de sustrato para algas carnosas de las especies *Laurencia papillosa* y *Derbesia marina*, así como el alga calcárea incrustante *Hydrolithon boergueseni*, y sirve de refugio para erizos. En esta sección fue donde se encontró una mayor cantidad de colonias de coral de las especies *Porites astreoides*, *Porites porites* y *Siderastrea radians*. En una parte más profunda se encontró mucha basura al parecer de algunos bolsacretos rotos o desbaratados. Esta sección mide 84 metros y la base de los bolsacretos se encuentra a 1.4 m de profundidad. Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para esta estructura.



Figura 114. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección **Sur expuesto (S-exp)** en el muestreo de la época de lluvias. Arriba izquierda: parte somera de la estructura; arriba derecha: apilamiento de bolsacretos; abajo izquierda: tipo de vegetación que crece sobre la estructura; abajo derecha: basura que se encuentra en la parte profunda de la estructura.

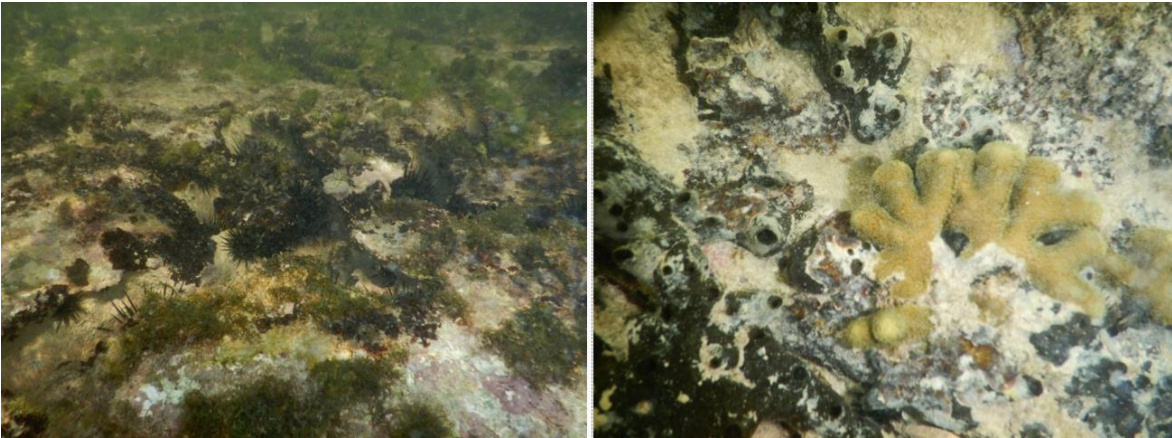


Figura 115. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Sur expuesto (S-exp), en el muestreo de la época de secas. Izquierda: parte somera de la estructura; derecha: coral de la especie *Porites porites* sobre la estructura.

c) Centro expuesto (C-exp)

Esta estructura es la que se encuentra en la sección Central en la parte expuesta. Está formada por una pila de bolsacretos en tres niveles sobre un sustrato de laja cubierta de sedimentos. Los bolsacretos presentan una composición de algas similar a la sección S-exp, pero con menor porcentaje de cobertura. Solamente se registraron colonias de coral de la especie *Siderastrea radians*, además del hidrocoral *Millepora complanata*. En esta sección se registraron varios ejemplares de peces sargentos. Esta sección también mide 84 metros y la base de los bolsacretos se encuentra a 1.4 m de profundidad. Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para esta estructura.



Figura 116. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección **Centro expuesto (C-exp)** en el muestreo de la época de lluvias. Arriba izquierda: parte somera de la estructura; arriba derecha: colonia de coral de fuego *Millepora complanata*; abajo izquierda: acomodo de bolsacretos; abajo derecha: amarres de contención.



Figura 117. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Centro expuesto (C-exp), para el muestreo de la época de secas. Izquierda: parte somera de la estructura; derecha: amarres de contención.

d) Norte expuesto (N-exp)

Esta estructura es la que se encuentra en la sección Norte en la parte expuesta. Está formada por una pila de bolsacretos en dos niveles sobre un sustrato de laja cubierta de sedimentos. Los bolsacretos presentan biota únicamente en la fila superior. Durante el muestreo en esta zona se detectó una termoclina, lo que pudiera indicar la presencia de una fuente de agua dulce (ojo de agua). La composición de algas es similar a la encontrada en las otras secciones, con muy baja presencia de corales, únicamente de la especie *Porites astreoides*. Esta sección mide 80 metros y la base de los bolsacretos se encuentra a 0.9 m de profundidad. Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para esta estructura.

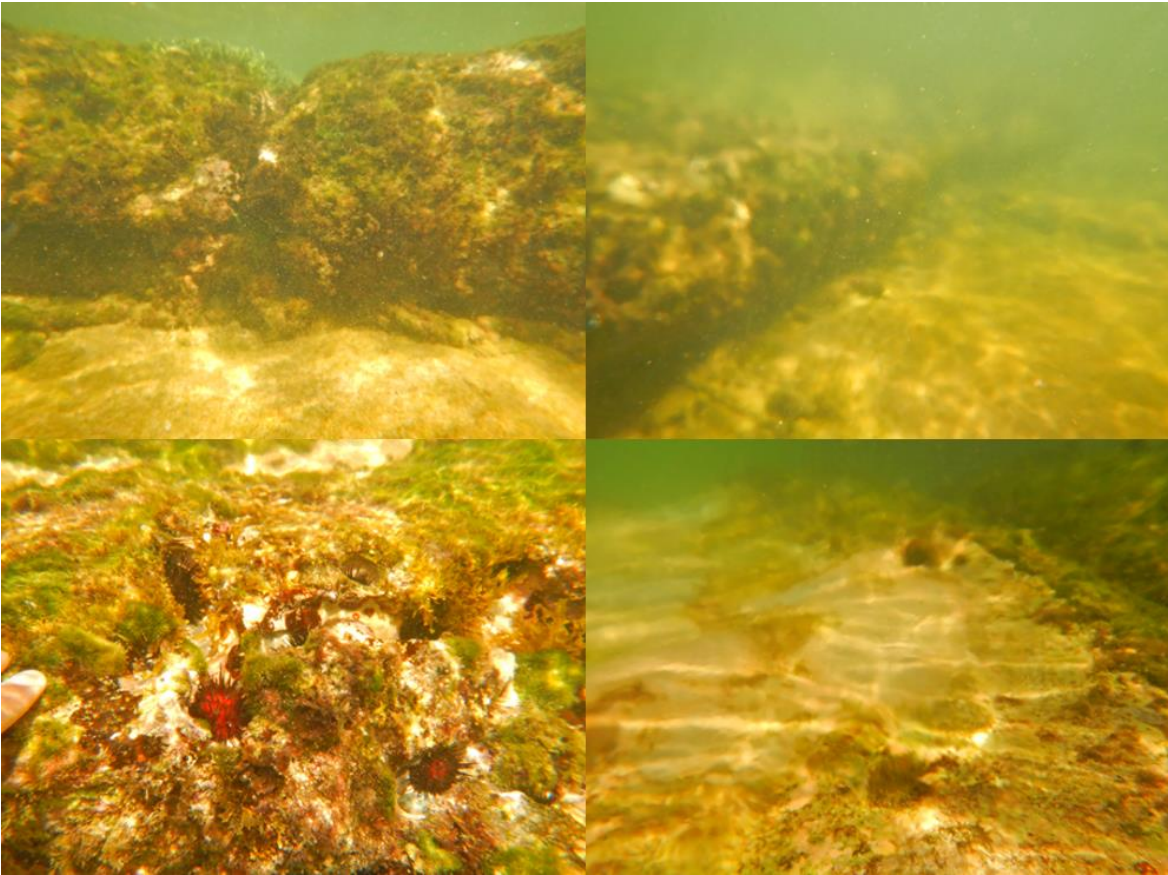


Figura 118. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección **Norte expuesto (N-exp)** en el muestreo de la época de lluvias. Arriba izquierda: parte somera de la estructura; arriba derecha: apilamiento de bolsacreto; abajo izquierda: vegetación y erizos sobre la superficie de los bolsacretos; abajo derecha: tipo de fondo en la base de los bolsacretos.

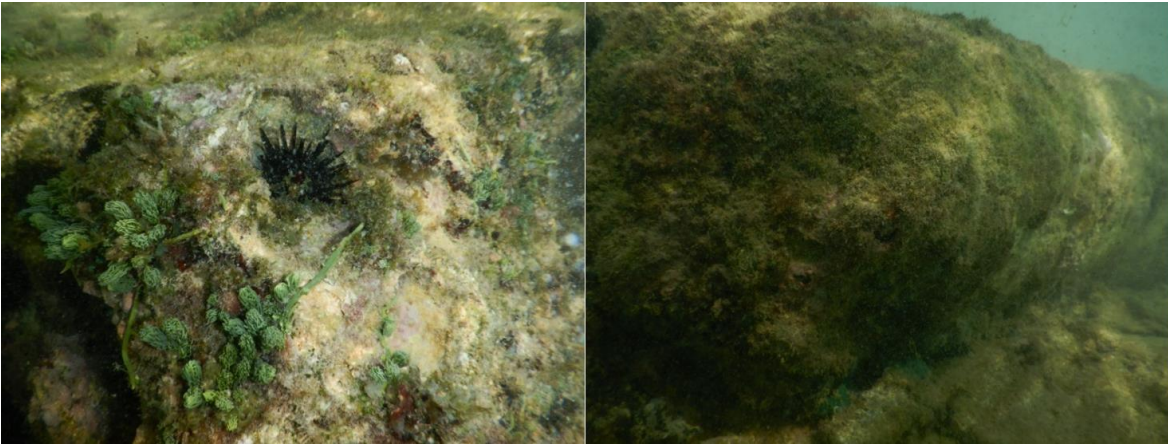


Figura 119. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Norte expuesto (N-exp) en el muestreo de la época de secas. Izquierda: vegetación y erizos sobre la superficie de los bolsacretos; derecha: apilamiento de bolsacretos.

e) Norte protegido (N-pro)

Esta es la parte protegida de la estructura que se encuentra en la sección Norte. En esta parte existe una pila de dos filas de bolsacretos está asentada sobre una laja rugosa con sedimentos a 1.1 m de profundidad, y en una parte existe otra estructura, paralela a la fila de bolsacretos, que sobresale del nivel del mar por unos 30 a 50 cm, con una superficie lisa en donde crece un tapete de algas. En la estructura principal domina el alga calcárea incrustante *Hydrolithon boerguesenii*, así como varios tapetes del alga verde *Caulerpa cupressoides*, y la presencia de corales es prácticamente nula, encontrando escasos ejemplares de las especies *Porites astreoides* y *Siderastrea radians*. Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para esta estructura.

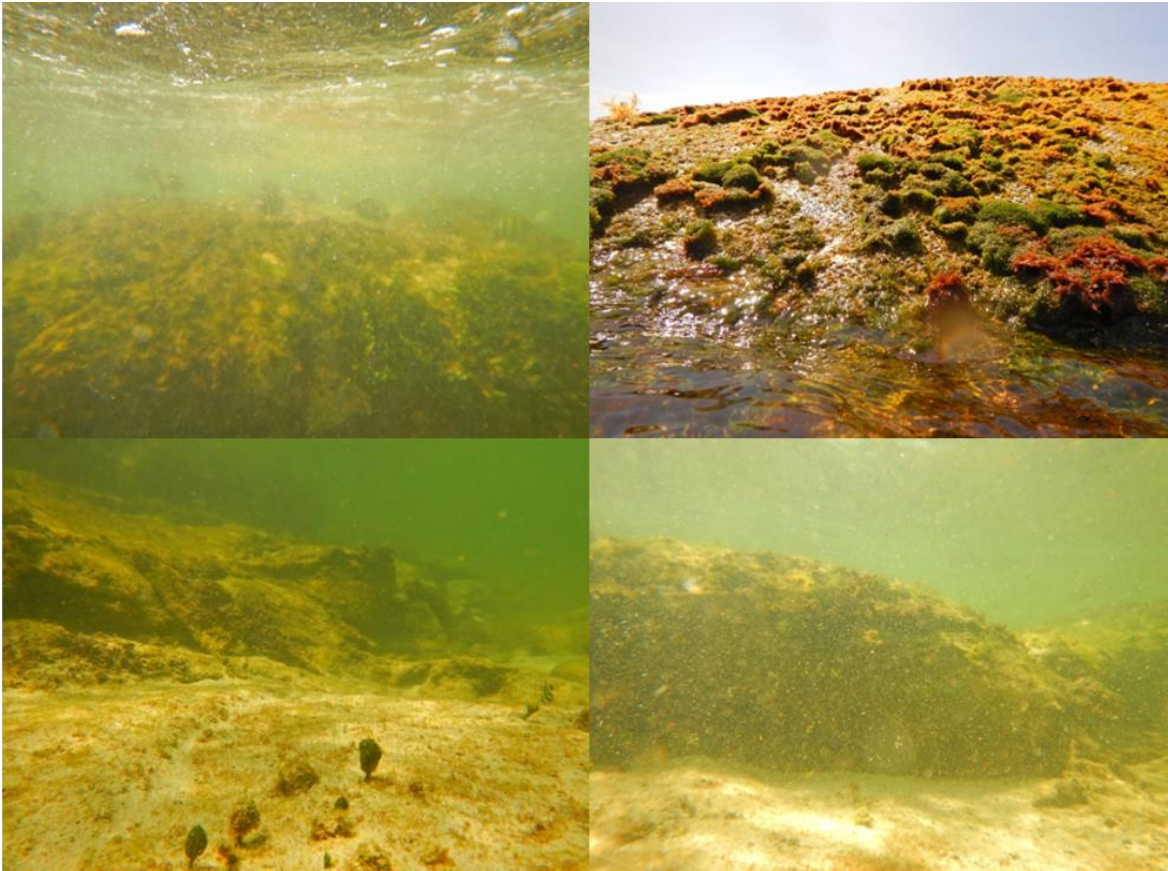


Figura 120. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección **Norte protegido (N-pro)** en el muestreo de la época de lluvias. Arriba izquierda: parte somera de la estructura; arriba derecha: estructura paralela que se encuentra emergida; abajo izquierda: base de la estructura sobre laja; abajo derecha: sobre arena.

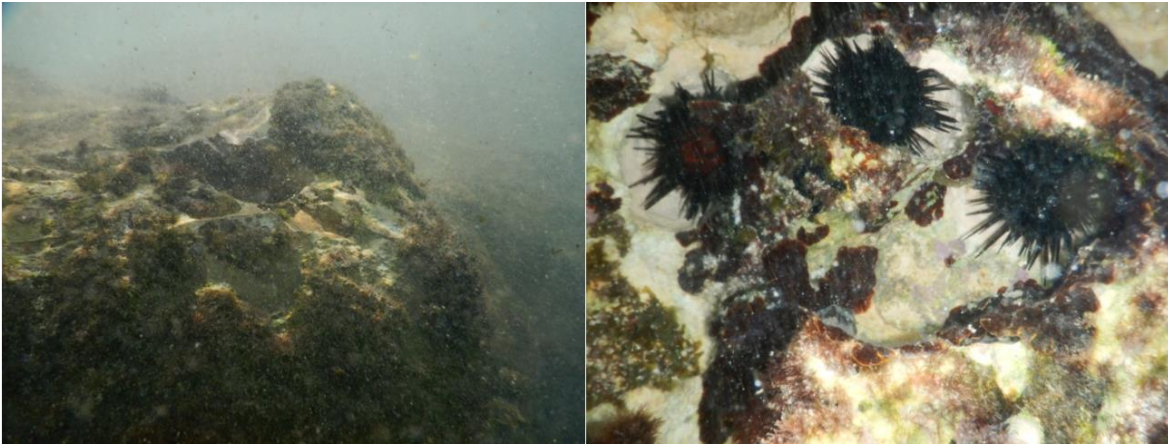


Figura 121. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Norte protegido (N-pro) en el muestreo de la época de secas. Izquierda: parte somera de la estructura; derecha: erizos sobre la estructura.

f) Centro protegido (C-pro)

Esta es la parte protegida de la estructura que se encuentra en la sección Centro. Esta estructura está formada por una pila de tres filas de bolsacreto, asentada sobre una laja con sedimento a 1.4 m de profundidad, y otra parte asentada sobre arena a 1.5 metros de profundidad. En esta estructura se encontró biota únicamente en la parte superior, siendo principalmente algas calcáreas incrustantes de la especie *Hydrolithon boerguesenii*, algas cafés de la especie *Dictyota pulchela*. Así como tapetes de algas verdes de crecimiento erecto como *Penicillus dumetosus* y *Rhipocephalus phoenix*. La presencia de corales es nula, encontrando únicamente coral de fuego de la especie *Millepora complanata*. Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para esta estructura.

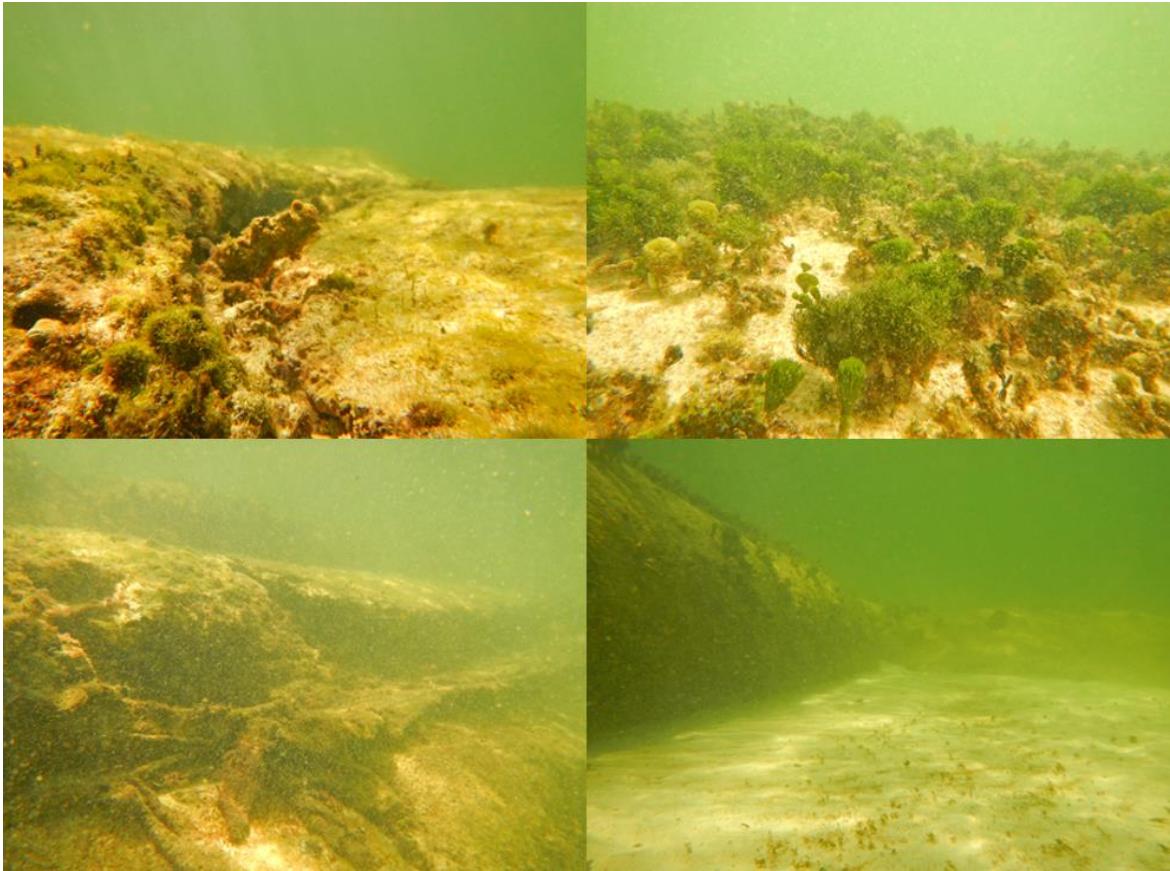


Figura 122. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección **Centro protegido (C-pro)** en el muestreo de la época de lluvias. Arriba izquierda: parte somera de la estructura; arriba derecha: vegetación en la parte superior; abajo izquierda: base de la estructura; abajo derecha: asentamiento de la estructura sobre arena.



Figura 123. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Centro protegido (C-pro) en el muestreo de la época de secas. Izquierda: parte somera de la estructura y vegetación en la parte superior; derecha: base de la estructura.

g) Sur protegido (S-pro)

Esta es la parte protegida de la estructura que se encuentra en la sección Sur. Esta estructura está formada por una pila de tres filas de bolsacreto, asentada sobre una laja con sedimento a 1.2 m de profundidad, y otra parte asentada sobre arena a 1.3 metros de profundidad. En esta estructura se encontró una dominancia del alga calcárea incrustante de la especie *Hydrolithon boerguesenii*, y baja presencia de corales con escasos ejemplares de la especie *Siderastrea radians*. Las partes consolidadas de esta estructura permiten la presencia de erizos. Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para esta estructura.

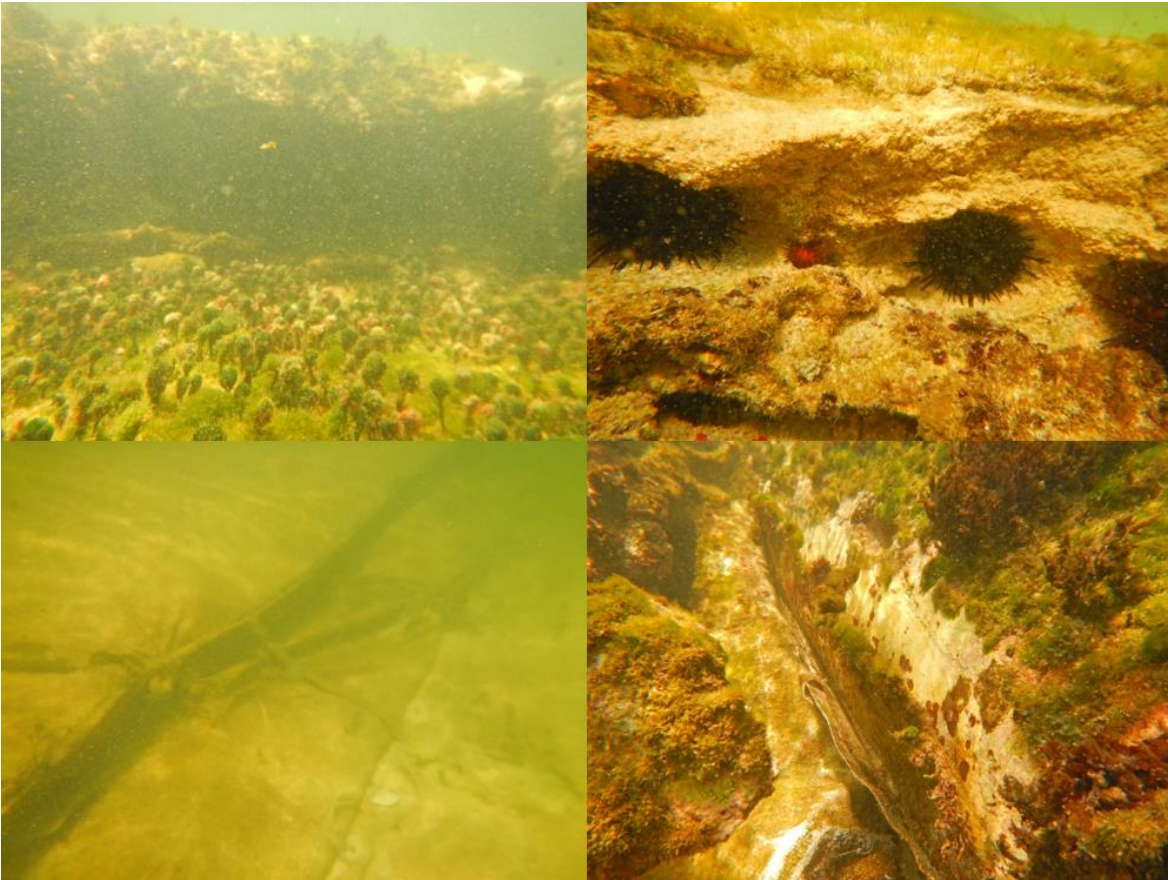


Figura 124. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección **Sur protegido (S-pro)** en el muestreo de la época de lluvias. Arriba izquierda: parte somera de la estructura; arriba derecha: erizos en la parte consolidada; abajo izquierda: base de la estructura; abajo derecha: detalle de la vegetación.

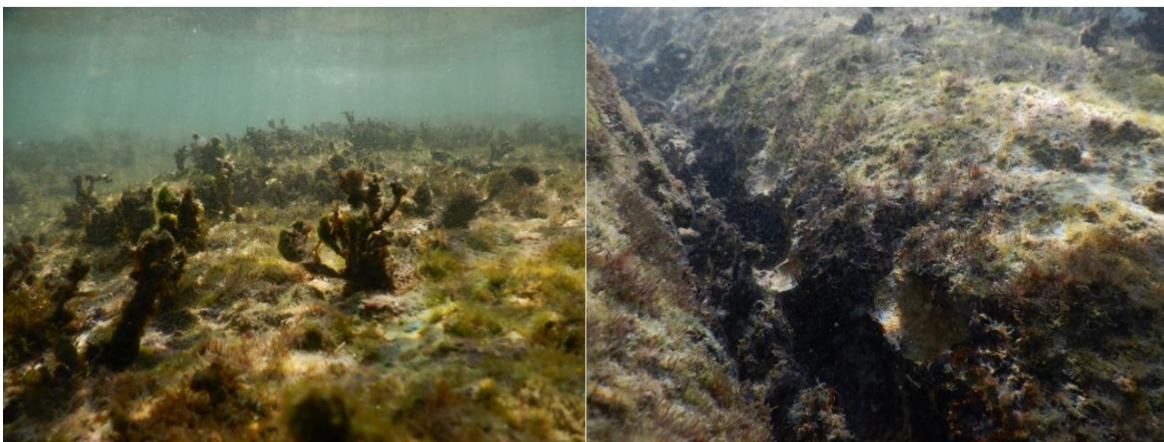


Figura 125. Vistas submarinas de las estructuras de protección existente frente al hotel Sandos Caracol, sección Sur protegido (S-pro) en el muestreo de la época de secas. Izquierda: vegetación de la parte somera de la estructura; derecha: unión de los bolsacretos.

A continuación, se presenta el análisis de la biota asociada a las estructuras de protección por grupo taxonómico. Se describieron un total de siete sitios para estas estructuras, de acuerdo a la ubicación y exposición al oleaje: Sur somero (S-som), Sur expuesto (S-exp), Centro expuesto (C-exp), Norte expuesto (N-exp), Norte protegido (N-pro), Centro protegido (C-pro) y Sur protegido (S-pro).

IV.2.2.4.1 Escleractinios (corales duros)

IV.2.2.4.1.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registraron solo cuatro especies que se distribuyen en tres géneros y tres familias. La especie que tuvo mayor presencia fue *Siderastrea radians*, observándose en cinco de los siete sitios de monitoreo. En los sitios S-som y C-exp dominó *Siderastrea radians* y el hidrocoral *Millepora complanata* fue abundante; en el sitio S-exp, la dominancia la presentó *Siderastrea radians* y *Porites astreoides* fue abundante; en el sitio N-exp solo se registraron colonias de *Porites astreoides*, por ende, fue la dominante, siendo esta misma especie la que dominó, junto con *Siderastrea radians*, en el sitio N-pro. La especie *Millepora complanata* y *Siderastrea radians*, fueron las únicas registradas en los sitios C-pro y S-pro, por lo tanto, son las dominantes.

Tabla 38. Lista de especies de corales escleractinios y estimaciones de abundancia en las estructuras de protección costera existentes frente al Hotel Sandos Caracol, con base en su cobertura relativa, en época de lluvias. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C)= 5-10%; Escasa (E)= 1-5% y Rara (R) = < 1%.

Familia	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro
Poritidae	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>		A		D	D		
		<i>porites</i>		C					
Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>	D	D	D		D		D
Hidrocorales									
Milleporidae	<i>Millepora</i>	<i>complanata</i>	A		A			D	
Total			2	3	2	1	2	1	1

Tipos de ambientes: **S-som** = Sur somero; **S-exp** = Sur expuesto; **C-exp** = Centro expuesto; **N-exp** = Norte expuesto; **N-pro** = Norte protegido; **C-pro** = Centro protegido; **S-pro** = Sur protegido.

En el muestreo de la época de secas se registraron cinco especies de corales, distribuidas en tres géneros y tres familias. Las especies *Siderastrea radians* presentó una mayor distribución, registrándose en seis de los siete sitios que conforman este ambiente; siendo dominante en todos. En el sitio S-som *Porites porites* fue abundante, al igual que en los sitios S-exp y S-som; mientras que en el sitio N-exp domino la especie *Porites astreoides* y fue abundante el hidrocoral *Millepora complanata*.

Tabla 39. Listado de especies de corales escleractinios y estimaciones de abundancia en las estructuras de protección costera existentes frente al hotel Sandos Caracol, con base en su cobertura relativa, muestreo de la época de secas. Dominante (D) =>20%; Abundante (A)=10-20%; Común (C)= 5-10%; Escasa (E)= 1-5% y Rara (R) = <1%.

Familia	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro
Poritidae	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>		E	C	D			E
		<i>porites</i>	A	A					A
Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>	D	D	D		D	D	D
HIDROCORALES									
Milleporidae	<i>Millepora</i>	<i>alcicornis</i>		E					
		<i>complanata</i>		C	D	A			E
Total			2	5	3	2	1	1	4

Tipos de ambientes: **S-som** = Sur somero; **S-exp** = Sur expuesto; **C-exp** = Centro expuesto; **N-exp** = Norte expuesto; **N-pro** = Norte protegido; **C-pro** = Centro protegido; **S-pro** = Sur protegido.



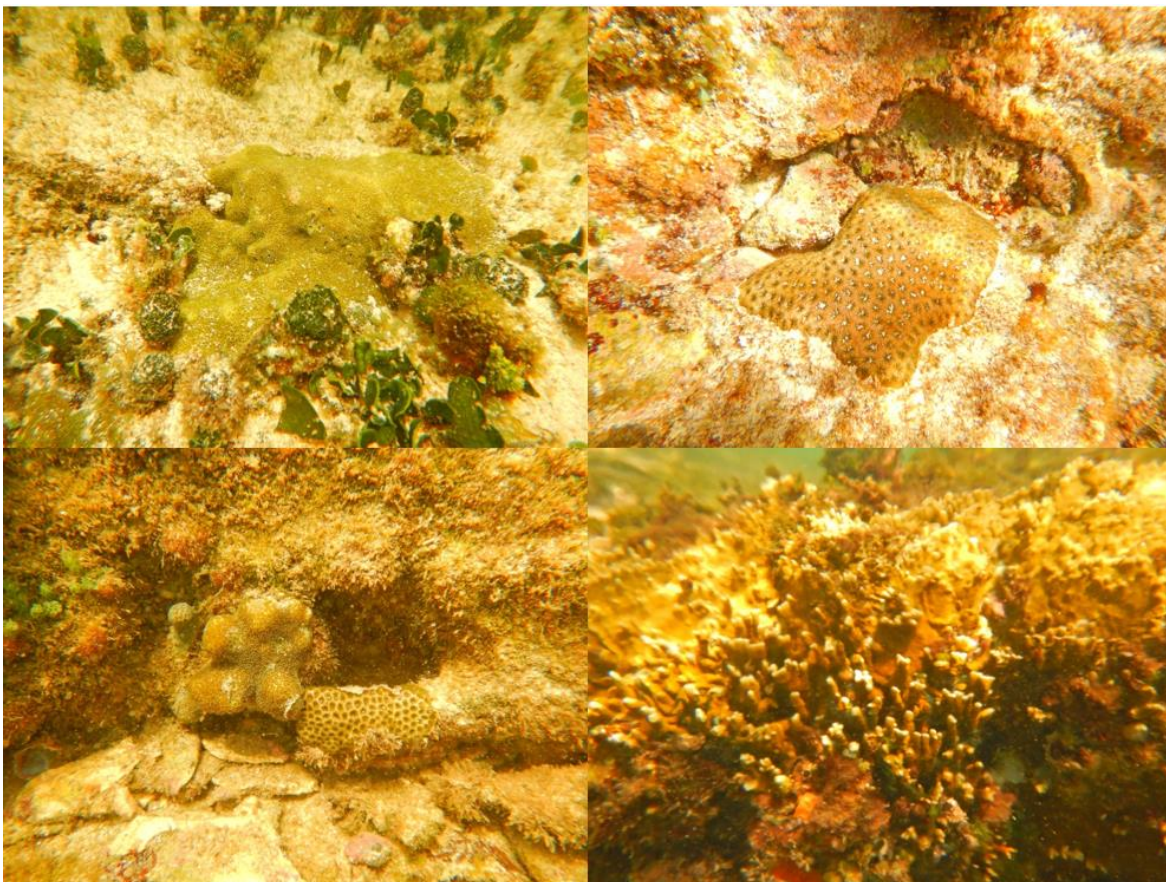


Figura 126. Especies de corales presentes en las estructuras de protección costera existentes frente al hotel Sandos Caracol. Arriba izquierda: coral escleractinio *Porites astreoides*; arriba derecha: *Siderastrea siderea*; abajo izquierda: *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea*; abajo derecha: coral de fuego *Millepora complanata*.

IV.2.2.4.1.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, el sitio con los mayores valores fue S-exp, con una densidad de 0.5 col/m² y una riqueza de tres especies; seguido por C-exp, con una densidad de 0.2 col/m² y una riqueza de dos especies, compartiendo el mismo valor de riqueza específica con los sitios S-som y N-pro, los cuales presentaron una densidad de 0.1 col/m² y 0.04 col/m² respectivamente. Los sitios N-exp, C-pro y S-pro, registraron los mismos valores en ambas variables con una densidad de 0.01 y una sola especie presente en cada sitio.

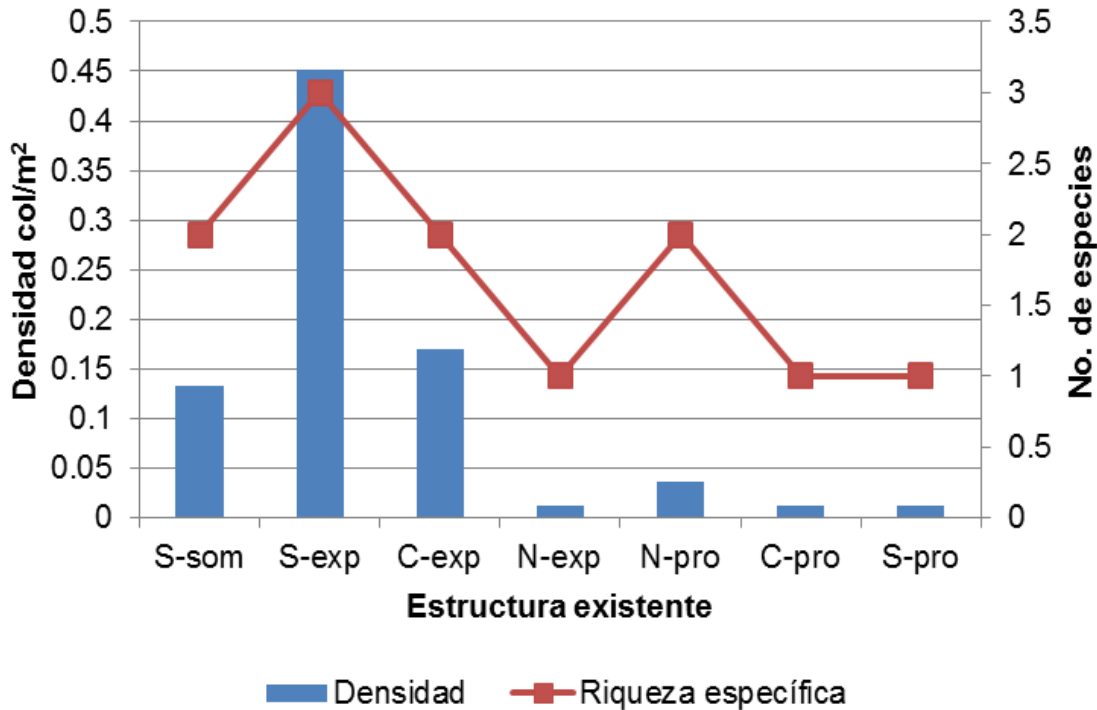


Figura 127. Abundancia y Riqueza específica de corales escleractinios en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias.

En la época de secas, la mayor densidad y riqueza se registró en el sitio S-exp con 0.8 col/m², y cinco especies; en el sitio C-exp se obtuvo una densidad de 0.5 col/m² con una riqueza de tres especies; seguido en densidad por el sitio S-pro con un valor de 0.4 col/m² y cuatro especies registradas; en el sitio N-pro y C-pro fueron los que registraron los valores más bajos de estas dos variables, con una densidad de 0.01 col/m² y una aportada por una sola especie para cada sitio.

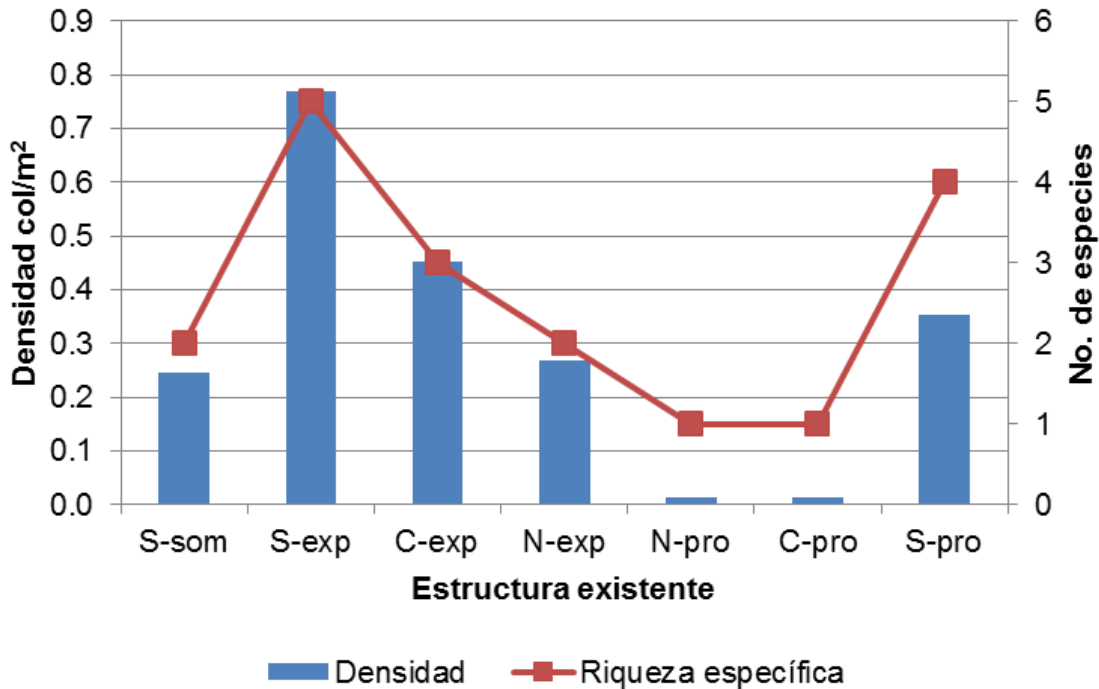


Figura 128. Abundancia y Riqueza específica de corales escleractinios en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas.

IV.2.2.4.1.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, solo cuatro sitios presentaron datos suficientes para analizar estos índices; siendo el sitio S-exp el que presentó la diversidad más alta con un valor de $H'=0.7096$ y una equitabilidad de $J'=0.6459$; el sitio N-pro registró la equitabilidad más alta con una $J'=0.9183$ y una diversidad de $H'=0.6365$; el sitio C-exp registró valores de $H'=0.5195$ y $J'=0.7496$ y finalmente el sitio S-som con una diversidad $H'=0.4505$ y una equitabilidad de $J'=0.6500$.

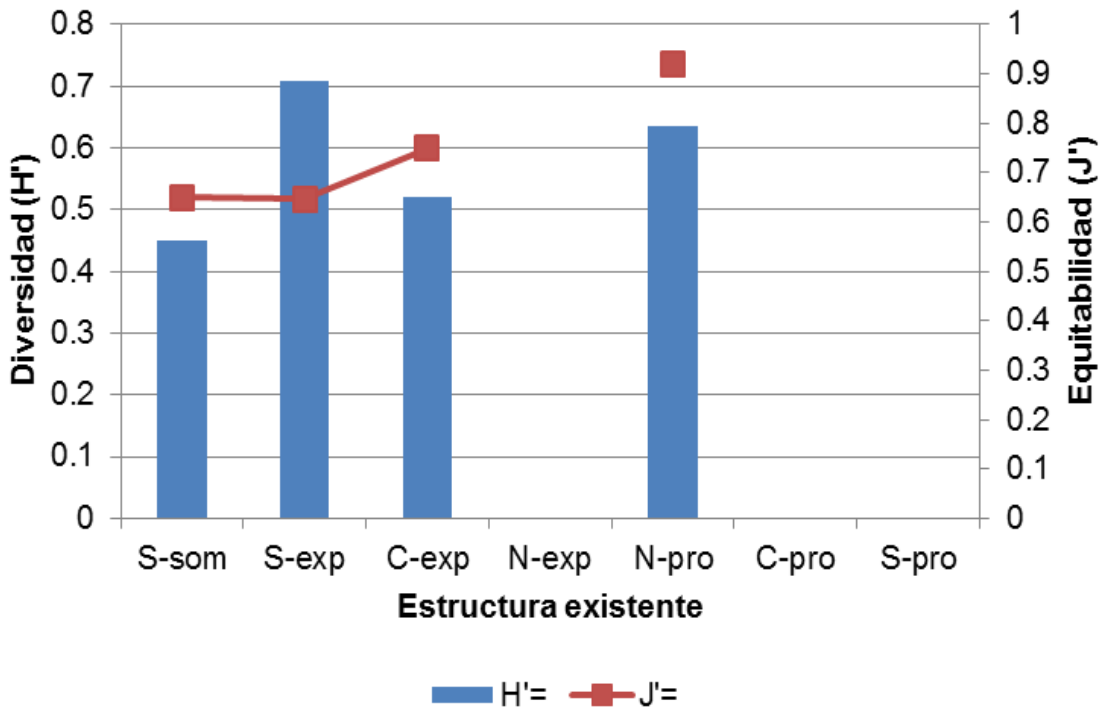


Figura 129. Diversidad de corales escleractinios en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J'), en época de lluvias.

En la época de secas, la mayor diversidad se registró en el sitio S-exp, con un valor de $H'=0.8879$ y una equitabilidad de $J'=0.5517$; mientras que el valor más alto de equitabilidad se observó en el sitio C-exp con una $J'=0.7826$ y una diversidad de $H'=0.8598$. Los menores valores de diversidad se obtuvieron en los sitios S-som y N-exp, ambos con una $H'=0.4741$ y una $J'=0.6840$; y el valor más bajo de equitabilidad se obtuvo en el sitio S-pro con una $J'=0.4497$ y una diversidad de $H'=0.6235$. En los sitios N-pro y C-pro no se presentaron datos suficientes para determinar estos índices.

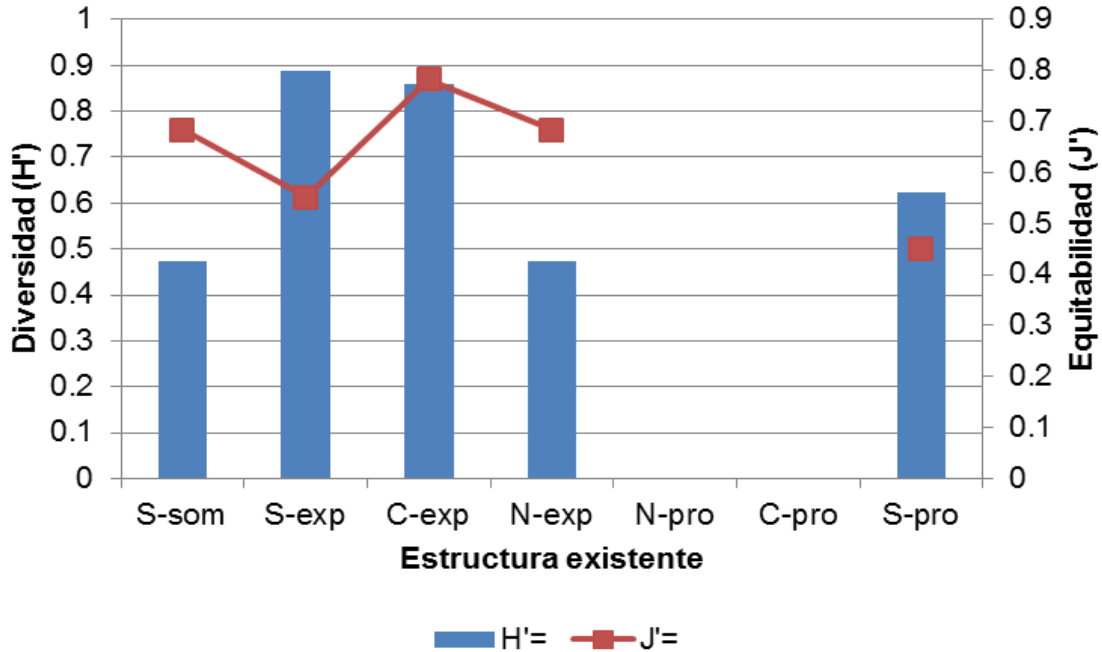


Figura 130. Diversidad de corales escleractinios en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J'), en época de secas.

IV.2.2.4.4.1.4 Estructura de tallas

En época de lluvias, se registraron cinco categorías de tallas, siendo el sitio C-exp el único que contó con el espectro completo, dominando las colonias pequeñas categoría I, aportando 42.9% de frecuencia, seguida por la categoría II con un aporte del 21.4%; las colonias categorías III y V aportaron porcentajes iguales de frecuencia con 14.3%. Los sitios S-exp y N-pro, registraron las primeras tres categorías cada una; en el primer sitio dominó la categoría II, aportando más del 50% de frecuencia, seguida por la categoría I con un 29.7% y la categoría III con 18.9%; mientras que en el sitio N-pro, las tres categorías registraron valores iguales en la frecuencia 33.3%. Los sitios N-exp, C-pro y S-pro solo presentaron una categoría cada una, aportando ésta el 100% de frecuencia.

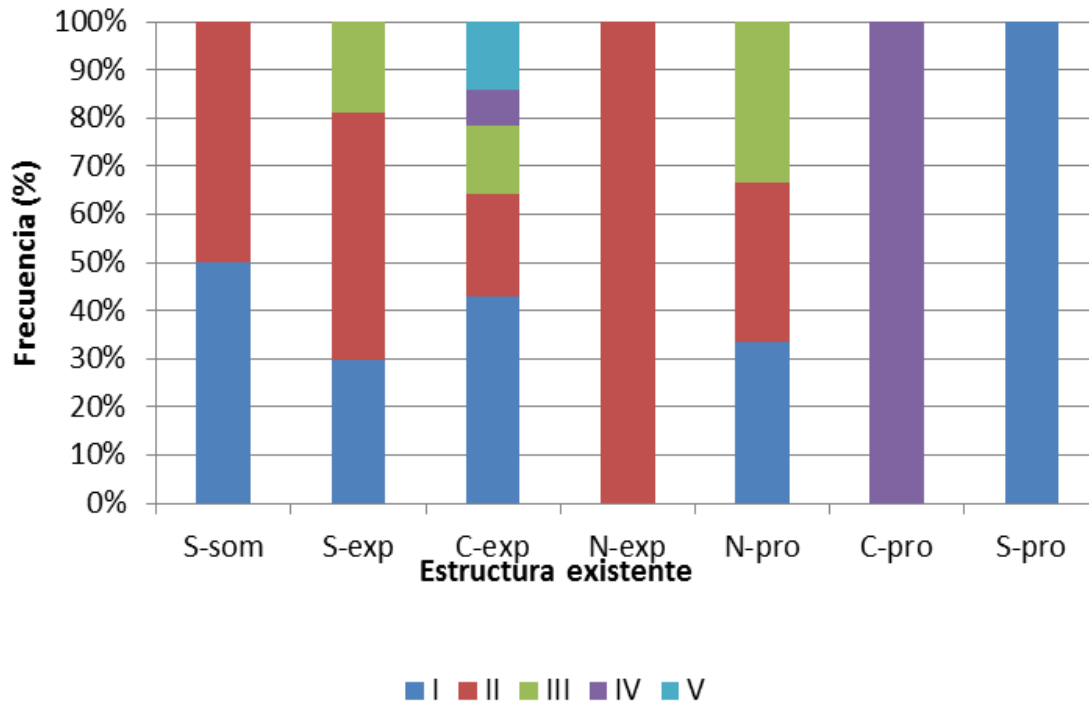


Figura 131. Estructura de tallas para corales escleractinios en las estructuras existentes (bolsacretos) frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-40 cm, V > 40 cm de diámetro.

En la época de secas, se obtuvieron cinco categorías de tamaños de colonias coralinas, registrando el espectro completo el sitio N-exp, donde dominaron las colonias medianas, categoría III, con una frecuencia de registro del 45.5%. Los sitios S-exp y C-exp presentaron cuatro categorías de tallas, aportando la mayor frecuencia las colonias pequeñas con un 58.7% y 51.3% respectivamente. El sitio S-pro presentó colonias categoría I, II y V, dominando la primera categoría con más del 80% de frecuencia, mientras que los sitios N-pro y C-pro solo presentaron colonias pequeñas categoría I.

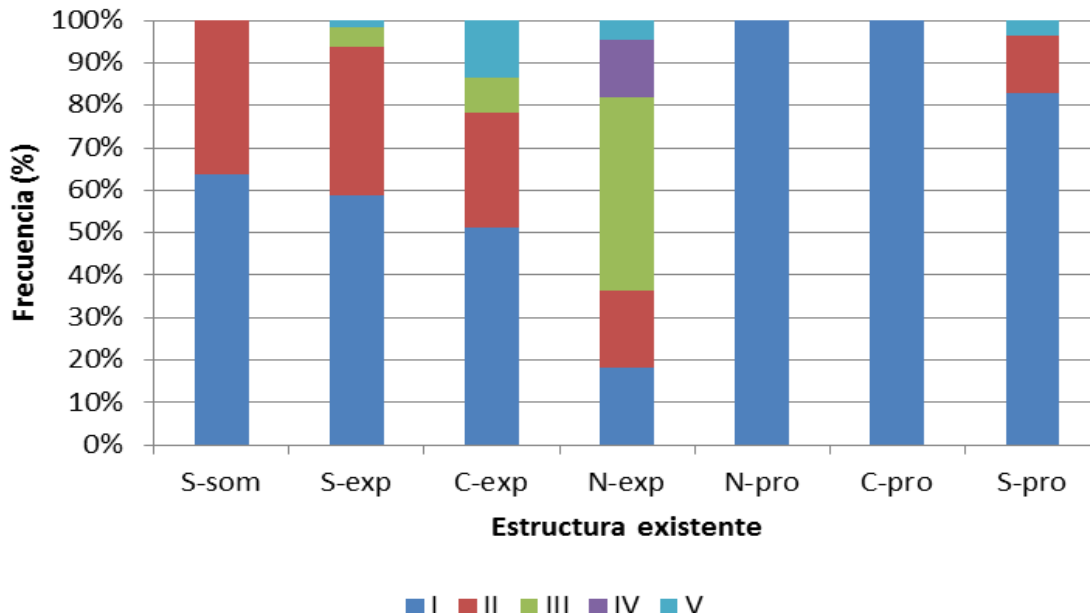


Figura 132. Estructura de tallas para corales escleractinios en las estructuras existentes (bolsacretos) frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-40 cm, V > 40 cm de diámetro.

IV.2.2.4.1.5 Formas de crecimiento

En la época de lluvias, se registraron cuatro formas de crecimiento coralino, presentando el mayor espectro con tres tipos de crecimiento el sitio S-exp, donde los corales incrustantes aportaron la mayor frecuencia con 75.7%, seguido por los corales masivos con 16.2% de frecuencia y los corales digitiformes con 8.1%. Los sitios S-som y C-exp registraron la misma estructura con dos tipos de crecimiento, dominando los corales incrustantes en ambos sitios, aportando una frecuencia de 83.3% y 78.6% respectivamente; para el sitio N-pro la dominancia la registraron los corales masivos con un 66.7% de frecuencia, mientras que para los sitios N-exp, C-pro y S-pro solo se registraron corales con un tipo de crecimiento, aportando 100% para cada sitio.

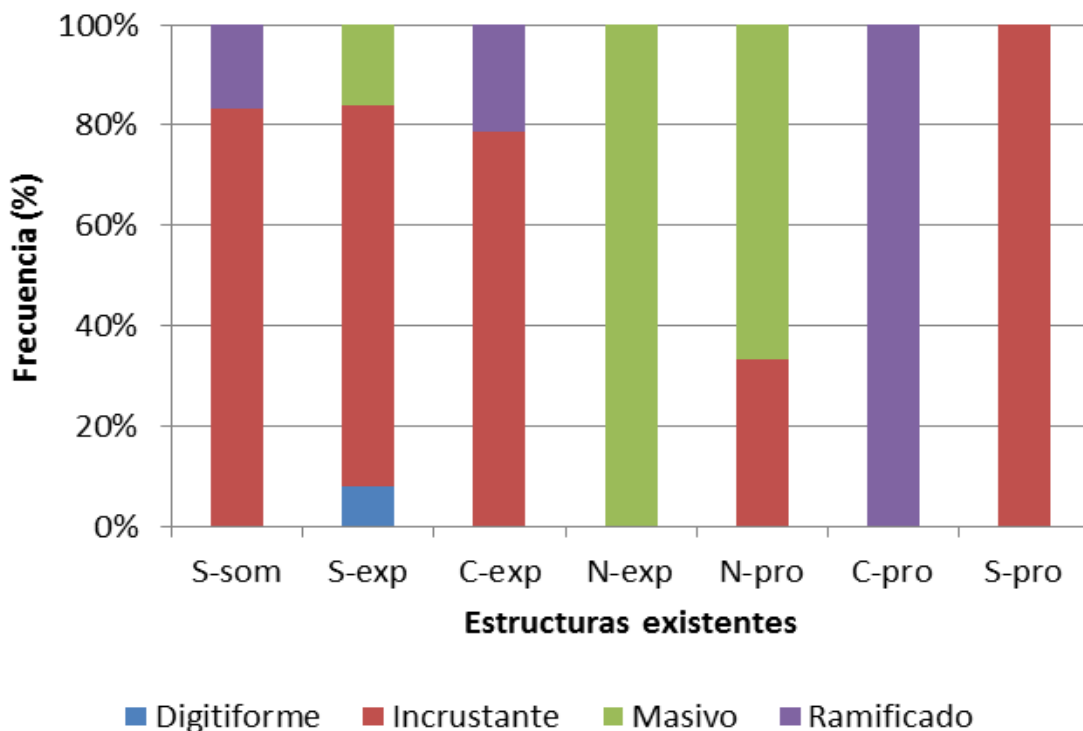


Figura 133. Formas de crecimiento para corales escleractinios en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. Dig = Digitiforme, Inc = Incrustante, Mas = Masiva, Ram = Ramificado.

En la época de secas, se registraron tres formas de crecimiento coralino; los sitios S-exp y S-pro registraron las tres formas, dominando los corales con crecimiento masivo, con un 73.0% de frecuencia para el primer sitio mencionado y con un 86.2% de frecuencia para el sitio S-pro. En los sitios C-exp y N-exp se observaron corales con crecimiento masivo y corales con crecimiento ramificado, dominando los primeros con un 70.3% en C-exp y con una frecuencia del 81.8% en N-exp. En los sitios N-pro y C-pro, solo fueron registrados corales masivos.

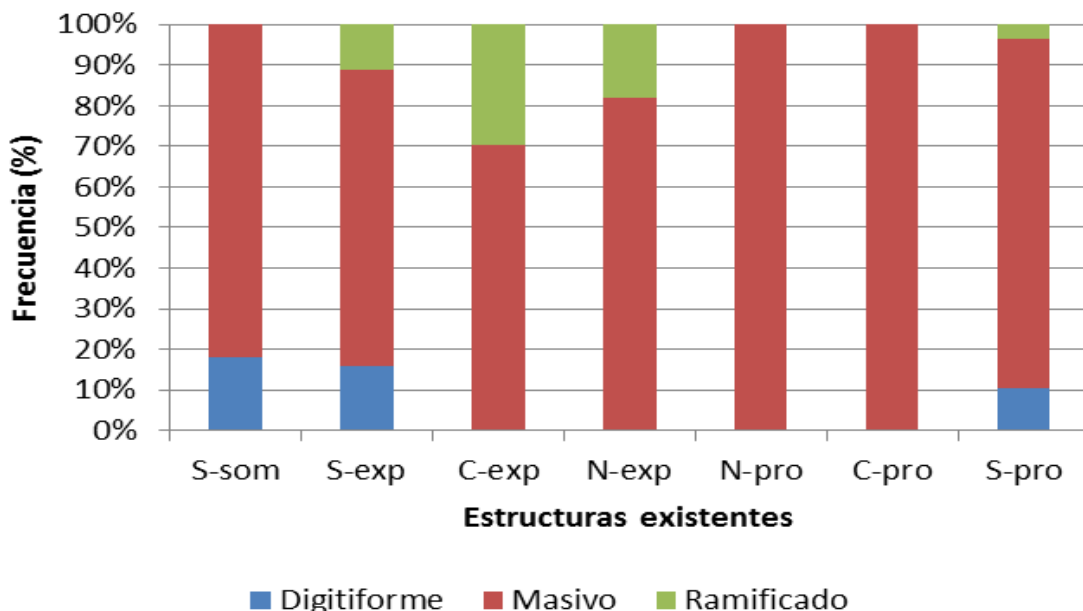


Figura 134. Formas de crecimiento para corales escleractinios en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. Dig = Digitiforme, Inc = Incrustante, Mas = Masiva, Ram = Ramificado.

IV.2.2.4.1.6 Comparación en las dos épocas del año

La presencia de corales sobre las estructuras de protección costera que actualmente existen en el área de estudio es muy pobre, tanto en riqueza de especies como en cobertura, y la variación que se registró entre el muestreo de la época de lluvias y secas es relativamente baja, y no se observa ningún patrón que pudiera alertar sobre algún cambio temporal importante. En cuanto a la dominancia de especies se observa una consistencia con la abundancia de las especies pioneras *Siderastrea siderea*, *Siderastrea radians* y *Porites astreoides*, además del coral de fuego *Millepora complanata*.

Tabla 40. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para corales escleractinios en las estructuras existentes en dos épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructura existente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (% cob)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
S-som	2	2	0.13	0.24	Ssid	Srad
S-exp	3	5	0.45	0.77	Ssid	Srad
C-exp	2	3	0.17	0.45	Ssid	Srad
N-exp	1	2	0.01	0.27	Past	Pas



Estructura existente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (% cob)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
N-pro	2	1	0.04	0.01	Past, Ssid	Srad
C-pro	1	1	0.01	0.01	Mcom	Srad
S-pro	1	4	0.01	0.35	Ssid	Srad

IV.2.2.4.4.2 Gorgonáceos (corales blandos)

En las estructuras existentes no se registró ningún ejemplar de gorgonáceos.

IV.2.2.4.4.3 Ictiofauna (peces arrecifales)

IV.2.2.4.4.3.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registró un total de 16 familias, 18 géneros y 28 especies de peces en esta zona. Las especies que registraron presencia en todos los sitios fueron: *Haemulon flavolineatum*, *Halichoeres bivittatus*, *Thalassoma bifasciatum*, *Stegastes diencaeus* y *Abudefduf saxantilis*; esta última especie *Abudefduf saxantilis* dominó en todos los sitios. En el sitio S-som también dominó la especie *Halichoeres bivittatus* y fue abundante la especie *Haemulon flavolineatum*; en el sitio S-exp fueron abundantes las especies *Thalassoma bifasciatum*, *Pempheris schomburgkii* y *Stegastes diencaeus*; en el sitio C-exp presentó dominancia *Stegastes diencaeus* y abundancia de las especies *Acanthurus chirurgus*, *Haemulon flavolineatum* y *Thalassoma bifasciatum*; en el sitio N-exp abundaron las especies *Haemulon flavolineatum* y *Thalassoma bifasciatum* y dominó *Stegastes diencaeus*; en N-pro abundaron las especies *Pempheris schomburgkii* y *Kyphosus sectatrix*; en C-pro dominó la especie *Acanthurus chirurgus* y abundaron los peces de la especie *Haemulon flavolineatum*; finalmente en el sitio S-pro fueron abundantes las especies *Acanthurus chirurgus*, *Halichoeres bivittatus*, *Thalassoma bifasciatum* y *Stegastes diencaeus*.

Tabla 41. Lista de especies y abundancia relativa de peces arrecifales en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, con base en su abundancia relativa, en época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro
Acanthuridae	Acanthurus	<i>chirurgus</i>			A		C	D	A
		<i>coeruleus</i>		E			C		
Carangidae	Caranx	<i>ruber</i>		R		E			
Chaetodontidae	Chaetodon	<i>capistratus</i>		R				E	
		<i>ocellatus</i>			E				
Gerreidae	Gerres	<i>cinereus</i>	E					E	
Haemulidae	Haemulon	<i>flavolineatum</i>	A	E	A	A	C	A	C
		<i>melanurum</i>					E		
		<i>striatum</i>		E				E	
Kyphosidae	Kyphosus	<i>sectatrix</i>				C	A		
Labridae	Halichoeres	<i>bivittatus</i>	D	C	E	E	C	E	A
		<i>poeyi</i>				R			
		<i>radiatus</i>	E			E		E	E
	Thalassoma	<i>bifasciatum</i>	C	A	A	A	C	E	A
Lutjanidae	Lutjanus	<i>apodus</i>					R		
		<i>synagris</i>					E		
Muraenidae	Gymnothorax	<i>funnebris</i>						E	
Pempheridae	Pempheris	<i>schomburgkii</i>		A			A		
Pomacanthidae	Pomacanthus	<i>arcuatus</i>					R		R
		<i>paru</i>						R	
Pomacentridae	Abudefduf	<i>saxantilis</i>	D	D	D	D	D	D	D
		<i>diencaeus</i>	C	A	D	D	C	E	A
	Stegastes	<i>variabilis</i>			R				
Scaridae	Sparisoma	<i>viride</i>		E	E		C	E	C
Scianidae	Pareques	<i>acuminatus</i>		R					
Scorpaenidae	Pterois	<i>volitans</i>			R			R	
Urobatidae	Urobatis	<i>jamaicensis</i>						R	
Total			7	12	10	9	14	15	9

Tipos de ambientes: **S-som** = Sur somero; **S-exp** = Sur expuesto; **C-exp** = Centro expuesto; **N-exp** = Norte expuesto; **N-pro** = Norte protegido; **C-pro** = Centro protegido; **S-pro** = Sur protegido.

En el muestreo de la época de secas se registraron un total de 21 especies de peces, distribuidas en 14 géneros y 11 familias. La especie con mayor distribución fue *Stegastes diencaeus* (pez damisela), registrándose en todos los sitios, siendo dominante en seis de ellos y sólo común en el sitio N-pro. La especie *Abudefduf saxantilis* registró la segunda mayor distribución, estando presente en seis de los siete sitios, ausente en S-pro, dominado en cuatro de ellos, y siendo abundante en C-exp y C-pro. Las especies *Acanthurus coeruleus*, *Caranx ruber*, *Haemulon striatum*, *Haelicoeres poeyi*, *H. radiatus*, *Stegastes variabilis*, *Scarus taeniopterus* y *Canthigaster rostrata*, son los de menor distribución, puesto que solo se registró su



presencia en un solo sitio, siendo raros o escasos, de acuerdo con la abundancia relativa, con excepción de *Haemulon striatum* quien presentó dominancia en N-pro.

Tabla 42. Listado de especies y abundancia relativa de peces arrecifales en las estructuras de protección costera existentes frente al hotel Sandos Caracol, con base en su abundancia relativa, muestreo de la época de secas. D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro	
Acanthuridae	Acanthurus	<i>chirurgus</i>			C		C	E		
		<i>coeruleus</i>			E					
Carangidae	<i>Caranx</i>	<i>ruber</i>			R					
Gerreidae	<i>Gerres</i>	<i>cinereus</i>					E		E	
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>carbonarium</i>					D			
		<i>flavolineatum</i>			D			E		
		<i>striatum</i>					D			
Kyphosidae	<i>Kyphosus</i>	<i>sectatrix</i>			C	E	A	A		
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>	D	D		E	C		E	
		<i>poeyi</i>				E				
		<i>radiatus</i>						E		
	<i>Thalassoma</i>	<i>bifasciatum</i>			C	C		C	D	
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>apodus</i>			E			E		
Pomacanthidae	<i>pomacanthus</i>	<i>paru</i>		E					E	
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>saxantilis</i>	D	D	A	D	D	A		
		<i>Stegastes</i>	<i>diencaeus</i>	D	D	D	D	C	D	D
			<i>variabilis</i>		E					
Scaridae	<i>Scarus</i>	<i>taeniopterus</i>						E		
		<i>Sparisoma</i>	<i>rubripinne</i>		E	E				
	<i>viride</i>			E	R		E		C	
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>		E						
Total			3	8	11	6	9	9	6	

Tipos de ambientes: **S-som** = Sur somero; **S-exp** = Sur expuesto; **C-exp** = Centro expuesto; **N-exp** = Norte expuesto; **N-pro** = Norte protegido; **C-pro** = Centro protegido; **S-pro** = Sur protegido.

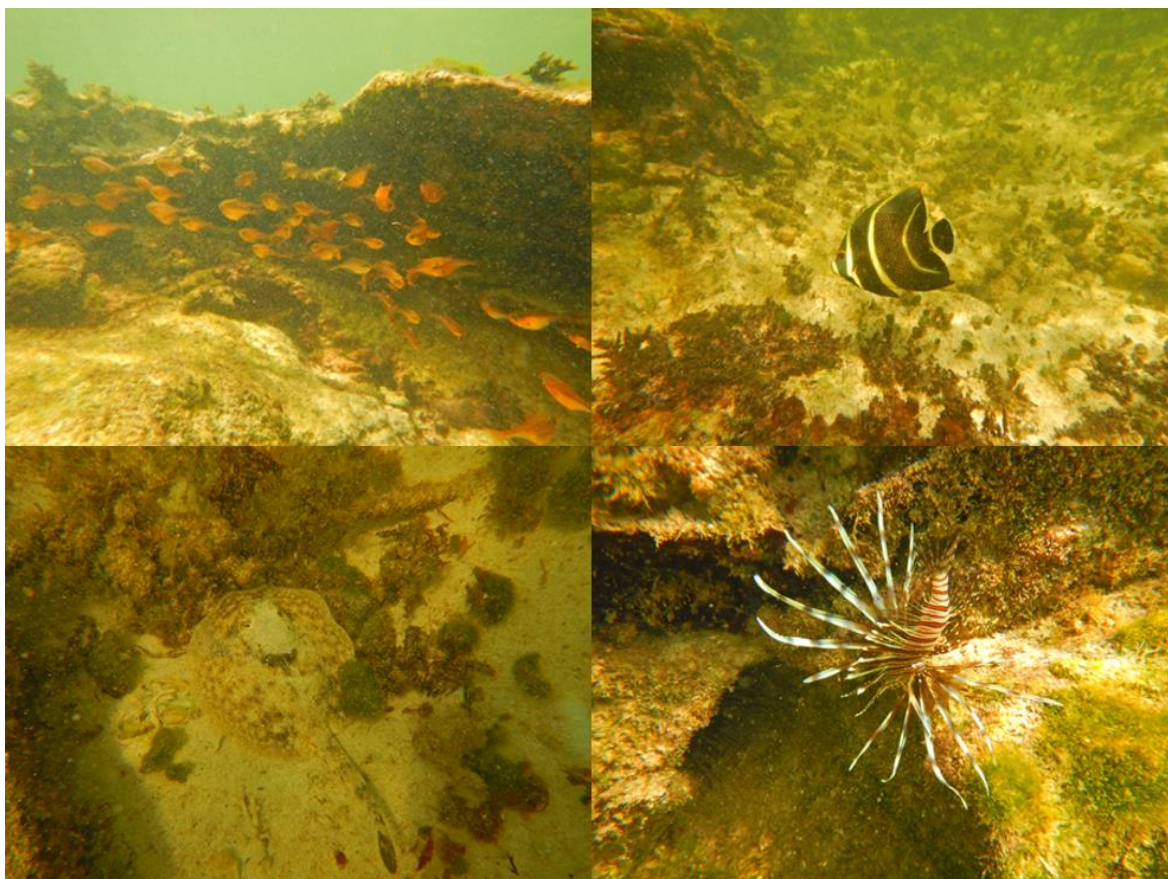


Figura 135. Especies de peces presentes en las estructuras de protección costera existentes frente al hotel Sandos Caracol, en época de lluvias. Arriba izquierda: *Pempheris schomburgkii*; arriba derecha: *Pomacanthus paru*; abajo izquierda: *Urobatis jamaicensis*. Abajo derecha: *Pterois volitans*.

IV.2.2.4.4.3.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, el sitio S-exp registró la mayor densidad de peces con 1.4 org/m², y una riqueza de 12 especies. El sitio N-pro presentó la segunda mayor densidad y riqueza con valores de 1.3 org/m² y 14 especies. El sitio C-pro obtuvo la mayor riqueza para esta zona con 15 especies y una densidad de 1.0 org/m²; mientras que los sitio N-exp y S-som fueron las que presentaron los menores valores de estas variables con 0.8 org/m² y nueve especies, y 0.7 org/m² y siete especies, respectivamente.

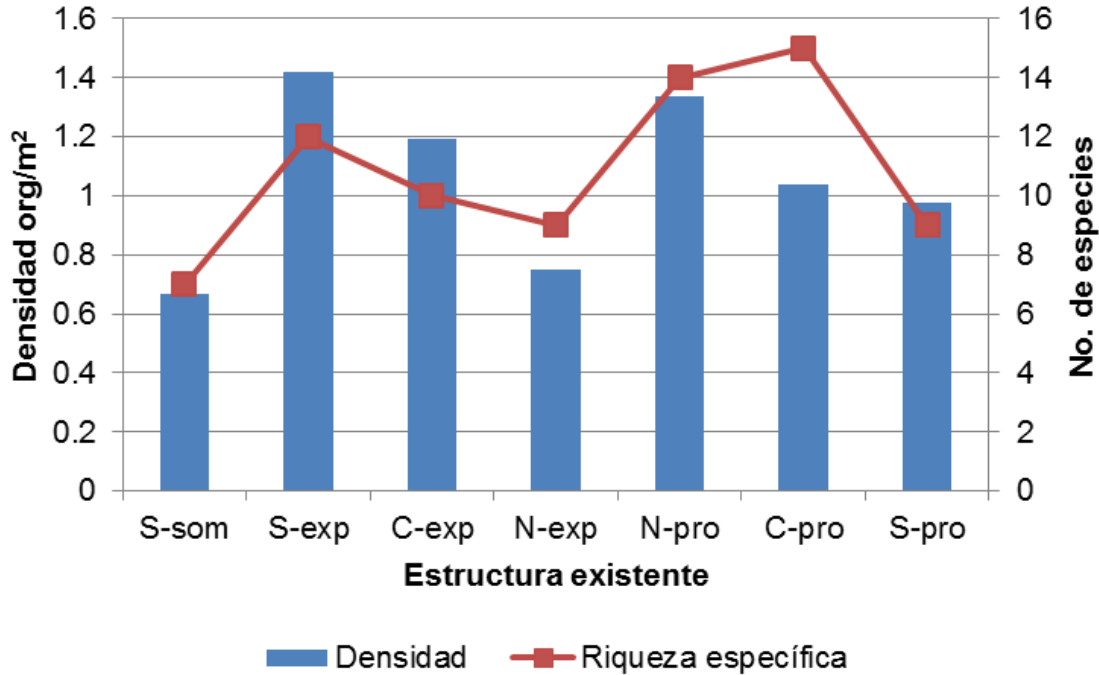


Figura 136. Abundancia y Riqueza específica de peces arrecifales en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias.

En la época de secas, los sitios con mayor densidad y riqueza de peces fueron C-exp y N-pro con 0.7 ind/m² y 0.5 ind/m², con 11 y 9 especies de peces respectivamente. Seguidos por los sitios N-esp y C-pro ambos con una densidad de 0.4 ind/m², y una riqueza de 6 ind/m² para el primer sitio mencionado y 9 ind/m² en C-pro. Los sitios con menor densidad de peces fueron S-pro y S-som con solo 0.2 ind/m²; así como también la menor riqueza se observó en el sitio S-pro con solo tres especies registradas.

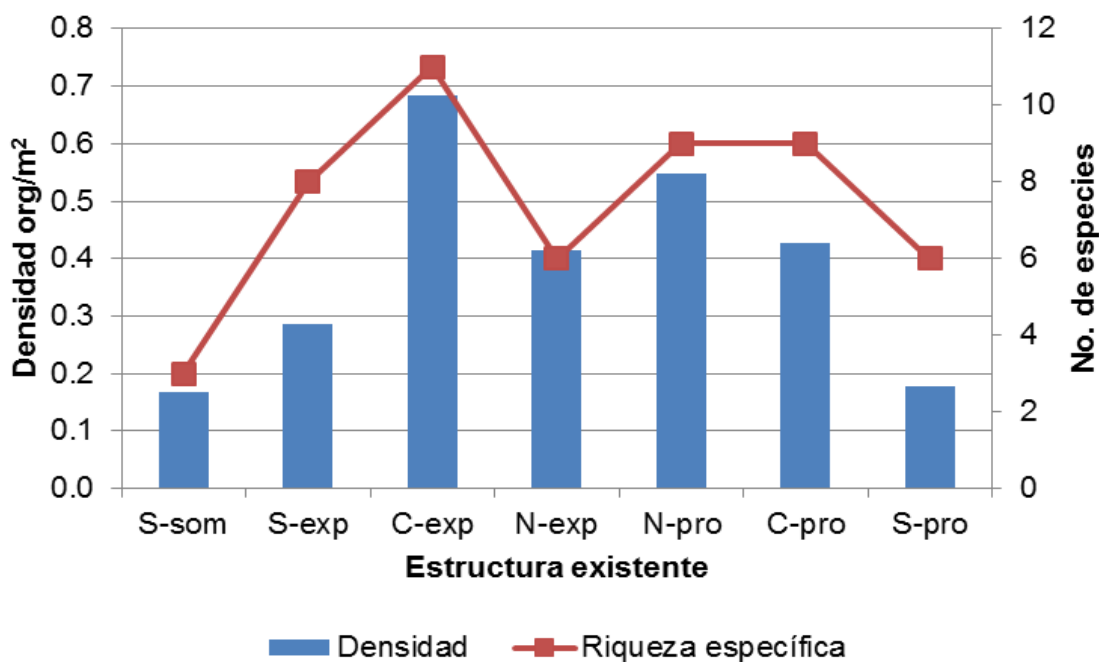


Figura 137. Abundancia y Riqueza específica de peces arrecifales en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas.

IV.2.2.4.4.3.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, el sitio que presentó la mayor diversidad fue N-pro con un valor de $H' = 2.3456$ y una equitabilidad de $J' = 0.88125$, siendo ésta la segunda más alta para esta zona; el sitio S-pro es donde se presentó la mayor equitabilidad con un valor de $J' = 0.9103$ y una diversidad de $H' = 2.0003$. S-exp registró una diversidad de $H' = 1.9150$, con una equitabilidad de $J' = 0.7706$; seguido en diversidad por el sitio C-pro con valores de $H' = 1.9013$ y con la equitabilidad más baja para la zona con un valor de $J' = 0.70211$. La diversidad más baja la registró el sitio S-som con un valor de $H' = 1.4883$ y una equitabilidad de $J' = 0.7648$.

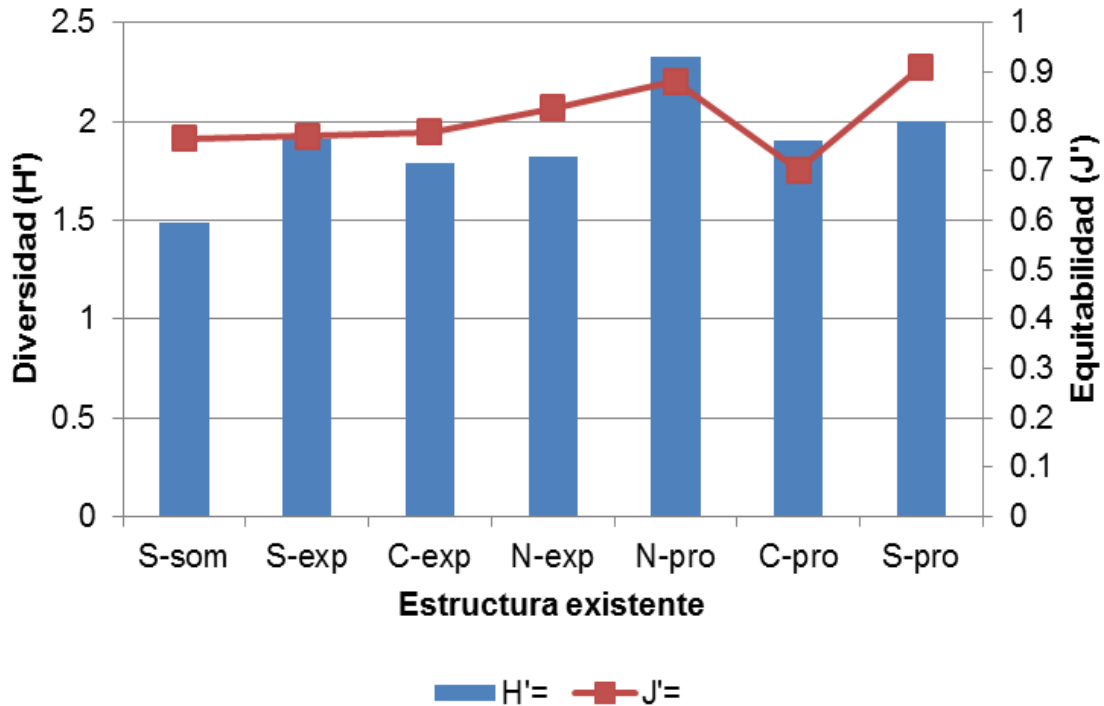


Figura 138. Diversidad de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

Para las épocas de secas, los valores más altos de diversidad se presentaron en los sitios N-pro y C-exp con una $H'=1.9096$ y $H'=1.9093$, con una equitabilidad de $J'=0.8691$ y $J'=0.7962$ respectivamente; mientras que el valor más alto de equitabilidad lo registró el sitio S-som con una $J'=0.9775$ y con la diversidad más baja en este ambiente de muestreo con un valor de $H'=1.0739$. La menor equitabilidad se observó en los sitios N-exp y S-pro con valores de $J'=0.6259$ y $J'=0.6903$ respectivamente.

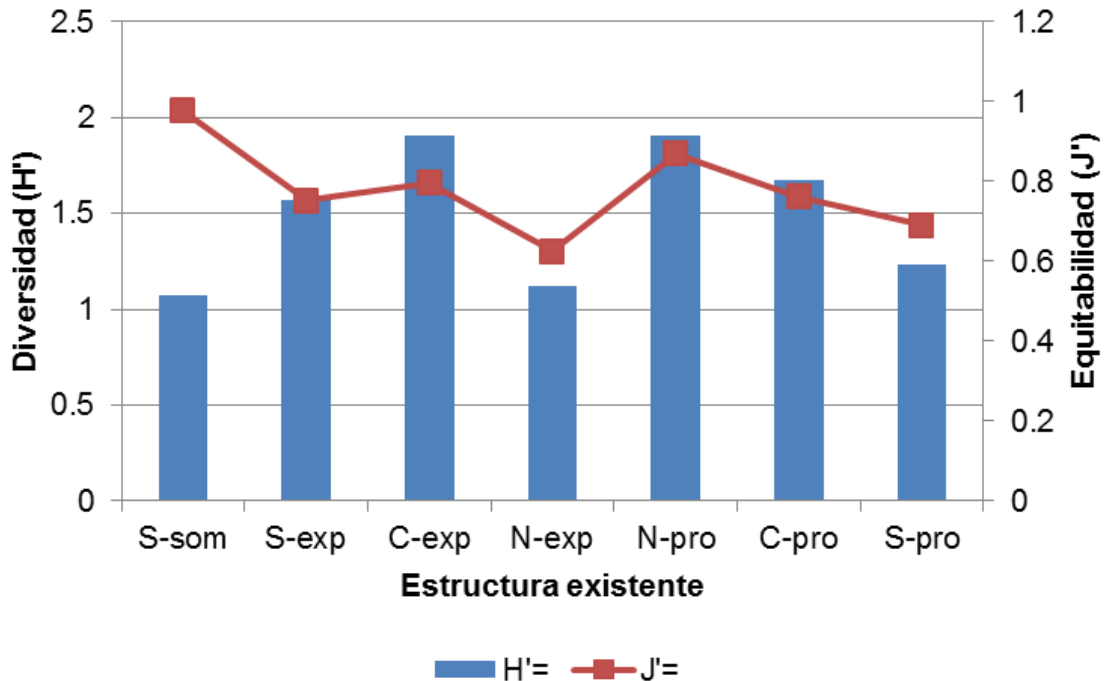


Figura 139. Diversidad de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.4.3.4 Estructura de tallas

En época de lluvias, se definieron seis categorías de tamaños, siendo el sitio C-pro el único donde se registró el espectro completo de la estructura; aportando una mayor frecuencia los peces medianos categoría III con el 36.5%; seguido por los peces pequeños categoría I con el 30% de frecuencia, mientras que los peces de gran tamaño categoría VI fueron los menos observados con solo un 1.8 % de frecuencia. El sitio N-pro presentó cinco categorías de tallas, dominando en frecuencia los peces medianos categoría III, al igual que el sitio anterior, con un aporte del 41.5% de frecuencia de observación, seguido por los peces pequeños categoría I con una frecuencia de 33.3%, la mayor categoría observada en este sitio fue la V con una frecuencia de 7.8%. Los sitios S-exp, C-exp, N-exp y S-pro registraron solo cuatro categorías aportando la mayor frecuencia los peces pequeños con valores de frecuencia que van de 49%, en el sitio C-exp, hasta el 69.1% observado en el sitio S-exp. El sitio S-som fue donde se registró el menor número de categorías con solo tres de ellas, donde los peces categoría I aportaron el 75% de frecuencia de observación.

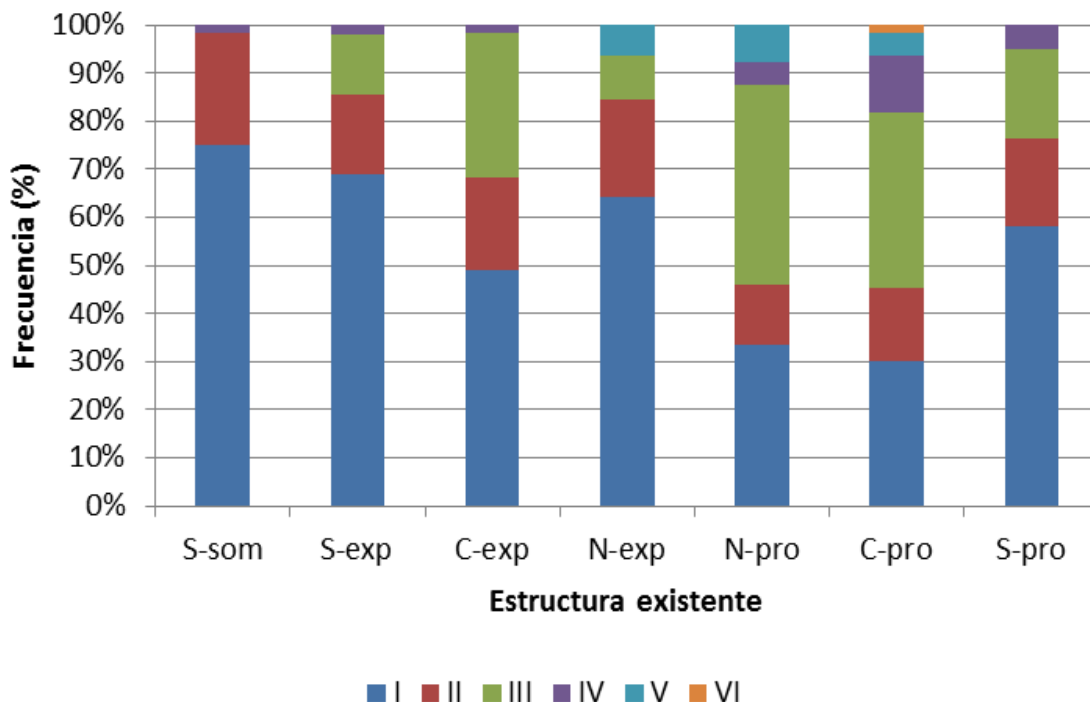


Figura 140. Estructura de tallas para peces arrecifales en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-30, V > 25 cm de longitud.

