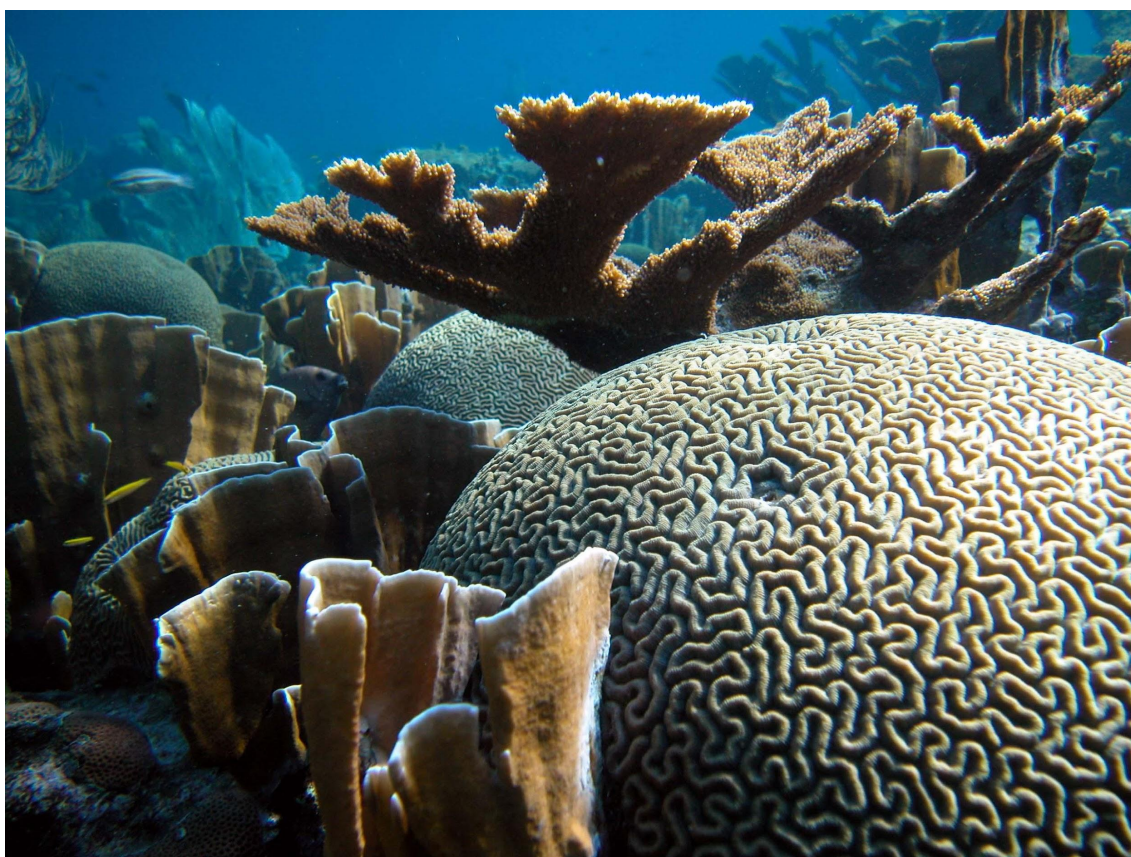


RESTAURACIÓN HÍBRIDA DE CORALES PARA LA PROTECCIÓN DE PLAYAS EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Informe 1. Planificación de intervenciones de restauración híbrida de arrecifes coralinos para reducir la erosión de playas en la república dominicana

Santo Domingo, 22 de agosto del 2022



Este informe ha sido preparado por The Nature Conservancy (TNC) para el Ministerio de Turismo y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, bajo la contratación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	4
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
2. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE INTERVENCIÓN	7
2.1. Metodología empleada: obtención de diferentes capas de información	7
2.1.1. Clasificación de hábitats	7
2.1.2. Modelos batimétricos.....	8
2.2. Playa Sosúa	8
2.2.1. Ubicación geográfica	8
2.2.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría.....	9
2.2.3. El problema de erosión.....	11
2.3. Punta Popy	13
2.3.1. Ubicación geográfica	13
2.3.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría.....	14
2.3.3. El problema de erosión.....	15
2.4. Playa Bonita.....	17
2.4.1. Ubicación geográfica	17
2.4.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría.....	18
2.4.3. El problema de erosión.....	19
2.5. Punta Arena Gorda y el Cortecito.....	20
2.5.1. Ubicación geográfica	20
2.5.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría.....	22
2.5.3. El problema de erosión.....	22
3. AMENZAS Y PROBLEMAS PARA LA SALUD EN LOS ARRECIFES	24
3.1. Desarrollo costero y modificación de la línea de costa	25
3.2. Pérdida de calidad de agua.	26
3.3. Sobrepesca	27
3.4. Tráfico marítimo.....	27
3.5. Carga turística.....	28
3.6. Enfermedades de corales y organismos marinos	28
3.7. Bioerosión e incremento en la frecuencia e intensidad de tormentas y huracanes	28
3.8. Varamientos de Sargassum	29
4. PLANIFICACIÓN DE LAS INTERVENCIONES.....	30
4.1. Actividad: Recolección de información disponible para cada playa.....	30
4.2. Actividad 2: Estudio de línea base ambiental con 4 componentes	30
4.3. Actividad 3: Diseño de la estructura artificial.....	31
4.4. Actividad 4: Instalación de la estructura artificial en el sitio que potencialmente maximiza el éxito de la intervención	31

4.4.1. Introducción a la herramienta de selección de sitios de intervención	31
4.5. Actividad 5: Creación e instalación de laboratorio de microfragmentación, reproducción sexual asistida de corales, viveros en agua y otras estrategias de propagación	33
4.6. Actividad 6: Trasplante de corales asexuales o sexuales desde viveros (tierra y agua) hasta la estructura artificial	33
4.7. Actividad 7: Monitoreo del éxito de la intervención	34
5. PLAN DE MITIGACIÓN.....	34
5.1. Desarrollo costero	34
5.2. Calidad de agua	35
5.3. Sobrepesca	35
5.4. Tráfico marítimo.....	36
5.5. Carga turística.....	36
5.6. Enfermedades de corales y otros organismos marinos.....	37
5.7. Bioerosión e incremento en la frecuencia e intensidad de tormentas y huracanes	37
5.8. Manejo de Sargassum	37
6. ESTRUCTURA DE COSTOS.....	38
7. PRODUCTOS DIGITALES Y ENLACES DE INTERÉS	43
7.1. Mapas, modelos y herramientas.....	43
7.2. Registro visual para calibración de modelos de hábitats bentónicos	43
7.3. Proveedores de arrecifes artificiales en el mercado	43
7.4. Guías sobre restauración de corales	44
7.5. Organizaciones de restauración de corales.....	44
8. REFERENCIAS.....	46
9. ANEXOS	47
Anexo 1. Reporte de análisis de calidad de agua, Playa Sosúa	47
Anexo 2. Reporte de análisis de calidad de agua, Punta Popy	48
Anexo 3. Reporte de análisis de calidad de agua, Playa Bonita	49
Anexo 4. Reporte de análisis de calidad de agua, Punta Arena Gorda.....	50
Anexo 5. Reporte de análisis de calidad de agua, Playa El Cortecito	51
Anexo 6. Detalles del presupuesto para la instalación y puesta en marcha de un laboratorio de microfragmentación de corales. Propuesta experimental inicial de Onda Design para The Nature Conservancy.	52
Anexo 7. Playa Sosua. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.	53

Anexo 8. Playa Punta Popy. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.	53
Anexo 9. Playa Bonita. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.	54
Anexo 10. Punta Arena Gorda. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.	54
Anexo 11. Playa El Cortecito. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.	55
Anexo 12. Conglomerado del costo inversión total y por playa durante los 5 años del proyecto.	55

RESUMEN EJECUTIVO

En marzo de 2022 se firmó un contrato de consultoría con The Nature Conservancy a solicitud del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para elaborar una serie de productos que guíen el diseño e implementación de estrategias de restauración híbrida de corales, como una medida de mitigación al problema de erosión de playas en cinco localidades de la República Dominicana. En este documento se describe el mapa de ruta de las actividades que deben contemplarse para tal fin, con el objetivo de orientar la toma de decisiones sobre la instalación de estructuras artificiales para servir de soporte a trasplantes de coral y una estructura de costos aproximada a su implementación.

La primera semana de agosto de 2022 el equipo de ciencias y el equipo del programa de corales de The Nature Conservancy realizaron una evaluación rápida pero exhaustiva de las cinco playas de interés con 3 objetivos: (1) el mapeo de los hábitats marinos incluyendo pastos y arrecifes, (2) la obtención de batimetría a escala fina (30 cm) y (3) la verificación de la condición de los arrecifes, además de coordinar la toma de muestras para conocer de manera puntual algunas variables indicadoras de la calidad de agua; en especial, aquellas que pueden tener un impacto sobre la supervivencia de los corales (i.e., nutrientes, sólidos totales suspendidos y coliformes fecales).

Se determinó que cada playa tiene requerimientos específicos, diferencias en el origen del problema de erosión, la información disponible y el entendimiento del problema. Sin embargo, al iniciar un proyecto de restauración híbrida sugerimos el siguiente mapa de ruta: (1) evaluación y tipificación del problema que incluye la revisión de bases de datos existentes, análisis de oportunidades y de vacíos de información que sean requeridos para los estudios de línea base, (2) estudio de línea base ambiental y biológica que incluye la caracterización del sistema antes de ser intervenido (T0) o tiempo de referencia para la comparación del impacto de la intervención, (3) diseño de la estructura artificial más adecuada para solucionar el problema de erosión de cada playa, lo cual incluye decidir sobre la forma, material y las dimensiones (alto, ancho y largo), (4) instalación de la estructura artificial en el sitio donde potencialmente puede presentar mayores beneficios a la playa, (5) instalación de las capacidades de producción sexual y asexual de corales, (6) sembrado de corales sobre la estructura artificial, (7) existencias de capacidades técnicas, y (8) monitoreo del éxito de la intervención sobre la estructura artificial y en las playas.

Estas actividades se nutren del intercambio entre el conocimiento local y la experticia internacional en otros lugares donde esta fortaleza ya exista y haya sido exitosa. Los pasos propuestos son recomendados no solo para maximizar el éxito de las intervenciones, sino para cumplir con lo establecido con las normativas ambientales del país. Para la mayor parte de las playas, no hay datos espaciales disponibles sobre la cobertura de coral vivo, la salud o la rugosidad de este arrecife, pero el conocimiento local puede ayudar a refinar el sitio de restauración potencial.

El documento no sugiere de manera específica métodos ni protocolos de intervención, ni tampoco detalles sobre la perisología y alianzas necesarias, porque estos se encuentran fuera del alcance de este informe, y serán presentados de manera detallada en la *Guía de Buenas Prácticas para la Restauración Híbrida de Corales*. La estructura de costos presentada en este documento representa una estimación, que puede estar sujeta a cambios debido a múltiples factores, empezando por las ofertas de los contratistas, los cambios en los precios locales, tasas de conversión monetaria y la realidad de cada sitio de intervención. Por lo tanto, el documento debe ser tomado como referencia y no como única opción, debido a que muchos de los costos se conocerán al momento que se abra el período de licitación y se reciban las ofertas. Finalmente, tampoco se muestra una estructura de costos para la implementación de un programa de co-restauración con pastos marinos, debido a que el conocimiento global sobre esta disciplina es limitado si se compara con la restauración de corales; por lo que cualquier estimación es una aproximación sobre los costos reales.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los arrecifes de coral son ecosistemas complejos que proveen refugio a aproximadamente el 25% de las especies marinas en el planeta y también dan una multiplicidad de bienes y servicios como alimento, medicinas, materiales para la construcción, protección costera y valor turístico a las sociedades humanas (Moberg and Folke 1999). En el Caribe, los arrecifes suministran el bienestar y los medios de subsistencia a millones de personas; y en la República Dominicana, estos ecosistemas aportan alrededor de 1 billón de dólares cada año a la economía del país (Spalding et al. 2018, Betancourt y Herrera-Moreno 2019).

Entre todos los servicios ecosistémicos que proveen los arrecifes a la República Dominicana, destaca la protección a la línea de costa y el aporte de arena de carbonato de calcio para la formación de playas. Adicionalmente los arrecifes son capaces de modificar el ambiente físico y oceanográfico, lo que permite el asentamiento de otros ecosistemas como pastos marinos y manglares, que forman una intrincada red de conexiones biológicas, ecológicas y morfodinámicas que inciden directa o indirectamente sobre la formación de playas. En la República Dominicana las playas de arenas blancas representan la atracción turística más importante. Cada año millones de personas visitan el país buscando la singularidad y el valor estético de zonas donde se acumulan extensos depósitos de arena con características únicas en la región (Spalding et al. 2018, Betancourt y Herrera-Moreno 2019). Esto hace a la República Dominicana el país más visitado de la región del Caribe por encima de otros destinos (Weilgus et al. 2010).

Los arrecifes de coral no solo tienen un papel preponderante en la formación de playas, sino también en el mantenimiento de éstas. Los arrecifes son responsables del aporte de material biogénico que es exportado desde el arrecife hasta la costa, y además tienen incidencia en las dinámicas de depósito y transporte de sedimentos al cambiar la hidrodinámica local, la altura de las olas, la velocidad y la dirección de las corrientes que favorece la estabilidad de la playa en áreas particulares. A su vez, los arrecifes de coral promueven el asentamiento y desarrollo de otras comunidades marinas como los pastos marinos y manglares, que también favorecen la formación de arena de playa y la acumulación de este material en áreas costeras.

Durante las últimas décadas, la salud de los arrecifes de coral se ha visto en constante declive, una tendencia que es particularmente evidente en el Caribe (GCRMN 2022) y en la República Dominicana (Cróquer et al. 2022). Estudios recientes realizados por el Instituto IH Cantabria han demostrado que el problema de la erosión de playas en el país está directamente asociada a la degradación de arrecifes y/o la interrupción de producción de arena en arrecifes que son disfuncionales. Sin embargo, existen otras causas más relacionadas con las intervenciones sobre la línea de costa, específicamente la construcción de infraestructura sobre las dunas que tienen un papel en la formación de

playas. En consecuencia, el problema de erosión tiene múltiples aristas, que tienen en común, la intervención del arrecife y/o de la línea de costa. La combinación de estos factores ha disparado la rápida pérdida de extensas áreas de playas debido a la interrupción del aporte de arena, la pérdida de altura y la erosión de los arrecifes, y la concomitante modificación de la función de protección costera y cambios en los patrones de corrientes. En consecuencia, las dinámicas costeras han sido alteradas en muchas áreas de la República Dominicana; en donde ahora se ven favorecidos procesos de transporte en lugares donde el sedimento solía asentarse para formar playas. Esto representa un gran problema tomando en cuenta que muchas de las actividades asociadas al turismo se desenvuelven en estos sitios.

La erosión de playas representa un problema serio para el sector gubernamental y privado de la República Dominicana, debido a que impacta directamente las ganancias que genera el negocio del turismo, y compromete la imagen del país como destino; además de tener consecuencias al comercio global. Para responder a esta situación, la restauración híbrida de corales ha sido propuesta como una solución viable. Esta técnica consiste en el uso de estructuras artificiales que proveen la elevación y tridimensionalidad deseada para reducir la fuerza de las olas que impactan la costa, al tanto que se utilizan como sustrato para la propagación sexual y asexual de corales. Debido a que el crecimiento de los corales es lento y el problema de erosión es mucho más rápido, la restauración ecológica por sí sola no es una solución factible para la erosión de la playa, al menos cuando el problema está asociado a la pérdida de protección de las olas que impactan la costa. En casos donde el problema es la interrupción de producción de arena, una opción puede ser el trasplante de corales y otros organismos calcificadores en el arrecife, acompañado de la regeneración de arena y estructuras artificiales que la retengan. Por la tanto, aunque la aproximación al problema depende de la apropiada identificación de sus causas, la fundamentación de la restauración híbrida es proveer una solución rápida y oportuna a un problema que ocurre de manera acelerada a lo largo de diferentes escalas espaciales.

En este documento proveemos el diseño de un plan de restauración híbrida para cinco playas en la República Dominicana, donde el problema de erosión costera ha sido detectado y relacionado con la degradación de los arrecifes de coral y/o la interrupción de la producción de arena en arrecifes disfuncionales: (1) Playa Sosúa, (2) Punta Popy, (3) Playa Bonita, (4) Punta Arena Gorda y (5) El Cortecito. Para el diseño de este plan, primero se presenta una herramienta de selección de sitios preliminar que puede servir para proponer la ubicación y el tamaño de la estructura artificial, de forma que el resultado esperado de protección de la playa y/o la formación-recuperación del sistema se maximice. A partir de esto, se proponen una serie de actividades que se requieren para aproximarse a la solución del problema de manera más asertiva. Se dan opciones de soluciones para cada uno de los 5 casos mencionados anteriormente, incluyendo una estructura de costos para: (a) estructuras híbridas, (b) laboratorios de producción masiva

de corales, (c) implementación de las soluciones y, (d) programas de monitoreo del éxito de cada intervención.

El objetivo final es proveer una serie de recomendaciones que sirvan de insumo para el cálculo de costos, además de sugerencias técnicas que sirvan de guía y base para el diseño de Términos de Referencia claros que ayuden a la selección de contratistas más adecuados para adelantar los planes de restauración híbrida de arrecifes coralinos.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE INTERVENCIÓN

2.1. Metodología empleada: obtención de diferentes capas de información

La identificación de las distintas unidades geomorfológicas arrecifales y la composición del suelo marino de las áreas de intervención se fundamentó en el uso combinado de técnicas de captura de datos en el campo y teledetección con el uso de drones e imágenes de satélite. Esta aproximación permite interponer diferentes capas de información para generar mapas de alta resolución, en ocasiones con una precisión en el orden de centímetros. Específicamente, se colectaron tres capas: (1) atributos de las comunidades marinas con videos y fotos submarinas, (2) atributos de las características de la costa y sus hábitats con fotogrametría, y (3) batimetría de alta resolución combinando colecta de datos en campo e imágenes satelitales.

Entre el 1 y el 8 de agosto de 2002, se recopilaron imágenes de alta resolución (1,7 cm) utilizando un vehículo aéreo no tripulado (UAV por sus siglas en inglés, o Drone) de transición WingtraOne Gen II que volaba a 120 m de altura. En el [video](#) tomado durante la salida de campo se muestra el despliegue del UAV (lanzamiento y aterrizaje), así como la recopilación de datos sobre las áreas de arrecifes. Debido a las malas condiciones climáticas, los datos recopilados en las ubicaciones de Bávaro no se completaron con el UAV y se utilizaron las imágenes de SkySat recopiladas el 12 de junio de 2022 para generar el modelo de hábitat bentónico. Los datos del espectro radiómetro del Global Airborne Observatory (GAO por sus siglas en inglés) para estas áreas que se recopilaron en junio de 2018 también fueron utilizadas para este proyecto. El programa DroneDeploy procesó todos los datos de UAV en nubes de puntos, modelos de superficie digitales y mosaicos de ortofotos con una precisión de ± 2 cm utilizando un archivo rinex GPS de estación base y procesamiento posterior.

2.1.1. Clasificación de hábitats

Se utilizó el software Trimble eCognition v10.1 para desarrollar un clasificador RuleSet que se utilizó para clasificar las clases de hábitat béntico mediante un enfoque de análisis de imágenes basado en objetos (OBIA). Los objetos representan píxeles de rangos de valores similares y se crean a través de la segmentación de imágenes que trata los objetos como entidades, proporcionando relaciones topológicas y acceso a los valores de píxeles

subyacentes. Usando datos de campo (i.e., video transectos y observación de buzos), los objetos fueron entrenados e incorporados al clasificador RuleSet. Las siguientes clases de hábitat béntico se clasificaron utilizando una versión reducida de 8 píxeles de los mosaicos de ortofotos de UAV: (1) Reef Algal (estructura arrecifal y/o pavimento de coral dominado por algas), (2) Turf Algal (arrecife degradado o fondo duro que contiene macroalgas y algas tapete con bajos niveles de coral vivo) y (3) escombros/fondo duro, pastos marinos y arena. Dado que los datos de UAV no se recopilaban para todas las áreas de los sitios de Bávaro, las imágenes de SkySat adquiridas el 22 de junio de 2022 se utilizaron para la clasificación bentónica.