En la época de secas solamente se registraron cinco categorías de tamaños de peces. Los sitios que registraron un mayor espectro, de acuerdo al número de categorías observadas, fueron C-exp y C-pro, presentando cuatro de las cinco categorías descritas para este ambiente; en el primer sitio mencionado dominaron los peces medianos, ubicados en la categoría III, con una frecuencia de registro del 42.9%, seguido por los peces pequeños categoría I y II con una frecuencia de registro del 28.6% y 26.8% respectivamente. En el sitio C-pro dominaron los peces pequeños categoría I con más del 58% de frecuencia de observación. En los sitios S-exp, N-exp, N-pro y S-pro se presentaron tres categorías de tallas, dominando los peces pequeños categoría I con más del 60% de frecuencia de registro, con excepción del sitio N-pro, donde la categoría III fue dominante con más del 80% de frecuencia.

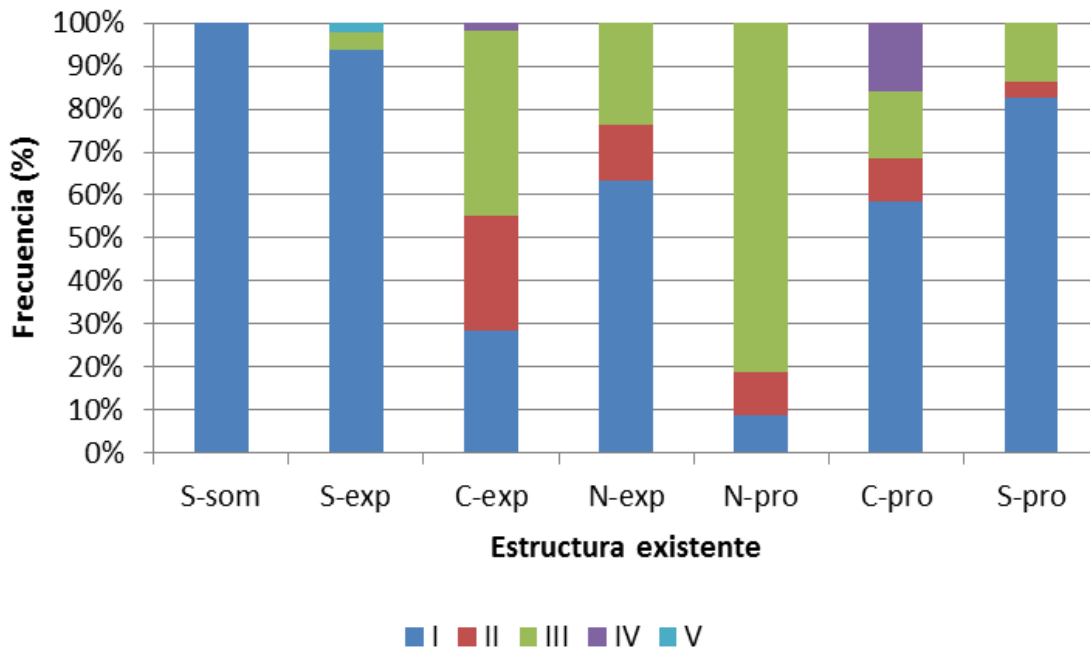


Figura 141. Estructura de tallas para peces arrecifales en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-30, V > 25 cm de longitud.

IV.2.2.4.4.3.5 Grupos funcionales

En época de lluvias, en esta zona de muestreo, solo se registraron cinco grupos funcionales, siendo el sitio S-som donde se registró el menor espectro con solo dos grupos presentes, siendo los omnívoros los que aportaron la mayor frecuencia con el 56.7%. Los sitios N-exp y S-pro presentaron tres grupos tróficos dominando los omnívoros en la primera con un 61.8% de frecuencia y los peces Bentófagos en S-pro con un 41% de frecuencia. Los sitios S-exp, C-exp, N-pro y C-pro se registraron la mayor estructura trófica con los cuatro grupos representados; en todos los sitios dominaron los peces Omnívoros, con valores de frecuencia que van del 45.3% en C-pro, hasta un 64.8% en el sitio S-exp.

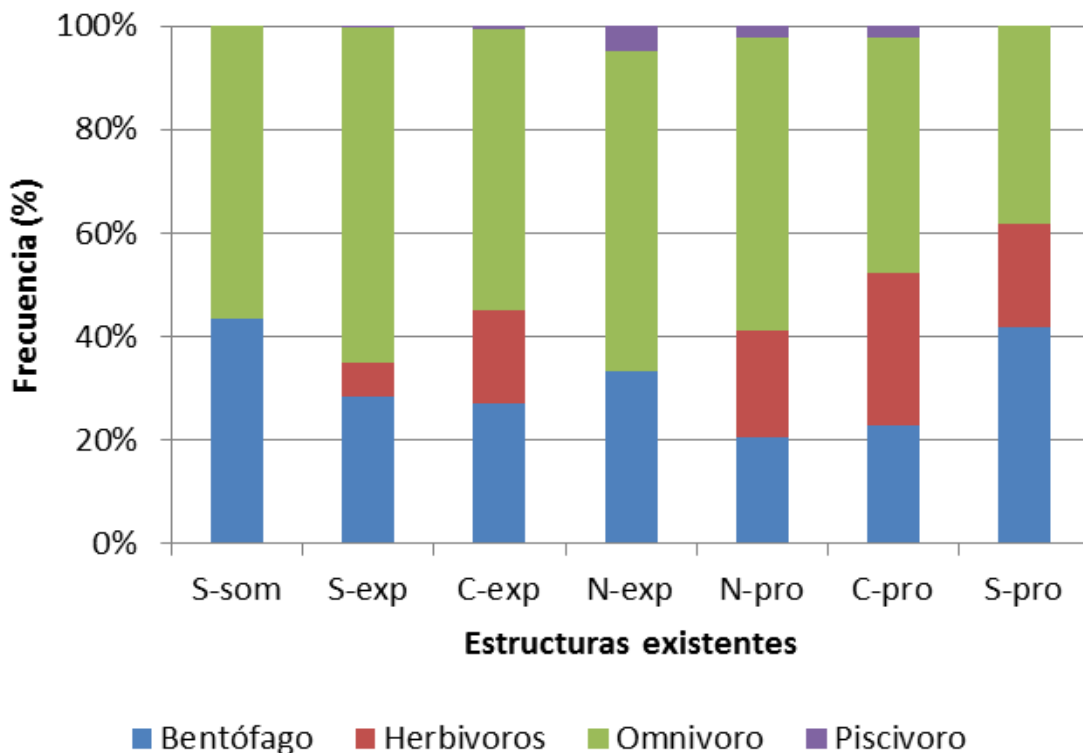


Figura 142. Grupos tróficos para peces arrecifales en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. Bento = Bentófago, Herbi = Herbívoro, Ictio = Ictiófago, Omni = Omnívoro; Planc = Planctófago.

En la época de secas se registraron los mismos cuatro grupos tróficos de peces, donde los sitios C-exp y C-pro presentaron el espectro completo, dominando en ambos sitios los peces omnívoros con un 55.4% para el primer sitio mencionado, y 77.1% en el sitio C.pro. En los sitios S-exp, N-pro y S-pro se observaron tres grupos tróficos, donde dominaron los peces omnívoros con más del 55% de frecuencia, con excepción del sitio N-pro donde los peces bentófagos presentaron una dominancia de acuerdo a la frecuencia de registro con un 47.8%. En los sitios S-som y N-exp solo se observaron peces bentófagos y omnívoros, dominando estos últimos con una frecuencia mayor al 75% para ambos sitios.

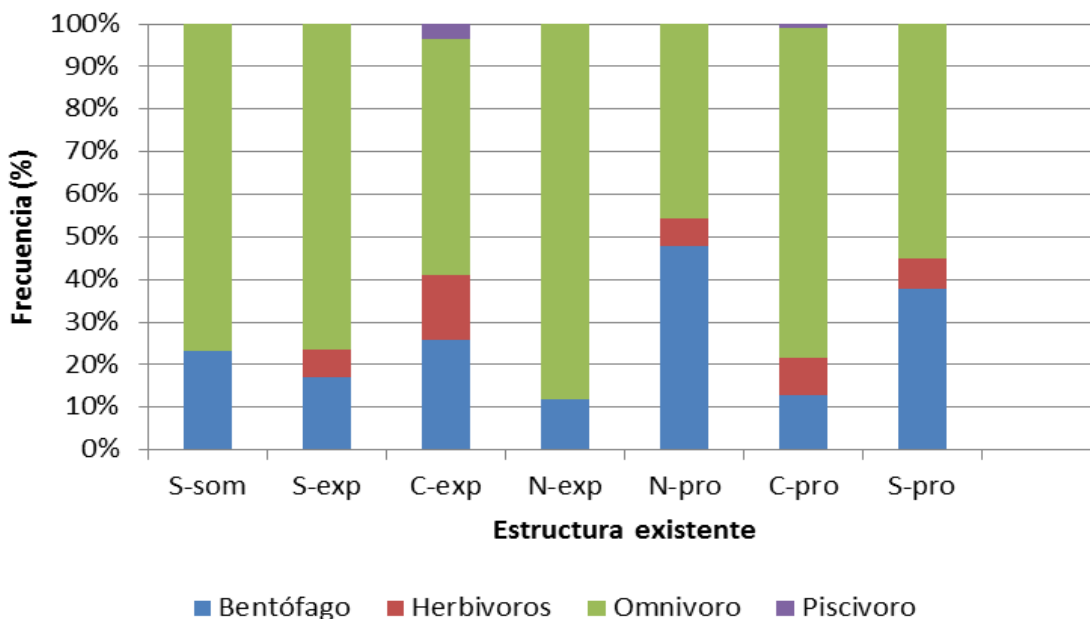


Figura 143. Grupos tróficos para peces arrecifales en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. Bento = Bentófago, Herbi = Herbívoro, Ictio = Ictiófago, Omni = Omnívoro; Planc = Planctófago.

IV.2.2.4.3.6 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad de peces asociada a las estructuras de protección costera que actualmente existen en el área de estudio presentó una ligera disminución en los parámetros comunitarios estimados entre los muestreos de la época de lluvias y secas en todas las estructuras. Los cambios más notorios se observan en la estructura S-som con una disminución importante en la riqueza específica y abundancia, pero con las mismas especies dominantes. Sin embargo, se considera que estos cambios no son drásticos, y que no representan una variación importante en la comunidad de peces entre las dos épocas del año (Tabla 25).

Tabla 43. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para peces arrecifales en las estructuras existentes en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructura existente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
S-som	7	3	0.67	0.17	Hbiv, Asax	Hbiv, Asax, Sdie
S-exp	12	8	1.42	0.29	Asax	Hbiv, Asax, Sdie
C-exp	10	11	1.20	0.68	Asax, Sdie	Hflav, Sdie
N-exp	9	6	0.75	0.41	Asax, Sdie	Asax, Sdie
N-pro	14	9	1.34	0.55	Asax	Hcar, Hstri, Asax
C-pro	15	9	1.04	0.43	Achi, Asax	Sdie
S-pro	9	6	0.98	0.18	Asax	Tbif, Sdie

IV.2.2.4.4 Vegetación marina (macroalgas y pastos marinos)

La biota marina que se encuentra asociada a las estructuras de protección costera está conformada principalmente de macroalgas que cubre gran parte del textil de los bolsacretos.

IV.2.2.4.4.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registró un total de 16 especies, pertenecientes a 12 géneros y 3 divisiones. El alga calcárea incrustante *Hydrolithon boerguesenii* es la que presenta dominancia en todas las secciones de las estructuras. Adicionalmente se observa una dominancia de algas verdes carnosas de las especies *Caulerpa cupressoides* y *Derbesia marina* en varias partes de las estructuras, sobre todo en la sección Norte (N-exp y N-prot). Las algas cafés de los géneros *Padina* y *Dictyota* también presentan alta abundancia, sobre todo en la sección Sur (S-som, Sur-exp y S-pro). La presencia de algas en las estructuras de los bolsacretos suele mostrarse en forma de parches o tapetes.

Tabla 44. Lista de especies de vegetación marina y estimaciones de abundancia en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, con base en su cobertura relativa, en época de lluvias. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = <1%.

División	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro	
Chlorophyta	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>	C			D	D	E		
	<i>Derbesia</i>	<i>marina</i>	A	D	A	A	A	C	A	
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>	E						C	
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>								E
		<i>dumetosus</i>	C						A	C
<i>Rhipocephalus</i>	<i>phoenix</i>						C			
Phaeophyta	<i>Dictyota</i>	<i>bartayresiana</i>			C					



División	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro
		<i>cervicornis</i>				C			
		<i>crenulata</i>	C		C				E
		<i>pulchella</i>	A	A	C	E	A	D	C
	<i>Padina</i>	<i>sp.</i>	D	C		E	E	E	E
Rhodophyta	<i>Acanthophora</i>	<i>spicifera</i>	C						
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>	C						
	<i>Gracilaria</i>	<i>caudata</i>			C		E		C
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>	C	A	D	D	D	D	D
	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>	E	A	D	A	C	A	A
Total			11	5	7	7	7	8	10

Tipos de ambientes: **S-som** = Sur somero; **S-exp** = Sur expuesto; **C-exp** = Centro expuesto; **N-exp** = Norte expuesto; **N-pro** = Norte protegido; **C-pro** = Centro protegido; **S-pro** = Sur protegido.

En el muestreo de la época de secas se registró un total de 17 especies, pertenecientes a 12 géneros y 4 divisiones. El alga calcárea incrustante *Hydrolithon boerguesenii* es la que presenta dominancia en todas las secciones de las estructuras, seguida del alga café del género *Dictyota*. Adicionalmente se observa una dominancia de algas rojas carnosas del género *Laurencia*.

Tabla 45. Listado de especies de vegetación marina y estimaciones de abundancia en las estructuras de protección costera existentes frente al hotel Sandos Caracol con base en su cobertura relativa, muestreo de la época de secas. Dominante (D)=>20%; Abundante (A)=10-20%; Común (C)= 5-10%; Escasa (E)= 1-5% y Rara (R) = <1%. Tipos de ambientes: S-som = Sur somero; S-exp = Sur expuesto; C-exp = Centro expuesto; N-exp = Norte expuesto; N-pro = Norte protegido; C-pro = Centro protegido; S-pro = Sur protegido.

División	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	C-pro	N-exp	N-pro	S-pro	
Chlorophyta	Caulerpa	<i>cupressoides</i>	A			A	E	D	A	
		<i>verticillata</i>					E			
	Derbesia	<i>marina</i>		A	C	C				
	Halimeda	<i>incrassata</i>								C
		<i>tuna</i>								C
	Penicillus	<i>capitatus</i>	A	C				E		
		<i>dumetosus</i>	D							
		<i>pyriformis</i>	D					E	A	D
Rhypocephalus	<i>phoenix</i>								C	
Udotea	<i>fibrosa</i>	C							A	
Phaeophyta	Dictyota	<i>crenulata</i>								C
		<i>pulchella</i>		D	A	D	E	D		C
Rhodophyta	<i>Acanthophora</i>	<i>spicifera</i>		E		A				
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>		E					A	
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>	C	D	D	A	D	D	C	
	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>		C	D	D	E		A	

División	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	C-pro	N-exp	N-pro	S-pro
Magnoliophyta	Thalassia	<i>testudinum</i>	E						
Total			7	7	4	6	7	4	11

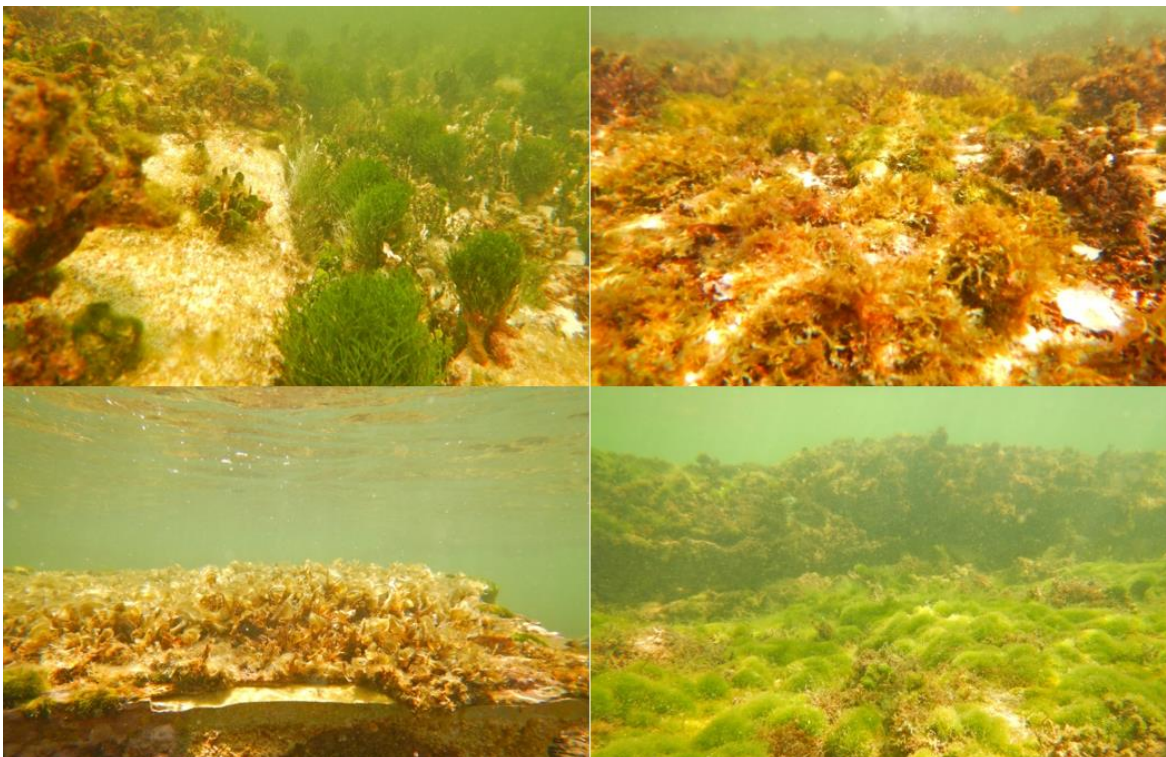


Figura 144. Especies de macroalgas presentes en las estructuras de protección costera existentes. Arriba izquierda: parches del alga verde calcárea *Penicillus dumetosus*; arriba derecha: tapetes del alga café del género *Dictyota*; abajo izquierda: tapetes de alga del género *Padina* sp.; abajo derecha: tapetes del alga verde carnosa *Derbesia marina*.

IV.2.2.4.4.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, la cobertura de algas en las estructuras de protección costera que existen frente al hotel Sandos Caracol es alta, estimando valores entre el 50% y 90%. La mayor cobertura se estimó en las secciones S-som y S-exp, con valores entre 80 y 90%, seguidas de la sección N-exp y S-pro con coberturas de algas alrededor del 75%, y la cobertura más baja se estimó para la sección N-pro con un valor de 50%. En cuanto al número de especies, el valor más alto se registró en la sección S-som con 11 especies, y el más bajo en la sección S-exp. En el resto de los sitios se registró la presencia de entre 7 y 10 especies.

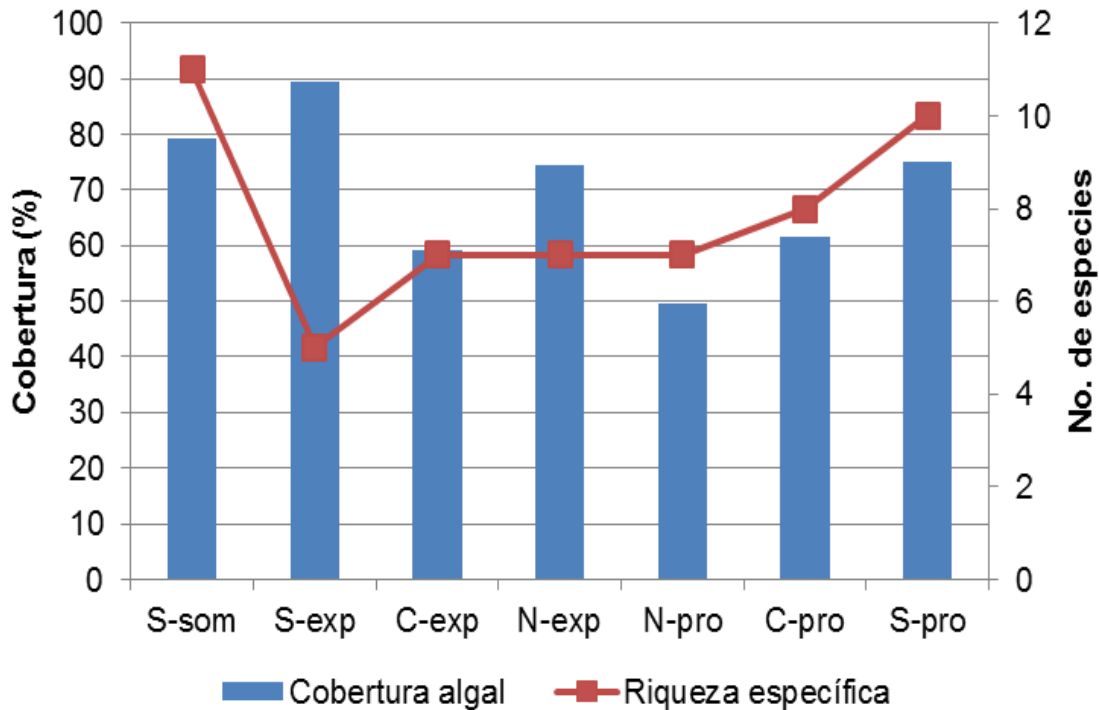


Figura 145. Abundancia y Riqueza específica de vegetación marina en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias.

En la época de secas, la cobertura de algas en las estructuras de protección costera que existen frente al hotel Sandos Caracol es menor que en la época de lluvias, estimando valores entre el 13% y 35%. La mayor cobertura se estimó en las secciones S-exp y C-exp, con valores de 35 y 30% respectivamente; valores medios en las secciones S-som, C-pro y N-exp entre 21 y 24%, y los más bajos en la sección N-pro con 13% y S-pro con 15%. En cuanto al número de especies, el valor más alto se registró en la sección S-pro con 11 especies, y el más bajo en las secciones C-exp y N-pro con 4 especies; en el resto de las secciones se registró la presencia de entre 6 y 7 especies.

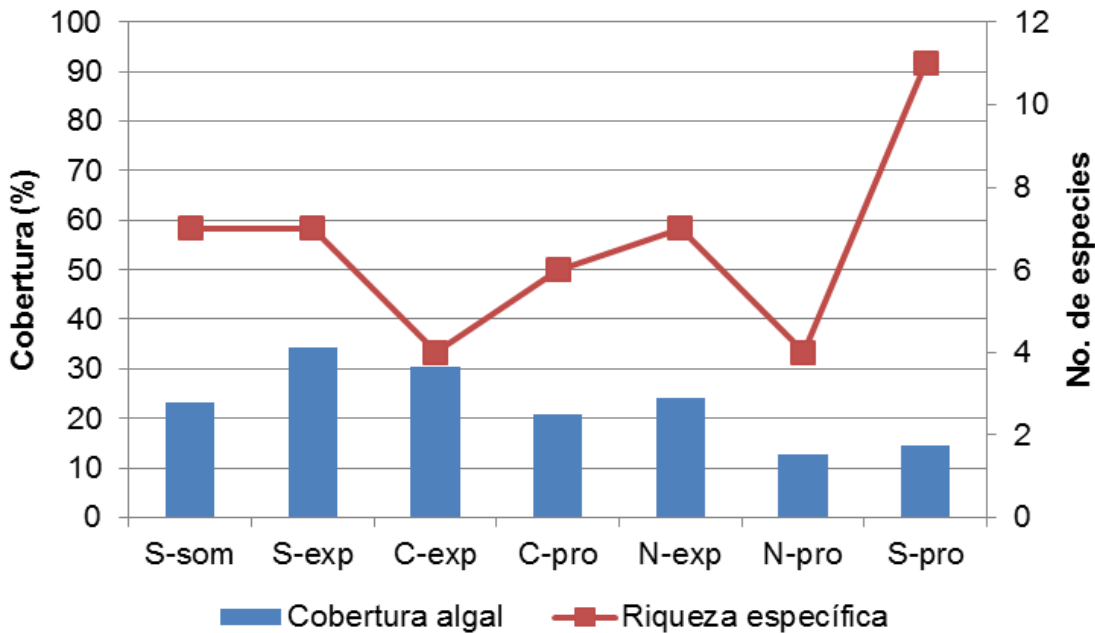


Figura 146. Abundancia y Riqueza específica de vegetación marina en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas.

IV.2.2.4.4.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, los valores de diversidad son muy parecidos entre las diferentes secciones de las estructuras de protección, estimando valores para H' entre 1.4 y 2; con los valores más altos para las secciones S-som y S-pro, mientras que la sección S-exp fue la que tuvo el valor más bajo. En cuanto a la equitabilidad, los valores son muy similares entre las diferentes secciones, con estimaciones de J' que oscilan entre 0.83 y 0.9.

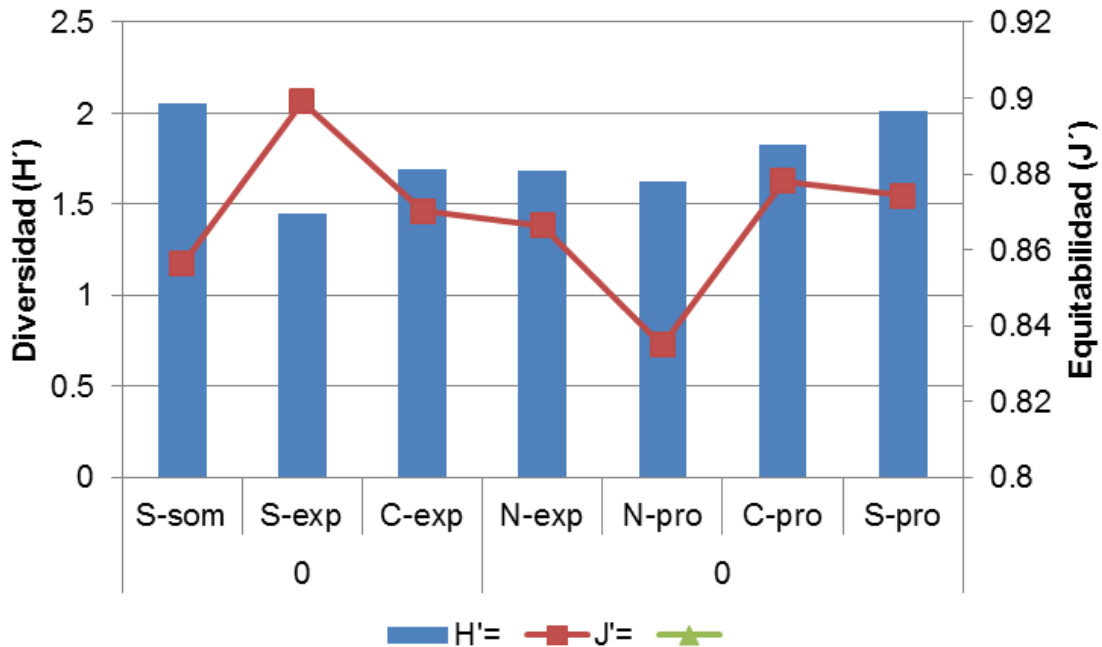


Figura 147. Diversidad de vegetación marina en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

En la época de secas, las estimaciones de diversidad mostraron el índice más elevado para la sección S-pro con un valor de 2.27, y el más bajo para las secciones C-exp y N-pro con un valor de 1.19 y 1.32 respectivamente, mientras que el resto de las secciones tienen un valor medio entre 1.58 y 1.73, con estimaciones de J' que oscilan entre 0.81 y 0.96.

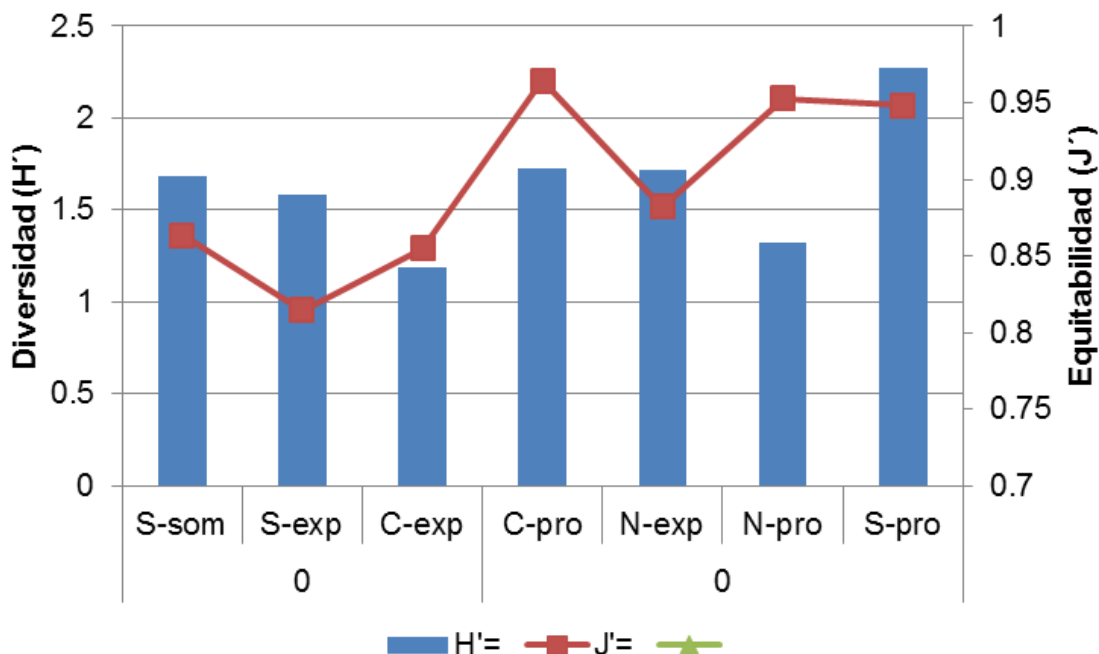


Figura 148. Diversidad de vegetación marina en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.4.4 Grupos funcionales

En época de lluvias, la composición de los grupos funcionales de algas también es parecida entre las diferentes secciones, mostrando una dominancia de las algas rojas (Rcar y Rcal). Se observa una menor presencia de algas verdes calcáreas en la parte expuesta de las estructuras (S-exp y C-exp). La sección S-som presentó una dominancia de algas cafés por la dominancia de *Padina* sp.

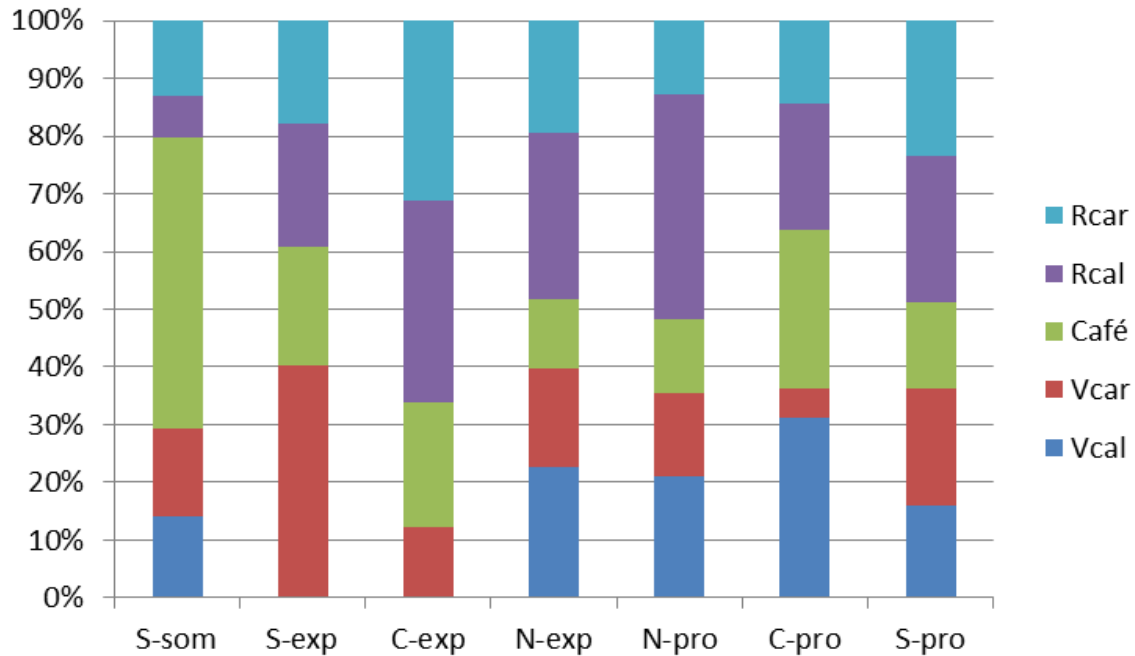


Figura 149. Grupos taxonómicos para vegetación marina en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. Vcar = Clorofitas carnosas, Vcal = Clorifitas calcáreas, RcaR = Rodofitas carnosas, Rcal = Rodofitas calcáreas, Café = Feofitas, Pasto = Magnoliofitas, Ciano = Cianobacterias.

En la época de secas la composición de los grupos funcionales es diferente, teniendo una mayor abundancia de algas verdes calcáreas, sobre todo en las secciones que se encuentran en la parte Norte y Sur. La proporción de algas rojas, tanto calcáreas como carnosas, parece permanecer más o menos similar.

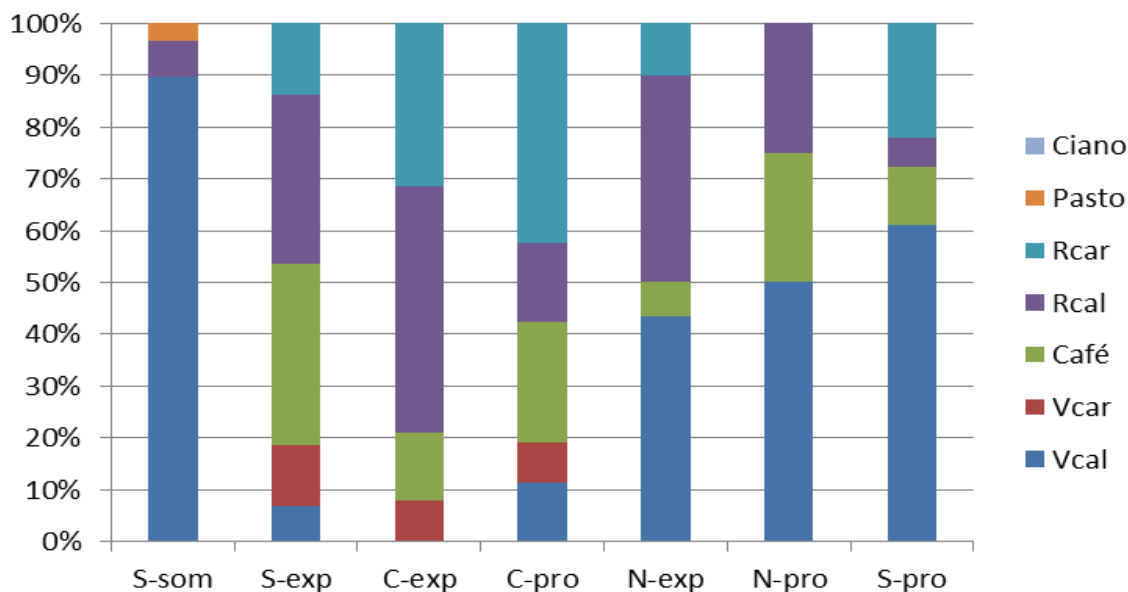


Figura 150. Grupos taxonómicos para vegetación marina en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. Vcar = Clorofitas carnosas, Vcal = Clorofitas calcáreas, RcaR = Rodofitas carnosas, Rcal = Rodofitas calcáreas, Café = Feofitas, Pasto = Magnoliofitas, Ciano = Cianobacterias.

IV.2.2.4.4.5 Comparación en las dos épocas del año

La vegetación marina que cubre las estructuras de protección costera que actualmente existen en el área de estudio muestra una disminución considerable en el muestreo de la época de secas, sobre todo en su abundancia, ya que se estimó una cobertura vegetal promedio de aproximadamente el 70% durante la época de lluvias, y solamente del 23% en secas. El número de especies también presentó una reducción en casi todas las estructuras; mientras que las especies dominantes presentan una cierta similitud en cuanto a la abundancia del alga calcárea *Hydrolithon boerguesenii* que crece incrustada en la cubierta de las estructuras, pero con un cambio en las especies carnosas, siendo más abundante *Padina sp.*, *Derbesia marina* y *Caulerpa cupresoides* durante la época de lluvias, en comparación con el muestreo de la época de secas donde dominan *Penicillus dumetusus*, *Penicillus pyriformis*, *Dictyota pulchella* y *Laurencia papillosa*.

Tabla 46. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para VEGETACIÓN en las estructuras existentes en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

ESTRUCTURA EXISTENTE	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (% cob)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
S-som	11	7	79.20	23.20	Pad	Pdum, Ppyr
S-exp	5	7	89.60	34.40	Dmar	Dpul, Hboe
C-exp	7	4	59.20	30.40	Hboe, Lpap	Hboe, Lpap
N-exp	7	6	74.40	20.80	Ccup, Hboe	Dpulc, Lpap
N-pro	7	7	49.60	24.00	Ccup, Hboe	Lpap
C-pro	8	4	61.60	12.80	Hboe	Ccup, Dpul, Hboe
S-pro	10	11	75.20	14.40	Hboe	Ppyr

IV.2.2.4.4.5 Invertebrados

IV.2.2.4.4.5.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registraron un total de 8 especies de invertebrados, pertenecientes a 8 géneros y 8 familias. Se muestrearon un total de 197 individuos en las estructuras existentes.

Se registraron organismos de 5 grupos de invertebrados, tales como anélidos, equinodermos, esponjas, moluscos y zoántidos. En términos de abundancia relativa, la especie dominante en el área de estudio fue el equinodermo *Echinometra viridis*.

Tabla 47. Presencia y abundancia relativa de otros invertebrados en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias. Dominante (D) = >20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = < 1%.

Grupo	Familia	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro
Anélido	Sabellidae	<i>Bispira</i>	<i>brunnea</i>			C				
Equinodermo	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>	A	C				D	
	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>	D	D	D	D	D		D
Esponja	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>etheria</i>			A	A			
	Thorectidae	<i>Hyrtios</i>	<i>violaceus</i>	A						
Molusco	Aplysiidae	<i>Aplysia</i>	<i>sp</i>					C	D	
	Chitonidae	<i>Chiton</i>	<i>viridis</i>						A	
Zoántido	Sphenopidae	<i>Palythoa</i>	<i>caribaeorum</i>	C						
No de especies				4	2	3	2	2	3	1

Tipos de ambientes: **S-som** = Sur somero; **S-exp** = Sur expuesto; **C-exp** = Centro expuesto; **N-exp** = Norte expuesto; **N-pro** = Norte protegido; **C-pro** = Centro protegido; **S-pro** = Sur protegido.

En el muestreo de secas, se registró un total de 10 especies de invertebrados, pertenecientes a 10 géneros y 10 familias. Se muestrearon un total de 356 individuos en las estructuras existentes. Se registraron organismos de 6 grupos de invertebrados, tales como anémonas, crustáceos, equinodermos, esponjas, moluscos y zoántidos. En términos de abundancia relativa, la especie dominante en el área de estudio fue el equinodermo *Echinometra viridis*.

Tabla 48. Presencia y abundancia relativa de otros invertebrados en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas. Dominante (D) = >20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = < 1%.

Grupo	Familia	Género	Especie	S-som	S-exp	C-exp	N-exp	N-pro	C-pro	S-pro
Anémona	Stichodactylidae	<i>Stichodactyla</i>	<i>helianthus</i>			E				
Crustáceo	Chthamalidae	<i>Chthamalus</i>	<i>proteus</i>	D		C				
Equinodermo	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>	E	E	E		E	D	D
	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>	C	D	D	D	D	D	D
Esponja	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>caribbaea</i>				E			
	Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>felix</i>			E			C	
	Tedaniidae	<i>Tedania</i>	<i>ignis</i>			E				
	Thorectidae	<i>Hyrtios</i>	<i>violaceus</i>		E		E			
Molusco	Chitonidae	<i>Acanthopleura</i>	<i>granulata</i>			E				
Zoántido	Sphenopidae	<i>Palythoa</i>	<i>caribaeorum</i>	E			E			
No de especies				4	3	7	4	2	3	2

Tipos de ambientes: **S-som** = Sur somero; **S-exp** = Sur expuesto; **C-exp** = Centro expuesto; **N-exp** = Norte expuesto; **N-pro** = Norte protegido; **C-pro** = Centro protegido; **S-pro** = Sur protegido.



Figura 151. Especies de invertebrados presentes en las estructuras de protección costera existentes. Erizos de la especie *Echinometra viridis* (arriba izq.), Molusco *Chiton viridis* (arriba der) Molusco *Aplysia sp.* (abajo izq.) y Zoántido *Palythoa caribaeorum* (abajo der.).

IV.2.2.4.4.5.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, la mayor densidad de invertebrados se registró en S-exp, con 1.1 ind/m². La menor densidad se obtuvo en S-pro, con 0.07 ind/m². Para el caso de la riqueza específica, los valores más altos se obtuvieron en S-som, con 4 especies. El valor más bajo se registró en S-pro, con una especie.

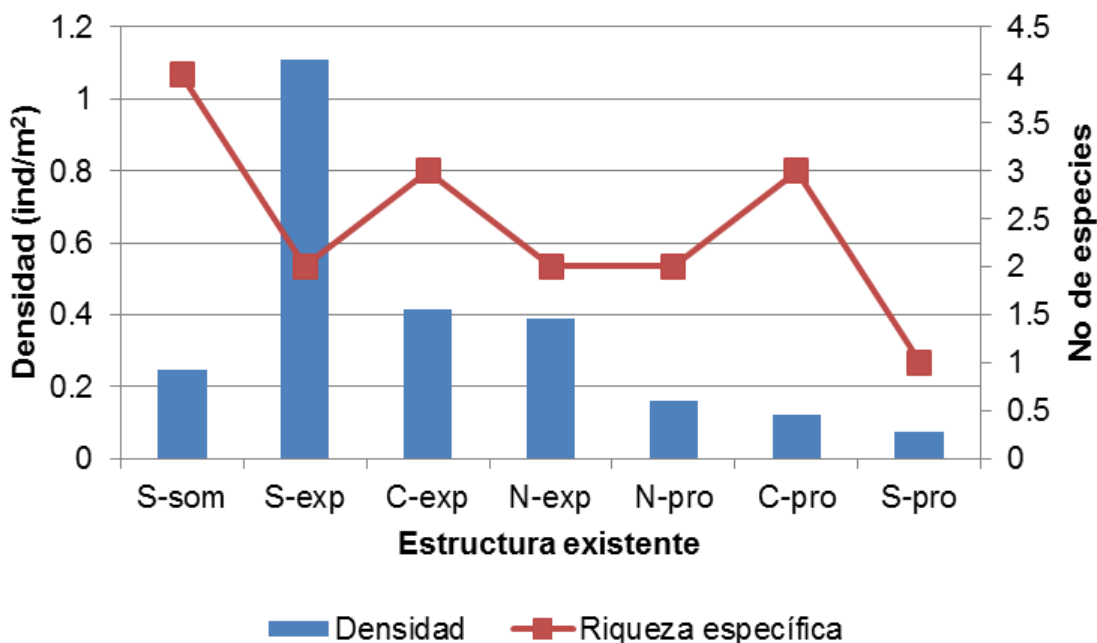


Figura 152. Abundancia y Riqueza específica de invertebrados en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de lluvias.

En la época de secas, la mayor densidad de invertebrados se registró en S-exp, con 1.35 ind/m². La menor densidad se obtuvo en C-pro, con 0.20 ind/m². Para el caso de la riqueza específica, los valores más altos se obtuvieron en C-exp, con 7 especies. Los valores más bajos se registraron tanto en N-pro, como en S-pro, con 2 especies cada uno.

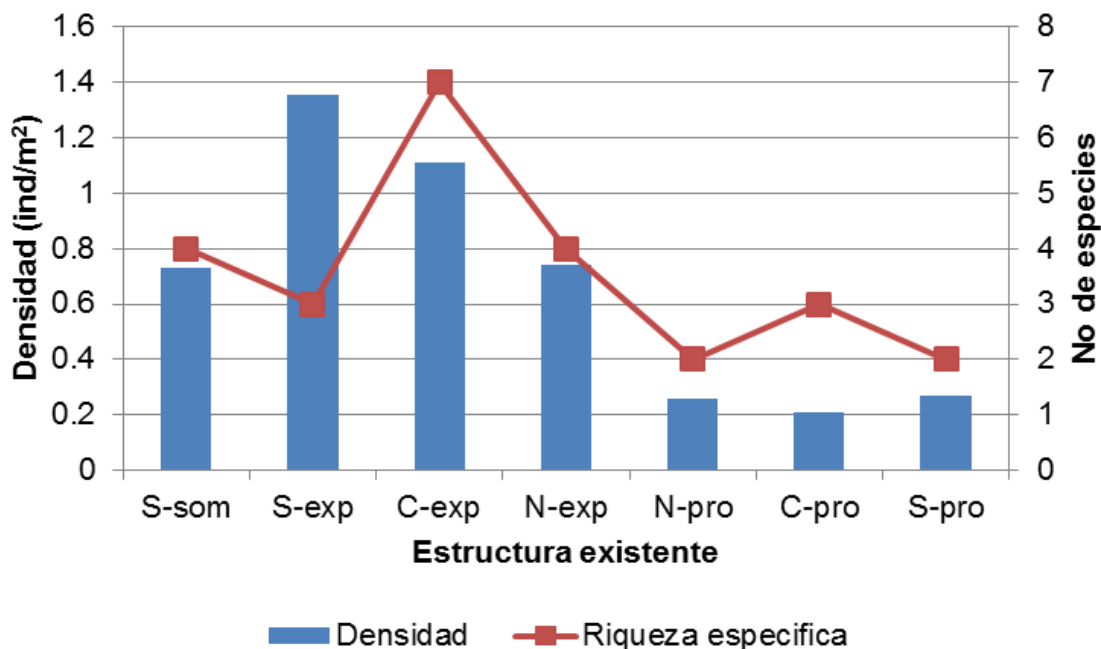


Figura 153. Abundancia y Riqueza específica de invertebrados en las estructuras existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en época de secas.

IV.2.2.4.4.5.3 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad de invertebrados asociada a las estructuras de protección costera que actualmente existen en el área de estudio presentó pocos cambios entre el muestreo de la época de lluvias y secas. El número de especies varía entre 2 a 4 en ambos muestreos, a excepción de la estructura C-exp que mostró un incremento a 7 especies en la época de secas. La abundancia no presenta cambios drásticos entre los muestreos, teniendo estimaciones en general que van de 0.12 a 1.11 ind/m².

Tabla 49. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para invertebrados en las estructuras existentes en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructura existente	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
S-som	4	4	0.24	0.73	Evir	Cpro,
S-exp	2	3	1.11	1.35	Evir	Evir
C-exp	3	7	0.41	1.11	Evir	Evir
N-exp	2	4	0.39	0.74	Evir	Evir
N-pro	2	2	0.16	0.26	Evir	Evir
C-pro	3	3	0.12	0.21	Dant	Dant, Evir



IV.2.2.4.5 Caracterización biológica en las áreas propuestas para la instalación de estructuras de protección costera

El área programada para instalar las estructuras de protección costera se encuentra sobre la planicie de laja somera, y abarca 4 tipos de ambientes: la mayor parte de la ruta trazada para estas estructuras corresponde a un ambiente de Laja con sedimento y algas, y en algunos segmentos atraviesa por el ambiente de laja lisa con algas, un poco de laja con gorgonáceos y algunos parches de arenal somero. La profundidad para la estructura **E1** es de 2.1 metros; mientras que en la estructura **E2** es un poco más profunda (3.3 m), y la **E3** va de 2 m en la parte Norte, hasta 1.7 m en la parte S. En la E-3 se observaron algunos parches de arena entre la laja calcárea.

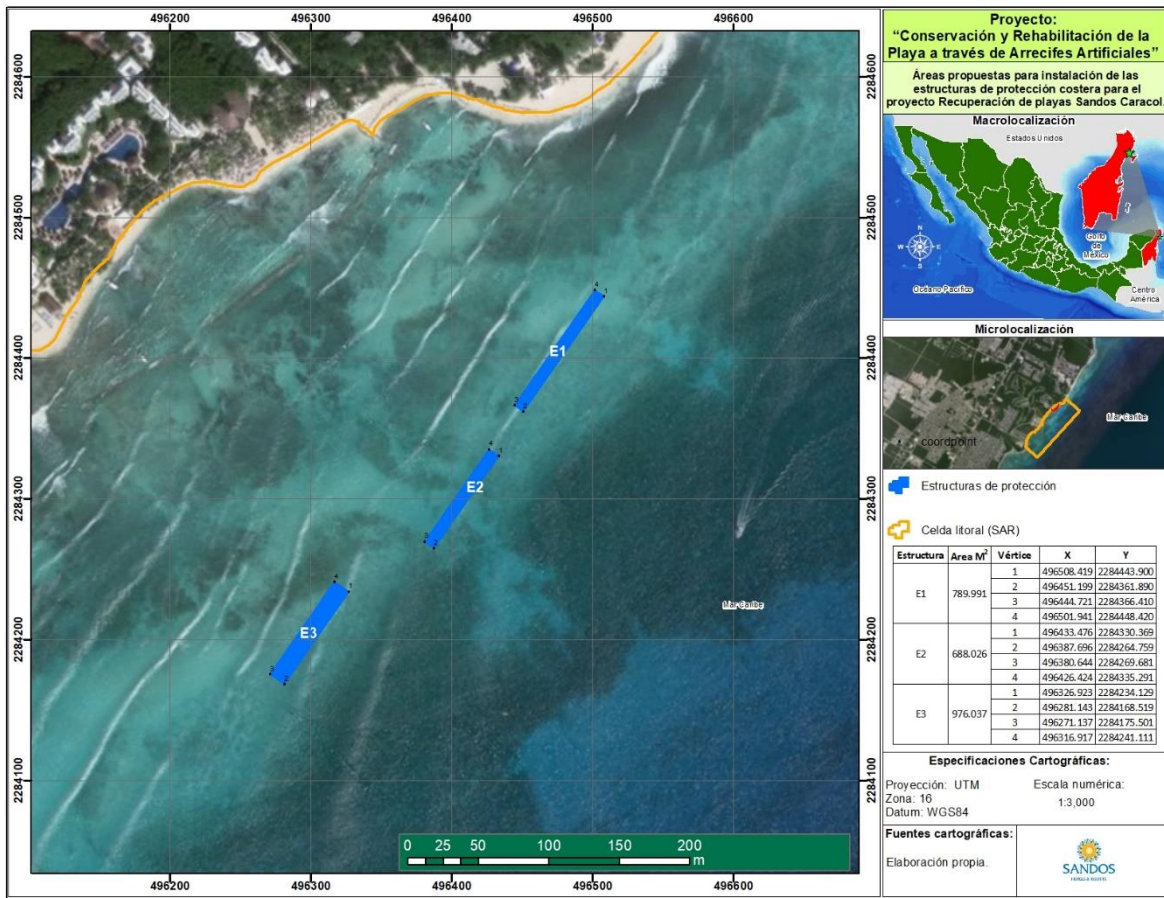


Figura 154. Ubicación de las estructuras de protección que se pretende instalar en el proyecto y nomenclatura utilizada para reconocimiento de biota asociada: Estructura 1 (E1), Estructura 2 (E2) y Estructura 3 (E3).



Las características del ambiente y tipo de sustrato que existe donde se pretenden colocar las 3 estructuras son muy similares entre sí, teniendo el sustrato de laja con poco relieve, sobre la cual se forma una capa delgada de sedimentos finos, con algas escasas, dominando las algas verdes de crecimiento calcáreo, principalmente de los géneros *Halimeda*, *Penicillus*, *Rhipocephalus*, y *Avrainvillea*. Los corales son escasos, y se presentan colonias pequeñas y dispersas, principalmente de la especie *Siderastrea siderea*, y algunas colonias de *Porites porites* y ocasionalmente colonias masivas e incrustantes del coral cerebro de la especie *Pseudodiploria clivosa*. Los gorgonáceos son escasos, y solamente se observan en algunos parches en donde predomina la especie *Pterogorgia anceps*. La comunidad de peces es escasa, encontrando principalmente peces de tamaño pequeño, con abundancia de juveniles de haemulidos (género *Haemulon*) y labridos (géneros *Halichoeres* y *Thalassoma*), así como morenas (*Gymnothorax moringa*) y rayas (*Urobatis jamaicensis*). También se observó la presencia de pulpos (*Octopus* sp.), langostas (*Panulirus argus*) y gasterópodos como caracol rosado (*Lobatus gigas*) y *Charonia variegata*. Los erizos son abundantes en la zona, principalmente el erizo común de la especie *Equinometra lucunter*, así como los *Eucidaris tribuloides*.

A continuación, se presentan detalles para cada estructura.

Estructura 1 (E1)

El sitio donde se pretende colocar la Estructura 1 es la que se encuentra más al Norte, en un sustrato de laja y pedacería con una capa delgada de sedimento (2 cm) de arena fina con algas escasas. Los corales son muy escasos, encontrando solamente algunas colonias pequeñas y dispersas de la especie *Siderastrea siderea*. En esta zona no se registró la presencia de gorgonáceos, y la presencia de peces también fue escasa, y la presencia de invertebrados también fue escasa. En comparación con los otros sitios en donde se programa instalar las otras estructuras de protección, este es el que presentó menor cantidad y variedad de biota marina. **Se contempla que la E1 tenga una longitud de 100 metros, a una profundidad de 2.1 metros.** Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para el sitio donde se pretende instalar esta estructura.



Figura 155. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E1 en la época de lluvias.



Figura 156. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E1 en la época de secas.

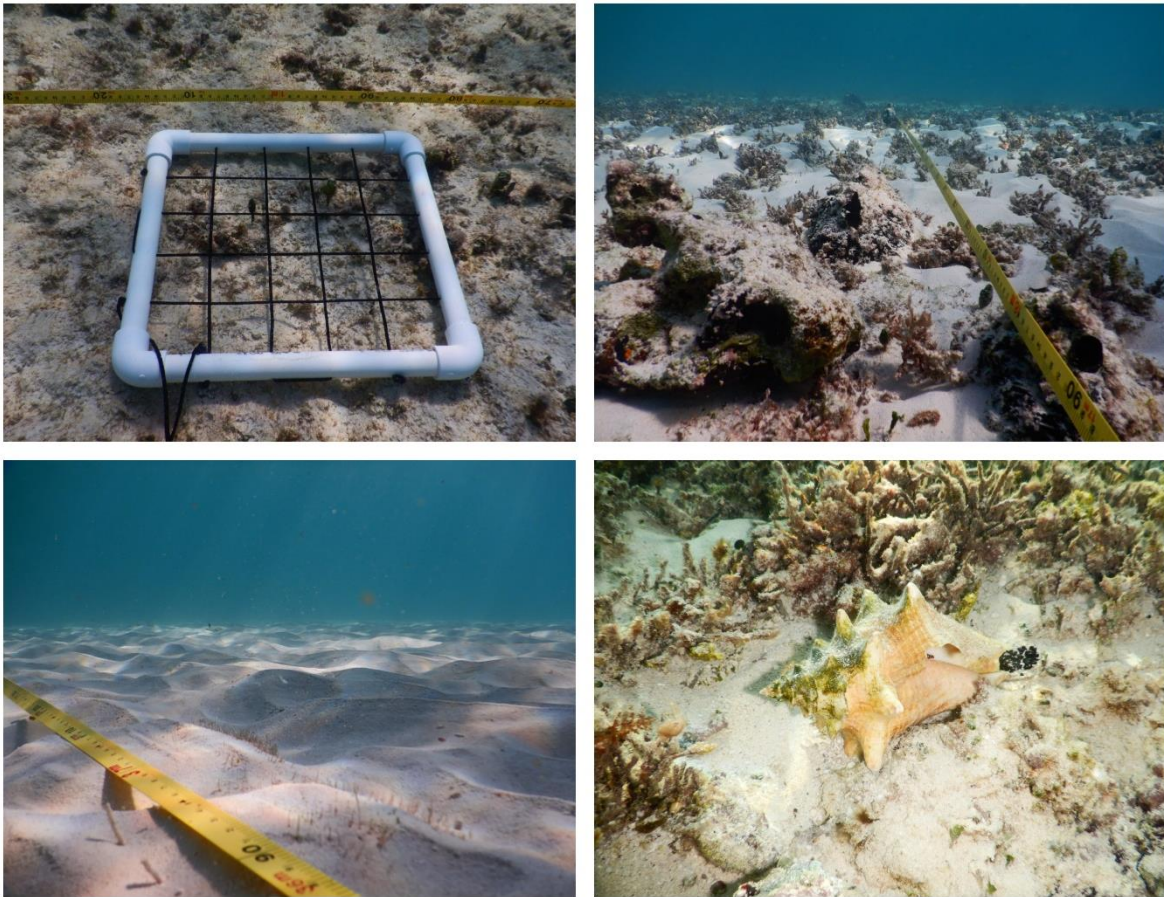


Figura 157. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E1.

Estructura 2 (E2)

La Estructura 2 se pretende instalar en la parte central, sobre un sustrato muy parecido al de la E-1, siendo una laja y pedacera con una capa de arena fina y algas escasas, solamente que en la ruta de esta estructura se encuentra un área con arena fina. En este sitio es donde se encontró una mayor cantidad de **colonias de coral** en comparación con los otros sitios donde se programa colocar las estructuras de protección, aunque su **cobertura es menor al 1%**. Las colonias de coral que se encontraron sobre el transecto son el coral cerebro de la especie *Pseudodiploria clivosa* y el coral ramificado *Porites porites*, aunque en el área cercana se encontraron otras especies de corales masivos como *Dichocoenia stokesii*, *Madracis decactis*, *Agaricia agaricites* y el coral de fuego *Millepora complanata*. En este sitio es donde se encontró una mayor densidad de gorgonáceos, siendo las especies arbustivas *Pterogorgia guadalupensis* y



Plexaurella nutans, así como abanicos de mar de la especie *Gorgonia flabellum*. Los peces son un poco más abundantes en esta sección en comparación con la E-2, aunque el número de especies es similar. En este sitio se encontró una mayor variedad de especies de invertebrados, principalmente de esponjas y equinodermos. **Esta estructura se contempla que tenga 80 metros, a una profundidad de 3.3 metros.** Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para el sitio donde se pretende instalar esta estructura.



Figura 158. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E2, en la época de lluvias.

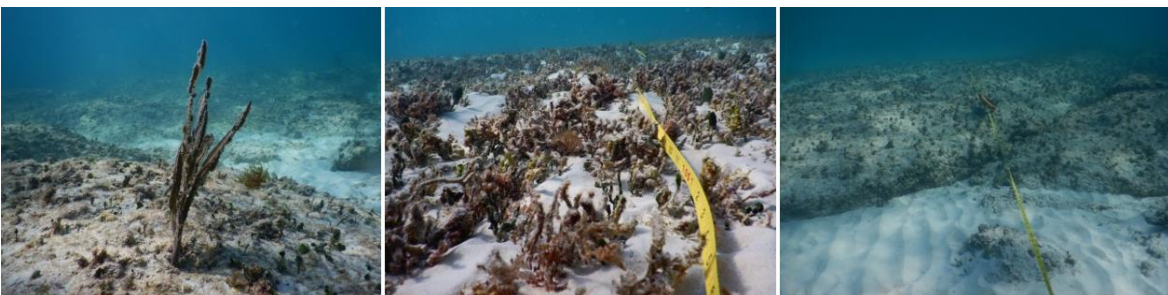


Figura 159. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E2, en la época de secas.

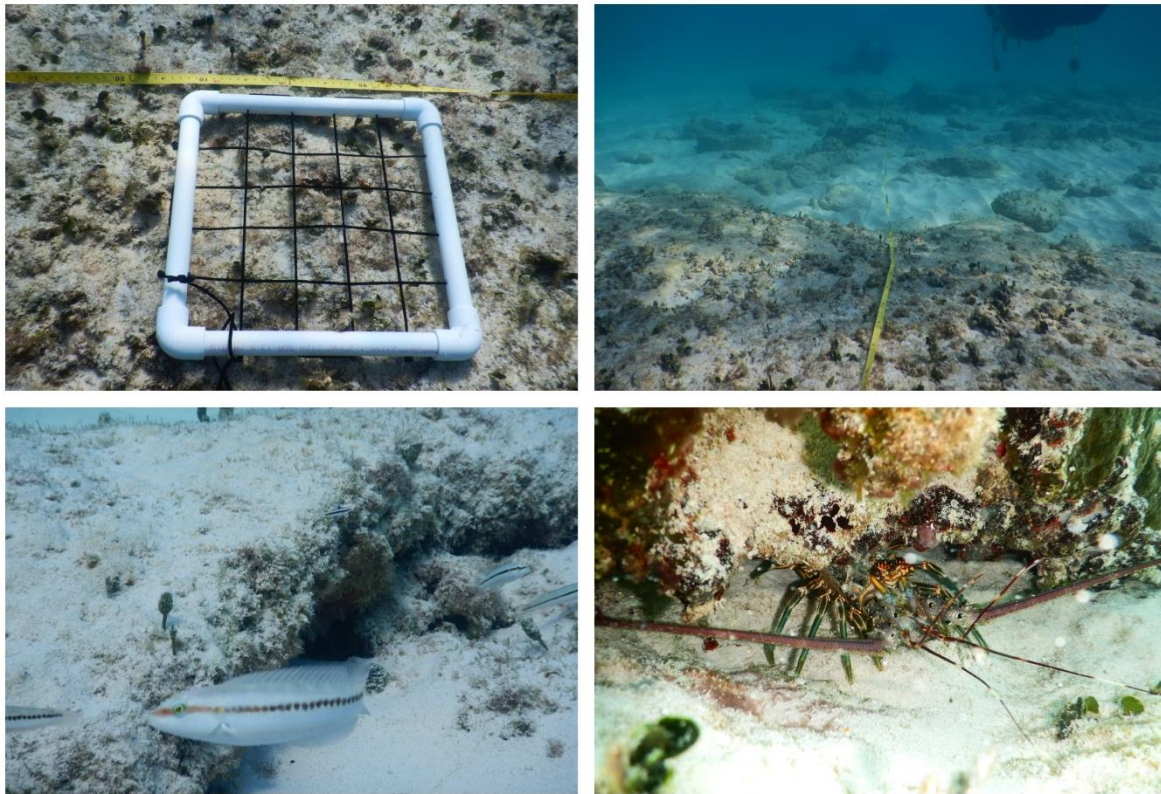


Figura 160. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E2.

Estructura 3 (E3)

La Estructura 3 es la que se pretende colar más al sur, sobre un sustrato de laja más homogénea, plana, de superficie rugosa con una mayor cobertura de algas, y con muy pocos parches de arena fina. Los corales en estos sitios tienen menor abundancia que en el sitio de la E-2, siendo corales pequeños de la especie *Siderastrea siderea*, con una presencia muy escasa de gorgonáceos. Los peces tienen una abundancia similar a la encontrada en el sitio de la E-2, pero con mayor variedad de especies. En cuanto a la presencia de invertebrados, en este lugar se encontraron varios representantes de moluscos, como son el pulpo de la especie *Octopus sp.*, y gasterópodos de las especies *Charonia variegata* y *Lobatus gigas*. **Se contempla que esta estructura de protección tenga 80 metros, a una profundidad que va de 1.7 a 2 metros.** Se muestran imágenes de los muestreos de la época de lluvias y secas para el sitio donde se pretende instalar esta estructura.



Figura 161. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E3, en la época de lluvias.



Figura 162. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E3, en la época de secas.



Figura 163. Tipo de ambiente en el área propuesta para instalar la estructura de protección costera E3.

A continuación, se presenta una descripción de la biota marina observada en los recorridos realizados en los sitios programados para la colocación de estructuras.

IV.2.2.4.5.1 Escleractinios (corales duros)

IV.2.2.4.5.1.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se observaron un total de 10 especies en este ambiente, distribuidas en siete géneros y siete familias. En el sitio E1 la única especie registrada dentro del área de muestreo fue *Siderastrea sideraea*, observándose cuatro especies más fuera de esta área. En el sitio E2 fueron registradas dos especies, *Pseudodiploria clivosa* y *Porites porites*; mientras que fuera del área de muestreo se observaron cuatro especies. En el sitio E3 se registraron tres especies *Porites porites*, *Siderastrea siderea* y *Millepora complanata*, y al igual que los sitios anteriores, fuera



del área de muestreo fueron observadas cuatro especies de corales. Todas las especies registradas fueron dominantes.

Tabla 50. Lista de especies de corales escleractinios y estimaciones de abundancia en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, con base en su cobertura relativa, en época de lluvias. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = <1%.

Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Agariciidae	Agaricia	agaricites		*	
Faviidae	Pseudodiploria	clivosa		D	*
		strigosa			*
Meandrinidae	Dichocoenia	stokesii		*	*
Pocilloporidae	Madracis	decactis		*	
Poritidae	Porites	astreoides	*		
		porites	*	D	D
Siderastreidae	Siderastrea	radians	*		*
		sideraea	D		D
HIDROCORLAES					
Milleporidae	Millepora	complanata	*	*	D
Total			1	2	3

En el muestreo de la época de secas se registró un total de siete especies, distribuidas en cinco géneros y cinco familias; de estas siete especies, cuatro fueron observadas fuera de los transectos de muestreo. En el sitio E2 solo se registró la especie *Porites astreoides*, por lo tanto, esta fue dominante. En el sitio E3 la especie dominante fue *Porites porites* y *Dichocoenia stokesii* fue abundante. Las especies *Agaricia agaricites*, *Pseudodiploria clivosa*, *P. strigosa* y *Siderastrea radians* fueron observadas fuera de los transectos de muestreo.

Tabla 51. Lista de especies de corales escleractinios y estimaciones de abundancia en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, con base en su cobertura relativa, en época de secas. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = <1%.

Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Agariciidae	<i>Agaricia</i>	<i>agaricites</i>		*	
Faviidae	<i>Pseudodiploria</i>	<i>clivosa</i>			*
		<i>strigosa</i>	*		
Meandrinidae	<i>Dichocoenia</i>	<i>stokesii</i>			A
Poritidae	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>		D	
		<i>porites</i>	*	*	D
Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>	*	*	



Figura 167. Especies de corales presentes en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera. Arriba izquierda: Coral cerebro de la especie *Pseudopterogorgia clivosa*; arriba derecha: *Porites porites*; abajo izquierda: *Siderastrea siderea*; abajo derecha: *Porites divaricata* y *Siderastrea radians*.

IV.2.2.4.5.1.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, el sitio E2 presentó la mayor cobertura con 0.4% de tejido coralino y una riqueza de dos especies; el sitio E3 registró la mayor riqueza para este ambiente con tres especies y una cobertura de tejido coralino del 0.3%. El sitio E1 obtuvo los valores más bajos de cobertura y riqueza con 0.02% de tejido coralino y una sola especie en el área de muestreo.

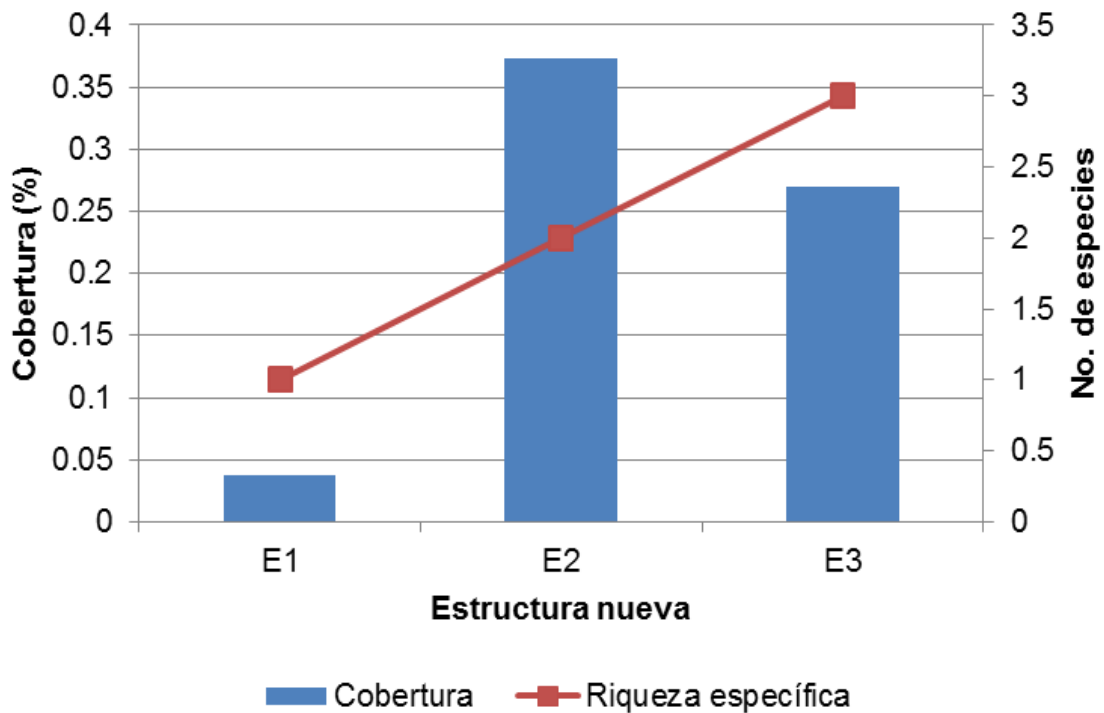


Figura 164. Abundancia y Riqueza específica de corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias.

En la época de secas, el sitio con mayor cobertura y riqueza fue E3 con un 0.06% de tejido coralino vivo y dos especies registradas dentro del transecto de muestreo y una fuera del transecto. En el sitio E2 se obtuvo una cobertura de 0.04% de tejido coralino y una especie dentro del transecto. El sitio E1 no se registraron colonias coralinas dentro del transecto muestreado.

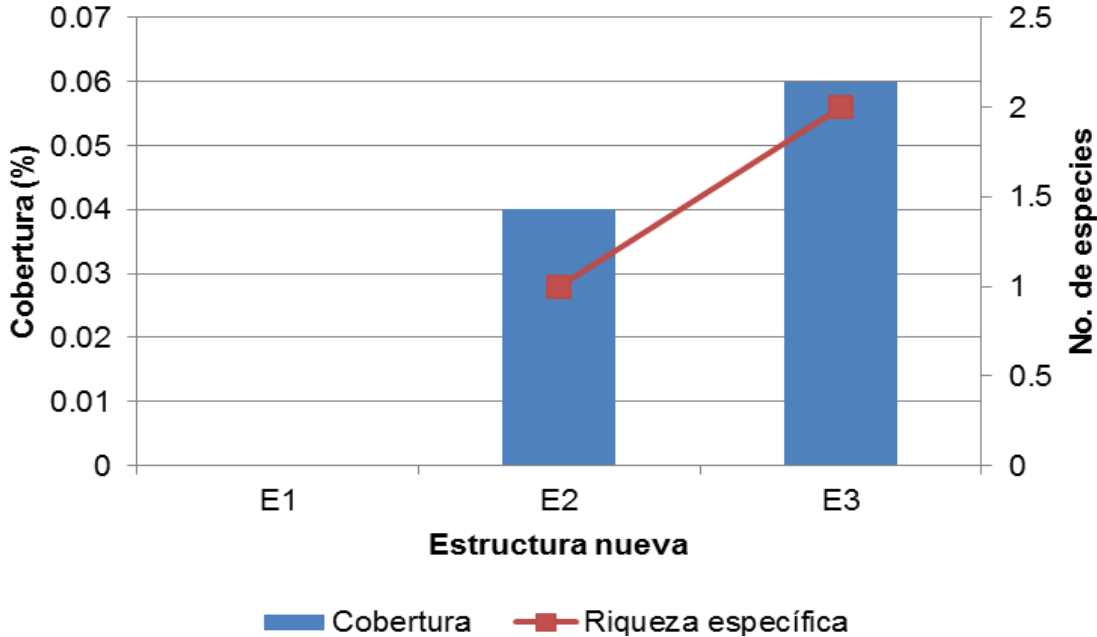


Figura 165. Abundancia y Riqueza específica de corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas.

IV.2.2.4.5.1.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, solo los sitios E2 y E3 registraron datos suficientes para estimar estos índices. E3 presentó los valores más altos de diversidad y equitabilidad con $H'=1.0857$ y una $J'=0.9882$; mientras que E2 registró una diversidad de $H'=0.5623$ y una equitabilidad $J'=0.8112$.

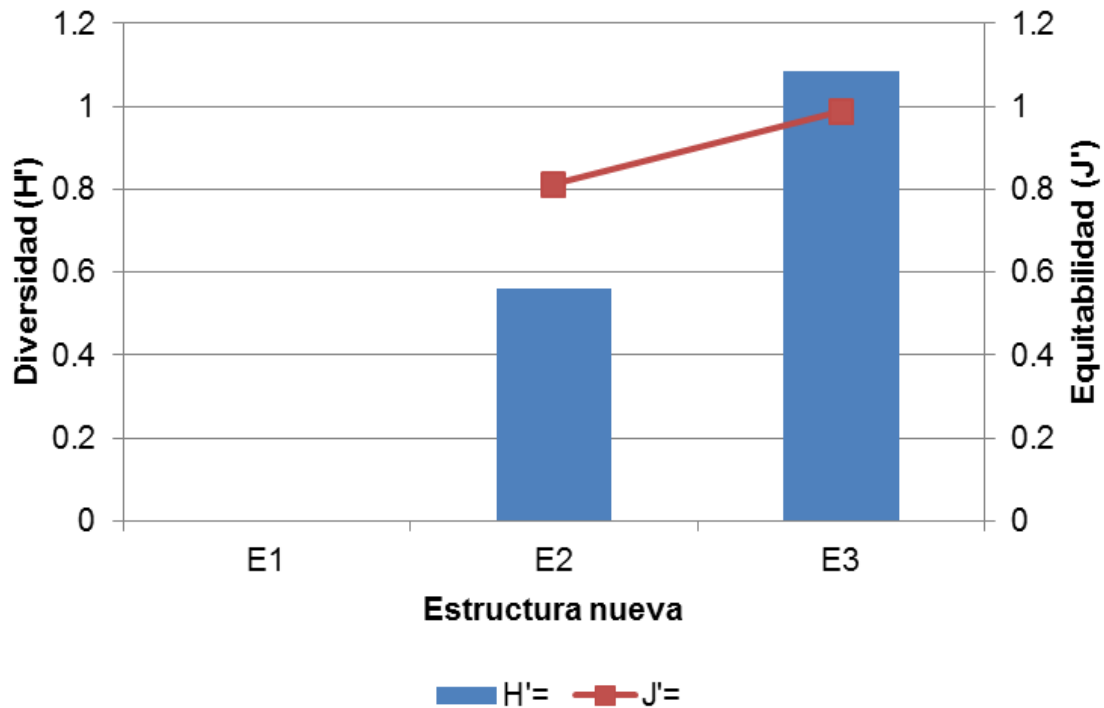


Figura 166. Diversidad de corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

En la época de secas el sitio E3 fue el único que presentó datos suficientes para calcular estos índices, obteniendo una diversidad de $H'=0.4505$ y una equitabilidad de $J'=0.6500$.

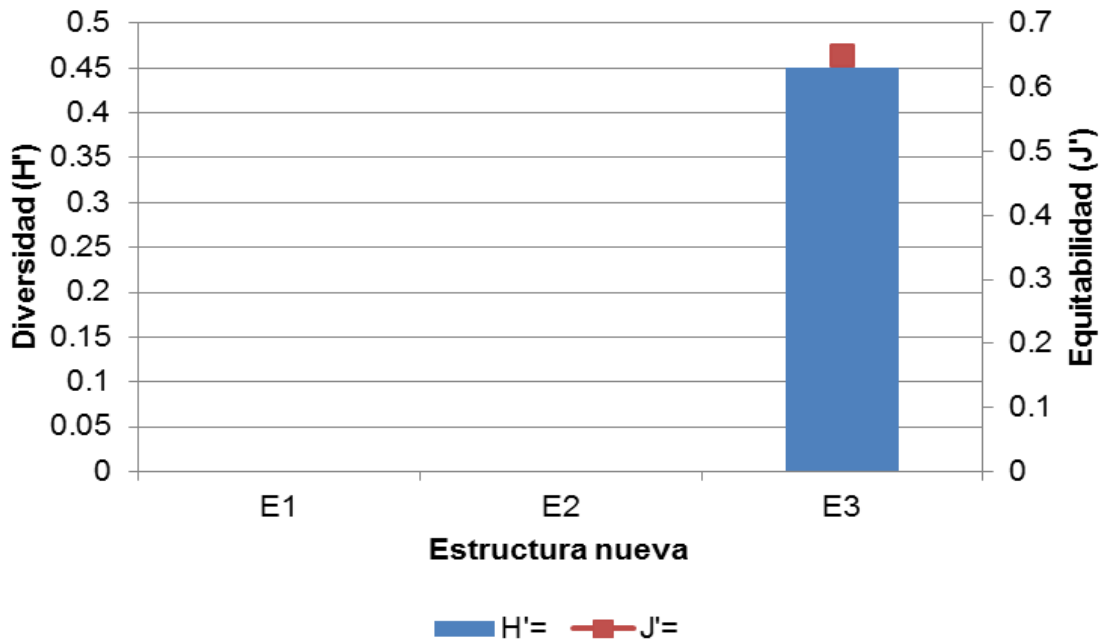


Figura 167. Diversidad de corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.5.1.4 Estructura de tallas

En época de lluvias, se encontraron cuatro categorías de tallas, tres de éstas se registraron en el sitio E3, donde dominaron las colonias categoría II con un 66.7% de frecuencia, siguiendo las colonias categoría III y IV aportando un 16.7% cada una. El sitio E2 registró colonias categoría II y categoría III, donde dominaron las primeras con 66.7% de frecuencia, y las de categoría III aportaron un 33.3%. Finalmente, el sitio E1 solo registró colonias pequeñas pertenecientes a la categoría I.

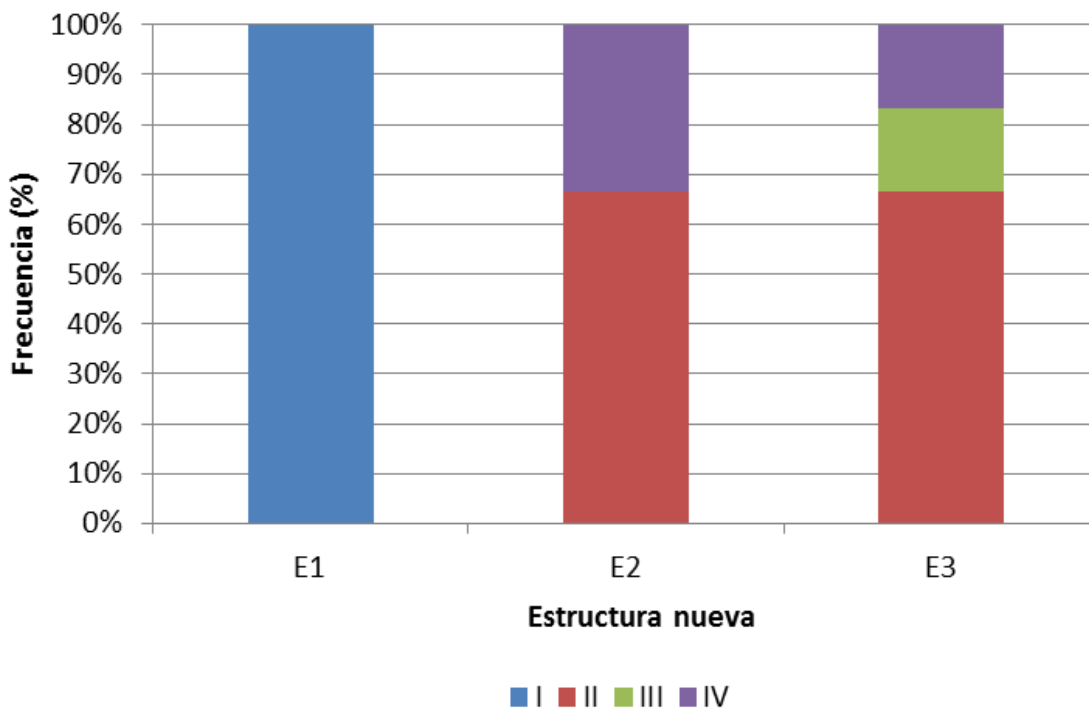


Figura 168. Estructura de tallas para corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-40 cm, V > 40 cm de diámetro.

En la época de secas se presentaron tres categorías de tallas en este ambiente, obteniendo el espectro completo el sitio E3, dominando las colonias pequeñas categoría I con un 50% de frecuencia, mientras que las categorías II y III aportaron 25% cada una. En el sitio E2 solo se registraron colonias pequeñas categoría I.

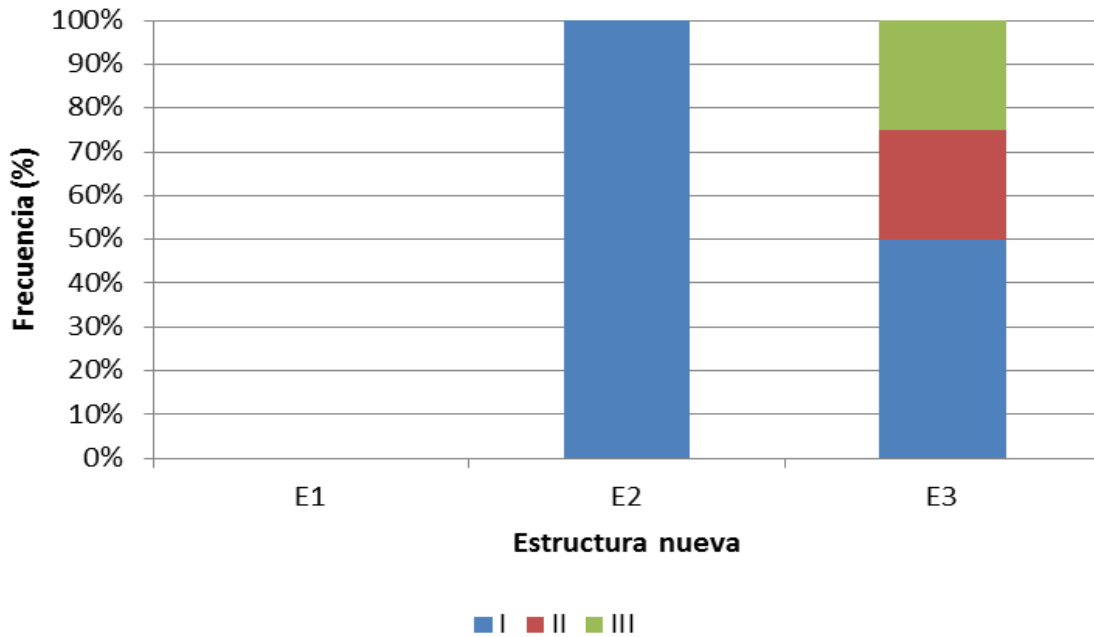
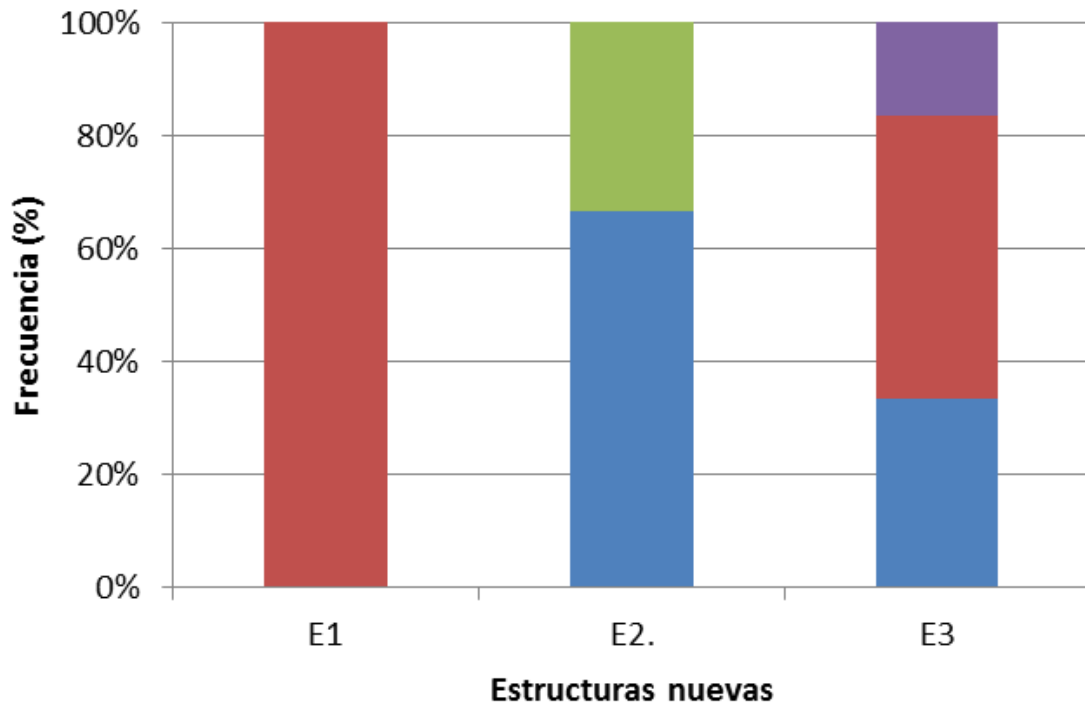


Figura 169. Estructura de tallas para corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-40 cm, V > 40 cm de diámetro.