2.1.2. Modelos batimétricos

Se usó un script de Python para calcular modelos batimétricos píxel por píxel para áreas poco profundas (<15 m) usando las imágenes de UAV muestreadas a un píxel de 1 m para eliminar el ruido como las sombras y la acción de las olas. Los valores de reflectancia superficial se usaron para calcular un índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) y se aplicaron para enmascarar regiones terrestres. El modelo batimétrico se calculó utilizando la reflectancia de detección remota debajo de la superficie y un algoritmo de estimación de batimetría adaptativa. Este algoritmo mide las diferencias de atenuación del agua entre las bandas verde y azul para cuantificar la batimetría. Se aplicó un valor de clorofila de 0,6 y se evaluó la precisión utilizando transectos transductores que se recolectaron al momento del trabajo de campo. Los valores batimétricos se determinaron con base en las condiciones de la columna de agua y las precisiones estimadas con base en estudios previos son $RMSE = +/- \sim 2m$.

Debido a que no hay registros históricos disponibles sobre la cobertura de coral vivo, la salud o la rugosidad de estos arrecifes, con toda la información colectada en campo se logró culminar y refinar la herramienta de selección de sitios que podrían ser los más idóneos para adelantar las restauraciones híbridas que se describe en detalle en el paso 4 de diseño de intervenciones (ver apartado 7.3 en este documento).

A continuación, se describen por playa los aspectos más relevantes de las condiciones físico-naturales observadas en campo, el análisis de imágenes aéreas, datos batimétricos, información bibliográfica y datos anecdóticos proporcionados por actores locales.

2.2. Playa Sosúa

2.2.1. Ubicación geográfica

Playa Sosúa se encuentra ubicada en la parte central de la costa norte de la República Dominicana, dentro de una bahía orientada al oeste. Específicamente, se encuentra entre los 19°45'29" latitud norte y 70°31'2" longitud oeste, y tiene una longitud aproximada de 0,84 km. La Playa no es un área protegida, pero está clasificada como Parque Temático

de Atracciones Submarinas de Sosúa a través del Decreto Presidencial N° 634-05, cuyo propósito es preservar el medio ambiente marino y generar alternativas sostenibles que generen recursos económicos a la comunidad local. A pesar de esto, la playa de Sosúa se encuentra sometida a una gran presión de uso y de desarrollo costero, que ha conllevado al deterioro de los ecosistemas marinos y sus especies asociadas.

2.2.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría

Playa Sosúa está protegida por aproximadamente 15 hectáreas de arrecifes costeros (~2,78 km de longitud). Relatos anecdóticos y comparación de imágenes aéreas en el tiempo, muestran actualmente un deterioro franco de los pastos marinos y los arrecifes coralinos, que en la actualidad se pueden observar de manera fragmentada en la bahía (Fig. 1 a).

En 2017, los pastos fueron severamente afectados por los huracanes Irma y María, removiendo casi la totalidad de su cobertura. Más recientemente, desde el 2019 hasta la actualidad, la Enfermedad de Pérdida de Tejido en Corales Pétreos (SCTLD por sus siglas en inglés) ha devastado muchas de las poblaciones de corales que conforman a este arrecife (Cróquer et al 2022), particularmente de las especies *Diploria labyrinthiformis* y *Pseudodiploria strigosa*.

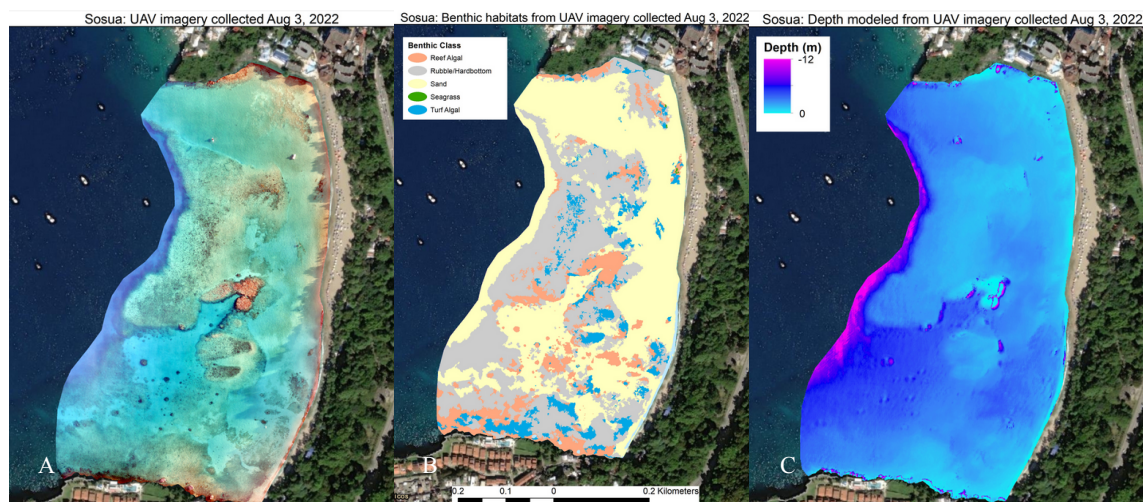


Figura 1. Ortomosaico de la bahía de Sosúa a partir de imágenes colectadas con UAV (A). Clasificación de hábitats (B) y modelos de batimetría (C). Fuente: TNC, ver apartado 7, secciones 7.1 y 7.2.

La bahía de Sosúa se corresponde con un complejo sistema marino arrecifal integrado por una terraza interior donde predominan fondos duros o pavimento cubiertos con arena y conglomerados y cascajos de origen calcáreo que varían en tamaño y pueden estar dispersos o apiñados a lo largo del fondo marino (Fig. 1b). Estas formaciones, se encuentran rodeadas por bancos arenosos de origen calcáreo entre 1 y 12 metros de profundidad (Fig. 1c). Los parches de arrecifes coralinos se encuentran dispersos y son

de tamaño variable oscilando entre decenas a centenas de metros cuadrados. Hacia el centro de la bahía y hacia el borde de la terraza, finaliza la plataforma e inicia el talud arrecifal que se extiende hasta los 18 metros de profundidad. En estos parches se observó fuerte erosión asociada a la pérdida la cobertura coralina y grandes agregaciones de erizos *Diadema antillarum* (Fig. 2). La bioerosión es posiblemente la causa de la caída del arrecife por debajo de la cota que se requiere para reducir la energía del oleaje que impacta la costa.

La cobertura coralina no excede el 5% y las especies de coral que mayor aportan cobertura viva son *Porites porites*, *Porites astreoides*, *Madracis auritenra*, *Orbicella* spp y en algunos casos *Pseudodiploria strigosa*. Sin embargo, en algunas porciones cercanas a la terraza arrecifal, la cobertura de coral vivo puede llegar hasta un 10%. La baja cobertura es explicada por un evento de mortalidad de SCTLD que afectó a la mayoría de las especies en estos arrecifes entre el 2020 y el 2021.



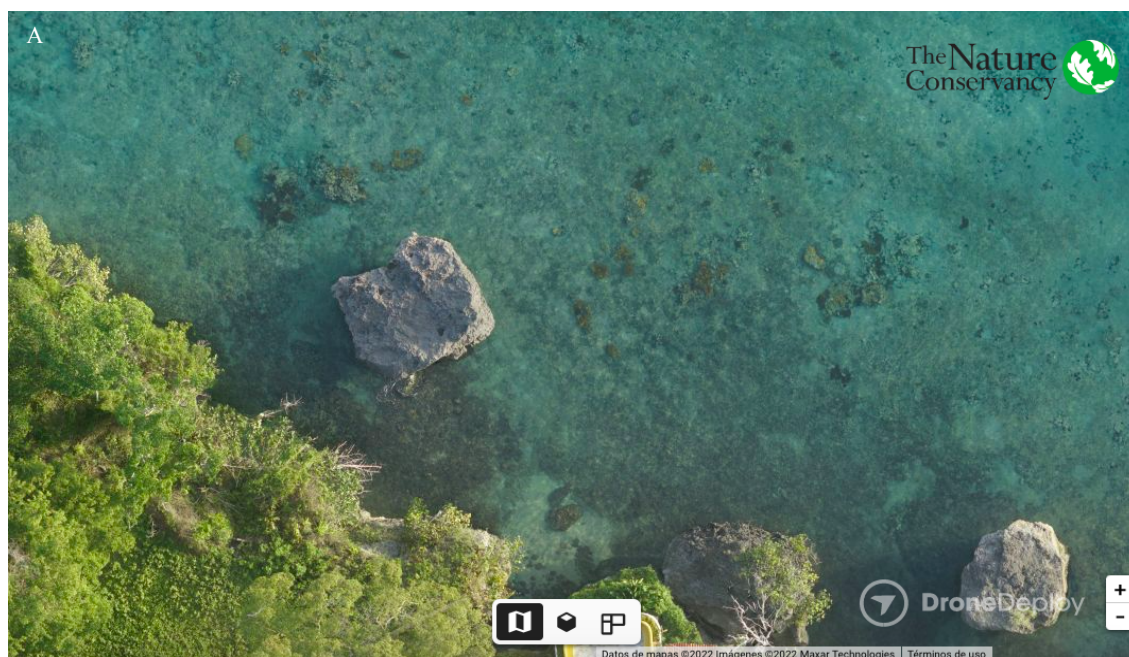
Figura 2. Fondo arrecifal altamente erosionado sin cobertura coralina y agregaciones de erizos (A). Parche de arrecife con erosión, se observan colonias dispersas de *Porites porites* y una colonia de *Pseudodiploria strigosa*, esta última posiblemente resistente a SCTLD (B). Parche de arrecife erosionado con grandes agregaciones de erizos y colonias de *Porites astreoides* (C). Fuente: TNC.

La parte más al sur del arrecife es un área potencial para la restauración, ya que ubica contigua a la parte de la playa que se está erosionando. El hábitat submarino de esta porción de la bahía está constituido por pavimento cubierto de algas tapete, y colonias dispersas (en su mayoría muertas) de *Pseudodiploria strigosa*. La zona es espacialmente importante por la presencia de colonias de *Acropora palmata* (Fig. 3), debido a su relevante papel en la protección de la costa y en la construcción de hábitats para especies de valor comercial. La zona presenta altas densidades de erizos *Diadema antillarum* que contribuyen al control de las macroalgas, pero al mismo tiempo contribuyen a la bioerosión de la estructura calcárea. Siendo un área somera (máximo 3 metros de profundidad), es factible el trabajo logístico para la instalación de estructuras híbridas y el trasplante de corales. La entrada de agua dulce a partir de ríos que se encuentran en la cara sureste de la Bahía puede, sin embargo, podría afectar negativamente los esfuerzos. La evaluación de la entrada de agua dulce (frecuencia e intensidad) debe ser tomada en cuenta antes de que se proceda al diseño de las intervenciones.

2.2.3. El problema de erosión

La interpretación de imágenes satelitales históricas en Google Earth muestra que; entre mayo de 2000 y mayo de 2021, una porción de Playa Sosúa se erosionó en 0.55 ha, otra ganó 0.96 ha, al tanto que 1.23 ha no sufrió cambios significativos. Esto constituye una tasa de erosión promedio de 0.026 ha/año. IH Cantabria analizó adicionalmente las tasas de erosión en segmentos de 10 m a lo largo de la playa y encontró tasas de erosión entre -0.03 y -0.9 m/año en diferentes lugares.

La playa se está erosionando en gran parte a lo largo de la mitad sur y se acumula a lo largo de la mitad norte (Fig. 4a). Esto indica que la dirección del flujo en la bahía probablemente sea en sentido anti horario, recorriendo la parte sur de la playa y moviendo esa arena hacia la parte norte. Debido a esto, es probable que sea necesaria la restauración de los arrecifes que bordean el sur, resaltados en el mapa, para reducir la erosión de la playa. Este problema de erosión viene dado por la notable pérdida de la cobertura coralina y los pastos marinos, que elimina el efecto protector a la costa contra las corrientes y el embate de las olas de estos ecosistemas. Las grandes agregaciones de erizos también contribuyen a la erosión de los parches arrecifales, mientras que el uso del suelo en la zona de playa interfiere en el balance de aporte y de arena.



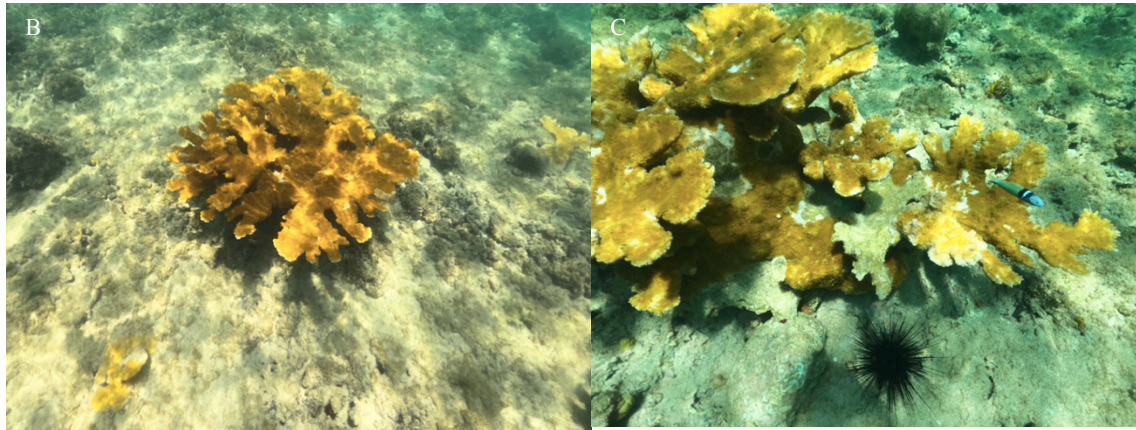
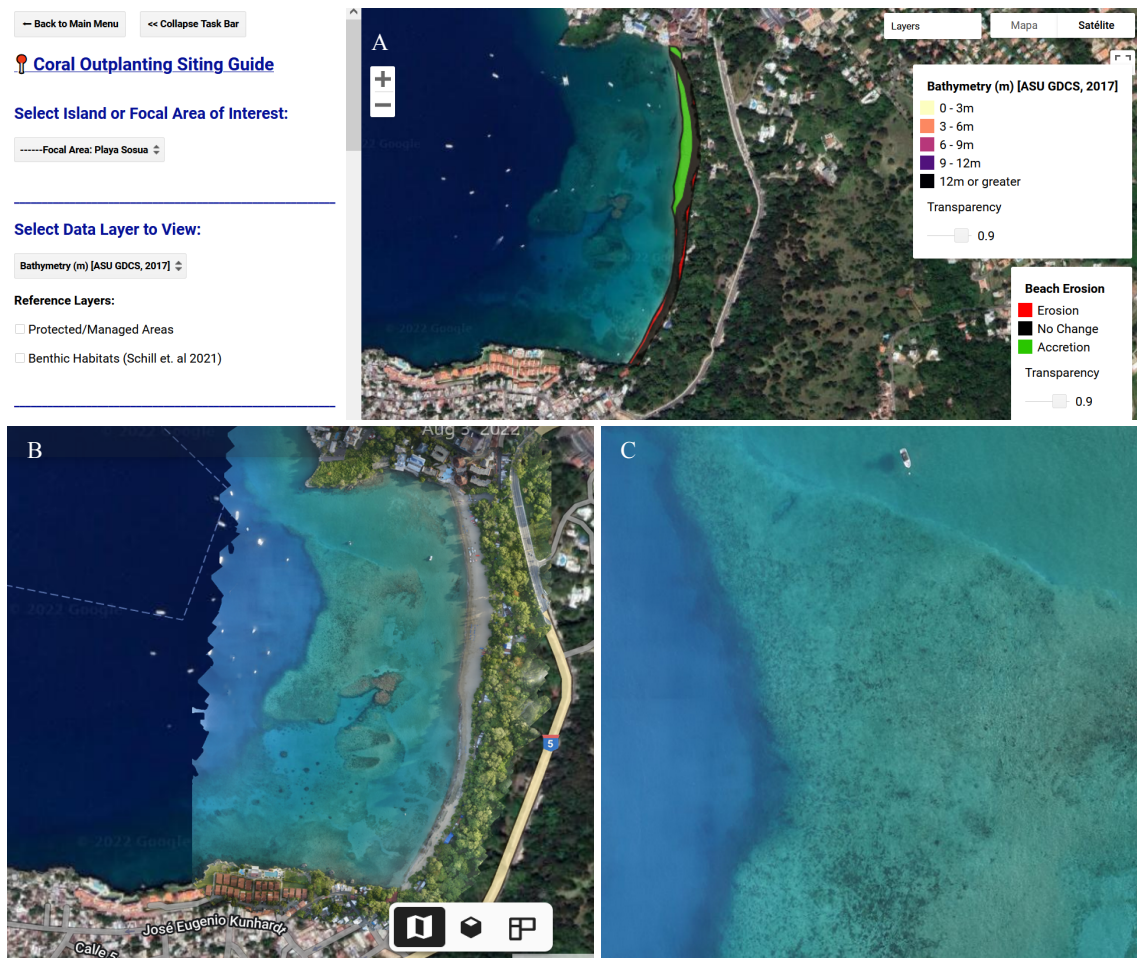


Figura 3. Imagen aérea del sur de la bahía de Sosúa captada por vuelo de drones, se observa colonias de *Acropora palmata* dispersas (A). Colonia de *Acropora palmata* en buen estado de salud (B). Colonias de *Acropora palmata* presentando signos de alguna enfermedad (C). Fuente: TNC.



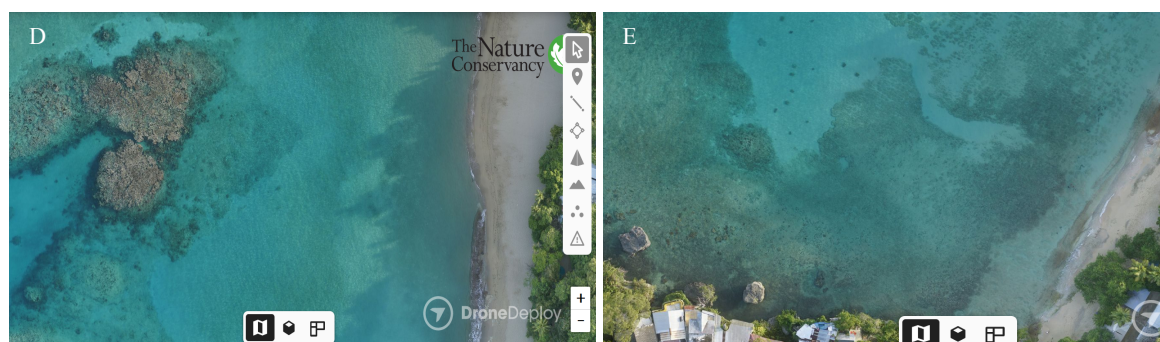


Figura 4. Imagen satelital de la playa Sosúa, con la distribución de hábitat bentónicos relevantes y sitios potenciales para el establecimiento de estructuras artificiales para la protección de playas (A). Ortomosaico de la Bahía de Sosúa (B). Imagen del talud arrecifal (C). Parche coralino de mayor tamaño en el centro de la Bahía (D). Cara Sur de la playa (E). Fuente: TNC, ver apartado 7, sección 7.1 y 7.3 para la herramienta de selección de sitios mostrada en el panel A.

2.3. Punta Popy

2.3.1. Ubicación geográfica

Punta Popy es una playa angosta en un punto a lo largo de la costa en Las Terrenas, en el noreste de República Dominicana, justo al norte de la Bahía de Samaná. Se encuentra a 19°19'33" latitud norte y 69°31'47" longitud oeste, y tiene una longitud aproximada de 1,13 km. Pertenece al Santuario de Mamíferos Marinos Bancos de La Plata y La Navidad. Por ello, cualquier intervención debe cumplir con las regulaciones vigentes para áreas marinas protegidas de la República Dominicana. A pesar de esta categoría de protección esta playa, al igual que otras en Las Terrenas, se encuentra sometida a una fuerte intervención de la línea de costa, donde se observa claramente modificación de la duna y remoción de vegetación costera por construcción de carreteras y hoteles (Fig. 5a).



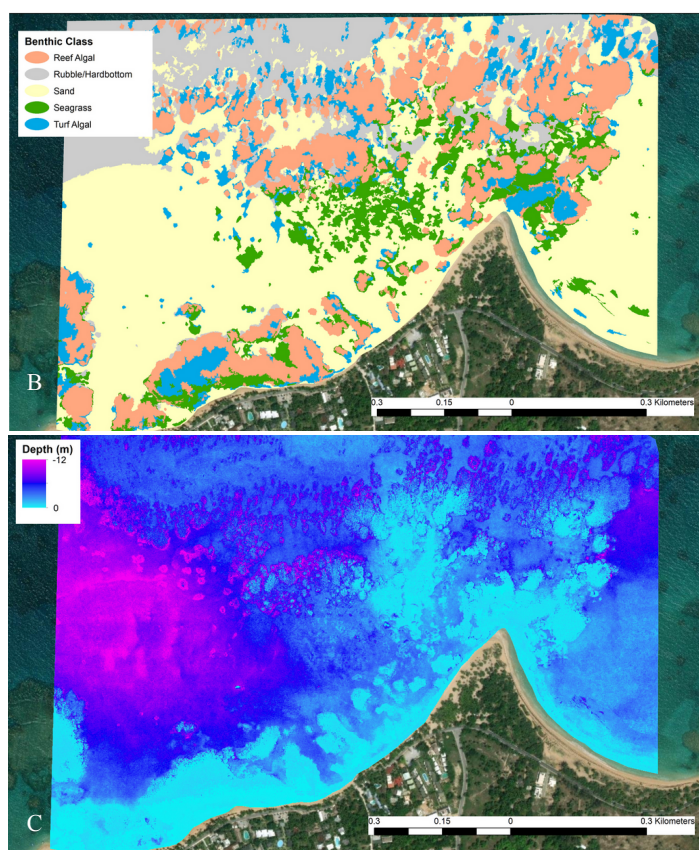


Figura 5. Ortomosaico de Punta Popy a partir de imágenes colectadas con UAV (A). Clasificación de hábitats (B) y modelos de batimetría (C). Fuente: TNC, ver apartado 7, secciones 7.1 y 7.2.

2.3.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría

Como su nombre lo indica, Punta Popy es una porción de la playa donde se forma la arena en forma de punta. Una costa poco profunda rodeada por aproximadamente 122 hectáreas de parches de arrecife, dentro de un radio de 1 km de la playa (Fig. 5b). La caracterización se llevó a cabo dentro de la unidad geomorfológica laguna arrecifal, compuesto principalmente por bancos arenosos con algas mixtas y pastos marinos dispersos. El perfil batimétrico muestra hábitats someros sobre una plataforma que oscila entre 1.3 y 12 m de profundidad (Fig. 5 c).

Los parches arrecifales se encuentran erosionados, desprovistos de corales masivos formadores de arrecifes y dominados por macroalgas, con coberturas de coral menor al 5%, donde se observó principalmente colonias de *Porites porites* (Fig. 7a) y solo una colonia de la especie *Diploria strigosa* con signos de SCTLD (Fig. 7b). También se avistó habitando los arrecifes, erizos de las especies *Echinometra lucunter* y *Diadema antillarum*, siendo el primero el más dominante (Fig. 7 c-d). Estos parches están rodeados por grandes áreas de pastos marinos con cobertura de medio densa a densa, predomina la especie *Syringodium filiforme*, aunque también se observa *Thalassia testudinum* (Fig. 7 e-f). Es importante destacar, que se observaron extensiones de centenas de metros con pastos cuyas raíces y rizomas se encuentran expuestas, mostrando un claro proceso de

erosión y socavación del sustrato afectando a estos hábitats. Esto sugiere que la alteración de procesos costeros y dinámicas sedimentarias no solo está afectando la porción supralitoral sino también la parte sumergida de la costa.

2.3.3. *El problema de erosión*

La interpretación de imágenes satelitales históricas en Google Earth muestra que, entre marzo de 2003 y abril de 2020, Playa Punta Popy se erosionó en 1,23 ha, se acrecentó en 0,25 ha y 0,54 ha no sufrió cambios significativos. Esto constituye una tasa de erosión promedio de 0.072 ha/año. IH Cantabria analizó adicionalmente las tasas de erosión en segmentos de 10 m a lo largo de la playa y encontró tasas de erosión entre -0,02 y -3,36 m/año en diferentes lugares.

La punta y el tramo occidental de la playa parecen estar erosionándose de manera más significativa (Fig. 6 a), por lo que los parches de arrecife más cercanos a estas áreas erosionadas podrían ser objeto de restauración (Fig. 6 b-d). En esta zona, se puede intervenir con estructuras artificiales de diferentes formas geométricas. Existen dos ventajas para establecer intervenciones en esta zona: (1) los parches de arrecife se encuentran cerca de la superficie, por lo que las estructuras pueden ser menores a 1 m de altura y (2) los parches se encuentran en la laguna arrecifal, cerca de la playa y protegidos por lo que queda la cresta del arrecife. Esto puede beneficiar el efecto positivo de disipación de energía de oleaje en la zona de la playa. El único problema es el alto nivel de bioerosión de los parches, lo cual puede dificultar el anclaje y comprometer la integridad de las estructuras artificiales.





Figura 6. Imagen satelital Punta Popy con la distribución de hábitat bentónicos relevantes y sitios potenciales para el establecimiento de estructuras artificiales para la protección de playas. (A). Ortomosaico de la Bahía de Punta Popy en Las Terrenas (B). Acercamiento de parches coralinos degradados-erosionados y pastos marinos que se ven en coloración más oscura cercar de la playa (C). Acercamiento de los parches coralinos y de pastos que se encuentran en la cara oeste de Punta Popy. Fuente: TNC, ver apartado 7, sección 7.1, 7.2 y 7.3 para la herramienta de selección de sitios.



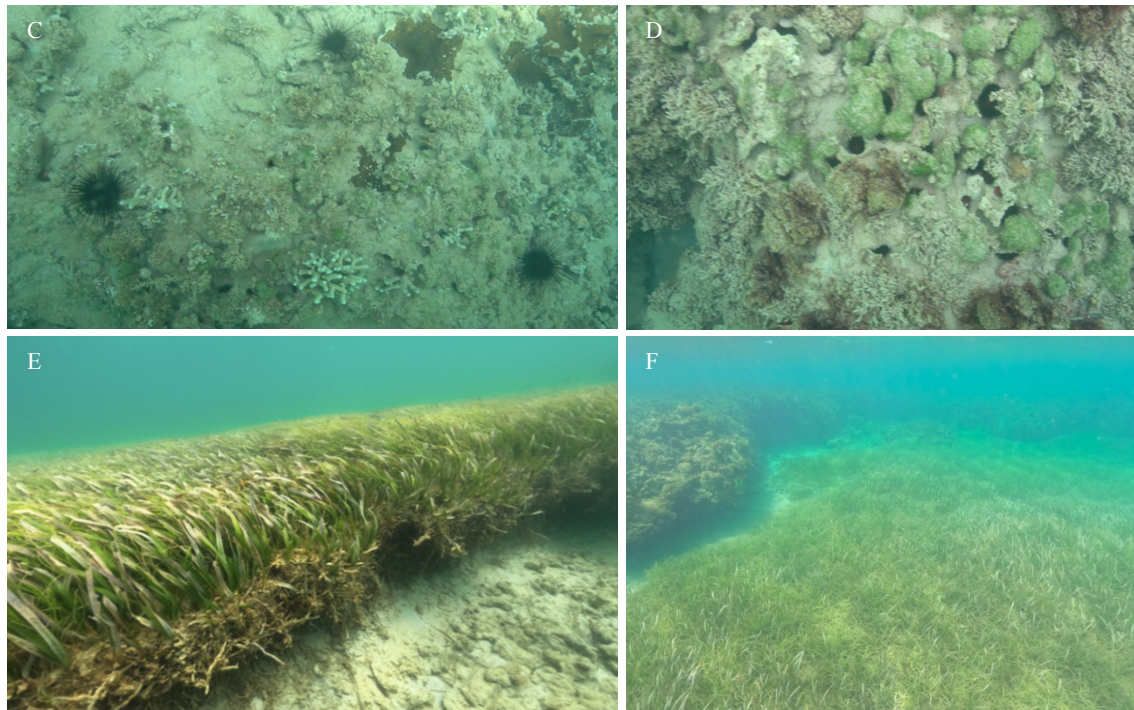


Figura 7. Vista del arrecife erosionado con colonias de *Porites porites* y *Porites astreoides* (A). *Pseudodiploria strigosa* con signos macroscópicos de SCTLD (B). Arrecife erosionado con *Diadema antillarum* y colonias dispersas de *Porites porites* (C). Arrecife dominado por macroalgas y presencia de *Echinometra lucunter* (D). Parche monoespecífico de *Thalassia testudinum* socavándose desde abajo hacia arriba por un proceso de erosión (E). Parche denso de *Syringodium filiforme* y *Thalassia testudinum* (F). Fuente: TNC, ver apartado 7, sección 7.4.

2.4. Playa Bonita

2.4.1. Ubicación geográfica

Playa Bonita se encuentra a lo largo de la costa en Las Terrenas, en el noreste de República Dominicana, a unos 5 km al oeste de Playa Punta Popy. Se localiza a 19°18'52" latitud norte y 69°34'10" longitud oeste y tiene una longitud aproximada de 2 km. Al igual que Punta Popy, se ubica dentro de los límites del Santuario de Mamíferos Marinos Bancos de la Plata y la Navidad y presenta las mismas presiones por usos inadecuados.



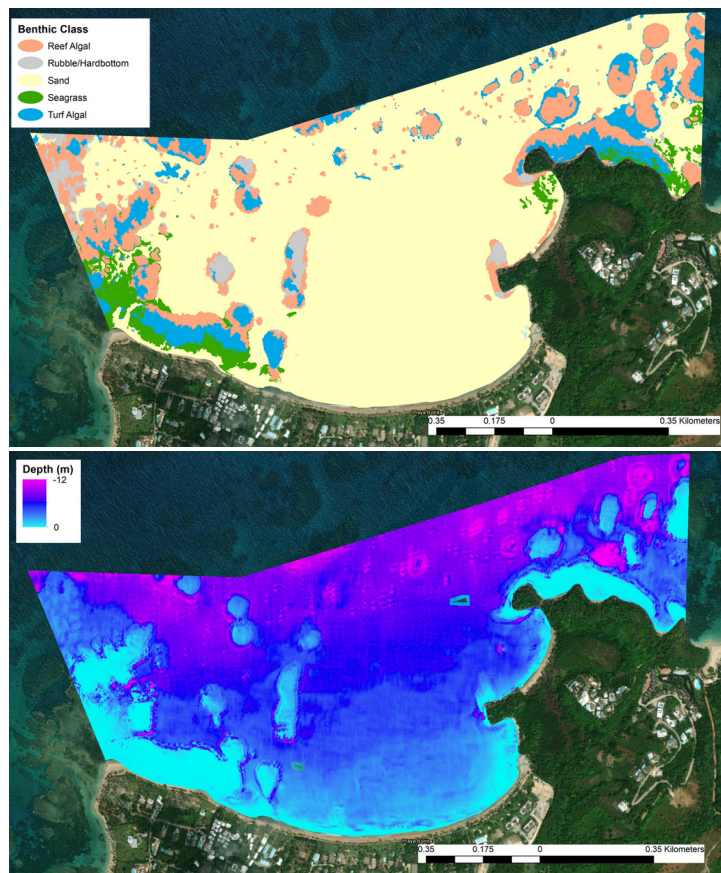


Figura 8. Ortomosaico de la bahía de Playa Bonita a partir de imágenes colectadas con UAV (A). Clasificación de hábitats (B) y modelos de batimetría (C). Fuente: TNC, ver apartado 7, secciones 7.1 y 7.2.

2.4.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría

Playa Bonita es una bahía semicerrada que en su fondo marino presenta parches de arena y de coral casi en la misma proporción, combinados con pastos marinos. Los bancos arenosos se ubican en el centro y hacia el lado este de la playa. Están asociados a conglomerados de carbonato de calcio y; en algunas secciones, las camas de arena presentan rizaduras marcadas. En el extremo oeste se encuentran los parches de arrecife con fuerte erosión, presencia de macroalgas y coberturas menores al 5%. Representan aproximadamente 144 hectáreas entre parches y arrecifes marginales (Fig. 8 a y b). La batimetría muestra hábitats someros que no exceden los 6 m de profundidad hasta aproximadamente 0.3 km de la costa, a partir de este punto se pueden observar profundidades que exceden los 12 m (Fig. 8c).

De las pocas especies de coral vivo que se observaron, se encuentran *Porites porites* y *Porites astreoides*. Se observaron varias colonias de *Pseudodiploria strigosa*, algunas infectadas con SCTLD. Sobre los parches de arrecifes también se observaron agregaciones de erizos *Diadema antillarum*. En menos proporción, se observaron pastos

marinos sanos y densos, de las especies *Syringodium filiforme* y *Thalassia testudinum* (Fig. 9 e-f).

2.4.3. El problema de erosión

La interpretación de imágenes satelitales históricas en Google Earth, muestra que; entre junio de 2015 y agosto de 2018, Playa Bonita se erosionó en 0,33 ha, se acrecentó en 0,71 ha y 1,33 ha no tuvieron cambios significativos. Esto constituye una tasa de erosión promedio de 0,11 ha/año (Fig. 9a). IH Cantabria analizó adicionalmente las tasas de erosión en segmentos de 10 m a lo largo de la playa y encontró tasas de erosión entre -0,01 y -1,42 m/año en diferentes lugares.

La playa se está erosionando en gran medida a lo largo del lado este de la punta y dentro de la bahía. El patrón aquí es menos claro y puede requerir investigación o consultas adicionales.

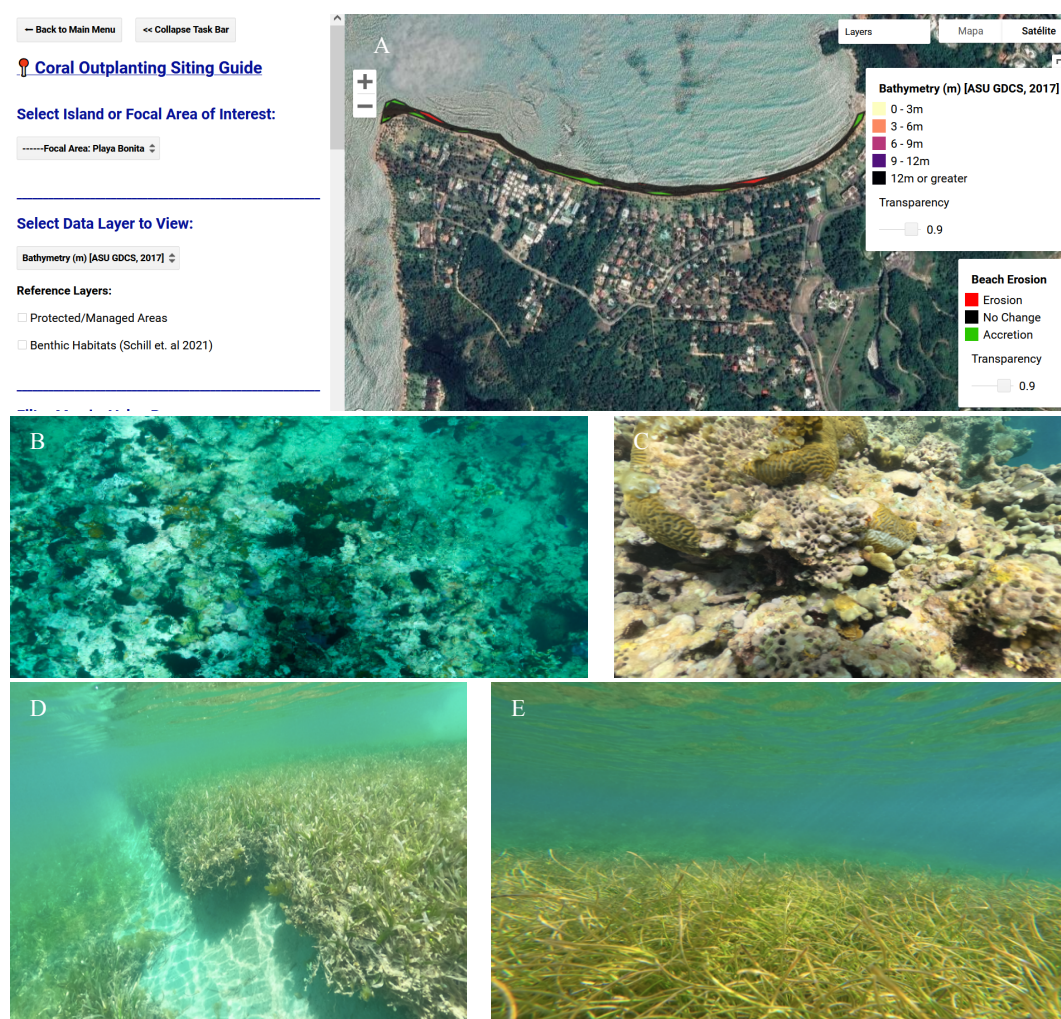


Figura 9. Localización de los arrecifes y áreas con mayor erosión según herramienta de selección de sitios (A). Parche arrecifal erosionado y dominado por erizos *Diadema antillarum* (B). Parche arrecifal erosionado con algunas colonias de *Porites porites* y *Pseudodiploria strigosa* con signos de Plaga Blanca

(C). Terracilla de erosión observada en área de estudio en los parches de pastos marinos (D). Parche denso de *Syringodium filiforme* (E). Fuente: TNC, ver apartado 7, sección 7.1, 7.2 y 7.3 para la herramienta de selección de sitios.

Sin embargo, al igual que Punta Popy, la ventaja de esta localidad, es la cercanía del arrecife a la playa y la baja profundidad del sitio, lo que permite instalar estructuras de poca altura que tengan un impacto de disipar la energía del oleaje. La erosión de la estructura arrecifal puede incidir negativamente sobre el anclaje y estabilidad de las estructuras artificiales.

Como se mencionó anteriormente, el patrón de erosión y restauración del arrecife es menos claro, pero es posible que se necesite algo de restauración en los arrecifes a lo largo de la punta y al este de la bahía. Es posible que se necesite más conocimiento local o datos de campo para refinar aún más este sitio.

2.5. Punta Arena Gorda y el Cortecito

2.5.1. Ubicación geográfica

Punta Arena Gorda y El Cortecito se ubican a lo largo de la costa este de la República Dominicana, en el área de Bávaro, a 26,6 km y 20.1 km desde el Aeropuerto Internacional de Punta Cana, respectivamente. En la tabla 1 se presentan los datos básicos de ambas playas. Estas zonas forman parte del principal polo turístico de la República Dominicana, por lo que están sometidas a una alta presión por la construcción de estructura hotelera y afines en la línea de costa. Este desarrollo ha removido el área de duna, la vegetación costera y pastos marinos, interfiriendo con la dinámica de transporte y retención de arena en la playa.