IV.2.2.4.5.1.5 Formas de crecimiento

En época de lluvias, se observaron corales con cuatro tipos de crecimiento, presentando un mayor espectro el sitio E3 con tres tipos de crecimiento, siendo las colonias incrustantes las que aportaron una mayor frecuencia con 50%, las colonias digitiformes aportaron un 33.3% y las colonias ramificadas presentaron un 16.7%. En el sitio E2 las colonias digitiformes obtuvieron el mayor porcentaje de frecuencia con 66.7% y los corales masivos aportaron un 33.3%. El sitio uno solo tuvo presencia de colonias incrustantes, aportando éstas el 100% a la frecuencia de observación.



■ Digitiforme ■ Incrustante ■ Masivo ■ Ramificado

Figura 170. Formas de crecimiento para corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Dig = Digitiforme, Inc = Incrustante, Mas = Masiva, Ram = Ramificado.

En la época de secas se registraron colonias coralinas con crecimiento digitiforme y masivo, las cuales sólo se presentaron en el sitio E3, dominando las colonias digitiformes, con una frecuencia de observación del 75; mientras que en el sitio E2 solo se registraron colonias con crecimiento masivo.

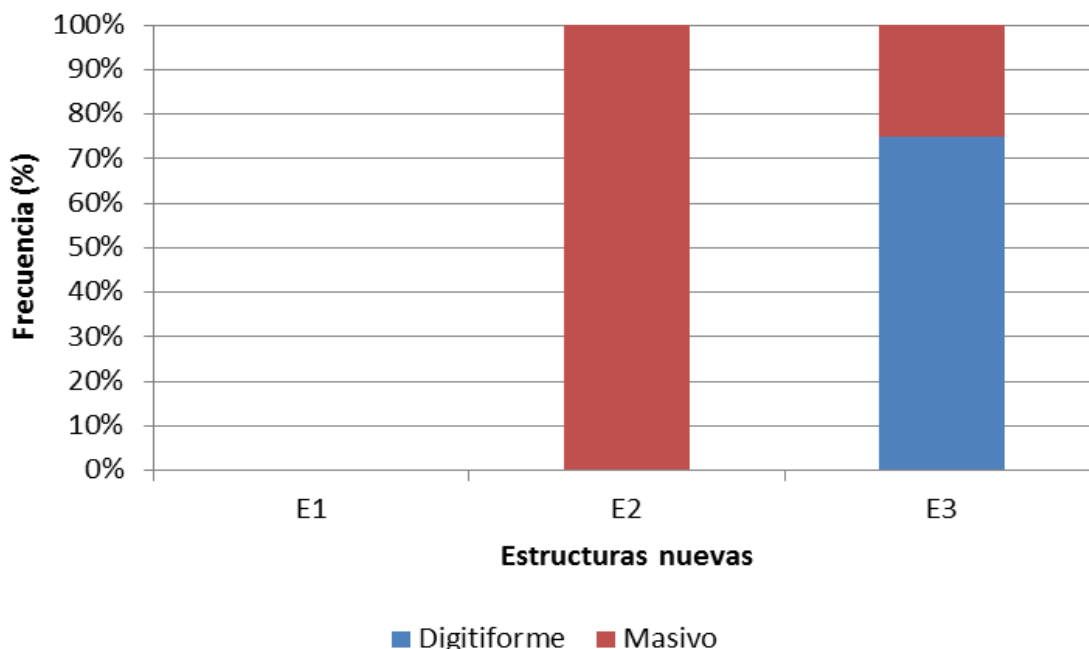


Figura 171. Formas de crecimiento para corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Dig = Digitiforme, Inc = Incrustante, Mas = Masiva, Ram = Ramificado.

IV.2.2.4.5.1.6 Comparación en las dos épocas del año

La presencia de corales en los sitios donde se tiene programado instalar las nuevas estructuras de protección costera también es muy pobre, tanto en riqueza de especies como en cobertura, y la variación que se registró entre el muestreo de la época de lluvias y secas es relativamente baja, y no se observa ningún patrón que pudiera alertar sobre algún cambio temporal importante. En cuanto a la dominancia de especies se observa que además de las especies pioneras *Siderastrea siderea* y *Porites astreoides*, también se registra la dominancia del coral cerebro *Pseudodiploria clivosa*.

Tabla 52. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para corales escleractinios en el área programada para las nuevas estructuras, en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructuras nuevas	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (% cob)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
E1	1	0	0.04	0.00	Ssid	-
E2	2	1	0.37	0.04	Dcliv, Past	Past
E3	3	2	0.27	0.06	Past, Ssid, Mcom	Ppor

IV.2.2.4.5.2 Gorgonáceos (corales blandos)

2.2.4.5.2.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, en el área de estudio se registró un total de 4 especies de gorgonáceos, pertenecientes a 3 géneros y 2 familias. Se registró un total de 10 individuos en los 3 ambientes de monitoreo establecidos para el proyecto.

Las especies presentes en el área fueron *Pterogorgia anceps*, *P. guadalupensis*, *Gorgonia flabellum* y *Plexaurella nutans*. En el listado de especies se muestra la importancia de cada una de las especies, de acuerdo a una categorización basada en rangos de abundancia relativa.

Tabla 53. Lista de especies y abundancia relativa de gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Gorgoniidae	<i>Gorgonia</i>	<i>flabellum</i>		D	
	<i>Pterogorgia</i>	<i>anceps</i>		D	D
		<i>guadalupensis</i>			
Plexauridae	<i>Plexaurella</i>	<i>nutans</i>		D	
Total			0	3	2

Durante el muestreo de la época de secas, en el área de estudio se registró un total de 5 especies de gorgonáceos, pertenecientes a 3 géneros y 2 familias. Se muestrearon un total de 8 individuos en los 3 sitios de monitoreo establecidos para el proyecto. Las especies presentes en el área fueron *Pterogorgia anceps*, *P. guadalupensis*, *P. citrina*, *Gorgonia flabellum* y *Pseudoplexaura porosa*. En el listado de especies se muestra la importancia de cada una de las especies, de acuerdo a una categorización basada en rangos de abundancia relativa.

Tabla 54. Lista de especies y abundancia relativa de gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	E1	E2	E3	
Gorgoniidae	<i>Gorgonia</i>	<i>flabellum</i>		D		
	<i>Pterogorgia</i>	<i>anceps</i>		D	D	
		<i>citrina</i>				D
		<i>guadalupensis</i>				D
Plexauridae	<i>Pseudoplexaura</i>	<i>porosa</i>			D	
Total			0	2	4	



Figura 172. Especies de gorgonáceos presentes en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Izquierda: *Pterogorgia anceps*; derecha: *Plexaurella nutans*.

IV.2.2.4.5.2.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, la densidad más alta se encontró en el sitio correspondiente a la estructura E2, con 0.09 ind/m², mientras que los valores más bajos se ubicaron en E1, en la cual no hubo registros. En relación a la riqueza específica, también se observó la cifra más alta en E2, con 3 especies. Por el contrario, los números más bajos se obtuvieron en E1, debido a la ausencia de registros.

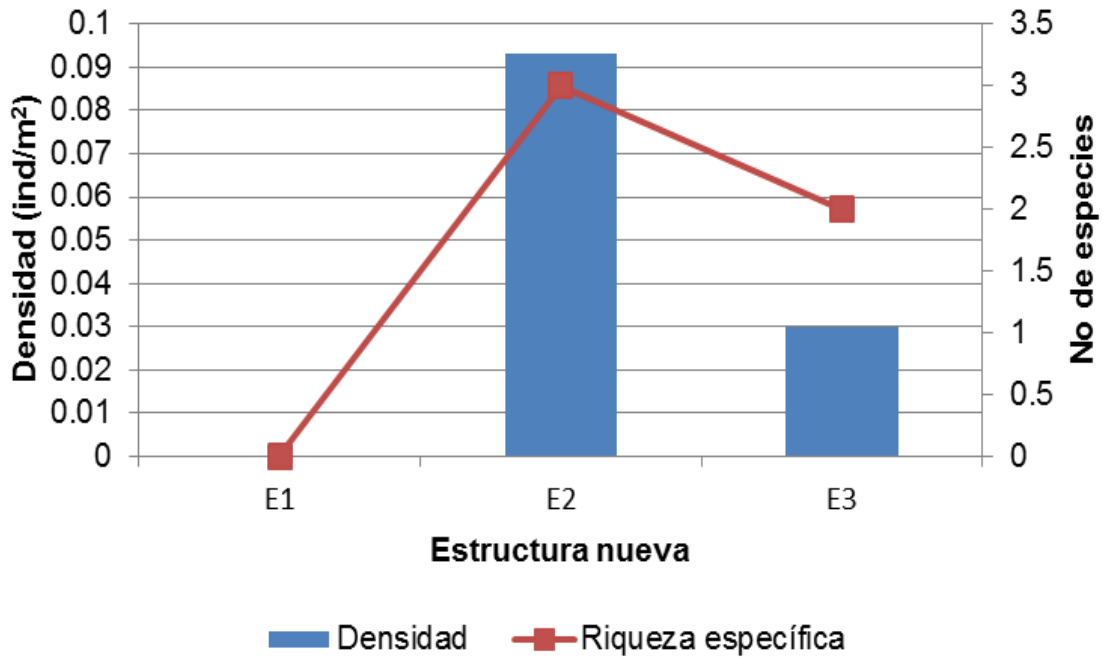


Figura 173. Abundancia y Riqueza específica de gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias.

En la época de secas, la densidad más alta se encontró en el sitio correspondiente a la estructura nueva E2, con 0.05 ind/m², mientras que los valores más bajos se ubicaron en E1, en la cual no hubo registros. En relación a la riqueza específica, se observó la cifra más alta en E3, con 4 especies. Por el contrario, los números más bajos se obtuvieron en E1, debido a la ausencia de registros.

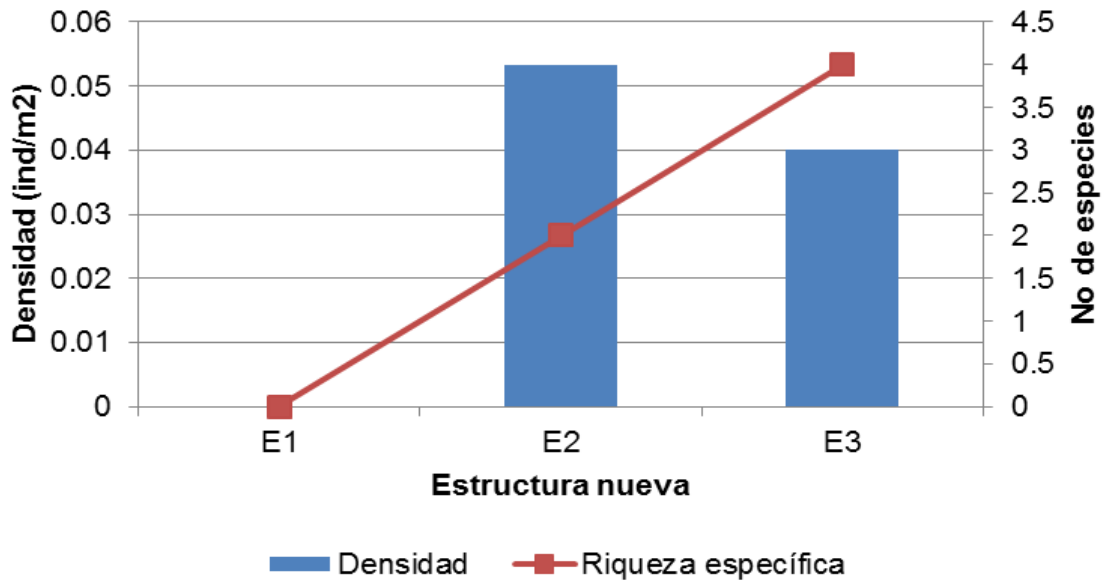


Figura 174. Abundancia y Riqueza específica de gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas.

IV.2.2.4.5.2.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, la mayor diversidad se encontró en E2, con un valor de 1.07. El sitio menos diverso fue el correspondiente a E1, debido a que no hubo registros de gorgonáceos. En términos de equitabilidad, el valor más alto se presentó también en el E2, con 0.98. Como en el caso de la diversidad, la cifra más baja se obtuvo en E1, debido a que no hubo registros.

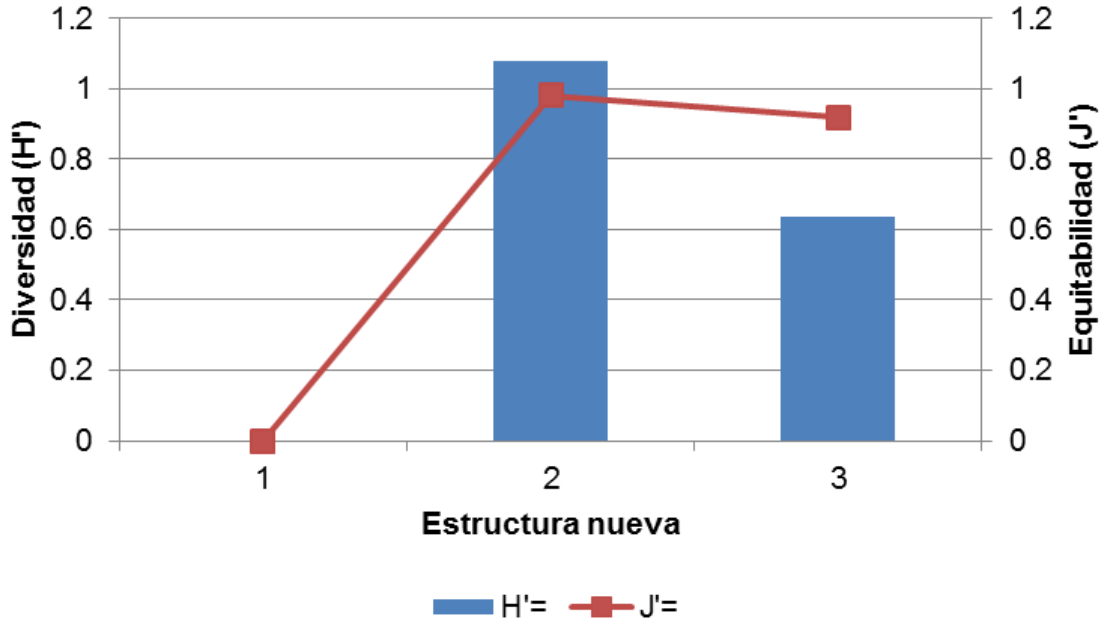


Figura 175. Diversidad de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

En la época de secas, la mayor diversidad se encontró en E2, con un valor de 0.69. Por el contrario, el sitio menos diverso fue el correspondiente a E1, debido a que no hubo registros de gorgonáceos. En términos de equitabilidad, el valor más alto se registró también en el E2, con 0.98. Como en el caso de la diversidad, la cifra más baja se obtuvo en E1, debido a que no hubo registros.

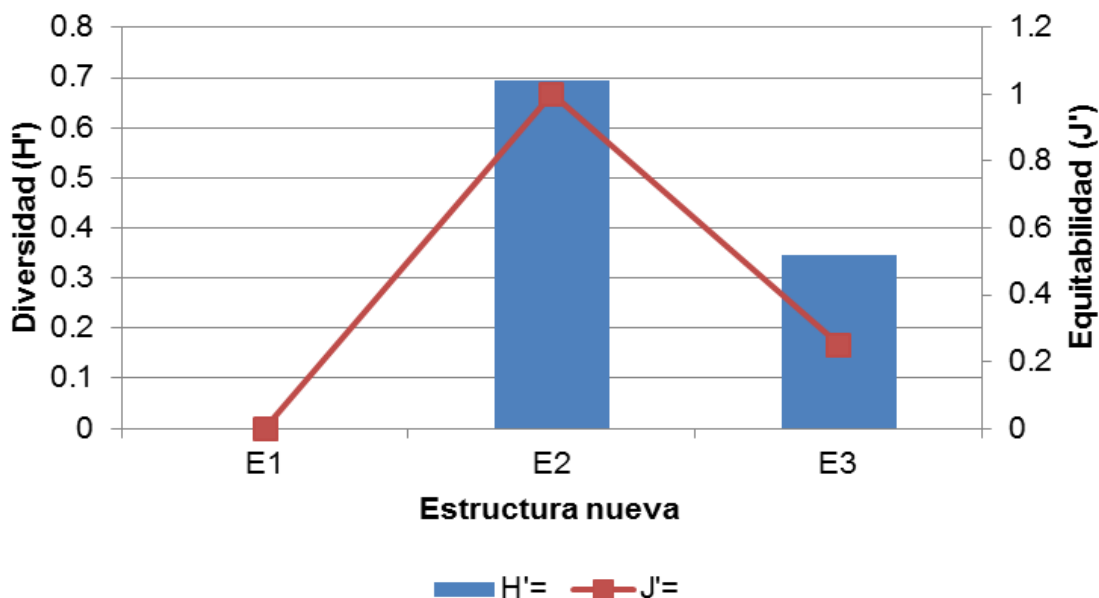


Figura 176. Diversidad de gorgonáceos para el Sistema Ambiental Regional en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.5.2.4 Estructura de tallas

En época de lluvias, en el caso de las estructuras nuevas, E2 y E3 se registraron mayores frecuencias de individuos juveniles que de adultos. En E1 no hubo registros de gorgonáceos de ninguna talla. Tampoco hubo registro de reclutas en los sitios propuestos para la colocación de estructuras nuevas.

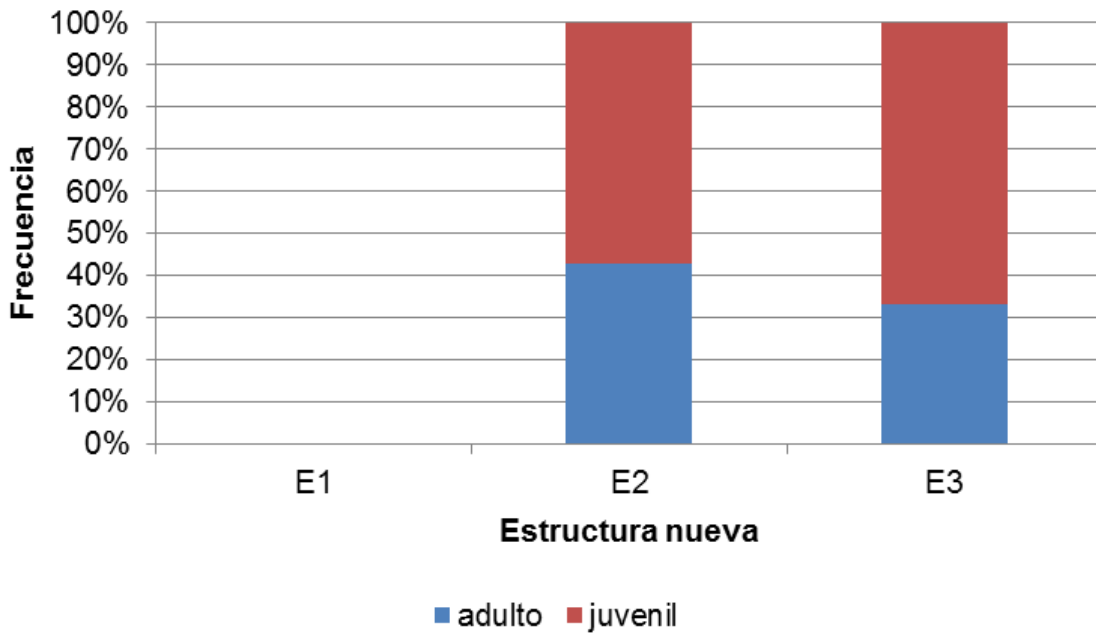


Figura 177. Frecuencia de estructura de tallas para gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias.

En la época de secas, las estructuras E2 y E3 presentaron frecuencias de individuos juveniles y de adultos iguales. En E1 no hubo registros de gorgonáceos de ninguna talla. Tampoco hubo registro de reclutas en los sitios propuestos para la colocación de estructuras nuevas.

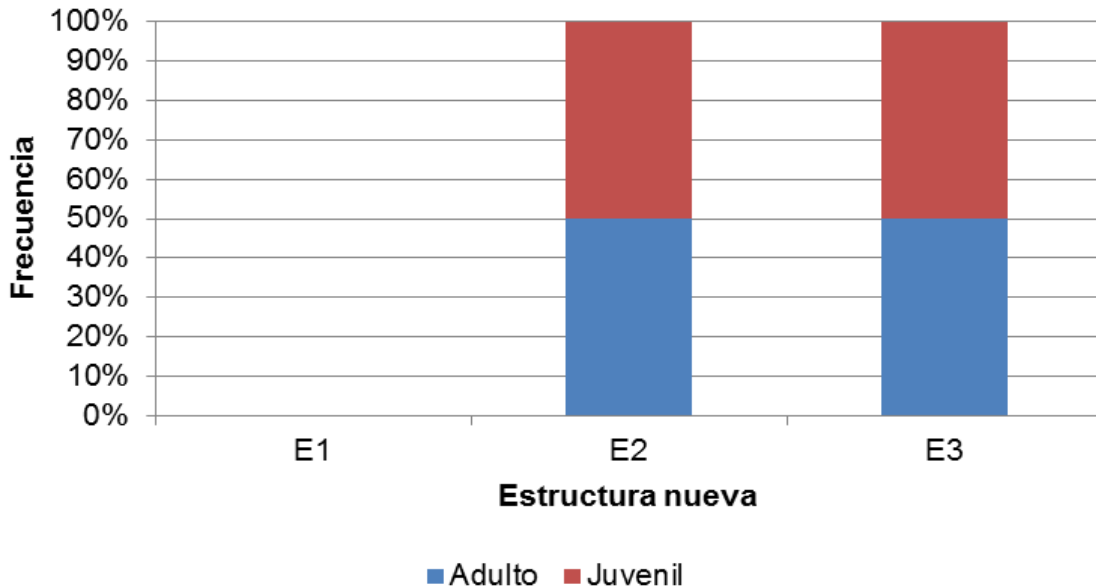


Figura 178. Frecuencia de estructura de tallas para gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas.

IV.2.2.4.5.2.5 Condiciones del organismo

En época de lluvias, se encontraron colonias dañadas con una frecuencia del 28% en E2, uno de los dos sitios propuestos para la colocación de las nuevas estructuras, aunque con diferentes frecuencias. No se registraron daños en los organismos muestreados en E3 y no hubo gorgonáceos en E1.

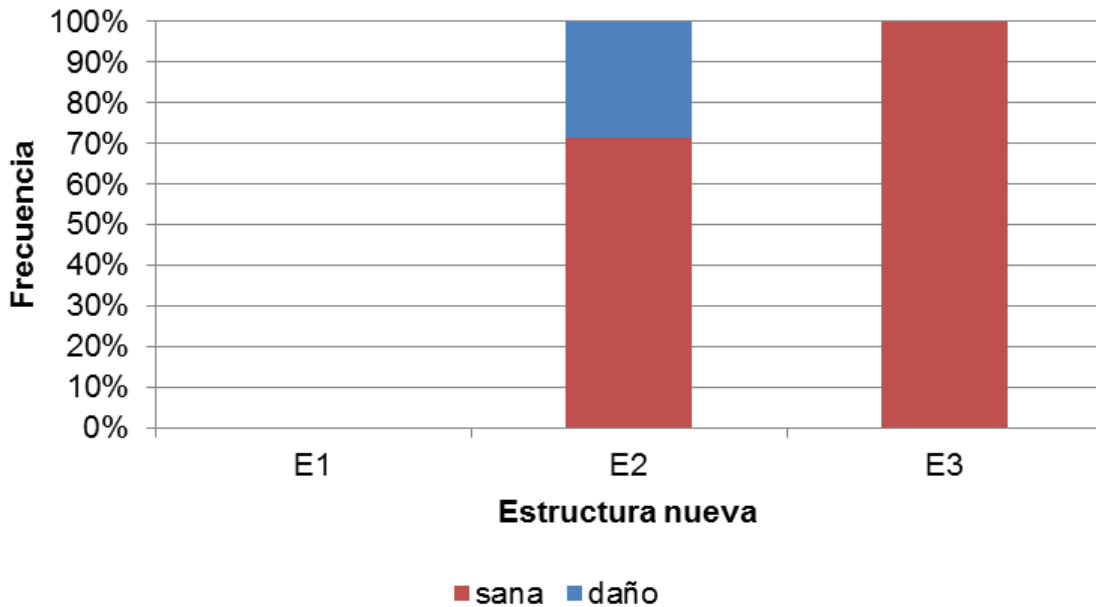


Figura 179. Condición del organismo para gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Sana = colonia sin tejido dañado; Daño = presenta algún tipo de afectación.

En la época de secas se encontraron colonias dañadas con una frecuencia del 25% en E3, uno de los tres sitios propuestos para la colocación de las nuevas estructuras. No se registraron daños en los organismos muestreados en E2 y no hubo gorgonáceos en E1.

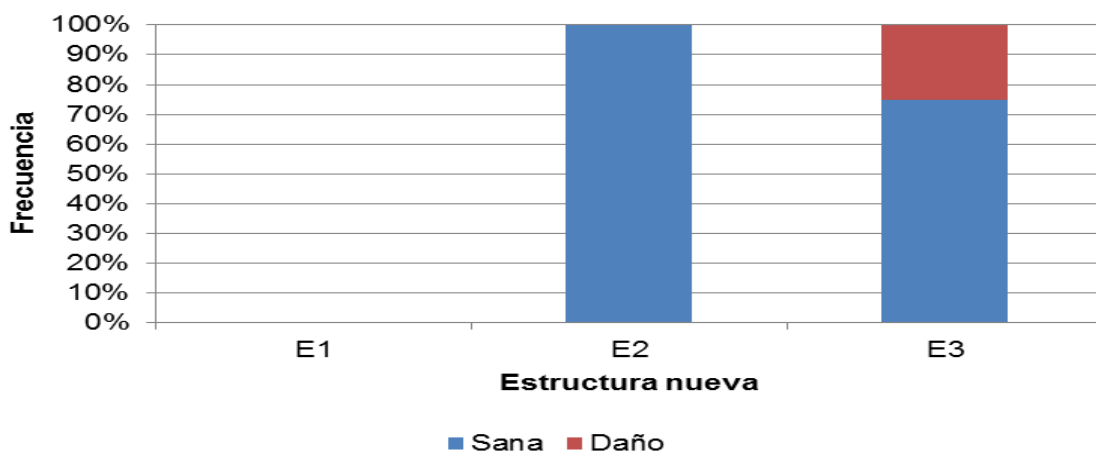


Figura 180. Condición del organismo para gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Sana = colonia sin tejido dañado; Daño = presenta algún tipo de afectación.

IV.2.2.4.5.2.6 Comparación en las dos épocas del año

La presencia de gorgonáceos en los sitios donde se tiene programado instalar las nuevas estructuras de protección costera es muy baja, tanto en riqueza de especies como en cobertura, y las variaciones entre los muestreos de la época de lluvias y secas son mínimas, mostrando valores muy similares de riqueza específica y abundancia, así como de las especies dominantes; lo cual indica una estabilidad temporal de esta comunidad.

Tabla 55. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para gorgonáceos en el área programada para las nuevas estructuras, en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructuras nuevas	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
E1	0	0	0.00	0.00	-	-
E2	3	2	0.09	0.05	Gflab, Panc, Pnut	Gflab, Panc
E3	2	4	0.03	0.04	Panc, Pgua	Panc, Pcit, Pgua,

IV.2.2.4.5.3 Ictiofauna (peces arrecifales)

IV.2.2.4.5.3.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registró un total de 28 especies distribuidas en 29 géneros y 17 familias. La especie con más dominancia y abundancia en los tres sitios fue *Halichoeres bivittatus*, siendo dominante en E2 y abundante en E1 y E2. Sin embargo, la especie *Haemulon flavolineatum* fue dominante en E1. En el sitio E2 abundaron peces de las especies *Thalassoma bifasciatum* y *Stegastes partitus*; mientras que en el sitio E3, aparte de *H. bivittatus*, registró abundancia de las especies *Haemulon flavolineatum*, *Thalassoma bifasciatum* y *Stegastes partitus*.

Tabla 56. Lista de especies y abundancia relativa de peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, con base en su abundancia relativa, en época de lluvias. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>coeruleus</i>	E		C
Balistidae	<i>Balistes</i>	<i>vetula</i>		E	
Bothidae	<i>Bothus</i>	<i>lunatus</i>		*	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>striatus</i>	*		E

Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>	D		A
		<i>sciurus</i>			C
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>	A	D	A
		<i>poeyi</i>	E		
	<i>Thalassoma</i>	<i>bifasciatum</i>	C	A	A
Labrisomidae	<i>Malacoctenus</i>	<i>triangulatus</i>		E	
		<i>versicolor</i>			R
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>synagris</i>	E	E	
Monacanthidae	<i>Cantherhines</i>	<i>macrocerus</i>			R
		<i>pullus</i>	E		R
Muraenidae	<i>Gymnothorax</i>	<i>moringa</i>		E	
Ostraciidae	<i>Lactophrys</i>	<i>trigonus</i>			R
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>saxantilis</i>	A	C	E
		<i>diencaeus</i>	E	E	R
	<i>Stegastes</i>	<i>partitus</i>	E	A	A
		<i>planifrons</i>	E	E	
		<i>variabilis</i>			R
Scaridae	<i>Sparisoma</i>	<i>radians</i>	E	E	E
		<i>viride</i>	E		
Scianidae	<i>Pareques</i>	<i>acuminatus</i>			E
Scorpaenidae	<i>Scorpaena</i>	<i>plumieri</i>	E		
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>		E	C
	<i>Sphoeroides</i>	<i>spengleri</i>			R
Urobatidae	<i>Urobatis</i>	<i>jamaicensis</i>	E	E	R
Total			15	14	19

En el muestreo de la época de secas se registró un total de 20 especies, distribuidas en 11 géneros y nueve familias. La especie *Halichoeres bivittatus* fue la que registró el mayor rango de distribución, encontrándose en todos los sitios de muestreo, así como también fue la especie dominante en los tres sitios, compartiendo este estatus con la especie *Haemulon flavolineatum* en el sitio E1. En el sitio E2 las especies *Acanthurus coeruleus* y *Thalassoma bifasciatum* fueron abundantes; mientras que en el sitio E3 las especies *Halichoeres maculupina* y *Canthigaster rostrata* fueron la abundantes.

Tabla 57. Lista de especies y abundancia relativa de peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, con base en su abundancia relativa, en época de secas. D = Dominante (>20%), A = Abundante (10-20%), C = Común (5-10%), E = Escaso (1-5%), R = Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>chirurgus</i>	C		
		<i>coeruleus</i>	E	A	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>ocellatus</i>		E	
		<i>striatus</i>	E	E	
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>	D		
		<i>plumieri</i>		E	
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>	D	D	D
		<i>garnoti</i>			C
		<i>maculupina</i>			A
		<i>radiatus</i>	E	E	
	<i>Thalassoma</i>	<i>bifasciatum</i>	C	A	
Lutjanidae	<i>lutjanus</i>	<i>analís</i>	E		
Muraenidae	<i>Gymnothorax</i>	<i>moringa</i>	*		
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>saxantilis</i>	A	C	
	<i>Stegastes</i>	<i>diencaeus</i>		E	
		<i>partitus</i>		E	
		<i>variabilis</i>		E	E
Scaridae	<i>Sparisoma</i>	<i>rubripinne</i>		E	
		<i>viride</i>		E	E
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>		E	A
Total			9	14	6

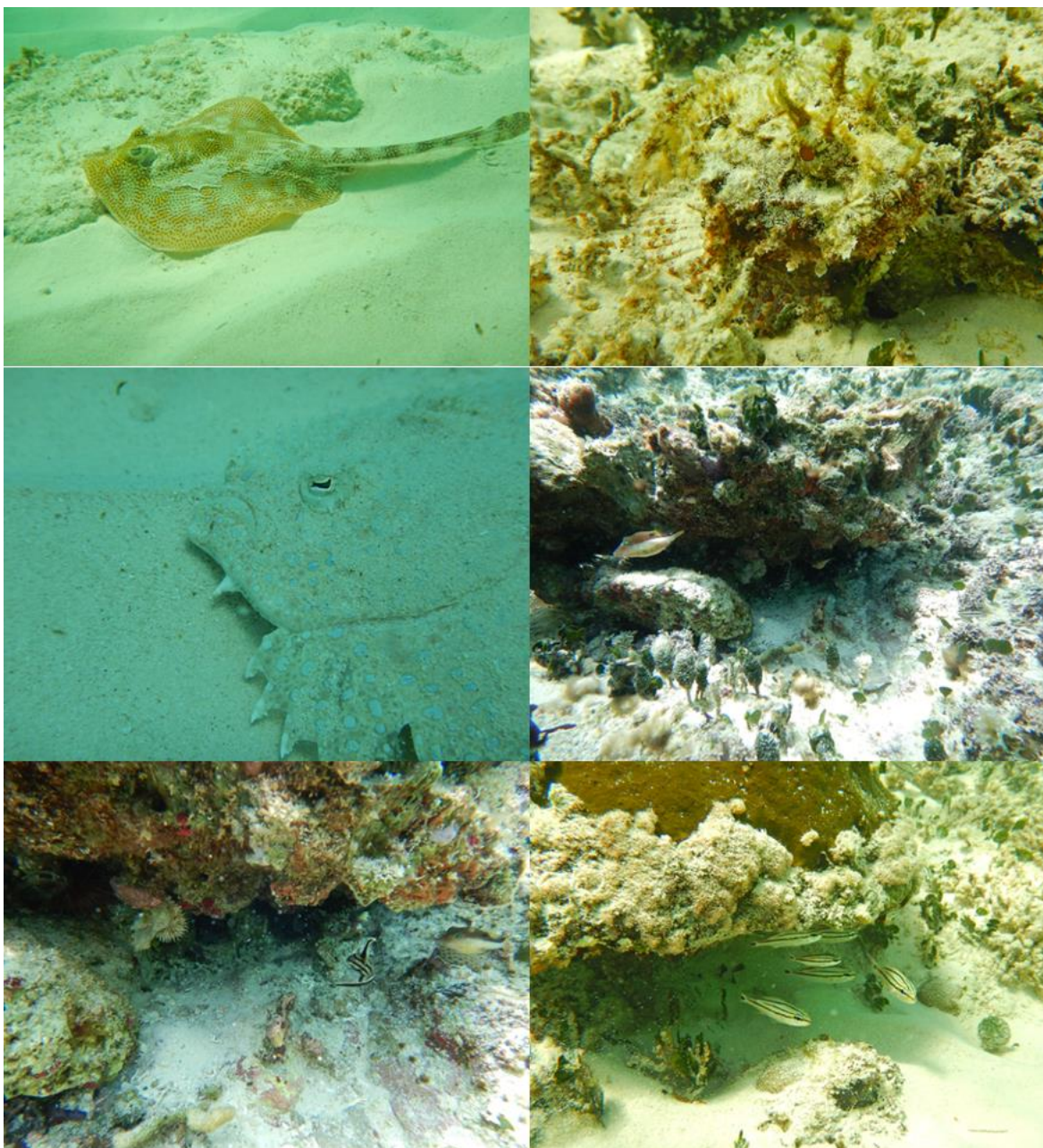


Figura 185. Especies de peces en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Abajo izquierda: *Urobatis jamaicensis*, *Scorpaena plumieri*, *Canthigaster rostrata*, *Bothus lunatus*, *Pareques acuminatus*, *Haemulon plumieri*; abajo derecha: *Pterois volitans*.

IV.2.2.4.5.3.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, la mayor densidad de peces y riqueza se registró en el sitio E3 con valores de 0.63 org/m² y 19 especies; el sitio E2 registró una densidad similar con 0.62 org/m² y la más baja riqueza para este ambiente con solo 13 especies observadas; el sitio E1 presentó la densidad de peces más baja con 0.41 org/m² y una riqueza de 15 especies.

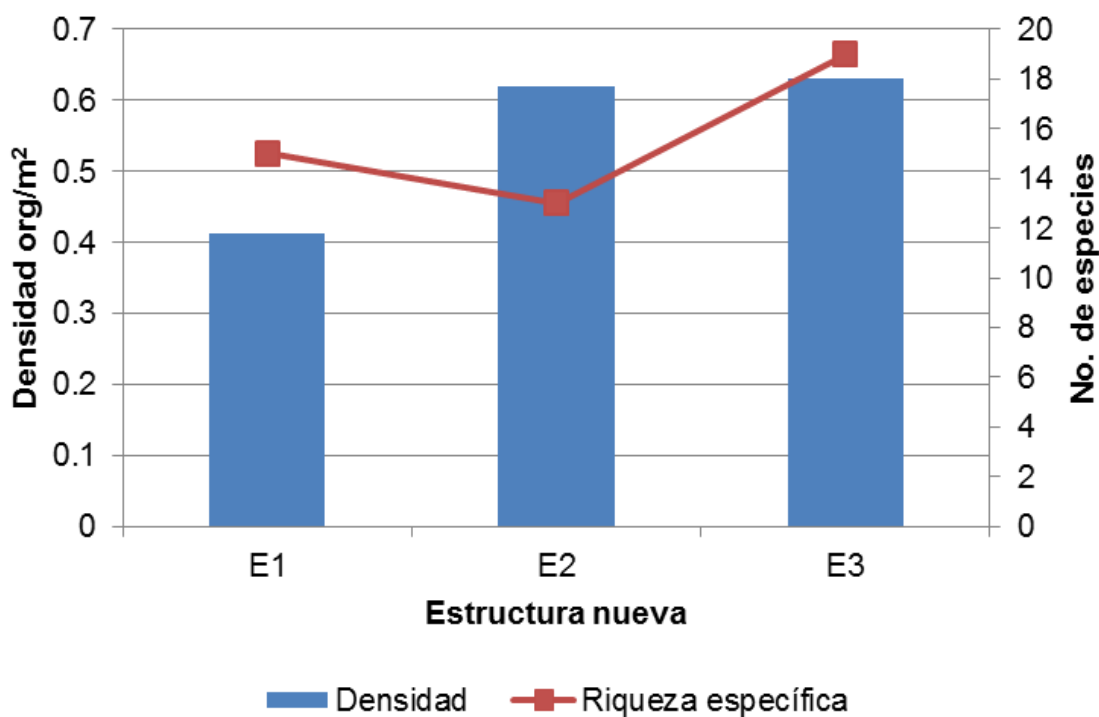


Figura 181. Abundancia y Riqueza específica de peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias.

En la época de secas, los sitios E1 y E2 registraron la mayor densidad de peces para este ambiente, ambos sitios con 0.6 org/m², con una riqueza de 9 y 14 especies respectivamente. Mientras que en el sitio E3 se registró una densidad de 0.10.6 org/m², con una riqueza de seis especies, siendo estos los valores más bajos para estas variables en este ambiente de muestreo.

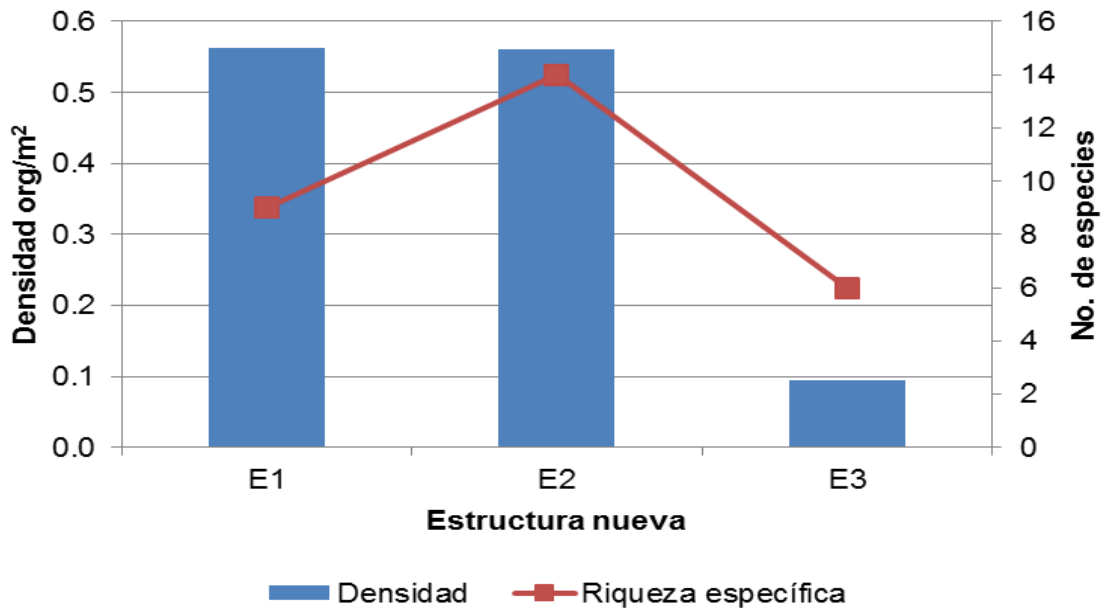


Figura 182. Abundancia y Riqueza específica de peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas.

IV.2.2.4.5.3.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, los valores más altos de estos índices se registraron en el sitio E3 con una diversidad $H'=2.3544$ y una equitabilidad $J'=0.7996$; el sitio E1 obtuvo los segundos valores más altos con una diversidad $H'=2.0936$ y una equitabilidad de $J'=0.7731$; mientras que el sitio E2 obtuvo los valores más bajos de diversidad y equitabilidad con $H'=1.8007$ y $J'=0.7020$.

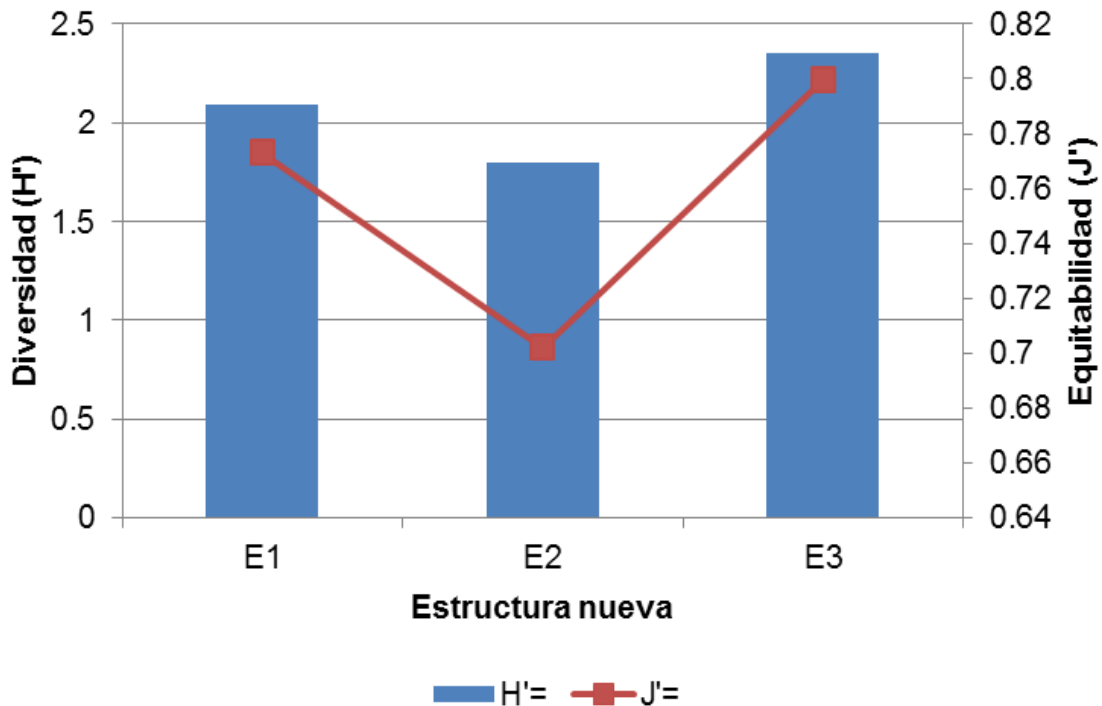


Figura 183. Diversidad de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

En la época de secas, la mayor diversidad se registró en el sitio E2 con un valor de $H'=1.9188$ y una equitabilidad de $J'=0.7270$; mientras que la más alta equitabilidad se observó en el sitio E1 con un valor de $J'=0.7552$ y una diversidad de $H'=1.6594$. Los más bajos valores de estos índices se presentaron en el sitio E3 con una $H'=1.2291$ y una $J'=0.6859$.

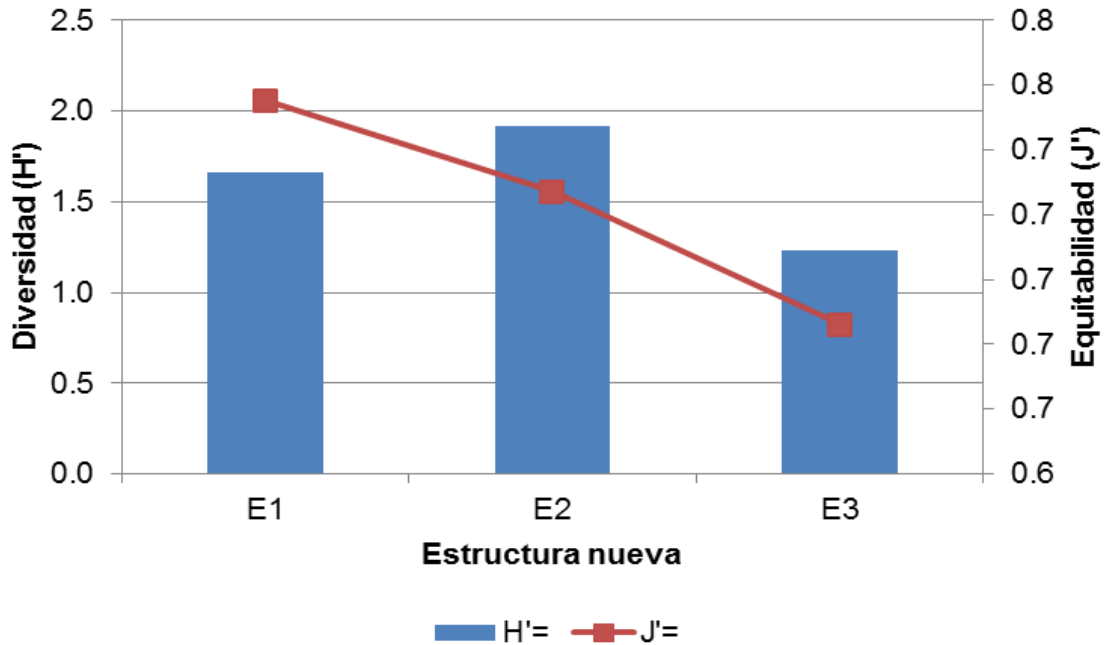


Figura 184. Diversidad de peces arrecifales para el Sistema Ambiental Regional en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.5.3.4 Estructura de tallas

En época de lluvias, se registraron seis categorías de tamaños de las cuales ningún sitio contó con el espectro completo. Los sitios E1 y E2 presentaron cinco categorías de tamaños, dominando en ambos sitios los peces pequeños categoría I, con una frecuencia de observación de 81.8% y 60.2% respectivamente; en ambos sitios la mayor categoría observada fue la VI con una frecuencia de 1.5 % para E1 y 1.1% para E2. El sitio E3 solo registró cuatro categorías, al igual que los sitios anteriores, la talla dominante fue la I con una frecuencia de 80.9% y siendo la categoría IV la más grande para este sitio con una muy baja frecuencia de solo el 0.8%.

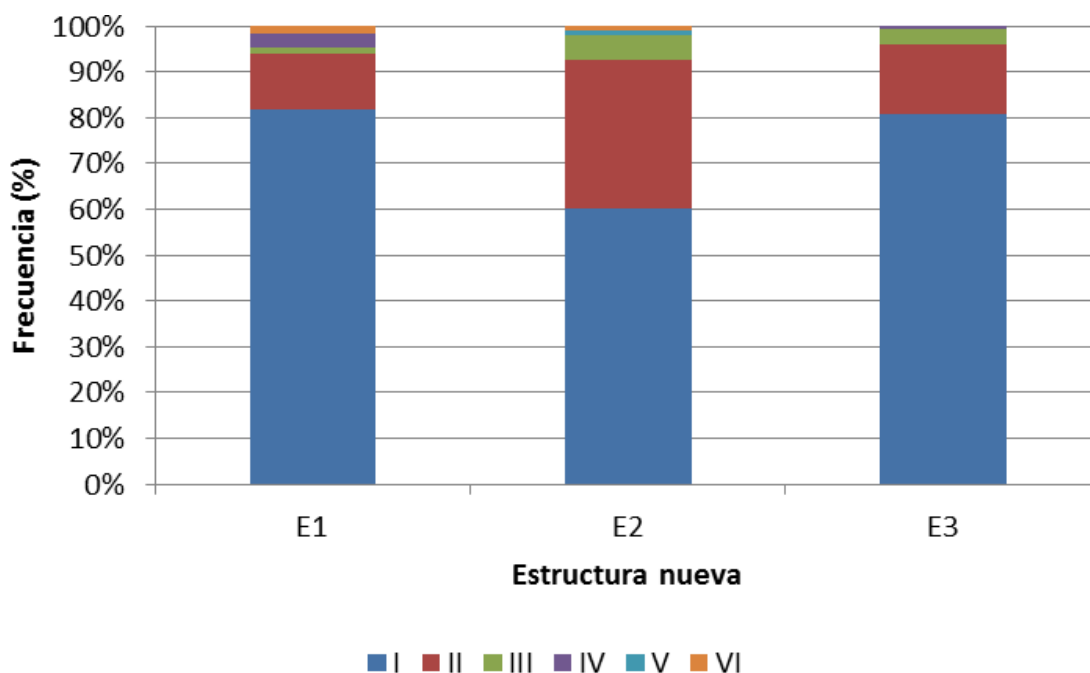


Figura 185. Estructura de tallas para peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-30, V > 25 cm de longitud.

En la época de secas, en este ambiente se registraron solamente cuatro categorías de tamaños de peces, observándose el espectro completo en el sitio E2, donde dominaron los peces pequeños categoría I, con una frecuencia de registro del 58.3%, seguidos por la categoría II con una frecuencia del 21.4%. En los sitios E1 y E3 se registraron tres categorías de tallas, dominando las peces categoría I con una frecuencia del 56.7% en E1 y con 84.2% en E2.

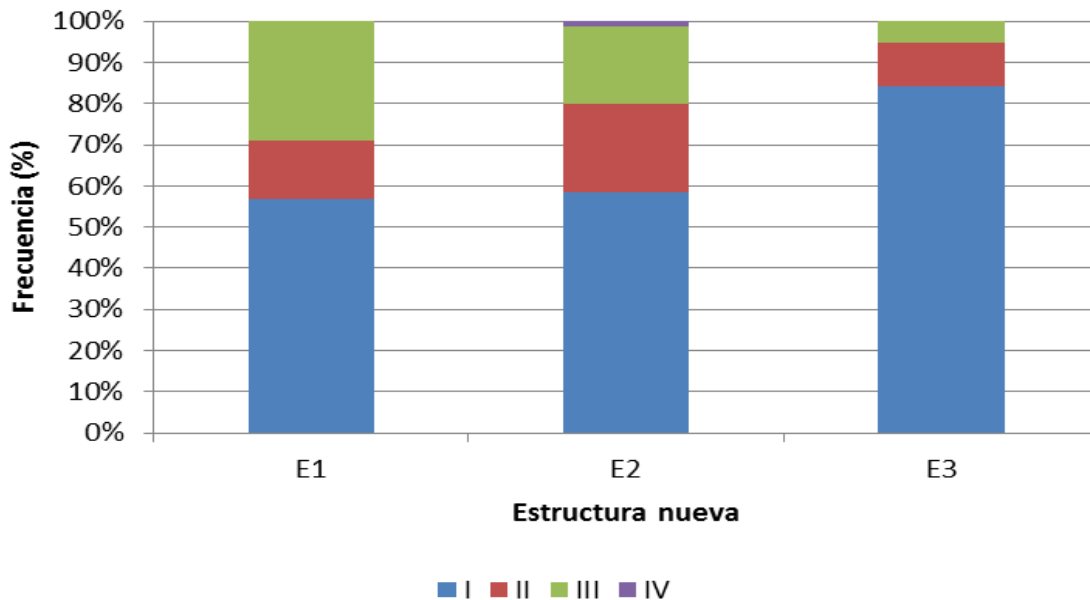
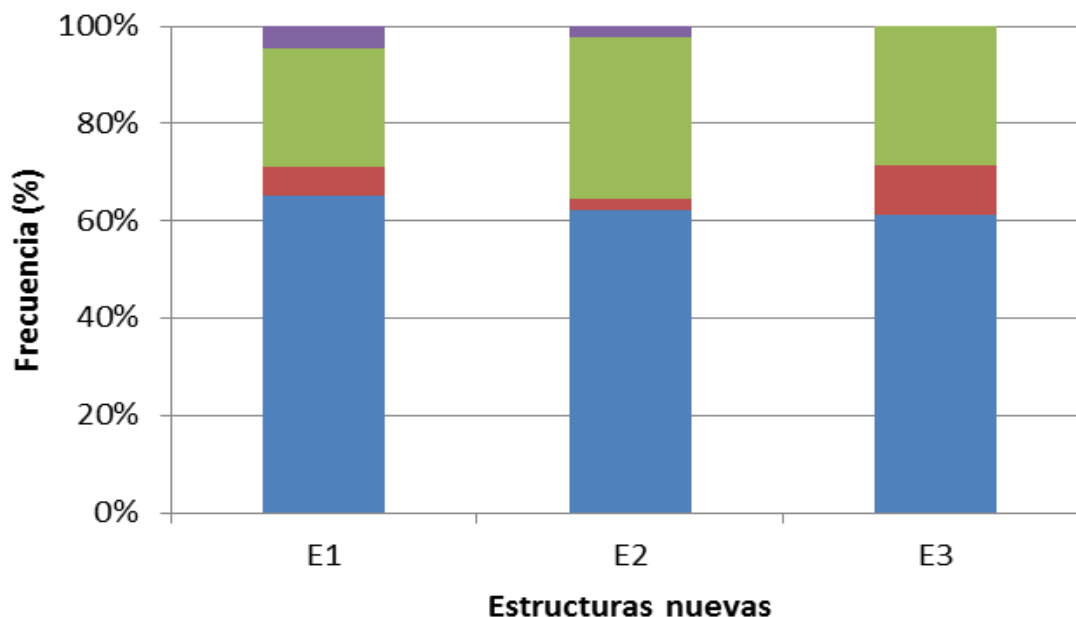


Figura 186. Estructura de tallas para peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. I < 5 cm, II = 5-10 cm, III = 10-20 cm, IV = 20-30, V > 25 cm de longitud.

IV.2.2.4.5.3.5 Grupos funcionales

En época de lluvias, se determinaron cuatro grupos tróficos para este ambiente, siendo solo los sitios E1 y E2 que registraron el espectro completo, donde los peces bentófagos aportaron la mayor frecuencia con el 65% para E1 y el 60.3% para E2; los peces piscívoros solo se registraron en estos dos sitios aportando una frecuencia de 4.5% y 2.1% para E1 y E2. En el sitio E3 dominaron los peces bentófagos, al igual que en lo sitios anteriores.



■ Bentófago ■ Herbívoros ■ Omnívoro ■ Piscívoro

Figura 192. Grupos tróficos para peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Bento = Bentófago, Herbi = Herbívoro, Ictio = Ictiófago, Omni = Omnívoro; Planc = Planctófago.

En la época de secas, se presentaron los mismos cuatro grupos tróficos, siendo el sitio E1 donde se obtuvo el espectro completo, dominando los peces bentófagos con una frecuencia del 70%, seguido por los peces omnívoros con un aporte de 20% de frecuencia. En los sitios E2 y E3 dominaron los bentófagos, con una frecuencia de 55.9% y 78.9% respectivamente, seguidos por los peces omnívoros, al igual que en el sitio E1.

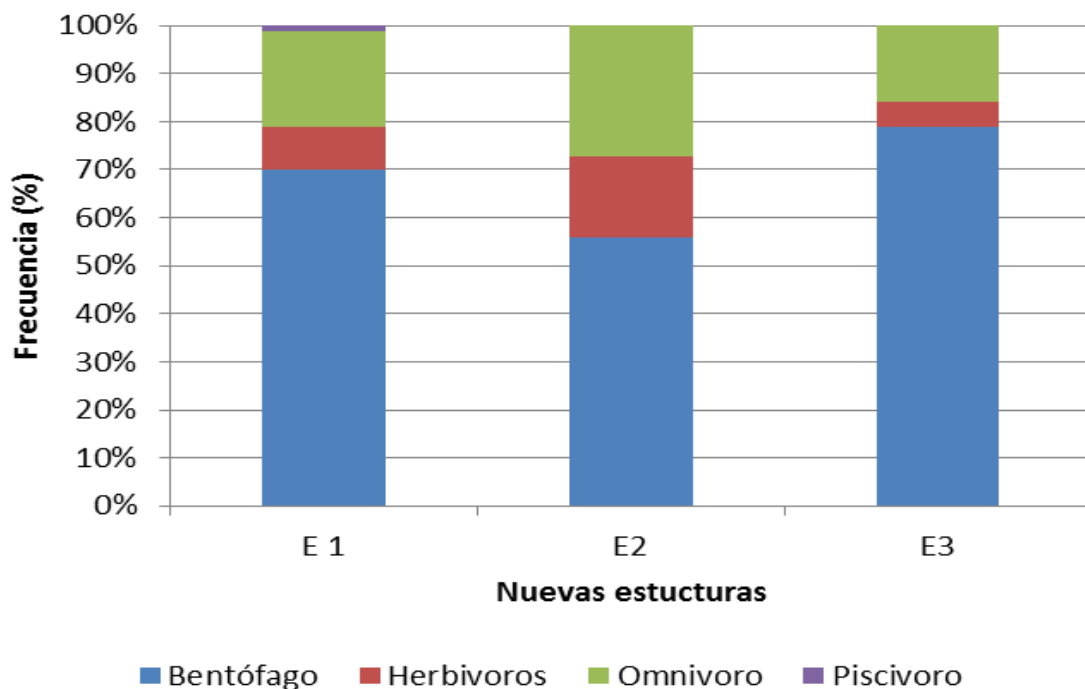


Figura 187. Grupos tróficos para peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Bento = Bentófago, Herbi = Herbívoro, Ictio = Ictiófago, Omni = Omnívoro; Planc = Planctófago.

IV.2.2.4.5.3.6 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad de peces en los sitios donde se tiene programado instalar las nuevas estructuras de protección costera muestra poca variación entre los muestreos de la época de lluvias y secas, mostrando valores muy similares de riqueza específica y abundancia, así como de las especies dominantes; lo cual indica una estabilidad temporal para esta comunidad.

Tabla 58. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para peces arrecifales en el área programada para las nuevas estructuras, en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructura nueva	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
E1	15	9	0.41	0.56	Hflav	Hfla, Hviv
E2	13	14	0.62	0.56	Hbiv	Hbiv
E3	19	6	0.63	0.10	Hflav, Tbif	Hbiv

IV.2.2.4.5.4 Vegetación marina (macroalgas y pastos marinos)

IV.2.2.4.5.4.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registró un total de 26 especies, pertenecientes a 19 géneros y cuatro divisiones. Los tres sitios tienen una composición de algas diferente. La E1 tiene una dominancia de algas rojas carnosas, de las especies *Bostrychia tenella* y *Laurencia papillosa*; la E2 tiene una marcada dominancia de algas verdes calcáreas de las especies *Halimeda tuna* y *Rhipocephalus phoenix*; mientras que E3 tiene una composición de especies parecida a la E1, pero con una mayor diversidad de especies.

Tabla 59. Lista de especies de vegetación marina y estimaciones de abundancia en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, con base en su cobertura relativa, en época de lluvias. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A)= 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = < 1%.

División	Género	Especie	E1	E2	E3
Chlorophyta	<i>Acetabularia</i>	<i>crenulata</i>	E		R
	<i>Avrainvillea</i>	<i>asarifolia</i>	C	C	C
		<i>fulva</i>	E	E	
	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>	E		
		<i>paspaloides</i>			E
	<i>Derbesia</i>	<i>marina</i>	E		C
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>			E
		<i>tuna</i>	C	D	C
	<i>Neomeris</i>	<i>anulata</i>	E		
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>			E
<i>dumetosus</i>		E			
<i>Rhipocephalus</i>	<i>phoenix</i>	A	A	C	
<i>Udotea</i>	<i>occidentalis</i>			E	
	<i>wilsoni</i>			R	
Phaeophyta	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>cavernosa</i>			E
	<i>Dictyota</i>	<i>cervicornis</i>			R
		<i>crenulata</i>	E		R
	<i>Sargassum</i>	<i>fluitans</i>	E		
Rhodophyta	<i>Amphiroa</i>	<i>fragilissima</i>			E
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>	D		C
	<i>Heterosiphonia</i>	<i>gibbesi</i>	E		A

División	Género	Especie	E1	E2	E3
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>			E
	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>	D	A	A
		<i>poiteaui</i>	C	E	E
	<i>Neogoniolithon</i>	<i>strictum</i>			C
Cyanobacteria	<i>Lyngbya</i>	<i>sp.</i>			C
Total			15	6	21

Durante el muestreo de la época de secas se registró un total de 19 especies, pertenecientes a 14 géneros y 3 divisiones. Los 3 sitios tienen una composición de algas diferente. La E1 tiene una dominancia de algas rojas carnosas, de las especies *Bostrychia tenella* y *Laurencia papillosa*; la E2 tiene una marcada dominancia de algas verdes calcáreas de las especies *Caulerpa cupressoides*, *Halimeda tuna* y *Rhipocephalus phoenix*; mientras que E3 tiene una composición de especies parecida a la E1, pero con una mayor diversidad de especies.

Tabla 60. Lista de especies de vegetación marina y estimaciones de abundancia en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, con base en su cobertura relativa, en época de secas. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = < 1%.

División	Género	Especie	E1	E2	E3	
Chlorophyta	<i>Avrainvillea</i>	<i>asarifolia</i>		E	A	
	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>		D	R	
		<i>verticillata</i>				R
	<i>Derbesia</i>	<i>marina</i>		E		
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>				R
		<i>opuntia</i>	C			D
		<i>tuna</i>	E	A		R
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>			E	R
		<i>pyriformis</i>			E	R
	<i>Rhipocephalus</i>	<i>phoenix</i>	A	A		C
<i>Udotea</i>	<i>nigricans</i>	C				
<i>Valonia</i>	<i>macrophysa</i>				R	
Phaeophyta	<i>Dictyota</i>	<i>pulchella</i>	E	E	R	
Rhodophyta	<i>Amphiroa</i>	<i>spicifera</i>	E			
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>	D	E	D	
	<i>Dasya</i>	<i>harveyi</i>			C	
	<i>Heterosiphonia</i>	<i>gibbesi</i>			E	
	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>	A			

División	Género	Especie	E1	E2	E3
		<i>poiteaui</i>		E	
Total			8	10	14

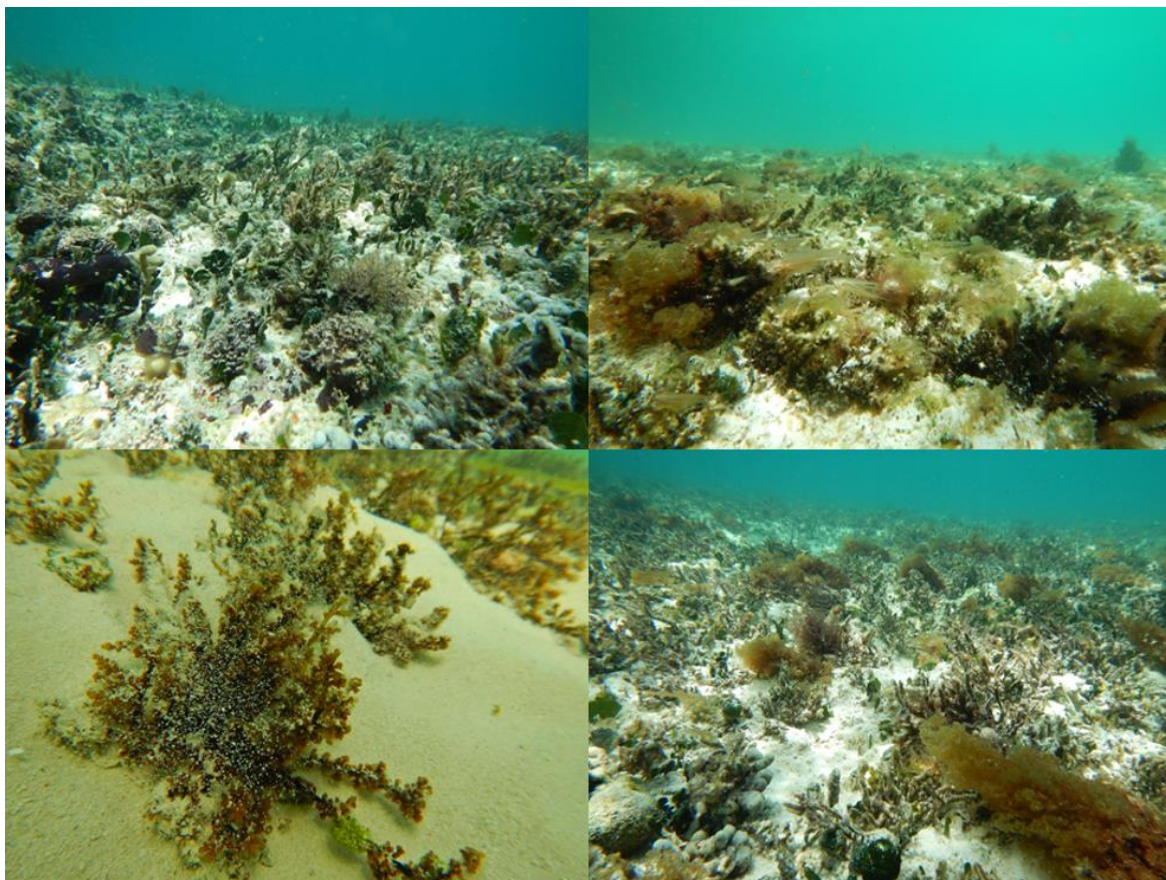


Figura 194. Especies de macroalgas presentes en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Arriba izquierda: Parches del alga verde calcárea con géneros *Rhipilia*, *Penicillus* y *Rhipocephalus*; arriba derecha: alga cianobacteria del género *Lyngbya* creciendo sobre tapete de macroalgas; abajo izquierda: alga roja *Laurencia papillosa*; abajo derecha: alga roja *Heterosiphonia gibessi* creciendo sobre tapetes del alga verdes.

IV.2.2.4.5.4.2 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, los sitios en donde se tiene previsto colocar las nuevas estructuras presenta una cobertura de algas relativamente baja, con valores que van del 20 al 41%. El Sitio con mayor abundancia de algas es la E3, y el que tuvo el

valor más bajo fue la E2. En cuanto al número de especies, el sitio E3 presentó el mayor número con 21 especies, y el sitio E2 el valor más bajo con 6 especies.

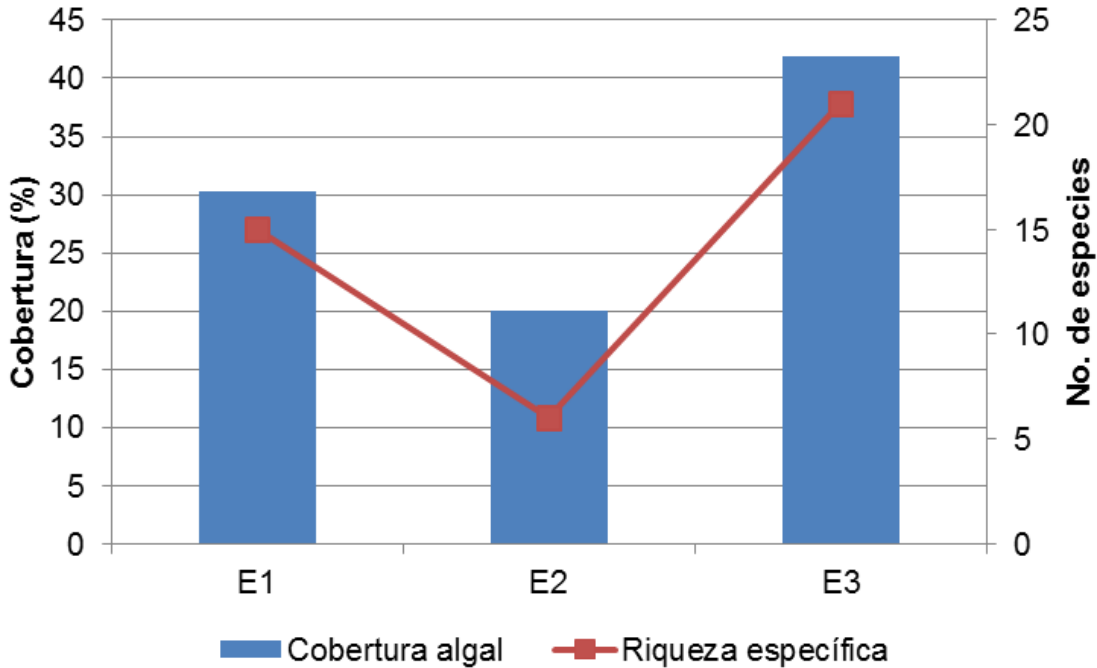


Figura 188. Abundancia y Riqueza específica de vegetación marina en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias.

En la época de secas, los sitios en donde se tiene previsto colocar las nuevas estructuras también presentó una cobertura de algas aún más baja, con valores que van del 20 al 29%. El Sitio con mayor abundancia de algas fue la E3, y el que tuvo el valor más bajo fue la E1. En cuanto al número de especies, el sitio E3 presentó el mayor número con 14 especies, y el sitio donde se piensa colocar la estructura 1 E1 el valor más bajo con 8 especies.

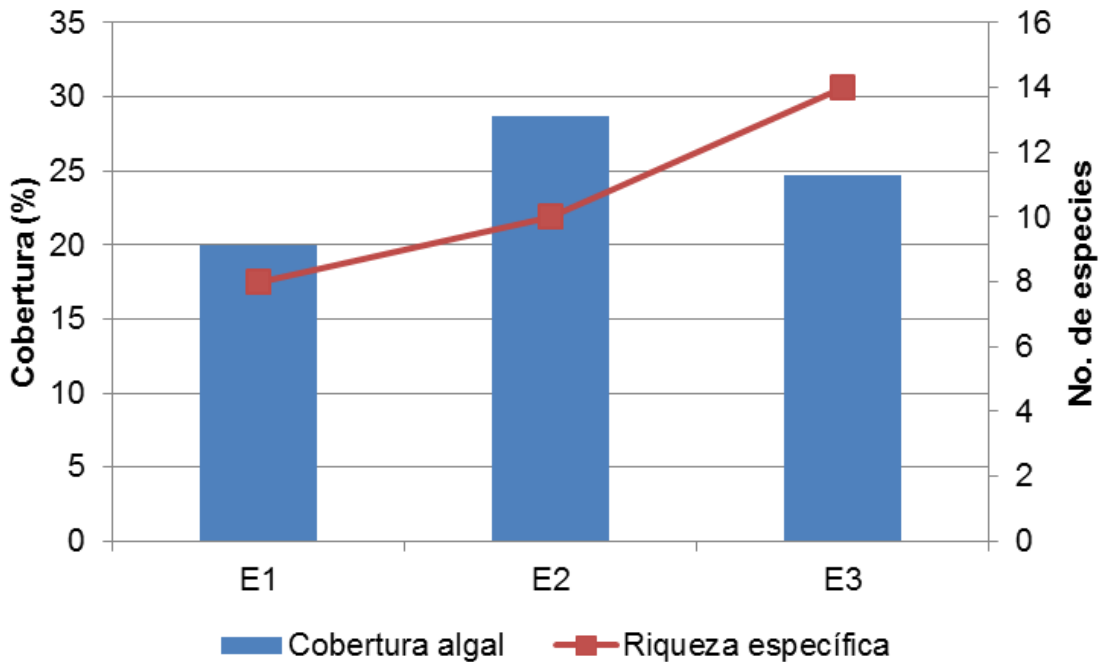


Figura 189. Abundancia y Riqueza específica de vegetación marina en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas.

IV.2.2.4.5.4.3 Diversidad y equitabilidad

En época de lluvias, la diversidad para los sitios donde se pondrán las nuevas estructuras oscila entre $H' = 1.5$ y 2.7 , siendo el valor más alto para el sitio E3, y más bajo para E2; con valores de equitabilidad muy similares en los 3 sitios estimando una J' entre 0.83 y 0.88 .

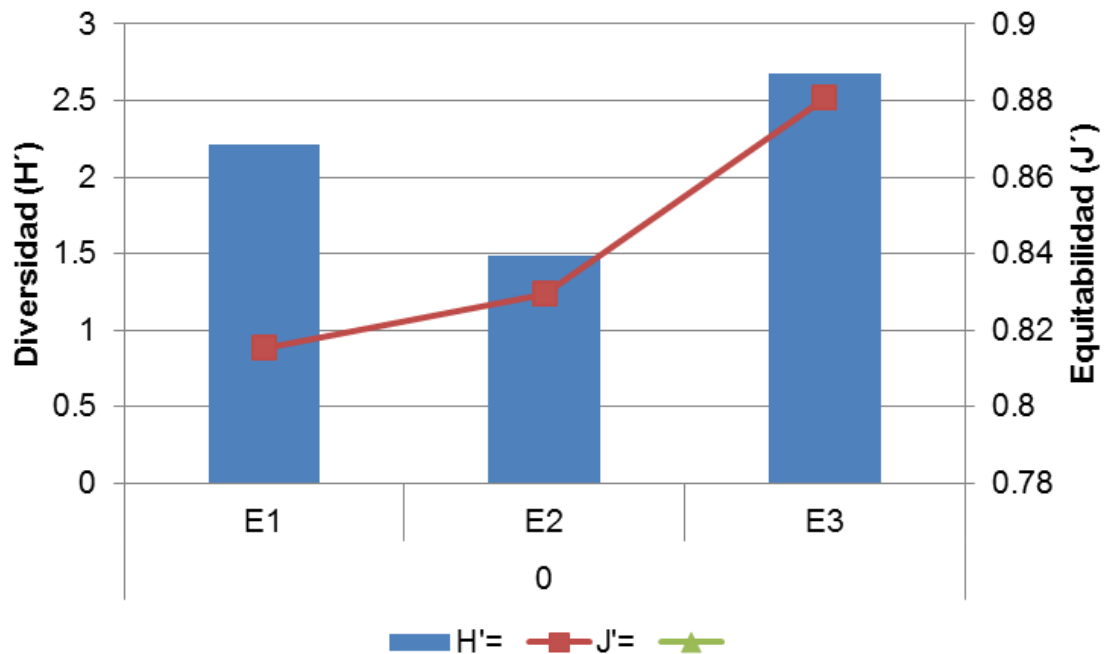


Figura 190. Diversidad de vegetación marina en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

En la época de secas, la diversidad para los sitios donde se pondrán las nuevas estructuras varió entre $H'=1.6$ y 2.2 , siendo el valor más alto para el sitio E3, y más bajo para E1; con valores de equitabilidad muy similares en los 3 sitios estimando una J' entre 0.71 y 0.82 .

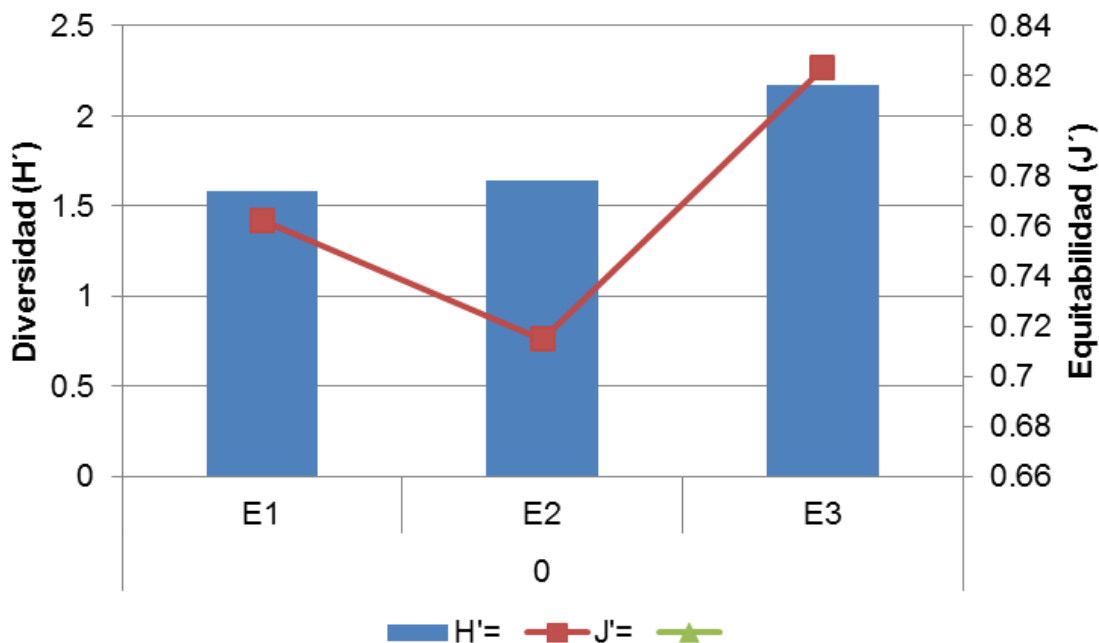


Figura 191. Diversidad de vegetación marina en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

IV.2.2.4.5.4 Grupos funcionales

En época de lluvias, la composición de los grupos funcionales de algas es parecida entre los sitios E1 y E3, con una mayor variedad de grupos taxonómicos. En los 3 sitios se observa una dominancia de algas calcáreas, tanto rojas como verdes.

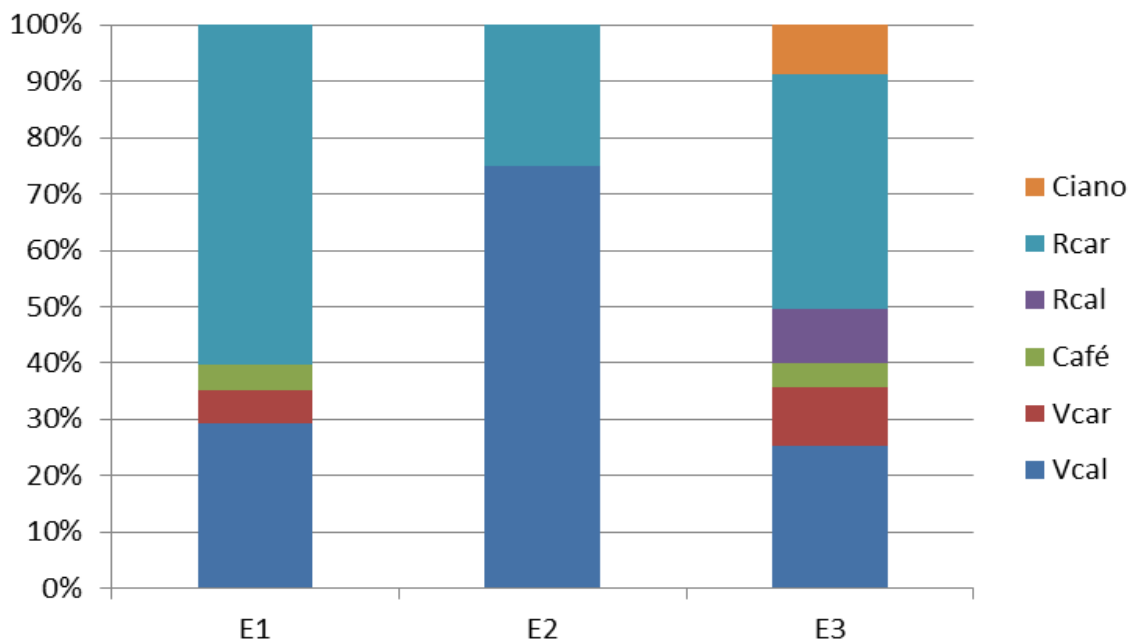


Figura 192. Grupos taxonómicos para vegetación en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Vcar = Clorofitas carnosas, Vcal = Clorifitas calcáreas, RcaR = Rodofitas carnosas, Rcal = Rodofitas calcáreas, Café = Feofitas, Pasto = Magnoliofitas, Ciano = Cianobacterias.

En la época de secas, la composición de los grupos funcionales de algas es parecida a la que se presentó en la época de lluvias, observando 4 diferentes categorías para los 3 sitios. Se observa una dominancia de algas verdes calcáreas en E2 y E3, mientras una mayor abundancia de algas rojas carnosas en E3.

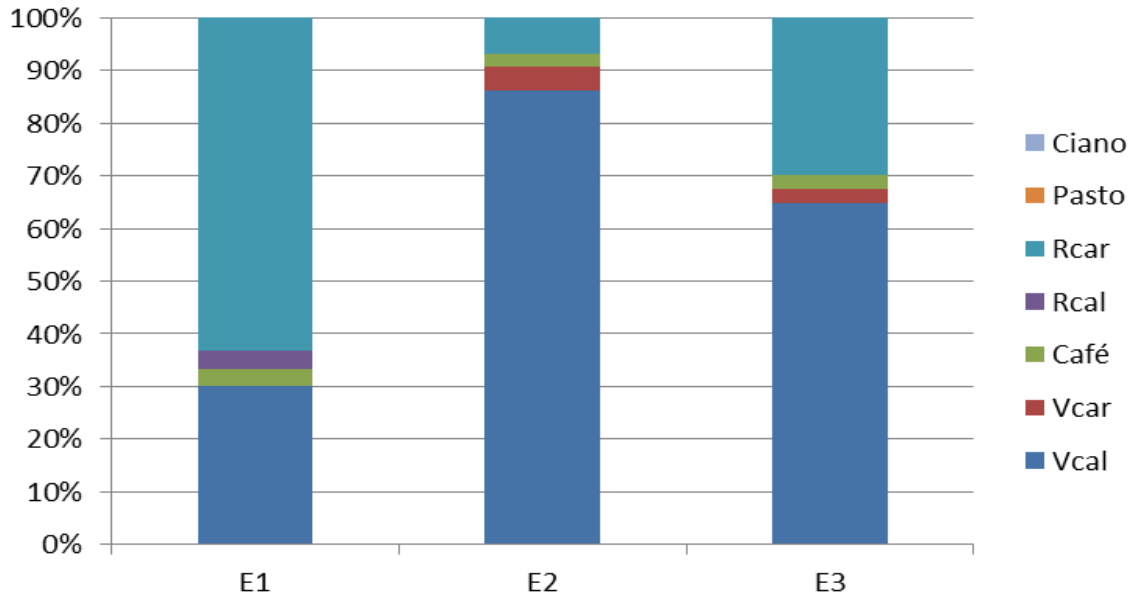


Figura 200. Grupos taxonómicos para vegetación en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Vcar = Clorofitas carnosas, Vcal = Clorifitas calcáreas, RcaR = Rodofitas carnosas, Rcal = Rodofitas calcáreas, Café = Feofitas, Pasto = Magnoliofitas, Ciano = Cianobacterias.

IV.2.2.4.5.4.5 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad vegetal que existe en los sitios donde se tiene programado instalar las nuevas estructuras de protección costera muestra algunas variaciones entre los muestreos de la época de lluvias y secas. Los sitios donde se instalarán las estructuras E1 y E3 presentaron una reducción del número de especies y cobertura de algas, con una composición de especies similar en el primer caso, y un cambio de especies para el segundo. Para el sitio donde se instalará la estructura E3 se observó un ligero incremento en la riqueza específica y abundancia, con un cambio de dominancia de especies.