Tabla 1. Ubicación geográfica y figura de protección de Punta Arena Gorda y el Cortecito.

Playa		Coordenadas		Longitud	Categoría
		X	Y		
Punta Gorda	Arena	18°43'56"	68°27'55"	6,77 km	Vía Panorámica Costa Azul bajo la categoría de Paisajes Protegidos
El Cortecito		18°41'43"	68°25'36"	5,12 km	Sin categoría de protección o manejo

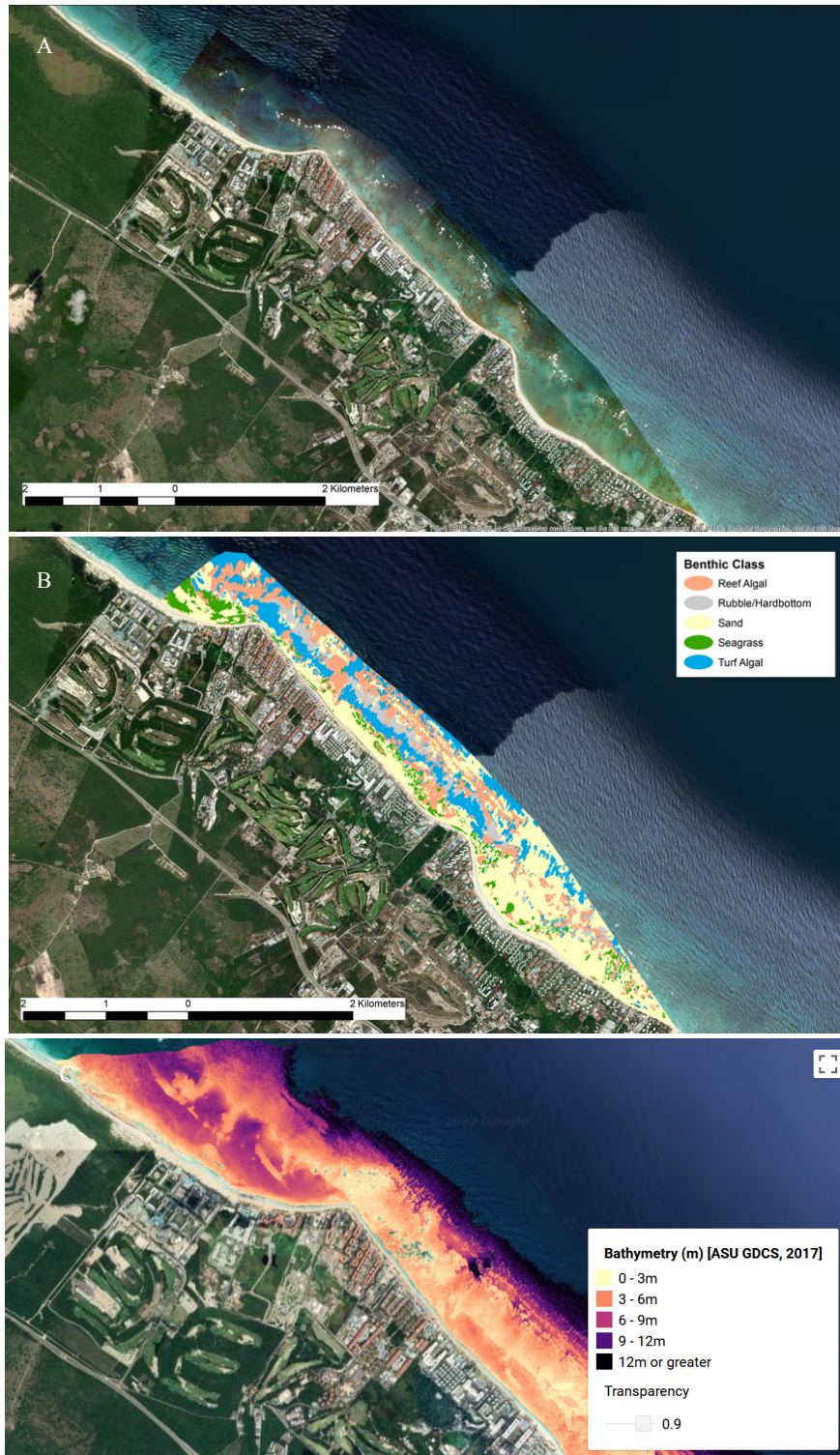


Figura 10. Ortomosaico de la bahía de Playa Bonita a partir de imágenes satelitales. (A). Clasificación de hábitats (B). No se dispone de modelos batimétricos de alta resolución porque la zona no se pudo navegar debido a malas condiciones del tiempo. La Marina Dominicana no dio permiso para la navegación. La data batimétrica se describe a partir de los modelos del GAO. Fuente: TNC, ver apartado 7, secciones 7.1 y 7.2.

2.5.2. Arrecifes de coral, zonas geomorfológicas, hábitats y batimetría

Las unidades geomorfológicas están claramente definidas por el sistema arrecifal (Fig. 10 a-b). En ambas playas se presenta una terraza superior, una cresta y una laguna arrecifal que oscila entre 0 y 15 metros de profundidad (similar a lo que se encuentra en toda la costa este entre Bávaro y Punta Cana). Los cambios en batimetría son leves, lo cual indica que la laguna arrecifal es amplia, extendiéndose hasta 1 km de la costa. Esto genera un balance hidrodinámico que produce partículas sedimentarias que mantienen los ecosistemas característicos de estas áreas. Los arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares predominan, aunque este último ha sido removido casi en su totalidad, observándose escasos parches dentro de las propiedades de los hoteles.

Cada playa está protegida por una prominente cresta arrecifal ubicada a 800 metros de la línea de costa, de unas ± 64 hectáreas ($\sim 2,13$ km de longitud) con dos zonas bien diferenciadas (Fig. 10 b). La cresta del arrecife está bordeada por una cresta de arrecife más grande al este que se encuentra rodeada por parches de arrecifes más pequeños. Estas crestas de arrecife más cercanas a Punta Arena Gorda y El Cortecito podrían ser objeto de restauración para reducir la erosión de la playa.

2.5.3. El problema de erosión

La interpretación de imágenes satelitales históricas en Google Earth muestra que; entre abril de 2006 y mayo de 2021, Punta Arena Gorda se erosionó en 2,49 ha, se acrecentó en 2,1 ha y 5,73 ha no sufrieron cambios significativos (Fig. 11 a-b).

Esto constituye una tasa de erosión promedio de 0,166 ha/año. IH Cantabria analizó adicionalmente las tasas de erosión en segmentos de 10 m a lo largo de la playa y encontró tasas de erosión entre -0,07 y -2,83 m/año en diferentes lugares. La playa se está erosionando de manera bastante uniforme en toda el área. La restauración de la cresta del arrecife paralela a la playa, resaltada en el mapa, podría reducir la erosión de la playa. Entre todas las playas analizadas, consideramos que esta es la playa que demanda atención inmediata, y además es uno de los casos más complejos debido a la extensión espacial de la erosión, las inversiones en infraestructura hotelera y el uso del turismo sobre la misma.

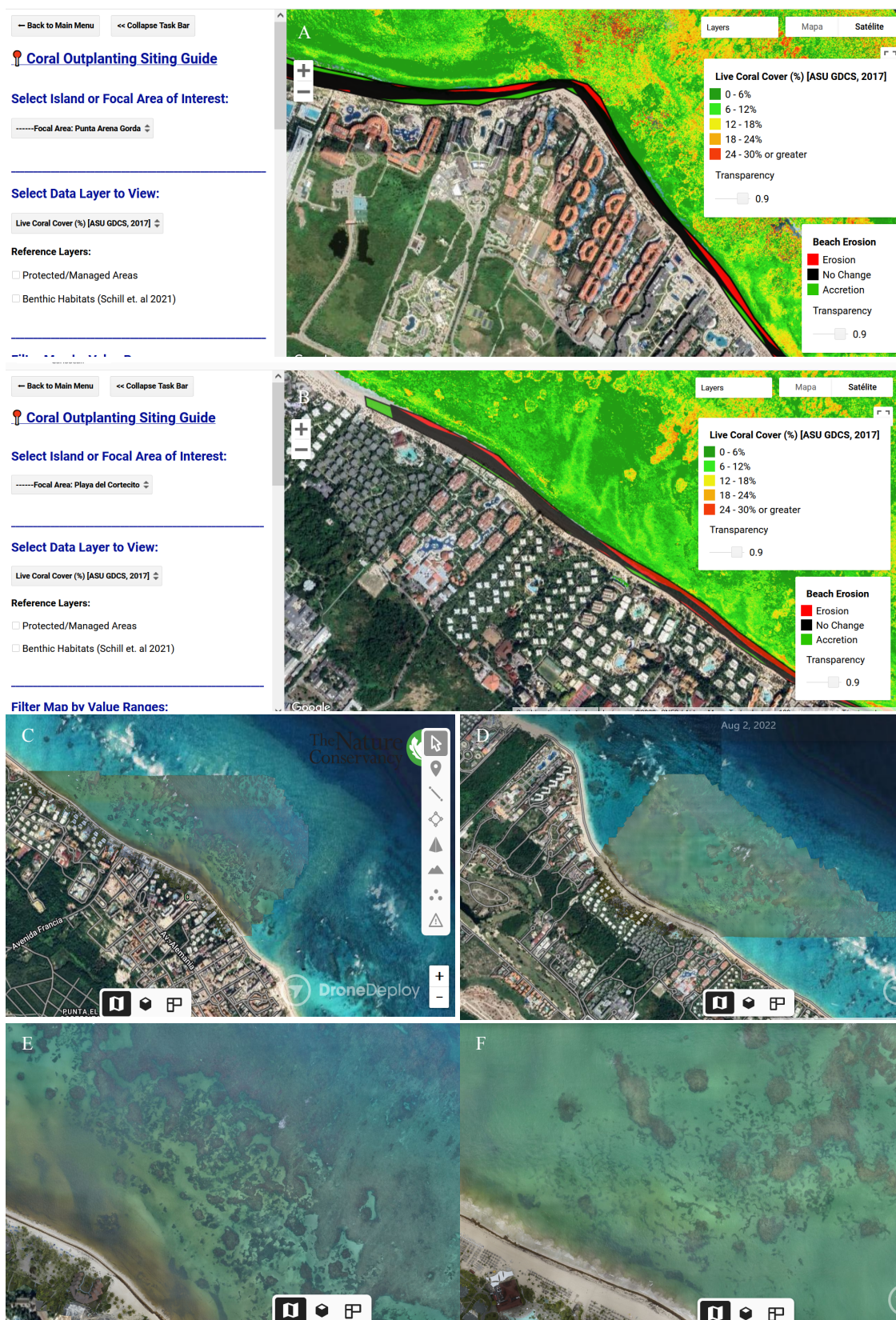











Figura 11. Localización de los arrecifes y áreas con mayor erosión según herramienta de selección de sitios en Punta Arena Gorda (A) y El Cortecito (B). Ortomosaico obtenido con drones (C y D). Detalles de

las áreas con los ecosistemas predominantes (E y F). Fuente: TNC, ver apartado 7, sección 7.1, 7.2 y 7.3 para la herramienta de selección de sitios.

3. AMENAZAS Y PROBLEMAS PARA LA SALUD EN LOS ARRECIFES

Las amenazas de los arrecifes de coral y de pastos marinos, como ecosistemas ecológicos, hidrodinámica y geomorfológicamente conectados, son probablemente los mismos que han venido causando su deterioro y se pueden dividir en dos grandes grupos (globales y locales) con dos diferentes orígenes (humanos y naturales). Las amenazas globales de origen natural y/o humano, prácticamente aplican en menor o mayor proporción a todos los arrecifes de la República Dominicana y del Caribe. Están bien tipificadas y se asocian a los problemas de fertilización de CO₂ en la atmósfera como consecuencia de la quema de combustibles fósiles; y es por lo que, poco se puede hacer a nivel local para reducirlas (para una revisión ver Croquer et al. 2022). A lo largo del documento de planificación de intervenciones; aunque estos problemas se consideran relevantes, no se discuten debido a que el objetivo es reducir las presiones locales para que las intervenciones de restauración híbrida sean más exitosas en el plazo de duración del proyecto. En este apartado se describen los problemas locales que pueden afectar los arrecifes en las playas evaluadas, y éstos se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de amenazas por playa. En rojo se describen las acciones presentes en los sitios evaluados que representan una amenaza muy alta para los arrecifes y la estabilidad de la costa. El naranja se refiere a una amenaza alta presentes en el sitio de intervención. En amarillo se describen amenazas moderadas o que cuentan con planes de mitigación en curso actualmente; el verde indica amenazas bajas o que se encuentran totalmente controladas. Para una clasificación más precisa por playa, se debe cumplir con el segundo componente de la actividad 2 “estudio de línea base ambiental” en el esquema de planificación propuesto en este documento.

									
PLAYAS	DESARROLLO COSTERO	SOBREPESCA	CALIDAD DE AGUA	TRÁFICO MARÍTIMO	PRESIÓN TURÍSTICA	SARGAZO	ENFERMEDADES CORALINAS	BIOEROSIÓN	TORMENTAS
Playa Sosúa	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Punta Popy	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Playa Bonita	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Punta Arena Gorda	●	●	●	●	●	●	●	●	●
El Cortecito	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Si bien las causas de degradación de los arrecifes de coral son complejas y multifactoriales, se sabe que la República Dominicana ha experimentado una rápida expansión en el desarrollo de la línea de costa, asociado a un incremento en la actividad turística. Solo para ilustrar esto, en julio de 2022, el país rompió el récord histórico de visitación al llegar a más de 735 mil visitas durante el mes. A pesar de que esto representa un logro, también implica una serie de retos, debido al incremento de la presión de estresores locales que pueden terminar acelerando la pérdida de áreas coralinas, la erosión de playas y el deterioro de los hábitats adyacentes a los arrecifes; y con ello, su valor estético. A continuación, se describen algunas amenazas locales que deben manejarse para que el programa de intervención híbrida de arrecifes tenga mejores resultados.

3.1. Desarrollo costero y modificación de la línea de costa

Uno de los grandes problemas identificados en todas las playas evaluadas es el desarrollo poco planificado del área que se encuentra por encima de la zona intermareal, es decir, sobre las dunas y, en algunas ocasiones sobre la playa. Esta condición genera un problema directo sobre el transporte, reemplazo y retención de arena, es decir, sobre la dinámica natural de los procesos costeros que determinan la formación del litoral arenoso. Específicamente, la construcción de infraestructura gris desde restaurantes, negocios para venta de souvenirs y comercios de diferentes tipos hasta hoteles sobre las dunas es común en todas las playas. Adicionalmente, la construcción de muros para prevenir inundaciones y proteger esa infraestructura gris, puede, de igual forma, afectar la dinámica de la playa. Este problema se puede ver de manera muy clara en las playas de Bávaro, las Terrenas y Sosúa. Es primordial que la intervención para recuperar porciones de los arrecifes con el uso de estructuras arrecifales venga acompañada de una mejor planificación de estas obras.



Figura 12. Muro paralelo a la costa construido al oeste de Punta Popy, Las Terrenas (A). Estructuras comerciales construidas sobre el área de playa, se puede ver sacos para protegerlas de la erosión (B). Fuente: TNC.

3.2. Pérdida de calidad de agua.

El desarrollo de la línea de costa también puede generar una serie de efectos indirectos sobre las comunidades coralinas debido a la contaminación y pérdida de calidad de agua. Específicamente, la remoción de la vegetación natural que protege las dunas puede incrementar las cargas sedimentarias al favorecer el lavado del suelo por escorrentía terrestre. Por su parte, la urbanización poco planificada y el mal manejo de aguas servidas puede alterar la calidad del agua e introducir nutrientes, químicos y tóxicos, además de desechos sólidos que afectan directa o indirectamente la supervivencia de los corales que se pongan en la estructura híbrida. Estos problemas se ven reflejados en algunos resultados compilados en este informe, dado que, todas las playas mostraron valores de nitritos y nitratos por encima de la normativa dominicana para aguas costeras (Tabla 3). La regulación oportuna y acertada del desarrollo de infraestructura hotelera y otras edificaciones, sobre áreas que afectan la dinámica de la costa con una visión de soluciones basadas a la naturaleza que permitan el desarrollo y el uso sustentable de la costa es necesaria. Además, el uso de cuencas, y una mejor regulación de las prácticas agrícolas que influyen negativamente sobre la calidad de agua y que se hacen en éstas, debe acompañar en paralelo las intervenciones de restauración híbrida, como se discute más adelante en la sección de planes de mitigación. Otro problema creciente que puede impactar la calidad de agua es la llegada masiva de Sargassum. Desde 2012, cada año toneladas métrica de esta alga se depositan en las costas de diferentes países del Caribe, incluyendo la República Dominicana. La descomposición de materia orgánica en áreas próximas a la costa y en lagunas arrecifales someras y protegidas, puede causar anoxia, sofocación incremento en la cantidad de nutrientes en el agua, alta productividad y pérdida de la transparencia del agua. Además, el Sargassum puede interferir en la propagación de corales durante períodos reproductivos dado que funcionan como barreras de dispersión de larvas de coral. La acumulación de Sargassum en la costa, no es solo un problema para los corales, también afecta la calidad de la playa; y su remoción mecánica, generalmente fomenta la erosión y pérdida de arena en la zona supra mareal.

Tabla 3. Variables indicadoras de calidad de agua y valores registrados a partir de una muestra reducida y puntual (primera semana de agosto de 2022) en las 5 playas de estudio. Se resaltan en negritas los valores que están por encima de la norma. NA = no se encontró valor de referencia aceptable. ND = valor por debajo del límite de detección.

Parámetro	Método/Técnica	LDM	Límites permisibles*		Playas				
			Min	Max	Sosúa	Punta Popy	Bonita	Arena Gorda	El Cortecito
Nitrato (mg/L NO3)	SM 4500 NO3 B	0.02		0.5	1.78	1.33	1.78	1.78	0.89
Nitrito (mg/L NO2)	HACH 8507	0.003			0.007	0.01	0.16	0.007	0.01
Fosfato (mg/L PO4 -3)	HACH 8190	0.04		0.4	0.15	0.09	0.33	0.15	0.19

Fosforo total (mg/L P)	HACH 8190	0.013		0.4	0.05	0.03	0.11	0.05	0.06
Sólidos									
Suspendidos	SM 2540 D	-	NA	NA	30	37	35	64	37
Totales (mg/L)									
Coliformes	SM 9221 B /								
Totales	Número más	-	NA	1000	<18	<18	<18	74	<18
(NMP/100m)	Probable (NMP)								
Coliformes	SM 9221 E /								
Fecales	Número más	-	NA	400	<18	<18	<18	74	<18
(NMP/100m)	Probable (NMP)								
Nitrógeno									
Total (mg/L N)	HACH 10072	-	NA	NA	ND	1	3	2	ND

* Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras. Septiembre, 2012.

3.3. Sobrepesca

En cuanto a la sobrepesca, la extracción de peces herbívoros que controlan el crecimiento de algas que compiten con el coral por el sustrato, y además tienen un papel fundamental en la producción de arenas de carbonato de calcio puede, por un lado, afectar negativamente la supervivencia de los corales que se trasplantan sobre las estructuras artificiales, y a su vez, disminuir el aporte de sedimentos a la playa. La extracción de peces herbívoros y el uso de artes de pesca como trampas, puede también afectar lo poco que queda de arrecifes saludables en las zonas a ser intervenidas. Como se mencionó anteriormente, la evaluación de los hábitats bentónicos realizados en todas las playas muestra coberturas de coral vivo por debajo del 5% en la mayoría de los casos, y altos niveles de bioerosión, es decir, desgaste de la matriz de carbonato de calcio del arrecife (ver apartado 3.7 para una descripción de este problema).

Los datos presentados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el “Informe de Línea Base sobre el estado de Especies Marinas para la Implementación y Gestión del Decreto 418-21”, muestra la disminución de especies de peces herbívoros de mediana y gran talla en todas las provincias costeras del país. El documento sugiere que este desbalance es consecuencia del alto nivel de estrés, principalmente por la presión de pesca, y la ausencia casi total de especies de alto valor comercial (meros, pargos, y bocayates).

3.4. Tráfico marítimo

El tráfico de botes es una amenaza frecuente en todas las zonas visitadas. En las cinco playas existen operadoras turísticas y asociaciones de acuáticas dedicadas a ofrecer diferentes actividades de esparcimiento al público local y a los huéspedes de los hoteles. La apertura de canales sobre la barrera arrecifal para facilitar el acceso desde el mar hasta la playa y viceversa ha disminuido o comprometido la capacidad de los arrecifes de reducir la energía y la altura del oleaje. En términos de las intervenciones, la regulación

de estas actividades debe ser una prioridad, especialmente en áreas donde se instalen los arrecifes artificiales que sean repoblados con corales. En la sección de planes de mitigación se discuten alternativas que deben considerarse para reducir el impacto de esta amenaza.

3.5. Carga turística

La presión del turismo en términos del número de personas que utilizan el arrecife, además del número de embarcaciones que operan en el área y que potencialmente pueden dañar al coral y afectar la infraestructura física de los arrecifes naturales y artificiales que se colocarán para ser sembrados, debe ser regulado, en especial en las áreas de intervención. Un punto crítico que puede amenazar el éxito de las intervenciones para recuperar la playa, es la capacidad máxima de carga (i.e., máximo número de personas que el ecosistema puede sostener sin que se produzcan cambios significativos en su estructura y función). Desafortunadamente, en la República Dominicana esta información es limitada, por lo que es difícil orientar los planes de regulación. En lo que a corales respecta, el uso de bloqueadores solares y los daños mecánicos que producen las personas cuando caminan sobre áreas coralinas, puede romper y matar al coral si la magnitud del impacto es alta y frecuente.

3.6. Enfermedades de corales y organismos marinos

Finalmente, el problema de las enfermedades de corales y de otros organismos como erizos, es uno que; sin lugar a duda, va a afectar cualquier intento de restauración y programa de reproducción de corales (sexuales y asexuales) a corto plazo. Un ejemplo de esto es la Enfermedad de Pérdida de Tejido Rápido de Corales, la cual afecta a más de 22 especies y ha sido reportada ya la costa norte y este y sureste de la República Dominicana (Cróquer et al. 2022, Comisión de Enfermedades de la RAD, 2022). La enfermedad, puede reducir las poblaciones de corales de manera acelerada y muchas de estas especies son utilizadas en esfuerzos de restauración. Por su parte, la mortalidad de erizos que se viene registrando en algunas localidades de República Dominicana, también puede afectar los esfuerzos de restauración, dado que estos inciden positivamente en la supervivencia y el crecimiento de los corales trasplantados (Cano et al. 2021).

3.7. Bioerosión e incremento en la frecuencia e intensidad de tormentas y huracanes

Al estar de cara al viento y/o en la fachada del Atlántico, las playas estudiadas han sido impactadas frecuentemente por tormentas y huracanes que también han podido ser una causa de pérdida coralina, además de la mortalidad de *Acropora palmata* ocurrida en los 80 a nivel regional. Esta causa se infiere debido a la presencia de grandes esqueletos de esta especie que se pueden observar a lo largo de la cresta del arrecife. Si bien los arrecifes pueden mantenerse en pie y resistir el impacto de huracanes y tormentas, e incluso, estos eventos pueden ser beneficiosos para los corales, dado que remueven las algas y limpian el sustrato, el problema real es el incremento en su intensidad y frecuencia.

Por su parte, es posible que la bioerosión de erizos, esponjas y combinados con factores humanos hayan tenido un papel fundamental en la rápida pérdida de corales y; con ello, el aplanamiento del arrecife, la pérdida de su complejidad estructural y, en consecuencia, el favorecimiento de procesos erosivos en la línea de costa. El problema de bioerosión de los arrecifes de todas las playas estudiadas es serio, dado que la estructura arrecifal no es sólida, tiende a ser porosa, quebradiza y aplanada en algunos casos muy por debajo de la cota de la superficie del mar. Aunque no se cuentan con datos históricos para cuantificar la magnitud de lo que se ha erosionado, el problema puede detectarse de manera visual, en especial en Las Terrenas y en Sosúa. En términos de las intervenciones, si las estructuras artificiales son colocadas sobre arrecifes erosionados, es posible que se vea afectada sus estabilidad e integridad a corto o mediano plazo.

3.8. Varamientos de Sargassum

El problema de Sargassum es una amenaza seria que puede incidir de manera negativa en el éxito de las intervenciones tanto en la estructura artificial como en los indicadores de la playa. Cada verano desde aproximadamente 2012, se han venido observando ribazones de Sargassum, un alga parda que flota en el agua y puede transportarse por largas distancias. Esta alga siempre ha existido en grandes agregaciones en el Atlántico Norte, sin embargo, desde años recientes ha colonizado e invadido el mar Caribe. Las explicaciones son múltiples, pero la explosión de toneladas métricas de Sargassum se asocia a la fertilización y calentamiento del océano.

El Sargassum puede acumularse en forma cuantiosa, incluso cientos de miles de toneladas métricas sobre la zona litoral, colmatando playas, e incluso hábitats arrecifales. Con la llegada de esta alga, se acumulan toneladas de materia orgánica que se descomponen liberando nutrientes al agua y anoxia en el agua y el sedimento. Esto afecta las propiedades del agua, incrementando la turbidez, y fomentando la acumulación de gases fétidos que inutilizan el sitio para el turismo, al tanto que se transforma en una amenaza para la ecología y biología de otras especies marinas. El enriquecimiento del agua con fósforo y nitrógeno, el agotamiento del oxígeno y el incremento en la turbidez puede generar mortalidades masivas en los corales y en peces. La acumulación sobre la playa puede impedir la nidación de tortugas marinas, solo para dar algunos ejemplos.

Desde el punto de vista de las intervenciones híbridas, la llegada del Sargassum puede comprometer la supervivencia y tasa de crecimiento de los corales trasplantados. La remoción del Sargassum puede afectar la estabilidad de la playa, debido a la remoción de arena accidental cuando se aplican medidas de eliminación del material acumulado sobre la costa.

4. PLANIFICACIÓN DE LAS INTERVENCIONES

El objetivo general de las intervenciones es favorecer la formación de playa, reducir y/o estabilizar la erosión en las cinco localidades señaladas en la sección anterior y promover la recuperación en los próximos cinco años. Para ello se requieren una serie de actividades concretas que se describen a continuación y se muestran en la figura 13. Estos pasos que se sugieren son genéricos, pero pueden cambiar para cada caso de estudio dependiendo de la profundidad con la que se conoce el problema, los datos locales, los estudios previos culminados y la realidad específica de cada sitio de intervención.

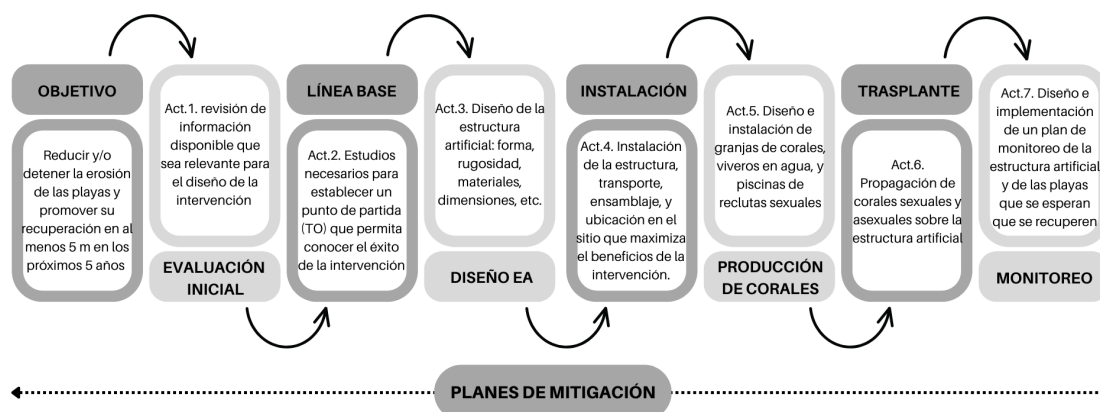


Figura 13. Mapa conceptual del flujo de trabajo sugerido para el diseño de las intervenciones en 5 playas de la República Dominicana. Cada fase involucra costos que son presentados en la estructura de costos.

4.1. Actividad: Recolección de información disponible para cada playa

Incluye la revisión de bases de datos existentes, análisis de oportunidades y de vacíos de información que sean requeridos para los estudios de línea base (e.g. causas de la degradación de los arrecifes, causas probables de la erosión de las playas, sedimentología, oceanografía, hidrodinámica, calidad de agua, estudios de factibilidad de obras de ingeniería y resistencia de materiales y evaluación de impacto ambiental de la intervención, identificación de sitios para colecta de gametos y calendario de desove de corales, etc.). Se recomienda contratar a un experto para hacer el inventario y análisis de información.

4.2. Actividad 2: Estudio de línea base ambiental con 4 componentes

Incluye la caracterización del sistema antes de ser intervenido (T0) o tiempo de referencia. (1) levantamiento de la condición de los arrecifes, de las playas y ambiente físico marino y sedimentario, (2) evaluación de las amenazas a los ecosistemas arrecifales, (3) elaboración de un plan de mitigación de amenazas (naturales y humanas) y (4) monitoreo de plan de mitigación. Se recomienda contratar a uno o varios expertos que levanten la información para cada uno de estos componentes. En la guía de mejores prácticas se hace algunas sugerencias sobre la forma de aproximarse para la creación de la línea base.

4.3. Actividad 3: Diseño de la estructura artificial

En el apartado 7.3 se presentan diferentes opciones disponibles en el mercado para el diseño y construcción de la estructura artificial deseada. En la guía de buenas prácticas de restauración híbrida de corales se presentan las características deseables de una estructura artificial que debe ser armónica con el entorno y a la vez cumplir con su función de retención de arena y/o disminución de la fuerza de oleaje. Para los fines del presupuesto presentado en este documento, se ha sugerido rrefs, tomando en cuenta experiencias exitosas en el Caribe con estas estructuras que presentan características óptimas para el crecimiento de corales (forma, rugosidad, materiales, dimensiones) y asemejan a un arrecife natural lo cual también tiene un impacto positivo en el turismo. Sin embargo, la selección del contratista deberá responder a las necesidades de cada área y las facilidades logísticas de las localidades.

4.4. Actividad 4: Instalación de la estructura artificial en el sitio que potencialmente maximiza el éxito de la intervención

Esta actividad requiere de contratistas internacional para la producción de la estructura según el diseño planteado y una contraparte nacional que; de ser necesario, trabaje en conjunto para la instalación de la estructura (incluye instalación de la estructura, transporte y ensamblaje submarino). Para estos fines se requiere saber el lugar preciso de instalación de la estructura a partir de criterios específicos que se presentan en la herramienta de selección de sitios preparada por TNC y especificada en el manual de mejores prácticas de restauración. La producción de la estructura, en la mayoría de los casos, debe ser realizada por el mismo contratista que elaboró el diseño, ya que su fabricación depende de equipos y materiales específicos, como se indica en el presupuesto preparado como parte de este documento.

4.4.1. Introducción a la herramienta de selección de sitios de intervención

La herramienta de restauración de arrecifes del Caribe de TNC, es una nueva herramienta que se desarrolló en el marco de este proyecto del BID en la República Dominicana. La herramienta tiene como objetivo combinar todos los datos de arrecifes de coral de TNC previamente disponibles en la región, para que toda la información de planificación esté disponible en un solo lugar, incluidos los mapas regionales de hábitat benthico, datos de trasplante de coral y mapas de refugios de arrecifes. La versión beta de la herramienta se publica para pruebas, pero aún se desarrolla y mejora continuamente.

La herramienta llamada "Guía de ubicación de trasplante de coral" permite a los usuarios interactuar con capas de datos de alta resolución para seleccionar sitios adecuados para el trasplante de coral. Estas capas incluyen información sobre la cobertura de coral vivo, la batimetría, la rugosidad y el porcentaje de cobertura de algas, que se generaron a partir de imágenes hiperespectrales recopiladas por el Global Airborne Observatory (GAO) en 2018. Estas capas de datos permiten una selección mejor informada de sitios de

restauración adecuados que puede mejorar las tasas de supervivencia de los trasplantes. La aplicación permite al usuario filtrar estas capas en función de las condiciones óptimas para sus trasplantes de coral (es decir, 3-7 m de profundidad, >5 % de coral vivo). Más información sobre esta metodología y herramienta está disponible en la publicación de TNC de 2021 en *Frontiers in Marine Science*.

Para mejorar la aplicación específicamente para este esfuerzo del BID, se desarrolló e incorporó múltiples conjuntos de datos nuevos de alta resolución en la parte de la aplicación de trasplante de coral, para las áreas focales de Playa del Cortecito, Playa Punta Popy, Playa Sosúa, Playa Bonita y Punta Arena Gorda:

- 1) **La erosión de la costa:** se evaluó a partir de las mejores imágenes históricas y actuales disponibles de Google Earth para digitalizar las áreas de erosión y acumulación a lo largo de cada playa.
- 2) **Los datos de batimetría:** se generaron con una resolución de 3 cm a partir de imágenes de drones recopiladas en cada sitio en julio de 2022 por el equipo de TNC. Anteriormente, los mejores conjuntos de datos batimétricos disponibles en cada una de estas áreas focales tenían una resolución de 1 m a 10 m, por lo que estos datos batimétricos derivados de drones son una mejora enorme que facilitará la planificación de la restauración en estas áreas.
- 3) **Los datos del hábitat benthico:** también se generaron con una resolución de 3 cm a partir de las imágenes de drones antes mencionadas y una clasificación orientada a objetos informada por imágenes de cámara de caída de hábitats submarinos. TNC tiene experiencia en la generación de datos de hábitats bentónicos y publicó mapas de hábitats bentónicos de todo el Caribe en 2020 con una resolución de 4 m. Si bien estos mapas son útiles para la planificación regional y también se incluyen en la aplicación, estos mapas de resolución de 3 cm en los sitios focales son fundamentales para la restauración y la planificación de la protección costera a esta escala.

En la parte superior de la barra de navegación, el usuario puede seleccionar cualquiera de estas 5 áreas focales de playa del menú de selección geográfica. Luego, el mapa se acerca al área focal y aparece un cuadro en la parte inferior izquierda de la pantalla que permite activar la capa 'erosión de la playa', 'Batimetría (3 cm)' o 'Hábitats bentónicos (3 cm)' para ese sitio, junto con conjuntos de datos de trasplante de coral, como la cobertura de coral vivo o capas de referencia como las Áreas Marinas Protegidas (AMP).

Esta herramienta es una aplicación de Google Earth Engine (GEE) que se desarrolla en Javascript. El código fuente se puede compartir a través de Github una vez que se completa la aplicación. GEE permite el acceso gratuito y realiza cálculos sobre la marcha en los servidores de Google y los activos del mapa se almacenan en Google Cloud, por lo que solo se necesita una conexión a Internet sólida para usar la herramienta (sin licencia ni potencia informática extensa). Se continuará desarrollando la funcionalidad de forma

interactiva a través de la colaboración con las partes interesadas locales y otros usuarios potenciales de la herramienta, como los administradores de arrecifes de coral y los profesionales de la conservación. Sin embargo, es importante aclarar que la decisión final de las dimensiones, tamaño, localización y tipo de estructura debe decidirse con la combinación de datos de corriente, estudios de hidrodinámica sedimentaria, entendimiento de la interacción entre los procesos de transporte y depósito de sedimentos desde el mar y en la estructura de la costa, entre otros factores. La herramienta solo representa una aproximación y guía para una mejor planificación de las intervenciones.

4.5. Actividad 5: Creación e instalación de laboratorio de microfragmentación, reproducción sexual asistida de corales, viveros en agua y otras estrategias de propagación

Se sugiere la contratación de asesores o contratistas internacional que tenga la capacidad y la tecnología de instalar laboratorios de microfragmentación en tierra, y de un experto para la instalación de sistemas de producción de reclutas asexuales y sexuales con las mejoras técnicas establecidas. Estos laboratorios deben incrementar las capacidades de producción y trasplantes que existen a nivel local, debido a la escala espacial a la cual es necesario intervenir para cumplir con el objetivo. Es necesario el involucramiento para la instalación, manejo y continuidad de estos trabajos de las instituciones académicas y ONG's locales con el personal apropiado. En el caso de áreas que ya cuenten con estas facilidades, puede tomarse la decisión de acondicionarlas para responder a las necesidades del proyecto. En este documento se propone la instalación de 3 laboratorios mediante cooperación técnica de organizaciones con base local y experiencia en restauración: (1) en Sosúa en colaboración con la Fundación Ecológica Maguá, aquí se requerirá acondicionar espacios y adquirir todos los equipos y tecnologías necesarias ya que no existe actualmente esta facilidad en la zona; (2) en Samaná en colaboración con el Centro para La Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno (CEBSE), que produciría corales para su trasplante en los arrecifes artificiales construidos en Playa Bonita y Punta Popy; y (3) en Punta Cana en colaboración con la Fundación Grupo Puntacana, que produciría corales para su trasplante en los arrecifes artificiales construidos en Punta Arena Gorda y El Cortecito. En estas dos últimas localidades ya existen la estructura de un laboratorio, por lo que el esfuerzo se centraría en equiparlo con la tecnología necesaria para maximizar el proceso.

4.6. Actividad 6: Trasplante de corales asexuales o sexuales desde viveros (tierra y agua) hasta la estructura artificial

Los métodos propuestos se encuentran descritos en la *Guía de buenas prácticas de restauración híbrida de corales orientada a la reducción de la erosión costera* elaborado por TNC a partir del taller realizado bajo los términos de la consultoría del BID-MITUR y la revisión de otros manuales publicados por NOAA, TNC-México y La Red de Resiliencia Arrecifal. Se sugiere que el trabajo sea ejecutado por un contratista nacional

con experiencia local, preferiblemente experto en restauración en el área de intervención. Se recomiendan trasplantes anuales sobre la estructura artificial, y de ser necesario sobre el arrecife natural, debido a que se espera que exista al menos un 40% de mortalidad de los trasplantes, en el mejor de los casos.

4.7. Actividad 7: Monitoreo del éxito de la intervención

Esto incluye dos componentes: (1) la medición periódica de indicadores de desempeño de los corales trasplantados a la estructura artificial y (2) la ganancia de playa en la línea de costa. Los métodos propuestos se encuentran descritos en la *Guía de buenas prácticas de restauración híbrida de corales orientada a la reducción de la erosión costera* elaborado por TNC a partir del taller realizado bajos los términos de la consultoría y la revisión de otros manuales publicados por NOAA, TNC-México y la Red de Resiliencia Arrecifal. Se sugiere que el trabajo sea realizado por un contratista con experiencia local en restauración y monitoreo.

5. PLAN DE MITIGACIÓN

El desarrollo de un plan de mitigación es una acción transversal en la planificación de las intervenciones, y es clave para incrementar las posibilidades de éxito en las estructuras híbridas que se espera beneficien la estabilización de las playas. A continuación, se recomiendan acciones que deben emprenderse de manera paralela a las intervenciones para minimizar el impacto de las amenazas locales a los arrecifes, de forma que el éxito del programa de restauración híbrida sea mejor.