Tabla 61. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para vegetación en el área programada para las nuevas estructuras, en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructura nueva	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (% cob)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
E1	15	8	30.22	20.00	Bten, Lpap	Bten,
E2	6	10	20.00	28.67	Htun	Ccup
E3	21	14	41.82	24.67	Hgib, Lpap	Hop, Bten

IV.2.2.4.5.5 Invertebrados

IV.2.2.4.5.5.1 Distribución y composición de especies

En época de lluvias, se registraron un total de 14 especies de invertebrados, pertenecientes a 14 géneros y 13 familias. Se registró un total de 73 individuos en los tres sitios propuestos para la colocación de las nuevas estructuras.

Se registraron organismos de seis grupos de invertebrados, tales como anélidos, anémonas, crustáceos, equinodermos, esponjas y moluscos. En términos de abundancia relativa, la especie dominante en el área de estudio fue el equinodermo *Echinometra viridis*.

Tabla 62. Presencia y abundancia relativa de otros invertebrados en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = < 1%.

Grupo	Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Anélido	Sabellidae	<i>Bispira</i>	<i>brunnea</i>		E	
Anémona	Stichodactylidae	<i>Stichodactyla</i>	<i>helianthus</i>	E		
Crustáceo	Palinuridae	<i>Panulirus</i>	<i>argus</i>	E		
Equinodermo	Cidaridae	<i>Eucidaris</i>	<i>tribuloides</i>		E	E
	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>		C	
	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>	D	D	D
Esponja	Clionidae	<i>Anthosigmella</i>	<i>varians</i>		C	
		<i>Cliona</i>	<i>caribbaea</i>	A	D	A
	Desmacididae	<i>Desmapsamma</i>	<i>anchorata</i>		E	
	Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>felix</i>	D	A	
	Thorectidae	<i>Hyrtios</i>	<i>violaceus</i>	A		
Molusco	Octopodidae	<i>Octopus</i>	<i>sp</i>			E

Grupo	Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
	Ranellidae	<i>Charonia</i>	<i>variegata</i>			E
	Strombidae	<i>Lobatus</i>	<i>gigas</i>			E
Total				6	8	6

En el muestreo de la época de secas se registró un total de 11 especies de invertebrados, pertenecientes a 10 géneros y 9 familias. Se muestrearon un total de 70 individuos en los 3 sitios propuestos para la colocación de las nuevas estructuras. Se registraron organismos de 5 grupos de invertebrados, tales como crustáceos, equinodermos, esponjas y moluscos y zoántidos. En términos de abundancia relativa, la especie dominante en el área de estudio fue el equinodermo *Echinometra viridis*.

Tabla 63. Presencia y abundancia relativa de otros invertebrados en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas. Dominante (D) = > 20%; Abundante (A) = 10-20%; Común (C) = 5-10%; Escasa (E) = 1-5% y Rara (R) = < 1%.

Grupo	Familia	Género	Especie	E1	E2	E3
Crustáceo	Palinuridae	<i>Panulirus</i>	<i>argus</i>		A	
Equinodermo	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>		E	
	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>	D	D	D
	Toxopneustidae	<i>Tripneustes</i>	<i>ventricosus</i>	C		
Esponja	Clionaidae	<i>Anthosigmella</i>	<i>varians</i>			C
		<i>Cliona</i>	<i>caribbaea</i>		E	A
	Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>felix</i>	D	A	D
			<i>strobilina</i>		A	
Molusco	Ovulidae	<i>Cyphoma</i>	<i>gibbosum</i>		E	
	Strombidae	<i>Lobatus</i>	<i>gigas</i>	C	E	
Zoántido	Sphenopidae	<i>Palythoa</i>	<i>caribaeorum</i>		E	C
Total				4	9	5

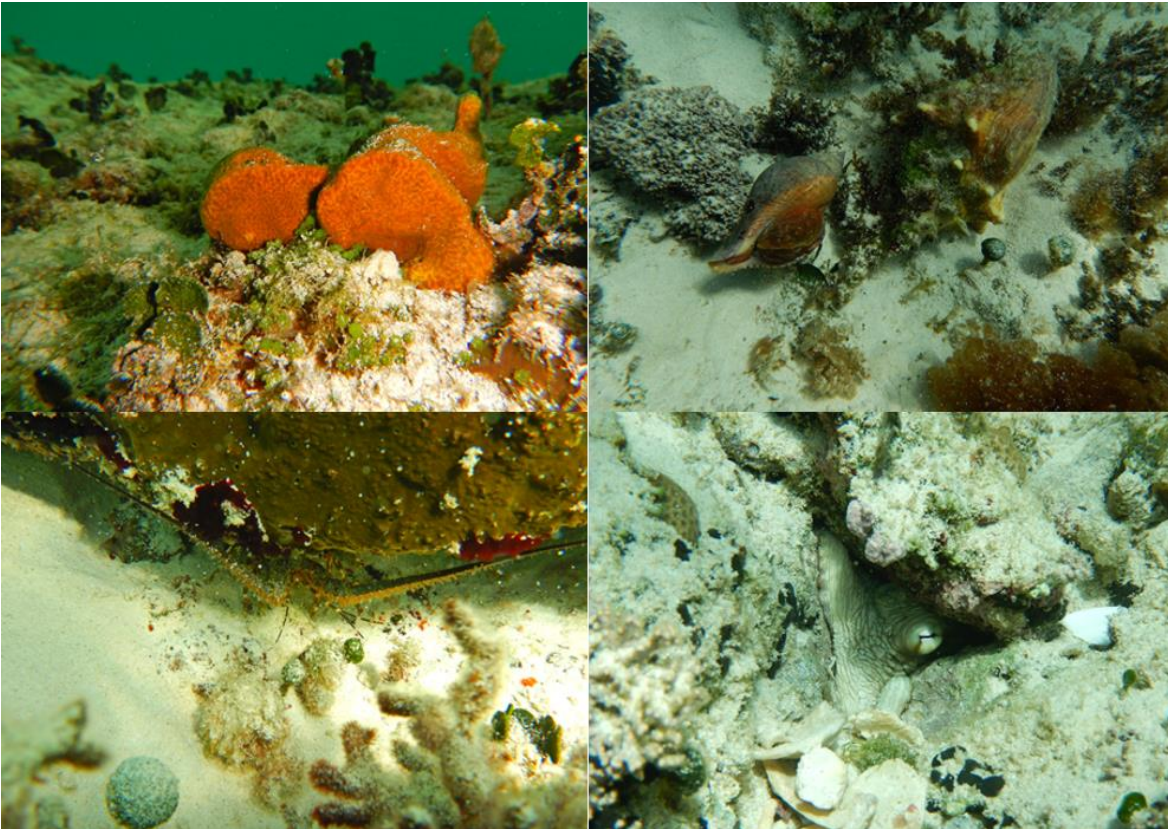


Figura 201. Especies de invertebrados presentes en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias. Arriba izquierda: Esponja; arriba derecha: moluscos *Lobatus gigas* y *Charonia variegata*; abajo izquierda: Langosta *Panulirus argus*; abajo derecha: Molusco *Octopus* sp.

IV.2.2.4.5.5.1 Abundancia y riqueza específica

En época de lluvias, la mayor densidad de invertebrados se registró en E2, con 0.32 ind/m². La menor densidad se obtuvo en E1, con 0.25 ind/m². Para el caso de la riqueza específica, fue en E2 donde también se obtuvieron los valores más altos, con 8. E1 y E2 resultaron con una riqueza de 6 especies cada una.

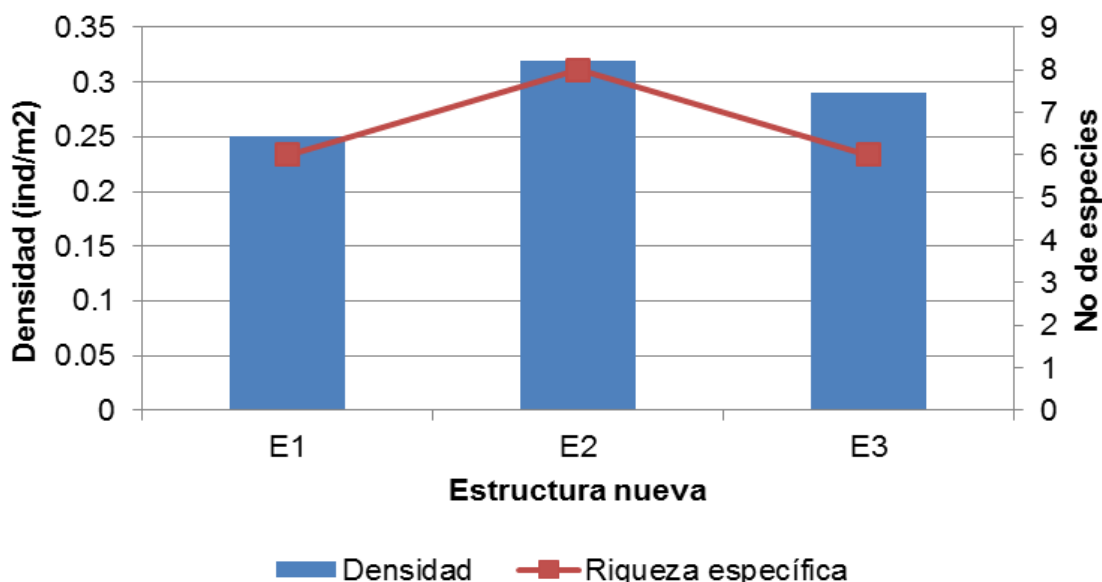


Figura 202. Abundancia y Riqueza específica de invertebrados en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de lluvias.

En la época de secas, la mayor densidad de invertebrados se registró en E3, con 0.36 ind/m². La menor densidad se obtuvo en E1, con 0.17 ind/m². Para el caso de la riqueza específica, fue en E2 donde se obtuvieron los valores más altos, con 7. En sentido puesto, el valor más bajo se obtuvo en E3, con un registro de 4 especies.

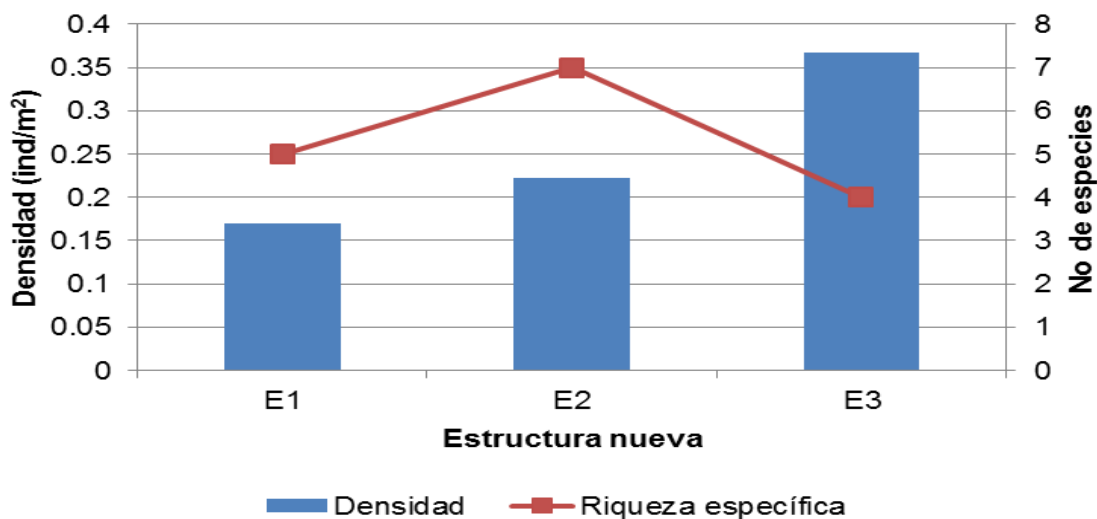


Figura 193. Abundancia y Riqueza específica de invertebrados en el área programada para las nuevas estructuras de protección costera, en época de secas.



IV.2.2.4.5.2 Comparación en las dos épocas del año

La comunidad de invertebrados que se encuentra en los sitios previstos para la instalación de las estructuras de protección costera presentó pocos cambios entre el muestreo de la época de lluvias y secas. El número de especies varía en máximo 2 especies entre muestreos, y estimación de la abundancia entre la época de lluvias y secas es muy parecida. Del mismo modo, se observa una dominancia de especies muy similar en los 3 sitios y entre las 2 épocas del año.

Tabla 64. Comparación de los valores de la riqueza específica, abundancia y especies dominantes para invertebrados en el área programada para las nuevas estructuras, en 2 épocas: la época de lluvias y secas del 2018.

Estructura nueva	Riqueza específica (#sp)		Abundancia (ind/m ²)		Especies dominantes	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
E1	6	5	0.25	0.17	Evir, Ifel	Evir, Ifel
E2	8	7	0.32	0.22	Evir, Ccar	Evir
E3	6	4	0.29	0.37	Evir	Evir, Ifel

IV.2.2.5 Especies de interés particular

Se encontraron dos especies bajo la categoría "Sujetas a Protección especial" (Pr) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 65. Especies presentes en el área de estudio que se encuentran sujetas a protección especial (Pr) en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

Taxa	Especie	Nivel de protección	Tipos de ambientes en los que se encuentran presentes y su abundancia
Gorgonáceos	<i>Plexaura homomalla</i>	Pr	Ambiente: Laja con gorgonáceos (E) (lluvias y secas)
	<i>Plexaurella dichotoma</i>	Pr	Ambiente: Arenal profundo (E) (lluvias) Laja con gorgonáceos (R) (secas)

IV.2.2.6 Discusión

El Sistema Ambiental Regional (celda litoral) que se determinó para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” presenta un sistema arrecifal con poco desarrollo en su estructura, por lo que carece de la zonación típica de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. De esta manera, las zonas estructurales características de Laguna Arrecifal, Cresta Arrecifal y Arrecife Frontal, con 2 a 3 subzonas para cada una (*sensu* Gutiérrez *et al.* 1993), no están presentes. En consecuencia, la ausencia de una barrera arrecifal genera ambientes marinos muy homogéneos, poco diversos y con escasa biota marina asociada. La parte somera está conformada por una planicie de laja calcárea cubierta de sedimento y macroalgas, en donde la heterogeneidad ambiental es muy baja, con presencia escasa y dispersa de colonias de coral de tamaño pequeño. Estas condiciones se asocian a una baja diversidad biológica, en donde los corales como principales constructores arrecifales se encuentran pobremente representados. Del mismo modo, en esta parte somera no existe una laguna arrecifal, por lo que la presencia de praderas de pasto marino es muy escasa. En la parte profunda, la ausencia de un arrecife frontal con sistema de macizos y canales provoca que solamente se encuentren algunos parches de gorgonáceos, que en algunos sitios forma un escalón al inicio de la laja calcárea sobre el canal de arena, siendo a menudo los sitios con mayor abundancia de biota marina.

En cuanto al grado de conservación que se presenta, la baja presencia de corales escleractinios, como principal elemento biótico por su papel como constructor arrecifal, provoca que el ambiente marino tenga escasa complejidad de ambientes, lo que se asocia con una biota marina poco diversa. En cuanto al hecho de que la estructura comunitaria de los corales escleractinios es muy pobre para el área de estudio aplica, no solo por la escasa cobertura de tejido vivo y bajo número de especies que presenta como se ha discutido anteriormente, sino también por la composición de especies presente en las distintas áreas arrecifales, ya que es notoria la marcada dominancia de la especie de coral mostaza (*Porites astreoides*), seguida de las especies de coral estrella masiva (*Siderastrea siderea*) en algunos sitios, y de coral lechuga delgada (*Agaricia tenuifolia*) en otros. Cabe destacar que estas especies son consideradas pioneras o ruderales en los procesos de sucesión biológica (*sensu* Grime y Pierce 2012), ya que estos corales son resistentes a la sedimentación y abrasión generada por la arena (Torres y Morelock 2002), formando una capa de mucus para retirar el sedimento (Cofforth 1985). Sin embargo, por el tamaño que alcanzan estas colonias y por su forma de



crecimiento, estas especies tienen un reducido aporte a la acreción arrecifal y un papel ecológico poco relevante en los procesos biogénicos de la construcción arrecifal. En cambio, aquellas especies consideradas como las principales constructoras arrecifales, como son las del género *Acropora* en las partes someras y el coral de estrella rocoso (*Orbicella annularis*) en las intermedias y profundas, no se registraron en los muestreos de este estudio. Sin embargo, resulta interesante analizar la condición en la que se encuentran los corales, ya que no se registró afectación por enfermedad ni blanqueamiento dentro de los muestreos; con más del 75% de las colonias sanas, y únicamente incidencia de afectación por sedimentación y algunas veces por epibiontes. Esta situación prevaleció en ambas épocas del año, a pesar de que durante el primer muestro, en la época de lluvias, se observó afectación de la zona somera por el arribazón excesivo del alga marina (*Sargasum* spp.) con una alta turbiedad en la zona.

Por otra parte, en el Sistema Ambiental Regional, se observó que la cobertura vegetal en el muestreo de la época de lluvias fue del 40% en promedio, y hasta del 80% en las praderas de pasto marino, con una disminución considerable en la época de secas, con un 25% de cobertura vegetal y 40% en el ambiente de pastos marinos. En general se considera que estos valores de abundancia no están asociados con altos índices de eutroficación del agua, a pesar de que se detectaron varios sitios donde emerge agua dulce (ojos de agua), lo cual puede ser un indicio de que no existe contaminación del agua proveniente de tierra por esta vía. Así mismo, las variaciones estacionales ocurren de manera natural en la comunidad vegetal, en función de la temperatura del agua.

Por su parte, los gorgonáceos solamente son importantes en los ambientes de laja L-lis/a y L-gor, siendo los dos tipos de ambientes con mayor riqueza específica y abundancia, notando una ligera disminución de estos valores en el muestreo de secas; sin embargo, estos organismos no suelen ser considerados indicadores de alguna condición específica de la salud arrecifal.

Para la comunidad de peces se han realizado varios estudios que apuntan a que diversos factores son los que regulan la distribución y abundancia de peces en el arrecife (Hixon y James 1989). La complejidad estructural en los ecosistemas genera diferentes tipos de micro hábitats, con lo cual se espera que promueva una alta diversidad y abundancia de organismo que ocupen estos nuevos nichos (Crowder y Cooper 1982), de modo que la complejidad arrecifal muestra una relación directa con la abundancia y ensamble de peces arrecifales (Graham y Nash 2013). La complejidad en un arrecife y/o ambiente marino, esta conferido tanto por



elementos abióticos, como son rocas y relieve del sustrato, así como elementos bióticos como son colonias de coral, praderas de algas y pastos marinos. Algunos investigadores señalan que, además de la disponibilidad de refugio, también intervienen el hábitat como sitio de desove y reclutamiento (Shulman and Ogden 1987). Esto puede explicar la alta frecuencia observada de peces pequeños (categoría I), aunado a que la mayor densidad de peces se registró en el ambiente L-Rug/a (Laja rugosa con algas), donde se observó un mayor relieve que proporcionan sitios de refugio para la fauna marina. Los ambientes de Ar-som (Arenal somero) y Past (Pastizal), fueron los ambientes con nulo o bajos registro de peces, en el primer ambiente mencionado, se debe a que no existe ningún tipo de estructuras o elementos que confieran un refugio para estos organismos; mientras que en el ambiente de Pastizal proporciona un poco de relieve, sin embargo, los peces que habitan en este ambiente son de tallas pequeñas y difíciles de observar. También es importante mencionar que se presentó una cierta estabilidad en los parámetros comunitarios estimados para la comunidad de peces entre los muestreos de la época de lluvias y secas. Es importante mencionar que, en los ambientes más cercanos a la costa, como el Ar-som, se encontró bajo la influencia de los efectos de la “marea café” causada por el arribazón masivo del alga marina (*Sargassum spp.*).

También se observó la presencia de erizos, sobre todo de la especie de erizo diadema (*Diadema antillarum*), el cual se registró en los ambientes de Rompiente Arrecifal y Laja con macroalgas somera, siendo un indicador de la salud arrecifal por su papel como uno de los principales organismos herbívoros al mantener control del sobrecrecimiento algal. Esta situación apunta a una recuperación gradual de las poblaciones de esta especie, después de haber estado en una situación crítica en los arrecifes del Caribe a finales de los noventas (Knowlton 2001, Lessios *et al.* 2001). De igual modo, la presencia de organismos de importancia comercial como la langosta espinosa (*Panulirus argus*), el caracol rosado (*Lobatus gigas*) y el pulpo (*Octopus sp.*) son indicadores de la presencia de refugios y áreas de alimentación importantes para estas especies.

Sin embargo, después del análisis de la condición que guardan los diferentes grupos taxonómicos, **en términos generales**, se puede decir que el arrecife del **Sistema Ambiental Regional**, definido para este proyecto, **se encuentra** en un grado de deterioro similar al que afecta todo el Sistema Arrecifal Mesoamericano en donde más del 50% de los arrecifes se encuentran **en condición pobre o crítica debido a un decremento de la cobertura coralina asociado a un incremento de la cobertura de algas carnosas y filamentosas** (Healty Reefs 2015).



En cuanto al tema de las estructuras artificiales que existen frente al Hotel Sandos Caracol, es una práctica que se utiliza con el principal propósito de brindar protección de la misma y para evitar o disminuir la pérdida de playa (Burt *et al.* 2009). Sin embargo, de manera colateral, la instalación de este tipo de estructuras confiere heterogeneidad al fondo marino, dado que aporta rugosidad de sustrato (Chandler *et al.* 1985) y relieve vertical (Luckhurst y Luckhurst 1978); aportando refugio para peces y varios invertebrados marinos; así como también, funcionan como guarderías para para varias especies de peces (Sanders y Ruiz 2008). Por lo que Wen *et al.* (2007), mencionan que las estructuras de protección a la costa juegan un papel importante en los ecosistemas costeros; por lo tanto, habría que explorar y conocer las implicaciones de manejo de esto hábitats artificiales. En este sentido, las estructuras artificiales que actualmente se encuentran instaladas frente al Hotel Sandos Caracol como protección costera presentan biota marina asociada, tanto fija al material textil, como entre los recovecos de los sacos; ya que estas estructuras representan un sustrato libre para la fijación de biota marina sésil, y un refugio para peces e invertebrados. Sin embargo, esta biota marina es muy escasa y poco diversa, con una composición de especies pioneras, en un grado de sucesión incipiente. Por este motivo se considera que los bolsacretos no son un sustrato favorable para la fijación de organismos sésiles, ya que se pudo observar que el material textil se va deteriorando al estar sumergido en condiciones de turbulencia constante; además de que este tipo de material no ofrece una superficie de sustrato calcáreo que propicie el asentamiento de organismos como los corales escleractinios, los cuales posteriormente podrían formar estructuras arrecifales. Al respecto, lo único que se observó fue la presencia de algas calcáreas incrustantes del género *Hydrolithon* y coral de fuego del género *Millepora*, los cuales se adhieren al textil formando una capa sólida que va consolidando el sustrato. En contraste, se observó una gran cantidad de algas carnosas y filamentosas que van deteriorando el material y lo hacen más frágil y propenso a romperse, y actualmente existe acumulación de basura en las áreas aledañas, producto del desprendimiento del material de las mismas estructuras. Por otra parte, entre los recovecos del apilamiento de los sacos se generan microhábitats que son utilizados principalmente por erizos y peces, sin representar una biomasa importante. Sin embargo, a pesar de la escasa biota que habita en estas estructuras se recomienda que, de no ser necesario, los bolsacretos pueden permanecer en el sitio y seguir formando hábitat para estos organismos. De lo contrario, sí existe una necesidad de extraerlas o modificarlas se considera que esta acción no tendría un detrimento en la biota marina relevante, y en tal

caso, se recomienda el rescate y la reubicación de las colonias de coral que se encuentran adheridas al material de los bolsacretos.

Por otro lado, el área en la que se tiene programado instalar las estructuras de protección costera para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, presenta una comunidad biótica muy pobre, sobre una laja calcárea de bajo relieve y alta sedimentación. Incluso en algunos puntos esta laja se ve interrumpida por parches de arena. Se observa que en estos sitios el arrastre de sedimentos es alto, dado que no hay o existen pocos obstáculos que los estabilicen. Lo anterior es una de las principales razones de la baja cobertura de colonias coralinas y una dominancia de especies resistentes a la sedimentación y abrasión, como es el coral mostaza (*Porites astreoides*) y coral estrella masiva (*Siderastrea siderea*), por lo que son especies que se considera colonizadoras de ambientes con disturbios tensodinámicos y de sedimentación (Cofforth 1985, Torres y Morelock 2002). Sin embargo, a pesar de la baja presencia de biota marina relevante, se recomienda que previo al inicio de las acciones para la instalación de estas estructuras se implemente un programa de rescate y reubicación de biota marina que incluya a las colonias de coral existentes, así como a los gorgonáceos y esponjas.

También es importante resaltar la **presencia de dos especies** que se encuentran listadas **en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, los cuales son: **abanico de mar (*Plexaura homomalla*) y coral blando (*Plexaurella dichotoma*)**, con un rango de abundancia de escaso a común en diferentes zonas del área de muestreo para la primera especie, y muy limitado para la segunda.

Bajo este análisis de la situación actual de la estructura arrecifal y del ambiente biótico marino en el **Sistema Ambiental Regional** del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, se alerta sobre la necesidad de restablecer los procesos funcionales del arrecife, con la intención de contar en el tiempo ecológico con la formación de hábitat y refugios que propician una mayor heterogeneidad ambiental y una mayor diversidad de especies; así como con la acreción de la estructura calcárea del arrecife y su permanencia como ambiente de depósito en el tiempo geológico.

Recientemente, la aplicación de programas de restauración para siembra de corales es una alternativa que cada vez más se está empleando como medida de manejo en diversos arrecifes, y que empieza a tener resultados alentadores. Entre estos se puede citar los esfuerzos de Oceanus, A. C. que ha instalado viveros



marinos para producir colonias de cuerno de alce (*Acropora palmata*) por propagación clonal, trasplantando cerca de 8,000 colonias en 6 áreas protegidas desde 2007; y la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales Puerto Morelos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la UNAM, que ha producido cerca de 4,000 reclutas sexuales de 3 especies de coral (*Acropora palmata*, *Orbicella annularis* y *Pseudodiploria labyrinthiformis*) (Healthy Reefs 2015). El Centro Regional de Investigaciones Pesqueras y Acuícolas Puerto Morelos del INAPESCA (CRIP Puerto Morelos) en colaboración con el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) han trabajado en el establecimiento de viveros marinos y de acuario para producir colonias de ocho especies de coral (i.e., *Acropora palmata*, *Acropora cervicornis*, *Orbicella annularis*, *Montastraea cavernosa*, *Undaria agaricites*, *Porites porites*, *Dendrogyra cylindricus*, y *Pseudodiploria clivosa*) por propagación clonal, así como reclutas sexuales de *Acropora palmata*, los cuales se han utilizado para restaurar arrecifes que han sufrido daño por encallamiento, logrando la recuperación de la cobertura coralina en los sitios restaurados por arriba del 14%, con lo que se han recuperado funciones del arrecife como incremento en la biomasa de peces y mayor heterogeneidad ambiental (Padilla-Souza 2016). Por esta razón, y bajo los planteamientos expuestos, se recomienda ampliamente analizar la factibilidad de establecer una Restauración Activa mediante el trasplante de colonias de coral para revertir los efectos del daño ambiental en sitios estratégicos; así como la implementación de diseños de las estructuras artificiales de protección costera que se piensa instalar, con el propósito de que sirvan como sustrato para una restauración integral del ecosistema marino.

IV.2.2.7 Conclusión

El Sistema Ambiental Regional marino definido para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” presenta un sistema arrecifal con poco desarrollo en su estructura, por lo que carece de la zonación típica de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano.

La ausencia de una Cresta Arrecifal en la sección I provoca que los ambientes en este sitio sean muy homogéneos y con baja diversidad biológica, en donde los corales, como principales constructores arrecifales, se encuentran pobremente representados.

La estructura comunitaria de los corales escleractinios es muy pobre, no solo por la escasa cobertura de tejido y bajo número de especies; sino también por la



composición de especies con marcada dominancia de especies ruderales como las del género *Porites* y *Siderastrea*; y nula presencia de especies constructoras como son las de los géneros *Acropora* y *Orbicella*.

Las estructuras de protección costera que actualmente existen instaladas frente al Hotel Sandos Caracol presentan una biota marina de especies pioneras con un grado de sucesión incipiente. En caso de ser necesaria su remoción se recomienda rescatar y reubicar las colonias de coral que se encuentran adheridas, las cuales son escasas y de tamaño pequeño.

El área destinada para la instalación de las estructuras de protección costera para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” presenta una comunidad biótica pobre. Sin embargo, se recomienda implementar un programa de rescate y reubicación de biota marina previo al inicio de las obras.

Se registró la presencia de dos especies que se encuentran listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** bajo protección especial, siendo los gorgonáceos de las especies *Plexaura homomalla* y *Plexaurella dichotoma*.

Se recomienda la implementación de restauración activa e integral que, de manera sinérgica con la instalación de las estructuras artificiales, permita incrementar la heterogeneidad ambiental, así como restablecer los procesos funcionales del arrecife.

IV.2.3 Caracterización biológica adyacente al Área de Estudio

En el mundo se reconocen siete especies de tortugas marinas (Cuevas Flores *et al.* 2010). De estas siete especies, seis se distribuyen en México (*Dermochelys coriacea*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea*, *Lepidochelys kempii*), excepto la tortuga franca oriental (*Natator depressus*) que es endémica de Australia.

Las actividades humanas han producido una disminución de las poblaciones de tortugas marinas a nivel mundial. Entre las principales amenazas se encuentran: 1) la sobreexplotación de tortugas marinas y saqueo de huevos, 2) alteración y pérdida de hábitat, 3) iluminación artificial que acompaña el desarrollo urbano, 4) turismo, 5) contaminación de costas, agua costera y marina, 6) pesquerías y captura incidental y 7) compactación de arena por tránsito de vehículos (CIT 2006). Todas estas amenazas han provocado que las tortugas marinas que ocurren México sean catalogadas en peligro de extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010; catalogadas como vulnerables (VU), en peligro (EN) y en peligro crítico (CR) por la lista roja de la Unión Internacional de Conservación para la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés); y catalogadas en el Apéndice I por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) (CONABIO 2017).

Ninguna especie de tortuga marina fue registrada durante los muestreos realizados en el Sistema Ambiental Regional del Proyecto. No obstante, aunque la parte continental no forme parte del Sistema Ambiental Regional (SAR) marino del presente proyecto, a continuación, se realiza una descripción de las tortugas marinas que pueden llegar a anidar en las playas adyacentes al SAR. Esta descripción se realiza ya que se considera que algunas de las tortugas marinas para arribar a dichas playas atraviesan inevitablemente por algún punto del SAR.

En primer lugar, para cada especie, se realizó una búsqueda bibliográfica de las especies de tortugas que pueden ocurrir en el estado de Quintana Roo y se investigó información para realizar una breve descripción de las mismas. **En segundo lugar**, se efectuó una exploración de los registros de presencia de cada especie en Quintana Roo. Los registros de presencia se obtuvieron mediante la consulta de la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en inglés). De la base de datos recabada del GBIF, se tomaron en cuenta únicamente registros a nivel de especie, con coordenadas geográficas y referencias no duplicadas. **En tercer lugar**, se buscó información sobre los reportes



locales realizados por grupos tortugueros presentes en la playa colindante al Sistema Ambiental Regional del proyecto.

Como **primer resultado** de la búsqueda bibliográfica, se tiene que de las seis especies que se distribuyen en México, cuatro ocurren en el estado de Quintana Roo: tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) y tortuga caguama (*Caretta caretta*), todas ellas en peligro de extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. A continuación, se incluye una breve descripción de las especies de tortugas marinas reportadas para Quintana Roo.

Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*). Es la mayor de todas las tortugas marinas vivientes. Los adultos miden de 1.30 a 2.56 m y pesan de 150 a 1,069 kg. Tienen cuerpo fusiforme y aplanado; caparazón liso con siete hileras de crestas dorsales y cinco ventrales que la recorren de la cabeza a la cola. Aletas con forma de remo y sin uñas. Amplia distribución mundial en océanos Atlántico, Pacífico e Índico. En México se encuentra en Baja California Sur, Colima, Michoacán Guerrero, Oaxaca, Chiapas y en algunos sitios de la península de Yucatán. Es carnívora, come invertebrados con cuerpo blando, como medusas, salpas, peces, crustáceos, y moluscos como pulpos y caracoles (CONABIO S/F). Es una especie en peligro de extinción (P) (NOM-059-SEMARNAT-2010), en peligro crítico (CR) (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, IUCN por sus siglas en inglés) y se encuentra en el Apéndice I de (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES por sus siglas en inglés).



Figura 194. Tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*). Autor fotografía: Julio A. Salgado Velez.

Tortuga verde (*Chelonia mydas*). Es la más grande de las tortugas marinas de concha dura. Mide entre 71 cm y 1.39 m y pesa entre 68 y 235 kg. De caparazón ovalado con una quilla en los juveniles que desaparece con la edad. Su carapacho tiene cuatro escudos costales de cada lado. Cabeza relativamente pequeña y chata, con dos escamas pre-frontales y cuatro escamas detrás de los ojos. El pico es romo y sin gancho, con el borde de las mandíbulas aserrado. Vive en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico. En México anidan en Baja California, de Sinaloa a Chiapas, Michoacán, Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán, y Quintana Roo. Los juveniles son omnívoros, comen medusas, crustáceos, moluscos, esponjas y gusanos. Los adultos se alimentan de pastos marinos, algas y algunos moluscos. Es la única tortuga marina que se sabe, puede llegar a asolearse en rocas fuera del agua (CONABIO S/F). Es una especie en peligro de extinción (P) (NOM-059-SEMARNAT-2010), en peligro crítico (CR) (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, IUCN por sus siglas en inglés) y se encuentra en el Apéndice I de (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES por sus siglas en inglés).



Figura 195. Tortuga verde (*Chelonia mydas*). Autor de la fotografía: Charlie Shuetrim.

Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). Mide entre 62 cm y 1.14 m y pesa alrededor de 80 kg. Tiene caparazón acorazonado que al madurar se alarga con las placas del borde puntiagudas dándole apariencia aserrada. La cabeza se adelgaza hacia la punta, mandíbula con apariencia de pico de ave, ganchudo y con bordes afilados. Con dos pares de escamas frontales, y cuatro laterales en cada lado. Vive en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. En México anida en Veracruz, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Michoacán, Jalisco, Sinaloa y Oaxaca. Las crías son carnívoras y los adultos omnívoros. Comen erizos, esponjas marinas, medusas, crustáceos, moluscos, estrellas de mar, algas y peces. Amenazada principalmente por la obtención de las placas de su caparazón que, por su belleza y propiedades, aún son usadas para diversos productos que van desde peines hasta lentes para el sol (CONABIO S/F). Es una especie en peligro de extinción (P) (NOM-059-SEMARNAT-2010), en peligro crítico (CR) (Unión

Internacional para la Conservación de la Naturaleza, IUCN por sus siglas en inglés) y se encuentra en el Apéndice I de (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES por sus siglas en inglés).



Figura 196. Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). Autor de la fotografía: Kevin Bryant.

Tortuga caguama (*Caretta caretta*). Tiene la cabeza relativamente grande en comparación al cuerpo. Los adultos miden de 72.9 cm a 1.04 m y pesan entre 65.7 y 107 kg. Tiene dos pares de escamas frontales entre los ojos. Caparazón acorazonado, con cinco escudos en el dorso y cinco de cada lado, 15 en total. Su pico córneo es grueso y de forma ganchuda achatada. Vive en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico. En México en Baja California, y llega a los estados de Quintana Roo, Campeche, Yucatán, Veracruz, Tabasco y Tamaulipas. Carnívora cuando cría y omnívora cuando adulta, come crustáceos, moluscos, esponjas, medusas, peces, algas y plantas marinas vasculares. Se distingue de otras tortugas marinas por su coloración más rojiza y por su cabeza más gruesa y grande (CONABIO S/F). Es una especie en peligro de extinción (P) (NOM-059-SEMARNAT-2010), en peligro crítico (CR) (Unión Internacional para la Conservación de la

Naturaleza, IUCN por sus siglas en inglés) y se encuentra en el Apéndice I de (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES por sus siglas en inglés).



Figura 197. Tortuga caguama (*Caretta caretta*). Autor de la fotografía: Callieold field.

Como **segundo resultado**, a partir de GBIF se obtuvieron 304 registros de presencia de las cuatro especies de tortugas marinas que se han reportado para el estado de Quintana Roo. Dichos registros abarcan un periodo de 1961 a 2019. La tortuga verde (162 registros de presencia) fue la especie para la que mayor número de registros de obtuvieron, seguida de las tortugas caguama (112 registros de presencia), carey (29 registros de presencia) y laúd (2 registros de presencia). A continuación, se incluye el mapa y las coordenadas de presencia de las cuatro especies de tortugas marinas reportadas para el estado de Quintana Roo.

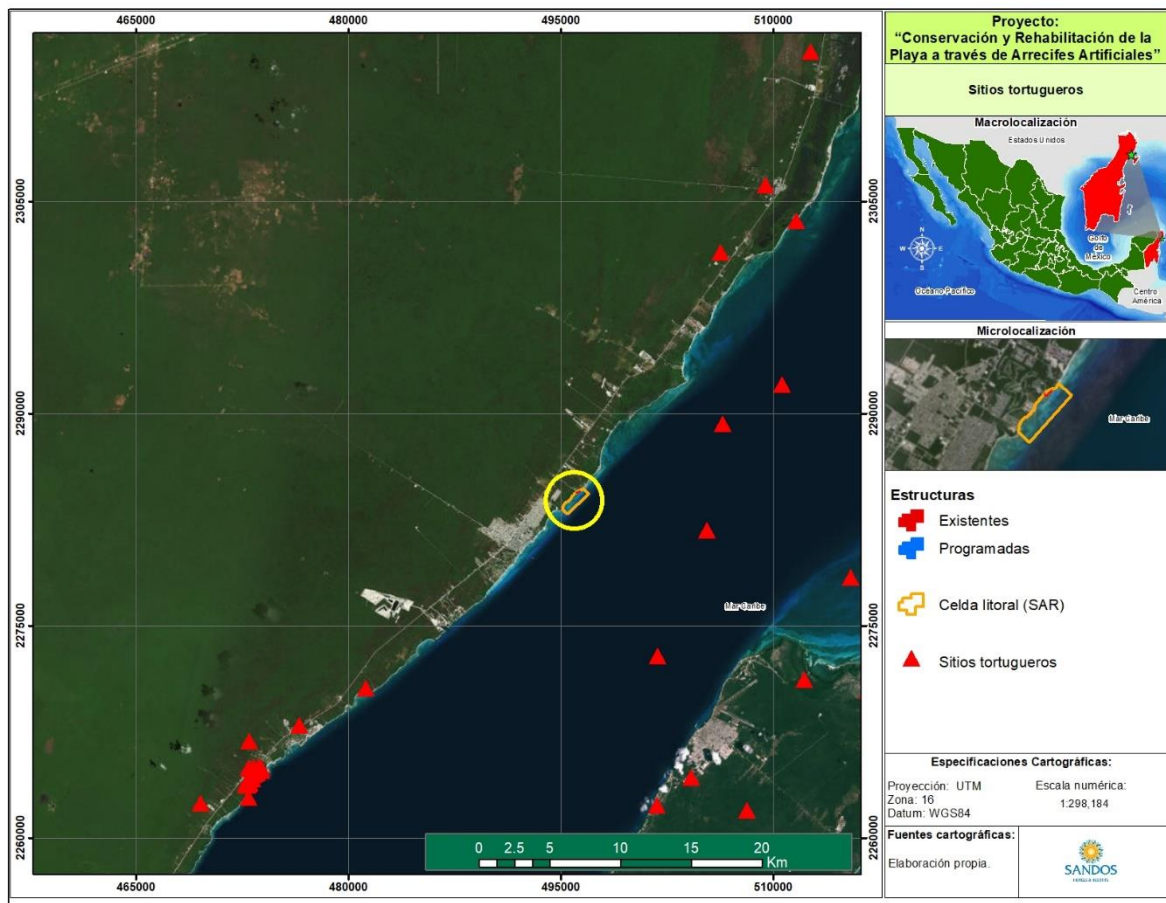


Figura 198. Registros de presencia de las especies de tortugas verde, caguama, Carey y laúd reportadas para el estado de Quintana Roo. Fuente: Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en inglés).

Tabla 66. Coordenadas de presencia de las especies de tortugas verde, caguama, Carey y laúd reportadas para el estado de Quintana Roo. Fuente: Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en inglés).

No	Especie	Y	X	Año
1	<i>Caretta caretta</i>	19.647855	-87.726636	2012
2	<i>Caretta caretta</i>	20.53755	-86.882997	2018
3	<i>Caretta caretta</i>	18.594863	-87.298871	2012
4	<i>Caretta caretta</i>	20.632985	-86.948809	2014
5	<i>Caretta caretta</i>	20.338333	-87.347778	1999
6	<i>Caretta caretta</i>	20.362499	-87.332497	1987
7	<i>Caretta caretta</i>	20.136011	-87.462189	1999
8	<i>Caretta caretta</i>	20.338333	-87.347778	1990
9	<i>Caretta caretta</i>	20.136011	-87.462189	1999
10	<i>Caretta caretta</i>	20.338333	-87.347778	1990
11	<i>Caretta caretta</i>	19.99	-87.463056	1993
12	<i>Caretta caretta</i>	20.258333	-87.408333	1993
13	<i>Caretta caretta</i>	20.325	-86.922222	1993
14	<i>Caretta caretta</i>	20.3925	-86.868056	1993
15	<i>Caretta caretta</i>	20.375	-87.341667	1993
16	<i>Caretta caretta</i>	20.508333	-87.225	1993
17	<i>Caretta caretta</i>	20.591667	-86.725	1993
18	<i>Caretta caretta</i>	20.458333	-87.291667	1993
19	<i>Caretta caretta</i>	20.358333	-87.341667	1993
20	<i>Caretta caretta</i>	20.375	-86.886111	1993
21	<i>Caretta caretta</i>	19.3125	-87.446667	1993
22	<i>Caretta caretta</i>	20.531944	-87.18	1993
23	<i>Caretta caretta</i>	19.882778	-87.431944	1993
24	<i>Caretta caretta</i>	20.401389	-86.8575	1993
25	<i>Caretta caretta</i>	20.280556	-86.975	1993
26	<i>Caretta caretta</i>	20.1275	-87.463333	1993
27	<i>Caretta caretta</i>	18.541667	-87.741667	1993
28	<i>Caretta caretta</i>	20.352778	-86.891667	1993
29	<i>Caretta caretta</i>	20.343056	-87.350833	1993
30	<i>Caretta caretta</i>	20.408333	-86.85	1993
31	<i>Caretta caretta</i>	20.344444	-86.898611	1993
32	<i>Caretta caretta</i>	20.308333	-86.938889	1993
33	<i>Caretta caretta</i>	20.475	-87.258333	1987
34	<i>Caretta caretta</i>	20.375	-86.880556	1993
35	<i>Caretta caretta</i>	20.166667	-87.45	1993
36	<i>Caretta caretta</i>	21.258333	-86.758333	
37	<i>Caretta caretta</i>	20.470414	-87.260444	2010
38	<i>Caretta caretta</i>	20.472114	-87.259058	2010
39	<i>Caretta caretta</i>	20.470322	-87.260472	2010
40	<i>Caretta caretta</i>	20.478989	-87.253939	2010
41	<i>Caretta caretta</i>	20.470875	-87.260081	2010
42	<i>Caretta caretta</i>	20.471147	-87.259047	2010

No	Especie	Y	X	Año
43	Caretta caretta	20.480275	-87.252378	2010
44	Caretta caretta	20.480908	-87.251517	2010
45	Caretta caretta	20.481286	-87.252475	2010
46	Caretta caretta	20.478736	-87.254217	2010
47	Caretta caretta	20.476808	-87.256217	2010
48	Caretta caretta	20.481003	-87.255811	2010
49	Caretta caretta	20.470422	-87.260128	2010
50	Caretta caretta	20.471028	-87.260072	2010
51	Caretta caretta	20.478375	-87.254761	2010
52	Caretta caretta	20.479169	-87.253708	2010
53	Caretta caretta	20.472158	-87.259067	2010
54	Caretta caretta	20.471961	-87.2592	2010
55	Caretta caretta	20.470731	-87.260147	2010
56	Caretta caretta	20.480719	-87.251678	2010
57	Caretta caretta	20.4789	-87.254064	2010
58	Caretta caretta	20.470819	-87.260128	2010
59	Caretta caretta	20.47065	-87.259947	2010
60	Caretta caretta	20.469736	-87.261086	2010
61	Caretta caretta	20.479814	-87.253097	2010
62	Caretta caretta	20.472114	-87.259058	2010
63	Caretta caretta	20.472114	-87.259058	2010
64	Caretta caretta	20.462256	-87.259492	2010
65	Caretta caretta	20.471283	-87.259814	2010
66	Caretta caretta	20.476781	-87.256342	2010
67	Caretta caretta	20.470125	-87.260769	2010
68	Caretta caretta	20.478283	-87.254917	2010
69	Caretta caretta	20.478247	-87.254944	2010
70	Caretta caretta	20.481372	-87.256128	2010
71	Caretta caretta	20.471978	-87.259211	2010
72	Caretta caretta	20.481064	-87.250922	2010
73	Caretta caretta	20.471244	-87.259853	2010
74	Caretta caretta	20.471028	-87.259947	2010
75	Caretta caretta	20.480167	-87.252472	2010
76	Caretta caretta	20.474086	-87.257172	2010
77	Caretta caretta	20.471136	-87.260639	2010
78	Caretta caretta	20.479	-87.253719	2010
79	Caretta caretta	20.471219	-87.259842	2010
80	Caretta caretta	20.477897	-87.254128	2010
81	Caretta caretta	20.472114	-87.259058	2010
82	Caretta caretta	20.478858	-87.256192	2010
83	Caretta caretta	20.480239	-87.252397	2010
84	Caretta caretta	20.480167	-87.252472	2010
85	Caretta caretta	20.479297	-87.253536	2010
86	Caretta caretta	20.478344	-87.2548	2010
87	Caretta caretta	20.470033	-87.260875	2010
88	Caretta caretta	20.478483	-87.254608	2010
89	Caretta caretta	20.480808	-87.251642	2010
90	Caretta caretta	20.481089	-87.251208	2010
91	Caretta caretta	20.470222	-87.260664	2010
92	Caretta caretta	20.470358	-87.260464	2010
93	Caretta caretta	20.476708	-87.256381	2010
94	Caretta caretta	20.476781	-87.256247	2010
95	Caretta caretta	20.477731	-87.255394	2010
96	Caretta caretta	20.472167	-87.259517	2010
97	Caretta caretta	20.479242	-87.253633	2010
98	Caretta caretta	20.498356	-87.259206	2010
99	Caretta caretta	20.474919	-87.257422	2010
100	Caretta caretta	20.478781	-87.255453	2010
101	Caretta caretta	20.293408	-87.380795	2018
102	Caretta caretta	20.028599	-87.531814	2018
103	Caretta caretta	19.698561	-87.472109	2007
104	Caretta caretta	20.270578	-87.280422	2017
105	Caretta caretta	20.552725	-86.98242	2017
106	Caretta caretta	20.253086	-86.857571	2015
107	Caretta caretta	19.311895	-87.592067	2015
108	Caretta caretta	19.899729	-87.558829	2015
109	Caretta caretta	21.2588961	-86.74648168	1961
110	Caretta caretta	21.2588961	-86.74648168	1961
111	Caretta caretta	21.2588961	-86.74648168	1961
112	Caretta caretta	21.20056878	-86.70981067	1962
1	Chelonia mydas	18.658065	-87.704942	2019
2	Chelonia mydas	19.661254	-87.539874	2018
3	Chelonia mydas	21.03704	-86.642185	2018
4	Chelonia mydas	20.32387	-87.331253	2014
5	Chelonia mydas	21.17977	-86.798333	2014
6	Chelonia mydas	20.516498	-86.61443	2018
7	Chelonia mydas	20.725994	-86.899082	2014
8	Chelonia mydas	20.603101	-86.851382	2014
9	Chelonia mydas	21.151447	-86.611609	2013
10	Chelonia mydas	20.701273	-86.938277	2014
11	Chelonia mydas	20.738554	-86.80566	2014
12	Chelonia mydas	20.136011	-87.462189	1999
13	Chelonia mydas	20.338333	-87.347778	1990
14	Chelonia mydas	20.136011	-87.462189	1999
15	Chelonia mydas	20.362499	-87.332497	1987
16	Chelonia mydas	20.338333	-87.347778	1990
17	Chelonia mydas	20.338333	-87.347778	1999
18	Chelonia mydas	20.136011	-87.462189	1999
19	Chelonia mydas	20.136011	-87.462189	1999
20	Chelonia mydas	20.136011	-87.462189	1999

No	Especie	Y	X	Año
21	Chelonia mydas	20.591667	-86.725	1993
22	Chelonia mydas	20.343056	-87.350833	1993
23	Chelonia mydas	20.401389	-86.8575	1993
24	Chelonia mydas	19.99	-87.463056	1993
25	Chelonia mydas	20.458333	-87.291667	1993
26	Chelonia mydas	20.408333	-86.85	1993
27	Chelonia mydas	20.3925	-86.848056	1993
28	Chelonia mydas	20.166667	-87.45	1993
29	Chelonia mydas	18.541667	-87.741667	1993
30	Chelonia mydas	20.375	-86.886111	1993
31	Chelonia mydas	19.882778	-87.431944	1993
32	Chelonia mydas	20.344444	-86.898611	1993
33	Chelonia mydas	20.280556	-86.975	1993
34	Chelonia mydas	19.3125	-87.446667	1993
35	Chelonia mydas	20.258333	-87.408333	1993
36	Chelonia mydas	20.508333	-87.225	1993
37	Chelonia mydas	20.358333	-87.341667	1993
38	Chelonia mydas	20.1275	-87.463333	1993
39	Chelonia mydas	20.352778	-86.891667	1993
40	Chelonia mydas	20.308333	-86.938889	1993
41	Chelonia mydas	20.531944	-87.18	1993
42	Chelonia mydas	20.375	-86.880556	1993
43	Chelonia mydas	20.325	-86.922222	1993
44	Chelonia mydas	20.375	-87.341667	1993
45	Chelonia mydas	20.830833	-86.888333	1994
46	Chelonia mydas	21.26	-86.75	1973
47	Chelonia mydas	20.471164	-87.259889	2010
48	Chelonia mydas	20.4788	-87.254225	2010
49	Chelonia mydas	20.469817	-87.261039	2010
50	Chelonia mydas	20.472114	-87.259058	2010
51	Chelonia mydas	20.470442	-87.260475	2010
52	Chelonia mydas	20.480103	-87.252597	2010
53	Chelonia mydas	20.480031	-87.252789	2010
54	Chelonia mydas	20.479044	-87.253806	2010
55	Chelonia mydas	20.471047	-87.259994	2010
56	Chelonia mydas	20.471881	-87.259278	2010
57	Chelonia mydas	20.480928	-87.251525	2010
58	Chelonia mydas	20.471769	-87.259392	2010
59	Chelonia mydas	20.478067	-87.255117	2010
60	Chelonia mydas	20.470883	-87.260042	2010
61	Chelonia mydas	20.472258	-87.259508	2010
62	Chelonia mydas	20.475025	-87.257575	2010
63	Chelonia mydas	20.478664	-87.254111	2010
64	Chelonia mydas	20.477875	-87.255547	2010
65	Chelonia mydas	20.470169	-87.240549	2010
66	Chelonia mydas	20.471172	-87.259869	2010
67	Chelonia mydas	20.479433	-87.253478	2010
68	Chelonia mydas	20.471047	-87.259986	2010
69	Chelonia mydas	20.480953	-87.251467	2010
70	Chelonia mydas	20.477831	-87.255461	2010
71	Chelonia mydas	20.472114	-87.259058	2010
72	Chelonia mydas	20.474431	-87.257286	2010
73	Chelonia mydas	20.476736	-87.256361	2010
74	Chelonia mydas	20.475317	-87.257297	2010
75	Chelonia mydas	20.480103	-87.252664	2010
76	Chelonia mydas	20.474683	-87.257575	2010
77	Chelonia mydas	20.478692	-87.254264	2010
78	Chelonia mydas	20.471192	-87.259889	2010
79	Chelonia mydas	20.478103	-87.255097	2010
80	Chelonia mydas	20.477433	-87.255758	2010
81	Chelonia mydas	20.471489	-87.259669	2010
82	Chelonia mydas	20.477958	-87.255242	2010
83	Chelonia mydas	20.47195	-87.261119	2010
84	Chelonia mydas	20.47785	-87.255453	2010
85	Chelonia mydas	20.477822	-87.255356	2010
86	Chelonia mydas	20.471011	-87.260006	2010
87	Chelonia mydas	20.480664	-87.251889	2010
88	Chelonia mydas	20.481161	-87.252475	2010
89	Chelonia mydas	20.47745	-87.255731	2010
90	Chelonia mydas	20.478347	-87.254792	2010
91	Chelonia mydas	20.478778	-87.255836	2010
92	Chelonia mydas	20.478411	-87.254628	2010
93	Chelonia mydas	20.479081	-87.253986	2010
94	Chelonia mydas	20.480203	-87.252472	2010
95	Chelonia mydas	20.479169	-87.253911	2010
96	Chelonia mydas	20.471797	-87.259353	2010
97	Chelonia mydas	20.478339	-87.2548	2010
98	Chelonia mydas	20.480231	-87.252456	2010
99	Chelonia mydas	20.478547	-87.25435	2010
100	Chelonia mydas	20.481028	-87.250997	2010
101	Chelonia mydas	20.478239	-87.254831	2010
102	Chelonia mydas	20.479447	-87.250717	2010
103	Chelonia mydas	20.480997	-87.259225	2010
104	Chelonia mydas	20.471942	-87.2592	2010
105	Chelonia mydas	20.479189	-87.253708	2010
106	Chelonia mydas	20.479181	-87.253756	2010
107	Chelonia mydas	20.471136	-87.259853	2010
108	Chelonia mydas	20.479578	-87.253739	2010
109	Chelonia mydas	20.479378	-87.253567	2010
110	Chelonia mydas	20.477722	-87.255519	2010

No	Especie	Y	X	Año
111	Chelonia mydas	20.477831	-87.255403	2010
112	Chelonia mydas	20.480256	-87.252378	2010
113	Chelonia mydas	20.478556	-87.254417	2010
114	Chelonia mydas	20.480628	-87.251947	2010
115	Chelonia mydas	20.477053	-87.256122	2010
116	Chelonia mydas	20.470342	-87.260483	2010
117	Chelonia mydas	21.388901	-86.774795	2018
118	Chelonia mydas	20.070335	-87.425766	2018
119	Chelonia mydas	20.314009	-87.351277	2016
120	Chelonia mydas	19.74413	-87.517865	2015
121	Chelonia mydas	21.452224	-87.320795	2005
122	Chelonia mydas	20.454016	-86.921896	2017
123	Chelonia mydas	21.055409	-86.623038	2017
124	Chelonia mydas	21.125824	-86.647985	2017
125	Chelonia mydas	20.382599	-86.843551	2017
126	Chelonia mydas	20.207798	-87.360813	2017
127	Chelonia mydas	20.362324	-87.325174	2017
128	Chelonia mydas	20.208748	-87.337629	2017
129	Chelonia mydas	19.632855	-87.507083	2017
130	Chelonia mydas	21.561746	-86.791549	2015
131	Chelonia mydas	20.250738	-87.217004	2017
132	Chelonia mydas	20.294831	-87.283296	2016
133	Chelonia mydas	19.728425	-87.546857	2017
134	Chelonia mydas	21.149145	-86.717328	2011
135	Chelonia mydas	20.324935	-87.347359	2016
136	Chelonia mydas	21.75997	-87.068267	2014
137	Chelonia mydas	20.938677	-86.878491	2014
138	Chelonia mydas	20.365968	-87.57434	2016
139	Chelonia mydas	21.445199	-86.756162	2016
140	Chelonia mydas	21.430244	-86.899484	2016
141	Chelonia mydas	20.25566	-87.331743	2015
142	Chelonia mydas	21.563527	-86.722616	2015
143	Chelonia mydas	21.161108	-86.837124	2014
144	Chelonia mydas	20.3625	-87.3325	1987
145	Chelonia mydas	20.237036	-87.200046	2014
146	Chelonia mydas	20.290445	-87.249406	2016
147	Chelonia mydas	20.333238	-87.381087	2014
148	Chelonia mydas	20.229718	-87.329463	2014
149	Chelonia mydas	20.284984	-87.23749	2010
150	Chelonia mydas	21.381605	-86.720317	2015
151	Chelonia mydas	21.240559	-86.640182	2015

No	Especie	Y	X	Año
152	Chelonia mydas	21.152772	-86.634036	2015
153	Chelonia mydas	21.25862211	-86.7514788	1978
154	Chelonia mydas	20.475203	-86.95983	2015
155	Chelonia mydas	20.323918	-87.274265	2015
156	Chelonia mydas	21.028965	-86.804639	2013
157	Chelonia mydas	21.043815	-86.750226	2006
158	Chelonia mydas	20.317522	-87.36532	2012
159	Chelonia mydas	20.530922	-86.840397	2012
160	Chelonia mydas	20.057797	-87.546466	2009
161	Chelonia mydas	20.33393756	-86.91648373	1962
1	Dermochelys coriacea	21.538558	-87.188244	2005
2	Dermochelys coriacea	20.961147	-86.835275	2014
1	Eretmochelys imbricata	20.38375	-87.015851	2018
2	Eretmochelys imbricata	20.283977	-87.285563	2014
3	Eretmochelys imbricata	19.290743	-87.415126	2013
4	Eretmochelys imbricata	20.338333	-87.347778	1990
5	Eretmochelys imbricata	18.541667	-87.741667	1993
6	Eretmochelys imbricata	21.491667	-86.791667	2018
7	Eretmochelys imbricata	20.537871	-86.72934	2018
8	Eretmochelys imbricata	20.485967	-86.787022	2018
9	Eretmochelys imbricata	20.392443	-86.814073	2018
10	Eretmochelys imbricata	19.960423	-87.478677	2015
11	Eretmochelys imbricata	20.351574	-87.067435	2017
12	Eretmochelys imbricata	20.368387	-87.027138	2017
13	Eretmochelys imbricata	20.216329	-87.02359	2017
14	Eretmochelys imbricata	20.247557	-87.281356	2017
15	Eretmochelys imbricata	20.230364	-87.120338	2017
16	Eretmochelys imbricata	20.382103	-87.195392	2017
17	Eretmochelys imbricata	21.069116	-86.71974	2017
18	Eretmochelys imbricata	21.071179	-86.620782	2017
19	Eretmochelys imbricata	20.263885	-87.004424	2017
20	Eretmochelys imbricata	19.627977	-87.582703	2016
21	Eretmochelys imbricata	20.853601	-86.909187	2009
22	Eretmochelys imbricata	20.45718	-86.982888	2013
23	Eretmochelys imbricata	18.278123	-87.991556	2014
24	Eretmochelys imbricata	21.420764	-86.627539	2016
25	Eretmochelys imbricata	20.3625	-87.3325	1987
26	Eretmochelys imbricata	18.274825	-87.961101	2016
27	Eretmochelys imbricata	21.25862211	-86.7514788	1978
28	Eretmochelys imbricata	20.81073	-86.939666	2015
29	Eretmochelys imbricata	21.48539992	-86.79083126	1961

Finalmente, **como tercer resultado**, se obtuvo información por parte del personal que labora en el área ambiental del Hotel respecto al arribo de tortugas marinas en la playa colindante al Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto. Con base en estas observaciones se ha registrado que el arribo de tortugas es escaso, pues se han contado de 15 a 17 nidos por temporada. Asimismo, se ha notado que la zona en la que las tortugas arriban para anidar preferentemente es la playa que se encuentra entre el Hotel Sandos Caracol y el Hotel Royal Haciendas Resort Playa del Carmen, en un área de 9,400 m² aproximadamente por lo que la densidad de nidos en la zona es baja (0.001 nidos/m²). El personal del hotel ha registrado asimismo el arribo de manera esporádica (4 a 5 nidos/temporada) frente a la playa del Hotel Sandos Eco Resort en la zona que está protegida por los bolsacretos y que será posteriormente protegida por los arrecifes artificiales.

IV.2.4 Paisaje

Según la RAE (2019), el paisaje es la parte de un territorio que puede ser observada desde un determinado lugar. En sentido geomorfológico se denomina paisaje al aspecto general de una región, determinado por el conjunto de geofomas (relieve tallado o construido sobre un sustrato, resultado tanto de la erosión como de la



acumulación de sedimentos sobre los relieves emergidos de las áreas continentales). La geoforma comprende todos los elementos vinculados con la morfología de la superficie terrestre (clima, relieve, litología, geomorfología, suelos y cubierta vegetal con su fauna asociada) (Morláns 2005).

Desde el punto de vista ecológico, el paisaje representa una porción del espacio geográfico, homogéneo en cuanto a su fisonomía y composición, con patrón de estabilidad temporal resultante de la interacción compleja del clima, las rocas, el agua, el suelo, la flora, la fauna y las actividades humanas, reconocible y diferenciable de otras vecinas de acuerdo con un nivel de análisis (resolución) espacio-temporal (Etter 1990).

Así, los paisajes contemporáneos son mayoritariamente paisajes transformados en distintos grados como consecuencia de la actividad milenaria de diferentes formas de organización social humana; por tal motivo y en lo que respecta al planeta Tierra, la consideración de los procesos antrópicos es inevitable (Morláns 2005).

Finalmente, de acuerdo con la Guía para la elaboración de una manifestación de impacto ambiental modalidad regional, el paisaje representa un elemento unificador de todos los componentes del medio biótico y abiótico, así como un elemento expuesto a efectos positivos y negativos que podría producir un proyecto determinado. En este sentido, el propósito del presente apartado consiste en determinar la: 1) **visibilidad** (*i.e.*, es el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada); 2) **la calidad paisajística** (*i.e.*, incluye a la *calidad visual del entorno inmediato*, situado a una distancia de 500 a 700 m, apreciándose valores tales como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua; y la *calidad del fondo escénico*, es decir el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto); y 3) la **fragilidad visual** (*i.e.*, es la capacidad del mismo para absorber los cambios que se producen en él; los factores que lo integran se pueden clasificar en *biofísicos*, como el suelo, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático, etc. y *morfológicos* como el tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, puntos y zonas singulares) del área de estudio (SEMARNAT S/F).

A continuación, se presenta una descripción de las características del paisaje en el Sistema Ambiental Regional del proyecto.

1) Visibilidad. El paisaje del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto comprende una celda litoral, que abarca el frente de playa, desde punta



Xcalacoco (punta norte) hasta punta Esmeralda (punta sur). La visibilidad en el frente de playa se ve limitada por edificaciones (*i.e.*, Hotel Marea Azul, The Royal Haciendas Resort Playa del Carmen, El Marlin Azul y Sandos Caracol Eco Resort) y vegetación natural hacia tierra adentro (en Punta Esmeralda y entre el Hotel Marea Azul y The Royal Haciendas Resort Playa del Carmen). Al este la visibilidad es amplia en lo que se refiere a la parte marina.

2) Calidad paisajística

- **Calidad visual del entorno inmediato (de 500 a 700 m de distancia).** Se observa que la punta Esmeralda o punta sur, tiene una playa en proceso de erosión, la cual tiene una duna de playa la cual es discontinua y pequeña, en donde es posible encontrar especies rastreras de flora. Por otro lado, la punta Xcalacoco o punta norte, es una saliente en la que no existe duna y es de menor tamaño que la punta norte.
- **Calidad del fondo escénico.** El límite terrestre (oeste) del Sistema Ambiental Regional del proyecto presenta vegetación natural irregular dada por la fragmentación de las edificaciones. En la parte marina (este) donde se establecerá el proyecto la presencia de los bolsacretos disminuyen la naturalidad del paisaje. Se espera que el paisaje marino en la parte del proyecto mejore una vez que se retiren los bolsacretos y se instalen los arrecifes artificiales, lo que incrementará sustancialmente la calidad visual del conjunto.

- 3) **Fragilidad visual.** En el límite terrestre del Sistema Ambiental Regional se observa cambio de uso de suelo por la construcción de nuevas edificaciones, aumentando la fragmentación de la vegetación. Sin embargo, dentro del SAR delimitado la fragilidad del sitio es baja ya que dentro de la celda litoral que compone al SAR, únicamente se encuentran los bolsacretos que fueron instalados con anterioridad en el sitio, los cuales serán retirados. Por lo tanto, el grado de susceptibilidad ante la ejecución del proyecto es baja, pues desde los puntos observación que en este caso es la zona del Hotel Sandos Caracol Eco Resort y hoteles cercanos (a no más de 700 m), las estructuras sólo serían visibles en periodos de bajamar, ya que, durante pleamar, únicamente se observarían las señales ubicadas en los extremos de los mismos.

IV.2.5 Medio socioeconómico

IV.2.5.1 Demografía

Como se mencionó al principio de este capítulo, el proyecto denominado **“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”**, es una obra nueva de protección costera que se pretende ubicar en la zona marina frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resortel al cual se encuentra asociado, este hotel, se localiza en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo, es por ello, que este rubro se desarrolla con base a los datos existentes en fuentes oficiales para dicho municipio.

En 1993 por Decreto del Gobierno del Estado se crea el municipio de Solidaridad que comprende el territorio de la parte continental que pertenecía al municipio de Cozumel. Este municipio se localiza en la porción norte del estado de Quintana Roo; tiene una extensión de 2,204.73 km², que representa 8.35% de la superficie del Estado. Playa del Carmen es la cabecera municipal. Sus principales actividades son el turismo, comercio y servicios turísticos. Sirve de puente entre el continente y los visitantes a la isla de Cozumel (HAS 2016).



Figura 199. Ubicación del Sistema Ambiental Regional (SAR) en el municipio de Solidaridad en el Estado de Quintana Roo. Fuente: INEGI 2018.

Solidaridad representa el tercer municipio con mayor número de habitantes en el estado de Quintana Roo; tiene una población total de 209,634 habitantes (INEGI 2015). Cabe señalar que la población de Quintana Roo comienza a dejar de ser joven; tanto la disminución de la mortalidad como el descenso de la fecundidad ha propiciado su envejecimiento paulatino. En este sentido, la edad mediana de la población del municipio de Solidaridad es de 26 años (INEGI 2015).

a. Crecimiento y distribución de la población

De acuerdo con datos disponibles de SEDESOL (2013) e INEGI (2015), se tiene que de 2005 a 2015 el incremento de la población en el municipio de Solidaridad fue acelerado, contando con una tasa de crecimiento promedio anual de 6.0% (INEGI 2015).

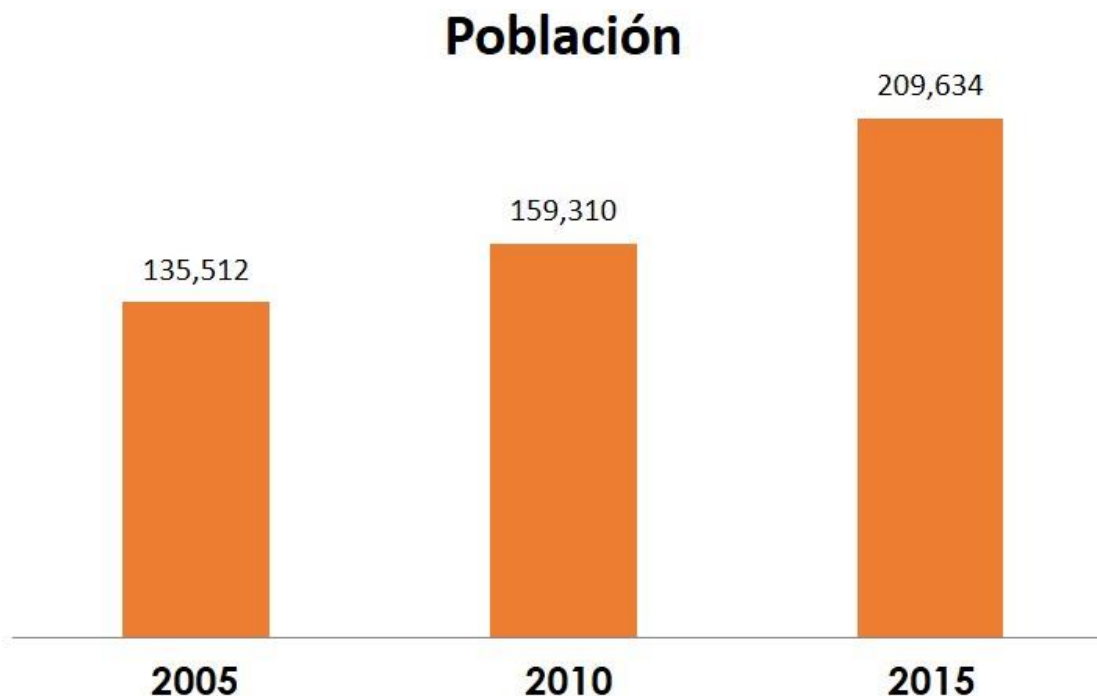


Figura 200. Crecimiento poblacional del municipio de Solidaridad. Fuente: SEDESOL (2013) e INEGI (2015).

Con respecto a la distribución de la población del municipio de Solidaridad, se tiene que para el año 2010, el municipio de Solidaridad contaba con 159,310 habitantes, distribuidos en 148 localidades (SEDESOL 2013). Las dos localidades más pobladas del municipio de Solidaridad son: Playa del Carmen y Puerto Aventuras, sumando entre ambas localidades 97.86% de la población del municipio (SEDESOL 2013).

Tabla 67. Número de habitantes por localidad en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo para el año 2010. Fuente: SEDESOL (2010).

Nombre de la localidad	Población total	Porcentaje %
Playa del Carmen	149923	94.10771452
Puerto Aventuras	5979	3.753060072
Barceló Maya	606	0.380390434
Grand Palladium	334	0.209654133
Cárcel Pública	314	0.197099994
Iberostar	242	0.151905091
Felipe Carrillo Puerto	176	0.11047643
Punta Laguna	138	0.086623564
El Dorado	131	0.082229615
Hidalgo y Cortez	128	0.080346494
Grand Sirenis	125	0.078463373

Nombre de la localidad	Población total	Porcentaje %
San Pedro	98	0.061515285
Vida y Esperanza	87	0.054610508
Secret Capri	75	0.047078024
San José	62	0.038917833
Punta Maroma	58	0.036407005
San Martín	41	0.025735986
San Carlos	40	0.025108279
Xpu Ha	36	0.022597452
Dorado Royale	31	0.019458917
Paa Mul	29	0.018203503
Playa del Secreto	28	0.017575796



Nombre de la localidad	Población total	Porcentaje %
Santa Cecilia	27	0.016948089
Paraíso	21	0.013181847
San Mateo	20	0.01255414
Ocean Maya Resort	20	0.01255414
Guadalupano	18	0.011298726
Uxuxubi	15	0.009415605
Guadalupe	15	0.009415605
San Antonio	15	0.009415605
Santa Teresita	15	0.009415605
La Ceiba	14	0.008787898
Paraíso Tucán	13	0.008160191
Santa Lucía	13	0.008160191
Puerto Chile	12	0.007532484
Santa Rosa	12	0.007532484
La Santísima	11	0.006904777
Chun Yaxché	10	0.00627707
El Ranchito	10	0.00627707
Nueva Creación	10	0.00627707
El Engaño	10	0.00627707
Los Cayuyas	9	0.005649363
Tigre Grande	8	0.005021656
Playa Paraíso	8	0.005021656
Paula Dzib Quiam	8	0.005021656
San Gonzalo	7	0.004393949
Baltazar Aguilar	7	0.004393949
Las Palmas	7	0.004393949
Santa Cruz	7	0.004393949
San Antonio de Padua	6	0.003766242
El Caracol (El Pedregal)	6	0.003766242
Un Lugar con Amor	6	0.003766242
La Esmeralda	6	0.003766242
Las Gemelas	6	0.003766242
El Palomar	6	0.003766242
Rancho Chico	6	0.003766242
Tres Hermanos	6	0.003766242
Mateo y Juana	5	0.003138535
La Nueva Era	5	0.003138535
Las Velitas	5	0.003138535
Cuzel	5	0.003138535
El Pedregal	5	0.003138535
Jacinto Aguilar Quiam	5	0.003138535
San Felipe	5	0.003138535
San José	5	0.003138535
Los Campos	5	0.003138535
Felicidad	5	0.003138535
Finca Yorogana	5	0.003138535
La Plumita	5	0.003138535
Rancho Grande	5	0.003138535
Rancho Guadalupe	5	0.003138535
Los Cinco Hermanos	4	0.002510828
Concepción Rodríguez	4	0.002510828
Sagrado Corazón de Jesús	4	0.002510828
San Miguel	4	0.002510828
Xcaret	4	0.002510828
Zazil-ha	4	0.002510828
Marina Maroma	4	0.002510828

Nombre de la localidad	Población total	Porcentaje %
Las Golondrinas	4	0.002510828
Buenaventura	4	0.002510828
Los Cedros	4	0.002510828
Las Marías	4	0.002510828
El Porvenir	4	0.002510828
Tres Hermanos	3	0.001883121
El Pícaro	3	0.001883121
Xcaret	3	0.001883121
Mayan Aventura	3	0.001883121
El Trébol	3	0.001883121
Rancho Palomar	3	0.001883121
San Román	3	0.001883121
El Gallo Viejo	3	0.001883121
Los Marios	3	0.001883121
El Sol	3	0.001883121
El Pedregal	3	0.001883121
Carlos Quiam	3	0.001883121
Los Girasoles	3	0.001883121
La Güera	3	0.001883121
Filiberto Aguilar	3	0.001883121
La Gloria	3	0.001883121
Fernando Aguilar [Rancho]	3	0.001883121
La Paz	2	0.001255414
Los Picapiedra	2	0.001255414
La Selva	2	0.001255414
Tazol Chico	2	0.001255414
Artesanías Mexicanas	2	0.001255414
Don Eduardo	2	0.001255414
Tres Ríos	2	0.001255414
Las Orquídeas	2	0.001255414
Las Palmas	2	0.001255414
Hacienda del Caribe	2	0.001255414
San Miguel	2	0.001255414
Yumbalam	2	0.001255414
El Pueblito	2	0.001255414
Caseta de Bomba de Agua	2	0.001255414
Santa Clara	2	0.001255414
Parcela Isabel	2	0.001255414
Los Tres Alazanes	2	0.001255414
Nuevo Noh-Bec	2	0.001255414
Ismael	2	0.001255414
Jacinta Pat Pul	2	0.001255414
La Morena	2	0.001255414
San Juan Bautista	2	0.001255414
Honduras	1	0.000627707
Santa Teresita del Niño Jesús	1	0.000627707
Alfredo Canché	1	0.000627707
El Palomar	1	0.000627707
San Carlos	1	0.000627707
San Diego	1	0.000627707
Don Papi	1	0.000627707
San José Ichtsel	1	0.000627707
San Miguel	1	0.000627707
Santa Elena	1	0.000627707
La Estrella del Sur	1	0.000627707



Nombre de la localidad	Población total	Porcentaje %
Los Lachos	1	0.000627707
Santa Librada	1	0.000627707
El Vuelo del Águila	1	0.000627707
Hunab Kú	1	0.000627707
Las Chabelitas	1	0.000627707
La Mocha	1	0.000627707
El Andariego	1	0.000627707
Rancho Amor	1	0.000627707

Nombre de la localidad	Población total	Porcentaje %
San Enrique	1	0.000627707
Hat-Zuts	1	0.000627707
Campamento Cristiano	1	0.000627707
Finca Yohana	1	0.000627707
El Hidalguense	1	0.000627707
San Yuyul	1	0.000627707
Yaxluum	1	0.000627707
Total	159,310	100

En síntesis, las cifras presentadas evidencian que la mayor parte de la población (97.86%) del municipio se concentra en tal solo dos localidades, lo cual se debe a que ambas son núcleo de atracción turística. El **Sistema Ambiental Regional** del proyecto **se encuentra adyacente a la localidad de Playa del Carmen.**

b. Estructura por sexo

De acuerdo con información disponible de SEDESOL (2013), de las 135,512 personas que habitaban el Municipio en 2005, 70,796 eran hombres y 64,716 eran mujeres. Mientras que de las 159,310 personas que habitaban el Municipio en 2010, 83,468 eran hombres y 75,842 eran mujeres.

Para el año 2005, la relación de género del municipio era de 93.92 mujeres por cada 100 hombres. Mientras que para el año 2010, la relación de género del municipio era de 92.37 mujeres por cada 100 hombres. En la siguiente gráfica se puede apreciar el porcentaje de la población total municipal que pertenecía a cada género en los años 2005 y 2010. En ambos casos, se puede observar que existían más hombres que mujeres en el municipio.

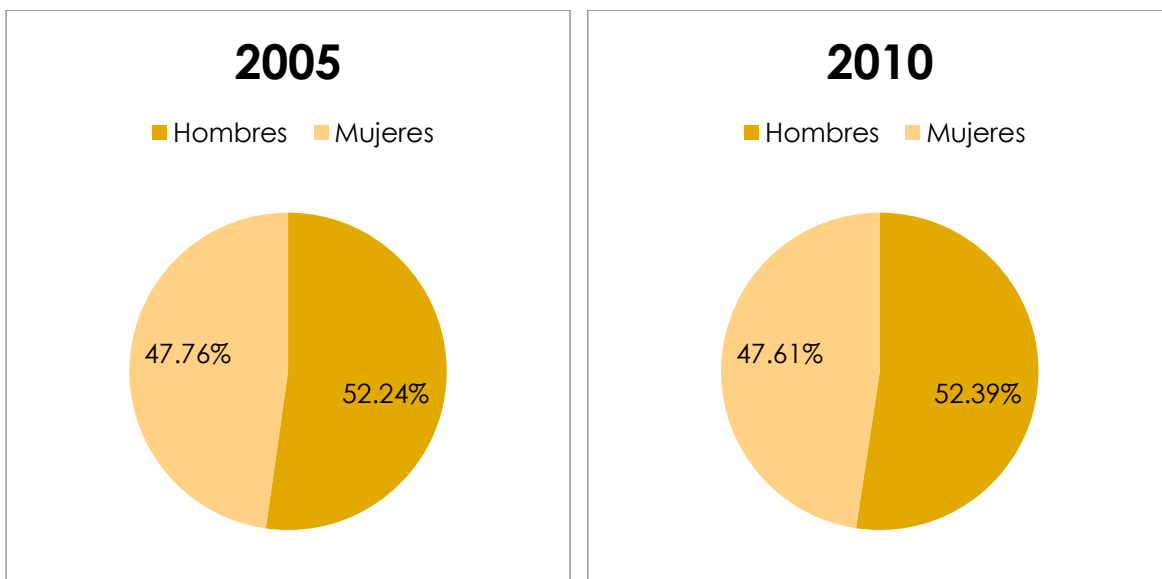


Figura 201. Relación entre hombres y mujeres en los años 2005 y 2010 en el municipio de Solidaridad. Fuente: SEDESOL (2013).

c. Natalidad y mortalidad

Para el año 2015, el promedio de hijos nacidos vivos de mujeres entre 15 a 49 años en el municipio de Solidaridad era de 1.4 hijos (INEGI 2015). Para el año 2017, el municipio registró 5,515 nacimientos, de los cuales 2,748 fueron hombres y 2,760 fueron mujeres; en 7 nacimientos no se especificó el sexo (INEGI 2018).

Por otra parte, en el estado de Quintana Roo se tiene 5% de hijos fallecidos; con respecto al porcentaje de hijos fallecidos de las mujeres de 12 años y más en el municipio de Solidaridad es de 3.5% (INEGI 2015). Para el año 2017, en el municipio de Solidaridad se registraron 774 defunciones, de las cuales, 502 fueron hombres y 272 fueron mujeres (INEGI 2018).

d. Migración

Emigración. La población emigrante del estado de Quintana Roo la entidad es muy poca, ya que las condiciones económicas del estado garantizan el derecho de residencia y, por la misma razón se registra una alta llegada de inmigrantes que buscan mejores oportunidades de empleo y condiciones de vida, que a su vez transforman el entorno cultural, natural y económico de la entidad (GEQR 2017).

Del total de migrantes mexicanos en Estados Unidos sólo 0.1% (i.e., 59 migrantes) corresponde a migrantes de Quintana Roo, lo que la convierte en la cuarta entidad con el menor flujo de migrantes durante el periodo de 2009 a 2014 (INEGI 2010, GEQR 2017). Othón P. Blanco, Benito Juárez, José María Morelos, Felipe Carrillo Puerto y Cozumel son los principales municipios exportadores de migrantes a los Estados Unidos, lo cual explica en gran medida la brecha existente en relación al desarrollo económico entre la zona sur y la zona norte de la entidad (GEQR 2017).

Emigración interna. Se tiene dato de que, en 2005, **salieron de Quintana Roo 51,915 personas para radicar en otra entidad.** De cada 100 personas, 33 se fueron a vivir a Yucatán, 11 a Veracruz de Ignacio de la Llave, 8 a Campeche, 8 a Tabasco y 6 a Chiapas (INEGI 2010).

Inmigración interna. Se registraron tasas superiores a 100 inmigrantes por cada mil habitantes, entre 2005 a 2010, lo que coloca a Quintana Roo como una entidad con tasas netas de migración interestatal positiva, resultado de la fuerte atracción que ejerce (GEQR 2017). De acuerdo con INEGI (2010), en 2010 **llegaron en total 143,899 personas a vivir a Quintana Roo**, procedente del resto de las entidades del país. De cada 100 personas, 16 provienen de Yucatán, 15 de Chiapas, 14 de Tabasco, 13 de la Ciudad de México y 12 de Veracruz de Ignacio de la Llave.

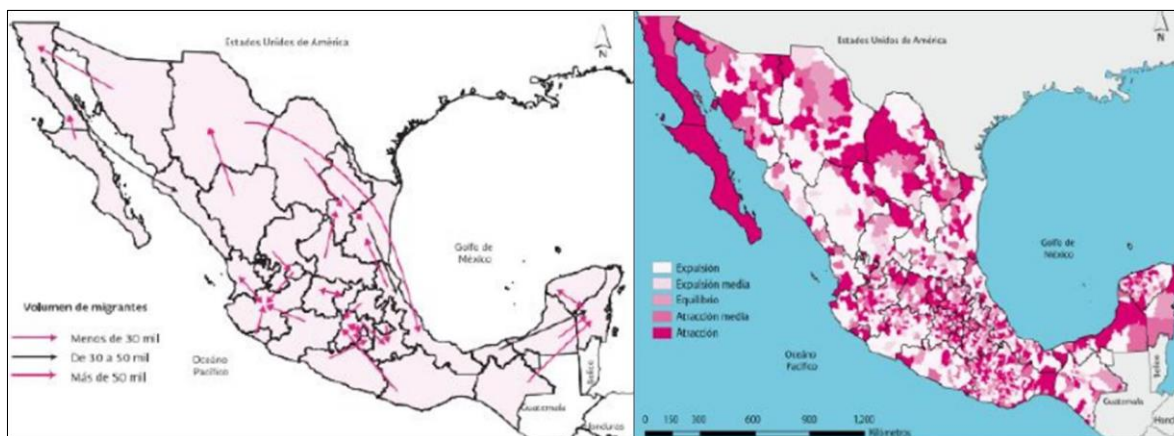


Figura 202. Izquierda: Principales corrientes migratorias interestatales, 2005-2006. Derecha: Categoría migratoria de los municipios 2005-2010. Fuente: INEGI (2010).

e. Población económicamente activa

En el municipio de Solidaridad la población económicamente activa en el año 2010 era de 6,472 personas, de los cuales 4,515 eran hombres y 1,957 eran mujeres.



Mientras que la población económicamente inactiva para el mismo año, era de 4,759, de los cuales 3489 eran mujeres y 1,270 eran hombres (INEGI 2010).

El sector turismo es el mayor generador de riqueza a través de los servicios que ofrece (HAPM 2017). Este municipio cuenta con: el Jardín Botánico Alfredo Barrera Marín, una ruta de cenotes denominada Leona Vicario-Central Vallarte-Puerto Morelos, así como un zoológico de cocodrilos y forma parte del segundo arrecife más extenso del mundo; asimismo, cuenta con mercados artesanales (Hunab-Ku), parques recreativos, servicios de transporte y de hospedaje. Con respecto a los servicios de hospedaje, Puerto Morelos en 1980 contaba con 60 habitaciones; para el año 2000, ya se contaba con 2000 habitaciones incluyendo hoteles, posadas, condominios y villas (DIGAOHM S/F). Para el año 2017, se tenía el registro de 5, 274 habitaciones distribuidas en 51 hoteles de todas las categorías, siendo ésta la actividad que genera mayor derrama económica en el municipio (HAPM 2017). De tal forma que el municipio ofrece diversos atractivos que atrae a miles de turistas todo el año. La mayor parte de la Población Económicamente Activa se desenvuelve en el sector terciario, principalmente en las actividades de servicios y comercio, ya que, por su atractivo natural, la zona recibe una gran afluencia de turistas.

La mayoría de los hoteles de 4 y 5 estrellas se localizan 7 en la zona hotelera norte y 2 en la zona hotelera sur, con algunos nuevos en construcción en el área de Punta Brava. Dejando a la comunidad de Puerto Morelos como zona residencial y típica, fórmula que es apreciada por el turismo que huye de grandes aglomeraciones y por muchos extranjeros retirados de todas partes del mundo que también disfrutan de la tranquilidad y belleza que aún se vive entre dos titanes del turismo (DIGAOHM S/F).

f. Vivienda

De acuerdo con SEDESOL (2013) e INEGI (2018), el municipio de Solidaridad ha ido aumentando el número de viviendas particulares habitadas como se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 68. Número de viviendas particulares habitadas en el municipio de Solidaridad en los años 2005 y 2010. Fuente: SEDESOL (2013), INEGI (2018)

Año	2005	2010	2015
Total	35,660	48,092	68,630

Para el año 2015, el promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas es de 3.1 personas. El promedio de habitantes por habitación es de 1.3. El porcentaje de viviendas con agua entubada es de 95.6%. el porcentaje de viviendas con electricidad es de 99%. Mientras que el porcentaje de viviendas que disponen de sanitario es de 99.4%. Porcentaje de viviendas que disponen de drenaje es de 98.9% (INEGI 2018).

IV.2.5.2 Factores socioculturales

a. Educación

De acuerdo con INEGI (2018), 96.3% de la población de 25 años y más en el municipio de Solidaridad es alfabeta. De la población que es alfabeta, 26.7% de las personas de 15 años y más cuenta con instrucción media superior; mientras que 19.2% de las personas de 15 años y más cuenta con instrucción superior (INEGI 2015). En el municipio de Solidaridad, el porcentaje de población de 3 a 5 años que asiste a la escuela es de 50.5%; mientras que el porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela es de 94.9%. La tasa de analfabetismo de la población de 15 años y más es de 2.2% (INEGI 2018).

b. Uso que se le da a los recursos naturales del área de influencia del proyecto

El área que comprende el límite del Sistema Ambiental Regional está ocupada por el área marina, en la cual se ha observado que se realizan actividades turísticas, tales como: esparcimiento en la playa (práctica de natación, buceo, esnorqueleo, kayak, surf a vela).

IV.2.6 Diagnóstico ambiental

Con base en todo lo antes expuesto (*i.e.*, descripción de las características bióticas, abióticas y socioeconómicas), a continuación, se integra una síntesis del estado actual del Sistema Ambiental Regional del proyecto. Se indicará el grado de conservación o deterioro (calidad del ambiente) de acuerdo con la descripción y análisis efectuada en los apartados previos.



IV.2.6.1 Integración e interpretación del inventario ambiental

Como se mencionó al inicio de este capítulo, el Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto se delimitó bajo el criterio de celda litoral (*i.e.*, unidad básica en la que se divide el litoral; Anfuso 2004, Guido *et al.* 2009). Dicho SAR tiene una superficie de 134.14 hectáreas, abarcando una distancia lineal de 2 km de frente de playa y delimitado a máximo 700 m de la línea de costa, a una profundidad aproximada de 20 metros. A continuación, se presenta la integración e interpretación del inventario ambiental.

En el **Sistema Ambiental Regional se reconocieron siete tipos de ambientes**, de acuerdo con sus características de tipo de sustrato, profundidad, topografía del lugar, así como de la biota marina dominante. Dichos ambientes son: 1) laja lisa con algas (48.96 ha: 36.50%), 2) arenal profundo (32.12 ha: 23.94%), 3) arenal somero (21.02 ha: 15.67%), 4) laja rugosa con algas (13.57 ha: 10.12%), 5) laja con gorgonáceos (12.40 ha: 9.25%), 6) laja con sedimentos y algas (4.65 ha: 3.47%) y 7) pastizal (1.42 ha: 1.06%).

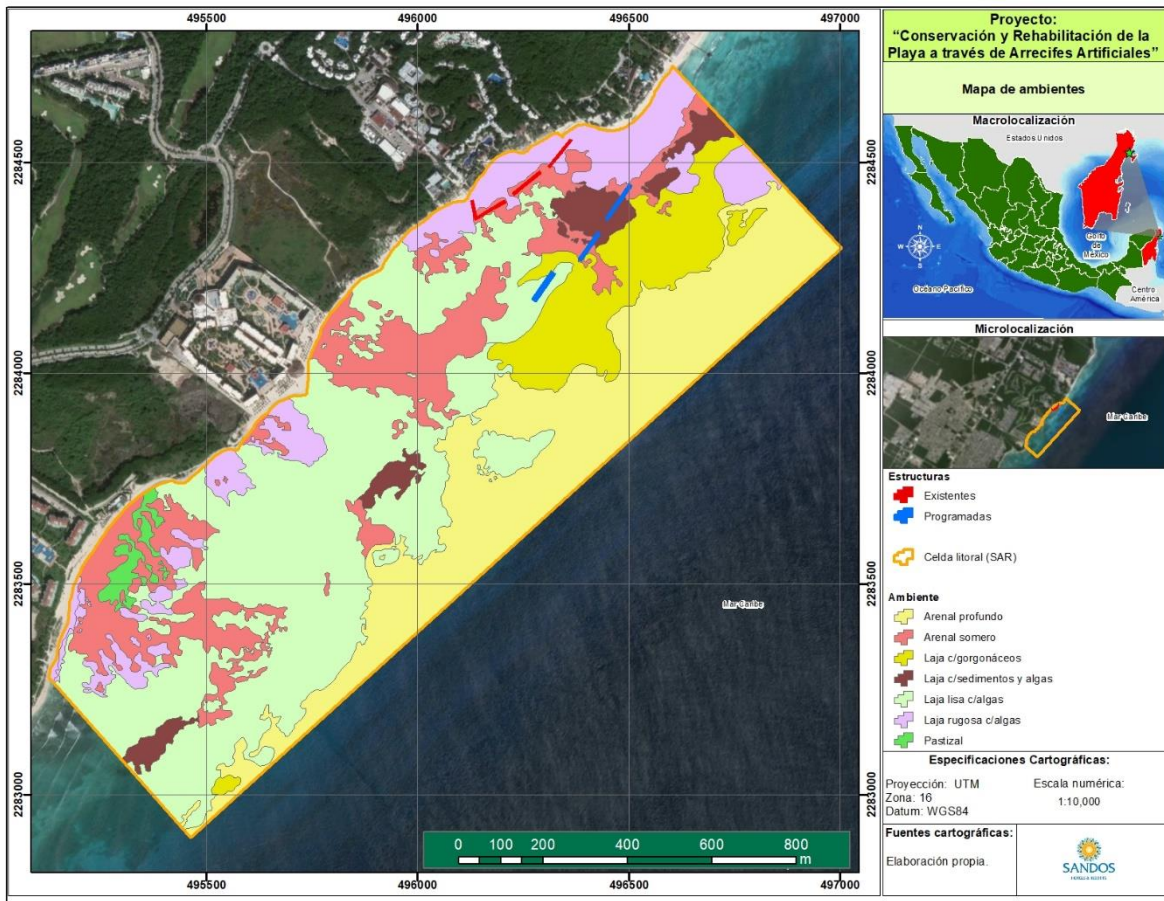


Figura 203. Tipos de ambientes identificados en el Sistema Ambiental Regional y proyecto.

Los principales grupos taxonómicos muestreados fueron: 1) **Escleractinios** (corales duros), 2) **Gorgonáceos** (corales blandos), 3) **Vegetación marina** (macroalgas y pastos marinos), **Ictiofauna** (peces arrecifales), y, 5) **Invertebrados**. Del total de especies registradas en el **Sistema Ambiental Regional (SAR)** (época de lluvias: 160 especies; época de secas: 153 especies), sólo dos de ellas están en alguna categoría de riesgo dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, ambas en la categoría de Protección especial (Pr), las cuales son corales blandos: abanico de mar (*Plexaura homomalla*) y coral blando (*Plexaurella dichotoma*).

A pesar de la riqueza de especies registrada en el Sistema Ambiental regional (SAR) del proyecto, se considera que el sistema arrecifal presente en el SAR, tiene **un bajo desarrollo estructural**, pues carece de una zonación típica de los arrecifes coralinos (i.e., piso lagunar, arrecife posterior, cresta arrecifal, arrecife frontal, macizo rocoso;



Cerdeira-Estrada *et al.* 2018). La ausencia de una barrera arrecifal, así como la baja presencia de corales escleractinios (como principal elemento biótico por su papel como constructor arrecifal), genera una baja complejidad ambiental, o bien, homogeneidad ambiental, que resulta en baja diversidad y escasa biota asociada. Asimismo, aunque en el SAR se registraron especies consideradas pioneras o ruderales en los procesos de sucesión ecológica (e.g., *Porites astreoides*, *Siderastrea siderea*), debido a los tamaños de las colonias, estas especies tienen un reducido aporte a la acreción arrecifal y un papel ecológico poco relevante en los procesos biogénicos de la construcción arrecifal.

Como se puede observar en la tabla siguiente, las **estructuras de protección costera existentes (bolsacretos)** presentaron entre 34.64 y 35% de la biota marina que se registró en el SAR en ambas épocas del año; mientras que en las **áreas propuestas para la instalación de las nuevas estructuras de protección costera** se registró entre 40.52 y 51.25% de la biota marina registrada en el SAR. Las **estructuras de protección costera existentes** presentan una biota marina de especies pioneras con un grado de sucesión incipiente; en caso de ser necesario su remoción se recomienda rescatar y reubicar las colonias de coral que se encuentran adheridas, las cuales son escasas y de tamaño pequeño. Mientras que el **área destinada para la instalación de las estructuras de protección costera** presenta una comunidad biótica pobre. No obstante, se recomienda implementar un programa de rescate y reubicación de biota marina previo al inicio de las obras.

Tabla 69. Riqueza de especies (S) de los diferentes grupos taxonómicos muestreados durante dos épocas del año (lluvia y secas) en: Sistema Ambiental Regional (SAR), Áreas de estructuras de protección costera existentes, Área propuesta para la instalación de nuevas estructuras de protección costera.

Riqueza (S)	SAR		Estructuras existentes (bolsacretos)		Estructuras propuestas	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
Escleractinios	12	12	4	5	10	7
Gorgonáceos	19	19	0	0	4	5
Ictiofauna	50	47	28	21	28	20
Vegetación marina	49	40	16	17	26	19
Invertebrados	30	35	8	10	14	11
Total	160	153	56	53	82	62
Porcentaje (%)	100	100	35	34.64	51.25	40.52

Cabe destacar, que 75% de **las colonias de coral registradas** durante los muestreos (lluvias y secas), **se observaron sanas** (sin enfermedad, ni blanqueamiento), sólo se observó incidencia de afectación sedimentación y algunas veces por epibiontes. No obstante, **se registró afectación** de la zona somera **por el arribo excesivo de alga marina (*Sargassum spp.*) generando** una alta **turbiedad en la zona**. Además, se registró la presencia de **erizo diadema (*Diadema antillarum*)** en ambiente arrecifal y en laja con macroalgas somera, siendo un **indicador de la salud arrecifal**, al ser uno de los principales organismos herbívoros al mantener control del sobrecrecimiento algal. Otras especies de importancia comercial (*Panulirus argus*, *Lobatus gigas*, *Octopus sp.*) indican recursos alimenticios, así como de refugios en el SAR.

No obstante, después del análisis de la condición que guardan los diferentes grupos taxonómicos, **en términos generales, se diagnosticó que el arrecife del SAR, se encuentra** en un grado de deterioro similar al que afecta todo el Sistema Arrecifal Mesoamericano en donde más del 50% de los arrecifes se encuentran **en condición pobre o crítica debido a un decremento de la cobertura coralina asociado a un incremento de la cobertura de algas carnosas y filamentosas** (Healthy Reefs 2015).

Con respecto a las tortugas marinas para las costas del estado de Quintana Roo, en un periodo de 1961 a 2019 (Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad; GBIF, por sus siglas en inglés) se ha reportado la presencia de cuatro especies de tortugas marinas: **tortuga verde (*Chelonia mydas*)**, **caguama (*Caretta caretta*)**, **carey (*Eretmochelys imbricata*)** y **laúd (*Dermochelys coriacea*)**, todas ellas en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. De tal manera, que alguna de estas especies de tortugas marinas tiene el potencial de ocurrir en la costa adyacente al Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, por lo que habrían de ser consideradas medidas de manejo en caso de ser avistadas en el SAR en su paso hacia la costa.

En relación con las características abióticas del Sistema Ambiental Regional (SAR), se realizó una evaluación de 1) **propagación de las olas sobre la costa**, 2) **velocidad de corrientes en la costa**, 3) **profundidad de cierre** (*i.e.*, profundidad donde inicia el transporte de sedimento), 4) **isobata de rotura** (*i.e.*, sitio donde hay un proceso disipativo en el que existe una transformación de energía proveniente de aguas profundas a turbulencia y calor, generando una intensa agitación de sedimentos en el fondo marino, capaz de configurar una línea de costa, por medio de corrientes transversales y longitudinales), 5) **índice holístico de vulnerabilidad a la erosión de la playa**, y 6) **modelo numérico de transporte de sedimentos**. Estas



evaluaciones se hicieron con el fin de **reconocer modificaciones en la dinámica de la línea de costa** bajo diferentes escenarios de modelación: condiciones normales, nortes, suradas y huracanes con y sin marea de tormenta; dichos escenarios representan escenarios de modelación con estadísticamente mayor ocurrencia en el periodo de estudio (ver detalle del desarrollo de los análisis en Anexo II.1).

Con respecto a la **propagación de las olas sobre la costa**, se identificó al frente de playa del **Hotel Sandos Caracol** como el sector donde el oleaje incide con mayor amplitud, en términos de transporte de sedimento, convirtiéndola en una **zona con alta probabilidad de sufrir un cambio en su dinámica litoral** (figura siguiente). Asimismo, bajo escenarios de suradas y huracanes (con y sin marea de tormenta), los modelos indican que la amplitud del oleaje sería mayor, principalmente en el frente de playa del Hotel Sandos Caracol (figura siguiente), donde existe un **incremento en el desplazamiento del sedimento** como se muestra en la siguiente figura y con mayor detalle en el Anexo II.1.

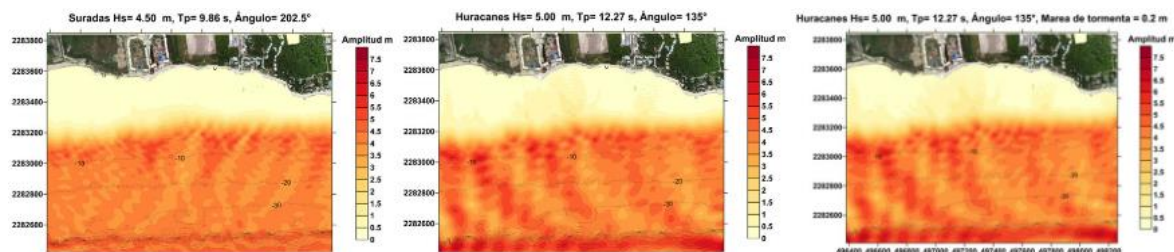


Figura 204. Amplitud del oleaje para los escenarios de suradas y huracanes (con y sin marea de tormenta).

Referente a la **velocidad de las corrientes en la costa**, se reconoce que en el escenario de nortes existe un transporte longitudinal predominantemente hacia el sur, aunque frente al Hotel Sandos Caracol las corrientes son en dirección mar, y, en consecuencia, la arena es puesta en suspensión y transportada hacia el sur generando un problema de erosión. En cuanto a las suradas y huracanes, se genera una zona de rotura del oleaje en la isobata -8.81 m, disipando energía, reduciendo la magnitud de la velocidad de la corriente (corriente en dirección sur), pero es suficiente para que **exista transporte de sedimento** (figura siguiente) (para más detalle ver Anexo II).

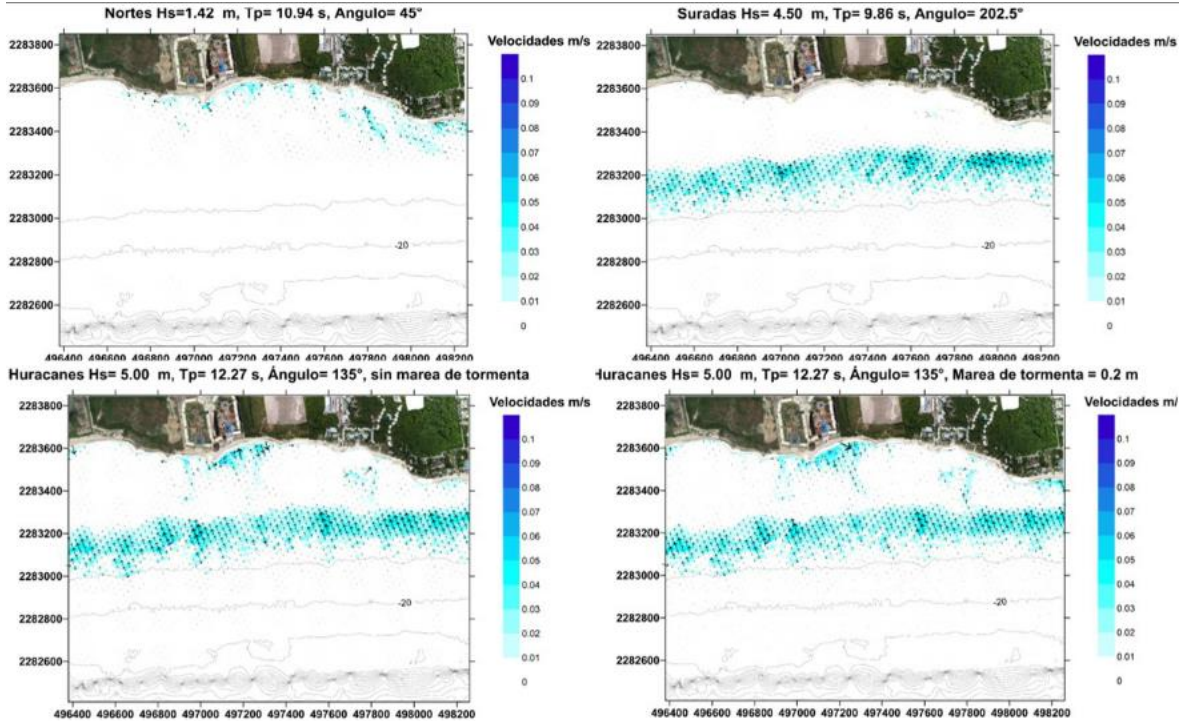


Figura 205. Velocidad de corrientes para los escenarios de nortes, suradas y huracanes (sin y con marea de tormenta).

Concerniente a las zonas donde inicia el transporte de sedimentos, para los diferentes escenarios se identificó la **profundidad de cierre** en las isobatas: -2.34 m en condiciones normales, a -3.12 m en condición de nortes, a -8.81 m en condición de suradas, y a -10.24 m en condición de huracanes (Anexo II.1).

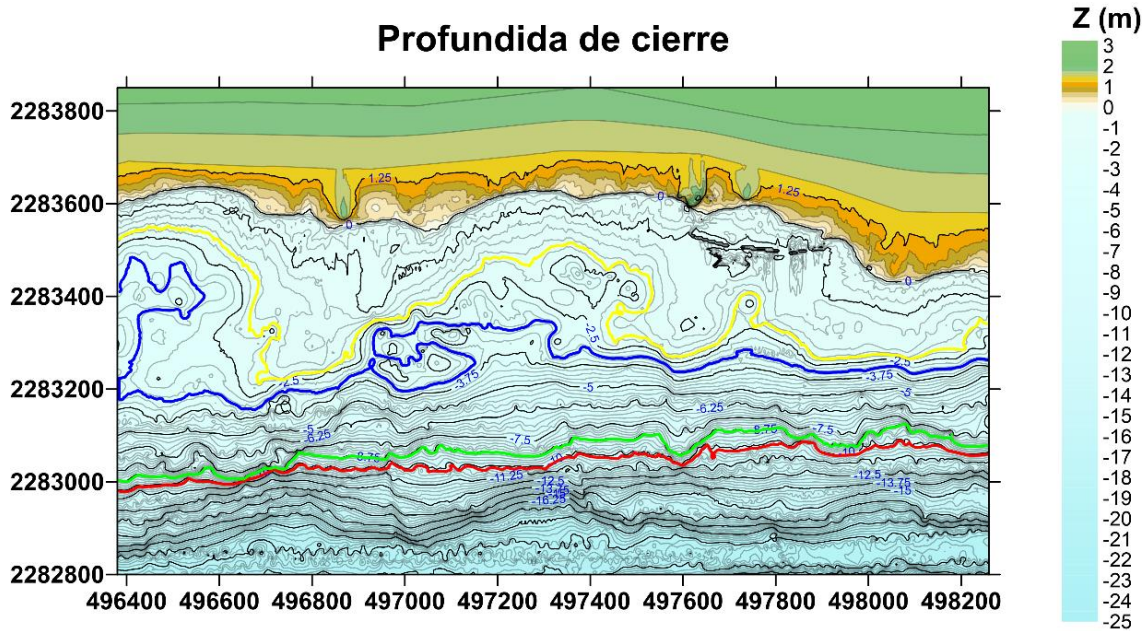


Figura 206. Isobatas correspondientes a la profundidad de cierre modelado en condiciones normales (amarillo), nortes (azul), suradas (verde) y huracanes (rojo).

En relación a las zonas donde hay un proceso disipativo de energía, generando una intensa agitación de sedimentos en el fondo marino, se identificó a la **zona de rotura** entre las **isobatas**: -6.25 a -5 m en condiciones de suradas y huracanes (con y sin marea de tormenta) (Anexo II.1).

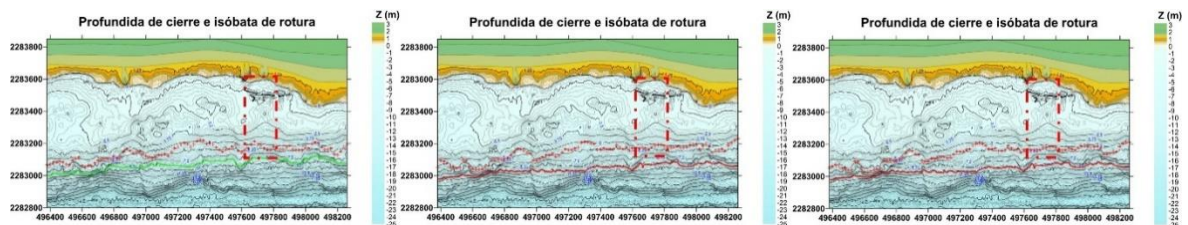


Figura 207. Profundidad de cierre (izquierda línea verde: condición de surada; en medio línea roja: condición de huracán con marea de tormenta 0.2 m; derecha línea roja sin marea de tormenta) e inicio de zona de rotura (puntos rojos).

Se estimó para cada transecto el **transporte transversal de sedimento** (i.e., movimiento del sedimento perpendicular a la línea de costa). Como resultado se obtuvo que el transporte transversal ocurre principalmente cuando es en dirección hacia el mar, es decir, que el sedimento se puede perder si físicamente sale de la isobata que define a la profundidad de cierre (Anexo II.1).



En cuanto al **índice holístico de vulnerabilidad a la erosión**, para cada transecto, el grado de erosión resultante se clasificó en cinco categorías: Muy Bajo (verde claro), Bajo (verde), Medio (amarillo), Alto (naranja) y Muy Alto (rojo) (ver detalle de estimación y resultados en Anexo II). De tal forma que en la mayoría de los escenarios (*i.e.*, condiciones normales, nortes, suradas y huracanes con y sin marea de tormenta), el mayor número de transectos con un **índice de erosión de “Medio” a “Muy Alto” coincidió en los frentes de playa de los desarrollos turísticos, incluyendo el del Hotel Sandos Caracol**, como se puede apreciar en la siguiente figura.

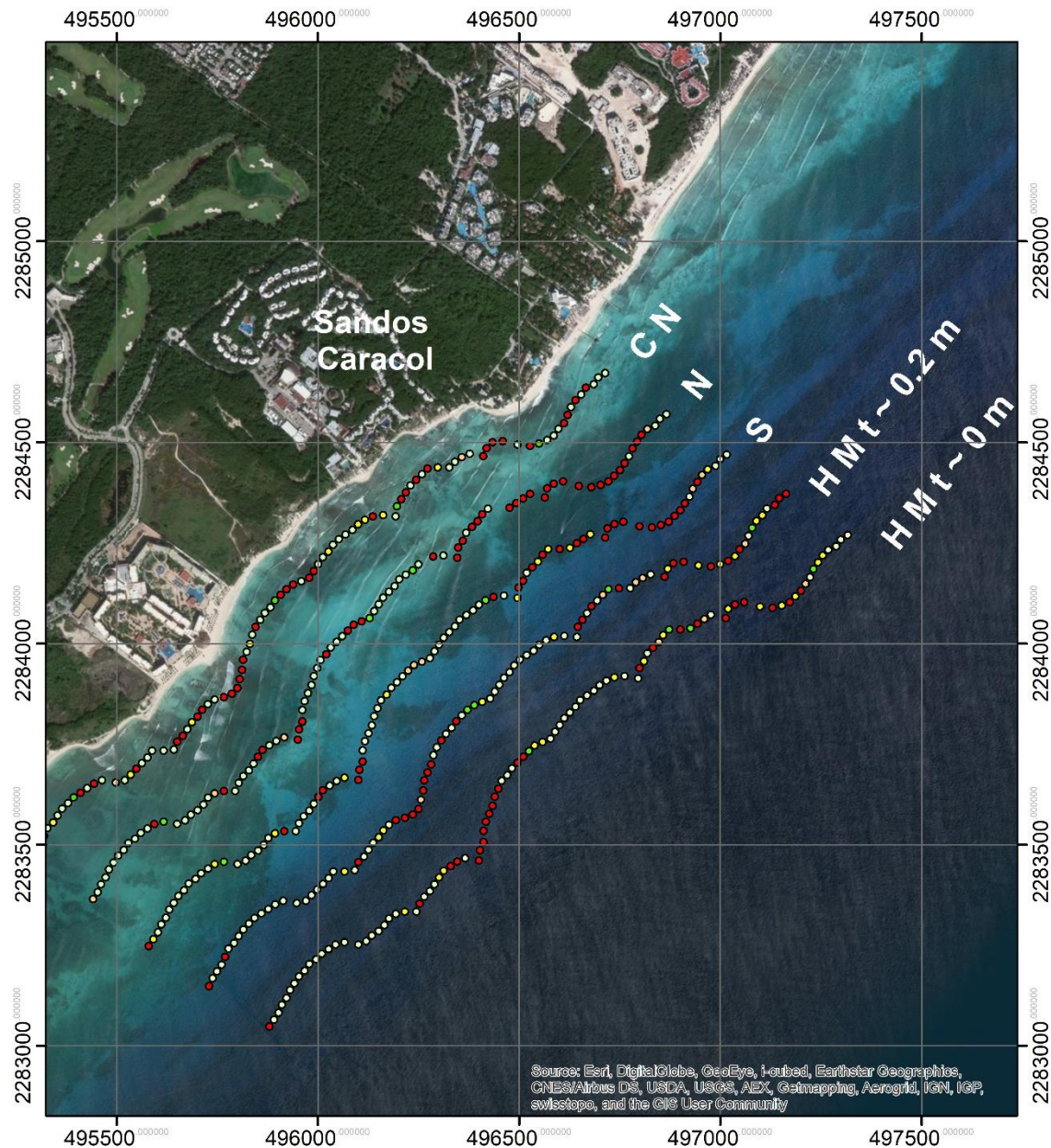


Figura 208. Índice de erosión para diferentes escenarios: condiciones normales (CN), nortes (N), suradas (S) y huracanes con (0.2 m) y sin marea de tormenta (0 m). Categorías: Muy Bajo (verde claro), Bajo (verde), Medio (amarillo), Alto (naranja) y Muy Alto (rojo).

Por otro lado, a partir de una imagen de Google Earth, se identificaron los **bancos de arena marinos** próximos a la línea de costa, los cuales contienen sedimento (con



un espesor mínimo de 0.5 m) susceptible para desplazarse o transportarse. A continuación, se muestran los bancos de arena marinos identificados.

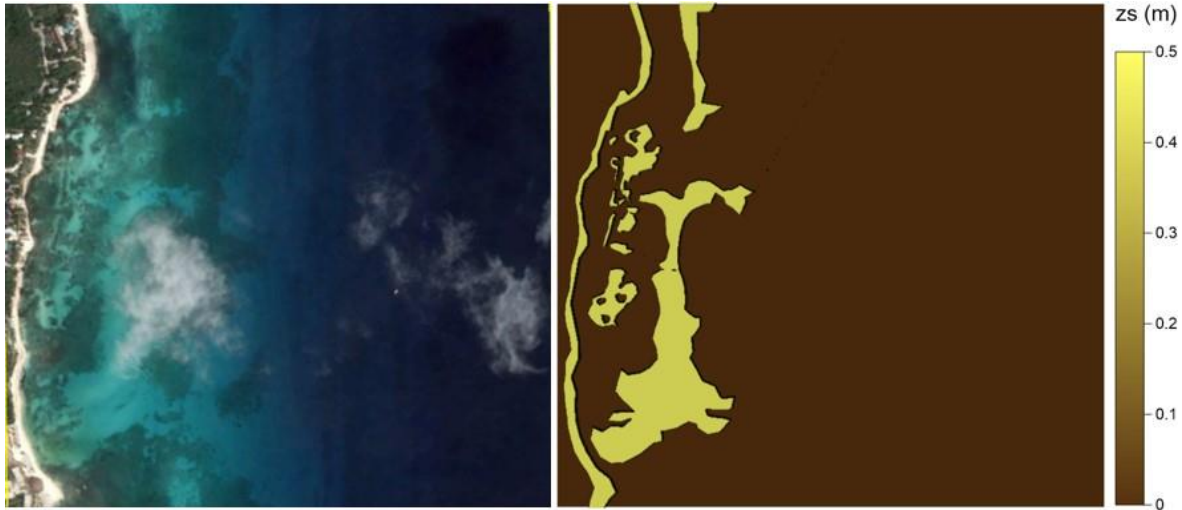


Figura 209. Izquierda: Imagen de Google Earth usada para identificar los bancos de arena marinos; derecha: Bancos de arena marinos identificados y espesores de la capa de sedimento susceptible al transporte (zs).

Referente al **modelo numérico de transporte de sedimentos** (que simula procesos e impactos hidrodinámicos y morfodinámicos en costas arenosas, identificando tendencias de erosión y transporte de sedimentos), los modelos (figura siguiente) muestran que las cuatro condiciones del oleaje tienen efecto en la playa, pero las condiciones más enérgicas, capaces de alterar significativamente los **bancos de arena marinos**, ocurren en los escenarios de **suradas** y **huracanes**. Los mapas de sedimentación y erosión muestran una tendencia erosiva en la parte alta de la playa y sedimentación en la parte baja de ella. Respecto al transporte de los bancos de arena marinos, se aprecia una **tendencia erosiva mar adentro** y **sedimentaria hacia tierra**, pero también se aprecia la presencia de una zona de sedimentación mar adentro, principalmente en la **surada**, destacando dos áreas considerables de sedimentación, indicando **pérdida de sedimento hacia aguas profundas**. En relación con la zona de las estructuras (bolsacretos) existentes, se identifican zonas de erosión, en lo que probablemente son las bocas entre las estructuras, más no se distinguen zonas de sedimentación. Finalmente, **frente de playa del Hotel Sandos Caracol**, los modelos evidencian **erosión en la parte alta de la playa** y **sedimentación en el lado del mar** (Anexo II.1).

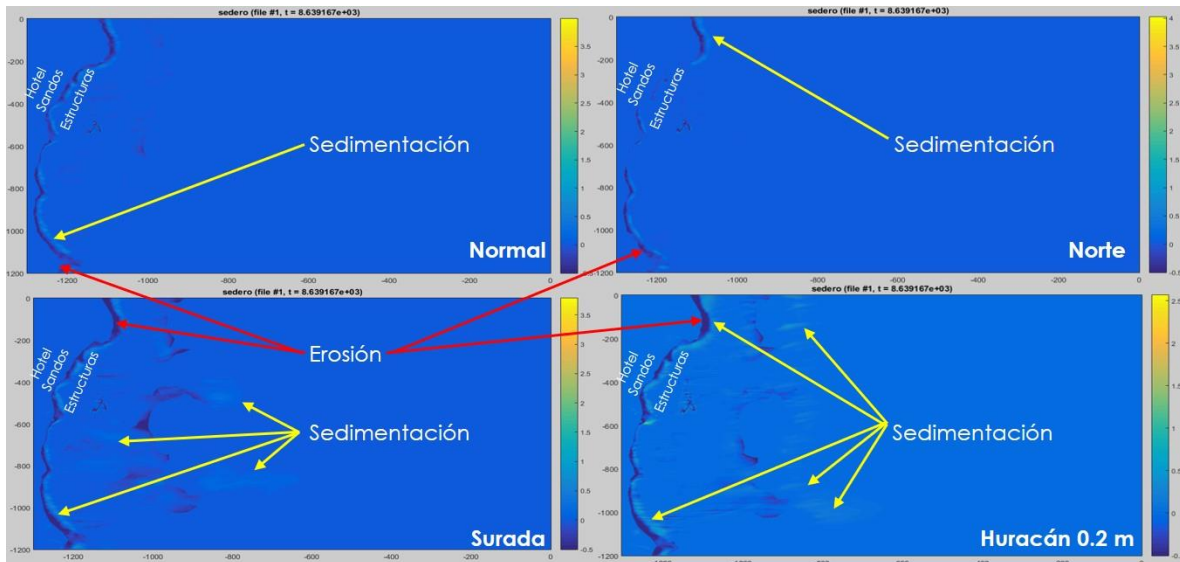


Figura 210. Mapa de sedimentación (+) y erosión (-) acumulados, en metros, para los escenarios en condiciones normales, nortes, suradas y huracán (con marea de tormenta 0.2 m). La escala de valores va de -0.5 m (azul marino: erosión) a 3.5 m (amarillo: sedimentación) (Anexo II).

A partir del análisis de dinámica de la línea de costa realizados bajo diferentes escenarios de modelación que describen las condiciones del oleaje (*i.e.*, condiciones normales, nortes, suradas y huracanes con y sin marea de tormenta) (Anexo II), **se diagnosticó** que **la combinación de factores antrópicos** (*i.e.*, bolsacretos existentes) **y factores naturales** (*i.e.*, huracanes y suradas) **están generando un proceso de erosión en el Sistema Ambiental Regional (SAR).**

Asimismo, se considera que la presencia de **las estructuras de protección costera (bolsacretos)** ubicadas al interior del SAR, frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, **no permiten la recuperación de playa**, sino que potencializan los procesos del oleaje que dan pie a que la línea de costa retroceda en algunos sectores. Las estructuras **producen dos efectos adversos** que aumentan el proceso de erosión: **reflexión y difracción.**

Reflexión. Actúan como una barra bloqueando el sedimento hacia la playa de forma transversal, transportándolo hacia el mar. Además, los bolsacretos, han disminuido su altura, y, por lo tanto, han reducido su capacidad disipadora de la energía del oleaje, que, aunado a las características atenuantes del perfil de playa, se genera una zona inestable que permite que las olas se queden atrapadas. Así, la celda litoral queda cerrada y no permite la regeneración natural de la playa.



Difracción. Las bocas entre estructuras, generan corrientes, así como un incremento en la amplitud de la ola, lo cual también genera zonas de erosión; sin embargo, no se distinguen zonas de sedimentación.



Figura 221. Vista aérea de los dos efectos adversos que producen las estructuras de protección costera existentes frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

Bajo este análisis de la situación actual de la estructura arrecifal y del ambiente biótico marino en el Sistema Ambiental Regional del proyecto El proyecto denominado “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, es una obra nueva de protección costera que se pretende ubicar en la zona marina colindante al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, **se alerta sobre la necesidad de restablecer los procesos funcionales del arrecife**, con la intención de contar en el tiempo ecológico con la formación de hábitat y refugios que propician una mayor heterogeneidad ambiental y una mayor diversidad de especies; así como con la acreción de la estructura calcárea del arrecife y su permanencia como ambiente de depósito en el tiempo geológico.

Todo ello permitirá una mejora en el paisaje del SAR, lo que a su vez atraerá a más visitantes y, en consecuencia, un beneficio económico a los habitantes de dicha región.

IV.3 Referencias

- Alcolado, P., A. Corvea y A. González. 1980. Variaciones morfológicas internas y externas de los abanicos de mar (*Gorgonia spp*) y su valor adaptativo. *Ciencias Biológicas* 5.
- Alcerrecá, J. C., R. Silva y E. Mendoza. 2013. Simple settling velocity formula for calcareous sand. *Journal of hydraulic research*, 51: 215-219.
- Alcolado, P. M. 1981. Zonación de los gorgonáceos someros de Cuba y su posible uso como indicadores comparativos de tensión hidrodinámica sobre los organismos del bento. Informe Científico-técnico Instituto Oceanológico Academia de Ciencias de Cuba, 187: 1-43.
- Alexandrakis, G. y S. E. Poulos. 2014. An holistic approach to beach erosion vulnerability assessment. *Scientific reports*, 4: 6078.
- Anfuso, G. 2004. Caracterización de celdas litorales en un tramo costero aparentemente homogéneo del litoral de Cádiz (so de España). *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 18: 25-36.
- Bautista, F. 2011. Vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la Península de Yucatán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13: 7-8.
- Bayer, F. M. 1961. The shallow water octocorallia of the west Indian Region. Martinus Nijhoff. The Hague, 373 pp.
- Bayer, F. M., M. Grasshoff y J. Versevedt (Eds). 1983. Illustrated trilingual glossary of morphological and anatomical terms applied to octocorallia. E. J. Brill/Dr. W. Backhuys. Leiden. 75 pp.
- Botero, L. 1987. Zonación de octocorales en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona, Costa Caribe Colombiano. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín*, 17: 61-80.
- Botero, L. 1990. Observations on the size, predators and tumor-like outgrowths of gorgonian octocoral colonies in the area of Santa Marta, Caribbean coast of Colombia. *NORTHEAST GULF SCI.* Vol. 11, no. 1, pp. 1-10.
- Cairns, S. 1977. Guide to the commoner shallow-water gorgonians (Sea whips, sea feathers and sea fans) of Florida, The Gulf of Mexico and the Caribbean Region. Sea Grant Field Guide Series number 6. University of Miami. Sea Grant Program. 74 pp.

- Carrillo Bribiezca, L. E. 2008. Calidad de agua y dispersión de contaminantes en la zona costera de la Riviera Maya (Playa del Carmen, Quintana Roo). Informe técnico final proyecto CNA-2004-C02-3. Fondo Sectorial CNA-CONACyT. El Colegio de la Frontera Sur.
- Castañares, L., Soto, L. 1982. Estudios sobre los corales escleractinios hermatípicos de la costa noreste de la península de Yucatán, México. I. Sinopsis taxonómica de 38 especies (Cnidaria:Anthozoa:Scleractinia). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 9:295-344.
- Cerdeira-Estrada, S., L.O. Rosique-De La Cruz, P. Blanchon, A. Uribe-Martínez, R. Martell-Dubois, M.I. Martínez-Clorio, M.I. Cruz-López, R. Ressler. 2018. 'Relieve Submarino de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche - Xcalak. 2018', escala: 1:8000. edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Cerdeira-Estrada, S., M.I. Martínez-Clorio, L.O. Rosique-De La Cruz, M. Kolb, A.M. Gonzales-Posada, A. Uribe-Martínez, R. Martell-Dubois, J.R. Garza-Pérez, L. Alvarez-Filip, M.I. Cruz-López, R. Ressler, (28/06/2018). 2018. 'Cobertura Bentónica de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche - Xcalak. 2018', escala: 1:8000. edición: 2. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Chandler CR, Sanders RM Jr, Landry AM Jr. 1985. Effects of three substrate variables on two artificial reef fish communities. Bull Mar Sci 37: 129—142.
- Chaplin, Ch. C. G. 1972. Fishwatchers guide to west-Atlantic coral reefs. Harrowood Books, Pennsylvania. 65 pp.
- Cofforth, M. A. 1985. Mucous sheet formation on poritid corals: effects of altered salinity and sedimentation. Proceedings of the Fifth International Coral Reef Congress. Vol. 4:165-170.
- Colin, P. I. 1988. Marine invertebrates and plants of the living reef. T.F.H. Publications, Inc. Ltd. 512 pp.
- Comisión Colombiana del Océano (CCO). 2016. El océano en las Ciencias Naturales y Sociales. Tercera edición. Editorial Entrelibros e-book solutions. Bogotá, 2016. 326 Pp.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2007. Estadísticas del agua en México, Conagua, México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Península de Yucatán (3105), Estado de Yucatán. Diario Oficial de la Federación, 20 de abril de 2015. 23 p.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). S/F. Especies, Reptiles, Tortugas. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/reptiles/menuTortugas.html>.
- Crowder LB y W. E. Cooper. 1982. Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. *Ecology* 63: 1802–1813.
- Cuevas Flores, E., B. González Garza, A. Segovia Castillo y J. Sosa-Escalante. 2010. Tortugas marinas: poblaciones y hábitat críticos. Pp. 262-264. En: *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (R. Durán y M. Méndez, eds.). CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. México. 508 páginas.
- Doodson, A. T. 1921. The harmonic development of the tide-generating potential. *Proc. R. Soc. Lond. A, The Royal Society*.
- Etter, A., 1990. *Ecología del Paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales*. IGAC, Bogotá.
- Ferrer, L. M. 1985. Spatial patterns of three Caribbean scleractinans: *Porites astreoides*, *Montastrea annularis*, and *Montastrea cavernosa*. Department of Marine Sciences, University of Puerto Rico. Mayaguez. Puerto Rico. Thesis.
- García, E. 1998. *Climas, escala 1: 1 000 000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Disponible en: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>.
- Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A., & Watkinson, A. R. 2005. Hurricanes and Caribbean coral reefs: impacts, recovery patterns, and role in long-term decline. *Ecology*, 86(1), 174-184.
- Gondwe, B. R. N. 2010. *Exploration, Modelling and Management of Ground-Calidad de agua en el acuífero de Puerto Morelos, Quintana Roo, México water-Dependent Ecosystems in Karst-The Sian Ka'an Case Study, Yucatan, Mexico* (Tesis de doctorado). Technical University of Denmark, Department of Environmental Engineering.
- González, R., I. Sánchez, A. Cervantes y J. Osorio. 2018. Calidad de agua en el acuífero de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis*, 25: 69-89.
- Graham NAJ, Nash KL (2013) The importance of structural complexity in coral reef ecosystems. *Coral Reefs* 32: 315–326
- Greenberg, J. e I. Greenberg. 1977. *Guide to corals and fishes of Florida. The Bahamas and The Caribbean*. Seahawk Press. Miami. Florida, 64 pp.
- Grime, J. P. y Pierce, S. 2012. *The evolutionary strategies that shape ecosystems*. Wiley-Blackwell. 240 p. www.wiley.com/go/grime/evolutionarystrategies.
- Grossman GD, Jones GP, Seaman WJ Jr. 1997. Do artificial reefs increase regional fish production? A review of existng data. *Fish Manag* 22:17–23

- Grupo Tortuguero de las Californias (GTC). 2012. Reunión Anual, multiplicando esfuerzos de conservación. Disponible en: <<https://www.guerreronegro.org/reportajes/caguamas.html>>.
- Guido, P., A. Ramírez, L. Godínez, S. Cruz y A. Juárez. 2009. Estudio de la erosión costera en Cancún y la rívera Maya, México. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 20: 41-56.
- Gutiérrez, D., García, C., Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., y R. Macías. 1993. Caracterización de los arrecifes coralinos de la reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Q. Roo. México. Sian ka'an Serie Documentos No. 1: 1-47.
- Gutiérrez, D., Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., García, G., Loreto, R., Camarena, T. 1995. Caracterización de los arrecifes coralinos en el corredor "Cancún-Tulum", Quintana Roo, México. Sian ka'an Serie Documentos No. 4. 3-39.
- Healthy Reefs. 2015. Report Card. Mesoamerican Reef. An evaluation of Ecosystem health. (<http://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2015/05/MAR-EN-small.pdf>).
- Hixon, M. A., and J. P. Beets. 1989. Shelter characteristics and Caribbean fish assemblages: experiments with artificial reefs. *Bull. Mar. Sci.* 44:666-680.
- Honorable Ayuntamiento de Solidaridad (HAS). 2016. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Quintana Roo. Disponible en: <<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM23quintanaroo/municipios/23008a.html>>.
- Hughes, R. N. 1989. *A functional biology of clonal animals*. Chapman and Hall, New York. 331 pp.
- Hughes, T. P. 1984. Population dynamics based on individual size rather than age: a general model with a reef coral example. *American Naturalist*, 123:728-795.
- Humman, P. 1989. Reef fish identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 267 pp.
- Humman, P. 1993a. Reef coral identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 239 pp.
- Humman, P. 1993b. Reef creature identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 320 pp.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2000. Diccionario de datos climáticos escalas 1: 250 000 y 1: 1 000 000 (vectorial). 57 p. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/clima/doc/dd_climaticos_1m_250k.pdf>.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2002. Estudio Hidrológico de Quinta Roo. Gobierno del Estado de Quintana Roo. 49 p.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015. Quintana Roo. México. 103 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2018. Banco de indicadores. Quintana Roo. Solidaridad. Disponible en: <<http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=1002000026&vind=metadato#>>.
- Jones, G. y McCormick. 2002. Numerical and energetic processes in the ecology of coral reef fishes. Pages 221-242 in P. Sale, editor. Coral Reef Fishes. Academic Press.
- Juárez, E. y A. Rico. 2002. Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos. Editorial Limusa. México.
- Knowlton, N. 2001. Sea urchin recovery from mass mortality: New hope for Caribbean coral reefs? Proc. Natl. Acad. Sci. 98.9: 4822-4824.
- Kramer P, McField M, Álvarez-Filip L, Drysdale I, Rueda-Flores M, Giro A y Pott R. 2015. Reporte de la Salud Ecológica del Arrecife Mesoamericano 2015. Iniciativa Arrecifes Saludables (www.arrecifessaludables.org).
- Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., Urquiza, R., Nava, T. 1994a. Caracterización de 4 áreas arrecifales de la costa de Quintana Roo. Desarrollo arrecifal y Estructura de la comunidad. Reporte final.
- Lara, M., Padilla, C., Pizaña, J., Urquiza, R., Nava, T. 1994b. Caracterización de la circulación marina, transporte litoral y procesos costeros en 4 áreas arrecifales de la costa de Quintana Roo. Reporte final.
- Lessios, H.A., Kessing, B.D. y Pearse, J.S. 2001. Population structure and speciation in tropical seas: global phylogeography of the sea urchin *Diadema*. Evolution 55: 955-975.
- Lirman, D. 2003. A simulation model of the population dynamics of the branching coral *Acropora palmata* Effects of storm intensity and frequency. Ecological modelling, 161 (3), 169-182.
- Littler, D. M., Littler, K., Buchery J. Norris. 1989. Marine Plants of the Caribbean. A field guide from Florida to Brazil. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 263 pp.
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. Mar. Biol. 13:100-23
- Luckhurst, B. E., Luckhurst, K. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral fish communities. Mar. Biol. 49: 317.

- Lugo-Hubp, José., Córdova, Carlos-Fernández, Arteaga. 1990. 'Geomorfología Marina'. Obtenido de Geomorfología 1. IV.3.3., Atlas Nacional de México, Vol. II, Escala 1:4000000, Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford, RU. 256 pp.
- Merino, M. y L. Otero. 1986. Atlas Ambiental Costero. Puerto Morelos - Quintana Roo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. 80 p.
- Morales, J. J. 2004. El joven mar caribe. Ciencias, 76: 34-41.
- Morlans, M. C. 2005. Introducción a la ecología del paisaje. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.
- Padilla, C., Gutiérrez, D., Lara, M. y C. García. 1994. Coral Reefs of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. Proc. 7th. Int. Coral Reef. Symp. Guam, 2:986-992.
- Padilla-Souza, A. C. 2016. Programa interdisciplinario de restauración activa par a compensar daños antropogénicos en arrecifes coralinos del caribe mexicano. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JA009. Ciudad de México.
- Porter, J. W. 1972. Patterns of species diversity in Caribbean reef corals. Ecology. 53:745-748.
- Real Academia Española (RAE). 2019. Significado de paisaje. Disponible en: <<https://dle.rae.es/?id=RT6QMKS>>.
- Reyes, M. A. 2005. El sistema circulatorio del planeta azul. Avance y perspectiva, 24: 71-75.
- Román-Sierra, J., M. Navarro-Pons, G. Gómez-Pina y J.J. Muñoz-Pérez. 2013. Optimización del análisis del tamaño de grano de arenas costeras.
- Rosengaus, M., M. Jiménez y M. Vázquez. 2014. Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 106 p. Disponible en: <<http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/37.pdf>>
- Sanders, I. M. and Ruiz, I. 2007. The impact of artificial reefs on fish diversity and community composition in Isla Ratones, western Puerto Rico. Proceeding of 60th Gulf Caribbean Fish Institute, 407-411

- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 2013. Catálogo de Localidades del municipio de Solidaridad, Quintana Roo. Disponible en: <<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=23&mun=008>>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). S/F. Guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional. México, D.F.
- Secretaría Pro Tempore de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT). 2006. Amenazas a las Tortugas Marinas y Posibles Soluciones. San José, Costa Rica.
- Shulman and J. C. Ogden. 1987. What controls tropical reef fish populations: recruitment or benthic mortality? An example in the Caribbean reef fish *Haemulon flavolineatum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 39: 233-242
- Silva, R., M. Villatoro, F. Ramos, D. Pedroza, M. Ortiz, E. Mendoza, M. Delgadillo, M. Escudero. 2014. Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) 118.
- Silva, R., Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Mendoza, E., López-Portillo, J., Lithgow, D., Vázquez, G., Martínez-Martínez, R.E., Monroy-Ibarra, R., Cáceres-Puig, J.I., Ramírez-Hernández, A., BoyTamborell, M. 2017. Aspectos generales de la zona costera. UNAM; INECOL. 54pp.
- Smith, F. G. W. 1972. Atlantic reef corals. A handbook of common reef and shallow-water corals of Bermuda, The Bahamas, Florida, The West Indies and Brazil. University of Miami Press. 14 pp.
- Stokes, F. J. 1984. Divers and snorkelers guide to the fishes and sea life of the Caribbean, Florida, Bahamas and Bermuda. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia Publisher. 160 p.
- Suárez, E. y E. Rivera. 1998. Zooplankton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo, México. Sistema Estatal de Información y Documentación Científica y Tecnológica, 8: 19-32.
- Tolman, H. L. 2009. User manual and system documentation of WAVEWATCH III TM version 3.14. Technical note, MMAB Contribution, 276: 220.
- Torres, J. and Morelock, J. 2002. Effect of Terrigenous Sediment Influx on Coral Cover and Rates of Three Caribbean Massive Coral Species. *J. Caribbean Sci.*, 1 (38), 222-229.
- Universidad de Sonora (INISON). 2005. Sedimentación Carbonatada Reciente. Departamento de Geología. Universidad de Sonora. Disponible en:

- <<http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/olivia/carbonatadas/sedimentacioncarbonatadareciente.htm>>.
- Wen, K., Hsu, C., Chen, K., Liao, M., Chen, C., Chen, C., 2007. Unexpected coral diversity on the breakwaters: potential refuges for depleting coral reefs. *Coral Reefs* 26, 127.
- Zavala, J., O. Salmerón, V. Aguilar, S. Cerdeira y M. Kolb. 2005. Caracterización y regionalización de los procesos oceanográficos de los mares mexicanos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/gap/index.php/Procesos_oceanogr%C3%A1ficos>.
- Zea, S. 1987. Esponjas del Caribe Colombiano. Catálogo Científico. Colombia, 283 p.
- Zlatarski, V. N. y N. Martinez. 1982. Les Scléactiniaires de Cuba avec des donnés sur les organismes associés. Académie Bulgare des Sciences. Sofia. 472 pp.

ÍNDICE

V. IDENTIFICACION, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.	2
V.1. Indicadores de impacto.....	3
V.2. Criterios y metodologías de evaluación.....	6
V.2.1. Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada.....	8
V.2.2. Descripción de la metodología y técnicas utilizadas.....	9
V.3. Identificación de Impactos Ambientales generados por la ejecución del proyecto “Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”.....	15
V.4. Caracterización y valoración de los impactos ambientales.....	26
V.5 Descripción de los impactos ambientales.....	57
V.6. Impactos acumulativos, sinérgicos y residuales.....	70
V.7. Conclusiones.....	77
V.8.Referencias.....	79

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

Con base en la información presentada en los capítulos II y IV de esta MIA-R referente a las acciones contempladas en la ejecución del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” y las características ambientales del área de influencia del mismo respectivamente, en este capítulo se identifican, describen y evalúan los efectos que de la interacción de las acciones contempladas en el desarrollo del proyecto y el ambiente pueden ser originados.

La obtención y precisión de la información antes mencionada en los capítulos es de suma importancia para determinar la significancia de los efectos producidos en el ambiente, pues dichos efectos derivados de cualquier tipo de proyecto dependen de factores como la naturaleza del proyecto (tipo, magnitud, etc.) y el tipo o tipos de ecosistemas sobre los cuales se desarrollará, así como su fragilidad y calidad ambiental. La valoración de los efectos implica llevar a cabo la comparación de un escenario previo a la realización del proyecto considerando la línea base versus el escenario potencial que se presentaría con la ejecución del proyecto en cuestión, lo cual involucra la interacción de variables controladas (obras y acciones) y variables aleatorias (factores ambientales) por lo que los efectos sobre el ambiente son inciertos. Si bien se cuenta con una gran cantidad de información y datos científicos respecto a los daños ambientales frente al desarrollo de obras, la incertidumbre gobierna gran parte de los resultados que pueden ser obtenidos pues el grado de modificación que pueden sufrir las características intrínsecas del propio ecosistema (elasticidad, resiliencia, resistencia, fragilidad, la composición de especies, la estructura y funcionalidad) determinará el estado final de éste.

El proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” contempla la colocación de tres estructuras (Arrecifes Artificiales) conformadas por concreto o piedra caliza, que servirán de protección a la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort y el retiro de los bolsacretos que fueron instalados con anterioridad con el fin de dejar el espacio libre para el libre flujo del agua y el transporte de sedimento hacia la playa. El proyecto pretende llevarse a cabo en una superficie de 4072.934 m² (0.4072 ha), de los cuales 2,468 m² serán ocupados por la instalación de los arrecifes y 1,604.934 m² por el retiro de los bolsacretos.



Como se ha señalado en capítulos anteriores, el área donde se pretende la instalación de dichas estructuras se trata de una zona que ha estado expuesta a procesos erosivos por lo que la playa se ha ido perdiendo. Es por esto que se pretende ayudar a disminuir este fenómeno a través de la instalación de estructuras que permitan disminuir los procesos erosivos de la zona y evitar la pérdida de la playa en el área permitiendo la continuidad de los procesos. No obstante, si bien la instalación de estas estructuras coadyuvará a conservar la playa, la colocación de éstas traerá consigo algunas afectaciones al ambiente, las cuales serán valoradas de acuerdo a su magnitud e importancia en este capítulo para con ello determinar la significancia de los impactos ambientales tomando como base la definición establecida en el Reglamento de la LGEEPA, en su artículo 3, fracción X.

V.1. Indicadores de impacto.

El Sistema Ambiental Regional implica de manera implícita procesos altamente complejos involucrando una serie de factores ambientales bióticos y abióticos, así como de múltiples interacciones. Esto hace sumamente difícil la selección de variables a través de las cuales puedan detectarse cambios en la calidad de un sistema y faciliten su comparación e interacción para evaluar los niveles de cambio de manera integral. Sin embargo, es de suma importancia poseer indicadores cualitativos y/o cuantitativos que permitan evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse a consecuencia del establecimiento de un proyecto o del desarrollo de una actividad.

Considerando lo anterior, se señalan a continuación los indicadores seleccionados para la valoración de los posibles impactos ambientales que el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” puede ocasionar en el SAR.

Lista indicativa de indicadores de impacto.

Considerando la información de los capítulos II y IV, en donde se describieron las acciones contempladas y las características ambientales del sitio, se seleccionaron las siguientes variables.



Tabla 1. Lista de indicadores de impacto ambiental del proyecto "**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**".

Factor ambiental	Indicador de impacto	Descripción
Agua marina	Calidad del agua	Se refiere a la modificación de las características físico-químicas por la posible contaminación o resuspensión de sedimento debido al desarrollo de las acciones contempladas en el proyecto. El indicador será cualitativo a través del tipo de desechos que serán generados, las características del sedimento y el área afectada además de la susceptibilidad de la zona.
Fondo marino	Cantidad	Esta variable se refiere a la modificación de la cantidad de sedimento por las acciones que serán llevadas a cabo. Este indicador será valorado a través del tipo de sedimento presente y las condiciones del sitio.
Dinámica marina	Transporte Litoral	Este indicador contempla la alteración del transporte de sedimento natural que se presenta en la zona marina por la instalación de obras permanentes en el medio marino. Este indicador será valorado a través de la modelación del transporte litoral con la presencia y ausencia de estas estructuras.
	Perfil de playa	Esta variable considerará los cambios en la morfología de las playas por la alteración del transporte de sedimentos debido a la instalación de los arrecifes artificiales. Este indicador será valorado considerando la modelación del transporte litoral con la presencia y ausencia de estas estructuras.
Biota marina	Cobertura	Se refiere al grado de afectación de individuos de las especies presentes que habitan la zona disminuyendo la superficie



Factor ambiental	Indicador de impacto	Descripción
		de ocupación. Será determinada a través del área que será perturbada directamente por las acciones contempladas en el proyecto.
	Hábitat	Se refiere a las modificaciones ocasionadas en el hábitat de las especies y en consecuencia en la dispersión y/o ecología de la fauna local causados en cualquier etapa del proyecto, así como los efectos indirectos del mismo, como la interrupción del libre desplazamiento de los individuos. El cambio será determinado, considerando la superficie afectada.
	Movilidad	Esta variable considerará la afectación del libre paso de las especies por la zona debido a la instalación de los arrecifes artificiales. Este indicador será valorado de acuerdo al diseño y área que será ocupada por las estructuras, además de la especies afectadas.
Especies bentónicas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Cobertura	Se refiere al grado de afectación de individuos de las especies presentes que habitan la zona disminuyendo la superficie de ocupación. Será determinada a través del área que será perturbada directamente por las acciones contempladas en el proyecto.
Tortuga marina	Acceso a las áreas de anidación y regreso al mar.	Este indicador involucra la afectación del libre paso de las especies de tortugas marinas a las áreas de anidación y su regreso al mar por la instalación de los arrecifes artificiales. Este indicador será valorado de acuerdo a la importancia como zonas de anidación para estas especies y al área que será ocupada por las estructuras.



Factor ambiental	Indicador de impacto	Descripción
	Paso de las crías hacia el mar	Este indicador se refiere al libre paso de las crías en su nado hacia mar abierto por la instalación de los arrecifes artificiales. Será valorado considerando la estructura de los arrecifes artificiales y el número de crías que nacen en la playa de acuerdo a la importancia de la playa para la nidación de las tortugas.
Lobatus gigas y L. costatus	Movilidad	Esta variable considerará la afectación del libre paso de las especies de moluscos por la zona debido a la instalación de los arrecifes artificiales. Este indicador será valorado de acuerdo al diseño y área que será ocupada por las estructuras y la biología y ecología de estas especies.
Paisaje (P)	Incidencia visual	Se refiere al cambio ocurrido en el paisaje por el desarrollo del proyecto y se determinará a través de la superficie que será afectada por la modificación del entorno.

Respecto a los indicadores antes señalados, la biota es considerada como la flora y la fauna bentónica y necton del sitio que no se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM- 059-SEMARNAT-2010. Los organismos de la biota que pueden ser susceptibles a sufrir impactos de mayor relevancia fueron considerados como indicadores individuales (e.g. tortuga marina, específicamente las que arriban a la zona y *L. gigas*).

V.2. Criterios y metodologías de evaluación.

Con la finalidad de llevar a cabo la evaluación del posible impacto de las actividades involucradas en el proyecto Hotel Sandos Caracol Eco Resort a través de los indicadores antes mencionados, se tomó en cuenta lo siguiente:



- La línea base. Esto es las características y condiciones del Sistema Ambiental Regional en el momento cero, incluyendo el predio en el cual se pretende desarrollar el proyecto.
- Las características que el área (SAR) puede presentar con el desarrollo del proyecto.
- Los impactos específicos en las fases del proyecto: construcción y operación. Cabe mencionar que dado que el área en la que se pretenden instalar las nuevas estructuras se encuentra en una zona marina y dicha zona presenta escasa biota, no se contempla la fase de preparación del sitio, por lo que únicamente se considerarán las etapas de construcción y operación en el caso de los arrecifes artificiales y en el caso de los bolsacretos las acciones realizadas durante la remoción de estas estructuras.

Con base en estos preceptos, se utilizaron instrumentos metodológicos para identificar y valorar los impactos ambientales derivados de la ejecución del proyecto.

El proyecto consiste en la colocación de **tres** estructuras de protección paralelas a la línea de costa (arrecifes artificiales) que ocuparán un área total de 0.2468 ha y el retiro de bolsacretos en un área de intervención de 1, 604.934 m². Aunado a esto, como se ha mencionado en capítulos anteriores la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort ha sufrido pérdida de sedimento por erosión lo que ha afectado la conformación de la playa de manera importante. Ante esto, en años anteriores se colocaron tres estructuras (bolsacretos) conformadas por bolsacretos con el fin de disminuir la fuerza erosiva del mar y ayudar a conservar la playa. Sin embargo, aún con estas estructuras la playa ha seguido disminuyendo por lo que se pretende retirar estos bolsacretos y colocar los arrecifes artificiales para ayudar al mantenimiento de la playa.

Considerando lo antes señalado, si bien la colocación de las nuevas estructuras se realizará con el fin de ayudar a conservar la playa, se ocasionarán efectos en el medio ambiente por la ejecución de este proyecto, los cuales serán identificados y valorados en este capítulo.



V.2.1. Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

En la actualidad existe una gran cantidad de metodologías y técnicas utilizadas para la evaluación de los impactos ambientales, por lo que no se ha alcanzado un consenso sobre el uso específico de cada una de ellas. La aplicación de las diversas técnicas depende de sus características y alcances (Canter 1988) pues las técnicas que actualmente se usan y han usado por mucho tiempo presentan fortalezas y debilidades en su aplicación. Esto indica que el uso de diversas técnicas en la evaluación de los impactos ambientales puede solventar y reforzar la información que de ellas se deriva respecto a los cambios ambientales.

Tomando en cuenta que cada proyecto involucra características propias y que no existen criterios universales a través de los cuales se pueda seleccionar una metodología o técnica en particular, se hace necesaria la participación de un equipo multidisciplinario para la selección de una metodología lo más objetiva y clara, a través de la cual, se utilice la información del medio y del proyecto para inferir e interpretar los posibles impactos que pueden generarse, así como determinar la capacidad del medio para absorber el efecto de estos impactos. La identificación, descripción y valoración de estos impactos es un elemento esencial en la detección de efectos dañinos al ambiente y para determinar los cambios que se pueden originar en el o los ecosistemas.

Con base en lo antes expuesto y con el fin de obtener información para cuantificar y valorar los efectos que podrían ocasionarse con el desarrollo del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, se utilizó la metodología propuesta por Gómez-Orea (1999, 2007), mediante la cual se lleva a cabo la identificación y valoración de los impactos ambientales potencialmente ocasionados durante el desarrollo del proyecto, a través del uso de una Matriz de Leopold y la cuantificación de los impactos ambientales, complementado con el uso de redes de interacción.

V.2.2. Descripción de la metodología y técnicas utilizadas.

Grafos de relación causa-efecto.

Los grafos de relación causa-efecto son también denominados redes de interacción y son métodos que como su nombre lo indica integran las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existen entre las acciones causales y los factores ambientales que reciben el impacto, incluyendo efectos secundarios y terciarios. Son útiles para identificar los impactos previstos asociados a los proyectos y comunicar esto a las partes interesadas (Canter 1998).

Métodos matriciales.

Los métodos matriciales son técnicas bidimensionales que relacionan acciones con factores ambientales; son básicamente de identificación. La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se prevé que una actividad va a incidir en un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, describiéndose en términos de su magnitud e importancia (Canter 1998).

Metodología de Domingo Gómez Orea (Gómez-Orea, 1999).

La evaluación de los impactos ambientales propuestas por Gómez-Orea (1999), se realiza a partir de la creación de una matriz o tabla de doble entrada, en la cual se disponen como columnas las acciones del proyecto, y como filas los factores ambientales; arreglándolos en forma arborescente y desagregando el proyecto en niveles: fase, elemento y acción, y el ambiente en: medio, factor y subfactor.

A partir de esta matriz, se identifican los posibles impactos definiendo las interacciones de las acciones o actividades que se llevarán a cabo en las diferentes fases del proyecto con los factores/subfactores ambientales, marcando dichas interacciones, cuando existan, en la celda de cruce, obteniendo de esta forma una matriz de interacción.

Una vez identificadas las interacciones, se lleva cabo la valoración cuantitativa de los impactos ambientales, con base en la incidencia o importancia de los impactos ambientales, (severidad y forma de alteración) y su magnitud



(cantidad y calidad del factor modificado por la acción), siguiendo los pasos que se describen a continuación:

1. Cálculo del índice de incidencia estandarizado entre 0 y 1.
2. Cálculo del índice de magnitud, a través de:
 - a) Determinación de la magnitud en unidades distintas, heterogéneas, inconmensurables para cada impacto.
 - b) Transformación de las unidades heterogéneas a unidades homogéneas, comparables adimensionales. Estandarización del valor de la magnitud entre 0 y 1.
3. Cálculo del valor de cada impacto a partir de la magnitud y la incidencia antes obtenidas.
4. Cribado de impactos ambientales relevantes a partir de los valores obtenidos para cada impacto con base en valores de juicio.

A continuación, se describe el proceso que se sigue para la determinación de los índices de incidencia y magnitud.

Cálculo del índice de Incidencia estandarizado (I_{std})

El cálculo del índice de incidencia inicia con la caracterización de cada uno de los impactos identificados en la matriz de interacción, por medio de 10 atributos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 2. Atributos para caracterizar los impactos ambientales

Atributos
1. Signo. Se refiere al carácter del impacto: y se determina como positivo si el impacto es benéfico o negativo si es perjudicial.
2. Inmediatez. Describe el tiempo de repercusión sobre el ambiente. Se puede presentar un efecto directo si la repercusión es inmediata en algún factor ambiental o un efecto indirecto si la repercusión deriva de un efecto primario.
3. Acumulación. Define el carácter del impacto si éste es acumulativo, cuando se presenta un incremento continuo de la gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera, o simple cuando impacto se manifiesta en un solo componente ambiental.
4. Sinergia. Se refiere al reforzamiento de efectos simples, que se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples produce un efecto superior a su suma simple.



Atributos
5. Momento. Se refiere al lapso de tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del efecto. Corto (anual), medio (antes de 5 años), largo (mayor de 5 años).
6. Persistencia. Se define por el tiempo de permanencia del efecto desde su aparición. Puede considerarse como permanente si sucede por tiempo indefinido, mientras el temporal permanece por un tiempo determinado.
7. Reversibilidad. Se define como reversible si el efecto es asimilado por el ambiente, de tal manera que se recuperen las condiciones iniciales una vez producido el efecto, o irreversible cuando el efecto no puede ser asimilado por el ambiente o lo es, después de mucho tiempo.
8. Recuperabilidad. Un impacto se determina como recuperable cuando existe la posibilidad de reconstruir el factor afectado por medio de la intervención humana o natural, mientras no lo es el irrecuperable.
9. Periodicidad. Frecuencia de manifestación del impacto y se define como periódico, cuando se presenta de forma cíclica o recurrente, e irregular cuando se manifiesta de forma impredecible en el tiempo.
10. Continuidad. Se define al impacto continuo cuando produce una alteración constante en el tiempo, mientras el discontinuo se manifiesta de forma intermitente o irregular.

Cada uno de los atributos anteriores es tipificado, y cada tipo posee un código numérico para poder describir cada impacto (Tabla V.4).

Tabla 3. Atributos para la caracterización de los impactos ambientales identificados en la matriz de interacción. (Tomado de Gómez-Orea, 1999).

Atributo	Tipos	Código
Signo		(+)
		(-)
Inmediatez (I)	Directo	3
	Indirecto	1
Acumulación (A)	Acumulativo	3
	Simple	1
Sinergia (S)	Fuerte	3
	Media	2
	Leve	1

Atributo	Tipos	Código
Momento (M)	Corto	3
	Medio	2
	Largo	1
Persistencia (P)	Permanente	3
	Temporal	1
Reversibilidad (Rv)	Largo	3
	Medio	2
	Corto	1
Recuperabilidad (R)	Difícil	3
	Media	2
	Fácil	1
Periodicidad (P)	Periódico	3
	Irregular	1
Continuidad (C)	Continuo	3
	Discontinuo	1

Después de haber caracterizado el impacto, la incidencia o importancia, se obtiene a través de la suma de todos los valores obtenidos (código numérico) por atributo, para cada impacto identificado como se muestra a continuación:

$$Incidencia = I + A + M + S + P + Rv + R + P + C$$

Finalmente, el índice de incidencia se estandariza (I_{std}), para obtener valores entre 0 y 1 mediante la expresión:

$$I_{std} = \frac{(I - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

Donde:

I_{std} = valor de incidencia obtenido de la sumatoria de cada atributo.

I = valor de incidencia estandarizado obtenido por un impacto.

I_{max} = valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el valor mayor.

I_{min} = valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el valor menor.

Cálculo de la Magnitud (M).

La estandarización de la magnitud se lleva a cabo a través del uso de funciones de transformación siempre que sea posible a través del uso de los indicadores ambientales cuantitativos. Si no se cuenta con este tipo de indicadores, la estandarización se realiza a través de valores cualitativos y una escala de medición como se muestra a continuación.

La magnitud se calculará para cada factor ambiental mediante el indicador que se considere más conveniente en cada caso, estandarizando el resultado final entre 0 - 1, de forma que la magnitud será valorada como se muestra en la tabla V.5.

Tabla 4. Valores de magnitud para evaluar impactos ambientales.

Magnitud	Valor
Muy Alta	1
Alta	0.8
Media	0.6
Baja	0.4
Muy Baja	0.2

Los indicadores serán de tipo cuantitativo siempre que se pueda, y en el caso de que no sea posible su uso, se utilizarán indicadores cualitativos. En todo caso, los indicadores seleccionados corresponderán con el nivel de detalle del proyecto en el momento de realizar esta MIA-R y el conocimiento disponible sobre el entorno.

Obtención del Valor final del Impacto.

El valor final del impacto se calculará multiplicando los valores de la Incidencia estandarizada (I_{std}) y la Magnitud (M). El resultado obtenido oscilará entre 0 y 1 y se ajustará mediante la matriz mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 5. Matriz de valoración de impactos de acuerdo a la incidencia y magnitud de los impactos (Tomada de Gómez-Orea, 2007).

Valo del impacto (Ista * M)		INCIDENCIA											
		MUY ALTA		ALTA		MEDIA		BAJA		MUY BAJA			NULA
		1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1		0
MAGNITUD	MUY ALTA (1)	1 (C)	0.9 (C)	0.8 (C)	0.7 (C)	0.6 (S)	0.5 (S)	0.4 (S)	0.3 (M)	0.2 (M)	0.1 (Cm)	NO IMPACTO	
	ALTA (0.8)	0.8 (C)	0.72 (C)	0.64 (S)	0.56 (S)	0.48 (S)	0.4 (S)	0.32 (M)	0.24 (M)	0.16 (M)	0.08 (Cm)	NO IMPACTO	
	MEDIA (0.6)	0.6 (S)	0.54 (S)	0.48 (S)	0.42 (S)	0.36 (M)	0.3 (M)	0.24 (M)	0.18 (M)	0.12 (Cm)	0.06 (Cm)	NO IMPACTO	
	BAJA (0.4)	0.4 (S)	0.36 (M)	0.32 (M)	0.28 (M)	0.24 (M)	0.2 (M)	0.16 (M)	0.12 (Cm)	0.08 (Cm)	0.04 (Cm)	NO IMPACTO	
	MUY BAJA (0.2)	0.2 (M)	0.18 (M)	0.16 (M)	0.14 (Cm)	0.12 (Cm)	0.1 (Cm)	0.08 (Cm)	0.06 (Cm)	0.04 (Cm)	0.02 (Cm)	NO IMPACTO	
	NULA (0)	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO	NO IMPACTO

De esta forma, la valoración de los impactos ambientales se realizará considerando los siguientes valores de juicio.

Tabla 6. Valores de juicio mediante (Tomada de Gómez-Orea, 2007).

VALORES DE JUICIO	
CRITICO (C)	0.66 – 1
SEVERO (S)	0.37 - 0.65
MODERADO (M)	0.16 - 0.36
COMPATIBLE (Cm)	0 - 0.15

El carácter del impacto será definido bajo los criterios de cada clase mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 7. Definición de las clases consideradas para la valoración de los impactos ambientales (Tomada de Gómez-Orea, 2007).

Carácter del impacto	Definición
Compatible (Cm)	Si el impacto tiene poco efecto, recuperándose el medio por sí mismo sin medidas correctoras e inmediatamente tras el cese de la acción.
Moderado (M)	Si la recuperación, sin medidas correctoras intensivas, implica un periodo considerable.
Severo (S)	Si la recuperación exige un tiempo prolongado, incluso con la actuación de medidas correctoras.
Crítico (C)	Si se produce una pérdida permanente de las condiciones ambientales sin posible recuperación,

Carácter del impacto	Definición
	incluso con la adopción de prácticas o medidas correctoras.

V.3. Identificación de Impactos Ambientales generados por la ejecución del proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales".

Elementos importantes para la identificación y posterior evaluación de efectos en el ambiente, son las acciones que se pretenden realizar en el área y las condiciones ambientales de la misma. Con base en estos elementos es posible determinar los componentes ambientales que pueden sufrir un efecto adverso como consecuencia de una acción o acciones específicas derivadas del proyecto.

Cabe mencionar que, si bien el proyecto será realizado en un SAR totalmente marino, se llevarán a cabo acciones en tierra previas a la instalación de las estructuras programadas. Estas acciones serán relacionadas con el transporte y resguardo de las piezas hacia la playa. Dichas actividades se realizarán dentro de un terreno que pertenece al Hotel Sandos Caracol Eco Resort al cual se encuentra asociado el proyecto, localizado dentro de las instalaciones del mismo, que fungirá como patio de maniobras y almacenamiento. Considerando que las actividades contempladas serán temporales y realizadas en un predio ya impactado y dentro de un área que se encuentra actualmente en funcionamiento, los componentes ambientales que serán afectados son agua, suelo y fauna. Sin embargo, los efectos generados en el ambiente por las acciones serán locales y de bajo efecto considerando los siguientes elementos:

1. La zona en la que se llevarán a cabo las actividades es un terreno ubicado dentro del predio del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, el cual se encuentra actualmente en funcionamiento. Por lo anterior se trata de un área previamente impactada por actividades antropogénicas.
2. Dado que es una zona en funcionamiento y que se encuentra cerca de vías de comunicación, el ruido que será generado y los gases emitidos ocasionarán sólo un impacto menor pues son actividades que no serán permanentes y su duración dependerá del tiempo en el que se culmine la

- conformación de todas las estructuras. Asimismo, se establecerá un horario de trabajo diurno de 8 a 18:00 el cual será respetado.
3. Se verificará que la maquinaria y los vehículos cumplan en todo momento con las normas oficiales mexicanas referentes a ruido y emisión de gases a través de la contratación de empresas acreditadas.
 4. Las piezas que conformarán a las estructuras serán adquiridas en una empresa acreditada para ello.
 5. Dentro del predio en el que se ubica el Hotel Sandos Caracol Eco Resort existen áreas verdes compuestas por vegetación natural en donde habita fauna silvestre que puede ser afectada por el paso de vehículos. Sin embargo, también existen vialidades en donde circulan vehículos y con ello la señalización necesaria para evitar cualquier daño a la fauna del sitio. Los camiones que serán usados en el transporte circularán por estos sitios por lo que el impacto potencial a la fauna por atropellamiento es mínimo y de alguna manera ya fue considerado.



Figura 1. En la zona de ubicación del hotel Sandos Caracol Eco Resort existen vialidades y señalización para el cuidado de la fauna.

Los posibles impactos ambientales sobre estos factores se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 8. Impactos ambientales ocasionados en medio terrestre.

Acciones generadoras de impacto	Factor ambiental	Impacto ambiental
Transporte de piezas para la conformación de las estructuras.	Aire	A1: Alteración de la calidad del aire derivado de la circulación de maquinaria pesada para transporte de las estructuras lo que originará emisión de gases A2: Alteración del confort sonoro debido a la generación de ruido por el uso de maquinaria pesada para transporte de las estructuras en el medio terrestre y marino.
	Fauna	F1. Mortandad o daño por atropellamiento durante el transporte de las estructuras hacia la playa.

No obstante, lo anterior, para minimizar aún más los impactos antes descritos, se establecerán las medidas necesarias para evitar cualquier efecto adicional. Estas medidas serán descritas en el capítulo VI de esta MIA-R.

Por lo antes expuesto, a continuación, se muestran las acciones que conllevan un riesgo de afectación al ambiente marino y aquellos factores ambientales que pueden sufrir afectaciones por dichas actividades.

Grafo de relación causa –efecto.

Las redes de interacción como se mencionó anteriormente son una técnica muy útil en la primera aproximación a las afectaciones potenciales que un proyecto puede ocasionar en el o los ecosistemas por lo que considerando las obras y actividades que el proyecto contempla en su desarrollo y las características ambientales del SAR, se generó el grafo de relación causa-efecto respecto a las estructuras de protección que se pretenden instalar y el retiro de los bolsacretos.



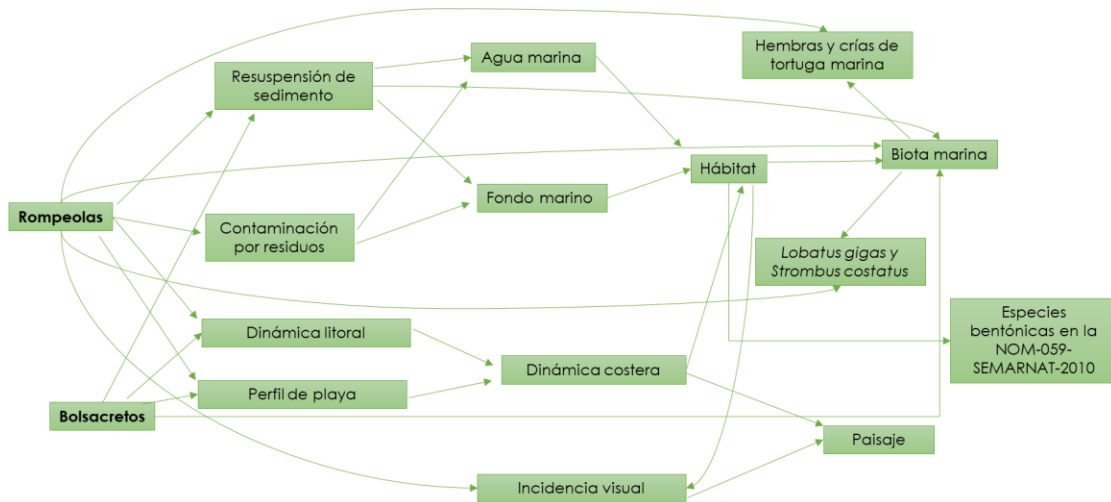


Figura 2. Grafo de relación causa-efecto de la instalación de los arrecifes artificiales.

La colocación de piezas para la conformación de las tres estructuras de protección (arrecifes artificiales), al contacto con el fondo marino ocasionará la resuspensión del sedimento afectando de manera directa la calidad del fondo marino por la pérdida de sedimento y del agua al incrementar la turbidez en el sitio, modificando así las características físico-químicas del área.

De la misma forma con la colocación de las estructuras se ocasionarán efectos en la biota del sitio de manera directa en las áreas de colocación ocasionando la mortalidad de la biota bentónica reduciendo así su cobertura de manera local. La fauna nectónica o demersal dada su alta capacidad de movilidad, serán ahuyentados a nuevas áreas.

Otro efecto sobre la biota es el asociado a la resuspensión de sedimento, pues una vez que el sedimento se encuentra en la columna de agua es transportado por las corrientes para después precipitarse de nuevo al fondo en otras zonas. Este sedimento entonces puede ocasionar efectos en la biota modificando las condiciones del hábitat o de manera directa, obstaculizando las funciones vitales de los organismos por el sedimento precipitado, causando así el daño o mortalidad de los individuos generando un efecto mayor en las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ocasionando su mortalidad y con ello una disminución en la cobertura.



Los arrecifes artificiales paralelos a la costa podrían fungir como una barrera para algunas especies. El Caribe Mexicano es considerado una zona de importancia para la reproducción de las tortugas marinas, ya que, de las ocho especies existentes en el mundo, siete llegan a las costas mexicanas. En la playa ubicada frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort se han reportado el arribo de algunas hembras de tortuga caguama (*Caretta caretta*), carey (*Eretmochelys imbricata*), verde (*Chelonia mydas*), y laúd (*Dermochelys coriácea*), por lo que la presencia de las estructuras puede obstaculizar su libre paso hacia las áreas de anidación y su regreso al mar. Esto mismo podría suceder con las crías en su nado hacia mar abierto pudiendo ocasionar su daño o muerte.

Además de la tortuga marina, en el sitio se distribuyen el caracol rosado (*Lobatus gigas*), y el caracol blanco (*Lobatus costatus*) especies de importancia comercial y cuyas poblaciones se han visto afectadas por esto, estableciéndose una temporada de veda para la recuperación de las poblaciones (DOF, 2015). Las poblaciones de estas especies podrían ser afectadas por la instalación de los arrecifes artificiales de manera directa por su colocación y al ser estructuras lineales podrían significar barreras para el paso de estos animales, ya que se sabe tienen una zonificación de acuerdo a su etapa de desarrollo y migraciones horizontales por alimento o reproducción (Stoner et al., 1988; De Jesús-Navarrete y Valencia-Beltrán, 2003; Danylchuck et al. 2003, Robertson, 1959, Alcolado, 1976; Hesse, 1979; Appeldoorn, 1997, Orr y Berg, 1987; Noguez Núñez M., y Aldana Aranda, D., 2014).

Además de la instalación de los arrecifes artificiales, se pretende la remoción de tres bolsacretos que se ubican frente al hotel y que fueron colocados con anterioridad con el fin de frenar la erosión de la playa. Actualmente éstos, son el hábitat de flora y fauna por lo que al retirarlos esta biota será dañada y con ello se reducirá su cobertura.

El retiro de los bolsacretos será realizado manualmente con ayuda de herramientas con las cuales se partirán estas estructuras en partes más pequeñas que serán removidas, lo que ocasionará la generación de residuos y suspensión de sedimento por la turbulencia sobre todo en las zonas más cercanas al fondo, afectando así al agua.

Para llevar a cabo la instalación de las estructuras y la remoción de los bolsacretos será necesaria la presencia de personal y el uso de embarcaciones



menores. Estos dos elementos pueden generar impactos ambientales derivados de la producción de residuos provenientes del consumo de alimentos por el personal o por el derrame de combustible de las embarcaciones alterando las características físico-químicas del agua y del fondo marino si los desechos se precipitan al fondo, impactando en el hábitat y con ello la biota que habita en la zona. Otro elemento importante que puede ocasionar daños a la biota, es el personal que será contratado ya que puede pescar, dañar o coleccionar ejemplares de flora o fauna del sitio incidiendo así en la biota marina.

La instalación de los arrecifes artificiales tendrá efectos en la dinámica costera ya que estas estructuras serán colocadas con el fin de minimizar la fuerza de las olas que ingresan a la playa y que ocasionan su pérdida por erosión. Al colocar las estructuras y disminuir la fuerza del oleaje, el transporte litoral será modificado pues se prevé que el sedimento ingrese pudiendo ser conservado en esas áreas, recuperando la playa por lo que el perfil de playa se verá modificado. El retiro de los bolsacretos también contribuirá en el efecto que se puede producir por los arrecifes artificiales, ya que al ser retirados de la zona se presentará el libre flujo del agua y con ello el transporte de sedimento, cambiando las condiciones actuales.

Finalmente, colocar elementos artificiales en zonas naturales afecta de manera directa al paisaje, a la percepción del espacio en el que se ubican las estructuras, ya que se trata de una zona ya impactada previamente.

Acciones susceptibles de generar impactos y factores ambientales potencialmente afectados.

Con base en la información obtenida en capítulos anteriores (capítulo II y IV de la MIA-R), se identificaron las actividades susceptibles de generar efectos en el ambiente, así como aquellos factores ambientales que pueden ser afectados por estas actividades durante la ejecución del proyecto.