5.1. Desarrollo costero

Como se dijo anteriormente el problema de desarrollo costero poco planificado es constante en las playas que se quiere aplicar la restauración híbrida de corales para estabilizar las playas. Se recomienda adoptar un enfoque estratégico orientado a: (1) devolverles a las playas sus dunas y su vegetación costera, (2) reubicar los negocios y la infraestructura gris que se ha construido y levantado en las zonas de dunas y; en algunos casos, próximos a la zona intermareal y (3) planificar para impactar lo menos posible la actividad comercial en las zonas afectadas. Cualquiera que sea la solución debe incluir a las comunidades locales, la municipalidad y otras autoridades permitentes. En otras palabras, las soluciones deben tomarse en consenso para evitar conflicto en el uso de la zona. Sin la recuperación de la geomorfología de las dunas, es difícil reestablecer las dinámicas de retención y reposición de arenas y; por ende, prácticamente imposible asegurar la estabilidad de las playas intervenidas a corto, mediano y largo plazo. Un desarrollo más coherente que busque soluciones basadas en la naturaleza también debe ayudar a mejorar o recuperar las condiciones de calidad de agua que se discuten en el siguiente apartado.

5.2. Calidad de agua

La recuperación de las condiciones necesarias para que el coral crezca y prospere es imprescindible para que los arrecifes artificiales sean colonizados exitosamente por corales y otros organismos sésiles. Específicamente, la mitigación de este problema debe atacarse en las zonas adyacentes a las playas, e incluso, en las cuencas, donde generalmente se origina.

En las zonas adyacentes a la playa, el tratamiento de aguas negras es vital. Los pozos sépticos pueden colmatarse rápidamente, e incluso pueden filtrarse en áreas donde una delgada capa de suelo se apoya sobre roca carbonática. En consecuencia, los nutrientes que contralan el crecimiento de las algas pueden entrar de manera crónica, promover el crecimiento de algas y patógenos que atacan al coral. Planes concretos para un mejor uso de estos pozos, e incluso, su substitución por otras formas de manejo de aguas servidas es necesario. Adicionalmente, la inclusión de plantas de tratamiento y un sistema que recoja las aguas de escorrentía antes que lleguen al mar, beneficiaría positivamente la calidad del agua de la cual dependen los corales para prosperar. En cuanto a las cuencas, el mejoramiento de la calidad de agua pasa por programas de saneamiento de las riberas de los ríos, incluyendo reforestación, manejo de vertidos de desechos sólidos entre otras medidas. Finalmente, es indispensable tener un programa de monitoreo de calidad de agua en los sitios de intervención, tanto en el mar como en los ríos que desembocan al océano cuando este sea el caso.

5.3. Sobrepesca

El problema de sobrepesca es una amenaza que debe ser controlada si se quiere tener éxito con la restauración híbrida. Existen varias alternativas en las que se puede pensar para diseñar estrategias asertivas para el control de especies clave, en especial peces herbívoros, dado que, en la República Dominicana estas especies son consumidas de manera activa. La primera estrategia son las vedas totales. Las vedas totales pueden funcionar si se cuenta con programas de vigilancia para poder aplicarlas. De lo contrario, esta estrategia puede quedarse como un decreto cuyas directrices no son respetadas, bien sea por falta de conciencia y/o porque no hay manera de atender los casos en los que se viola la norma. Esta es la estrategia que hasta la fecha se ha implementado en la República Dominicana a través de decretos de prohibición de pesca del pez loro y otros herbívoros. La segunda estrategia es la implementación de vedas parciales, en espacio y tiempo. En relación con el espacio, la regulación debe incluir la instalación de Áreas de Exclusión Pesquera (AEP), combinado con la educación ambiental, el ofrecimiento de medios de subsistencia alternativos, y el control de las artes de pesca. La presencia de hoteles puede ayudar a un mayor control de la extracción de estos peces, y puede ser una oportunidad para trabajar en conjunto para evitar su consumo, y establecer planes de vigilancia efectivos. Un esquema para lograr esto ha sido sugerido en el “Plan de monitoreo para

manejo y conservación de peces loro (Scaridae)” desarrollado por TNC y la Red Arrecifal Dominicana de 2020.

Desde el punto de vista temporal, las vedas pueden alternarse estableciendo meses de pesca y protección con permisos de pesca basados en estudios de la biología reproductiva de estas especies clave. Finalmente, una tercera estrategia es la reintroducción de especies herbívoras que no tengan valor comercial, pero cumplan con la función de regulación del crecimiento de algas. Este es el caso del erizo *Diadema antillarum* y otras especies que actualmente se están reproduciendo en Puerto Rico para dirigir programas de reintroducción, asumiendo que el control de extracción de peces herbívoros es una tarea difícil de lograr. No obstante, la introducción de erizos puede desencadenar procesos erosivos del arrecife, en especial en sitios donde estos organismos puedan reproducirse sin control.

Sin importar la estrategia, el control de algas efectivo es uno que regula la entrada crónica de nutrientes, la calidad de agua y en paralelo, mantiene las poblaciones de herbívoros en densidades que optimizan las condiciones para el crecimiento coralino. Estas opciones deben ser diseñadas e implementadas en paralelo a las intervenciones.

5.4. Tráfico marítimo

El plan de mitigación para minimizar los impactos del tráfico marino pasa por la señalización adecuada de los sitios de intervención para evitar el anclaje, varamientos o daños mecánicos sobre las estructuras artificiales y los corales que se fijan a éstas. El uso de canales de navegación con boyas que regulen la velocidad de salida y aproximación a la costa, así como también el establecimiento de una normativa para la navegación es indispensable si se quiere mitigar este problema, ejemplo de esto existe en el área de Bayahíbe, en la ruta hacia isla Saona.

5.5. Carga turística

El exceso de carga turística para un sector determinado es un problema que debe ser atendido. Existen varias maneras que permiten mitigar los impactos de este problema que hemos descrito en la sección anterior. Una opción preventiva es contar con los estudios de capacidad de carga de los ecosistemas en cada sitio en particular, de esta forma, la afluencia de turistas se maneja para que estos límites no se excedan. Sin embargo, actualmente no se cuenta con esta información y no se cuenta con el presupuesto para poder levantarla. En estos casos, la educación al turista, un programa de guiatura de uso de los ecosistemas, fomentando una relación más armónica entre el turista y los ecosistemas que visita, puede ser de gran utilidad. Estos programas de guías turísticos y guardianes ambientales pueden dar buenos resultados para que las intervenciones de trasplante de corales tengan un mayor éxito.

5.6. Enfermedades de corales y otros organismos marinos

La mejor forma de estar preparado para esto es intervenir con especies que se sabe son poco susceptibles a enfermedades, estrés térmico y sedimentación. Además, trabajar con una combinación de técnicas de propagación sexual y asexual de corales buscando maximizar la diversidad genética de las poblaciones de corales utilizadas en los esfuerzos de restauración híbrida. La mejor manera de mitigar un potencial evento de mortandad de erizos es teniendo instalaciones que permitan su cultivo y un plan de reintroducción de este organismo en las áreas de intervención.

De igual manera se sugiere mantener un monitoreo activo en las zonas de intervención basado en el documento desarrollado por la Red Arrecifal Dominicana y TNC “Plan para el estudio de la epizootiología de corales”, que es una guía para la evaluación, seguimiento y manejo preventivo de enfermedades y blanqueamiento de coral en la República Dominicana. Además, en sitios donde se ha confirmado la presencia de SCTLD, se debe implementar [protocolos de descontaminación de equipos de buceo](#), tanto para las actividades de turismo, como para los buzos que participen en la instalación, trasplante y monitoreo de las estructuras híbridas, ya que se presume que el contacto de los buzos y sus equipos con la fauna y flora marina puede ser un vector de transmisión de estas condiciones.

5.7. Bioerosión e incremento en la frecuencia e intensidad de tormentas y huracanes

Aunque el impacto de estos estresores es difícil de mitigar, existen algunos ejemplos implementados en México por TNC y otros socios locales. Los seguros de arrecife contra inundaciones, y la serie de intervenciones que se estipulan en estos seguros han sido implementados de manera exitosa. Brevemente, el objetivo del seguro paramétrico es reducir el impacto económico de los desastres meteorológicos, en este caso los huracanes, disminuyendo el riesgo de inundación mediante acciones concretas orientadas a restaurar el arrecife con brigadas entrenadas en la restauración de áreas coralinas que adelantan acciones específicas antes, durante y después de la llegada de un huracán. Estos modelos no han sido implementados en República Dominicana.

5.8. Manejo de Sargassum

El manejo del Sargassum es un problema complejo. Se sabe que es más fácil de manejar antes que llegue a la costa, por lo que el uso de barreras, estructuras mecánicas y embarcaciones que retengan, redirijan o recolecten el alga en el mar, son las acciones recomendadas. Una vez que llega a la costa, el problema es más difícil de manejar debido a que el alga se puede mezclar con la arena, descomponerse y alterar la calidad de la playa y su valor para el turista. Indistintamente de la estrategia, el uso del Sargassum cuando es recogido es, de igual forma, retador. Sus altos contenidos de hierro, sin poca palatabilidad y las cantidades con las que se deposita en la costa, lo convierten en un pasivo ambiental orgánico al que se le puede dar usos muy restringidos. Existen algunas playas, en especial,

las ubicadas en el este del país, que son particularmente susceptibles al problema de Sargassum, tal es el caso de El Cortecito y Punta Arena Gorda.

Como parte del plan, debe mantenerse un monitoreo contante de las predicciones de trayectoria de Sargassum para el país, con el fin de establecer planes de acción específicos que eviten daños irreparables a las estructuras y las especies plantadas. El [Sistema de Monitoreo Sargazo en Aguas Dominicanas](#) puesto a disposición en línea por la Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos (ANAMAR) podrá ser de gran utilidad a estos fines.

6. ESTRUCTURA DE COSTOS

La suma de la estructura de costos se presenta para cada playa desglosado por años y viene dado por la estimación del costo de las asesorías recomendadas por actividad (cuando es necesario), la construcción de las estructuras híbridas y los laboratorios de propagación asexual y sexual de corales. Cada sitio es un caso particular, donde los costos pueden variar dependiendo de las necesidades reales, la factibilidad de implementación y otros factores. A continuación, se desglosan costos por actividad y año para cada sitio.

En la tabla 4, se han agrupado los costos de las actividades 3 y 4 “Diseño y construcción de estructuras artificiales”, ya que como se mencionó anteriormente, lo usual es que lo haga el mismo contratista. En cuanto a la actividad 5, se explicó en el apartado 4.5 que incluye la instalación de un laboratorio en Sosúa y el mejoramiento de las facilidades existentes en Samaná y Punta Cana, que aportarán los microfragmentos de coral que se trasplantarán en los sitios de intervención en Las Terrenas y Bávaro, los tres laboratorios bajo colaboración con organizaciones expertas. Esto disminuye costos de construcción civil del laboratorio, aprovecha el conocimiento local sobre producción de corales, y mejora las capacidades de las instalaciones existentes.

*Tabla 4. Presupuesto global para los sitios priorizados. Se representan las actividades que se requieren para el diseño de las intervenciones de restauración híbrida de corales para reducción de erosión de playas. LB = línea base. Año 1,2,3 4 y 5. Precios son presentados en US\$. *Los costos específicos por playa y por año son presentados en anexos del No.2 al 7.*

Actividad	Contratación	Lb	1	2	3	4	5	Costo/año/total playas	No. Años	Total
1	Revisión de información disponible	x						27,500.00	1	27,500.00
2	Estudios de línea base	x						115,000	1	115,000
3 y 4	Diseño y construcción de estructuras artificiales	x						3,002,303.57	1	3,002,303.57
5	Instalación de laboratorios y/viveros in situ	x						*	1	2,470,000.00

	y ex situ / reproducción sexual								
6	Trasplante y mantenimiento de corales	x	x	x	x		*	5	8,376,525.00
7	Diseño e implementación del programa de monitoreo	x	x	x	x	x		154,500.00	5
									TOTAL 14,201,328.57

Tabla 5. Playa Sosúa. Costos asociados a las actividades que se requieren en el sitio de intervención. N/A cuando la información ya existe. Para la actividad de monitoreo del sembrado de corales, se requiere una frecuencia de 3 veces al año. LB = línea base. Para fines de comparación entre playas se estima un mínimo de 500 m³ de intervención híbrida, sin embargo, la dimensión de la estructura puede aumentar o disminuir dependiendo de lo que se determine en la actividad No.1 para cada playa. En esta tabla solo se presenta el costo global por año. Para una consulta de costos detallados ver anexo No.2.

Actividades	LB	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
1. Diagnóstico: evaluación impacto ambiental, causas de deterioro, vacíos de información, etc.	5,500.00						5,500.00
2. Inventario del estado ambiental e indicadores de salud del área a intervenir	23,000						23,000
3 y 4. Diseño, construcción e instalación de una estructura artificial que sea la mejor opción dado las características del problema		600,460.71					600,460.71
5A. Diseño y entrega de laboratorio de tierra para la microfragmentación (corales asexuales)		1,000,000.00					1,000,000.00
5B. Estrategia de producción de corales sexuales, instalación de piscinas para asentamiento de larvas		40,000.00					40,000.00
6. Sembrado, y propagación de corales sexuales y asexuales sobre estructura artificial		3,500.00	878,225.00	878,225.00	878,225.00		2,638,175.00
7A. Monitoreo de la intervención		3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
7B. Evaluación de la playa				15,000.00		15,000.00	30,000.00
Total							4,349,135.71

Tabla 6. Playa Punta Popy. Costos asociados a las actividades que se requieren en el sitio de intervención. N/A cuando la información ya existe. Para la actividad de monitoreo del sembrado de corales, se requiere una frecuencia de 3 veces al año. LB = línea base. Para fines de comparación entre playas se estima un mínimo de 500 m³ de intervención híbrida, sin embargo, la dimensión de la estructura puede aumentar o disminuir dependiendo de lo que se determine en la actividad No.1 para cada playa. En esta tabla solo se presenta el costo global por año. Para una consulta de costos detallados ver anexo No.4.

Actividades	LB	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
1. Diagnóstico: evaluación impacto ambiental, causas de deterioro, vacíos de información, etc.	5,500.00						5,500.00
2. Inventario del estado ambiental e indicadores de salud del área a intervenir	23,000						23,000
3 y 4. Diseño, construcción e instalación de una estructura artificial que sea la mejor opción dado las características del problema		600,460.71					600,460.71
5A. Diseño y entrega de laboratorio de tierra para la microfragmentación (corales asexuales)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5B. Estrategia de producción de corales sexuales, instalación de piscinas para asentamiento de larvas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6. Sembrado, y propagación de corales sexuales y asexuales sobre estructura artificial			77,000.00	77,000.00	77,000.00		231,000.00
7A. Monitoreo de la intervención			3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
7B. Evaluación de la playa				15,000.00		15,000.00	30,000.00
Total							901,960.71

Tabla 7. Playa Bonita. Costos asociados a las actividades que se requieren en el sitio de intervención. N/A cuando la información ya existe. Para la actividad de monitoreo del sembrado de corales, se requiere una frecuencia de 3 veces al año. LB = línea base. Para fines de comparación entre playas se estima un mínimo de 500 m³ de intervención híbrida, sin embargo, la dimensión de la estructura puede aumentar o disminuir dependiendo de lo que se determine en la actividad No.1 para cada playa. En esta tabla solo se presenta el costo global por año. Para una consulta de costos detallados ver anexo No.3.

Actividades	LB	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
1. Diagnóstico: evaluación impacto ambiental, causas de	5,500.00						5,500.00

deterioro, vacíos de información, etc.							
2. Inventario del estado ambiental e indicadores de salud del área a intervenir	23,000						23,000
3 y 4. Diseño, construcción e instalación de una estructura artificial que sea la mejor opción dado las características del problema		600,460.71					600,460.71
5A. Diseño y entrega de laboratorio de tierra para la micro fragmentación (corales asexuales)		1,000,000.00					1,000,000.00
5B. Estrategia de producción de corales sexuales, instalación de piscinas para asentamiento de larvas		40,000.00					40,000.00
6. Sembrado, y propagación de corales sexuales y asexuales sobre estructura artificial		3,500.00	875,225.00	875,225.00	875,225.00		2,629,175.00
7A. Monitoreo de la intervención			3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
7B. Evaluación de la playa				15,000.00		15,000.00	30,000.00
Total							4,340,135.71

Tabla 8. Playa Punta Arena Gorda. Costos asociados a las actividades que se requieren en el sitio de intervención. N/A cuando la información ya existe. Para la actividad de monitoreo del sembrado de corales, se requiere una frecuencia de 3 veces al año. LB = línea base. Para fines de comparación entre playas se estima un mínimo de 500 m³ de intervención híbrida, sin embargo, la dimensión de la estructura puede aumentar o disminuir dependiendo de lo que se determine en la actividad No.1 para cada playa. En esta tabla solo se presenta el costo global por año. Para una consulta de costos detallados ver anexo No.5.

Actividades	LB	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
1. Diagnóstico: evaluación impacto ambiental, causas de deterioro, vacíos de información, etc.	5,500.00						5,500.00
2. Inventario del estado ambiental e indicadores de salud del área a intervenir	23,000						23,000
3 y 4. Diseño, construcción e instalación de una estructura artificial que		600,460.71					600,460.71

sea la mejor opción dado las características del problema							
5A. Diseño y entrega de laboratorio de tierra para la microfragmentación (corales asexuales)		350,000.00					350,000.00
5B. Estrategia de producción de corales sexuales, instalación de piscinas para asentamiento de larvas		40,000.00					40,000.00
6. Sembrado, y propagación de corales sexuales y asexuales sobre estructura artificial		3,500.00	878,225.00	878,225.00	878,225.00		2,638,175.00
7A. Monitoreo de la intervención			3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
7B. Evaluación de la playa				15,000.00		15,000.00	30,000.00
Total							3,699,135.71

Tabla 9. Playa El Cortecito. Costos asociados a las actividades que se requieren en el sitio de intervención. N/A cuando la información ya existe. Para la actividad de monitoreo del sembrado de corales, se requiere una frecuencia de 3 veces al año. LB = línea base. Para fines de comparación entre playas se estima un mínimo de 500 m³ de intervención híbrida, sin embargo, la dimensión de la estructura puede aumentar o disminuir dependiendo de lo que se determine en la actividad No.1 para cada playa. En esta tabla solo se presenta el costo global por año. Para una consulta de costos detallados ver anexo No.6.