De acuerdo con las características de este proyecto, las acciones identificadas se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 9. Elementos contemplados en la ejecución del proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales".

Elementos considerados en el Proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales"		
Arrecifes Artificiales (Estructuras de protección)		Bolsacretos
Construcción	Operación y mantenimiento	Retiro de bolsacretos
<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de estructuras en medio marino • Colocación de estructuras • Presencia de personal • Generación de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de estructuras • Posible reacomodo de estructuras 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturamiento y retiro de las estructuras por el personal • Generación de residuos

Los componentes ambientales que pueden sufrir algún efecto por la ejecución del proyecto se muestran a continuación.

Tabla 10. Factores ambientales susceptibles de sufrir un impacto ambiental.

Factores ambientales susceptibles de sufrir un impacto ambiental.		
Medio	Factor	Subfactor
Abiótico	Agua marina	Calidad
	Fondo marino	Calidad
	Dinámica costera	Perfil de playa Dinámica litoral
Biótico	Biota marina	Hábitat
		Cobertura (bentónica)
		Movilidad
	Especies bentónicas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Cobertura



Factores ambientales susceptibles de sufrir un impacto ambiental.		
Medio	Factor	Subfactor
	Tortugas marinas (hembras)	Acceso a las zonas de anidación y regreso al mar.
	Tortugas marinas (crías)	Libre paso de crías hacia el mar.
	<i>Lobatus gigas</i> y <i>L. costatus</i>	Movilidad
Perceptual	Paisaje	incidencia visual
Socio-económico	Económico	Nivel de empleo
	Social	Recreación

Con lo antes señalado, se crearon los árboles de acciones y de factores ambientales, los cuales son mostrados a continuación para con ello generar la matriz de identificación de impactos.

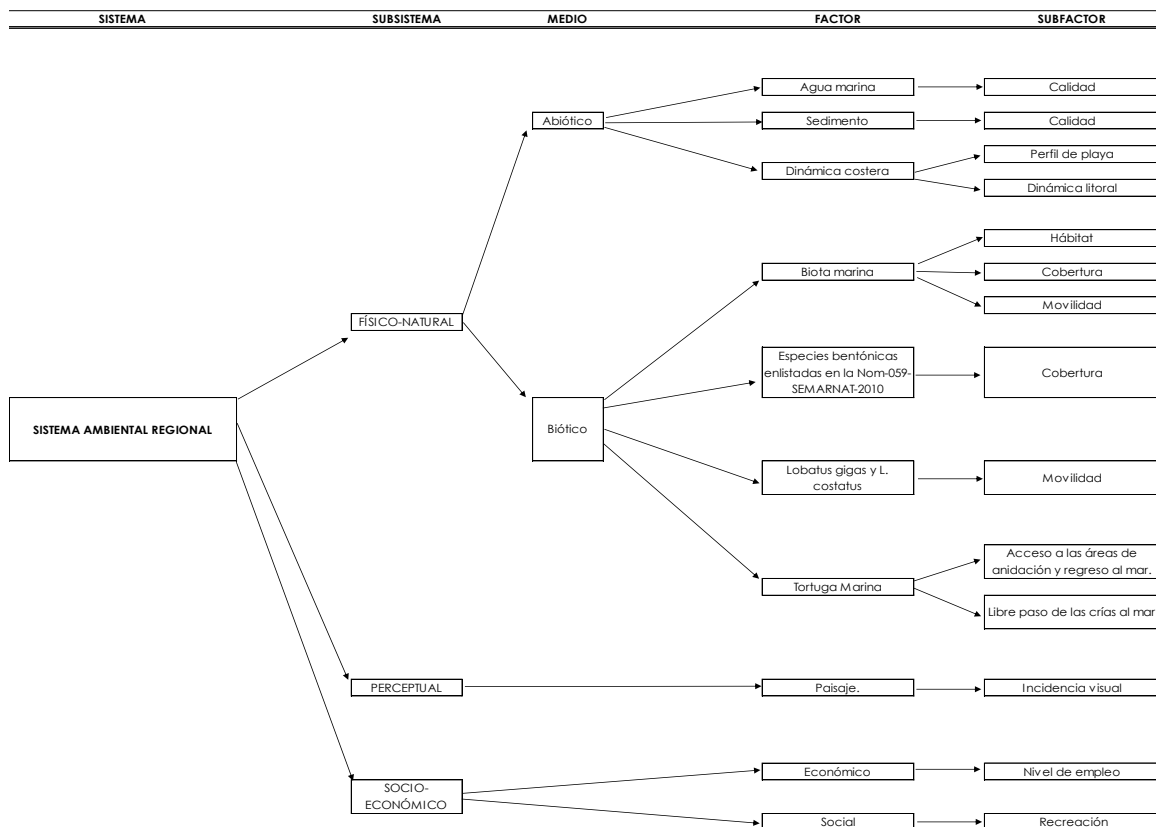


Figura 3. Árbol de factores ambientales susceptibles de recibir un impacto ambiental.



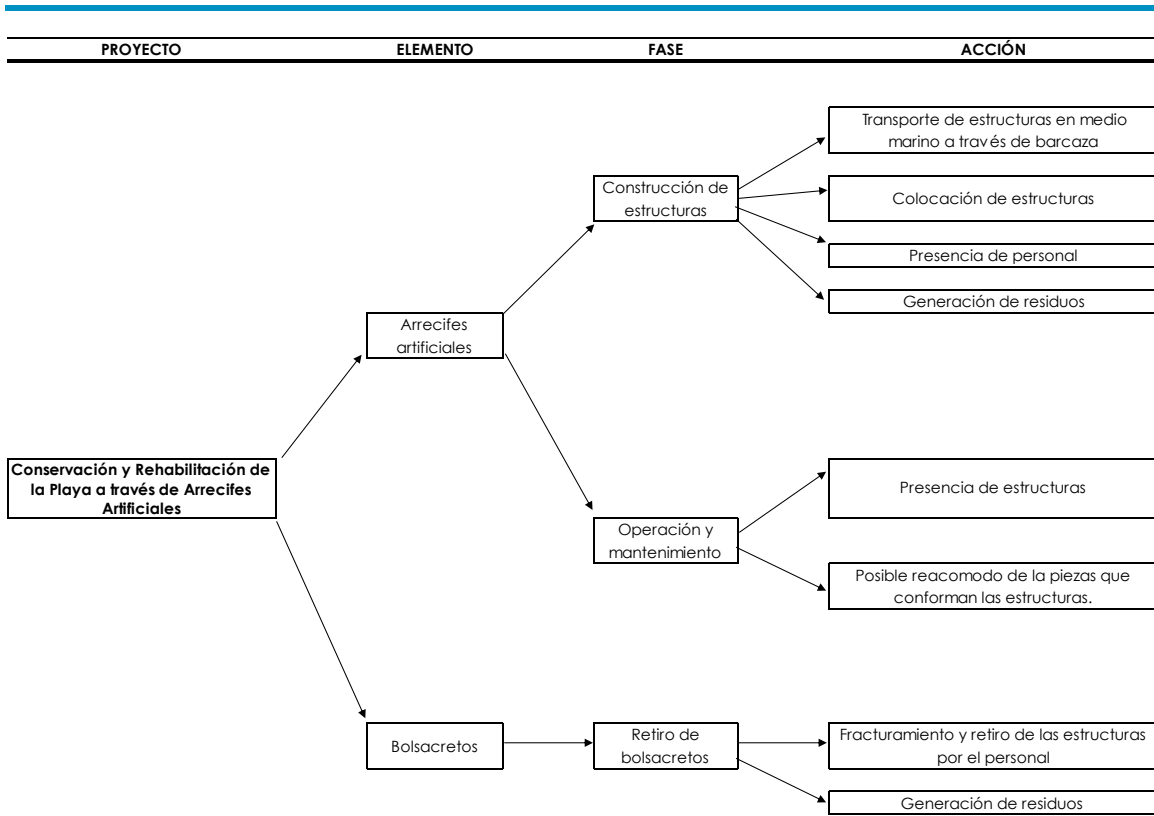


Figura 4. Árbol de acciones contempladas en la ejecución del proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales".



MATRIZ DE INTERACCIÓN

					CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA PLAYA A TRAVÉS DE ARRECIFES ARTIFICIALES									
					Arrecifes Artificiales (Estructuras de protección)						Bolsacretos			
					Construcción de estructuras				Operación y mantenimiento		Retiro de bolsacretos			
					Transporte de estructuras en medio marino a través de barcaza	Colocación de estructuras	Presencia de personal	Generación de residuos	Presencia de estructuras	Posible reacondicionado de estructuras	Fracturamiento y Retiro de estructuras	Generación de residuos		
Sistema	Subsistema	Medio	Factor	Subfactor										
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	FÍSICO-NATURAL	Abiótico marino	Agua	Calidad	X	X		X				X		
			Fondo marino	Calidad		X		X						
			Dinámica costera	Perfil de playa		X			X					
				Dinámica litoral		X			X					
		Biota marina	Hábitat		X	X	X		X				X	
			Cobertura		X		X						X	
			Movilidad	X	X			X			X			
		Biótico marino	Especies bentónicas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Cobertura		X							X	
			Tortuga marina (hembras)	Acceso a zonas de anidación y regreso al mar		X					X			
			Tortuga marina (crías)	Libre paso de crías hacia el mar		X					X			
			<i>Lobatus gigas</i> y <i>L. costatus</i>	Movilidad		X					X			
		Perceptual	Paisaje	Incidencia visual						X				
		SOCIO-ECONOMICO	Socio-Económico		Nivel de empleo	X	X	X	X	X	X	X		

Figura 5. Matriz de interacción factor ambiental-acción para el proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales".

A partir del análisis de la matriz de interacción se obtuvieron un total de 38 interacciones factor ambiental-acción del proyecto, de las cuales 31 son perjudiciales y 7 benéficos (socio-económicos). De las 31 interacciones perjudiciales, 18 se presentarán en la etapa de construcción de las estructuras, 8 en la etapa de operación y mantenimiento de las estructuras y 5 en la etapa de retiro de bolsacretos.

Es importante mencionar que la ejecución de este proyecto traerá consigo, además de impactos ambientales negativos, beneficios sociales en la comunidad. Por un lado, en el nivel de empleo, ya que con este proyecto se pretende contratar personal y empresas del municipio ayudando con ello a su



economía, y por otro lado al nivel de recreación que podrán tener los visitantes en el hotel. La playa está sujeta a procesos de erosión que han ocasionado un retroceso en la línea de playa, por lo que con la instalación de los arrecifes artificiales se ayudará a conservar este sitio proveyendo así espacios de diversión y distracción para los turistas nacionales e internacionales. Los arrecifes artificiales, también serán un nuevo hábitat para diferentes especies, y en específico para aquellas que necesiten un sustrato para fijarse, como son los corales duros y blandos. Es así que en este apartado se valoran únicamente los impactos ambientales perjudiciales al ambiente que el proyecto puede ocasionar en su ejecución.

V.4. Caracterización y valoración de los impactos ambientales.

Una vez determinadas las posibles interacciones entre los factores ambientales y las actividades involucradas en la ejecución de las obras, se identificaron las posibles afectaciones ambientales, las cuales serán presentadas a continuación de manera breve y su efecto sobre los componentes ambientales será valorado de acuerdo al grado de afectación del mismo a través de la importancia y magnitud. Con base en la metodología descrita con anterioridad. Los efectos potenciales serán valorados para cada factor ambiental considerado.

Con el fin de determinar la relevancia de los impactos identificados, se llevó a cabo el cálculo de los índices de incidencia (I_{std}) y de magnitud (IM), para determinar aquellos que serán significativos.

Cálculo del valor del impacto.

Índice de Incidencia (I_{std}) y de Magnitud (IM) por factor ambiental.

Los índices de incidencia y magnitud, se calcularon de acuerdo a la metodología descrita previamente. Para ello los impactos se caracterizaron de acuerdo a los 10 atributos señalados con base en sus características. Posteriormente, se definieron los indicadores que pudieran reflejar la magnitud de éstos, medida en unidades heterogéneas. Los indicadores seleccionados fueron en la medida de lo posible cuantitativos. Cuando no fue posible, se llevó a cabo la valoración de la magnitud con la ayuda de indicadores cualitativos.

A continuación, se presenta la identificación y valoración de los impactos ambientales que serán generados por la ejecución del proyecto "**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**".

ELEMENTO: ARRECIFES ARTIFICIALES (ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN)

Factor ambiental: AGUA MARINA

Fase: Construcción.

Con la instalación de las nuevas estructuras destinadas a la conservación de la playa, se ocasionará la resuspensión de sedimento incrementando la turbidez del agua ($AMc1$, $I_{std}=0.38$). La magnitud de este impacto se determinó con base en el tipo de sedimento encontrado en el sitio y las corrientes que predominan en el área. Durante las acciones contempladas, el sedimento será liberado a la columna de agua creando una pluma de turbidez y alterando con ellos las características físico-químicas del agua. Se sabe que el sedimento fino puede viajar grandes distancias (hasta 5 km en suspensión) (ICES, 1996; Newell et. al. 1998, Hill et. al., 1999,) guiados por las corrientes predominantes del sitio depositándose en un periodo de 30 min a 1 hora. De acuerdo con esta información y con las corrientes predominantes en el sitio, la pluma de sedimento se dirigirá en dirección al mar y después hacia el sur debido a que, aunque la corriente en mar abierto es de sur a norte, existen contracorrientes costeras que dirigen el transporte de sedimento hacia el sur como se observa en la siguiente figura, y corroborado por el estudio de dinámica costera realizado en la celda litoral (Anexo II.1).

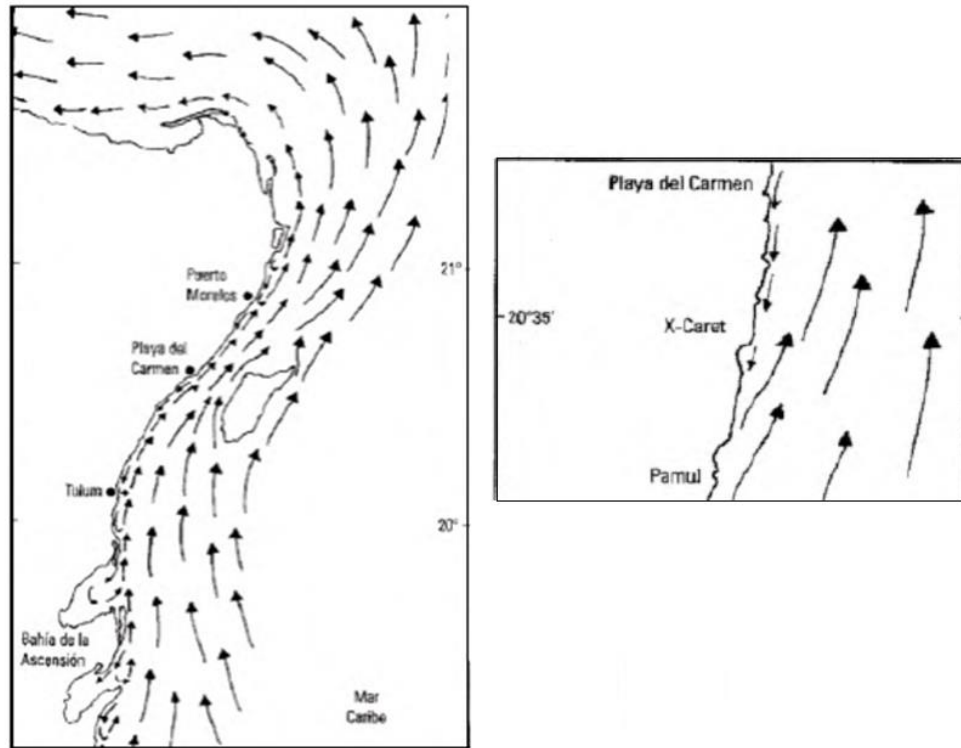


Figura 6. Comportamiento de las corrientes costeras. Tomado de Suarez Morales, E. y Rivera Arriaga, E. (1998).

Sin embargo, como se señala en la caracterización marina (Capítulo IV, Anexo IV.1) el área de pretendida ubicación de las tres estructuras presenta un sustrato de laja con poco relieve, sobre la cual se forma una capa delgada de sedimentos finos por lo que la cantidad de sedimento que será suspendido no será considerable, siendo así un impacto de magnitud baja (0.4). Es importante mencionar que para evitar que el sedimento resuspendido se disperse a otras zonas e impacte en la calidad del agua del sitio, se colocará una malla geotextil la cual será removida una vez que se hayan terminado las acciones previstas y hasta que el sedimento se haya depositado en el fondo y el agua no presente turbidez. Para determinar esto se llevará a cabo la vigilancia del agua marina antes, durante y después de la ejecución de las obras con el fin observar los posibles cambios en la turbidez de la misma en las zonas aledañas a las geomallas textiles ubicadas en los puntos donde serán realizadas las obras y en zonas aledañas dentro del SAR, para detectar cualquier fuga de sedimento que pueda afectar al agua y a la biota del sitio y establecer las medidas necesarias para evitar afectaciones mayores de ser el caso.



Tabla 11. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental: AGUA MARINA.

Factor ambiental: Agua marina														
Construcción de estructuras														
AMc1. Alteración de las características físico-químicas del agua debido a la resuspensión de sedimento derivado de la instalación de los arrecifes artificiales.														
Atributos											Índice	Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	1	2	2	1	1	16	0.38	0.4	0.15	Cm
AMc2. Alteración de las características físico-químicas del agua debido a la posible contaminación de la misma por el mal manejo de residuos producidos en esta etapa.														
Atributos											Índice	Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	2	2	3	3	3	3	1	1	21	0.66	0.2	0.13	Cm

Durante la etapa de instalación de las estructuras, la calidad del agua marina podría ser afectada por la producción de desechos (AMc2, $I_{std}=0.66$) si no se realiza un buen manejo de los mismos. Los residuos producidos en esta etapa provendrán del personal que será contratado para ejecutar las acciones (envases, envolturas, etc.). No obstante, todos los residuos generados en la embarcación serán colectados en la misma en contenedores específicos y dispuestos posteriormente en las zonas destinadas para ello, en el Hotel Sandos Caracol Eco Resort al cual está asociado el proyecto. Cabe señalar que el agua puede verse afectada asimismo por posible fuga de combustible de las embarcaciones que serán usadas en la instalación de las estructuras. Sin embargo, para evitar cualquier efecto en el agua, se contratará una empresa que demuestre que las embarcaciones tienen mantenimiento periódico y que se encuentran en buenas condiciones para su uso. Tomando en cuenta esto, la magnitud se determinó como 0.2 (muy baja).

Factor ambiental: FONDO MARINO

Fase: Construcción

Un aspecto importante que puede modificar la calidad del fondo marino es la resuspensión de sedimento por la turbulencia asociada a las acciones de instalación de las estructuras (FMc1, $I_{std}= 0.6$). Este efecto es inevitable, no obstante, cabe mencionar que las áreas en las que se pretenden realizar estas acciones presentan un sustrato de laja con poco relieve, sobre la cual se forma una capa delgada de sedimentos finos, por lo que será un impacto menor, local y por ello de magnitud muy baja (0.2). Sin embargo, para evitar que el sedimento resuspendido se disperse a otras zonas e impacte en la calidad del agua del sitio, se colocará una malla geotextil, la cual será removida una vez que se hayan terminado las acciones previstas y hasta que el sedimento se haya depositado en el fondo y el agua no presente turbidez. Para determinar esto se llevará a cabo la vigilancia del agua marina antes, durante y después de la ejecución de las obras con el fin de verificar que el agua presente las mismas condiciones de turbidez a las iniciales.

Los desechos generados en esta fase pueden resultar en la contaminación del fondo marino, sobre todo por los residuos sólidos provenientes del personal que pueden precipitarse al fondo (FMc2, $I_{std}=0.71$) y de la embarcación que será usada de existir una fuga de combustible. Al respecto para evitar cualquier afectación al fondo, todos los residuos generados en la embarcación serán colectados en la misma y serán dispuestos en las zonas destinadas para ello en el Hotel Sandos Caracol Eco Resort al cual se encuentra asociado el proyecto. Sin embargo, para evitar cualquier afectación al medio se implementarán acciones adicionales. Aunado a esto, para evitar cualquier efecto en el fondo marino, las embarcaciones estarán sujetas a mantenimiento asegurando que se encuentren en buenas condiciones para su uso. Cabe mencionar que actualmente en el área se llevan a cabo actividades acuáticas y hay circulación continua de embarcaciones. Tomando en cuenta esto, la magnitud se determinó como 0.2 (muy baja).

Tabla 12. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental: FONDO MARINO.

Factor ambiental: Fondo marino															
Construcción															
FMc1. Modificación de la calidad de sedimento marino por la instalación de las estructuras lo cual ocasionará resuspensión de sedimento en zonas aledañas.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	2	2	3	1	3	3	1	1		19	0.6	0.2	0.12	Cm
FMc2. Alteración de las características físico-químicas del fondo marino debido a posible contaminación por el mal manejo de residuos producidos en esta etapa.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	3	3	3	3	3	1	1		23	0.71	0.2	0.14	Cm

Factor ambiental: BIOTA MARINA

Fase: Construcción de arrecife artificial y operación y mantenimiento

En la zona marina, la biota será afectada directamente, pues se alterará su hábitat por la instalación de los arrecifes artificiales al ser elementos ajenos a su ambiente natural (BMc1, Istd= 0.78) reduciendo el área que puede servir como sustrato para reclutamiento. La magnitud de este impacto fue determinada con base en el área que será afectada por los arrecifes artificiales respecto al área total de SAR, lo que se observa en la siguiente tabla.



Tabla 13. Superficie ocupada por las estructuras dentro del SAR.

Estructura	Dimensiones (planta) (m)	m ²	ha	% del SAR (134.14 ha)
E1	100 x 8.6	860	0.086	0.0641
E2	80 x 12.2	976	0.0976	0.0728
E3	80 x 7.9	632	0.0632	0.0471
	Total	2468	0.2468	0.1840

El porcentaje que será ocupado por los arrecifes artificiales representa el 0.18 % respecto al área total del SAR (134.14 ha), lo que implica un área muy pequeña de afectación. Cabe mencionar que las estructuras que serán colocadas en el sitio podrán servir como sustrato para el reclutamiento de especies en el sitio, ya que, si bien representan elementos ajenos al ambiente, estos arrecifes artificiales serán conformados por piezas rugosas en forma de cubos que al ser colocados podrán mantener oquedades que servirán de refugio para los organismos y la porosidad necesaria para el establecimiento de comunidades sobre ellos. Se ha observado que los arrecifes artificiales pueden proveer hábitats favorables para productores primarios y secundarios y como zona de crianza para algunos peces, sin presentar impactos adversos en la distribución o abundancia de macrozoobentos o peces (Manny et. al.,1985). Considerando lo anterior la magnitud se determinó como baja (0.4).

Tabla 14. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental BIOTA MARINA.

Factor ambiental: Biota Marina															
Construcción															
BMc1. Pérdida de hábitat debido a la Instalación de las estructuras lo que disminuye el área natural en la zona															
Atributos											Índice	Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio	
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	1	3	3	3	3	1	3		23	0.78	0.4	0.31	M

Factor ambiental: Biota Marina															
BMc2. Mortandad o daño de las especies silvestres debido a la instalación de las estructuras disminuyendo su cobertura por daño directo.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	3	3	3	3	3	1	1		23	0.78	0.4	0.31	M
BMc3. Mortandad o daño de las especies silvestres y a las enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la instalación de las estructuras disminuyendo su cobertura por resuspensión de sedimento.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	3	3	3	3	3	1	1		23	0.78	0.4	0.31	M
BMc4. Mortandad o daño de las especies silvestres debido a la posible contaminación del agua por el mal manejo de residuos (sólidos y combustible).															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	1	3	3	3	2	1	3		21	0.66	0.2	0.13	Cm
BMc5. Mortandad o daño a la biota por la presencia de personal en el sitio.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	3	3	3	1	1		19	0.55	0.2	0.11	Cm
BMc6. Afectación al libre acceso de la Tortuga marina hacia la playa para anidar y su regreso hacia mar abierto debido a las acciones contempladas para instalar las estructuras.															



Factor ambiental: Biota Marina														
Atributos										Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	3	3	3	3	3	1	1	23	0.78	0.4	0.31	M
Operación y mantenimiento.														
BMo7. Mortandad o daño a la biota por la presencia de visitantes en el sitio.														
Atributos										Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	3	3	2	1	3	19	0.66	0.2	0.13	Cm
BMo8. Afectación al libre acceso de la Tortuga marina hacia la playa para anidar y su regreso hacia mar abierto debido a la instalación de las estructuras														
Atributos										Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	3	3	3	3	3	1	3	25	0.88	0.4	0.35	M
BMo9. Afectación al libre paso de las crías de tortuga marina debido a la presencia de las estructuras impidiendo su llegada a mar abierto e incrementando su probabilidad de mortandad.														
Atributos										Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	3	3	3	3	3	3	1	3	25	0.81	0.4	0.32	M
BMo10. Afectación a la movilidad de la especie <i>Lobatus gigas</i> y <i>L. costatus</i> que habitan la zona debido a la presencia de las estructuras impidiendo el libre paso en el área.														
Atributos										Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	

Factor ambiental: Biota Marina															
(-)	3	2	3	3	3	3	3	1	3		24	0.83	0.4	0.27	M

Asimismo, la biota será afectada disminuyendo su cobertura en el sitio ya sea de manera directa por la instalación de las estructuras ocasionando la mortandad de los organismos que se encuentren en el área de colocación (BMc2, $I_{std} = 0.78$) o bien por efecto la resuspensión de sedimento (BMc3, $I_{std} = 0.78$) lo cual puede ocasionar mortandad o daño a la biota aledaña, considerándose mayor en las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con la instalación de los arrecifes artificiales en el sitio, la biota que se encuentre en el área de afectación directa será impactada disminuyendo su cobertura o número de individuos (BMc2, $I_{std} = 0.78$). La magnitud de este impacto se determinó con base en las comunidades y especies existentes en la zona de afectación directa por la colocación de los arrecifes artificiales.

Las características del ambiente y tipo de sustrato que existe donde se pretende colocar las tres estructuras son muy similares entre sí, teniendo el sustrato de laja con poco relieve, sobre la cual se forma una capa delgada de sedimentos finos, con algas escasas, dominando las algas verdes de crecimiento calcáreo, principalmente de los géneros *Halimeda*, *Penicillus*, *Rhipocephalus*, y *Avraivillea* y peces escasos. Los corales son escasos, y se presentan colonias pequeñas y dispersas, principalmente de la especie *Siderastrea siderea*, y algunas colonias de *Porites porites* y ocasionalmente colonias masivas e incrustantes del coral cerebro de la especie *Pseudodiploria clivosa*. Los gorgonáceos son escasos, y solamente se observan en algunos parches en donde predomina la especie *Pterogorgia anceps*. La comunidad de peces es escasa, encontrando principalmente peces de tamaño pequeño, con abundancia de juveniles de haemulidos (género *Haemulon*) y lábridos (géneros *Halichoeres* y *Thalassoma*), así como morenas (*Gymnothorax moringa*) y rayas (*Urobatis jamaicensis*). También se observó la presencia de pulpos (*Octopus sp.*), langostas (*Panulirus argus*) y gasterópodos como caracol rosado (*Lobatus gigas*) y chacpel (*Charonia variegata*). Los erizos son abundantes en la zona, principalmente el erizo común de la especie *Equinometra lucunter*, así como los *Eucidaris tribuloides*. Si bien en la zona de estudio se encuentran algunas especies de peces, el efecto en ellos



no será grave dado que son organismos que pueden desplazarse con facilidad. Es importante mencionar que de acuerdo con el estudio de caracterización marina (Capítulo IV, Anexo IV.1) en las dos temporadas (lluvias y secas) de reconocimiento de la zona se observó a las especies de *L. gigas* y *L. costatus* de manera escasa en el área destinada para la colocación de los arrecifes artificiales por lo que no se trata de una zona de alta abundancia de estas especies. Aunado a esto, si bien se registraron dos especies de gorgonáceos enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Plexaura homomalla* y *Plexaurella dichotoma*), éstas especies no se encontraron en el área de afectación directa por la construcción de las estructuras. Considerando lo antes mencionado, la magnitud del impacto sobre la biota marina se determinó como baja (0.4).

Con el fin de minimizar el efecto que será ocasionado en la biota marina, se llevará a cabo un **Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina**, en el cual se contempla la construcción de un vivero temporal para el resguardo de los organismos previo a su reubicación permanente. Al respecto, los arrecifes artificiales podrían servir como sitios de reubicación de estos organismos, ya que serán sustrato libre para colonización y establecimiento de comunidades, pues se ha observado que éstos pueden proveer hábitats favorables para productores primarios y secundarios y como zona de crianza para algunos peces, sin presentar impactos adversos en la distribución o abundancia de macrozoobentos o peces (Manny, B., *et. al.*, 1985). En adición a esto Burt, J., *et. al.* (2011), encontraron que las comunidades bentónicas que se establecen en los arrecifes artificiales tienden a ser más similares a los arrecifes naturales con el tiempo (ca. 31 años) pero que aún las comunidades más maduras son distintas a las de los arrecifes naturales. Estos autores mencionan que arrecifes artificiales ≤ 5.5 presentaron una mayor abundancia de algas, esponjas, bivalvos y sustrato vacío, mientras los más antiguos (≥ 25 años) estuvieron dominados por corales. La cobertura de coral en arrecifes artificiales entre 25 y 31 años de antigüedad (46% y 56% respectivamente), fue significativamente más alta que los arrecifes naturales (37%).

Además de lo anterior, considerando las condiciones actuales del ambiente en el SAR, en donde se presenta una biota escasa poco diversa y ambientes heterogéneos sin presencia de especies importantes formadoras de arrecifes, se contempla implementar acciones para la **Restauración Activa** a través del trasplante de colonias de coral en sitios estratégicos con el fin de revertir los



efectos del daño ambiental que la zona presenta y con ello contribuir a la mejora del SAR.

La resuspensión de sedimentos por la turbulencia asociada a las acciones de instalación de las estructuras (BMc3, $I_{std}=0.78$) puede afectar a la biota aledaña. La magnitud de este impacto se definió considerando el tipo de sedimento en la zona de afectación directa, la corriente en el sitio y los organismos que se encuentran en los ambientes.

Respecto al tipo de sedimento en la zona de afectación directa, las áreas en las que se pretenden realizar estas acciones presentan un sustrato de laja con poco relieve, sobre la cual se forma una capa delgada de sedimentos finos y en algunas zonas parches de sedimento formando una capa de mayor grosor (20 cm aprox.) que son sedimentos de fácil resuspensión y pueden viajar grandes distancias, por lo que una vez resuspendido será guiado hacia el mar y después hacia el sur debido a que, aunque la corriente en mar abierto es de sur a norte, existen contracorrientes costeras que dirigen el transporte de sedimento hacia el sur y corroborado por el estudio de dinámica costera realizado en la celda litoral como se mencionó anteriormente (Anexo II.1).

Considerando la caracterización marina realizada en el área, los ambientes que podrían ser afectados por la resuspensión de sedimento son laja lisa con algas, arenal somero, arenal profundo, laja con gorgonáceos (Capítulo IV, Anexo IV.1). En estos ambientes como se muestra en el estudio existe una predominancia de algas, mientras que en el caso del arenal somero no se observó la presencia de biota sésil y en el profundo algunos parches de algas y gorgonáceos. Respecto al ambiente de laja con gorgonáceos la presencia de corales escleractinios es común, aunque la cobertura que alcanza es baja, generalmente menor al 1%; teniendo como especies comunes *Agarica agaricites*, *Siderastrea siderea*, *Montastraea cavernosa* y *Pseudodiplora clivosa* y presentándose una cobertura algal del 40%. Es de hacer notar que se registraron dos especies en categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Plexaura homomalla* y *Plexaurella dichotoma*) en los ambientes de laja con gorgonáceos y arenal profundo, en ambos de manera escasa (menos del 5%). Observando lo antes descrito, si bien en la zona existe biota que puede ser afectada por la resuspensión del sedimento, sobre todo aquellos más susceptibles a ello, como son los corales escleractinios e hidrocorales (incluidos los que se encuentran en alguna categoría de riesgo), éstos presentan una cobertura muy baja.



Con base en la información obtenida, si bien existe la presencia de especies importantes por su estatus actual, éstas se encuentran de manera escasa y a una distancia aproximada de 30 m (inicio de ambiente laja con gorgonáceos) del sitio de ubicación de las estructuras. Aun y cuando el sedimento fino en suspensión puede viajar grandes distancias, la capa que se encuentra en los sitios de construcción es muy delgada, como ya se ha mencionado por lo que de llegar al ambiente de laja con gorgonáceos sería una cantidad baja y aún menor en el arenal profundo, por lo que la afectación a estos organismos sería menor. Por lo antes expuesto, la magnitud del impacto BMc3 se definió como baja (0.4). Sin embargo, para evitar que el sedimento resuspendido se disperse a otras zonas e impacte en la calidad del agua del sitio y con ello a la biota, se colocará una malla geotextil, la cual será removida una vez que se hayan terminado las acciones previstas y hasta que el sedimento se haya depositado en el fondo y el agua no presente turbidez. Para determinar esto, se llevará a cabo la vigilancia del agua marina antes, durante y después de la ejecución de las obras con el fin de verificar que el agua presente las mismas condiciones de turbidez a las iniciales.

Los residuos provenientes del personal y la circulación de embarcaciones podrían afectar a la biota marina contaminando el área que habitan (BMc4, $I_{std}=0.66$). La magnitud de estos impactos se determinó con base en el tipo de residuos que serán generados y la biota existente en el sitio. De acuerdo con el estudio de caracterización marina (Capítulo IV, Anexo IV.1), en este sitio se presentan ambientes con biota escasa compuesta principalmente por ambientes de laja con la presencia de algunas especies y en donde no se registraron especies en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Los residuos que serán producidos provendrán principalmente del personal encargado de las obras de instalación y de las embarcaciones usadas (combustible). Como se mencionó anteriormente, el área donde se pretende realizar el proyecto es una zona ya impactada donde actualmente se llevan a cabo actividades acuáticas y donde se presenta la circulación de embarcaciones constantemente. No obstante, para evitar cualquier afectación por las acciones contempladas en el proyecto, las embarcaciones usadas serán revisadas previamente para verificar que se encuentren en buenas condiciones. Además de ello, los residuos generados por el personal serán colectados en la embarcación en contenedores específicos para posteriormente ser depositados en las zonas destinadas para ello en el Hotel Sandos Caracol Eco Resort, en donde les darán el manejo y disposición final adecuados, para con estas acciones evitar cualquier afectación



a la fauna del SAR o fuera de éste. Es por lo antes expuesto que la magnitud se estableció como muy baja (0.2).

La presencia de personal en la zona durante la instalación de estructuras (BMc5, $I_{std}=0.55$), además de la presencia de visitantes en la etapa de operación de las estructuras puede ser un agente de afectación para la biota del sitio al tratar de capturar o remover algún ejemplar del área o causar daño a los organismos de manera directa (BMo7, $I_{std}=0.66$). La magnitud de estos impactos se determinó con base en los organismos presentes en la zona, la cantidad de personal que será contratado y su experiencia. La cantidad de personal que será contratado para llevar a cabo la construcción de los arrecifes artificiales será bajo, pues se requieren 6 personas para realizar este trabajo, de las cuales tres serán los buzos que se ocuparán de colocar las piezas y quienes estarán en contacto directo con la biota. Respecto a la etapa de operación, es difícil realizar un cálculo exacto pues depende de la fluctuación de turistas.

Considerando el estudio de caracterización realizado en la zona, se trata de un área con ambientes poco diversos con escasa biota tanto silvestre como de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Es relevante mencionar que en la zona de afectación directa de las estructuras se registró la presencia de algunos individuos de caracol rosado. Como es sabido este caracol ha estado sujeto a una fuerte presión de captura por su valor comercial, por lo que podría ser afectado. No obstante, se establecerán acciones tendientes a la protección de la fauna como la implementación de un **Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina**. Aunado a esto, previo al inicio de las actividades se señalarán reglas de operación para el personal en donde se les hará saber las pautas a seguir y las sanciones que deriven de su incumplimiento. Asimismo, se hará del conocimiento de los visitantes y personal que está prohibido cazar, capturar o alimentar a la fauna del sitio así como extraer cualquier tipo de material biogénico del mismo. Tomando en cuenta esto, la magnitud se determinó como muy baja para ambos impactos (0.2).

En la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort se ha registrado arribazón de tortugas marinas. Dado que estas estructuras serán colocadas en la parte marina frente a la playa del hotel, éstas podrían fungir como obstáculos para el libre paso de estos organismos hacia las playas de anidación y su regreso a la playa durante el proceso de instalación (BMc6, $I_{std}=0.78$) y aún más en la etapa de operación de los arrecifes artificiales (BMo8, $I_{std}=0.88$). De acuerdo con la



información obtenida, en el área del proyecto se registró el arribo de algunos individuos de las especies de tortugas marinas Caguama (*Caretta caretta*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), Verde (*Chelonia mydas*), y Laúd (*Dermochelys coriacea*). La magnitud de los impactos BMC6 y BMO8, se determinó considerando el área que será ocupada por las estructuras respecto al SAR, la situación actual de la playa respecto a la anidación de tortugas, las principales playas de anidación de tortugas que han sido identificadas y el estatus de riesgo en el que se encuentran las tortugas además del efecto que las acciones que se realizarán significarán para las playas de anidación.

Actualmente, los principales registros y estudio de las poblaciones de tortugas marinas que anidan en Quintana Roo son coordinados por el trabajo de investigación y monitoreo que realiza la asociación civil Flora, Fauna y Cultura de México, A.C. a través del Programa de Conservación de Tortugas Marinas Riviera Maya-Tulum, en coordinación con el Comité Estatal para la Protección, Investigación, Conservación y Manejo de Tortugas Marinas y en alianza con instancias gubernamentales y centros de investigación nacionales e internacionales. De acuerdo con esta asociación civil, son 13 las playas de mayor densidad de anidación que se caracterizan por la alta concentración de nidos por metro cuadrado, llegando a encontrar un máximo de cuatro a seis nidos en tan sólo un metro cuadrado de playa, cubriendo un total de 35.4 kilómetros de litoral costero de Quintana Roo (www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/mundo-vivo/19592-quintana-roo-tortugas-marinas-en-mexico). Flora, Fauna y Cultura de México A.C. protege a las tortugas marinas en las playas de: Solidaridad, Xel-Há, Cozumel y Tulum; así como cuatro áreas naturales protegidas de Quintana Roo: el Santuario de la Tortuga Marina Xcacel-Xcacelito, Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano, Parque Nacional Tulum y Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. La protección de las 13 playas de anidación se realiza a través de cinco campamentos tortugueros: Aventuras-DIF, Xcacel, Xel-Há, Kanzul y Caahpechén (www.florafauyacultura.org).

Con base en la información presentada, cabe mencionar que la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort no forma parte de las playas que cuentan con alta densidad de nidos. Actualmente el Hotel Sandos Caracol Eco Resort lleva a cabo acciones de protección a la tortuga marina contando así con un Campamento tortuguero. Durante las acciones de este campamento se han contabilizan los nidos en cada temporada. De acuerdo con observaciones del



personal del hotel, se registran de 15 a 17 nidos por temporada en un área de 9,400 m² presentándose una densidad de nidos en la zona es baja (0.001 nidos/m²) respecto a las playas que fueron mencionadas como de mayor densidad, por lo que esta zona no representa una de las principales playas de arribazón de tortuga.

Las estructuras que serán instaladas, al ser estructuras paralelas a la línea de costa, podían representar una barrera para las hembras en su paso hacia las áreas de anidación y en su regreso a mar abierto. De acuerdo con Bolongaro Crevenna, R., et al., (2010) la presencia de infraestructura antropogénica (espigones y tetrápodos perpendiculares y paralelos a la costa respectivamente) afecta la anidación de las tortugas marinas al encontrarse un menor número de anidaciones en los sitios de playa con la presencia de esta infraestructura, pues se presenta un desplazamiento de las hembras a otras zonas para evitar las estructuras. Esto sucede posiblemente porque estas obras marítimas obligan a estas especies a recorrer grandes trechos paralelos a la costa o finalmente regresar al mar y anidar en sitios menos aptos en otros tramos más alejados de playa por el bloqueo del acceso para arribar a la playa, causando que éstas aniden en otros sitios menos aptos para realizarlo y posiblemente con una menor probabilidad de sobrevivencia (Márquez, 1996, Bolongaro Crevenna, et al., 2010).

Los arrecifes artificiales podrían ser una barrera, no obstante, con base en la información obtenida por el personal del hotel, el arribo de tortugas es escaso pues se han registrado entre 15 y 17 nidos por temporada. Asimismo, se ha observado que la zona en la que las tortugas arriban para anidar preferentemente es la playa que se encuentra entre el Hotel Sandos Caracol y el Hotel Royal Haciendas Resort Playa del Carmen, que es una zona libre de edificaciones y actividad turística, por lo que se trata de un área que no será obstaculizada directamente por los arrecifes artificiales. El personal del hotel ha registrado el arribo de manera esporádica (4 a 5 nidos/temporada) frente a la playa del Hotel Sandos Eco Resort en la zona que está protegida por los bolsacretos y que será posteriormente protegida por los arrecifes artificiales. Con esto, se observa que, la playa que usan las tortugas de manera preferencial para anidar no será obstaculizada de manera directa por las estructuras de protección por lo que el efecto en las hembras para acceder a la playa será menor. Cabe señalar que el área que será ocupada representan el 0.18 % del área total de SAR lo que implica un área pequeña de afectación además de que los arrecifes artificiales tendrán una separación de 40 m aprox. entre cada uno de ellos por lo



que esta discontinuidad permitirá el paso de las hembras anidadoras entre las estructuras.

En otras playas con estructuras segmentadas a base de tubos de geotextil rellenos con arena en el área marina, el crecimiento de la playa se ha visto favorecido ya que estas estructuras generan zonas de calma relativa que permiten que el material vertido no se pierda, como en el caso del Hotel Bahía Príncipe Tulum o el Hotel Luxury Bahía Akumal con la presencia de bolsacretos y en cuya playa la anidación de tortugas en las fechas del inicio del proyecto en el año 2000 registró un número menor a 100 nidos de tortugas. Para el año 2015 se reportó un incremento en la cantidad de nidadas; con el registro más alto de los últimos 20 años: 1,864 nidos protegidos con 146,096 crías liberadas (Nota tomada de la Fundación Ecológica Akumal para el año 2015 (<https://sipse.com/novedades>)). Esto muestra que en esta zona los quelonios pueden evadir o cruzar las estructuras como arrecifes artificiales. Con la recuperación de la playa se espera que el arribo de tortugas se vea favorecido, ya que estos organismos prefieren playas anchas que les permitan hacer nidos protegidos del oleaje (Hendrickson, 1982, Abella, 2010). La morfología de la playa juega un papel determinante en el patrón temporal de distribución de nidos (Hendrickson, 1982,), pues se ha registrado un mayor número de nidos en playas de mayor extensión que en cortas y expuestas al oleaje al existir más espacio útil para la creación de nidos (Abella, 2010). Muchas de las especies de tortugas marinas seleccionan preferentemente playas anchas, libres de obstáculos para anidar pues las pérdidas debido a la erosión e inundación por agua salada, ocurren con menor probabilidad a los nidos situados en la parte alta de la playa (Abella, 2010). La pérdida de playas arenosas no sólo reduce el éxito reproductivo de las tortugas marinas, sino que también pone en peligro la operatividad de las propiedades frente a la playa, además de las serias repercusiones que tiene para industrias locales vitales, como la pesca y el turismo costero.

Tomando en consideración lo antes señalado, se determinó la magnitud de los impactos BMC6 y BMO8 sobre la tortuga marina como baja (0.4). Con la finalidad de observar que no exista algún efecto negativo en las tortugas por la instalación de los arrecifes artificiales, se seguirá llevando a cabo el registro de anidación de tortugas, lo cual será integrado al programa que el Hotel lleva a cabo actualmente para la protección de las tortugas marinas.

Además del impacto potencial sobre las hembras de tortuga marina, estas estructuras podrían generar efectos en las crías recién eclosionadas en su viaje



hacia mar abierto, pues representarían barreras en su nado ocasionando que cambien de dirección en busca de paso libre, incrementando con ello, el tiempo en aguas someras lo que a su vez aumenta la probabilidad de ser depredadas y no tener éxito para alcanzar mar abierto ($BMo9$, $I_{std}=0.81$). La magnitud de este impacto en las crías se determinó como baja (0.4) considerando la importancia de la playa en el arribo de las tortugas, la cantidad de crías que eclosionan y la ubicación de los arrecifes artificiales.

Como se señaló anteriormente, la playa frente al hotel Sandos Caracol Eco Resort no forma parte de las playas que registran una densidad de anidamientos alta pues de acuerdo con observaciones realizadas por el personal del hotel se registran de 15 a 17 nidos por temporada en un área de 9,400 m² que es la zona en la que se ha detectado el mayor arribo de tortugas en el SAR, lo que implica una densidad de 0.001 nidos/m² y con ello una baja cantidad de crías liberadas. Por otro lado, la zona preferente de anidación no se encuentra en la playa de afectación directa de los arrecifes artificiales pues éstos se ubican al norte de esta zona.

El sistema de orientación de las crías debe ser capaz de dirigir las desde cualquier tipo de playa hacia mar abierto. Las crías emplean dos sistemas independientes de orientación de manera secuencial usando diferentes señales. En tierra buscan alejarse de zonas iluminadas y dirigirse a horizontes amplios. Cuando el contacto visual con la tierra es perdido, las crías mantienen su orientación en el mar a un ángulo fijo relativo a las olas (Lohman y Wykenen, 1990) y después al campo magnético (el vector de dirección es determinado durante su paso por la playa a través de la elevación del horizonte y las olas de aguas someras refractadas por lo que se alejan de siluetas elevadas y nadan hacia las olas cercanas a la playa) (Salmo y Weneken, 1994, Fuxjager, et. al. 2011). La dirección de la propagación de las olas son señales de orientación a mar abierto para las crías y nadan hacia ellas más allá de 18 km siendo capaces de cambiar la dirección para rodear obstáculos pequeños (Lohman y Wykenen, 1990). Al tocar el mar se orientan perpendicularmente hacia las olas y su dispersión está determinada por los patrones de circulación para reducir el riesgo de depredación y mantenimiento de energía (Hamanna, et al., 2011).

Con base en el estudio de la dinámica marina (Anexo II.1) el oleaje tiene diferentes direcciones, lo cual se debe a los fenómenos hidrometeorológicos presentes en la región a lo largo del año. Cuando se presentan condiciones de



oleaje con altura de ola entre 1 y 1.5 m y periodos no mayores a 10 s (Condiciones normales y Nortes), las olas inciden francamente sobre la playa generando un transporte de sedimento transversal en dirección mar (pérdida de sedimento) y cuando la velocidad de las corrientes es suficiente para transportar sedimento de forma longitudinal la dirección es hacia el sur, aun cuando se presentan los eventos de suradas en donde las olas provienen de las direcciones S, SSE y SE, tal efecto se reconoce por el proceso de refracción del oleaje ocasionado por la batimetría de la costa. Dado que se orientan por las olas, las crías podrían encontrarse con los arrecifes artificiales en su nado sobre todo aquellas que eclosionen en la parte norte de la playa. Encontrarse con obstáculos como los arrecifes artificiales podría incrementar el tiempo de nado en aguas someras en su búsqueda de paso libre hacia mar abierto. Whelan y Wyneken (2007) mostraron que la tasa de mortalidad incrementa mientras permanecen más tiempo cerca de aguas someras y se especula que el escape rápido de aguas someras podría ser un mecanismo genético de defensa (Whelan, C y Wyneken, J. 2007). Estos autores registraron un incremento en la depredación de las crías (5% cada 15 min) si permanecen mucho tiempo en aguas someras (3 ± 1.1 m). Sin embargo, se observa mayor depredación en zonas someras con sustratos duros naturales que sobre arena. En arrecifes artificiales sumergidos no hay depredación (Glenn, 1996). La depredación disminuye una vez que están a profundidades mayores a 10 m. Una vez en el agua la circulación del agua y el nado de las crías controla la dispersión de las mismas. Al respecto, como se mencionó anteriormente, la zona no representa una playa de alta densidad de nidos y el efecto en las crías sería menor dado que las crías que eclosionen en la parte norte correrían más riesgo, sin embargo, los arrecifes artificiales no serán continuos ya que contarán con una separación de 40 m aprox. entre ellos lo que permitirá que las crías puedan dirigirse a mar abierto.

Por otro lado, también se ha observado que olas grandes y corrientes oceánicas frecuentemente impiden a las crías en su nado inicial, escapar a mar abierto (Whelan y Wyneken, 2007). Tomando en consideración lo anterior, la instalación de los arrecifes artificiales en esta zona tiene como objetivo disminuir la fuerza de las olas que ingresan a la playa para reducir la erosión que existe en el área y con ello el retroceso de la línea de costa que se ha observado a lo largo de los años. Esta disipación de energía de las olas podría favorecer el nado de las crías hacia mar abierto de encontrarse en estas zonas al disminuir la fuerza de las olas y no su dirección como se muestra en el estudio de hidrodinámica costera (Anexo II.1),



la cual como se mencionó anteriormente es importante para la orientación de las crías.

Además, en el SAR se registró la presencia de *Lobatus gigas* (caracol rosado) y *L. costatus*. Dado que estos organismos tienen patrones de migración de acuerdo a su etapa de desarrollo, la presencia de las estructuras podría impedir su libre desplazamiento (BMo10, $I_{std}=83$). La magnitud de este impacto sobre las poblaciones de estas especies se determinó con base en la importancia de la zona para las especies, así como su biología y ecología, el área que será afectada por la instalación de los arrecifes artificiales además del efecto que causarán en la dinámica del sitio.

Lobatus gigas (caracol rosado) y *L. costatus* (caracol blanco) son especies que no se encuentra citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, la captura extensa de estos organismos ha ocasionado la disminución de sus poblaciones situándolos en niveles críticos, por lo que cualquier acción que no sea ejecutada de manera adecuada puede incidir en estos gasterópodos.

Respecto a *Lobatus gigas*, esta especie se encuentra en un rango de profundidad que va desde zonas muy someras (menos de 2 m, Alcolado, P., 1976) hasta 73 m (Rodríguez- Sevilla, et al., 2009) aunque usualmente se encuentran a 30 m (Prent, P., 2009). Existe además una distribución de los organismos respecto a la profundidad, observándose que los juveniles se encuentran en zonas someras (< 3.0 m., 2 m y de 0.30 m son zonas mejores para los juveniles) (Alcolado, 1976) mientras que los adultos pueden ubicarse a mayor profundidad (de 6 a 60 m y hasta 73 m, Rodríguez- Sevilla, et al., 2009). Sin embargo, la presencia del caracol está limitada a la zona fótica ya que ahí encuentra su alimento (Alcolado 1976; De Jesús Navarrete 1999).

Se ha observado que el caracol rosa realiza diversas migraciones describiéndose por lo menos dos: Migración de juveniles entre 50-100 mm (tamaño) (Stoner et al., 1988; De Jesús-Navarrete y Valencia-Beltrán, 2003; Danylchuck et al. 2003) y migraciones de organismos adultos (Robertson, 1959; Alcolado, 1976; Hesse, 1979; Appeldoorn, 1997). La última asociada a la reproducción y se piensa que es de naturaleza estacional (Appeldoorn 1997) e influenciada por la granulometría del sedimento, (*L. gigas* prefiere un diámetro de partículas de arenas medias para el desove) y no solo por la batimetría (Aldana 2006). También se ha reportado la movilidad de *L. gigas* asociada a la alimentación y a la temperatura como



factores que inducen un mayor desplazamiento en la especie (Orr y Berg, 1987; Noguez Núñez y Aldana Aranda 2014). Stoner (2003), menciona que la reproducción ocurre principalmente en profundidades mayores a 10 m sobre arenales.

Alcolado (1976) detectó que la distribución de caracoles juveniles de *L. gigas* normalmente es confinada a los criaderos, mientras los adultos tienen una distribución más amplia. Hesse (1979) señaló diferencias significativas en el rango hogareño del caracol rosa en función de la talla, determinando un rango de 1,000 m² para organismos con tallas de 100-130 mm y de 2,500-5,000 m² para organismos con tallas entre 130-160 mm. En su estudio no fue posible determinar el rango hogareño para organismos con tallas mayores a 170 mm, dado que estos utilizan áreas muy extensas, mayores a 5,000 m². Por el método de rastreo con telemetría acústica Glazer et al. (2003) determinaron que el rango hogareño de caracoles adultos es en promedio de 59,800 m². Bissada-Gooding et al. (2010) determinaron por telemetría acústica y marcaje tradicional que los adultos en promedio utilizaban un área de 11,031 m², pero algunos usan extensiones de 21,255 m², mientras Doerr y Hill, (2013) determinaron un rango hogareño de los adultos de 65,045 m², mostrando la tasa más alta de movimiento de 11.36 m/día, aunque se ha visto que pueden desplazarse más (50 a 100 m por día) (Theile 2001, Doerr y Hill 2003). Con esto se observa que los organismos amplían su rango de distribución conforme crecen. Los organismos realizan transiciones en su hábitat, las cuales dependen de su talla. Se pudo observar que la movilidad aumenta significativamente en organismos adultos, existiendo una relación entre la talla y movilidad ontogénica, estableciendo la conectividad espacial y estacional entre juveniles y adultos (Peel 2012).

La información antes referida, muestra que, si bien los juveniles tienden a cubrir distancias menores y que se ubican en zonas más someras que los adultos, éstos en su crecimiento y como adultos pueden desplazarse grandes distancias ya sea por alimento o por reproducción. Los arrecifes artificiales, al ser elementos lineales que serán colocados casi paralelos a la costa podrían representar barreras para estos organismos. No obstante, estos arrecifes artificiales no serán continuos y contarán con una separación entre ellos de aproximadamente 40 m, distancia que le permitirá a los individuos de esta especie desplazarse a zonas someras o profundas por reproducción o alimento. Además, se ha observado que los juveniles pequeños de *L. gigas* pueden trepar en superficies verticales de concreto (Hesse 1980), por lo que estos animales podrían pasar los arrecifes



artificiales. Estos caracoles tienen un ámbito natural de varios kilómetros (Hesse 1979) y pueden utilizar diferentes hábitats para alimentarse (lechos de pastos marinos) y para reproducirse (arenales) (Stoner y Sandt 1992), por lo que la presencia de estos arrecifes artificiales no significaría un efecto fuerte en estos animales.

La pesca de caracol rosado reinició en el año 2017, tras una veda decretada de cinco años que tuvo como propósito la recuperación natural del recurso. A partir de este año (2018) se encuentra en veda en dos periodos: todo el mes de febrero y del 1 de mayo al 30 de noviembre, aplicando en Banco Chinchorro y desde punta Herrero hasta Majahual y Bacalar el chico en los límites con Belice (DOF: 19/07/2017). Desde ese tiempo y actualmente se han detectado como áreas importantes para esta especie las zonas antes mencionadas especialmente banco Chinchorro (Rodríguez Duarte, Velázquez-Abunader, 2016; de Jesús-Navarrete 1999, Stoner et al., 1997) así como la Punta norte de la Isla Cozumel en el área de protección de flora y fauna, Caleta de Xel-Ha (Alcolado, 1976) y el Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, especialmente en la parte norte de la laguna (Chávez Villegas et al., 2012; Chávez Villegas et al., 2014). Considerando esta información cabe mencionar que la zona del proyecto no se ubica en ninguna de estas zonas de importancia para la reproducción y reclutamiento de *L. gigas*, por lo que el impacto en esta especie será menor.

Un efecto indirecto que podría ocasionarse por la instalación de los arrecifes artificiales podría presentarse en el reclutamiento, ya que para *L. gigas*, la hidrodinámica y patrones de corrientes marinas, remolinos y giros favorecen el transporte y dispersión de sus larvas (geiawf.semarnat.gob.mx.). Corral y Ogawa, (1987) señalaron que en las costas mexicanas la reproducción es continua, lo que se reflejaría en un patrón constante de reclutamiento, aunque en la zona de Quintana Roo, se encontró que en julio el reclutamiento fue nulo y que el primer período importante es de noviembre a febrero, sobreponiéndose con el segundo pico, que es el de mayor intensidad y se presenta de enero a mayo (De Jesús-Navarrete et. al., 2000).

La distribución de *L. gigas* en su fase larval está regida por las corrientes superficiales pues existe dependencia del flujo larval en el Caribe, pudiendo la larva de *L. gigas* ser transportada desde sitios ubicados en Belice y México hasta Florida al presentarse corrientes de 0.8 m/s (De Jesús Navarrete 1999). La distribución y abundancia de las larvas depende de la estación del año (Chávez-



Villegas et al., 2009) y las mayores abundancias se han observado en la estación de lluvias en Junio (Aldana-Aranda, y Pérez-Pérez 2007) y Agosto (De Jesús-Navarrete 2001; Aldana-Aranda, y Pérez-Pérez 2007). Las corrientes han sido descritas como factor de dispersión y transporte de las larvas (Mittton et al., 1989; Stoner, et al. 1996; Stoner 2003). Se piensa que las larvas se concentran sobre los principales ejes de las corrientes, creando los sitios de alta abundancia de juveniles, habiendo una relación directa entre larvas competentes y el tamaño de las poblaciones de los juveniles (Stoner 2003). Dada la extensa fase planctónica (15-22 días), las larvas pueden ser transportadas por distancias considerable, de hasta 900 km (Davis et al., 1993, Peel 2012).

De acuerdo con algunos estudios (Pérez Pérez 2004, Bravo Castro 2009; Chávez Villegas et al., 2012; Chávez Villegas et al., 2014), se considera que el Caribe Mexicano puede suministrar larvas a las poblaciones de *L. gigas* de la zona norte del Caribe, especialmente la zona norte de la Laguna Arrecifal de Puerto Morelos (Chávez Villegas et. al., 2014), por lo que la zona arrecifal es un área importante de producción de larvas de esta especie. Con esto, se asume que los sitios estudiados en el caribe mexicano, especialmente los situados en la zona norte de la laguna actúan como fuente de larvas de gasterópodos, siendo sitios importantes para preservar la diversidad larval en la región.

Con base en la información presentada anteriormente, podría presentarse un efecto adverso en el reclutamiento de *L. gigas* de modificarse la circulación del SAR o de alguna zona importante que impida el transporte y establecimiento de juveniles, ya que como se mencionó anteriormente la distribución de larvas y con ellos de juveniles está ligada a la circulación de las corrientes y a condiciones propicias para su establecimiento. No obstante, con base en el estudio de Dinámica Costera realizado para el proyecto (Anexo II.1) en donde se modeló el comportamiento de las corrientes, es posible afirmar que la circulación que se presenta en la zona y específicamente en el SAR no será modificada por la instalación de los arrecifes artificiales ya que el efecto de éstos se limitará únicamente al área frente a la cual serán dispuestos. Su función será únicamente la dispersión de energía de las olas que ingresan a la playa frente al hotel, por lo que no se presentará un efecto en la dispersión de larvas de esta especie y no se impactará con ello a las poblaciones locales que sirven de suministro a otras áreas. Cabe mencionar que el área del proyecto se ubica a aproximadamente 40 km de la laguna de Puerto Morelos en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos y a 18 km de la Isla de Cozumel.



En el Caribe mexicano también se ha registrado la presencia de caracol blanco (*L. costatus*), especie de importancia comercial y que ha mostrado disminución en sus poblaciones de la misma forma que *L. gigas*. Cabe mencionar que esta especie sólo fue registrada en época de secas siendo común en el ambiente de laja con algas y sedimento y en el arenal profundo. Existe poca información sobre esta especie. En Quintana Roo, se ha visto la coexistencia de *L. costatus* con *L. gigas* en praderas de pastos marinos, y pedacera de coral, hecho que se ha descrito en otras áreas del Caribe, encontrándose también en camas de algas y arenales (Tewfik et al. 2003), donde posiblemente encuentren alimento suficiente para desarrollarse, aunque también puede existir competencia entre ellos (Tewfik y Guzmán 2003) por lo que el solapamiento de las especies es bajo (Tewfik y Guzmán 2003) ya que *L. costatus* tiende a agregarse en zonas distintas a las de *L. gigas*.

Al igual que *L. gigas*, la distribución de *L. costatus* está ligada con la profundidad (Alcolado 1976; Pérez Pérez y Aldana Aranda 2000). Esta especie habita en un rango de profundidad de los 2 m a los 55 m (Leal 2003, Rosenberg 2009) con zonas preferentes de 7 m de profundidad. Los caracoles adultos de esta especie tienen una distribución batimétrica más amplia, formando grupos a 40 m de profundidad y su distribución horizontal parece estar limitada a la zona donde el agua presenta determinadas características físico-químicas marinas y donde el sustrato no sea fangoso (Alcolado, 1976). Aunque esta especie tiende a presentar una disposición espacial agregada (Tagliafico, A., et. al., 2012), esta especie, al igual que *L. gigas*, tiende a migrar hacia parches de arena cerca o rodeados de pastizal de *Thalassia testudinum* cuando el fotoperiodo y la temperatura son adecuadas para la reproducción. (Brownell 1977, Robertson 1959, D'Asaro 1986, Davis et al. 1993, citados en Shawl, A. 2001). La cópula se presenta regularmente a una profundidad entre 6 y 16 metros y a una temperatura de 27 a 29 °C (Stoner et.al. 1992, Davis 1984, Brownell 1977, citados en Shawl 2001). Las larvas de esta especie también dependen de las corrientes marinas para su distribución (geiawf.semarnat.gob.mx.). Considerando esta información, es altamente probable que el efecto sobre esta especie sea muy bajo tanto en adultos como en larvas como en *L. costatus*, ya que el efecto de los arrecifes artificiales se limitará al sitio en el que estarán colocados dejando espacios libres para el paso de estos organismos sin afectar otras zonas ni los patrones de circulación dentro del SAR. Con base en lo anterior la magnitud se determinó como baja (0.4).



La instalación de los arrecifes artificiales podría significar un obstáculo para la tortuga así como para otras especies que habitan la zona al representar barreras artificiales, sin embargo, los arrecifes artificiales no serán continuos pues tendrán una separación de 40 m entre ellos permitiendo así el paso de la biota, además debe considerarse que el área que ocuparán los arrecifes artificiales representa el 0.18 % del área total del SAR, lo que representa un área prácticamente insignificante, además de que la instalación de los arrecifes traerá consigo beneficios para la recuperación de la playa y representará un sustrato para la fijación de organismos sésiles.

Factor ambiental: DINÁMICA COSTERA.

Fase: operación y mantenimiento de estructuras

Las estructuras que se instalarán para ayudar a conservar la playa, representan barreras artificiales que ocasionan cambios en la dinámica costera. Uno de los impactos asociados a estas estructuras es la modificación del transporte litoral ($DCo1$, $DCo2$, $I_{std}=0.66$) lo que implica un cambio en el aporte de sedimentos a la playa y con ello la morfología del perfil de playa pues el balance de aporte y transporte de sedimentos se altera, aún y cuando estas estructuras tienen la finalidad de ayudar a la conservación de la playa en la zona.

La magnitud de los impactos asociados a la instalación de los arrecifes artificiales en la dinámica costera se determinó con base en el efecto que tendrán en el SAR y en la zona de afectación directa.

De acuerdo con el estudio de modelación de la dinámica costera en la celda litoral (Anexo II.1), es posible observar que el efecto principal que estas estructuras tendrán al ser instaladas es la disminución de la fuerza del oleaje sin afectar el transporte litoral, ya que son estructuras paralelas que permitirán el paso del agua.

Tabla 15. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental DINÁMICA COSTERA.

Factor ambiental: Dinámica costera															
Operación y mantenimiento															
DCo1. Modificación del transporte litoral debido a la presencia de las estructuras pues éstas disminuirán la fuerza del oleaje en la zona.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	3	3	1	1	3		18	0.66	0.2	0.13	Cm
DCo2. Alteración del perfil de playa por la presencia de las estructuras pues éstas disminuirán la fuerza del oleaje ayudando a conservar el sedimento en la zona.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	3	3	1	1	3		19	0.55	0.2	0.13	Cm

Tomando en consideración el estudio de Dinámica Costera (Anexo II.1) donde se realizó la modelación de la dinámica de la circulación dentro del SAR se observa que el efecto que tendrán los arrecifes artificiales será la disipación de la energía de las olas únicamente en el área en la que estarán colocados sin afectar la circulación dentro de la celda litoral que compone el SAR, por lo que el sedimento podrá mantenerse en el sitio ayudando a la recuperación de la playa y si bien el perfil será modificado, éste se espera recupere el área perdida. Además, el agua podrá seguir circulando y con ello el transporte litoral continuará ya que se trata de estructuras separadas entre sí. Los resultados obtenidos en esta modelación son corroborados con estudios previos en otras zonas. De acuerdo con Aminti, y Billi (1984), las características del sedimento en las playas protegidas por los arrecifes artificiales son de la misma calidad del sedimento que prevalece en playas sin este tipo de protecciones. Kubowicz-Grajewska (2015) menciona que los arrecifes artificiales sumergidos tienen un impacto menor en la modificación de la morfología y litodinámica de la costa,



limitándose estos cambios a los alrededores inmediatos de la construcción y calificando a los impactos generados por los arrecifes artificiales como neutros.

Su efecto como se muestra en el estudio se manifestará únicamente en el área en la que estas estructuras serán colocadas sin ocasionar efectos en predios aledaños ni en el SAR, por lo que la magnitud se determinó como muy baja (0.2)

Factor ambiental: Paisaje

Con la instalación de las estructuras el paisaje será modificado, lo cual será un impacto permanente ($Po1$, $I_{std}=0.78$). Sin embargo, es importante señalar que la zona en la que se pretende llevar a cabo el proyecto se encuentra previamente impactada por la presencia de bolsacretos y por actividades marinas que se realizan en el área. Aunado a esto, las estructuras estarán cubiertas por el agua en periodos de pleamar sin causar un impacto visual relevante. Considerando lo anterior y el porcentaje de área afectada por las estructuras respecto al SAR (0.18%), la magnitud se determinó como muy baja (0.2).

Tabla 16. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental PAISAJE.

Factor ambiental: Paisaje															
Operación y mantenimiento															
Po1. Alteración de la incidencia visual en el paisaje de la zona debido a la presencia de estructuras artificiales.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M		
(-)	3	3	1	3	3	3	3	1	3	23	0.78	0.2	0.16	Cm	



ELEMENTO: BOLSACRETOS

Fase: Retiro de bolsacretos.

Factor ambiental: AGUA MARINA

Durante las acciones de ruptura de los bolsacretos se generarán residuos provenientes de estas estructuras, parte de los cuales podrían permanecer suspendidos en el agua y otros podrían caer al fondo ocasionando la resuspensión del sedimento incrementando así la turbidez del agua en el sitio (AMg1, I_{std}=0.5). La magnitud de este impacto se determinó como muy baja (0.2), tomando en cuenta que están instalados sobre un ambiente de laja con algas y laja con algas y sedimento, en los que se encuentra una capa delgada de arena que, si bien es fino y de fácil resuspensión, la cantidad presente es baja. Sin embargo, para evitar cualquier afectación al agua por estas acciones se colocará una malla geotextil para evitar que cualquier residuo, así como los sedimentos puedan afectar otras áreas. Los residuos que sean generados se colectarán de manera inmediata para ser dispuestos en áreas destinadas para ello.

Tabla 17. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental AGUA MARINA.

Factor ambiental: Agua marina															
Retiro de bolsacretos															
AMg1. Alteración de las características físico-químicas del agua por la ruptura y retiro de los bolsacretos ya que al caer los residuos ocasionarán la resuspensión del sedimento incrementando la turbidez.															
Atributos											Índice	Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio	
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	2	1	3	1	3	3	1	1		18	0.5	0.2	0.1	Cm



Factor ambiental: DINÁMICA COSTERA.

Fase: Retiro de bolsacretos

Los bolsacretos instalados en el área con anterioridad representan barreras artificiales que han ocasionado cambios en la dinámica costera, por lo que, con la remoción de éstos, uno de los impactos asociados será la modificación del transporte litoral lo que implica un cambio en el aporte de sedimentos a la playa y con ello la modificación de la morfología del perfil de playa pues el balance de aporte y transporte de sedimentos se alterará (DCg1, DCg2, $I_{sta}=0.66$)

La magnitud de los impactos asociados al retiro de los bolsacretos en la dinámica costera se determinó con base en el efecto que actualmente tienen en el SAR y en la zona de afectación directa además de lo que sucederá al ser retirados.

De acuerdo con el estudio de modelación de la dinámica costera en la celda litoral (Anexo II.1), es posible observar que, al existir un transporte de sedimento hacia el mar, las estructuras bloquean el sedimento que se transporta hacia la playa de forma transversal. Por la forma geométrica de las estructuras, en términos morfodinámicos las estructuras actúan como una barra; pero por la disminución de su altura ya no disipan lo suficiente la energía del oleaje y por las características disipativas del perfil de la playa, las estructuras están generando una zona inestable permitiendo que se queden atrapadas las olas. Por otro lado, estos bolsacretos generan una zona de difracción, por lo tanto, las corrientes y la amplitud de la ola se incrementan lo cual también genera erosión en la zona. Es por esto que con el retiro de las estructuras si bien se modificará la dinámica costera actual del sitio, será en beneficio de la playa al permitir el paso del sedimento y al eliminar el efecto de sifón en el área, siendo efectos locales que no ocasionarán impactos en otras zonas. Por lo antes expuesto, la magnitud se determinó como muy baja (0.2).

Tabla 18. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental DINÁMICA COSTERA.

Factor ambiental: Dinámica costera															
Operación y mantenimiento															
DCg1. Modificación del transporte litoral debido al retiro de los bolsacretos pues fungen como trampas de sedimento.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	3	3	1	1	3		18	0.66	0.2	0.13	Cm
DCg2. Alteración del perfil de playa debido al retiro de los bolsacretos pues fungen como trampas de sedimento impidiendo que éste se deposite en la playa.															
Atributos											Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C		I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	3	3	1	1	3		19	0.55	0.2	0.13	Cm

Fase: Retiro de bolsacretos

Factor ambiental: BIOTA MARINA

Las estructuras de protección costera que se encuentran instaladas frente a la playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort han generado un hábitat artificial en donde reside biota marina, tanto sésil como móvil. Con el retiro de estas estructuras se perderán individuos de las especies que ya han colonizado los bolsacretos ocasionando con esto la reducción de la cobertura de la biota (BMg1, Istd=0.55). La magnitud de este impacto se determinó como muy baja (0.2) considerando que los ambientes encontrados en estas estructuras están dominados por algas (entre el 50% y 90% de las estructuras) sin la presencia de especies en categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe mencionar que estas estructuras fueron colocadas en el pasado para la protección de la playa, siendo elementos artificiales en el ambiente que fungen como sustrato para el establecimiento de las especies.



No obstante, se implementará un **Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina** en donde se considerarán aquellos organismos de importancia ecológica para evitar su afectación (e.g corales, erizos).

Tabla 19. Valoración de los impactos ambientales para el factor ambiental BIOTA MARINA.

Factor ambiental: Biota Marina														
Retiro de bolsacretos														
BMg1. Mortandad o daño de las especies silvestres que habitan sobre los bolsacretos debido al retiro de estas estructuras.														
Atributos										Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	1	1	3	3	3	3	1	1	19	0.55	0.2	0.11	Cm
BMg2. Daño o mortandad de la biota por resuspensión del sedimento.														
Atributos										Índice		Magnitud	Valor del impacto	Valor de juicio
Signo	I	A	S	M	P	Rv	R	Pd	C	I	Istd	M	Istd*M	
(-)	3	2	1	3	1	3	3	1	1	18	0.5	0.2	0.1	Cm

Durante la ruptura de los bolsacretos se generarán residuos provenientes de estas estructuras, parte de los cuales permanecerán suspendidos en el agua y otros podrían caer al fondo ocasionando la resuspensión del sedimento incrementando así la turbidez del agua en el sitio (BMg2, Istd=0.5). La magnitud de este impacto se determinó como muy baja (0.2), tomando en cuenta se encuentran instalados sobre un ambiente de laja con algas y laja con algas y sedimento, en los que se encuentra una capa delgada de arena que, si bien es fino y de fácil resuspensión, la cantidad presente es baja. Sin embargo, para evitar cualquier afectación al agua por estas acciones se colocará una malla geotextil para evitar que cualquier residuo y sedimento puedan afectar otras áreas. Los residuos que sean generados se colectarán para ser confinados en los sitios destinados para ello, según las autoridades correspondientes.

Cabe mencionar que, como fue descrito en el capítulo IV de este documento, se registró la presencia de pastos marinos en el bolsacreto que se ubica al sur (sur-somero). Sin embargo, esta zona será conservada sin causar afectación a los pastos marinos ya que ocupa una superficie pequeña en la zona perpendicular del bolsacreto, y al inicio de esta parte, por lo que mantenerla no causará efectos relevantes en la dinámica.

V.5 Descripción de los impactos ambientales.

Después del análisis realizado anteriormente en donde se describieron y evaluaron los impactos potenciales derivados de la ejecución del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” se valoraron un total de 22 impactos de los cuales 15 fueron compatibles y 7 moderados. La biota marina es el factor ambiental que será afectada en mayor medida. Con base en esto se presenta a continuación la descripción de los impactos valorados como moderados, ya que son éstos los que implican un efecto mayor sobre el ambiente.

Tabla 20. Descripción de los impactos ambientales valorados como moderados.

Impactos ambientales de mayor valor.
Factor ambiental: BIOTA MARINA
BMc1. Pérdida de hábitat debido a la instalación de las estructuras lo que disminuye el área natural en la zona en la que pueden establecerse los organismos.
Valor del impacto: 0.31 Moderado
Descripción.
El proyecto pretende la instalación de tres estructuras (arrecifes artificiales) y el retiro de tres bolsacretos que fueron instalados con anterioridad.
Para la construcción de los arrecifes artificiales, se colocarán piezas de forma de cubo que ocuparán área natural en el fondo marino, en el que actualmente habita biota marina.
Las dimensiones de los arrecifes artificiales se muestran en la siguiente tabla.



Impactos ambientales de mayor valor.

Estructura	Dimensiones (planta) (m)	m ²	ha	% del SAR (134.14 ha)
E1	100 x 8.6	860	0.086	0.0641
E2	80 x 12.2	976	0.0976	0.0728
E3	80 x 7.9	632	0.0632	0.0471
	Total	2468	0.2468	0.1840

Estos arrecifes artificiales ocuparán un área total de 0.2468 ha lo que corresponde al 0.18 % del área total del SAR (134.14 ha). Cabe mencionar que las estructuras que serán colocadas en el sitio si bien ocuparán un área natural, podrán servir como sustrato para el reclutamiento de especies en el sitio, que, aunque representan elementos ajenos al ambiente, estos arrecifes artificiales serán conformados por piezas rugosas que al ser colocadas podrán mantener oquedades que servirán de refugio para los organismos y la porosidad necesaria para el establecimiento de comunidades sobre ellos. Se ha observado que los arrecifes artificiales pueden proveer hábitats favorables para productores primarios y secundarios y como zona de crianza para algunos peces, sin presentar impactos adversos en la distribución o abundancia de macrozoobentos o peces (Manny, et al.,1985).

BMc2. Mortandad o daño de las especies silvestres debido a la instalación de las estructuras disminuyendo su cobertura por daño directo.

Valor del impacto: 0.31 Moderado

Descripción.

Las características del ambiente y tipo de sustrato que existe donde se pretende colocar las tres estructuras son muy similares entre sí, teniendo el sustrato de laja con poco relieve, sobre el cual se forma una capa delgada de sedimentos finos, con algas escasas, dominando las algas verdes de crecimiento calcáreo, principalmente de los géneros *Halimeda*, *Penicillus*, *Rhipocephalus*, y *Avrainvillea* y peces escasos. Los corales también son escasos, y se presentan colonias pequeñas y dispersas, principalmente de la especie *Siderastrea siderea*, y algunas colonias de *Porites porites* y ocasionalmente colonias masivas e incrustantes del coral cerebro de la especie *Pseudodiploria*

Impactos ambientales de mayor valor.

clivosa. Los gorgonáceos son escasos, y solamente se observan en algunos parches en donde predomina la especie *Pterogorgia anceps*. La comunidad de peces es escasa, encontrando principalmente peces de tamaño pequeño, con abundancia de juveniles de haemulidos (género *Haemulon*) y lábridos (géneros *Halichoeres* y *Thalassoma*), así como morenas (*Gymnothorax moringa*) y rayas (*Urobatis jamaicensis*) También se observó la presencia de pulpos (*Octopus sp*), langostas (*Panulirus argus*) y gasterópodos como caracol rosado (*Lobatus gigas*) y (*Charonia variegata*). Los erizos son abundantes en la zona, principalmente el erizo común de la especie *Equinometra lucunter*, así como *Eucidaris tribuloides*. Si bien en la zona de estudio se encuentran algunas especies de peces, el efecto en ellos no será grave dado que son organismos que pueden desplazarse con facilidad. Es importante mencionar que de acuerdo con el estudio de caracterización marina (Capítulo IV, Anexo IV.1) en las dos temporadas (lluvias y secas) de reconocimiento de la zona se observó a las especies de *L. gigas* y *L. costatus* de manera escasa en el área destinada para la colocación de los arrecifes artificiales por lo que no se trata de una zona de alta abundancia de estas especies. Aunado a esto, si bien se registraron dos especies de gorgonáceos enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (*Plexaura homomalla* y *Plexaurella dichotoma*), estas especies no se encontraron en el área de afectación directa por la construcción de las estructuras.

BMc3. Mortandad o daño de las especies silvestres debido a la instalación de las estructuras disminuyendo su cobertura por resuspensión de sedimento.

Valor del impacto: 0.31 Moderado

Descripción.

Considerando la caracterización marina realizada en el área, los ambientes que podrían ser afectados por la resuspensión de sedimento son laja lisa con algas, arenal somero, arenal profundo, laja con gorgonáceos (Capítulo IV, Anexo IV.1). En estos ambientes como se señala en la caracterización marina existe una predominancia de algas, mientras que en el caso del arenal somero no se observó la presencia de biota sésil y en el profundo algunos parches de algas y gorgonáceos. Respecto al ambiente de laja con gorgonáceos la presencia de corales escleractinios es común, aunque la cobertura que alcanza es baja, generalmente menor al 1%; teniendo como especies comunes

Impactos ambientales de mayor valor.
<p><i>Agarica agaricites</i>, <i>Siderastrea siderea</i>, <i>Montastraea cavernosa</i> y <i>Pseudodiplora clivosa</i> y presentándose una cobertura algal del 40%. Es de hacer notar que se registraron dos especies en categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (<i>Plexaura homomalla</i> y <i>Plexaurella dichotoma</i>) en los ambientes de laja con gorgonáceos y arenal profundo, en ambos de manera escasa (menos del 5%). Observando lo antes descrito, si bien en la zona existe biota que puede ser afectada por la resuspensión del sedimento, sobre todo aquellos más susceptibles a ello como los corales escleractinios e hidrocorales (incluidos los que se encuentran en alguna categoría de riesgo), éstos presentan una cobertura muy baja.</p> <p>Con base en la información obtenida, si bien existe la presencia de especies importantes por su estatus actual, éstas se encuentran de manera escasa y a una distancia aproximada de 30 m (inicio de ambiente laja con gorgonáceos) del sitio de ubicación de las estructuras. Aun y cuando el sedimento fino en suspensión puede viajar grandes distancias, la capa que se encuentra en los sitios de construcción es muy delgada, como ya se ha mencionado por lo que de llegar al ambiente de laja con gorgonáceos sería una cantidad baja y aún menor en el arenal profundo, por lo que la afectación a estos organismos sería menor.</p>
<p>BMc6. Afectación al libre acceso de la Tortuga marina hacia la playa para anidar y su regreso hacia mar abierto debido a las acciones contempladas para instalar las estructuras</p>
<p>Valor del impacto: 0.31 Moderado</p>
<p>BMo8. Afectación al libre acceso de la Tortuga marina hacia la playa para anidar y su regreso hacia mar abierto debido a la presencia de las estructuras</p>
<p>Valor del impacto: 0.35 Moderado</p>
<p>Descripción</p> <p>En la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort se ha registrado arribazón de tortugas marinas. Dado que estas estructuras serán colocadas frente a la playa del hotel, éstas podrían fungir como obstáculos para el libre paso de estos organismos hacia las playas de anidación y su regreso a la playa durante el proceso de instalación y aún más en la etapa de operación de los arrecifes</p>



Impactos ambientales de mayor valor.

artificiales. De acuerdo con la información obtenida, en el área del proyecto se registró el arribo de algunos individuos de las especies de tortugas marinas Caguama (*Caretta caretta*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), Verde (*Chelonia mydas*), y Laúd (*Dermochelys coriacea*) para anidar.

De acuerdo con la asociación civil Flora, Fauna y Cultura de México, A.C., son 13 las playas de mayor densidad de nidos en el litoral costero de Quintana Roo, y ninguna de estas corresponde a la playa comprendida en el área de estudio.

Actualmente el Hotel Sandos Caracol Eco Resort lleva a cabo acciones de protección a la tortuga marina contando así con un Campamento tortuguero. Durante las acciones de este campamento se contabilizan los nidos en cada temporada. De acuerdo con los datos obtenidos por el personal del hotel, se registran de 15 a 17 nidos por temporada en un área de 9,400 m² por lo que la densidad de nidos en la zona es baja (0.001 nidos/m²) respecto a las playas que fueron mencionadas como de mayor densidad por lo que esta zona no representa una de las principales playas de arribazón de tortuga.

Como se ha señalado en diversas ocasiones, el proyecto pretende la instalación de tres arrecifes artificiales paralelos a la costa, con el fin de minimizar la fuerza de las olas y con ello recuperar la playa que se ha perdido por el proceso de erosión que ha sufrido. Las estructuras que serán instaladas, podrían representar una barrera para las hembras en su paso hacia las áreas de anidación y en su regreso a mar abierto. De acuerdo con Bolongaro Crevenna, et al., (2010) la presencia de infraestructura antropogénica (espigones y tetrápodos perpendiculares y paralelos a la costa respectivamente) afecta la anidación de las tortugas marinas al encontrarse un menor número de anidaciones en los sitios de playa con la presencia de esta infraestructura, pues se presenta un desplazamiento de las hembras a otras zonas para evitar las estructuras. Esto sucede posiblemente a que estas obras marítimas obligan a estas especies a recorrer grandes trechos paralelos a la costa o finalmente regresar al mar y anidar en sitios menos aptos en otros tramos más alejados de playa por el bloqueo del acceso para arribar a la playa, causando que estas aniden en otros sitios menos aptos para realizarlo y posiblemente con una menor probabilidad de sobrevivencia (Márquez, 1996, Bolongaro Crevenna, et al., 2010).

Impactos ambientales de mayor valor.

Los arrecifes artificiales podrían ser una barrera, no obstante, con base en la información obtenida por el personal del hotel, el arribo de tortugas es escaso presentando de 15 a 17 nidos por temporada. Asimismo, se ha observado que la zona en la que las tortugas arriban para anidar preferentemente es la playa que se encuentra entre el Hotel Sandos Caracol y el Hotel Royal Haciendas Resort Playa del Carmen, que es una zona libre de edificaciones y actividad turística, por lo que se trata de un área que no será obstaculizada directamente por los arrecifes artificiales. El personal del hotel ha registrado el arribo de manera esporádica (4 a 5 nidos/temporada) frente a la playa del Hotel Sandos en la zona que está protegida por los bolsacretos y que será posteriormente protegida por los arrecifes artificiales. Con esto, se observa que, la playa que usan las tortugas de manera preferencial para anidar no será obstaculizada de manera directa por las estructuras de protección por lo que el efecto en las hembras para acceder a la playa será menor. Cabe señalar que el área que será ocupada representan el 0.18 % del área total de SAR lo que implica un área mínima de afectación además de que los arrecifes artificiales tendrán una separación de 40 m aprox. entre cada uno por lo que esta discontinuidad permitirá el paso de los organismos a la playa a anidar, por la zona donde se ubiquen las estructuras.

BMo9. Afectación al libre paso de las crías de tortuga marina debido a la presencia de las estructuras impidiendo su llegada a mar abierto e incrementando su probabilidad de mortandad

Valor del impacto: 0.32 Moderado

Descripción.

Además del impacto potencial sobre las hembras de tortuga marina, estas estructuras podrían generar efectos en las crías recién eclosionadas en su viaje hacia mar abierto, pues representarían barreras en su nado ocasionando que cambien de dirección en busca de paso libre, incrementando con ello, el tiempo en aguas someras lo que a su vez aumenta la probabilidad de ser depredadas y no tener éxito para alcanzar mar abierto (BMo9, $I_{std}=0.81$). La magnitud de este impacto en las crías se determinó considerando la importancia de la playa en el arribo de las tortugas, la cantidad de crías que eclosionan y la ubicación de los arrecifes artificiales.

Impactos ambientales de mayor valor.

Como se señaló anteriormente, la playa frente al hotel Sandos Caracol Eco Resort no forma parte de las playas que registran una densidad de anidamientos alta pues, con base en las observaciones realizadas por el personal del hotel, se registran de 15 a 17 nidos por temporada en un área de 9400 m² que es la zona en la que se ha detectado el mayor arribo de tortugas en el SAR, lo que implica una densidad de 0.001 nidos/m² y con ello una baja cantidad de crías liberadas. Por otro lado, también se ha observado que la zona preferente de anidación no se encuentra en la playa de afectación directa de los arrecifes artificiales pues éstos se ubican al norte de esta zona.

El sistema de orientación de las crías es capaz de dirigir las desde cualquier tipo de playa hacia mar abierto. Las crías emplean dos sistemas independientes de orientación de manera secuencial usando diferentes señales. En tierra buscan alejarse de zonas iluminadas y dirigirse a horizontes amplios. Cuando el contacto visual con la tierra es perdido, las crías mantienen su orientación en el mar a un ángulo fijo relativo a las olas (Lohman y Wykenen, 1990) y después al campo magnético (el vector de dirección es determinado durante su paso por la playa a través de la elevación del horizonte y las olas de aguas someras refractadas por lo que se alejan de siluetas elevadas y nadan hacia las olas cercanas a la playa) (Salmo, y Weneken, 1994; Fuxjager, et al. 2011). La dirección de la propagación de las olas son señales de orientación a mar abierto para las crías y nadan hacia ellas más allá de 18 km siendo capaces de cambiar la dirección para rodear obstáculos pequeños (Lohman, y Wykenen, 1990). Al tocar el mar se orientan perpendicularmente hacia las olas y su dispersión está determinada por los patrones de circulación para reducir el riesgo de depredación y mantenimiento de energía (Hamanna, et al., 2011).

Con base en el estudio de la dinámica marina (Anexo II.1) el oleaje tiene diferentes direcciones, lo cual se debe a los fenómenos hidrometeorológicos presentes en la región a lo largo del año. Cuando se presentan condiciones de oleaje con altura de ola entre 1 y 1.5 m y periodos no mayores a 10 s (Condiciones normales y Nortes), las olas inciden francamente sobre la playa generando un transporte de sedimento transversal en dirección al mar (pérdida de sedimento) y cuando la velocidad de las corrientes es suficiente para transportar sedimento de forma longitudinal la dirección es hacia el sur, aun cuando se presentan los eventos de suradas en donde las olas provienen de



Impactos ambientales de mayor valor.

las direcciones S, SSE y SE, tal efecto se reconoce por el proceso de refracción del oleaje ocasionado por la batimetría de la costa. Dado que se orientan por las olas, las crías podrían encontrarse con los arrecifes artificiales en su nado sobre todo aquellas que eclosionen en la parte norte de la playa. Encontrarse con obstáculos como los arrecifes artificiales podría incrementar el tiempo de nado en aguas someras en su búsqueda de paso libre hacia mar abierto. Whelan y Wyneken, (2007) mostraron que la tasa de mortalidad incrementa mientras permanecen más tiempo cerca de aguas someras y se especula que el escape rápido de aguas someras podría ser un mecanismo genético de defensa (Whelan y Wyneken, 2007). Estos autores registraron un incremento en la depredación de las crías (5% cada 15 min) si permanecen mucho tiempo en aguas someras (3 ± 1.1 m). Sin embargo, se observa mayor depredación en zonas someras con sustratos duros naturales que sobre arena. En arrecifes artificiales sumergidos no hay depredación (Glenn, 1996). La depredación disminuye una vez que están a profundidades mayores a 10 m. Una vez en el agua la circulación del agua y el nado de los tortuguillos controla la dispersión de los mismos. Al respecto, como se mencionó anteriormente, la zona no representa una playa de alta densidad de nidos y el efecto en las crías sería menor dado que las crías que eclosionen en la parte norte correrían más riesgo, sin embargo, los arrecifes artificiales no serán continuos ya que contarán con una separación de 40 m aprox. entre ellos lo que permitirá que las crías puedan dirigirse a mar abierto.

Por otro lado, también se ha observado que olas grandes y corrientes oceánicas frecuentemente impiden a las crías en su nado inicial, escapar a mar abierto (Whelan y Wyneken, 2007). Tomando en consideración lo anterior, la instalación de los arrecifes artificiales en esta zona tiene como objetivo disminuir la fuerza de las olas que ingresan a la playa para reducir la erosión que existe en el área y con ello el retroceso de la línea de costa que se ha observado a lo largo de los años. Esta disipación de energía de las olas podría favorecer el nado de las crías hacia mar abierto de encontrarse en estas zonas al disminuir la fuerza de las olas y no su dirección como se muestra en el estudio de Dinámica Costera, la cual como se mencionó anteriormente es importante para la orientación de las crías.



Impactos ambientales de mayor valor.
<p>BMo10. Afectación a la movilidad de la especie <i>Lobatus gigas</i> y <i>L. costatus</i> que habitan la zona debido a la presencia de las estructuras impidiendo el libre paso en el área.</p>
<p>Valor del impacto: 0.32 Moderado</p>
<p>Descripción.</p> <p>En el SAR se registró la presencia de <i>Lobatus gigas</i> (caracol rosado) y <i>L. costatus</i>. Dado que estos organismos tienen patrones de migración de acuerdo a su etapa de desarrollo, la presencia de las estructuras podría impedir su libre desplazamiento.</p> <p><i>Lobatus gigas</i> (caracol rosado) es una especie que no se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, la captura extensa de estos organismos ha ocasionado la disminución de sus poblaciones situándolos en niveles críticos, por lo que cualquier acción que no sea ejecutada de manera adecuada puede incidir en estos gasterópodos.</p> <p>Respecto a <i>Lobatus gigas</i>, esta especie se encuentra en un rango de profundidad que va desde zonas muy someras (menos de 2 m, Alcolado, P.,1976) hasta 73 m (Rodríguez- Sevilla, et al., 2009) aunque usualmente se encuentran a 30 m (Prent, 2009). Existe además una distribución de los organismos respecto a la profundidad, observándose que los juveniles se encuentran en zonas someras (< 3.0 m. 2 m y de 0.30 m son zonas mejores para los juveniles) (Alcolado, 1976) mientras que los adultos pueden ubicarse a mayor profundidad (desde 6 hasta 60 m y hasta 73 m, Rodríguez- Sevilla, et al., 2009). Sin embargo, la presencia del caracol está limitada a la zona fótica ya que ahí encuentra su alimento (Alcolado, 1976; de Jesús Navarrete, 1999).</p> <p>Se ha observado que el caracol rosa realiza diversas migraciones describiéndose por lo menos dos: Migración de juveniles entre 50-100 mm (Stoner et al., 1988; De Jesús-Navarrete y Valencia-Beltrán, 2003; Danylchuck et al. 2003) y migraciones de organismos adultos (Robertson, 1959; Alcolado, 1976; Hesse, 1979; Appeldoorn, 1997). La última asociada a la reproducción y se piensa que es de naturaleza estacional (Appeldoorn, 1997) e influenciada por la granulometría del sedimento, (<i>L. gigas</i> prefiere un diámetro de partículas de arenas medias para el desove) y no solo por la batimetría (Aldana, 2006). También se ha reportado la movilidad de <i>L. gigas</i> asociada a la alimentación</p>



Impactos ambientales de mayor valor.

y a la temperatura como factores que inducen un mayor desplazamiento en la especie (Orr y Berg, 1987; Noguez Núñez y Aldana Aranda, 2014). Stoner, (2003), menciona que la reproducción ocurre principalmente en profundidades mayores a 10 m sobre arenas.

Alcolado (1976) detectó que la distribución de caracoles juveniles de *L. gigas* normalmente es confinada a los criaderos, mientras los adultos tienen una distribución más amplia. Hesse (1979) señaló diferencias significativas en el rango hogareño del caracol rosa en función de la talla, determinando un rango de 1,000 m² para organismos con tallas de 100-130 mm y de 2,500-5,000 m² para organismos con tallas entre 130-160 mm. En su estudio no fue posible determinar el rango hogareño para organismos con tallas mayores a 170 mm, dado que estos utilizan áreas muy extensas, mayores a 5,000 m². Por el método de rastreo con telemetría acústica Glazer et al. (2003) determinaron que el rango hogareño de caracoles adultos es en promedio de 59,800 m². Bissada-Gooding et al. (2010) determinaron por telemetría acústica y marcaje tradicional que los adultos en promedio utilizaban un área de 11,031 m², pero algunos usan extensiones de 21,255 m², mientras Doerr y Hill, (2013) determinaron un rango hogareño de los adultos de 65,045 m², mostrando la tasa más alta de movimiento de 11.36 m/día, aunque se ha visto que pueden desplazarse más (50 a 100 m por día) (Theile, 2001, Doerr, y Hill, 2003). Con esto se observa que los organismos amplían su rango de distribución conforme crecen. Los organismos realizan transiciones en su hábitat, las cuales dependen de su talla. Se pudo observar que la movilidad aumenta significativamente en organismos adultos, existiendo una relación entre la talla y movilidad ontogénica, estableciendo la conectividad espacial y estacional entre juveniles y adultos (Peel, 2012).

La información antes referida, muestra que, si bien los juveniles tienden a cubrir distancias menores y que se ubican en zonas más someras que los adultos, éstos en su crecimiento y como adultos pueden desplazarse grandes distancias ya sea por alimento o por reproducción. Los arrecifes artificiales, al ser elementos lineales que serán colocados casi paralelos a la costa podrían representar barreras para estos organismos. No obstante, éstos arrecifes artificiales no serán continuos y contarán con una separación entre ellos de aproximadamente 40 m, distancia que le permitirá a los individuos de esta especie desplazarse a zonas someras o profundas por reproducción o alimento. Además, se ha

Impactos ambientales de mayor valor.

observado que los juveniles pequeños de *L. gigas* pueden trepar en superficies verticales de concreto (Hesse, 1980), lo que podría también a estos animales a pasar los arrecifes artificiales. Estos caracoles tienen un ámbito natural de varios kilómetros (Hesse, 1979) y pueden utilizar diferentes hábitats para alimentarse (lechos de pastos marinos) y para reproducirse (arenales) (Stoner y Sandt, 1992), por lo que la presencia de estos arrecifes artificiales no significaría un efecto fuerte en estos animales.

La pesca de caracol rosado reinició en el año 2017, tras una veda decretada de cinco años que tuvo como propósito la recuperación natural del recurso. A partir de este año (2018) se encuentra en veda en dos periodos: todo el mes de febrero y del 1 de mayo al 30 de noviembre, aplicando en Banco Chinchorro y desde punta Herrero hasta Majahual y Bacalar el chico en los límites con Belice (DOF: 19/07/2017). Desde ese tiempo y actualmente se han detectado como áreas importantes para esta especie las zonas antes mencionadas especialmente banco Chinchorro (Rodríguez Duarte J., Velázquez-Abunader, 2016; De Jesús-Navarrete, 1999; Stoner, et al., 1997) así como la Punta norte de la Isla Cozumel en el área de protección de flora y fauna, Caleta de Xel-Ha (Alcolado, 1976) y el Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, especialmente en la parte norte de la laguna (Chávez Villegas, et al., 2012; Chávez Villegas, et al., 2014). Considerando esta información cabe mencionar que la zona del proyecto no se ubica directamente en ninguna de estas zonas de importancia para la reproducción y reclutamiento de *L. gigas*, por lo que el impacto en esta especie será menor.

Un efecto indirecto que podría ocasionarse por la instalación de los arrecifes artificiales podría presentarse en el reclutamiento, ya que para *L. gigas*, la hidrodinámica y patrones de corrientes marinas, remolinos y giros favorecen el transporte y dispersión de sus larvas (geiawf.semarnat.gob.mx). Corral, y Ogawa, (1987) señalaron que en las costas mexicanas la reproducción es continua, lo que se reflejaría en un patrón constante de reclutamiento, aunque en la zona de Quintana Roo, se encontró que en julio el reclutamiento fue nulo y que el primer período importante es de noviembre a febrero, sobreponiéndose con el segundo pico, que es el de mayor intensidad y se presenta de enero a mayo (De Jesús-Navarrete, et al., 2000).

Impactos ambientales de mayor valor.

La distribución de *L. gigas* en su fase larval está regida por las corrientes superficiales pues existe dependencia del flujo larval en el Caribe, pudiendo la larva de *L. gigas* ser transportada desde sitios ubicados en Belice y México hasta Florida al presentarse corrientes de 0.8 m/s (De Jesús Navarrete, 1999). La distribución y abundancia de las larvas depende de la estación del año (Chávez-Villegas et al., 2009) y las mayores abundancias se han observado en la estación de lluvias en Junio (Aldana-Aranda, y Pérez-Pérez, 2007) y Agosto (De Jesús-Navarrete, 2001; Aldana-Aranda, y Pérez-Pérez, 2007). Las corrientes han sido descritas como factor de dispersión y transporte de las larvas (Mitton et al., 1989; Stoner, et al. 1996; Stoner, 2003). Se piensa que las larvas se concentran sobre los principales ejes de los corrientes, creando los sitios de alta abundancia de juveniles, habiendo una relación directa entre larvas competentes y el tamaño de las poblaciones de los juveniles (Stoner, A., 2003). Dada la extensa fase planctónica (15-22 días), las larvas pueden ser transportadas por distancias considerable, de hasta 900 km (Davis, et al., 1993, Peel, 2012).

De acuerdo con algunos estudios (Pérez Pérez, 2004; Bravo Castro, 2009; Chávez Villegas, et.al., 2012; Chávez Villegas, et.al., 2014), se considera que el Caribe Mexicano puede suministrar larvas a las poblaciones de *L. gigas* de la zona norte del Caribe, especialmente la zona norte de la Laguna Arrecifal de Puerto Morelos (Chávez Villegas, et. al., 2014), por lo que la zona arrecifal es un área importante de producción de larvas de esta especie. Con esto, se asume que los sitios estudiados en el caribe mexicano, especialmente los situados en la zona norte de la laguna actúan como fuente de larvas de gasterópodos, siendo sitios importantes para preservar la diversidad larval en la región.

Con base en la información presentada anteriormente, podría presentarse un efecto adverso en el reclutamiento de *L. gigas* de modificarse la circulación del SAR o de alguna zona importante que impida el transporte y establecimiento de juveniles, ya que como se mencionó anteriormente la distribución de larvas y con ellos de juveniles está ligada a la circulación de las corrientes y a condiciones propicias para su establecimiento. No obstante, con base en el estudio de Dinámica Costera (Anexo II.1) en donde se modeló el comportamiento de las corrientes, es posible afirmar que la circulación que se presenta en la zona y específicamente en el SAR no será modificada por la instalación de los arrecifes artificiales ya que el efecto de éstos se limitará



Impactos ambientales de mayor valor.

Únicamente al área frente a la cual serán dispuestos. Su función será únicamente la dispersión de energía de las olas que ingresan a la playa frente al hotel, por lo que no se presentará un efecto en la dispersión de larvas de esta especie y no se impactará con ello a las poblaciones locales que sirven de suministro a otras áreas. Cabe mencionar que el área del proyecto se ubica a aproximadamente 40 km de la laguna de Puerto Morelos en el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos y a 18 km de la Isla de Cozumel.

En el caribe mexicano también se ha registrado la presencia de caracol blanco (*L. costatus*), especie de importancia comercial y que ha mostrado disminución en sus poblaciones de la misma forma que *L. gigas*. Cabe mencionar que esta especie sólo fue registrada en época de secas siendo común en el ambiente de laja con algas y sedimento y en el arenal profundo. Existe poca información sobre esta especie. En Quintana Roo, se ha visto la coexistencia de *L. costatus* con *L. gigas* en praderas de pastos marinos, y pedacera de coral, hecho que se ha descrito en otras áreas del Caribe, encontrándose también en camas de algas y arenales (Tewfik et al. 2003), donde posiblemente encuentren alimento suficiente para desarrollarse, aunque también puede existir competencia entre ellos (Tewfik y Guzmán, 2003) por lo que el solapamiento de las especies es bajo (Tewfik y Guzmán, 2003) ya que *L. costatus* tiende a agregarse en zonas distintas a las de *L. gigas*.

Al igual que *L. gigas*, la distribución de *L. costatus* está ligada con la profundidad (Alcolado, 1976; Pérez Pérez, y Aldana Aranda, 2000). Esta especie habita en un rango de profundidad de los 2 m a los 55 m (Leal, 2003, Rosenberg, 2009) con zonas preferentes de 7 m de profundidad. Los caracoles adultos de esta especie tienen una distribución batimétrica más amplia, formando grupos a 40 m de profundidad y su distribución horizontal parece estar limitada a la zona donde el agua presenta determinadas características físico-químicas marinas y donde el sustrato no sea fangoso (Alcolado, 1976). Aunque esta especie tiende a presentar una disposición espacial agregada (Tagliafico, et. al., 2012), esta especie, al igual que *L. gigas*, tiende a migrar hacia parches de arena cerca o rodeados de pastizal de *Thalassia testudinum* cuando el fotoperiodo y la temperatura son adecuadas para la reproducción. (Brownell 1977, Robertson 1959, D'Asaro 1986, Davis et al. 1993, citados en Shawl, 2001). La cópula se presenta regularmente a una profundidad entre 6 y 16 metros y a una temperatura de 27 a 29 °C (Stoner et.al. 1992, Davis, 1984; Brownell, 1977,



Impactos ambientales de mayor valor.

citados en Shawl, A. 2001). Las larvas de esta especie también dependen de las corrientes marinas para su distribución (geiawf.semarnat.gob.mx.). Considerando esta información, es altamente probable que el efecto sobre esta especie sea muy bajo tanto en adultos como en larvas como en *L. costatus*, ya que el efecto de los arrecifes artificiales se limitará al sitio en el que estarán colocados dejando espacios libres para el paso de estos organismos sin afectar otras zonas ni los patrones de circulación dentro del SAR.

Después de la descripción de los impactos ambientales evaluados como aquellos que ocasionarán efectos mayores en el ambiente se describirán aquellos que por sus características se determinaron como acumulativos, sinérgicos y residuales.

V.6. Impactos acumulativos, sinérgicos y residuales.

De acuerdo al artículo 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental en su fracción VII y VIII, un **impacto ambiental acumulativo** se refiere al efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente; un **impacto ambiental sinérgico**, es aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente y, un **impacto ambiental residual** es el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Considerando las características del proyecto y el Sistema Ambiental Regional delimitado, se valoraron los posibles impactos acumulativos, sinérgicos y residuales con base en la magnitud de estos, considerando que esta se refiere a la cantidad y calidad del factor modificado por la acción. Con base en lo anterior, se identificaron y valoraron los siguientes impactos.

V.6.1. Modificación de la dinámica costera durante la operación de los arrecifes artificiales (Impacto residual).

Debido a la instalación de las estructuras la dinámica costera se verá modificada, ya que las estructuras disminuirán la fuerza del oleaje evitando con ello la pérdida



de sedimento y en consecuencia de la playa, por lo que el efecto a nivel local será positivo en la zona. Respecto al efecto en el SAR, de acuerdo con el estudio de dinámica costera realizado en el área (Anexo II.1) no habrá impacto más allá de la zona en la que serán colocados los arrecifes artificiales. Por esto, considerando que las estructuras no causarán efectos que pueden poner en peligro la integridad del ambiente en el SAR, este impacto se determinó como de muy baja magnitud.

Es de suma relevancia hacer notar que, como se mencionó anteriormente, el presente proyecto se propone como una medida para frenar el proceso de erosión crónica que sufre la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, derivado de las actividades antropogénicas (construcción de hoteles, presencia de bolsacretos) y fenómenos naturales. Con el desarrollo de infraestructura turística en la zona en las últimas décadas, la dinámica propia de la costa fue modificada a tal grado que actualmente no puede recuperarse de manera natural y sólo a través de la intervención humana. Al tratarse de una zona donde no existen arrecifes que puedan servir de protección ante el oleaje, la ausencia de vegetación costera que pueda disminuir la erosión y el efecto sinérgico que generan los bolsacretos, el escape de sedimento se ha convertido en un problema frente al Hotel. Es por ello que, con el fin de tratar de minimizar el impacto sobre la playa, reflejado en cambios fuertes en la línea de costa por pérdida de sedimento, se instalarán las tres estructuras de protección y se retirarán los bolsacretos del área, para reducir la fuerza del oleaje y permitir el transporte de sedimento y con ello la recuperación de la playa.

V.6.2. Alteración de la movilidad de las especies que habitan la zona (Impacto residual).

Con la instalación de los nuevos elementos que serán colocados en la zona, se ocuparán áreas libres pudiendo ser barreras artificiales para algunas especies. Sin embargo, el área que será ocupada no será continua pues estas estructuras contarán con un espaciamiento de 40 m entre ellas que permitirán el paso de los individuos. Por lo antes expuesto, si bien serán elementos artificiales, el impacto que ocasionarán en la zona será de muy baja magnitud para la biota que habita el sitio y aún menor para la flora y fauna que se ubica en la celda litoral.



V.6.3. Alteración del libre acceso de tortugas marinas al área de anidación y regreso al mar (Impacto residual, acumulativo y sinérgico).

El área de pretendida ubicación del proyecto es una zona que se encuentra ya impactada por actividades turísticas. Dentro del SAR existen cinco hoteles en funcionamiento que llevan a cabo actividades marinas en la zona, por lo que se trata de una región en la cual las actividades antropogénicas son altas, y la instalación de los arrecifes artificiales podría contribuir a la perturbación existente ya en la zona para las tortugas marinas. La magnitud de este impacto se determinó considerando la cantidad de nidos que se han registrado y el área en la que anidan.

Considerando que en la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort arriban cuatro especies de tortugas marinas, estas estructuras pueden fungir como barreras para el libre acceso de las hembras a la playa y su regreso al mar pues se ha visto que en algunas playas, las estructuras de estabilización (tetrapodos o espigones perpendiculares y paralelos a la costa respectivamente) han inhibido toda la actividad de anidación de tortugas (Steinitz, et. al., 1998) o el desplazamiento a otras zonas de anidación (Bologaro Crevenna, et al., 2010). Esto sucede posiblemente a que estas obras marítimas obligan a estas especies a recorrer grandes trechos paralelos a la costa o finalmente regresar al mar y anidar en sitios menos aptos en otros tramos más alejados de playa por el bloqueo del acceso para arribar a la playa, causando que estas aniden en otros sitios menos aptos para realizarlo y posiblemente con una menor probabilidad de sobrevivencia (Márquez, 1996, Bologaro Crevenna, et al., 2010).

Es importante mencionar que, de acuerdo con las observaciones realizadas por el personal del hotel, el arribo de hembras a la zona es escaso (15 a 17 nidos por temporada) y además anidan preferencialmente en la playa ubicada entre el Hotel Sandos Caracol Eco Resort y el Hotel The Royal haciendas Resort Playa del Carmen. Se han registrado asimismo sólo algunos nidos (4 a 5/ temporada) en la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort siendo esta última área, la zona frente a la cual se colocarán las estructuras, por lo que los quelonios tendrán libre acceso a la playa de anidamiento preferencial. Aunado a lo anterior, el área que será ocupada por los arrecifes artificiales representa el 0.18 % del SAR además de ser estructuras que contarán con un espaciamiento aproximado de 40 m entre ellas permitiendo así el paso de los individuos. Por lo antes expuesto, si bien serán elementos artificiales, el impacto que ocasionarán en la zona será de muy baja



magnitud para las tortugas para acceder a la zona de anidación y su regreso al mar. Considerando la cantidad de nidos que se registran en el área (15 a 17 nidos) se trata de una playa con baja densidad de anidamientos respecto a las playas que actualmente están siendo protegidas (65 nidos/ m²), por lo que tomando en cuenta los elementos antes planteados, la magnitud del impacto es baja (0.2).

Es relevante hacer mención que el Hotel Sandos Caracol Eco Resort, con el fin de coadyuvar en la protección y conservación de las especies de tortugas marinas que arriban a la playa, lleva a cabo un Programa de Protección a la tortuga. El Hotel trabaja en conjunto con la ONG de Protección Animal y la Vida Silvestre "Balam Ka'an Wild", la cual provee el personal especializado, llamados "tortugeros" que se quedan durante toda la temporada (6 meses, entre mayo y octubre) en el hotel para proteger y monitorear los nidos, señalizándolos y reubicándolos en caso de ser necesario al corral ubicado en el Campamento Tortugero.

Además del Programa de Conservación, se realiza un Plan de Educación Ambiental denominado "Tortugueando" para llevar el mensaje de conservación y protección de estas especies a las niñas y niños, huéspedes que los visitan con sus familias, hijas e hijos de los colaboradores de Sandos y comunidad en general, incluyendo diversas actividades lúdicas y de concientización. Entre otros se llevan a cabo charlas de concientización e información a empleados y a escuelas de la zona.

Uno de los objetivos que se persigue con la instalación de los arrecifes artificiales es reducir el proceso erosivo que sufre la playa frenando el retroceso de la línea de costa y ayudando a recuperar la playa que se ha perdido. Contar con una playa más extensa podría contribuir al incremento en el número de arribos de tortugas pues como se ha visto a través de estudios, la extensión de la playa además de otras características juega un papel importante para las hembras en el proceso de anidamiento y el éxito de eclosión de las crías. Por esto, se llevarán a cabo acciones de **monitoreo de tortugas marinas** que permitirán observar la tendencia del arribo de tortugas en esta zona. Estas acciones se integrarán al programa que actualmente lleva a cabo el hotel para la protección de estos reptiles.

V.6.4. Alteración del libre paso de las crías hacia mar abierto (acumulativo y sinérgico).

En cuanto a las crías que pudieran eclosionar en el sitio, de ser el caso, se enfrentarían a los arrecifes artificiales frenando su nado a mar abierto. El área de pretendida ubicación del proyecto es una zona que se encuentra ya impactada por actividades turísticas. Dentro del SAR existen cinco hoteles en funcionamiento que llevan a cabo actividades marinas en la zona, por lo que se trata de una región en la cual las actividades antropogénicas son altas, y la instalación de los arrecifes artificiales podría contribuir a la perturbación existente ya en la zona para las tortugas marinas. La magnitud de este impacto se determinó considerando la cantidad de nidos que se han registrado y el área en la que anidan.

Además del impacto potencial sobre las hembras de tortuga marina, estas estructuras podrían generar efectos en las crías recién eclosionadas en su viaje hacia mar abierto, pues representarían barreras en su nado ocasionando que cambien de dirección en busca de paso libre, incrementando con ello, el tiempo en aguas someras lo que a su vez aumenta la probabilidad de ser depredadas y no tener éxito para alcanzar mar abierto. La magnitud de este impacto en las crías se determinó considerando la importancia de la playa en el arribo de las tortugas, la cantidad de crías que eclosionan y la ubicación de los arrecifes artificiales.

Como se señaló anteriormente, la playa frente al hotel Sandos Caracol Eco Resort no forma parte de las playas que registran una densidad de anidamientos alta pues de acuerdo con observaciones realizadas por el personal del hotel se registran de 15 a 17 nidos por temporada en un área de 9400 m² que es la zona en la que se ha detectado el mayor arribo de tortugas en el SAR, lo que implica una densidad de 0.001 nidos/m² y con ello una baja cantidad de crías liberadas. Por otro lado, la zona preferente de anidación no se encuentra en la playa de afectación directa de los arrecifes artificiales pues éstos se ubican al norte de esta zona, lo que ha sido presenciado por el personal del hotel.

El sistema de orientación de las crías debe ser capaz de dirigir las desde cualquier tipo de playa hacia mar abierto. Al tocar el mar se orientan perpendicularmente hacia las olas y su dispersión está determinada por los patrones de circulación



para reducir el riesgo de depredación y mantenimiento de energía (Hamanna, et al., 2011).

Dado que se orientan por las olas, las crías podrían encontrarse con los arrecifes artificiales en su nado sobre todo aquellas que eclosionen en la parte norte de la playa. Encontrarse con obstáculos como los arrecifes artificiales podría incrementar el tiempo de nado en aguas someras en su búsqueda de paso libre hacia mar abierto. Whelan, y Wyneken, (2007) mostraron que la tasa de mortalidad incrementa mientras permanecen más tiempo cerca de aguas someras y se especula que el escape rápido de aguas someras podría ser un mecanismo genético de defensa (Whelan y Wyneken, 2007). Estos autores registraron un incremento en la depredación de las crías (5% cada 15 min) si permanecen mucho tiempo en aguas someras (3 ± 1.1 m). Sin embargo, se observa mayor depredación en zonas someras con sustratos duros naturales que sobre arena. En arrecifes artificiales sumergidos no hay depredación (Glenn, 1996). La depredación disminuye una vez que están a profundidades mayores a 10 m. Una vez en el agua la circulación del agua y el nado de los tortuguillos controla la dispersión de los mismos. Al respecto, como se mencionó anteriormente, la zona no representa una playa de alta densidad de nidos y el efecto en las crías sería menor dado que las crías que eclosionen en la parte norte correrían más riesgo, sin embargo, los arrecifes artificiales no serán continuos ya que contarán con una separación de 50 m aprox. entre ellos lo que permitirá que las crías puedan dirigirse a mar abierto.

Por otro lado, también se ha observado que olas grandes y corrientes oceánicas frecuentemente impiden a las crías en su nado inicial, escapar a mar abierto (Whelan y Wyneken, 2007). Tomando en consideración lo anterior, la instalación de los arrecifes artificiales en esta zona tiene como objetivo disminuir la fuerza de las olas que ingresan a la playa para reducir la erosión que existe en el área y con ello el retroceso de la línea de costa que se ha observado a lo largo de los años. Esta disipación de energía de las olas podría favorecer el nado de las crías hacia mar abierto de encontrarse en estas zonas al disminuir la fuerza de las olas y no su dirección como se muestra en el estudio de dinámica costera (Anexo II.1), la cual como se mencionó anteriormente es importante para la orientación de las crías.

Tomando en consideración lo antes expuesto la magnitud de este impacto en las crías será baja. No obstante, para evitar un efecto mayor en las poblaciones de las tortugas marinas, de encontrarse nidos frente a los arrecifes artificiales, éstos



serán reubicados en sitios protegidos, acciones que serán supervisadas y realizadas por el personal que ejecuta el Programa de Conservación de Tortugas del hotel. Además de esto, las crías serán liberadas en zonas libres de obstáculos y de ser necesario se colocará una malla geotextil que salga 50 cm del agua y de 50 cm de profundidad desde la playa y hasta la estructura del sur con el fin de evitar que las crías puedan desviarse hacia el área de los arrecifes artificiales.

V.6.6. Modificación del hábitat por la instalación de infraestructura en el área (Impacto acumulativo).

Para la identificación de los impactos acumulativos, se consideró la existencia de infraestructura aledaña al sitio de ejecución del proyecto y en el Sistema Ambiental Regional.

Se estima que respecto a la modificación de hábitat se presentará un impacto ambiental acumulativo de magnitud muy baja sobre el Sistema Ambiental Regional por el desarrollo del proyecto. Dentro del SAR, dado que se trata de una zona turística, en la actualidad se llevan a cabo actividades acuáticas en este sitio. Cabe mencionar que, si bien este impacto será directo, e inevitable, el área que será ocupada por las estructuras representa el 0.18 % del SAR. Además, estas estructuras serán construidas de concreto o de roca caliza de la región y podrán fungir como zonas de reclutamiento y refugio de especies.

Además de esto, como parte del proyecto se llevará a cabo el retiro de los bolsacretos que se encuentran actualmente por lo que se tendrá espacios libres en las áreas que serán desocupadas para el establecimiento de comunidades, minimizando así el impacto acumulativo.

Cabe mencionar que se contempla implementar acciones para la **Restauración Activa** del área a través del trasplante de colonias de coral vivo para ayudar a la recuperación del sitio dadas las condiciones actuales que presenta.

V.6.7. Modificación del paisaje (impacto acumulativo y residual).

Con la instalación de las estructuras en la zona, la modificación del paisaje, será permanente. No obstante, es importante señalar que como se mencionó anteriormente, éstas estructuras serán colocadas alcanzando la altura del nivel medio de la mar, por lo que sólo serán visibles durante la marea baja. Aunado a



lo anterior el área que ocuparán sólo representa el 0.18 % del SAR además de tratarse de una zona en la que ya se realizan actividades marinas.

Es importante mencionar que la colocación de estas estructuras servirá para ayudar a minimizar la erosión que sufre actualmente la playa, por lo que, si bien se afectará el paisaje al poner elementos artificiales en el sitio, éstos ayudarán a conservar la playa, pues como se mencionó en el capítulo IV de este documento, se trata de una zona que ya ha sido impactada y que aún y cuando el proceso de erosión era un fenómeno natural, la playa podía recuperarse de manera natural, lo que actualmente no es posible por el desarrollo del turismo en la zona.

V.7. Conclusiones.

Basándose en las características del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” (Capítulo II), las características del Sistema Ambiental (Capítulo IV), la opinión de expertos y el análisis de evaluación de impacto ambiental utilizadas en este capítulo, el proyecto generará una serie de impactos ambientales de naturaleza negativa.

No obstante, considerando todo el análisis desarrollado en este capítulo, es posible manifestar que este proyecto cumplirá con lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA, ya que la identificación y evaluación de impactos presentada evidenció que los posibles efectos de las actividades del proyecto no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el Sistema Ambiental Regional con base en lo siguiente:

1. El proyecto no se desarrollará en áreas naturales o de importancia ecológica y se encuentra en una zona alejada de áreas naturales protegidas decretadas a nivel federal y estatal. La más cercana se encuentra a 14 km de distancia aproximadamente. Además de esto, no se localizan en el sitio áreas de atención prioritaria, ni en colindancia con ningún sitio histórico, zona arqueológica o zona de importancia indígena o de alta fragilidad ambiental.
2. El proyecto se llevará a cabo en una pequeña superficie que corresponde al 0.18 % lo que implica un porcentaje muy pequeño respecto al SAR.
3. La zona donde se pretende llevar a cabo el proyecto presenta características que evidencian impacto humano previo por actividades turísticas.



4. Los arrecifes artificiales serán ubicados en zonas donde no existen pastos marinos por lo que éstos no serán afectados por la instalación de los mismos, conservando así las zonas de alimentación y refugio de muchas especies. Asimismo, el área de pastos marinos registrada en los bolsacreos será conservada por lo que no habrá afectaciones sobre los pastos.
5. La presencia de *L. gigas* y *L. costatus* en la zona fue escasa en las dos temporadas de muestreo en la zona marina. El efecto en estas especies será mínimo ya que presentan amplios rangos de dispersión y no se afectarán los patrones de circulación de los cuales las larvas son dependientes ni las zonas identificadas como proveedoras de éstas. En adición, para evitar la afectación de los individuos de esta especie se implementarán medidas para su protección durante la ejecución del proyecto.
6. Respecto a las especies de tortuga marina, si bien el área donde se pretende ejecutar este proyecto forma parte de las áreas de anidación de tortugas, la playa frente a la cual se pretende la instalación de los arrecifes artificiales no está considerada como un área de importancia para las tortugas, pues la densidad de los nidos es baja. Aunado a lo anterior, las tortugas muestran una zona preferencial de anidamiento que no se ubica frente a los arrecifes artificiales. Por otro lado, estas estructuras contarán con un espaciamiento de 40 m entre ellas permitiendo el paso de los quelonios. Además, es relevante hacer mención que en el Hotel Sandos Caracol Eco Resort, se llevan a cabo acciones para el cuidado y protección de las especies de tortugas que llegan a anidar a esta zona por lo que hembras y crías seguirán siendo protegidas. Aunado a esto, los pastos marinos no serán afectados por lo que las zonas de alimentación de estas especies serán conservadas.
7. La instalación de los arrecifes artificiales ayudará a la recuperación de la playa ubicada frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, playa que se ha visto afectada por eventos naturales y antropogénicos que le han impedido recuperarse de manera natural por lo que se hace necesario el establecimiento de este tipo de proyectos para frenar el retroceso de la línea de costa. La recuperación de la playa traerá consigo efectos benéficos no sólo para los huéspedes sino también se espera para el arribo de tortugas.
8. De acuerdo con el análisis presentado, se considera que no se modificarán los procesos naturales de las especies de flora y fauna tanto de las incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como las no citadas en dicha

- norma, ya que se llevarán a cabo las acciones necesarias para evitar cualquier posible afectación a las mismas.
9. Las estructuras de protección (arrecifes artificiales) representarán un agente de afectación directa de la dinámica costera del sitio. No obstante, el cambio sólo se presentará en el área frente de la ubicación de los arrecifes artificiales como fue mostrado en el estudio realizado en la zona (Anexo II.1) sin tener efecto alguno en el resto del área del SAR.
 10. La construcción de proyectos, puede significar un agente contaminante importante. Sin embargo, los componentes ambientales no se verán afectados por el tipo y la cantidad de residuos generados ni el sedimento resuspendido pues se implementarán las acciones necesarias para evitarlo.
 11. Finalmente, el proyecto involucra obras y actividades que, si bien ocasionarán impactos ambientales, éstos fueron evaluados como compatibles y moderados, por lo que los efectos serán menores sin afectar la integridad funcional de los ecosistemas en el SAR. No obstante, se implementarán las medidas necesarias para prevenir, mitigar y compensar estos efectos ambientales en pro de la protección y conservación del ambiente.

Por lo antes expuesto, el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” se considera viable en términos ambientales en tanto se tomen las medidas necesarias en el desarrollo del mismo y se cumpla con una adecuada protección del entorno y su recuperación a corto, mediano y largo plazo.

V.8.Referencias

- Abella, E. 2010. Factores ambientales y de manejo que afectan al desarrollo embrionario de la tortuga marina *Caretta caretta*. Implicaciones en programas de incubación controlada. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. España.
- Alcolado, P. (1976). Crecimiento, variaciones morfológicas de la concha y algunos datos biológicos del cobo *Strombus gigas* L. (Mollusca, Mesogastrópoda). Serie Oceanológica. 34. 1 – 36.



- Aldana Aranda, D. y M. Pérez Pérez. 2007. Abundance and distribution of queen conch (*Strombus gigas*, Linné 1758) veligers of Alacranes Reef, Yucatán, México. *Journal of Shellfish Research* 26(1):59-63
- Aminti P. y P. Billi. 1984. An investigation of the effects of breakwaters on beach sediment characteristics. *CATENA* 11(4): 391-400.
- Arzola F., y J. Armenta. 1994. Análisis comparativo de los factores ambientales en nidos naturales y nidos trasladados y su efecto en crías de tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* en la playa El Verde, Mazatlán, Sinaloa, durante la temporada 1992-1993. Tesis de Biología, Instituto Tecnológico de Los Mochis, México, 72 p.
- Bolongaro Crevenna R., A. Z. Márquez García, V. Torres Rodríguez y A. García Vicario, 2010. Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, p. 73-96. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Semarnat-ine, unamicmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
- Bravo Castro, M. 2009. Abundancia de larvas de Caracol rosa *Strombus gigas* en Quintana Roo. México. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Conkal, Conkal, Yucatán, México.
- Briseño Dueñas, R. y F. Abreu Grobois. 1998. Las tortugas y sus playas de anidación en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. P066. México D. F.
- Burt, J., A. Bartholomew y P. Sale. 2011. Benthic development on large-scale engineered reefs: A comparison of communities among breakwaters of different age and natural reefs *Ecological Engineering*. 37(2): 191-198.
- Carranza-Edwards, A., A. Zoilo Márquez-García, C. Tapia-Gonzalez, L. Rosales-Hoz y M. Alatorre-Mendieta. 2015. Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen 67, núm. 1, 2015, p. 21-43.*
- Carrillo González F., J. Ochoa, J. Candela, A. Badan, J. Sheinbaum y J. González Navarro. Tidal currents in the Yucatán Channel. *Geofís. Int.* 46: 199-209
- Coronado C., J. Candela, R. Iglesias Prieto, J. Sheinbaum, M. López y F. Ocampo-Torres. 2007. On the circulation in the Puerto Morelos fringing reef lagoon. *Coral Reefs* 26:149-163
- Corral, J. y J. Ogawa. 1987. Cultivo masivo de *Strombus gigas* en estanques de concreto. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.* 38: 354-351



- Chávez Villegas J., M. Enríquez Díaz y D. Aldana Aranda. 2014 Abundancia y diversidad larval de gasterópodos en el Caribe Mexicano en relación con la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 62 (Suppl. 3): 223-230, September 2014
- Chávez Villegas J., M. Enríquez Díaz, J. Cid Becerra y D. Aldana Aranda. 2012. Abundancia y distribución de larvas de *Strombus gigas* (Mesogastropoda: Strombidae) durante el período reproductivo de la especie en el Caribe Mexicano Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 60 (Suppl. 1): 89-97, March 2012. De Jesús-Navarrete, A.; Domínguez-Viveros, M.; Medina-Quej A. y J. Oliva-Rivera. J 2000. Crecimiento, mortalidad y reclutamiento del caracol *Strombus gigas* en Punta Gavilán, Q. Roó, México. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 14
- Davis M., C. Bolton y A. Stoner. 1993. A comparison of larval development, growth, and shell morphology in three Caribbean *Strombus* species. *Veliger* 36: 236-244.
- De Jesús Navarrete, A. (1999). Distribución y abundancia de larvas velígeras de *Strombus gigas* en Banco Chinchorro Quintana Roo, México. Tesis doctoral, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- De Jesús-Navarrete, A.; M. Domínguez-Viveros; A. Medina-Quej y J. J. Oliva-Rivera. 2000. Crecimiento, mortalidad y reclutamiento del caracol *Strombus gigas* en Punta Gavilán, Q. Roó, México. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 14
- Doerr J. y R. Hill. 2007. A Preliminary Analysis of Habitat Use, Movement, and Migration Patterns of Queen Conch, *Strombus gigas*, in St. John, USVI, Using Acoustic Tagging Techniques Proceedings of the 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute November 5 - 9, 2007 Punta Cana, Dominican Republic
- Doerr J. y R. Hill. 2013. Home Range, Movement Rates, and Habitat Use of Queen Conch, *Strombus gigas*, in St. John, U.S. Virgin Islands Caribbean Journal of Science 2013 : Vol. 47, Number 2-3, pg(s) 251-259 <https://doi.org/10.18475/cjos.v47i3.a13>
- DOF: 19/07/2017. ACUERDO por el que se modifica el similar por el cual se establecen periodos de veda para la pesca comercial de caracol rosado o blanco (*Strombus gigas*) en aguas de jurisdicción federal correspondientes al litoral del Estado de Quintana Roo, publicado el 13 de febrero de 2009.
- DRAFT EIS. 2011. St Lucie County South Beach and Dune Restoration Project 2,' 2011. DRAFT ENVIRONMENTAL IMPACT STATEMENT.

- <http://www.dunewalkbytheocean.com/ace/2011-05%20USACE%20Draft%20Environ%20Impact%20stmt.pdf>
- Fuxjager, M., B. Eastwood y K. Lohmann. 2011. Orientation of hatchling Loggerhead Sea turtles to regional magnetic fields along a transoceanic migratory pathway. *The Journal of Experimental Biology* 214, 2504-2508 © 2011. Published by The Company of Biologists Ltd doi:10.1242/jeb.055921
- Gallopín, J. 1997. "Indicators and their Use: Information for Decision Making", en Moldan B. Billharz S, Matraers, R. (eds.), *Sustainable Indicators: A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development*, Chichester, John Riley & Sons.
- Ga-Young C. y K. Eckert. 2009. Manual de Mejores Prácticas para la Protección de Playas de Anidación de Tortugas Marinas. Red de Conservación de Tortugas Marinas en el Gran Caribe (WIDECAS). Informe Técnico No. 9. Ballwin, Missouri. 96 pp.
- Glenn, L. 1996. The orientation and survival of loggerhead sea turtle hatchlings (*Caretta caretta*) in the near shore environment. Masters thesis. Florida Atlantic University, Boca Raton.
- Green, K. 2002 - Beach nourishment: a review of the biological and physical impacts. ASMFC (Atlantic States Marine Fisheries Commission), Habitat Management Series, 7: 174 pp.
- Hamanna, M., A. Grecha, E. Wolanski y J. Lambrechts. 2011. Modelling the fate of marine turtle hatchlings. *Ecological Modelling* 222 (2011) 1515–1521
- Hendrickson, J. 1958. The green sea turtle, *Chelonia mydas* (Linn.) in Malaya and Sarawak. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 130, 455-535.
http://www.trafficj.org/publication/02_Queen_Conch.pdf
https://www.researchgate.net/publication/247084073_Orientation_by_hatchling_sea_turtles_Mechanisms_and_implications.
- Hesse, K. 1979. Movement and migration of the queen conch, *Strombus gigas*, in the Turks and Caicos Islands. *Bull. Mar. Sci.* 29: 303–311.
- Hesse, K. 1980. Gliding and climbing behaviour of the queen conch *Strombus gigas*. *Caribb. J. Sci.* 16: 105– 108.
- Hill A., L. Veale, D. Pennington, S. Whyte, A. Brand y R. Hartnoll. 1999. Changes in Irish Sea Benthos: Possible Effects of 40 years of Dredging Estuarine, Coastal and Shelf Science 48, (6): 739-750.
- Hitchcock D y S. Bell. 2004. Physical Impacts of Marine Aggregate Dredging on Seabed Resources in Coastal Deposits. *Journal of Coastal Research* 20, (1): 101-114.

- ICES. International Council for the Exploration of the Sea. 1996. Annual Report Proces-Verbal de la Reunion. 84th Statutory Meeting. <http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/ICES%20Annual%20Report/1996AnnualReport.pdf>
- Kinder, T. 1983. Shallow currents in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico as observed with satellite tracked drifters. *Bull. Mar. Sci.* 33: 239-246.
- Kubowicz-Grajewska A. 2015. Morpholithodynamical changes of the beach and the nearshore zone under the impact of submerged breakwaters -a case study (Orłowo Cliff, the Southern Baltic). *Oceanologia* (2015) 57, 144-158.
- Leal, J. 2003 Gastropods. p. 99-147. In Carpenter, K.E. (ed.). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras.* FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. 1600p.
- Lohmann, K., M. Salmon y J. Wyneken. 1990. Functional Autonomy of Land and Sea Orientation Systems in Sea Turtle Hatchlings. *Biological Bulletin* Vol. 179, No. 2: 214-218.
- Manny, B., W. Schloesser; C. Brown, L. French y R. John. 1985. Environmental Impact Research Program. Ecological Effects of Rubble-Mound Breakwater Construction and Channel Dredging at West Harbor, Ohio (Western Lake Erie) ARMY ENGINEER WATERWAYS EXPERIMENT STATION VICKSBURG MS ENVIRONMENTAL LAB <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA161755>.
- Márquez, R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. Impreso en México. 104 pp.
- Merino Ibarra, M. 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe Mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.* <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986-2/articulo216.html>
- McGehee, M., 1979. Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). Thesis. B. S., Presbyterian College, USA 252 p.
- Morreale, S.J., G. Ruiz, J. Spotila y E. Standora. 1982. Temperature dependent sex determination: Current practices threaten conservation of sea turtles. *Science*, 216:1245-1247.
- Newell, R., L. Seiderer y D. Hitchcock. 1998. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology* 36, 127-178.



- Nicoletti, L., D. Paganelli y M. Gabellini. 2006. Environmental aspects of relict sand dredging for beach nourishment: proposal for monitoring protocol. Quaderno ICAM. N.5: 55 pp.
- Noguez Núñez, M. y D. Aldana Aranda. 2014. Eco-etología básica del caracol rosa *Strombus gigas* (Mesogastropoda: Strombidae), en Xel-Há, Yucatán, Caribe mexicano Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) 62 (3): 215-222.
- OCDE (1993), OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews: A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment, París, ocde.
- Peel, J. 2012. Dinámica poblacional y utilización ontogénica del hábitat por el caracol rosa (*Strombus gigas*), en el parque Xel-Há, Quintana Roo, México Tesis de Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida Departamento de Recursos del Mar.
- Pérez Pérez M. y D. Aldana Aranda. 2000. Distribución, abundancia y morfometría de *Strombus costatus*, *Turbinella angulata*, *Busycon contrarium* y *Pleuroploca gigantea* (Mesogastropoda: Strombidae, Turbinellidae, Neptunidae y Fasciolaridae) en Yucatán, México Rev. Biol. Trop., 48(1): 145-152, 2000.
- Pérez Pérez, M. 2004. Segregación de la población de *Strombus gigas* del Arrecife Alacranes con respecto a las poblaciones del Norte de Yucatán y el Caribe Mexicano Tesis de Ph.D., Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mérida, Yucatán, México.
- Piedra-Castro. L y V. Morales-Cerdas. 2015. Preferencias en la anidación de tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) y baulas (*Dermodochelys coriacea*) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo, Limón, Costa Rica. Tecnología en Marcha. 28 (3): 86-98.
- Pike, D. 2008. Natural beaches confer fitness benefits to nesting marine turtles. Biology Letters: 4, 704–706.
- Prent, P. 2013. Spatial size distribution of queen conch (*Lobatus gigas*) veligers in relation with ocean surface currents in Lac Bay, Bonaire. M. Sc. Thesis, Wageningen University. 31 p.
- Rodríguez Duarte J. y J. Velázquez-Abunader. 2016. Efecto de diferentes medidas de manejo sobre la densidad y distribución de la población de caracol rosado (*Lobatus gigas*) en la Reserva de la biosfera Banco Chinchorro (Caribe Mexicano): periodo 1989 – 2016.



- Rodríguez-Sevilla, L., R. Vargas y J. Cortés. 2009 Benthic, shelled gastropods. p. 333-356 Wehrtmann, I.S.; Cortés, J. 2009. Marine biodiversity of Costa Rica, Central America. Springer 538pp.
- Rosenberg, G. 2009 Malacolog 4.1.1: A Database of Western Atlantic Marine Mollusca. [WWW database (version 4.1.1)] URL <http://www.malacolog.org/>.
- Ruiz-Martínez, G, R. Silva-Casarín y Gr. Posada-Vanegas. 2013. Comparación morfodinámica de la costa noroeste del estado de Quintana Roo, México. Tecnología y Ciencias del Agua Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2018 Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353531983003>> ISSN
- Salmon, M. y Weneken, J. 1994. Orientation by hatchling sea turtles: Mechanisms and implications. Herpetol. Nat. Hist. 2.
- SANDPIT, 2005. Sand Transport and Morphology of Offshore Sand Mine Pits. EU Project EVK3-2001-00056. Blokzijl, The Netherlands: Aqua Publications. 600p.
- Shawl, A., 2001. Closing the cycle: captive breeding for the gastropod strombus https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/636/MP_Shawl_Amber...?sequence=1
- Shraban K. P. Barik , K. P. Mohanty, B. Balaji y K.Sisir. 2014. Environmental cues for mass nesting of sea turtles S.K. Barik et al. / Ocean & Coastal Management 95 (2014).
- Spotila, J., E. Standora, S. Morreale y G. Ruiz de Clark. 1981. Effects of incubation temperature on the sex of hatchling Caribbean green turtles. Final Report to Rutgers University for sub-grant activity on usfws Project 14-16-002-80-222. 29 p
- Steinitz M, M. Salmon y J. Wyneken. 1998. Beach Renourishment and Loggerhead Turtle Reproduction: A Seven Year Study at Jupiter Island, Florida Journal of Coastal Research Vol. 14, (3):1000-1013.
- Stoner, A., R. Glazer y P. Barile. 1996. Larval supply to queen conch nurseries: Relationships with recruitment process and population size in Florida and the Bahamas. J. Shellfish Res., 15(2): 404-420
- Stoner, A., N. Mehta y N. Lee. 1997. Recruitment of Strombus veligers to the Florida Keys reef tract: relation hydrographic events. J. Shellf. Res. 16:1-6.
- Stoner, A. 2003. What constitutes essential nursery habitat for a marine species. A case study of habitat form and function for queen conch. Marine Ecology Progress Series. 257: 275-289.
- Suárez Morales, E. y E. Rivera Arriaga. 1998. Zooplancton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo, México. Hidrobiológica, 8 (1): 19-32.



- Tagliafico, A; S. Rangel y N. Rago. 2012. Distribución, densidad y estructura de tallas del género *Strombus* (Gastropoda: Strombidae) de la isla de Cubagua, Venezuela *Interciencia*, 37(5): 381-389 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela.
- Tewfik A, H. Guzmán, y G. Jacome. 1998. Assessment of the queen conch, *Strombus gigas* (Gasteropoda, Strombidae) population in Cayos Cochinos, Honduras. *Revista de Biología Tropical* 46: 137-150.
- Tewfik A. y H. Guzman. 2003. Shallow-water distribution and population characteristics of *Strombus gigas* and *S. costatus* (Gastropoda: Strombidae) in Bocas del Toro, Panama. *Journal of Shellfish Research*. 22. 789-794.
- Theile, S. 2001. Queen Conch fisheries and their management in the Caribbean. TRAFFIC Europe.
- Torrey, M. 1978. Morfogénesis de los vertebrados. Editorial Limusa, México. 776 pp
- Van Moorsel, G. y H. Waardenburg. 1990. Impact of gravel extraction on geomorphology and the macrobenthic community of the Klaverbank (North Sea) in 1989. Rapport Bureau Waardenburg BV, Culemborg, The Netherlands.
- Van Moorsel, G. y H. Waardenburg. 1991. Short-term recovery of geomorphology and macrobenthos of the Klaverbank (North Sea) after gravel extraction. Rapport Bureau Waardenburg BV, Culemborg, The Netherlands.
- Van Moorsel, G. 1993. Long-term recovery of geomorphology and population development of large molluscs after gravel extraction at the Klaverbank (North Sea). Rapport Bureau Waardenburg BV, Culemborg, The Netherlands.
Transport, Public Works & Water Management, The Netherlands.
- Wentworth, K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*, Vol. 30, No. 5, 1922, pp. 377-392.
- Whelan, C. y J. Weneken. 2007. Estimating Predation Levels and Site-Specific Survival of Hatchling Loggerhead Seaturtles (*Caretta caretta*) from South Florida Beaches *Copeia*. Vol. 2007, No. 3: 745-754.
- Wilber D., D. Clarke, G. Ray y M. Burlas. 2003. Response of surf zone fish to beach nourishment operations on the northern coast of New Jersey, USA. *Marine Ecology Progress Series*, 250: 231-246.

Sitios web.

- <http://www.florafauyaycultura.org/espacios/3/campamentos-tortugeros/>).
- www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/mundo-vivo/19592-quintana-roo-tortugas-marinas-en-mexico).
- geiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D2_R_PESCA05_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce.
- <https://www.sealifebase.ca/search.php>
- <https://sipse.com/novedades/supera-cifras-la-temporada-de-anidacion-de-tortugas-fundacion-ecologica-bahia-principe-hotel-luxury-bahia-principe-akumal-203422.html>).
- <https://www.researchgate.net/project/Efecto-de-diferentes-medidas-de-manejo-sobre-la-densidad-y-distribucion-de-la-poblacion-de-caracol-rosado-Lobatus-gigas-en-la-Reserva-de-la-biosfera-Banco-Chinchorro-Caribe-Mexicano-periodo-1989-201>
-

ÍNDICE

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.	2
VI.1 Introducción.	2
VI.2 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.	2
VI.2.1 Programa de Manejo Ambiental (PMA)	4
VI.2.1.1 Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina (SRRFM)	36
VI.2.1.2. Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero (SMPC)	46
VI.2.1.3. Subprograma de Acciones Independientes (SAI)	48
VI.3 Conclusiones generales.	50
VI.4 Referencias.	51

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

VI.1 Introducción.

Como se mostró en el capítulo V de este documento, la ejecución del Proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” implica inevitablemente efectos adversos al ambiente. Estos efectos no significarán daños que pongan en peligro la integridad ecológica del ambiente. Sin embargo, si implicarán cambios a nivel local por lo que con el fin de mantener las condiciones ambientales del SAR e incluso mejorarlas, se propone la aplicación de buenas prácticas ambientales. Ante esto, después de haber identificado y valorado los impactos ambientales potenciales que este proyecto puede ocasionar en el SAR y en virtud de que el objetivo de una evaluación de impacto ambiental es prevenir y corregir los efectos adversos al ambiente generados por la realización de un proyecto, se señalan en este capítulo las medidas propuestas que atenderán a los impactos ambientales tanto aquellos valorados con mayor incidencia, como aquellos que no la presentan con el fin de no omitir ningún efecto adverso en el ambiente.

A continuación, se describen de manera general las medidas a implementar para evitar los efectos sobre el ambiente.

VI.2 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, en su Artículo 3º fracción XIII define a las medidas de prevención como: “**conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente**”, y en su fracción XIV a las medidas de mitigación como “**el conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas**”.

Considerando las definiciones antes descritas, en este capítulo se señalarán las medidas de prevención, mitigación o compensación que serán implementadas



de acuerdo a los efectos generados por la ejecución del proyecto **“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”**.

En las tablas se muestran las claves de los impactos que serán atendidos por cada medida o medidas con una descripción general del impacto. Las claves fueron construidas de acuerdo al factor ambiental afectado, la etapa del proyecto y un número consecutivo para cada impacto en cada factor ambiental. A continuación, se muestra el significado de elemento que forma la clave.

Tabla 1. Elementos usados en la conformación de la clave de cada impacto ambiental.

Factor ambiental	Clave	Etapa del proyecto	Clave
Aire	A	Construcción	c
Suelo	S	Operación y mantenimiento	o
Fauna	F	Fracturamiento y retiro de bolsacretos	g
Agua marina	AM		
Fondo marino	FM		
Dinámica Costera	DC		
Biota Marina	BM		

VI.2.1 Programa de Manejo Ambiental (PMA)

En el capítulo V de esta MIA-R se manifestaron, identificaron y evaluaron los impactos ambientales previsibles que potencialmente puede inducir el proyecto en el SAR descrito en el Capítulo IV. Su posible generación obliga a definir con anticipación las medidas necesarias para prevenir, mitigar, o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en la implementación del proyecto **“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”** e integrarlas de manera precisa y coherente en un marco específico de gestión y manejo integrado. Para el cumplimiento de esos fines, se propone este PMA.

Para el desarrollo de las obras en sus diferentes etapas se aplicará el **Programa de Manejo Ambiental (PMA) del proyecto “Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”** para cumplir con cada una de las medidas previstas. Este PMA, establecerá la manera adecuada de realizar cualquier obra o actividad (considerando las medidas de prevención, mitigación y compensación que sean propuestas en esta MIA-R, y las que la autoridad ambiental proponga) para cada una de las diferentes etapas del proyecto.

Las acciones antes propuestas serán integradas en este PMA, el cual estará conformado por los siguientes subprogramas:

- Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina (**SRRFM**)
- Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero (**SMPC**)
- Subprograma de Acciones Independientes. (**SAI**)

Los objetivos que se persiguen con la implementación de este PMA son los siguientes.

Objetivos.

Los objetivos principales de este PMA son los siguientes:

1. Realizar las acciones necesarias para verificar de manera completa el cumplimiento estricto de los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT imponga al proyecto al ser autorizado, así como de la legislación y normatividad ambiental aplicable.



2. Verificar, supervisar, coordinar y en su caso implementar las medidas de prevención, mitigación, manejo y monitoreo que se describen en este Capítulo, así como las que considere la autoridad ambiental.
3. Corroborar que las medidas propuestas prevengan, minimicen o compensen los impactos ambientales que genere el proyecto.
4. Evaluar la eficacia de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales propuestas por el promovente y de ser el caso, aquellas que considere la autoridad ambiental.
5. Identificar alteraciones ambientales no previstas en la MIA-R
6. Establecer medidas correctivas, en caso de que se identifiquen afectaciones no previstas en la MIA-R o se detecte que las medidas propuestas no son suficientes para contener los impactos ambientales generados por el proyecto.

Alcances.

La finalidad del presente PMA es establecer las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar la afectación a los componentes ambientales que serán impactados por la ejecución del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”. Las medidas establecidas en este PMA serán responsabilidad del promovente y deberán ser acatadas tanto por el personal que será el encargado de llevar a cabo el proyecto como de los trabajadores y huéspedes del **Hotel Sandos Caracol Eco Resort**, al cual se encuentra asociado el proyecto.

Supervisión y vigilancia de las obras, procesos y actividades autorizadas

Para garantizar el cumplimiento de las obligaciones ambientales que establezca la SEMARNAT al proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, mediante esta estrategia durante sus etapas de ejecución, se contará con un responsable de la supervisión ambiental que se coordinará con el responsable de ejecución del proyecto, para planificar conjuntamente y establecer acuerdos previos que permitan cumplir en la práctica diaria con las obligaciones ambientales aplicables a cada etapa, identificar en términos verificables que se están cumpliendo con las medidas propuestas y que los impactos que fueron identificados estén siendo atendidos y en caso de



presentarse impactos no previstos aplicar medidas complementarias para reducirlo y mantenerlo en niveles no significativos.

A continuación, se presentan de manera general las acciones propuestas, a fin de prevenir, mitigar, restaurar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de sus etapas de implementación.

Tabla 2. Medidas que será implementadas para evitar afectaciones en el Medio Terrestre.

Línea de estrategia: Impactos en AIRE, SUELO Y FAUNA			
Etapa del proyecto: Conformación de estructuras, construcción, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
<p>Impactos A1: Alteración de la calidad del aire derivado al uso de maquinaria por la emisión de gases.</p>	<p>Como se ha señalado anteriormente, la zona en la que se pretende realizar el proyecto se ubica en la zona marina, frente al hotel al cual se encuentra asociado el proyecto en donde además de este hotel, se localizan otros en funcionamiento en donde circulan vehículos continuamente dentro y fuera de los hoteles ya que existen vías de comunicación cercanas y zonas urbanas como playa del Carmen.</p> <p>Con todo, se implementarán las siguientes medidas para prevenir afectaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La maquinaria utilizada será revisada previo a su uso para corroborar que se encuentra en condiciones óptimas y se 	<p>Construcción de arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y fracturación y retiro de bolsacretos.</p>	<p>El contratista de la maquinaria deberá ser el encargado de mantener en buenas condiciones la maquinaria, presentando comprobantes de afinación y mantenimiento de ésta al supervisor ambiental. El grado de cumplimiento será de 100%.</p> <p>Indicador de eficiencia y eficacia: Comprobantes de mantenimiento.</p>

Línea de estrategia: Impactos en AIRE, SUELO Y FAUNA			
Etapa del proyecto: Conformación de estructuras, construcción, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
	<p>verificará que esté sujeta a mantenimiento continuo. Esto será confirmado a través de la empresa que sea contratada, la cual deberá mostrar comprobantes de ello.</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso de la maquinaria se restringirá únicamente de 8 a 18 hrs. de lunes a sábado. 		
<p>Impactos A2: Alteración del confort sonoro debido a la generación de ruido por el uso de maquinaria y embarcaciones.</p>	<p>Como se ha señalado en diversas partes de este documento, en la zona existen vías de comunicación cercana y circulación de vehículos, por lo que el efecto por los vehículos usados será mínimo. No obstante, se aplicarán las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso de la maquinaria y las embarcaciones se restringirá únicamente de 8 a 18 hrs. de lunes a sábado. Se cumplirá con la NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los 	<p>Construcción de arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y fracturación y retiro de bolsacretos.</p>	<p>Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que las medidas sean cumplidas.</p> <p>El grado de cumplimiento será de 100%.</p> <p>Indicador de eficacia. Cumplimiento de la NOM-080-SEMARNAT-1994.</p>



Línea de estrategia: Impactos en AIRE, SUELO Y FAUNA			
Etapa del proyecto: Conformación de estructuras, construcción, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
	<p>límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición Esto estará cargo de la empresa contratista por lo cual se le solicitará que sus vehículos se encuentren en buenas condiciones, lo cual deberá ser comprobado.</p> <ul style="list-style-type: none"> En el caso de las embarcaciones cabe señalar que éstas serán revisadas previo a su uso para verificar que se encuentren en buenas condiciones. Respecto al ruido, actualmente en el área circulan embarcaciones y motos para realizar actividades acuáticas, por lo que el efecto por el ruido de las embarcaciones (2) que serán necesarias, será bajo. 		<p>Indicador de eficiencia: Ausencia de incremento en el nivel de dB emitidos en la zona.</p>
<p>Impacto F1. Mortandad o daño por atropellamiento durante</p>	<p>En el hotel existen zonas con vegetación natural como parte del diseño del mismo, y vialidades por las que circulan vehículos,</p>	<p>Traslado de estructuras Construcción de</p>	<p>Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado</p>

Línea de estrategia: Impactos en AIRE, SUELO Y FAUNA			
Etapa del proyecto: Conformación de estructuras, construcción, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
<p>el transporte de las estructuras y de material.</p>	<p>por lo que en estas vialidades existen topes, límites de velocidad y señalizaciones para la prevención del daño a la fauna y para su cuidado, las cuales serán respetadas durante la ejecución de este proyecto. Para ello se contará con supervisión y vigilancia para verificar su cumplimiento.</p>	<p>arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y fracturación y retiro de bolsacretos.</p>	<p>de verificar y supervisar que las medidas sean cumplidas. El grado de cumplimiento será de 100%.</p> <p>Indicador de eficacia. Ausencia de fauna atropellada o dañada.</p> <p>Indicador de eficiencia: Ausencia de fauna atropellada o dañada durante todas las etapas de ejecución del proyecto.</p>



Tabla 3. Medidas que serán implementadas para evitar afectaciones en el medio marino. Factor ambiental: AGUA Y FONDO MARINO.

Línea de estrategia: Impactos en AGUA Y FONDO MARINO			
Etapa del proyecto: Construcción de arrecifes artificiales ,operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
<p>Impacto AMc1, AMg1, FMc1.</p> <p>Alteración de las características físico-químicas del agua debido a la resuspensión de sedimento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La afectación al agua y al sedimento por la resuspensión de este último será inevitable, sin embargo, para prevenir que este sedimento se disperse más allá de la zona de afectación, se colocará una geomalla textil alrededor de las obras (retiro de bolsacretos y arrecifes artificiales) de 0.5 mm de luz, para prevenir que alguna de las olas pase la barrera y arrastre la pluma de sedimentos. Ésta, será fijada al fondo mediante alcayatas y/o muertos y contará con boyas para que sea visible y funja además como señalización para los turistas o visitantes. Además de lo anterior, se observará la turbidez del agua marina antes, durante y 	<p>Etapa de construcción y fracturación y retiro de bolsacretos</p>	<p>Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que la malla sea instalada de manera correcta, lo cual será registrado en una bitácora y se tendrá registro fotográfico.</p> <p>Indicador de eficacia: Indicador de turbidez en el agua fuera de la zona cubierta por la malla igual a las condiciones iniciales.</p>

Línea de estrategia: Impactos en AGUA Y FONDO MARINO			
Etapa del proyecto: Construcción de arrecifes artificiales ,operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	después de las acciones contempladas para verificar que las características del agua se mantengan estables respecto a la turbidez.		<p>Indicador de eficiencia: Ausencia de sedimento suspendido por las acciones fuera de la malla geotextil.</p> <p>Ausencia de acciones emergentes.</p>
<p>Impacto AMc2, FMc2. Alteración de las características físico-químicas del agua debido a la posible contaminación</p>	<p>Los residuos generados en este proyecto provendrán del personal que sea contratado para la colocación de las estructuras y de la embarcación usada para el transporte, por ello se implementarán las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A bordo de la embarcación se tendrán contenedores para basura orgánica e inorgánica donde se depositarán los residuos generados 	Etapa de construcción de las estructuras, retiro de bolsacretos y en la etapa de operación durante el monitoreo de los arrecifes artificiales.	<p>Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que las medidas sean cumplidas, lo cual será registrado en una bitácora.</p> <p>El grado de cumplimiento será de 100%.</p>

Línea de estrategia: Impactos en AGUA Y FONDO MARINO			
Etapa del proyecto: Construcción de arrecifes artificiales ,operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>por los trabajadores, para posteriormente ser depositados en los sitios específicos para ello dentro de las instalaciones del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se verificará que los trabajadores no arrojen ningún tipo de sustancia o residuo directamente al suelo o al mar. • Se prohibirá el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables. • Se prohibirá la quema de desechos sólidos y vegetación. • Los trabajadores podrán utilizar las instalaciones del Hotel Sandos 		<p>Indicador de eficacia: Ausencia de zonas contaminadas y residuos en el agua y fondo marino.</p> <p>Indicador de eficiencia: Residuos colocados en los contenedores específicos. Ausencia de residuos en el agua. Mantenimiento de las embarcaciones, por parte de la empresa.</p>

Línea de estrategia: Impactos en AGUA Y FONDO MARINO			
Etapa del proyecto: Construcción de arrecifes artificiales ,operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>Caracol Eco Resort para el depósito de los residuos generados, así como los sanitarios, y los servicios del comedor para empleados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se implementarán actividades de limpieza del fondo marino, aledaño al sitio de donde se retirarán los bolsacretos, ya que durante los recorridos en la zona se observaron residuos en el fondo. • Actualmente existe un programa de limpieza constante de playa en el hotel, dado que recalcan diversos residuos como maderas, plástico, entre otros, el cual seguirá llevándose a cabo como parte del compromiso ambiental el hotel tiene. 		

Línea de estrategia: Impactos en AGUA Y FONDO MARINO			
Etapa del proyecto: Construcción de arrecifes artificiales ,operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<ul style="list-style-type: none"> • Se verificará que la embarcación, la chalana y la grúa estén en perfectas condiciones, a fin de evitar cualquier derrame de combustible aceite o grasa en la zona marina. La empresa que sea contratada deberá demostrar que la maquinaria y embarcaciones están sujetas a mantenimiento constante. • Los residuos que se lleguen a generar por el empleo de equipos para la colocación de las estructuras, serán responsabilidad de la empresa que prestará el servicio de colocación de las estructuras. • Las piezas que formarán los arrecifes artificiales se trasladarán al sitio sin ningún tipo de residuo para evitar la 		

Línea de estrategia: Impactos en AGUA Y FONDO MARINO			
Etapa del proyecto: Construcción de arrecifes artificiales ,operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>contaminación del agua por cualquier residuo y se verificará que las piezas que conforman las estructuras se encuentren limpias y libres de cualquier residuo antes de ingresar a la zona marina.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El personal que se contrate, operadores y buzos contará con experiencia en este tipo de labores para evitar accidentes y alguna afectación al personal y al medio. • En caso de algún derrame se detendrán las operaciones y se colocarán barreras absorbentes flotantes de hidrocarburos para contener y retirar el combustible. . 		



Tabla 4. Medidas que serán implementadas para evitar afectaciones en el medio marino. Factor ambiental: BIOTA MARINA.

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
<p>Impacto BMc1. Pérdida de hábitat</p> <p>Impactos BMc2, BMg1. Mortandad o daño de las especies silvestres debido a la instalación de las estructuras y retiro de bolsacretos disminuyendo su cobertura por daño directo.</p>	<p>Con el fin de evitar un daño mayor a los individuos de las especies presentes, previo al fracturamiento de los bolsacretos y de la instalación de los arrecifes artificiales se llevará a cabo el rescate de organismos a través de la implementación de un Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina.</p>	<p>Preparación del sitio, construcción y retiro de bolsacretos</p>	<p>Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que la medida sea llevada a cabo.</p> <p>El grado de cumplimiento será de 100%.</p> <p>Indicador de eficacia y eficacia:</p>



Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
			Número de individuos rescatados y reubicados.
	El Hotel Sandos Caracol Eco Resort durante los años que ha estado en funcionamiento, ha presentado un alto compromiso ambiental al contar con programas ambientales para el cuidado del entorno. Por esta razón, como parte de dicho compromiso ambiental y tomando en consideración las condiciones del SAR, se implementarán acciones de restauración activa a través del trasplante de colonias de coral vivas en sitios estratégicos para ayudar a restituir el daño ambiental en la zona.	Etapa de operación y mantenimiento.	Se contará con especialistas en el tema para asegurar que dichas acciones se realicen de manera correcta y exitosa. Además, se tendrá un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que la medida sea llevada a cabo. El grado de cumplimiento será de 100%.

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
			Indicador de eficacia y eficacia: <ul style="list-style-type: none"> Sobrevivencia de organismos trasplantados
Impactos BMc3, BMg2. Mortandad o daño de las especies silvestres y de las enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por resuspensión de sedimento.	La afectación a la biota por la resuspensión del sedimento será inevitable, sin embargo, para prevenir que este sedimento se disperse más allá de la zona de afectación, se colocará una geomalla textil de 0.5 mm de luz, que se prolongará hasta la superficie a 50 cm sobre el nivel del mar para prevenir que alguna de las olas pase la barrera y arrastre la pluma de sedimentos. Ésta, será fijada al fondo mediante alcayatas y muertos. Esta malla contará con boyas para que sea visible y funja además como señalización para los turistas o visitantes. Además de lo anterior, se observará la turbidez del agua marina antes, durante y	Etapa de construcción y retiro de bolsacretos	Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que la malla sea instalada de manera correcta, y se tendrá registro fotográfico. Indicador de eficacia: Ausencia de sedimento en el agua fuera de la zona cubierta por la malla.

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	después de las acciones contempladas para verificar que las características del agua se mantengan estables respecto a la turbidez. La malla será retirada una vez que el sedimento se haya depositado en el fondo nuevamente.		Turbidez similar a las condiciones iniciales Indicador de eficiencia: Ausencia de sedimentos suspendidos fuera de la malla geotextil.
Impactos BMC4. Mortandad o daño de las especies silvestres debido a la posible contaminación del agua por el mal manejo de residuos (sólidos y combustible).	Los residuos generados en este proyecto provendrán del personal que sea contratado para la colocación de las estructuras y de las embarcaciones usadas para el transporte, por ello para evitar cualquier alteración a la flora y fauna del sitio por contaminación se implementarán las siguientes medidas: • A bordo de la embarcación se tendrán contenedores para basura orgánica e	Etapa de instalación de los arrecifes artificiales, retiro de bolsacretos y en la etapa de operación durante el monitoreo de los arrecifes artificiales.	Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que las medidas sean cumplidas. El grado de cumplimiento será de 100%.

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>inorgánica donde se depositarán los residuos generados por los trabajadores, para posteriormente ser depositados en los sitios específicos para ello dentro de las instalaciones del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se verificará que los trabajadores no arrojen ningún tipo de sustancia o residuo directamente al suelo o al mar. • Se prohibirá el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables. • Se prohibirá la quema de desechos sólidos y vegetación. • Los trabajadores podrán utilizar las instalaciones del Hotel Sandos Caracol 		<p>Indicador de eficiencia: Ausencia de residuos en el fondo marino del área donde se ubiquen las estructuras.</p> <p>Indicador de eficacia: Residuos colocados en los contenedores específicos. Ausencia de residuos en el agua.</p>

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>Eco Resort para el depósito de los residuos generados, así como los sanitarios, y los servicios del comedor para empleados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se implementarán actividades de limpieza del fondo marino, aledaño al sitio de donde se retirarán los bolsacretos, ya que durante los recorridos en la zona se observaron residuos en el fondo. • Actualmente existe un programa de limpieza constante de playa en el hotel, dado que recalcan diversos residuos como maderas, plástico, entre otros, el cual seguirá llevándose a cabo como parte del compromiso ambiental que el hotel tiene. • Se verificará que la embarcación, la chalana y la grúa estén en perfectas 		

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>condiciones, a fin de evitar cualquier derrame de combustible aceite o grasa en la zona marina. La empresa que sea contratada deberá demostrar que la maquinaria y embarcaciones están sujetas a mantenimiento constante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los residuos que se lleguen a generar por el empleo de equipos para la colocación de las estructuras, serán responsabilidad de la empresa que prestará el servicio de fabricación y colocación de las estructuras. • Las piezas que formarán los arrecifes artificiales se trasladarán al sitio sin ningún tipo de residuo, para evitar la contaminación del agua por cualquier residuo y se verificará que se encuentren 		



Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>limpias y libres de cualquier residuo antes de ingresar a la zona marina.</p> <ul style="list-style-type: none"> El personal que se contrate, operadores y buzos contará con experiencia en este tipo de labores para evitar accidentes y alguna afectación al personal y al medio. 		
<p>Impactos BMc6, BMo8. Afectación al libre acceso de la Tortuga marina hacia la playa para anidar y su regreso hacia mar abierto debido a la acciones contempladas para instalar las estructuras y por la operación de la estructuras.</p>	<p>Se contará con una separación entre cada una de las estructuras permitiendo el paso de los organismos.</p> <p>En adición lo anterior, se ha observado que las tortugas muestran preferencia por la playa que se ubica frente a los predios localizados entre el Hotel Sandos Eco Resort y el Hotel Royal Haciendas Resort Playa del Carmen, que es una zona libre de edificaciones y actividad turística y sólo algunas hembras anidan en la playa frente</p>	Operación y mantenimiento	Considerando que el programa de conservación de la tortuga marina se ha realizado ya por mucho tiempo, éste seguirá siendo supervisado por el personal del Hotel como hasta ahora. Este personal hará las actividades pertinentes para la conservación

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>al hotel, por lo que la mayor parte de los anidamientos se encuentran en el área que no será obstaculizada directamente por los arrecifes artificiales por lo que el efecto en las hembras para acceder a la playa será menor.</p> <p>No obstante, para verificar que el impacto en las tortugas no será significativo, se realizarán las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Las actividades de retiro de bolsacretos y construcción de los arrecifes artificiales se realizarán evitando la época de arribazón de tortugas (mayo a octubre) o en caso de ser necesario, el trabajo sólo será realizado hasta antes del ocaso, para permitir el arribo de las tortugas quitando de la zona cualquier objeto en la zona de playa que pudiera ser un 		<p>de las tortugas que arriben a la playa. Esto será cumplido al 100%.</p> <p>Indicador de eficiencia: Número de crías eclosionadas/ nidos por temporada</p> <p>Indicador de eficacia: Arribo de las especies de tortugas a la zona.</p>
<p>Impacto BMo9. Afectación al libre paso de las crías de tortuga marina debido a la presencia de las estructuras impidiendo su llegada a mar abierto e</p>		Operación y mantenimiento	Considerando que el programa de conservación de la tortuga marina se ha realizado ya por mucho tiempo, éste seguirá siendo supervisado por

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
incrementando su de probabilidad de mortandad.	<p>obstáculo para el libre paso de las tortugas.</p> <p>En adición a lo antes expuesto es relevante hacer mención que el Hotel Sandos Caracol, con el fin de coadyuvar en la protección y conservación de las especies de tortugas marinas que arriban a la playa llevan a cabo un Programa de Protección a la tortuga. El Hotel trabaja en conjunto con la ONG de Protección Animal y la Vida Silvestre "Balam Ka'an Wild", la cual provee el personal especializado, llamados "tortugeros" que se quedan durante toda la temporada (6 meses, entre mayo y octubre) en el hotel para proteger y monitorear los nidos, señalizándolos y reubicándolos en caso de ser necesario al corral ubicado en el Campamento Tortuguero.</p>		<p>el personal del Hotel como hasta ahora.</p> <p>Indicador de eficacia: Ausencia de crías varadas en las estructuras.</p>

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<p>Además del Programa de Conservación, realizan un Plan de Educación Ambiental denominado "Tortugueando" para llevar el mensaje de conservación y protección de estas especies a las niñas y niños huéspedes que los visitan con sus familias, hijas e hijos de los colaboradores del hotel y comunidad en general, incluyendo diversas actividades lúdicas y de concientización. Entre otros se llevan a cabo charlas de concientización e información a empleados y a escuelas de la zona.</p> <p>El programa seguirá siendo supervisado por el personal del Hotel como hasta ahora integrando las acciones antes referidas de no encontrarse en el programa.</p>		



Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Impacto BMo10 Afectación a la movilidad de la especie <i>Lobatus gigas</i> y <i>L. costatus</i> que habita la zona debido a la presencia de las estructuras impidiendo el libre paso en el área.	Para este impacto no existe medida de mitigación ya que las estructuras que serán instaladas, si bien representan una barrera, el efecto sólo será parcial ya que contarán con una separación de 40 m entre cada una de ellas permitiendo el paso de los organismos. Así mismo, el área que será ocupada representa el 0.18 % del área total de SAR lo que implica un área pequeña de afectación.		
Impactos BMC5, BMo7. Mortandad o daño de las especies silvestres debido a la presencia de personal y visitantes.	Con el fin de evitar cualquier afectación a la flora y fauna del sitio se llevarán a cabo las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"> • Se prohibirá la captura, extracción o comercialización de especies de flora y fauna silvestre tanto al personal como a los visitantes. • Se prohibirá alimentar a la fauna silvestre. 	Construcción de arrecifes, Operación y mantenimiento	Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar y supervisar que las medidas sean llevada a cabo.

Línea de estrategia: Impactos en BIOTA MARINA.			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, operación y mantenimiento y retiro de bolsacretos.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	<ul style="list-style-type: none"> Se colocará letreros señalando que está prohibido pararse sobre las estructuras, tocar o coleccionar cualquier individuo, alimentar a los peces. Aunado a lo anterior se colocarán señales luminosas (luminarias solares) en los arrecifes artificiales de acuerdo con las especificaciones de la SCT con el fin de que sean ubicadas por los turistas y las embarcaciones que circulen por el área. 		<p>Indicador de eficacia y eficiencia y eficacia:</p> <p>Ausencia de incidentes con el personal o los visitantes</p>



Tabla 5. Medidas que serán implementadas para evitar afectaciones en el medio marino. Factor ambiental: DINÁMICA COSTERA.

Línea de estrategia: Impactos en la DINÁMICA COSTERA			
Etapa del proyecto: Operación de los arrecifes artificiales .			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
<p>Impacto DCo1, DCg1. Modificación del transporte litoral</p> <p>Impacto DCo2, DCg2. Alteración del perfil de playa</p>	<p>Se verificará que estas estructuras estén cumpliendo con la función por la que fueron instalados, para lo cual se implementará un Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero.</p> <p>Es de suma relevancia señalar que la instalación de los arrecifes artificiales será benéfica para la conservación de la playa pues ayudará a evitar la pérdida de sedimento y con ello incrementará el ancho de la playa en el sitio, ayudando con ello a la recuperación del área que ha sido perdida por erosión.</p>	<p>Operación y mantenimiento</p>	<p>Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar que el Subprograma de Monitoreo de perfil Costero y supervisión de las estructuras sea llevado a cabo</p> <p>Esta medida será cumplida al 100%</p> <p>Indicador de eficacia y eficiencia.</p> <p>Recuperación de la playa.</p> <p>Ausencia de afectaciones en predios dentro del SAR.</p>



Tabla 6. Medidas que serán implementadas para evitar afectaciones en el medio marino. Factor ambiental: PAISAJE

Línea de estrategia: Impactos en PAISAJE			
Etapa del proyecto: Construcción de los arrecifes artificiales, retiro de bolsacretos y operación y mantenimiento de los arrecifes artificiales.			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Po1. Alteración de la incidencia visual en el paisaje de la zona debido a la presencia de estructuras artificiales.	No existe una medida para el presente impacto (residual) pues será permanente y local Es por esto que aún y cuando la instalación de las estructuras ocasionará un impacto visual permanente, éste será únicamente en periodos de bajamar que es cuando podrán ser visibles en su totalidad, pues en pleamar sólo serán visibles los señalamientos que serán colocados a los extremos. Cabe señalar que esta zona como se ha mostrado a lo largo de los capítulos ya ha sido impactada por la construcción de hoteles en donde se realizan actividades acuáticas.		



Tabla 7. Medidas que serán implementadas para atender los impactos acumulativos, sinérgicos o residuales.