Actividades	LB	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
1. Diagnóstico: evaluación impacto ambiental, causas de deterioro, vacíos de información, etc.	5,500.00						5,500.00
2. Inventario del estado ambiental e indicadores de salud del área a intervenir	23,000						23,000
3 y 4. Diseño, construcción e instalación de una estructura artificial que sea la mejor opción dado las características del problema		600,460.71					600,460.71
5A. Diseño y entrega de laboratorio de tierra para la microfragmentación (corales asexuales)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5B. Estrategia de producción de corales sexuales, instalación de	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

piscinas para asentamiento de larvas							
6. Sembrado, y propagación de corales sexuales y asexuales sobre estructura artificial			80,000.00	80,000.00	80,000.00		240,000.00
7A. Monitoreo de la intervención			3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
7B. Evaluación de la playa				15,000.00		15,000.00	30,000.00
Total							910,960.71

7. PRODUCTOS DIGITALES Y ENLACES DE INTERÉS

7.1. Mapas, modelos y herramientas

Los ortomosaicos UAV:

- 📎 [IDB Bavaro North - August 2, 2022](#) 1,273 photos, 295 ha
- 📎 [IDB Bavaro South - August 2, 2022](#) 984 photos, 183 ha
- 📎 [IDB Sosua - August 3, 2022](#) 1402 photos, 77 ha
- 📎 [IDB Las Terrenas - Playa Punta Poppy - August 3, 2022](#) 1,932 photos, 222 ha
- 📎 [IDB Las Terrenas - El Portillo - August 4, 2022](#) 2,220 photos, 269 ha
- 📎 [IDB Las Terrenas - Playa Bonita - August 4, 2022](#) 3,605 photos, 414 ha
- 📎 [IDB Las Terrenas - Playa Las Bellenas - August 5, 2022](#) 2,263 photos, 236 ha

Los ortomosaicos UAV con la batimetría y la clasificación de hábitats:

- 📎 <https://tnc.app.box.com/s/crncwdwwqoeiytg5ooizhfe4jy1ebugk/folder/170064236353>

Herramienta para selección de sitios potenciales de restauración híbrida:

- 📎 <https://tncaribgis.users.earthengine.app/view/caribbean-reef-restoration-tool>

Presupuesto estimado de implementación de estructuras híbridas de coral

- 📎 <https://tnc.box.com/s/b7mtdu1z6cuhe23mywb5qwa6toruh4t9>

7.2. Registro visual para calibración de modelos de hábitats bentónicos

Video transectos:










- 📎 Sosúa - <https://tnc.box.com/s/2crhyx44atpnb6f28tsutbv7g1vba05>
- 📎 Punta Popy - <https://tnc.box.com/s/lh8oxi5q7u8g4r4qbkm9ax0gan3avyi5>
- 📎 Playa Bonita - <https://tnc.box.com/s/2iueo0124omvnrlfhi2lioedx51k9r2a>

Fotografías:






- 📎 <https://tnc.box.com/s/tjwtf0zts5wpvlmq898fzqk2ipc7dax2>

7.3. Proveedores de arrecifes artificiales en el mercado

- 📎 rreefs


-  <https://www.rreefs.com/>
-  Mars
<https://www.mars.com/news-and-stories/articles/coral-reef-rehabilitation>
-  IntelliReefs
<https://www.intellireefs.com/>
-  Infociments
<https://www.infociments.fr/ouvrages-au-service-de-la-biodiversite/le-beton-au-secours-de-la-biodiversite-marine>
-  New Heaven Reef Conservation Program
<https://newheavenreefconservation.org/projects/coral-nursery-artificial-reef>
-  EcoShape
<https://www.ecoshape.org/en/knowledge-articles/artificial-reefs/design-of-reefs/>
-  Reef Ball Foundation
<https://reefballfoundation.org/>
-  Reef Innovations
<https://reefinnovations.com/>
-  Empaca
https://web.facebook.com/empaca.rd/?ref=aymt_homepage_panel&rdc=1&rdp=1

7.4. Guías sobre restauración de corales

-  Coral Reefs Restoration Guidelines
<https://icriforum.org/coralrestoration/>
-  Caribbean Acropora Restoration Guide
https://reefresilience.org/pdf/Johnson_etal_2011_Acropora-Coral-Guide.pdf
-  Coral Restoration Tool Kit – Reef Resilience Network
<https://reefresilience.org/management-strategies/restoration/>
-  Reef Restoration Concepts and Guidelines
https://researchgate.net/publication/237049987_Reef_Restoration_Concepts_Guidelines
-  A Guide to Coral Reef Restoration for the Tourism Sector
https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Coral_Restoration_Guide_for_the_Tourism_Sector.pdf

7.5. Organizaciones de restauración de corales

Internacionales:

-  Coral Restoration Consortium
<http://crc.reefresilience.org/>
-  SECORE
<https://www.secore.org/site/corals/detail/coral-restoration.20.html>
-  Coral Restoration Foundation
<https://www.coralrestoration.org/>
-  Fragments of Hope
<https://fragmentsofhope.org/>
-  Coral Reef Ecosystem Restoration Working Group
<https://floridakeys.noaa.gov/review/coralrestoration.html>
-  International Coral Reef Initiative
<https://icriforum.org/reef-restoration-ad-hoc-committee/>

- 🔗 Citizens of the Great Barrier Reef
- 🔗 Plan a Million Corals
- 🔗 Mote Marine Laboratory
Reef Restoration and Adaptation
Program

<https://citizensgbr.org/>

<https://plantamillioncorals.org/>

<https://mote.org/>

<https://gbrrestoration.org/>

Nacional:

- 🔗 Consorcio Dominicana de
Restauración Costera
- 🔗 Fundación Dominicana de Estudios
Marinos
- 🔗 Fundación Grupo Puntacana
- 🔗 Red Arrecifal Dominicana
- 🔗 Wave of Change
- 🔗 Centro para la Conservación y
Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná
y su Entorno
- 🔗 Fundación Ecológica Maguá
- 🔗 Fundación Verde Profundo

<https://www.restauraciondearrecifes.org/>

<https://www.fundemardr.org/>

<https://www.puntacana.org/es/medio-ambiente/centro-de-innovacion-marino>

<https://www.redarrecifaldominicana.org/que-hacemos/#restauracion>

<https://waveofchange.com/es/action-line/coastal-health/>

<https://samana.org.do/>

<https://es-la.facebook.com/fundacionecologicamaguaRD/>

<https://es-la.facebook.com/Fundacionverdeprofundo/>

8. REFERENCIAS

Betancourt, L., y Herrera-Moreno, A. (2019). Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos de los arrecifes de coral en áreas marinas piloto seleccionadas de República Dominicana.

<https://www.bpmesoamerica.org/wp-content/uploads/2020/11/Identificacion-sistemas-ecosistemas-web.pdf>

Cano, I., Sellares-Blasco, R.I., Legcheck, J.S., Villalpando, M.F., & Croquer, A. (2021). Effects of herbivory by the urchin *Diadema antillarum* on early restoration success of the coral *Acropora cervicornis* in the Central Caribbean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 539, 151541.

Croquer, A., Zambrano, S., King, S., Reyes, A., Sellares-Blanco, R., Valdez Trinidad, A., & Miyazawa, E. (2022). Stony Coral Tissue Loss Disease and Other Diseases Affect Adults and Recruits of Major Reef Builders at Different Spatial Scales in the Dominican Republic. *Gulf and Caribbean Research*, 33(1), GCFI1-GCFI13.

González-Rodríguez, M., Medina, R., Díaz-Simal, P., Cánovas, V., Jaramillo, C., y Abalia, A. (2021). Actividad 1.1: estudio de factibilidad para el manejo costero integrado. Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). Informe de Línea Base sobre el estado de Especies Marinas para la Implementación y Gestión del Decreto 418-21. Santo Domingo República Dominicana.


Moberg, F., y Folke, C. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological economics*, 29(2), 215-233

Spalding, M., Longley-Wood, K., Acosta-Morel, M., Cole, A.D., Wood, S.A., Haberland, C., y Ferdaña, Z. (2018). Estimating Reef-Adjacent Tourism Value in the Caribbean. de https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Reef_Adjacent_Tourism_Value_Caribbean_Study.pdf

Wielgus, J., E. Cooper, R. Torres y L. Burke. 2010. Capital Costero: República Dominicana. Estudios de caso sobre el valor económico de los ecosistemas costeros en la República Dominicana. Documento de Trabajo. Washington, DC: World Resources Institute. <http://www.wri.org/coastal-capital>


9. ANEXOS

Anexo 1. Reporte de análisis de calidad de agua, Playa Sosúa



ALTOL PETROLEUM PRODUCTS SERVICES DOMINICANA, SRL.
Calle Pablo Pumarol No. 2, Esquina Nicolás Ureña de Mendoza,
Sector Los Prados, Santo Domingo, República Dominicana
TEL: 809-566-5002, MÓVIL: 829-659-9872 / 809-390-8240
www.altold.com / ptilero@altold.com / laboratorio@altold.com

ALRD-FO-LB-001 REV 5
Pág. 2/2



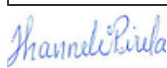
REPORTE DE ANÁLISIS							
CLIENTE: NATURE CONSERVANCY INC				TIPO DE MUESTRA:		DIRECTA	
CONTACTO: SRA. SOMEIRA ZAMBRANO				FECHA Y HORA DE MUESTREO:		03/08/2022 09:40	
DIRECCIÓN: AVE. DE LOS PRÓCERES DIAMOND M 1ER NIVEL LOCAL 6A SANTO DOMINGO REP. DOM				MUESTRA COLECTADA POR:		RAYMER JIMENEZ	
No. DE TRABAJO: RD-LAB-221291				FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN:		03/08/2022 17:35	
CADENA DE CUSTODIA No.: 36160				MUESTRA RECIBIDA POR:		JOSE BALBUENA	
No DE MUESTRA: 74403				TEMPERATURA DE RECEPCIÓN:		5.7 °C	
MATRIZ DE LA MUESTRA: AGUA COSTERA				FECHA DE ANÁLISIS:		12/08/2022	
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: AGUA DE LA PLAYA SOSUA (PUERTO PLATA)				FECHA DE REPORTE:		12/08/2022	
PARÁMETRO	MÉTODO/TÉCNICA	UNIDAD	LDM	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES Mín - Máx	ANALISTA	
Nitrato	SM 4500 NO3 B	mg/L NO3	0.02	1.78	--	JP	
Nitrito	HACH 8507	mg/L NO2	0.003	0.007	--	JP	
Nitrógeno Total	HACH 10072	mg/L N	-	ND	--	JP	
Fosfato	HACH 8190	mg/L PO4 -3	0.04	0.15	--	JP	
Fósforo Total	HACH 8190	mg/L P	0.013	0.05	-- 0.4	JP	
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	mg/L	-	30	--	JB	
Coliformes Totales	SM 9221 B / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 1000	BL	
Coliformes Fecales	SM 9221 E / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 400	AH	
Final de parámetros para esta muestra							

COMENTARIOS:


"Valores máximos permisibles según la Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras. Septiembre, 2012".

Valores indicados con menor a (<) expresan el rango mínimo de lectura de acuerdo a la técnica realizada.


LDM: Límite de Detección de Método	NE: No Especificado	ND: No Detectado	LP: Límite Permitido	MIN: Mínimo	MAX: Máximo
------------------------------------	---------------------	------------------	----------------------	-------------	-------------




JHANNELI PIRELA
SUPERVISOR DE FÍSICOQUÍMICA



BERNARDO LOPEZ
CONTROL DE CALIDAD




SHARON LUGO
GERENTE DE LABORATORIO



Este reporte no puede ser reproducido, excepto en su totalidad, sin el consentimiento por escrito de ALTOL DOMINICANA.

Anexo 2. Reporte de análisis de calidad de agua, Punta Popy




ALTOL
ALCHEM
ALTOL CHEMICAL DEVELOPMENTAL LABORATORY INC.

ALTOL PETROLEUM PRODUCTS SERVICES DOMINICANA, SRL.

Calle Pablo Pumarol No.2, Esquina Nicolás Ureña de Mendoza,
Sector Los Prados, Santo Domingo, República Dominicana
TEL: 809-566-5002, MOVIL: 829-659-9872 / 809-390-8240
www.altold.com / ptilero@altold.com / laboratorio@altold.com

ALRD-FO-LB-001 REV 5
Pág.2/2



REPORTE DE ANÁLISIS							
CLIENTE: NATURE CONSERVANCY INC				TIPO DE MUESTRA: DIRECTA			
CONTACTO: SRA. SOMEIRA ZAMBRANO				FECHA Y HORA DE MUESTREO: 03/08/2022 10:20			
DIRECCIÓN: AVE. DE LOS PROCERES DIAMOND M 1ER NIVEL LOCAL 6A SANTO DOMINGO REP. DOM				MUESTRA COLECTADA POR: JESUS RAMIREZ			
No. DE TRABAJO: RD-LAB-221293				FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 03/08/2022 15:27			
CADENA DE CUSTODIA No.: 36165				MUESTRA RECIBIDA POR: FRANK LOPEZ			
No DE MUESTRA: 74372				TEMPERATURA DE RECEPCIÓN: 5.9 °C			
MATRIZ DE LA MUESTRA: AGUA COSTERA				FECHA DE ANÁLISIS: 12/08/2022			
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: PLAYA PUNTA POPY (LAS TERRENAS)				FECHA DE REPORTE: 12/08/2022			
PARÁMETRO	MÉTODO/TÉCNICA	UNIDAD	LDM	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES Mín - Máx		ANALISTA
Nitrato	SM 4500 NO3 B	mg/L NO3	0.02	1.33	--		JP
Nitrito	HACH 8507	mg/L NO2	0.003	0.010	--		JP
Fosfato	HACH 8190	mg/L PO4 -3	0.04	0.09	--		JP
Fósforo Total	HACH 8190	mg/L P	0.013	0.03	-- 0.4		JP
Sólidos Suspendedos Totales	SM 2540 D	mg/L	-	37	--		JB
Nitrógeno Total	HACH 10072	mg/L N	-	1	--		JP
Coliformes Fecales	SM 9221 E / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 400		AH
Coliformes Totales	SM 9221 B / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 1000		BL
Final de parámetros para esta muestra							

COMENTARIOS:

"Valores máximos permisibles según la Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras. Septiembre, 2012".

Valores indicados con menor a (<) expresan el rango mínimo de lectura de acuerdo a la técnica realizada.

LDM: Límite de Detección de Método


NE: No Especificado

ND: No Detectado


LP: Límite Permitido

MIN: Mínimo


MAX: Máximo




JHANNELI PIRELA
SUPERVISOR DE FÍSICOQUÍMICA



BERNARDO LOPEZ
CONTROL DE CALIDAD




SHARON LUGO
GERENTE DE LABORATORIO



Este reporte no puede ser reproducido, excepto en su totalidad, sin el consentimiento por escrito de ALTOL DOMINICANA.

Anexo 3. Reporte de análisis de calidad de agua, Playa Bonita




ALTOL
ALCHEM
ALTOL CHEMICAL ENVIRONMENTAL LABORATORY INC.

ALTOL PETROLEUM PRODUCTS SERVICES DOMINICANA, SRL.

Calle Pablo Pumarol No.2, Esquina Nicolás Ureña de Mendoza,
Sector Los Prados, Santo Domingo, República Dominicana
TEL: 809-566-5002, MOVIL: 829-659-9872 / 809-390-8240
www.altold.com / ptilero@altold.com / laboratorio@altold.com

ALRD-FO-LB-001 REV 5
Pág.2/2



REPORTE DE ANÁLISIS							
CLIENTE: NATURE CONSERVANCY INC				TIPO DE MUESTRA:		DIRECTA	
CONTACTO: SRA. SOMEIRA ZAMBRANO				FECHA Y HORA DE MUESTREO:		03/08/2022 11:30	
DIRECCIÓN: AVE. DE LOS PROCERES DIAMOND M 1ER NIVEL LOCAL 6A SANTO DOMINGO REP. DOM				MUESTRA COLECTADA POR:		JESUS RAMIREZ	
No. DE TRABAJO: RD-LAB-221292				FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN:		03/08/2022 15:27	
CADENA DE CUSTODIA No.: 36164				MUESTRA RECIBIDA POR:		FRANK LOPEZ	
No DE MUESTRA: 74371				TEMPERATURA DE RECEPCIÓN:		12.3 °C	
MATRIZ DE LA MUESTRA: AGUA COSTERA				FECHA DE ANÁLISIS:		12/08/2022	
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: PLAYA BONITA (LAS TERRENAS)				FECHA DE REPORTE:		12/08/2022	
PARÁMETRO	MÉTODO/TÉCNICA	UNIDAD	LDM	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES Mín - Máx		ANALISTA
Nitrato	SM 4500 NO3 B	mg/L NO3	0.02	1.78	--		JP
Nitrito	HACH 8507	mg/L NO2	0.003	0.016	--		JP
Fosfato	HACH 8190	mg/L PO4 -3	0.04	0.33	--		JP
Fósforo Total	HACH 8190	mg/L P	0.013	0.11	-- 0.4		JP
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	mg/L	-	35	--		JB
Nitrógeno Total	HACH 10072	mg/L N	-	3	--		JP
Coliformes Totales	SM 9221 B / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 1000		BL
Coliformes Fecales	SM 9221 E / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 400		BL
Final de parámetros para esta muestra							

COMENTARIOS:

"Valores máximos permisibles según la Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras. Septiembre, 2012".

Valores indicados con menor a (<) expresan el rango mínimo de lectura de acuerdo a la técnica realizada.

LDM: Límite de Detección de Método


NE: No Especificado

ND: No Detectado


LP: Límite Permitido

MIN: Mínimo


MAX: Máximo




JHANNELI PIRELA
SUPERVISOR DE FÍSICOQUÍMICA



BERNARDO LOPEZ
CONTROL DE CALIDAD



SHARON LUGO
GERENTE DE LABORATORIO



Este reporte no puede ser reproducido, excepto en su totalidad, sin el consentimiento por escrito de ALTOL DOMINICANA.

Anexo 4. Reporte de análisis de calidad de agua, Punta Arena Gorda



ALTOL PETROLEUM PRODUCTS SERVICES DOMINICANA, SRL.

Calle Pablo Pumarí No.2, Esquina Nicolás Ureña de Mendoza,
Sector Los Prados, Santo Domingo, República Dominicana
TEL: 809-566-5002, MOVIL: 829-659-9872 / 809-390-8240
www.altold.com / ptillero@altold.com / laboratorio@altold.com

ALRD-FO-LB-001 REV 5
Pág. 2/2



REPORTE DE ANÁLISIS							
CLIENTE: NATURE CONSERVANCY INC				TIPO DE MUESTRA: DIRECTA			
CONTACTO: SRA. SOMEIRA ZAMBRANO				FECHA Y HORA DE MUESTREO: 03/08/2022 11:30			
DIRECCIÓN: AVE. DE LOS PROCERES DIAMOND M 1ER NIVEL LOCAL 6A SANTO DOMINGO REP. DOM				MUESTRA COLECTADA POR: HILANDI RAMOS			
No. DE TRABAJO: RD-LAB-221289				FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 03/08/2022 18:35			
CADENA DE CUSTODIA No.: 36163				MUESTRA RECIBIDA POR: SHARON LUGO			
No DE MUESTRA: 74396				TEMPERATURA DE RECEPCIÓN: 4.5 °C			
MATRIZ DE LA MUESTRA: AGUA COSTERA				FECHA DE ANÁLISIS: 12/08/2022			
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: PLAYA PUNTA ARENA GORDA (BÁVARO)				FECHA DE REPORTE: 12/08/2022			
PARÁMETRO	MÉTODO/TÉCNICA	UNIDAD	LDM	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES		ANALISTA
					Min	Máx	
Nitrato	SM 4500 NO3 B	mg/L NO3	0.02	1.78	--		JP
Nitrato	HACH 8507	mg/L NO2	0.003	0.007	--		JP
Fosfato	HACH 8190	mg/L PO4 -3	0.04	0.15	--		JP
Fósforo Total	HACH 8190	mg/L P	0.013	0.05	--	0.4	JP
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	mg/L	-	64	--		JB
Coliformes Totales	SM 9221 B / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	74	--	1000	BL
Coliformes Fecales	SM 9221 E / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	74	--	400	AH
Nitrógeno Total	HACH 10072	mg/L N	-	2	--		JP
Final de parámetros para esta muestra							

COMENTARIOS:

"Valores máximos permisibles según la Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras. Septiembre, 2012."

LDM: Límite de Detección de Método NE: No Especificado ND: No Detectado LP: Límite Permitido MIN: Mínimo MAX: Máximo

Jhanneli Pirela

JHANNELI PIRELA
SUPERVISOR DE FÍSICOQUÍMICA

B. LOPEZ

BERNARDO LOPEZ
CONTROL DE CALIDAD


Sharon Lugo

SHARON LUGO
GERENTE DE LABORATORIO



Este reporte no puede ser reproducido, excepto en su totalidad, sin el consentimiento por escrito de ALTOL DOMINICANA.

Anexo 5. Reporte de análisis de calidad de agua, Playa El Cortecito




ALTOL
ALCHEM
ALTOL CHEMICAL ENVIRONMENTAL LABORATORY INC.