Impactos acumulativos, sinérgicos y residuales			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Modificación de la dinámica costera durante la operación de las estructuras de apoyo. (Impacto Residual)	<p>El efecto por la instalación de los arrecifes artificiales será permanente y sólo se restringirá al área de instalación.</p> <p>Con el fin de observar su buen funcionamiento se implementará un Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero.</p>	Durante toda la etapa de operación de las estructuras.	<p>Se contará con un supervisor ambiental quien será el encargado de verificar que el Subprograma de Monitoreo de perfil Costero sea llevado a cabo y se generen reportes.</p> <p>Esta medida será cumplida al 100%</p> <p>Indicador de eficacia y eficiencia.</p> <p>Recuperación de la playa.</p> <p>Ausencia de afectaciones en predios dentro del SAR.</p>



Impactos acumulativos, sinérgicos y residuales			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
Alteración de la movilidad de las especies que habitan la zona (Impacto Residual)	<p>Con la instalación de los nuevos elementos que serán colocados en la zona, se ocuparán áreas libres pudiendo ser barreras artificiales para algunas especies. Sin embargo, el área que será ocupada representan sólo el 0.18 % del SAR, además de que estas estructuras no serán continuas tendrán un espacio de 40 m entre ellas que permitirán el paso de los individuos, por lo que para este impacto no se contempla la implementación de alguna medida.</p> <p>Respecto a <i>L. gigas</i> y <i>L. costatus</i>, el efecto será menor ya que son organismos que pueden desplazarse grandes distancias pudiendo pasar por estos espacios. Aunado a que no se afectarán a los pastizales que se encuentran en el sitio y que son zonas de posible ubicación de individuos de estas especies. Por otro lado, como se señaló en el capítulo V de este documento, dado que estos gasterópodos presentan una fase larvaria y que de ella depende en gran medida su dispersión y establecimiento de juveniles, con la ejecución de este proyecto no se afectarán los patrones de circulación de los que dependen para su dispersión ni las áreas de alta densidad larvaria.</p>		
Alteración del libre acceso de tortugas marinas al área de anidación y regreso al mar.	Para verificar que el impacto en las tortugas marinas no será significativo, se realizarán las siguientes medidas:	Durante toda la etapa de operación de las estructuras.	Considerando que el programa de conservación se ha realizado ya por mucho tiempo, éste seguirá siendo supervisado por el personal del



Impactos acumulativos, sinérgicos y residuales			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
(Impacto residual, acumulativo y sinérgico)	<ul style="list-style-type: none"> Las actividades de retiro de bolsacretos y construcción de los arrecifes artificiales se realizarán evitando la época de arribazón de tortugas (mayo a octubre) o en caso de ser necesario, el trabajo sólo será realizado hasta antes del ocaso, para permitir el arribo de las tortugas quitando de la zona cualquier objeto (residuo, material o herramienta) que pudiera ser un obstáculo para el libre paso de las tortugas. <p>Esta medida será integrada al Programa de Conservación de Tortuga Marina que</p>		Hotel como hasta ahora. Este personal hará las revisiones pertinentes con el fin de observar si existen cambios en la época de anidación y de ser necesario establecer medidas. Esto será registrado en una bitácora ambiental. Esto será cumplido al 100%.
Alteración del libre de las crías de tortuga marina para nadar a mar abierto (Impacto residual, acumulativo y sinérgico)		Durante toda la etapa de operación de las estructuras.	<p>Indicador de eficiencia y eficacia:</p> <p>Ausencia de crías en la zona de los arrecifes artificiales.</p>



Impactos acumulativos, sinérgicos y residuales			
Impacto al que va dirigida la acción.	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia
	instrumenta el Hotel de no haber sido considerada.		
Modificación del hábitat por la instalación de estructuras artificiales en la zona en el área (Impacto acumulativo).	Cabe mencionar que, si bien este impacto será directo, e inevitable, el área que será ocupada por las estructuras representa el 0.18 % del SAR. Además, cabe mencionar que estas estructuras serán construidas de concreto o piedra caliza de la región y podrán fungir como zonas de reclutamiento de especies, por lo que no existe una medida a implementar.		
Modificación del paisaje (Impacto acumulativo)	La modificación del paisaje será un impacto permanente, sin embargo, el área de afectación por la instalación de los arrecifes artificiales corresponde al 0.18 % del área total del SAR. Adicionalmente, la zona de afectación se ubica en un área previamente impactada por actividades turísticas y construcciones en el área, por lo que el impacto no incrementará de manera significativa la incidencia visual del paisaje. Es importante mencionar que la colocación de estas estructuras servirá para ayudar a minimizar la erosión que sufre actualmente la playa, por lo que, si bien se afectará el paisaje al poner elementos artificiales en el sitio, éstos ayudarán a conservar la playa y disminuir el efecto que actualmente se presenta en el paisaje por el retroceso de la línea de costa.		



A continuación, se describirán los objetivos que se persiguen con cada uno de los subprogramas propuestos.

VI.2.1.1 Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina (SRRFM)

El área de estudio para el presente trabajo comprende la parte marina del Sistema Ambiental Regional para el proyecto “**Conservación y rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes artificiales**”, con una celda litoral de 134.14 ha. Este polígono abarca una distancia lineal de 2 km de frente de playa, y en la parte marina profunda está delimitado por una distancia aproximada de la línea de costa de aproximadamente 700 m, a una profundidad promedio de 20 metros.

En el área de estudio que comprende el SAR para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” se reconocieron siete tipos de ambientes, de acuerdo a sus características como tipo de sustrato, profundidad, topografía del lugar, así como de la biota marina dominante como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Superficie por tipo de ambiente en el SAR para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, expresado en número de hectáreas (ha) y en porcentaje (%).

AMBIENTE	Abreviación	Ha	%
Laja rugosa con algas	L-rug/a	13.57	10.12
Laja con sedimento y algas	L-sed/a	4.65	3.47
Laja lisa con algas	L-lis/a	48.96	36.50
Laja con gorgonáceos	L-gor	12.40	9.25
Pastizal	Past	1.42	1.06
Arenal somero	Ar-som	21.02	15.67
Arenal profundo	Ar-pro	32.12	23.94
TOTAL		134.14	100.00

El proyecto contempla dos elementos: la instalación de estructuras de protección (arrecifes artificiales) y el retiro de los bolsacretos que fueron colocadas en años anteriores. En la zona en la que se pretenden realizar estas obras se registró la presencia de flora y fauna que se enlista a continuación.



Arrecifes artificiales (estructuras de protección)

El área programada para instalar las estructuras de protección costera localiza sobre la planicie de laja somera, y abarca 4 tipos de ambientes: La mayor parte de la ruta trazada para estas estructuras corresponde a un ambiente de Laja con sedimento y algas, y en algunos segmentos atraviesa por el ambiente de laja lisa con algas, un poco de laja con gorgonáceos y algunos parches de arenal somero.

La biota asociada a estas estructuras se muestra en la siguiente tabla

Tabla 9. Biota encontrada en el área de pretendida ubicación de las estructuras de protección.

BIOTA REGISTRADA EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES		
CORALES ESCLERACTINIOS		
Familia	Género	Especie
<i>Agariciidae</i>	<i>Agaricia</i>	<i>agaricites</i>
<i>Faviidae</i>	<i>Pseudodiploria</i>	<i>clivosa</i>
		<i>strigosa</i>
<i>Meandrinidae</i>	<i>Dichocoenia</i>	<i>stokesii</i>
<i>Pocilloporidae</i>	<i>Madracis</i>	<i>decactis</i>
<i>Poritidae</i>	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>
		<i>porites</i>
<i>Siderastreidae</i>	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>
		<i>sideraea</i>
HIDROCORALES		
<i>Milleporidae</i>	<i>Millepora</i>	<i>complanata</i>
GORGONÁCEOS		
Familia	Género	Especie
<i>Gorgoniidae</i>	<i>Gorgonia</i>	<i>flabellum</i>
	<i>Pterogorgia</i>	<i>anceps</i>
		<i>citrina</i>
		<i>guadalupensis</i>
<i>Plexauridae</i>	<i>Plexaurella</i>	<i>nutans</i>



BIOTA REGISTRADA EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES		
	<i>Pseudoplexaura</i>	<i>porosa</i>
PECES		
Familia	Género	Especie
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>coeruleus</i>
		<i>chirurgus</i>
Balistidae	<i>Balistes</i>	<i>vetula</i>
Bothidae	<i>Bothus</i>	<i>lunatus</i>
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>striatus</i>
		<i>ocellatus</i>
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>
		<i>plumieri</i>
		<i>sciurus</i>
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>
		<i>garnoti</i>
		<i>maculupina</i>
		<i>poeyi</i>
		<i>radiatus</i>
	<i>Thalassoma</i>	<i>bifasciatum</i>
Labrisomidae	<i>Malacoctenus</i>	<i>triangulatus</i>
		<i>versicolor</i>
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>analis</i>
		<i>synagris</i>
Monacanthidae	<i>Cantherhines</i>	<i>macrocerus</i>
		<i>pullus</i>
Muraenidae	<i>Gymnothorax</i>	<i>moringa</i>
Ostraciidae	<i>Lactophrys</i>	<i>trigonus</i>
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>saxantilis</i>
	<i>Stegastes</i>	<i>diencaeus</i>
		<i>partitus</i>
		<i>planifrons</i>
		<i>variabilis</i>
Scaridae	<i>Sparisoma</i>	<i>radians</i>
		<i>rubripinne</i>



BIOTA REGISTRADA EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES		
		<i>viride</i>
Scianidae	<i>Pareques</i>	<i>acuminatus</i>
Scorpaenidae	<i>Scorpaena</i>	<i>plumieri</i>
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>
	<i>Sphoeroides</i>	<i>spengleri</i>
Urobatidae	<i>Urobatis</i>	<i>jamaicensis</i>
VEGETACIÓN MARINA		
División	Género	Especie
Chlorophyta	<i>Acetabularia</i>	<i>crenulata</i>
	<i>Avrainvillea</i>	<i>asarifolia</i>
		<i>fulva</i>
	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>
		<i>paspaloides</i>
		<i>verticillata</i>
	<i>Derbesia</i>	<i>marina</i>
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>
		<i>opuntia</i>
		<i>tuna</i>
	<i>Neomeris</i>	<i>anulata</i>
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>
		<i>dumetosus</i>
		<i>pyriformis</i>
<i>Rhipocephalus</i>	<i>phoenix</i>	
<i>Udotea</i>	<i>nigricans</i>	
	<i>occidentalis</i>	
	<i>wilsoni</i>	
<i>Valonia</i>	<i>macrophysa</i>	
Phaeophyta	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>cavernosa</i>
	<i>Dictyota</i>	<i>cervicornis</i>
		<i>crenulata</i>
		<i>pulchella</i>
<i>Sargassum</i>	<i>fluitans</i>	
Rhodophyta	<i>Amphiroa</i>	<i>fragilissima</i>



BIOTA REGISTRADA EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES		
		<i>spicifera</i>
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>
	<i>Dasya</i>	<i>harveyi</i>
	<i>Heterosiphonia</i>	<i>gibbesi</i>
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>
	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>
		<i>poiteaui</i>
	<i>Neogoniolithon</i>	<i>strictum</i>
Cyanobacteria	<i>Lyngbya</i>	<i>sp.</i>
OTROS INVERTEBRADOS		
Familia	Género	Especie
Anélido		
Sabellidae	<i>Bispira</i>	<i>brunnea</i>
Anémona		
Stichodactylidae	<i>Stichodactyla</i>	<i>helianthus</i>
Crustáceo		
Palinuridae	<i>Panulirus</i>	<i>argus</i>
Equinodermo		
Cidaridae	<i>Eucidaris</i>	<i>tribuloides</i>
Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>
Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>
Toxopneustidae	<i>Tripneustes</i>	<i>ventricosus</i>
Esponja		
Clionidae	<i>Anthosigmella</i>	<i>varians</i>
	<i>Cliona</i>	<i>caribbaea</i>
Desmacididae	<i>Desmapsamma</i>	<i>anchorata</i>
Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>felix</i>
		<i>strobilina</i>
Thorectidae	<i>Hyrtios</i>	<i>violaceus</i>
Molusco		
Octopodidae	<i>Octopus</i>	<i>sp</i>
Ovulidae	<i>Cyphoma</i>	<i>gibbosum</i>
Ranellidae	<i>Charonia</i>	<i>variegata</i>



BIOTA REGISTRADA EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES		
Strombidae	<i>Lobatus</i>	<i>gigas</i>
Zoántido		
Sphenopidae	<i>Palythoa</i>	<i>caribaeorum</i>

Bolsacretos

Las estructuras de protección costera fabricadas con bolsacreto que se localizan instaladas frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort han generado un hábitat artificial en donde reside biota marina, tanto sésil como móvil. Están colocadas sobre un ambiente de laja con algas a una profundidad entre 1 y 1.5 metros, y llegan hasta el nivel de la superficie del mar.

La biota asociada a estas estructuras se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Biota asociada a los bolsacretos frente al hotel Sandos Caracol Eco Resort.

BIOTA MARINA ENCONTRADA EN LOS BOLSACRETOS		
CORALES ESCLERACTINIOS		
Familia	Género	Especie
Poritidae	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>
		<i>porites</i>
Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>
HIDROCORALES		
Milleporidae	<i>Millepora</i>	<i>complanata</i>
		<i>alcicornis</i>
PECES		
Familia	Género	Especie
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>chirurgus</i>
		<i>coeruleus</i>
Carangidae	<i>Caranx</i>	<i>ruber</i>
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>capistratus</i>
		<i>ocellatus</i>
Gerreidae	<i>Gerres</i>	<i>cinereus</i>
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>



BIOTA MARINA ENCONTRADA EN LOS BOLSACRETOS		
		<i>melanurum</i>
		<i>striatum</i>
Kyphosidae	<i>Kyphosus</i>	<i>sectatrix</i>
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>
		<i>poeyi</i>
		<i>radiatus</i>
	<i>Thalassoma</i>	<i>bifasciatum</i>
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>apodus</i>
		<i>synagris</i>
Muraenidae	<i>Gymnothorax</i>	<i>funebis</i>
Pempheridae	<i>Pempheris</i>	<i>schomburgkii</i>
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus</i>	<i>arcuatus</i>
		<i>paru</i>
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>saxantilis</i>
	<i>Stegastes</i>	<i>diencaeus</i>
		<i>variabilis</i>
Scaridae	<i>Scarus</i>	<i>taeniopterus</i>
	<i>Sparisoma</i>	<i>viride</i>
		<i>rubripinne</i>
Scianidae	<i>Pareques</i>	<i>acuminatus</i>
Scorpaenidae	<i>Pterois</i>	<i>volitans</i>
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>
Urobatidae	<i>Urobatis</i>	<i>jamaicensis</i>
VEGETACIÓN MARINA		
División	Género	Especie
Chlorophyta	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>
		<i>vericillata</i>
	<i>Derbesia</i>	<i>marina</i>
	<i>Halimeda</i>	<i>incrassata</i>
		<i>tuna</i>
	<i>Penicillus</i>	<i>capitatus</i>
		<i>dumetosus</i>
		<i>pyriformis</i>
	<i>Rhipocephalus</i>	<i>phoenix</i>



BIOTA MARINA ENCONTRADA EN LOS BOLSACRETOS		
	<i>Udotea</i>	<i>fibrosa</i>
Phaeophyta	<i>Dictyota</i>	<i>bartayresiana</i>
		<i>cervicornis</i>
		<i>crenulata</i>
		<i>pulchella</i>
	<i>Padina</i>	<i>sp.</i>
Rhodophyta	<i>Acanthophora</i>	<i>spicifera</i>
	<i>Bostrychia</i>	<i>tenella</i>
	<i>Gracilaria</i>	<i>caudata</i>
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>
	<i>Laurencia</i>	<i>papillosa</i>
Magnoliophyta	<i>Thalassia</i>	<i>testudinum</i>
INVERTEBRADOS		
Familia	Género	Especie
Anélido		
Sabellidae	Bispira	brunnea
Anémona		
Stichodactylidae	Stichodactyla	helianthus
Crustáceo		
Chtamalidae	Chtamalus	proteus
Equinodermos		
Diadematidae	Diadema	antillarum
Echinometridae	Echinometra	viridis
Esponjas		
Clionidae	Cliona	caribbea
Dysideidae	Dysidea	etheria
Irciniidae	Ircinia	felix
Tedaniidae	Tedania	ignis
Thorectidae	Hyrtios	violaceus
Moluscos		
Aplysiidae	Aplysia	sp
Chitonidae	Acanthopleura	granulata
	Chiton	viridis
Zoántido		



BIOTA MARINA ENCONTRADA EN LOS BOLSACRETOS		
Sphenopidae	Palythoa	caribaeorum

Debido al retiro de los bolsacretos y la construcción de los arrecifes artificiales, la biota que habita en el área a ser intervenida será impactada de manera directa por lo que para minimizar el impacto en la fauna marina se propone la implementación de este **Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina**.

Los objetivos que se persiguen con la implementación de este subprograma son los siguientes.

Objetivos

General

Establecer los criterios, metodologías y procedimientos para la protección, rescate, manejo y reubicación de los individuos de las especies de la fauna marina presentes en el área de afectación directa del proyecto; con especial énfasis en las especies que posean mayor importancia ecológica para la zona. Así como establecer las mejores prácticas de manejo para el mejoramiento del área a través de la técnica de restauración activa.

Particulares

Los objetivos particulares que contempla la implementación de este Subprograma son los siguientes:

- a) Definir los criterios de elegibilidad de especies de fauna marina a proteger.
- b) Definir y seleccionar las estrategias y métodos para realizar las acciones de protección, rescate, manejo y reubicación de los individuos de las especies de fauna marina acordes a cada especie.
- c) Identificar los sitios para su reubicación.
- d) Definir y seleccionar las estrategias y técnicas para realizar las acciones contempladas en la restauración activa.



- e) Seleccionar las especies de corales para llevar a cabo la restauración activa y definir los criterios de elegibilidad de los sitios que serán sujetos a restauración.
- f) Establecer las medidas de seguimiento para valorar el éxito de las estrategias empleadas en la restauración activa.
- g) Establecer los mejores indicadores de éxito para las medidas implementadas.
- h) Observar el proceso de establecimiento de las especies de manera natural particularmente en los arrecifes artificiales, el área entre la playa y los arrecifes artificiales y en los sitios que estarán libres por el retiro de los bolsacretos.
- i) Proponer de ser necesario, medidas de mitigación y/o compensación, respecto a la conservación y protección de la tortuga marina adicionales a las propuestas en este documento que se integrarán al Programa de conservación de Tortugas que se lleva a cabo en el hotel actualmente.
- j) Proponer las medidas de mitigación y/o compensación, adicionales derivadas de los posibles impactos no previstos o de ser el caso de los originados por la aplicación de las acciones del presente programa.

Alcances

El presente Subprograma tiene como propósito final, proteger y conservar a los individuos de las especies de fauna marina que sean más susceptibles y que se localicen en el área de afectación directa del proyecto, con el fin de conservar sus poblaciones y con ello los procesos ecológicos marinos.

Las técnicas de rescate, manejo y reubicación de los organismos marinos, así como los indicadores de seguimiento ayudarán a garantizar que la sobrevivencia de los individuos sea alta y se puedan reintegrar a su nuevo hábitat natural.

Recuperación de las comunidades de corales formadores de arrecifes que puedan ayudar en la mejora de las condiciones actuales del sitio.

El monitoreo de la colonización de las especies permitirá observar la forma en la que el proceso natural de establecimiento de las especies ocurrirá con la implementación del proyecto.



La contratación de personal especializado y las técnicas que serán usadas, así como los indicadores de seguimiento ayudarán a garantizar que la sobrevivencia de los individuos sea alta y con ello la recuperación del área.

VI.2.1.2. Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero (SMPC)

En el caso particular de las playas de la Riviera Maya se ha provocado que la costa cambie, de manera gradual, sus estados de equilibrio natural; es por ello que los procesos y fenómenos físicos de las playas responden de manera diferente a lo deseado, lo cual implica una serie de modificaciones que pueden llegar a considerarse como adversas tanto en términos ambientales como sociales y económicos (Ruiz-Martínez, G. *et.al.*, 2013).

En este sentido, con la implementación del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, permitirá la conservación de la playa disminuyendo los procesos erosivos que se presentan en el área. Ante esto, se hace indispensable conocer el estado de la playa antes, y después de la ejecución de las obras a través de la implementación de un **Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero** (PMPC) de la zona propuesta, a través del cual podrá conocerse el estado cero del área o línea base y su comportamiento a través del tiempo con la instalación de los arrecifes artificiales.

El perfil de la playa o sección transversal se refiere a una medición exacta de la pendiente y el ancho de la playa que, cuando se repite a lo largo del tiempo, muestra cómo ésta sufre erosión o acreción. Es así que los perfiles, proporcionan una comprensión clara de la dinámica de las playas y es una herramienta para su manejo y proporciona elementos para observar el cambio en el nivel del mar y de las modificaciones a la línea de costa, que pudieran estar asociados al cambio climático o a otros factores. Las mediciones periódicas de los perfiles de playa muestran no solo como una playa responde a eventos antropogénicos sino también ante eventos naturales como tormentas o huracanes con el fin de saber si se recupera, como lo hace y el alcance de esa recuperación.

El monitoreo del frente de playa tiene como principal objetivo detectar cambios no deseados o esperados en la playa por efecto de alguna actuación o intervención en las inmediaciones de la frontera tierra-mar. Sin embargo, este monitoreo tiene la capacidad de aportar información adicional referente a los



cambios en la altura y ancho de la playa, la evolución de la línea de costa, el volumen de material disponible en la playa y su dinámica general.

Por lo antes expuesto, el PMPC del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, se presenta como una herramienta para identificar cualquier cambio a lo largo del perfil de playa derivado de la instalación de las estructuras de protección y considera la medición de las elevaciones de los perfiles de playa asociadas a su referencia geográfica. El perfil de playa se entenderá como el corte transversal de la playa que va desde la primera edificación que colinde con la playa, hasta el primer metro de profundidad en el mar.

Objetivos

General

Detectar los posibles cambios en la playa frente al Hotel Sandos Eco Resort y en zonas aledañas dentro del SAR, por la instalación de las estructuras de protección (arrecifes artificiales) con el fin de observar si estas estructuras están cumpliendo con la función para la que fueron instaladas.

Particulares.

- Elaborar perfiles de playa en el área frente al Hotel Sandos Eco Resort y en la zona aledaña dentro del SAR.
- Comparar los perfiles obtenidos en las diferentes temporadas de muestreo.
- Evaluar el comportamiento estacional de la playa (Erosión-Acreción).
- Identificar los posibles cambios producidos en el perfil de playa posterior al paso de huracanes.
- Generar información útil para el manejo de la playa y verificar la eficiencia del proyecto (instalación de arrecifes artificiales y eliminación de bolsacretos).



Alcances

El monitoreo de la zona de playa, permitirá identificar el comportamiento de la misma, y evaluar la eficacia de los arrecifes artificiales, como medida de mitigación para frenar el proceso erosivo que sufre, y de ser el caso, identificar a tiempo cualquier alteración en la playa que no haya sido contemplada en los modelos anteriormente realizados con la finalidad de establecer acciones correctivas.

VI.2.1.3. Subprograma de Acciones Independientes (SAI)

El Subprograma de Acciones Independientes (SAI) se propone como la herramienta en la cual estarán contenidas todas aquellas acciones necesarias de prevención, mitigación, manejo y control apropiado de los impactos no contempladas en los subprogramas anteriores y que están referidas a las reglas de operación del personal, de manejo de residuos y acciones adicionales en áreas terrestres.

De esta manera este SAI se integra al conjunto de subprogramas cuyo objetivo principal es identificar e implementar acciones necesarias para prevenir, mitigar, manejar y realizar un control adecuado de los impactos que pudieran no estar contemplados en los subprogramas, o de los impactos no previstos que pudieran generarse en el futuro en cada una de las etapas dentro del área del proyecto.

Algunas acciones o medidas que se implementarán en el presente proyecto y no están contempladas dentro de los anteriores programas son las siguientes:

- Se colocará una malla geotextil alrededor de las obras (retiro de bolsacretos y arrecifes artificiales,) de 0.5 mm de luz, que se prolongará hasta la superficie a 50 cm sobre el nivel del mar para prevenir que alguna de las olas pase la barrera y arrastre la pluma de sedimentos. Ésta, será fijada al fondo mediante alcayatas y muertos. Esta malla contará con boyas para que sea visible y funja además como señalización para los turistas o visitantes. Además de lo anterior, se observará la turbidez del agua marina antes, durante y después de las acciones contempladas para verificar que las características del agua se mantengan estables respecto a la turbidez.



- Se supervisará periódicamente que las piezas que componen a los arrecifes artificiales se mantengan en su sitio especialmente después del paso de un huracán y de ser necesario serán reubicadas.
- A bordo de la embarcación se tendrán contenedores para basura orgánica e inorgánica donde se depositarán los residuos generados por los trabajadores, para posteriormente ser depositados en los sitios específicos para ello dentro de las instalaciones del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.
- Se verificará que los trabajadores no arrojen ningún tipo de sustancia o residuo directamente al suelo o al mar.
- Se prohibirá el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables.
- Se prohibirá la quema de desechos sólidos y vegetación.
- Los trabajadores podrán utilizar las instalaciones del Hotel Sandos Caracol Eco Resort para el depósito de los residuos generados, así como los sanitarios, y los servicios del comedor para empleados.
- Actualmente existe un programa de limpieza constante de playa en el hotel, dado que recalcan diversos residuos como maderas, plástico, entre otros, el cual seguirá llevándose a cabo como parte del compromiso ambiental el hotel tiene.
- Se verificará que la embarcación, la chalana y la grúa estén en perfectas condiciones, a fin de evitar cualquier derrame de combustible aceite o grasa en la zona marina. La empresa que sea contratada deberá demostrar que la maquinaria y embarcaciones están sujetas a mantenimiento constante.
- Los residuos que se lleguen a generar por el empleo de equipos para la colocación de las estructuras, serán responsabilidad de la empresa que prestará el servicio de fabricación y colocación de las estructuras lo cual deberá ser controlado por el supervisor ambiental del proyecto.



- Las piezas que formarán los arrecifes artificiales se trasladarán al sitio sin residuos, para evitar la contaminación del agua.
- El personal que se contrate, operadores y buzos contará con experiencia en este tipo de labores para evitar accidentes y alguna afectación al personal y al medio.
- Se prohibirá la captura, extracción o comercialización de especies de flora y fauna silvestre tanto al personal como a los visitantes.
- Se verificará que antes de ingresar a la zona la herramienta y el equipo estén limpio.
- Se prohibirá alimentar a la fauna silvestre.
- Se colocarán letreros señalando que está prohibido pararse sobre las estructuras, tocar o coleccionar cualquier individuo, alimentar a los peces.
- Aunado a lo anterior se colocarán señales luminosas (luminarias solares) en estas estructuras de acuerdo con las especificaciones de la SCT con el fin de que sean ubicadas por los turistas y las embarcaciones que circulen por el área.
- Se llevarán a cabo acciones de limpieza de la zona litoral en el frente de playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, donde actualmente se encuentran los bolsacretos, debido a que se observaron varios residuos de los sacos que los envolvían.

VI.3 Conclusiones generales.

Basándose en las características del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” (Capítulo II), las características del Sistema Ambiental Regional (Capítulo IV), la opinión de expertos y el análisis de evaluación de impacto ambiental, el proyecto generará impactos ambientales de naturaleza negativa entre compatibles y moderados.



Si bien los resultados encontrados muestran la existencia de impactos moderados, éstos no causarán desequilibrios ecológicos que puedan poner en peligro la integridad ecológica del ambiente, pues se llevarán a cabo acciones para prevenir, mitigar o compensar los posibles impactos, tanto éstos como los compatibles con el fin de no incidir aún más en el deterioro del SAR y por el contrario ayudar en su mejora.

Es así que se considera que con las estrategias antes descritas se minimizan, o previenen la mayoría de los impactos negativos identificados, solo algunos quedarán y esto es inherente al proyecto, tal como la afectación al paisaje.

Es importante considerar que los arrecifes artificiales, también generarán impactos positivos, como la recuperación de ancho de la playa que contribuirá al mejoramiento del hábitat de las tortugas marinas al contar con mejores espacios para su anidación. Los AA también generarán nuevos hábitats para la fauna y flora marina, siendo sustrato para el establecimiento de fauna como gorgonáceos o corales escleractinios, además de generar espacios para la protección de alevines y pequeños anélidos, crinoideos, entre otros.

VI.4 Referencias.

- Burt J, A. Bartholomew, A. Bauman, A. Saif y P. Sale. 2009a. Coral recruitment and early benthic community development on several materials used in the construction of artificial reefs and breakwaters. *J Exp Mar Biol Ecol* 373:72–78
- Burt J, A. Bartholomew, P. Usseglio, A. Bauman y P. Sale. 2009b. Are artificial reefs surrogates of natural habitats for corals and fish in Dubai, United Arab Emirates? *Coral Reefs* 28:663–675
- Burt, J., Bartholomew, A., y Feary, D. 2012. Man-made structures as artificial reefs in the Gulf. 10.1007/978-94-007-3008-3_10.
https://www.researchgate.net/publication/236348696_Man-made_structures_as_artificial_reefs_in_the_Gulf
- Cheshire, A., E. Adler, J. Barbière, Y. Cohen, S. Evans; S. Jarayabhand, L. Jeffic, Jung R., S. Kinsey, E. Kusui, I. Lavine; P. Manyara, L. Oosterbaan; M. Pereira, S. Sheavly, A. Tkalin, S. Varadarajan, B. Weneker y G. Westphalen. 2009. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xi,



- 120 p., UNEP, Nairobi, Kenya. ISBN: 978-9280730272.
http://www.unep.org/regionalseas/marinelitter/publications/docs/Marine_Litter_Survey_and_Monitoring_Guidelines.pdf
- Edwards A.J., Gomez E.D. 2007. Reef Restoration Concepts & Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management program: St. Lucia, Australia. 38pp.
- Ertfemeijer P, R. DeGraaff y G. Boot. 2004. Site selection for artificial reefs in Bahrain (Arabian Gulf) based on GIS technology and hydrodynamic modelling. *J Mar Sci Environ C2*:29–38.
- Goodwin, C., y D. Michaelis. 1984. Appearance and Water Quality of Turbidity Plumes Produced by Dredging in Tampa Bay, Florida. US Geological Survey Water-Supply Paper; 2192.
- Gray, J.M. 1997 - Environment, policy and municipal waste management in UK. *Transactions of the Institute of British Geographers* (ISSN: 1475-5661), 22(1):69–90, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA. <http://www.jstor.org/stable/623052>.
- Gross, M. 1978. Effects of waste disposal operations in estuaries and the coastal ocean. *Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.* 6: 127-143
- Guido-Aldana, P., A. Ramírez-Camperos, L. Godínez-Orta, S. Cruz-León y A. Juárez-León. 2009. Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México. *Avances en Recursos Hidráulicos*. 20, pp.41-56.
- Healthy Reefs. 2015. Report Card. Mesoamerican Reef. An evaluation of Ecosystem health. (<http://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2015/05/MAR-EN-small.pdf>).
- Hill A., L. Veale, D. Pennington, S. Whyte, A. Brand y R. Hartnoll. 1996. Changes in Irish Sea Benthos: Possible Effects of 40 years of Dredging Estuarine, Coastal and Shelf Science Volume 48, Issue 6, June 1999, Pages 739-750
- ICES. International Council for the Exploration of the Sea. 1996. Annual Report Proces-Verbal de la Reunion. 84th Statutory Meeting. <http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/ICES%20Annual%20Report/1996AnnualReport.pdf>
- Hitchcock D y S. Bell. 2004. Physical Impacts of Marine Aggregate Dredging on Seabed Resources in Coastal Deposits. *Journal of Coastal Research* 20, (1): 101-114.
- Jaap, C. 2000. Coral reef restoration. *Ecological Engineering* 15: 345–364.



- John D y D. George. 1999. Marine algal and invertebrate assemblages on hard substrata in Abu Dhabi, UAE. Natural History Museum, London.
- Lincoln-Smith M, C. Hair, J. Bell. 1994. Man-made rock breakwaters as fish habitats: comparisons between breakwaters and natural reefs within an embayment in Southeastern Australia. *Bull Mar Sci* 55:1344
- NOAA, 2016. Marine Debris Program Report. Habitat Marine Debris Impacts on Coastal and Benthic Habitats. https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/Marine_Debris_Impacts_on_Coastal_%26_Benthic_Habitats.pdf
- NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. DIARIO OFICIAL 10 de junio de 2015.
- Oliveira, A y A. Turra. 2015. Solid waste management in coastal cities: Where are the gaps? Case study of the North Coast of São Paulo, Brazil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*. 15. 10.5894/rgci544.
- Padilla-Souza, A. 2016. Programa interdisciplinario de restauración activa para compensar daños antropogénicos en arrecifes coralinos del caribe mexicano. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JA009. Ciudad de México.
- Pedrozo, D. Respuesta hidrodinámica del sistema laguna Nichupté, Cancún, México. Tesis de maestría. México, D.F. DEPI-UNAM, 2008.
- Pizarro, V., V. Carrillo y A. García-Rueda. 2014. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos. *Biota*. 15. 132-149.
- Pondella D, J. Stephens y M. Craig. 2002. Fish production of a temperate artificial reef based on the density of embiotocids. *J Mar Sci* 59:S88-S93
- Price A. 1993. The Gulf - human impacts and management initiatives. *Mar Pollut Bull* 27:17-27
- Ruiz-Martínez, G., R. Silva-Casarín y G. Posada-Vanegas. 2013. Comparación morfodinámica de la costa noroeste del estado de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, IV (Julio-Agosto).
- Seco Pon, J. y Becherucci, M. 2012 - Spatial and Temporal Variations of Urban Litter in Mar Del Plata, the Major Coastal City of Argentina. *Waste Management*, 32(2):343-348. DOI: 10.1016/j.wasman.2011.10.012
- Sheppard C, M. Al-Husiani, F. Al-Jamali, F. Al-Yamani, R. Baldwin, J. Bishop, F. Benzoni, E. Dutrieux, N. Dulvy, S. Durvasula, D. Jones, R. Loughland, D.



- Medio, M. Nithyanandan, G. Pilling, I. Polikarpov, A. Price, S. Purkis, B. Riegl, M. Saburova, K. Namin, O. Taylor, S. Wilson y K. Zainal. 2010 The Gulf: a young sea in decline. *Mar Pollut Bull* 60:13–38
- Stachowitsch M, R. Kikinger, J. Herler, P. Zolda y E. Geutebruck. 2002. Offshore oil platforms and fouling communities in the southern Arabian Gulf (Abu Dhabi). *Mar Pollut Bull* 44:853–860
- Stephens J y D. Pondella. 2002. Larval productivity of a mature artificial reef: the ichthyoplankton of King Harbor, California, 1974–1997. *J Mar Sci* 59:S51–S58
- Stephens J, P. Morris, D. Pondella, T. Koonce y G. Jordan. 1994. Overview of the dynamics of an urban artificial reef fish assemblage at King Harbor, California, USA, 1974–1991: a recruitment driven system. *Bull Mar Sci* 55:1224–1239.
- UNHABITAT. 2010. *Solid Waste Management in The World's Cities*. 257 p., London, UK. ISBN: 978-18-497-1169-2. <http://www.waste.nl/en/product/solid-wastemanagement-in-the-worlds-cities>.

Sitios web.

http://marc.org/Environment/Water-Resources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx



ÍNDICE

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	2
VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto.....	4
VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto.....	12
VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.	15
VII.4 Pronóstico ambiental.....	19
VII.5 Evaluación de alternativas.....	19
VII.6 Conclusiones	20

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Contar con una posible visión a futuro de la situación ambiental en una región determinada, es esencial para identificar anticipadamente las posibles amenazas y oportunidades, así como para la formulación de planes estratégicos. Realizar un pronóstico se refiere así, a establecer las posibles direcciones, alcance, velocidad e intensidad de un cambio ambiental para observar la vía evolutiva de efectos anticipados. Se basa en el análisis de proyección y en consideraciones de juicio alternativo o al desarrollo de eventos futuros generalmente probables. En este sentido, en este capítulo se consideran a los efectos adversos al ambiente, en su generalidad, como aquellos que se reducirán con las medidas de mitigación, y en su caso, evitarán mayores daños a los ecosistemas afectados; de tal forma que para visualizar de manera general los elementos ambientales que serán afectados, tanto en calidad como en cantidad, es necesaria la comparación del estado actual del medio ambiente antes de iniciar las obras y actividades del proyecto y analizar, cuantificar y mostrar estos efectos en tres situaciones: sin la ejecución del proyecto; con la implementación del proyecto y con el desarrollo del proyecto y la implementación de medidas.

De acuerdo con Gómez-Orea (2007) elaborar un pronóstico consiste en "... proyectar, a partir del conocimiento adquirido en el diagnóstico, la situación actual a una situación futura, teniendo en cuenta las tendencias de evolución de diferentes variables, así como innovaciones "saltos" que opcionalmente se podrían producir".

De tal manera que el uso de la información adquirida en este proceso de evaluación de impacto ambiental para la elaboración de la **Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) modalidad Regional** para el proyecto "**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**", nos permite hacer un pronóstico mediante la construcción de escenarios, entendiéndose como escenario a "la descripción de una situación futura y el encadenamiento coherente de sucesos que, partiendo de una situación actual permite avanzar hacia la situación futura o llegar a ella. Se trata de un panorama a mediano o largo plazo basado en suposiciones más o menos inciertas sobre la evolución de los aspectos relevantes del sistema que pueden incluir diversas imágenes a diferentes horizontes temporales (Gómez-Orea, 2007b).

Con base en lo anterior, el desarrollo de los escenarios para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” se manifestará considerando tres situaciones:

Escenario 1. Este escenario estará referido a realizar una proyección de las condiciones futuras dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) sin la influencia de las obras y actividades contempladas en el proyecto. Esto es, manteniendo las condiciones actuales (línea base), considerando únicamente las tendencias naturales de los procesos ecosistémicos, así como las posibles afectaciones ocasionadas por los eventos naturales.

Escenario 2. El escenario 2, se referirá a la tendencia que se presentará dentro del SAR una vez que las obras y actividades contempladas en el proyecto sean ejecutadas y se encuentren en funcionamiento, sin considerar la implementación de acciones tendientes a la prevención, mitigación o compensación de los impactos ambientales generados por el proyecto en la zona.

Escenario 3. Este último escenario considerará las posibles afectaciones que se tendrían sobre los recursos naturales por el desarrollo del proyecto, bajo los supuestos de tomar en cuenta los posibles impactos ambientales que se pueden generar con la implementación del mismo y que sea considerada la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en la presente MIA-R para los impactos identificados en el capítulo V. Así como poder discernir, si las medidas preventivas, de mitigación y/o de compensación consideradas en la implementación del proyecto, son eficaces en la disminución, compensación y/o prevención de los impactos ambientales generados.

Para la elaboración de los escenarios, se consideró la información contenida en el capítulo II, IV de este documento en las condiciones de deterioro o conservación de los recursos naturales a la fecha actual en el área del proyecto (Línea base), así como los posibles impactos ambientales generados por el mismo (capítulo V) y las medidas preventivas, de compensación y de mitigación propuestas en el capítulo VI de esta MIA-R.

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto.

Con el fin de poder establecer el escenario uno referente a la tendencia futura sin la existencia del proyecto en mención, es necesario referirse a la línea base del SAR delimitado. Para la delimitación del **Sistema Ambiental Regional (SAR)** se consideraron aquellas zonas en las que el proyecto pudiera tener interacción con el medio ambiente y en el mismo sentido en todas aquellas interacciones en donde los procesos ecosistémicos intervienen de manera directa e indirecta con el proyecto. De esta forma el SAR se delimitó con base en la hidrodinámica y rasgos morfológicos estableciéndose de esta forma como una celda litoral, definida ésta como la región comprendida por rasgos geomorfológicos como puntas o salientes y en términos sedimentarios siendo autónoma de celdas contiguas; es decir que posee fuentes y sumideros de sedimento (Silva Villatoro et al., 2014).

Esta celda litoral cuenta con una distancia lineal de 2 km de frente de playa, y en la parte marina profunda está delimitado por una distancia aproximada de la línea de costa de 700 m, a una profundidad promedio de 20 metros, ocupando así una superficie de 134.14 ha.

En particular el área del proyecto se encuentra ubicada en la zona costera del municipio de Solidaridad, localidad Playa del Carmen en el estado de Quintana Roo, zona que forma parte de la Riviera Maya siendo ésta uno de los destinos turísticos más importantes de México. Es relevante mencionar que, si bien el SAR del proyecto es marino, en continente existen factores antrópicos que han incidido en los procesos costeros. En el SAR se ubican además del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, tres hoteles más actualmente en funcionamiento (El Marlyn Azul, The Royal Haciendas Resort y Pure Mareazul) por lo que se trata de una zona en donde se realizan actividades acuáticas comúnmente y se presenta la circulación de embarcaciones, siendo así una región ya impactada por actividades turísticas.

En esta zona, la playa a lo largo del hotel, y en general a lo largo de la costa de la Riviera Maya está experimentando un proceso acelerado de erosión, por lo que, con el fin de frenar este proceso, se colocaron estructuras tipo bolsacretos frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 1. Bolsacretos instalados con anterioridad frente a la playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

Las características de la región junto con la introducción de estas estructuras le han conferido a la zona una hidrodinámica propia. La evolución de la playa depende de factores y procesos naturales de origen local y distante como la disponibilidad de sedimento, ocurrencia de tormentas o temporales. Dicha evolución persiste en el tiempo. De acuerdo con el estudio de dinámica costera (Anexo II.1) realizado en el SAR, en la playa frente al hotel se reconoce un proceso de erosión ya que han existido cambios en el ancho de la playa, lo que a su vez ha modificado la línea de costa. Los factores detonantes de la erosión son una combinación de factores naturales y de origen antrópico (Alexandrakis y Poulos, 2014), actuando a diferentes escalas. En este caso los bolsacretos (factor antrópico) no protegen a la playa en condiciones de tormenta y además bloquean el transporte de sedimento por lo que han cerrado la celda litoral.

La playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort se encuentra bajo un proceso de erosión que se ha potenciado debido a las estructuras que se encuentran dentro de la celda litoral y que no permiten la recuperación de la playa, sino al contrario potencializan los procesos del oleaje como la difracción y la reflexión del mismo que han dado pie a que la línea de costa retroceda en algunos sectores.

Con la información generada, se ha identificado que el transporte de sedimento tiene una componente direccional hacia el sur y aunque también existe transporte hacia el norte debido a los efectos de las suradas, tales eventos no llegan a modificar la línea de costa.



La playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, como ya se comentó, se encuentra bajo un proceso de erosión crónico, debido al poco aporte sedimentario que existe en la celda litoral. Cuando se presentan condiciones de oleaje con altura de ola entre 1 y 1.5 m y periodos no mayores a 10 s (Condiciones normales y Nortes), las olas inciden francamente sobre la playa generando un transporte de sedimento transversal en dirección mar (pérdida de sedimento) y cuando la velocidad de las corrientes es suficiente para transportar sedimento de forma longitudinal la dirección es hacia el sur, aun cuando se presentan los eventos de suradas, tal efecto se reconoce por el proceso de refracción del oleaje ocasionado por la batimetría de la costa.

Como se ha mencionado, el área comprendida por el Sistema Ambiental Regional presenta zonas en las cuales la incidencia del oleaje es mayor ocasionando con ello el retroceso de la línea de costa. Frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort dado que existen los bolsacretos en la zona, la dinámica del sitio ha cambiado ocasionando dos efectos adversos que aumentan el proceso de erosión.

1. Al existir un transporte de sedimento hacia mar, las estructuras bloquean el sedimento que se transporta hacia la playa de forma transversal. Por la forma geométrica de las estructuras, en términos morfodinámicos las estructuras actúan como una barra; pero por la disminución de su altura ya no disipan lo suficiente la energía del oleaje y por las características disipativas del perfil de la playa las estructuras están generando una zona inestable permitiendo que se queden atrapadas las olas.
2. Las estructuras generan una zona de difracción, por lo tanto, las corrientes y la amplitud de la ola se incrementan lo cual también genera una erosión.

Esta costa ha mostrado una pérdida de playa como se muestra en la siguiente figura obtenida de la simulación de la erosión en la zona en cuatro condiciones de oleaje: normales, suradas, huracanes con sobreelevación de marea tormenta y huracanes sin sobreelevación de marea tormenta (Anexo II.1).

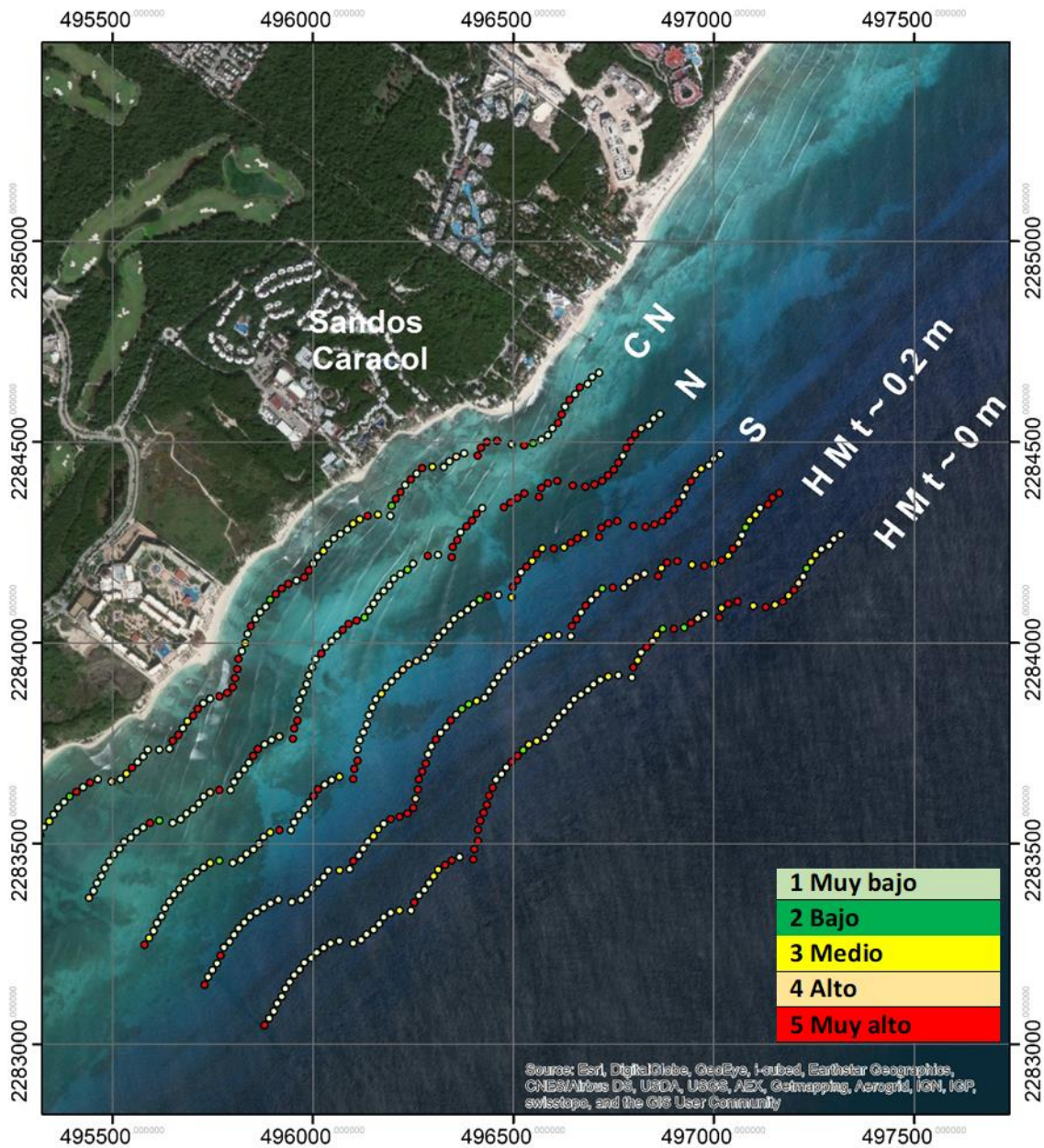


Figura 2. Índice de erosión de la playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort, para diferentes condiciones de oleaje. CN condiciones normales, N condición de Nortes, S condición de Suradas, H M t – 0.2 condición de huracanes con sobre elevación de marea de tormenta de 0.20 m y H M t – 0 condición de huracanes sin sobre elevación por marea de tormenta.

Asimismo, con base en las simulaciones realizadas en la región (Anexo II.1) se observa que las cuatro condiciones de oleaje tienen efecto en la playa, sin embargo, únicamente las condiciones más energéticas (Surada y Huracán) son capaces de alterar significativamente los bancos de arena marinos.

La comparación entre transectos y, nuevamente, los mapas de sedimentación y erosión demuestran una tendencia erosiva en la parte alta de la playa y de sedimentación en la parte baja de ésta. Respecto al transporte de los bancos de arena marinos, se aprecia una tendencia erosiva del lado de mar adentro y sedimentaria hacia tierra, pero también es muy perceptible la presencia de zonas de sedimentación hacia mar adentro, principalmente en la Surada destacan dos áreas considerables de sedimentación, indicando pérdida de sedimento hacia aguas profundas. En relación con la zona de las estructuras, se identifican zonas de erosión, en lo que probablemente son las bocas entre estructuras, sin distinguir zonas de sedimentación.

Respecto a la flora y fauna en el área de estudio que comprende el SAR para el proyecto se reconocieron siete tipos de ambientes, de acuerdo a sus características de tipo de sustrato, profundidad, topografía del lugar, así como de la biota marina dominante como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Superficie por tipo de ambiente en el SAR para el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”, expresado en número de hectáreas (ha) y en porcentaje (%).

AMBIENTE	Ha	%
Laja rugosa con algas	13.57	10.12
Laja con sedimento y algas	4.65	3.47
Laja lisa con algas	48.96	36.50
Laja con gorgonáceos	12.40	9.25
Pastizal	1.42	1.06
Arenal somero	21.02	15.67
Arenal profundo	32.12	23.94
TOTAL	134.14	100.00



Figura 3. Ambientes encontrados en el SAR del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”. a) Laja rugosa con algas, b) laja con sedimento y algas, c) laja lisa con algas, d) laja con gorgonáceos, e) pastizal, f) arenal somero, g) y h) arenal profundo.

La biota registrada en el sitio está compuesta por algas, corales escleractinios, gorgonáceos, peces y otros invertebrados entre los que destacan equinodermos, esponjas y gasterópodos en particular *Lobatus gigas* y *L. costatus* como fue descrito en el capítulo IV de este documento. El SAR además es una región en la que se presenta el arribo de tortugas marinas de las especies: *Caretta caretta* (Caguama), *Eretmochelys imbricata* (Carey), *Chelonia mydas* (Verde), y *Dermochelys coriacea*



(Laúd) aunque de manera escasa como se ha señalado anteriormente (15 a 17 nidos por temporada). En el SAR se registró la presencia de las especies de gorgonáceos *Plexaura homomalla* y *Plexaurella dichotoma* bajo protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Una vez descritas las características generales del área del proyecto y su contexto en el Sistema Ambiental Regional, es de considerarse que las condiciones ambientales en la zona presenten algunos factores de cambio, entre los más importantes se encuentran: las acciones antropogénicas directas (bolsacretos, oleaje) e indirectas (desarrollos turísticos), y los fenómenos meteorológicos (huracanes y suradas).

En lo que respecta a los factores antropogénicos, cabe mencionar que la región terrestre frente a la cual se ubica el SAR, pertenece a la Zona Urbana (ZU), con uso de suelo TR= Turístico Residencial, de acuerdo al POEL y al PDU de Playa del Carmen, Municipio Solidaridad 2010-2050, en donde el establecimiento de estructura hotelera es evidente y está en crecimiento. Esto, supone que en un futuro el SAR marino podría enfrentar una presión mayor por el incremento de los desarrollos turísticos con la consecuente producción de residuos que podrían contaminar la zona, el incremento de visitantes y de actividades acuáticas que podrían contribuir a la contaminación de la zona y con ello a la afectación del agua, fondo marino y biota que habita en el área.

Otro efecto común por la construcción de hoteles será la pérdida de vegetación costera, lo que contribuirá a acrecentar la pérdida de sedimento y con ello de playa. Como se ha visto a lo largo de los años, la Riviera Maya es una región que presenta fenómenos naturales de erosión-acreción, proceso que se ha visto alterado por la construcción de complejos hoteleros acrecentando con ello la pérdida de sedimento e impidiendo la recuperación natural de las playas. Esto en gran medida debido a la pérdida de vegetación y la destrucción de los sistemas de dunas, elementos imprescindibles para la protección de las costas y retención de sedimento. Dado que el SAR se encuentra en una zona destinada al turismo y habitación en un futuro, la presión a la cual será sometido el mar será en detrimento de los componentes ambientales en la zona.

Referente a los bolsacretos y el oleaje presente en la zona, éstos seguirán incidiendo en los procesos de retroceso de la playa, ya que las estructuras continuarán fungiendo como trampas de sedimento evitando que éste alcance la playa siendo



además insuficientes para disipar la energía de oleaje. El ambiente inestable que generan por la altura que presentan y las características disipativas de la playa continuará presentándose en el sitio conteniendo a las olas que ingresen lo que, aunado al incremento de la amplitud de la ola, seguirán provocando la pérdida de sedimento y con ello el decremento de la amplitud de la playa y la modificación del perfil de ésta.

En el caso del factor de cambio ocasionado por los fenómenos meteorológicos, como se mencionó, éstos han jugado un papel importante en el retroceso de la línea de costa. En esta región del país, es común la presencia de fenómenos meteorológicos, como huracanes (junio a noviembre), suradas (durante el otoño y la primavera) y nortes (otoño, invierno e inicios de primavera). Existe un corredor de presencia importante de ciclones tropicales entre la península de Yucatán y Cuba, y llega hasta las costas de Louisiana y Texas, en los E. U. A. También existe una acumulación de ciclones tropicales frente a Veracruz, y la isolínea de 20 ciclones tropicales corre paralela a la costa del golfo de México y se interna a la altura de Campeche para salir al sur de Quintana Roo, es decir, la península de Yucatán está expuesta a un promedio de más de 20 ciclones tropicales en 150 años, siendo el estado de Quintana Roo el más susceptible en el Atlántico. En lo que respecta al área frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort, el predio carece de una formación de duna costera, dado que ésta fue prácticamente eliminada por los Huracanes del 2005, principalmente el huracán Wilma. Las suradas y los nortes son fenómenos que suceden de manera constante y natural con vientos fuertes que pueden incidir en la pérdida de sedimento. Ante esto, el SAR seguirá siendo afectado por estos factores naturales ocasionando en su paso el retroceso de la línea de costa derivado del transporte de arena por la presencia de vientos fuertes, oleaje y sobreelevación del mar, lo cual sin duda corresponde a eventos naturales que forman parte de las sucesiones ecosistémicas del medio natural.

Actualmente el paisaje forma parte de la unidad turística del corredor conocido comercialmente como Riviera Maya, donde se están construyendo hoteles y fraccionamientos residenciales y turísticos, lo que ha modificado el paisaje, disminuyendo su naturalidad, pero siempre buscando ofrecer una alta calidad paisajística. Analizando el paisaje como la forma en que este se percibe, considerando la calidad, naturalidad y fragilidad; el paisaje en la playa y zona marina del Hotel Sandos Caracol Eco Resort ha tenido cambios significativos tanto por los efectos naturales, como los huracanes, y por las actividades propias de la marea y actividades turísticas, por lo que dentro del SAR dadas la tendencia de



crecimiento de infraestructura, se prevé en el futuro el paisaje marino seguirá siendo afectado por estos elementos observándose en una pérdida de vegetación costera, lo que en dentro del SAR ocasionará un incremento en la erosión del sitio y disminución de la línea de costa.

En resumen, las tendencias del SAR en el futuro sin que se lleve a cabo el proyecto **“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”** corresponderían a la afectación del medio, lo cual será observado en el incremento de la erosión del sitio derivando en la acumulación de sedimento en otras áreas, retroceso de la línea de costa y modificación del perfil de playa por lo fenómenos naturales y antropogénicos.

Esto además incidirá en la biota que habita en la región, ya que el escape de sedimento de ciertas zonas significará la acumulación del mismo en otras con el consecuente daño o muerte de los individuos sobre todo a aquellos que pueden ser más susceptibles a esto (corales y pastos marinos) y con ello cambios en la estructura y composición de las comunidades por sedimentación y la alteración de las interacciones de otros organismos al incidir en su hábitat o recursos. Asimismo, si bien en la playa se ha registrado el escaso arribo de tortugas marinas, con la pérdida de sedimento el ancho y la pendiente de la playa serán alterados y con ello la posibilidad de anidamiento para estos quelonios, por lo que la tendencia sería hacia la disminución de nidos en el sitio.

En conclusión, sin la ejecución del proyecto **“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”** el SAR tenderá a presentar una calidad ambiental menor por los agentes de cambio que actualmente inciden en la zona.

VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto.

Con base en las características del medio como fue descrito en el apartado anterior (escenario sin proyecto) y en los capítulos II y IV de esta MIA-R se puede visualizar que por tratarse de un proyecto marino que pretende la remoción de tres bolsacretos previamente instalados en la zona y la construcción de tres arrecifes artificiales paralelos a la costa, los efectos inmediatos serán observados en la dinámica costera. De acuerdo con los datos de modelación obtenidos en este estudio (Anexo II.1), los efectos en el cambio en la dinámica litoral se presentarán únicamente en la región en la cual se instalarán los arrecifes artificiales sin afectar a otras zonas dentro del SAR o fuera de éste. Los resultados de propagación de



oleaje, circulación de corrientes de oleaje y respuesta morfológica del Sistema Ambiental Regional obtenidos de la modelación numérica, para su comparación en configuración actual y de proyecto muestran que es posible observar un patrón idéntico de circulación en todas las regiones de detalle analizadas excepto en la ocupada por la zona de proyecto debido a las actuaciones de protección incorporadas, sin afectar la realización del proyecto a las playas colindantes ni sistema de arrecifes. En consecuencia, los principales cambios morfológicos se producirán únicamente en la región ocupada por el proyecto.

En general, los resultados de modelación numérica muestran el servicio de protección que ofrecerían a la costa las estructuras propuestas en este proyecto, reflejado por la llegada de olas menos energéticas a la playa para todos los escenarios de oleaje en calma y de tormenta. En cuanto al cambio de línea de costa éste permite entender la tendencia de movimiento que seguiría el sedimento depositado mediante el relleno en la playa, distribuyéndose a lo largo de la playa por la acción del oleaje, con una posición de línea de costa más avanzada a la existente actualmente. Esto será además coadyuvado con el retiro de los bolsacretos, ya que al eliminar estas barreras de sedimento los arrecifes artificiales podrán funcionar de acuerdo a lo previsto, con lo cual el ancho de la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort podrá incrementar y recuperarse.

Además de lo anterior con la remoción de los bolsacretos y la instalación de las tres estructuras de protección se prevé la aparición de efectos puntuales y locales de manera temporal en el SAR. Durante la construcción de los arrecifes artificiales se ocasionará la resuspensión del sedimento afectando de manera directa la calidad del fondo marino por la pérdida de sedimento y del agua al incrementar la turbidez en el sitio, modificando así las características físico-químicas del área y con ello también la biota, en especial aquellos que pueden ser más susceptibles a este efecto como los corales y los pastos marinos, así como las especies citadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Este sedimento entonces puede ocasionar efectos en la biota modificando las condiciones del hábitat o de manera directa, obstaculizando las funciones vitales de los organismos por el sedimento precipitado, causando así el daño o mortandad de los individuos. Aunque el efecto en estos organismos será menor, ya que la capa de sedimento en el sitio es muy delgada.

De la misma forma se ocasionarán efectos en la biota del sitio de manera directa (aplastamiento) o indirecta (pérdida de hábitat) en las áreas de retiro de los bolsacretos y de colocación de los arrecifes artificiales ocasionando la mortalidad



de la biota bentónica reduciendo así su cobertura de manera local y la pérdida de hábitat en un área que representará el 0.18 % del SAR. La fauna nectónica o demersal dada su alta capacidad de movilidad, será ahuyentada a nuevas áreas.

La construcción de los arrecifes artificiales podría significar una barrera para algunas especies como las tortugas marinas (hembras y crías) o algunos organismos bentónicos de importancia comercial (*L. gigas* y *L. costatus*). En la playa ubicada frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort se ha identificado el arribo de algunas hembras de tortuga caguama (*Caretta caretta*), carey (*Eretmochelys imbricata*), verde (*Chelonia mydas*), y laúd (*Dermochelys coriacea*), por lo que la presencia de las estructuras puede obstaculizar su libre paso hacia las áreas de anidación y su regreso al mar. Esto mismo podría suceder con las crías en su nado hacia mar abierto pudiendo ocasionar su daño o muerte.

Además de la tortuga marina, en el sitio se distribuyen el caracol rosado (*Lobatus gigas*), y el caracol blanco (*Lobatus costatus*) especies de importancia comercial y cuyas poblaciones se han visto afectadas por esto. Las poblaciones de estas especies podrían ser afectadas por la instalación de los arrecifes artificiales de manera directa por su colocación y al ser estructuras lineales podrían significar barreras para el paso de estos animales hacia otras zonas durante su migración hacia aguas someras.

Para llevar a cabo la instalación de las estructuras y la remoción de los bolsacretos será necesaria la presencia de personal y el uso de embarcaciones. Estos dos elementos pueden generar impactos ambientales derivados de la producción de residuos provenientes del consumo de alimentos por el personal o por el derrame de combustible de las embarcaciones alterando las características físico-químicas del agua y del fondo marino si los desechos se precipitan al fondo, impactando en el hábitat y con ello en la biota que habita en la zona. Otro elemento importante que puede ocasionar daños a la biota, es el personal que será contratado ya que puede cazar, dañar o coleccionar ejemplares de flora o fauna del sitio incidiendo así en la biota marina.

Finalmente, colocar elementos artificiales en zonas naturales afecta de manera directa al paisaje, a la percepción del espacio en el que se ubican las estructuras, ya que se trata de una zona ya impactada previamente.

En conclusión y dadas las características de las obras que permitirán la construcción del proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” se causarían afectaciones ambientales tanto a los factores



bióticos como abióticos en diferente grado como fue identificado y analizado en el capítulo V de este documento, como la alteración de las características físico-químicas del agua por incremento de la turbidez o contaminación, afectación del fondo marino, pérdida de hábitat, pérdida de individuos, alteración de la movilidad de la biota y modificación de la hidrodinámica costera. La mayoría de los efectos negativos que serán ocasionados por este proyecto identificados y valorados en esta MIA-R (capítulo V) son de significancia menor y sólo algunos de moderada importancia para el SAR, por lo que la tendencia de éste con la ejecución del proyecto será a presentar afectaciones en los componentes ambientales que no afectarán los procesos ecosistémicos de manera sustancial en el SAR pues serán en su mayoría locales y temporales pero que deberán ser atendidos con la implementación de medidas de prevención, mitigación o compensación en pro de la conservación del ambiente.

VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.

Con base en lo señalado en los dos apartados anteriores y considerando la evaluación en materia de impacto ambiental realizada a través de las metodologías descritas en el capítulo V de este documento, y las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el capítulo VI, con la aplicación de las medidas en este proyecto se logrará minimizar aproximadamente en gran medida las afectaciones que el proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” generará al ambiente.

De manera general se hace mención de las principales medidas tanto de prevención, mitigación como de compensación que el proyecto propone para su realización (capítulo VI) y así minimizar las afectaciones a los ecosistemas.

En lo que respecta al efecto en la dinámica costera, éste será menor y local como fue mostrado en la modelación realizada en el SAR (Anexo II.1) por lo que no se pretende la implementación de alguna acción, pues, considerando las condiciones actuales de la zona y el proceso de erosión que sufre actualmente, este proyecto se propone como una medida *per se* para minimizar el efecto que el oleaje presente en el sitio ocasiona y que ha derivado en el retroceso de la línea de costa. Con el retiro de los bolsacretos y la construcción de las estructuras se disipará la fuerza del oleaje y se llevará a cabo el transporte del sedimento a lo largo de la playa propiciando con ello la recuperación del ancho de la misma,



además de la protección del sitio y con ello posibles efectos positivos en las tortugas marinas, ya que se ha visto que el ancho de playa es uno de los elementos importantes para el anidamiento exitoso de estos reptiles.

Con la finalidad de disminuir el efecto directo a la biota marina se llevará a cabo el rescate y reubicación de organismos marinos previo al retiro de los bolsacretos y la construcción de los arrecifes artificiales. Estos organismos serán seleccionados previamente mediante criterios establecidos. Además, cabe mencionar que los arrecifes artificiales podrán fungir como una zona de reclutamiento de especies ya que serán construidas por piezas de concreto o roca caliza que permitirán la formación de oquedades y que contarán con la porosidad necesaria para el establecimiento de comunidades sobre ellos. Aunado a lo anterior, con el retiro de los bolsacretos, si bien se afectará la biota establecida sobre éstos, se dejará espacio libre que podrá ser colonizado de manera natural.

Se contempla además realizar acciones para la recuperación de la zona mediante un proceso de Restauración Activa en donde a través del trasplante de colonias de coral vivo se pretende ayudar a mejorar las condiciones actuales del SAR pues éste presenta biota escasa poco diversa y ambientes heterogéneos sin presencia de especies importantes formadoras de arrecifes. El trasplante de colonias tiene la intención de incrementar de manera directa la abundancia y cobertura de corales escleractinios (formadores de arrecifes). Estas características de la comunidad biótica a su vez están directamente relacionadas con la complejidad estructural (topografía tridimensional) de estos ecosistemas, lo cual generará hábitat para muchos otros organismos, propiciando así un incremento gradual de la biodiversidad.

Referente a la tortuga marina (hembras y crías), se trata de una región de bajo arribo de tortugas como fue mencionado en capítulos anteriores de este documento. El efecto en estos quelonios será menor ya que el área que será afectada por la instalación de los arrecifes artificiales representa sólo 0.18 % del SAR aunado a que cuentan con un espacio de 40 m entre ellas, lo que permitirá el paso de estos organismos. Sin embargo, con la finalidad de observar el efecto en los quelonios, se llevará a cabo un monitoreo de arribos, nidos y crías y de ser necesario los nidos serán reubicados. Las crías de esta forma podrán eclosionar y dirigirse al mar sin obstáculos. Estas acciones serán integradas, de no haber sido consideradas,

al programa de protección a la tortuga que actualmente el hotel lleva a cabo por lo que, se continuará con el cuidado a estos animales.

Los arrecifes artificiales podrán incidir en la movilidad de ciertas especies como los gasterópodos, crustáceos, equinodermos, etc. Sin embargo, como ya se señaló previamente, el área que será afectada por la instalación de los arrecifes artificiales representa sólo 0.18 % del SAR aunado a que cuentan con un espacio de 40 m entre ellas, lo que permitirá el paso de estos organismos. *L. gigas* y *L. costatus* podrán alcanzar las áreas someras para reproducción o alimento ya que son especies que pueden alcanzar grandes distancias y podrán acceder a estas áreas sorteando las estructuras. Aunado a lo anterior, con la instalación de las estructuras, los patrones de circulación y los sitios de alta concentración larvaria no serán afectados pues el efecto de las estructuras en el medio será local.

Se colocará una malla geotextil para evitar la dispersión del sedimento resuspendido por las acciones contempladas lo que evitará extender el daño y con ello la afectación mayor al agua, fondo marino y biota y se llevará a cabo la vigilancia de la turbidez para asegurar que el efecto sea local.

Otras acciones importantes que serán implementadas para prevenir los impactos ambientales son las referentes al manejo de residuos estableciendo acciones específicas para su recolección, confinamiento, además de acciones de limpieza de la zona para evitar así cualquier afectación de los componentes ambientales por desechos. Asimismo, se establecerán reglas y sanciones para el personal para evitar cualquier daño a la biota.

Finalmente, el impacto visual será mínimo ya que el área de afectación representa el 0.18 % del SAR aunado a que durante pleamar estas estructuras estarán sumergidas y lo único que podrá ser visto serán las señales.

La implementación del Programa de Manejo Ambiental contribuirá de manera significativa a minimizar cada uno de los impactos que el proyecto pueda generar en cada etapa de ejecución contemplada, pues éste estará conformado por tres subprogramas que fueron señalados en el capítulo VI de este documento y que corresponden a los siguientes:

- Subprograma de Rescate y Reubicación de Fauna Marina (**SRRFM**)
- Subprograma de Monitoreo de Perfil Costero (**SMPC**)
- Subprograma de acciones independientes. (**SAI**)

Estos subprogramas contendrán todas las acciones propuestas para prevenir, minimizar o compensar los impactos ambientales del proyecto. El subprograma de acciones independientes permitirá regular aquellas acciones que no fueron contempladas en los programas anteriormente mencionados y que están referidas a las reglas de operación del personal, de manejo de residuos y acciones adicionales en áreas terrestres. Por este motivo, este proyecto se hace factible siempre y cuando se lleven a cabo las medidas, propuestas en este documento, para evitar o disminuir el impacto sobre los diferentes componentes ambientales (agua marina, fondo marino, biota marina, dinámica costera y paisaje).

En conclusión, con la ejecución del proyecto y la implementación de medidas, los efectos temporales serán atendidos y aquellos residuales serán de menor escala. Los efectos de los arrecifes artificiales serán locales por lo que la dinámica costera de los sitios adyacentes y en todo el SAR continuarán, ya que sólo se disminuirá la fuerza del oleaje de manera local.

Con la implementación de medidas encaminadas a la prevención, mitigación o compensación de los efectos causados por el proyecto, se contribuirá además a la mejora del SAR. La instalación de los arrecifes y el retiro de los bolsacretos incidirán de manera benéfica en el área disminuyendo la erosión del sitio, coadyuvando así a la recuperación de la playa adyacente al hotel. Con una playa más ancha se espera un incremento de la posibilidad de arribo y anidación de tortugas marinas y de la eclosión de un mayor número de crías. Estos animales continuarán siendo protegidos. Asimismo, con las acciones de restauración activa se espera el incremento de la heterogeneidad ambiental y con ello la diversidad en el sitio.

La ejecución de este proyecto no sólo ayudará la recuperación de la playa en el frente del Hotel Sandos Caracol Eco Resort sino también traerá consigo beneficios a los visitantes pues ofrecerá un sitio de mayor calidad para la recreación de éstos.

VII.4 Pronóstico ambiental.

Considerando los escenarios antes descritos es de hacer notar que los escenarios dos y tres, (con proyecto y con proyecto y medidas de mitigación respectivamente) son aquellos en los que la tendencia de deterioro que se está presentando en el SAR puede ser mitigada. De éstos, es evidente que el escenario tres es el más adecuado pues considera las acciones pertinentes que pueden atender en gran medida los impactos ambientales generados por el proyecto.

El escenario futuro que se espera en la zona del proyecto se resume en el éxito del objetivo principal de reducir la energía del oleaje que llega a la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort lo cual desencadenará una serie de procesos que resultarán benéficos tanto para la biota marina como para el uso de la playa a mediano y largo plazo. Esto es:

1. La recuperación del perfil de playa por la disminución de la energía del oleaje, lo que permitirá conservar y distribuir el sedimento a lo largo de la playa y con ello frenar el retroceso de la línea de costa y ayudar a su recuperación, pues debido al crecimiento de infraestructura hotelera y fenómenos meteorológicos la playa no puede recuperarse de manera natural.
2. Incremento del ancho de la playa lo que puede ayudar a mejorar las zonas de anidación de las tortugas marinas y la recreación de los visitantes.
3. Establecimiento de biota marina en los arrecifes artificiales incluyendo esponjas y corales, lo que generará nuevos procesos bióticos en el área de influencia.
4. Mejora ambiental dentro del SAR debido a la implementación de acciones tendientes a ello.

VII.5 Evaluación de alternativas

El proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” no cuenta con alternativas de desarrollo. Esto, debido a que el área del proyecto en el cual se pretende desarrollar fue elegida con base en modelaciones sobre la hidrodinámica considerando las condiciones actuales y los factores que la están afectando (Anexo II.1). Para ello, se realizó la caracterización oceanográfica y de dinámica litoral (oleaje, mareas, topografía, perfil costero, granulometría, batimetría) y el diagnóstico actual de la playa, los cuales sirvieron de insumo para



realizar las simulaciones numéricas que permitieron determinar el diseño en planta de las estructuras (forma, longitud) y ubicación de las mismas.

Asimismo, con base en la caracterización marina de las áreas propuestas para la instalación de los arrecifes artificiales (Capítulo IV, Anexo IV.1), en la zona pretendida ubicación de los AA, si bien se encontró biota que puede ser afectada directamente, las especies presentes están bien representadas en el SAR, además de no haberse encontrado especies en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de afectación directa por la construcción de los AA. No obstante, dado que se observaron algunas especies de corales, esponjas y gasterópodos como *L. gigas* y *L. costatus*, se llevará a cabo su rescate y reubicación para evitar su daño.

De esta manera se reitera que no existen alternativas para la realización de este proyecto ya que la afectación a la biota del área será menor y a que este proyecto está diseñado y dirigido específicamente para minimizar la fuerza del oleaje en los sitios más susceptibles definidos por el estudio con el fin de frenar el proceso erosivo que presenta la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort.

VII.6 Conclusiones

Cuando se plantea dar solución a un problema de erosión, es importante conocer su historia y considerar el proceso de formación, dinámica litoral y características morfológicas de la zona, con el objeto que las alternativas que se elaboren realmente mitiguen el problema que se presenta.

Para confrontar el problema de la erosión de playas es fundamental considerar la zona costera como un sistema, de manera tal que la erosión sea realmente mitigada y no sólo transferida a otros segmentos de la playa, es por ello que después de haber descrito los tres escenarios del SAR, es posible afirmar que observando las condiciones actuales del sitio, la implementación del proyecto **“Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales”** representa una acción necesaria para ayudar a la recuperación de la playa frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort pues el proceso erosivo que sufre ha ocasionado el retroceso de la playa. Esto con fundamento en el diagnóstico obtenido, en el cual es posible observar el deterioro que la zona presenta desde hace años y que no se ha podido recuperar de manera natural debido al crecimiento turístico, presencia de bolsacretos en la zona y fenómenos naturales.



Ante esto con base en los estudios de simulación en el SAR, es que se precisa la instalación de estructuras de protección y el retiro de los bolsacretos, con lo cual se podrá reducir la fuerza del oleaje, permitiendo el transporte litoral lo que ayudará a frenar la erosión del sitio sin afectar otras zonas dentro del SAR o fuera de éste.

Las acciones contempladas en este proyecto generarán impactos negativos al ambiente que podrán ser atendidos en gran medida a través de la implementación de actividades tendientes a la prevención, mitigación o compensación de estos efectos, por lo que no se causarán desequilibrios ecológicos que puedan poner en peligro la integridad ecológica del ambiente, por el contrario, la ejecución de este proyecto será de gran ayuda para la mejora de las condiciones del SAR.

ÍNDICE

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	2
VIII.1. Presentación de la información.	2
VIII.1.1 Cartografía	2
VIII.1.2 Fotografías y videos.....	3
VIII.2 Otros anexos.....	6

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

A continuación, se describen los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional del Proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**”.

VIII.1. Presentación de la información.

De acuerdo con lo estipulado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la página <https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-de-la-mia-regional-sin-actividad-altamente-riesgosa/SEMARNAT467>, se entrega un original impreso de la presente MIA-R, una copia en medio electrónico con todos sus anexos incluyendo imágenes, planos e información que complementa el estudio y una copia en medio electrónico marcado para consulta al público. Asimismo, se presenta el resumen de este documento (MIA-R) en original impreso y una copia en formato electrónico además de los documentos necesarios para su ingreso al proceso de Evaluación en Materia de Impacto Ambiental.

VIII.1.1 Cartografía

Para la descripción del Sistema Ambiental Regional y sus diferentes elementos, la ubicación del área del proyecto y sus características, así como la identificación de impactos ambientales se hizo uso de información geográfica georreferenciada. En los capítulos de este documento se presentan mapas específicos elaborados para el proyecto los cuales cuentan con título, microlocalización y macrolocalización, leyenda, tipo de proyección usada (UTM), zona UTM (16) Datum utilizado (WGS84), la escala numérica y la fuente cartográfica. Además, se hizo uso de imágenes satelitales y de otras fuentes confiables (e.g. INEGI, CONABIO, Google Earth, etc.).

Los mapas que fueron usados para los análisis necesarios para este proyecto se muestran en los capítulos contenidos en esta MIA-R.

VIII.1.2 Fotografías y videos.

Se incluye un anexo fotográfico y de video en donde se presentan imágenes y videos con el fin de mostrar las características bióticas dentro del SAR y de las áreas que serán afectadas directamente por la ejecución del proyecto. En este sentido se presentan los siguientes anexos fotográficos:

- 1) VIII.1 Ambientes. Referente a los ambientes encontrados dentro del SAR a través del estudio de caracterización biológica. En la siguiente figura se muestran los puntos de muestreo asociados al anexo.

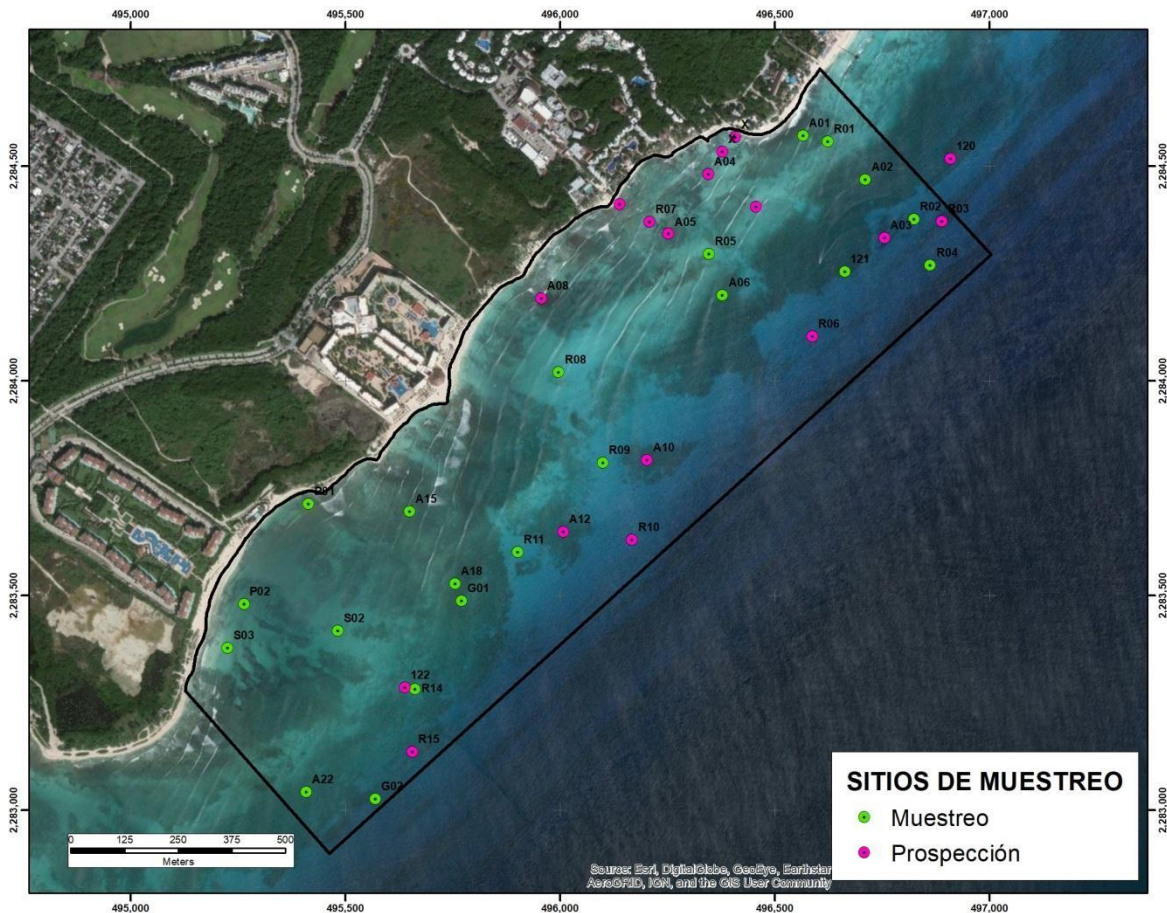


Figura 1. Sitios de muestreo en campo para la caracterización marina del SAR para el proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales".

- 1) VIII.2 Estructuras existentes (bolsacretos). Como su nombre lo indica se presentan fotografías que muestran las condiciones de los bolsacretos y la biota que los habita. En la siguiente figura se muestran los sitios en los que se realizó el recorrido para la caracterización biológica y de donde fueron tomadas las imágenes y videos.



Figura 2. Ubicación de las estructuras de protección existente frente al Hotel Sandos Caracol Eco Resort y nomenclatura utilizada para reconocimiento de biota asociada: Sur somero (S-som), Sur expuesto (S-exp), Centro expuesto (C-exp), Norte expuesto (N-exp), Norte protegido (N-pro), Centro protegido (C-pro) y Sur protegido (S-pro).

- 2) VIII.3 Estructuras nuevas (AA). Incluye imágenes y videos del área de pretendida ubicación de los arrecifes artificiales en donde se observa la flora y fauna marina además del sustrato. En la siguiente figura se muestran los sitios en los que se realizó el recorrido para la caracterización biológica y de donde fueron tomadas las imágenes y videos.

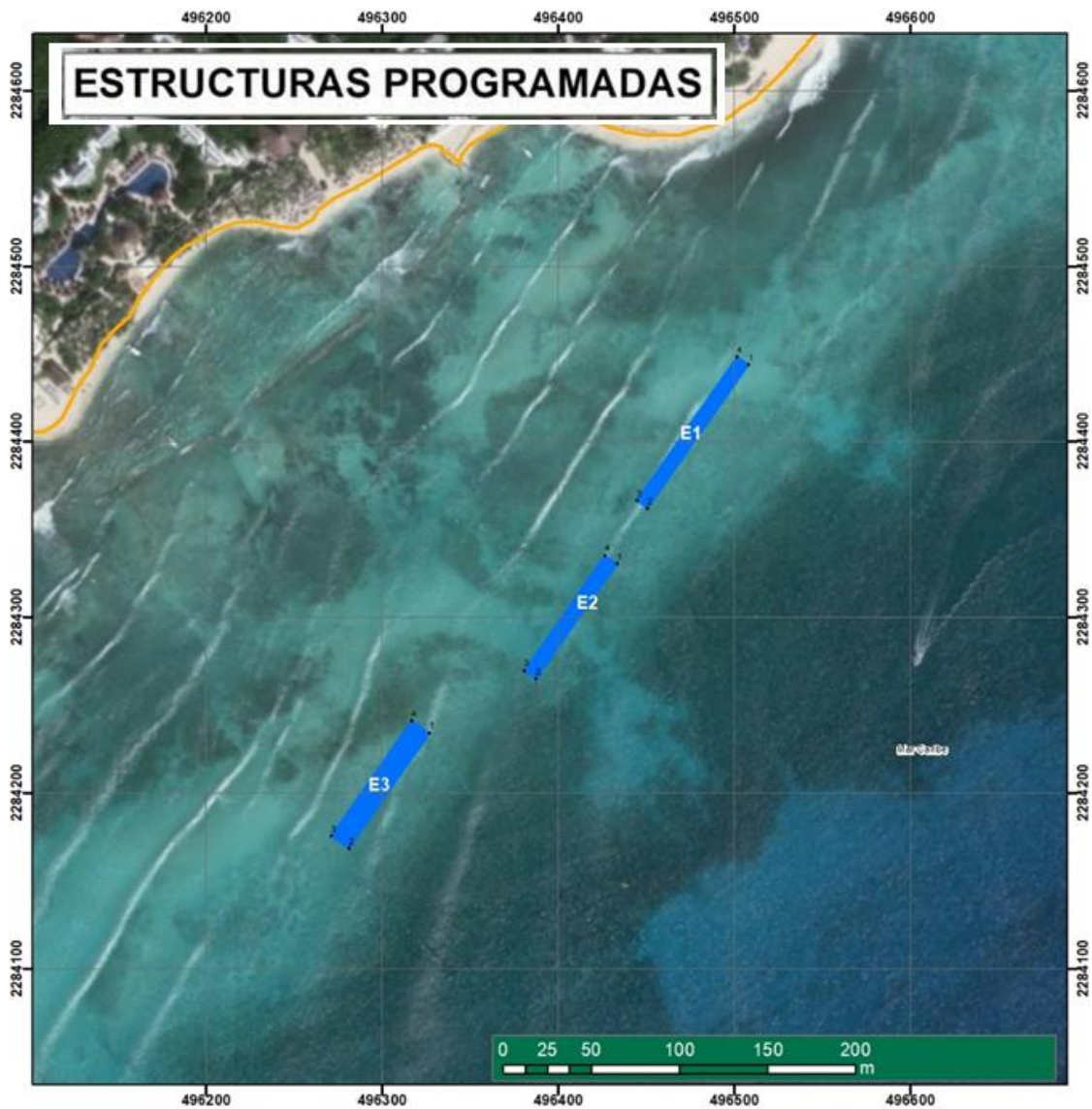


Figura 3. Ubicación de las estructuras de protección que se pretende instalar para el proyecto "Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales" y nomenclatura utilizada para reconocimiento de biota asociada: Estructura 1 (E1), Estructura 2 (E2) y Estructura 3 (E3).

VIII.2 Otros anexos.

Para realizar el análisis mostrado a lo largo de los capítulos del presente documento, se llevaron a cabo estudios técnicos especializados cuyos resultados se incluyen en este capítulo. Los estudios requeridos fueron los siguientes:

1. Dinámica costera de la playa del Hotel Sandos Caracol Eco Resort y terrenos adyacentes propiedad de MM desarrollos y análisis sobre el tamaño de las piezas requeridas para la construcción de los arrecifes artificiales (Anexos II.1 y II. 2 respectivamente).
2. Caracterización Biológica Marina del Sistema Ambiental Regional del proyecto “Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales” (Anexo IV.1).

Se incluye asimismo la documentación requerida en el capítulo I (Anexos I.1 a I.5) y la metodología que fue utilizada para llevar a cabo la Identificación y Valoración de los Impactos Ambientales derivados del Proyecto “**Conservación y Rehabilitación de la Playa a través de Arrecifes Artificiales**” (Anexo V.1).