ALTOL PETROLEUM PRODUCTS SERVICES DOMINICANA, SRL.

Calle Pablo Pumarol No.2, Esquina Nicolás Ureña de Mendoza,
Sector Los Prados, Santo Domingo, República Dominicana
TEL: 809-566-5002, MOVIL: 829-659-9872 / 809-390-8240
www.altold.com / ptilero@altold.com / laboratorio@altold.com

ALRD-FO-LB-001 REV 5
Pág.2/2



REPORTE DE ANÁLISIS

<p>CLIENTE: NATURE CONSERVANCY INC</p> <p>CONTACTO: SRA. SOMEIRA ZAMBRANO</p> <p>DIRECCIÓN: AVE. DE LOS PROCERES DIAMOND M 1ER NIVEL LOCAL 6A SANTO DOMINGO REP. DOM</p> <p>No. DE TRABAJO: RD-LAB-221290</p> <p>CADENA DE CUSTODIA No.: 36162</p> <p>No DE MUESTRA: 74402</p> <p>MATRIZ DE LA MUESTRA: AGUA COSTERA</p>	<p>TIPO DE MUESTRA: DIRECTA</p> <p>FECHA Y HORA DE MUESTREO: 03/08/2022 10:20</p> <p>MUESTRA COLECTADA POR: HILANDI RAMOS</p> <p>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 03/08/2022 18:35</p> <p>MUESTRA RECIBIDA POR: SHARON LUGO</p> <p>TEMPERATURA DE RECEPCIÓN: 4.5 °C</p> <p>FECHA DE ANÁLISIS: 12/08/2022</p>
---	---

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: PLAYA EL CORTECITO (BÁVARO) **FECHA DE REPORTE:** 12/08/2022

PARÁMETRO	MÉTODO/TÉCNICA	UNIDAD	LDM	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES Mín - Máx	ANALISTA
Nitrato	SM 4500 NO3 B	mg/L NO3	0.02	0.89	--	JP
Nitrito	HACH 8507	mg/L NO2	0.003	0.010	--	JP
Nitrógeno Total	HACH 10072	mg/L N	-	ND	--	JP
Fosfato	HACH 8190	mg/L PO4 -3	0.04	0.19	--	JP
Fósforo Total	HACH 10127	mg/L P	-	0.06	-- 0.4	JP
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D	mg/L	-	37	--	JB
Coliformes Totales	SM 9221 B / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 1000	BL
Coliformes Fecales	SM 9221 E / Número más Probable (NMP)	NMP/100mL	-	< 18	-- 400	AH

Final de parámetros para esta muestra

COMENTARIOS:

"Valores máximos permisibles según la Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras. Septiembre, 2012".

Valores indicados con menor a (<) expresan el rango mínimo de lectura de acuerdo a la técnica realizada.

LDM: Límite de Detección de Método


NE: No Especificado

ND: No Detectado


LP: Límite Permitido

MIN: Mínimo


MAX: Máximo




JHANNELI PIRELA
SUPERVISOR DE FÍSICOQUÍMICA



BERNARDO LOPEZ
CONTROL DE CALIDAD



SHARON LUGO
GERENTE DE LABORATORIO



Este reporte no puede ser reproducido, excepto en su totalidad, sin el consentimiento por escrito de ALTOL DOMINICANA.

Anexo 6. Detalles del presupuesto para la instalación y puesta en marcha de un laboratorio de microfragmentación de corales. Propuesta experimental inicial de Onda Design para The Nature Conservancy.

INVERSIÓN INICIAL – Capex	
Arrendamiento y preparación de terrenos	\$160,000
Arrendamiento de 10 años (terreno y espacio de oficina)	
Permisos y preparación del sitio (plomera, electricidad, ensamblaje de medidores)	
Infraestructura y equipamiento para viveros	\$ 850,000
Infraestructura de las instalaciones (invernadero, ventilación, iluminación, etc.),	
equipos de cría de coral (tanques de fibra de vidrio, tuberías, soportes de tanques, etc.)	
equipos de soporte vital (skimmers de proteínas, aireación, filtración, calentadores y enfriadores)	
Servicios de construcción e ingeniería	\$565,000
Construcción e Ingeniería	
I+D en curso y mejoras de las instalaciones	
Contingencia, otros costos	
Tecnología de cría de coral automatizada	\$150,000
Estación de limpieza y cuidado de corales	
Software de monitoreo y seguimiento	
Pórtico de manejo automatizado	
Inversión inicial total	\$1,725,000
COSTO OPERACIONAL	
Fragmentación de corales	\$120,000
Incluye costos de sustratos, epoxi, otros	
Consumibles para la crianza de corales	
Utilidades	\$200,000
Electricidad, Consumibles de Tratamiento de Agua	
Salarios del personal	\$140,000
1 administrador de instalaciones	
4 operadores de instalaciones	
4 técnicos	
Mantenimiento de Capex y otros	\$160,000
Costos de mantenimiento de instalaciones y Opex	
Contingencia	
Total de gastos operativos	\$ 620,000

* Este presupuesto presenta costos de arrendamiento de terreno y construcción de estructuras a modo de referencia. Para el cálculo de los sitios de intervención evaluados en este trabajo no se consideró ese rubro, ya que se sugiere mejorar las instalaciones de laboratorios ya existentes en las zonas, y de este modo disminuir costos.

Anexo 7. Playa Sosua. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.

ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTO UNITARIO USD	CANTIDAD	COSTO TOTAL USD	FRECUENCIA DÍAS	COSTO AÑO 1	COSTO AÑO 2	COSTO AÑO 3	COSTO AÑO 4	COSTO AÑO 5	TOTAL GENERAL USD
Estudio de línea base	Contrato externo					28,500.00	-	-	-	-	28,500.00
Diagnóstico/revisión bibliográfica	Contrato externo	5,500.00	1	5,500.00	1	5,500.00					5,500.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1	15,000.00					15,000.00
Monitoreo de la salud arrecifal	Unidad costera o playa	8,000.00	1	8,000.00	1	8,000.00					8,000.00
Instalación del laboratorio de reproducción de corales	Contrato externo					1,040,000.00	-	-	-	-	1,040,000.00
Inversión inicial para laboratorio de reproducción asexual	Contrato externo	1,000,000.00	1	1,000,000.00	1	1,000,000.00					1,000,000.00
Inversión inicial reproducción sexual	Contrato externo	40,000.00	1	40,000.00	1	40,000.00					40,000.00
Estructura e instalación del arrecife artificial	Contrato externo					600,460.71	-	-	-	-	600,460.71
Arrecife artificial rref 2.0	m3	2,668.71	225	600,460.71	1	600,460.71					600,460.71
Trasplante y mantenimiento de corales	Contrato externo					3,500.00	878,225.00	878,225.00	878,225.00	-	2,638,175.00
Entrenamiento en técnicas de restauración	Contrato externo	3,500.00	1	3,500.00	1	3,500.00					3,500.00
Operatividad del laboratorio	Contrato externo	620,000.00	1	620,000.00	1		780,000.00	780,000.00	780,000.00		2,340,000.00
Reproducción asexual (microfragmentación)	Contrato externo	50,000.00	1	50,000.00	1		50,000.00	50,000.00	50,000.00		150,000.00
Reproducción sexual	Contrato externo	30,000.00	1	30,000.00	1		30,000.00	30,000.00	30,000.00		90,000.00
Coordinador	persona/día	75.00	1	75.00	243		18,225.00	18,225.00	18,225.00		54,675.00
Programa de monitoreo	Contrato externo					-	3,000.00	18,000.00	3,000.00	18,000.00	42,000.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1			15,000.00		15,000.00	30,000.00
Monitoreo de estructuras y corales	Unidad costera o playa	1,500.00	1	1,500.00	2		3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
TOTAL											4,349,135.71

Anexo 8. Playa Punta Popy. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.

ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTO UNITARIO USD	CANTIDAD	COSTO TOTAL USD	FRECUENCIA DÍAS	COSTO AÑO 1	COSTO AÑO 2	COSTO AÑO 3	COSTO AÑO 4	COSTO AÑO 5	TOTAL GENERAL USD
Estudio de línea base	Contrato externo					28,500.00	-	-	-	-	28,500.00
Diagnóstico/revisión bibliográfica	Contrato externo	5,500.00	1	5,500.00	1	5,500.00					5,500.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1	15,000.00					15,000.00
Monitoreo de la salud arrecifal	Unidad costera o playa	8,000.00	1	8,000.00	1	8,000.00					8,000.00
Instalación del laboratorio de reproducción de corales	N/A					-	-	-	-	-	-
Inversión inicial para laboratorio de reproducción asexual											-
Inversión inicial reproducción sexual											-
Estructura e instalación del arrecife artificial	Contrato externo					600,460.71	-	-	-	-	600,460.71
Arrecife artificial rref 2.0	m3	2,668.71	225	600,460.71	1	600,460.71					600,460.71
Trasplante y mantenimiento de corales	Contrato externo					-	77,000.00	77,000.00	77,000.00	-	231,000.00
Entrenamiento en técnicas de restauración	Contrato externo	*									-
Operatividad del laboratorio	N/A	*									-
Reproducción asexual (microfragmentación)	Contrato externo	47,000.00	1	47,000.00	1		47,000.00	47,000.00	47,000.00		141,000.00
Reproducción sexual	Contrato externo	30,000.00	1	30,000.00	1		30,000.00	30,000.00	30,000.00		90,000.00
Coordinador	persona/día	*									-
Programa de monitoreo	Contrato externo					-	3,000.00	18,000.00	3,000.00	18,000.00	42,000.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1			15,000.00		15,000.00	30,000.00
Monitoreo de estructuras y corales	Unidad costera o playa	1,500.00	1	1,500.00	2		3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
TOTAL											901,960.71

* El entrenamiento es el mismo que aplica para Playa Bonita por estar ambos sitios en la misma localidad. El trasplante se haría con la mismas operaciones del laboratorio que sirve para Playa Bonita. Se contrataría un solo coordinador para las acciones de trasplante en playa Bonita y Punta Popy

Anexo 9. Playa Bonita. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.

ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTO UNITARIO USD	CANTIDAD	COSTO TOTAL USD	FRECUENCIA DÍAS	COSTO AÑO 1	COSTO AÑO 2	COSTO AÑO 3	COSTO AÑO 4	COSTO AÑO 5	TOTAL GENERAL USD
Estudio de línea base	Contrato externo					28,500.00	-	-	-	-	28,500.00
Diagnóstico/visión bibliográfica	Contrato externo	5,500.00	1	5,500.00	1	5,500.00					5,500.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1	15,000.00					15,000.00
Monitoreo de la salud arrecifal	Unidad costera o playa	8,000.00	1	8,000.00	1	8,000.00					8,000.00
Instalación del laboratorio de reproducción de corales	Contrato externo					1,040,000.00	-	-	-	-	1,040,000.00
Inversión inicial para laboratorio de reproducción asexual	Contrato externo	1,000,000.00	1	1,000,000.00	1	1,000,000.00					1,000,000.00
Inversión inicial reproducción sexual	Contrato externo	40,000.00	1	40,000.00	1	40,000.00					40,000.00
Estructura e instalación del arrecife artificial	Contrato externo					600,460.71	-	-	-	-	600,460.71
Arrecife artificial rref 2.0	m3	2,668.71	225	600,460.71	1	600,460.71					600,460.71
Trasplante y mantenimiento de corales	Contrato externo					3,500.00	875,225.00	875,225.00	875,225.00	-	2,629,175.00
Entrenamiento en técnicas de restauración	Contrato externo	3,500.00	1	3,500.00	1	3,500.00					3,500.00
Operatividad del laboratorio	Contrato externo	620,000.00	1	620,000.00	1		780,000.00	780,000.00	780,000.00		2,340,000.00
Reproducción asexual (microfragmentación)	Contrato externo	47,000.00	1	47,000.00	1		47,000.00	47,000.00	47,000.00		141,000.00
Reproducción sexual	Contrato externo	30,000.00	1	30,000.00	1		30,000.00	30,000.00	30,000.00		90,000.00
Coordinador	persona/día	75.00	1	75.00	243		18,225.00	18,225.00	18,225.00		54,675.00
Programa de monitoreo	Contrato externo					-	3,000.00	18,000.00	3,000.00	18,000.00	42,000.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1			15,000.00		15,000.00	30,000.00
Monitoreo de estructuras y corales	Unidad costera o playa	1,500.00	1	1,500.00	2		3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
TOTAL											4,340,135.71

Anexo 10. Punta Arena Gorda. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.

ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTO UNITARIO USD	CANTIDAD	COSTO TOTAL USD	FRECUENCIA DÍAS	COSTO AÑO 1	COSTO AÑO 2	COSTO AÑO 3	COSTO AÑO 4	COSTO AÑO 5	TOTAL GENERAL USD
Estudio de línea base	Contrato externo					28,500.00	-	-	-	-	28,500.00
Diagnóstico/visión bibliográfica	Contrato externo	5,500.00	1	5,500.00	1	5,500.00					5,500.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1	15,000.00					15,000.00
Monitoreo de la salud arrecifal	Unidad costera o playa	8,000.00	1	8,000.00	1	8,000.00					8,000.00
Instalación del laboratorio de reproducción de corales	Contrato externo					390,000.00	-	-	-	-	390,000.00
Inversión inicial para laboratorio de reproducción asexual *	Contrato externo	350,000.00	1	350,000.00	1	350,000.00					350,000.00
Inversión inicial reproducción sexual	Contrato externo	40,000.00	1	40,000.00	1	40,000.00					40,000.00
Estructura e instalación del arrecife artificial	Contrato externo					600,460.71	-	-	-	-	600,460.71
Arrecife artificial rref 2.0	m3	2,668.71	225	600,460.71	1	600,460.71					600,460.71
Trasplante y mantenimiento de corales	Contrato externo					3,500.00	878,225.00	878,225.00	878,225.00	-	2,638,175.00
Entrenamiento en técnicas de restauración	Contrato externo	3,500.00	1	3,500.00	1	3,500.00					3,500.00
Operatividad del laboratorio	Contrato externo	620,000.00	1	620,000.00	1		780,000.00	780,000.00	780,000.00		2,340,000.00
Reproducción asexual (microfragmentación)	Contrato externo	50,000.00	1	50,000.00	1		50,000.00	50,000.00	50,000.00		150,000.00
Reproducción sexual	Contrato externo	30,000.00	1	30,000.00	1		30,000.00	30,000.00	30,000.00		90,000.00
Coordinador	persona/día	75.00	1	75.00	243		18,225.00	18,225.00	18,225.00		54,675.00
Programa de monitoreo	Contrato externo					-	3,000.00	18,000.00	3,000.00	18,000.00	42,000.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1			15,000.00		15,000.00	30,000.00
Monitoreo de estructuras y corales	Unidad costera o playa	1,500.00	1	1,500.00	2		3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
TOTAL											3,699,135.71

* La inversión estará destinada a mejorar equipos y procesos en laboratorios ya existentes de corales de la costa este, no se requerirá una construcción nueva.

Anexo 11. Playa El Cortecito. Detalles de los costos asociados a las actividades que se requieren en cada sitio de intervención priorizado.

ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTO UNITARIO USD	CANTIDAD	COSTO TOTAL USD	FRECUENCIA DÍAS	COSTO AÑO 1	COSTO AÑO 2	COSTO AÑO 3	COSTO AÑO 4	COSTO AÑO 5	TOTAL GENERAL USD
Estudio de línea base	Contrato externo					28,500.00	-	-	-	-	28,500.00
Diagnóstico/revisión bibliográfica	Contrato externo	5,500.00	1	5,500.00	1	5,500.00					5,500.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1	15,000.00					15,000.00
Monitoreo de la salud arrecifal	Unidad costera o playa	8,000.00	1	8,000.00	1	8,000.00					8,000.00
Instalación del laboratorio de reproducción de corales	N/A						-	-	-	-	-
Inversión inicial para laboratorio de reproducción asexual											-
Inversión inicial reproducción sexual											-
Estructura e instalación del arrecife artificial	Contrato externo					600,460.71	-	-	-	-	600,460.71
Arrecife artificial rref 2.0	m3	2,668.71	225	600,460.71	1	600,460.71					600,460.71
Trasplante y mantenimiento de corales	Contrato externo					-	80,000.00	80,000.00	80,000.00	-	240,000.00
Entrenamiento en técnicas de restauración	Contrato externo	*									-
	N/A	*									-
Reproducción asexual (microfragmentación)	Contrato externo	50,000.00	1	50,000.00	1		50,000.00	50,000.00	50,000.00		150,000.00
Reproducción sexual	Contrato externo	30,000.00	1	30,000.00	1		30,000.00	30,000.00	30,000.00		90,000.00
Coordinador	persona/día	*									-
Programa de monitoreo	Contrato externo					-	3,000.00	18,000.00	3,000.00	18,000.00	42,000.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	1	15,000.00	1			15,000.00		15,000.00	30,000.00
Monitoreo de estructuras y corales	Unidad costera o playa	1,500.00	1	1,500.00	2		3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	12,000.00
TOTAL											910,960.71

* El entrenamiento es el mismo que aplica para Punta Arena Gorda por estar ambos sitios en la misma localidad. El trasplante se haría con la mismas operaciones del laboratorio que sirve para Punta Arena Gorda. Se contrataría un solo coordinador para las acciones de trasplante en ambas playas de Bávaro

Anexo 12. Conglomerado del costo inversión total y por playa durante los 5 años del proyecto.

ACTIVIDADES	UNIDAD	TOTAL PLAYA SOSUA	TOTAL PLAYA BONITA	TOTAL PUNTA POPY	TOTAL PUNTA ARENA GORDA	TOTAL EL CORTECITO	TOTAL INVERSIÓN
Estudio de línea base	Contrato externo	28,500.00	28,500.00	28,500.00	28,500.00	28,500.00	142,500.00
Revisión bibliográfica	Contrato externo	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	5,500.00	27,500.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	115,000.00
Monitoreo de la salud arrecifal	Unidad costera o playa	8,000.00	8,000.00	8,000.00	8,000.00	8,000.00	
Instalación del laboratorio de reproducción de corales	Contrato externo	1,040,000.00	1,040,000.00	-	390,000.00	-	2,470,000.00
Inversión inicial para laboratorio de reproducción asexual	Contrato externo	1,000,000.00	1,000,000.00	-	350,000.00	-	
Inversión inicial reproducción sexual	Contrato externo	40,000.00	40,000.00	-	40,000.00	-	
Estructura e instalación del arrecife artificial	Contrato externo	600,460.71	600,460.71	600,460.71	600,460.71	600,460.71	3,002,303.57
Arrecife artificial rref 2.0	m3	600,460.71	600,460.71	600,460.71	600,460.71	600,460.71	
Trasplante y mantenimiento de corales	Contrato externo	2,638,175.00	2,629,175.00	231,000.00	2,638,175.00	240,000.00	8,376,525.00
Entrenamiento en técnicas de restauración	Contrato externo	3,500.00	3,500.00	-	3,500.00	-	
Operatividad del laboratorio	Contrato externo	2,340,000.00	2,340,000.00	-	2,340,000.00	-	
Reproducción asexual (microfragmentación)	Contrato externo	150,000.00	141,000.00	141,000.00		150,000.00	
Reproducción sexual	Contrato externo	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	90,000.00	
Coordinador	persona	54,675.00	54,675.00	-	54,675.00	-	
Programa de monitoreo	Contrato externo	42,000.00	42,000.00	42,000.00	42,000.00	42,000.00	210,000.00
Monitoreo de morfología de la playa	Unidad costera o playa	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	
Monitoreo de estructuras y corales	Unidad costera o playa	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00	
TOTAL PRESUPUESTO		4,349,135.71	4,340,135.71	901,960.71	3,699,135.71	910,960.71	14,201,328.57