

Cooperación técnica Prevención de la erosión costera en San Andrés, Colombia

Informe
RVO

4 febrero 2022



Contacto

JEROEN KLOOSTER

Arcadis Nederland B.V.
P.O. Box 220
3800 AE Amersfoort
The Netherlands

Contenido

Resumen	5
1 Introducción	10
2 Contexto actual respecto al tema de erosión costera en San Andrés	12
2.1 Contexto socioeconómico	12
2.2 Panorama de estudios anteriores respecto al tema de erosión costera	13
2.3 Características morfodinámicas de las playas en erosión	14
2.3.1 Análisis Físico	14
2.3.2 Oleaje y Morfología	16
2.4 Aspectos biológicos	21
2.4.1 Coral	26
2.4.2 Pastos Marinos	28
2.4.3 Manglares	30
3 Análisis sobre la extracción local de arena	33
3.1 Metodología	33
3.2 Resultados	35
3.2.1 Trabajo de campo y laboratorio	35
3.2.2 Información secundaria	42
4 Evaluación de posibles soluciones para la protección por la erosión costera	44
4.1 Metodología	44
4.2 Soluciones propuestas para Spratt Bight	46
4.2.1 Visión general de las soluciones posibles en Spratt Bight	46
4.2.2 Solución 1: Cerrar la brecha ('el Canal') en el arrecife	48
4.2.3 Solución 2: Regeneración de Playas / uso benéfico del material de dragado	54
4.2.4 Solución 3: Estructuras de Protección Cerca de la Costa	60
4.2.5 Solución 4: Conservación y la restauración de la vegetación marina	64
4.2.6 Solución 5: Arboles y vegetación costera protectora	68
4.3 Financiación	74

5	Comunicación y socialización	76
5.1	Metodología	76
5.2	Resultados	77
5.2.1	Talleres ciclo 1	77
5.2.2	Talleres ciclo 2	79
5.2.3	Comunicaciones	80
6	Conclusiones y recomendaciones	82
	Colofón	86

Resumen

Introducción

La erosión costera es uno de los temas prioritarios de la cooperación Delta entre Colombia y los Países Bajos. Uno de los resultados de los esfuerzos conjuntos entre los gobiernos holandés y colombiano es el Plan Maestro de Erosión Costera (PMEC). El PMECC fue entregado en 2017. Las misiones previas identificaron las necesidades específicas de diferentes organizaciones nacionales, regionales y locales sobre la erosión costera, las acciones realizadas hasta el momento y las actividades planificadas en relación con la erosión costera. Basándose en los resultados de estas misiones, se hizo evidente que la isla de San Andrés (SAI) sería un área adecuada para la asistencia técnica holandesa sobre la erosión costera.

En función de las necesidades identificadas y de los riesgos debidos a la erosión costera, este proyecto se puso en marcha con cuatro actividades principales:

 <p>Actividad 1 Análisis y asesoramiento de la extracción local de arena</p>	 <p>Actividad 2 Evaluación de posibles soluciones para la protección de la erosión costera en la isla de San Andrés</p>	 <p>Actividad 3 Trabajo técnico de campo y laboratorio para caracterización de sedimentos y arenas, priorizado hacia dos temas principales: (i) la caracterización de las arenas existente en la playa de Spratt Bight (el destino), y (ii) la caracterización de las arenas y sedimentos de fondo del mar en los sitios de posible fuente de materiales para el relleno de la playa mediante dragado (el origen)</p>	 <p>Actividad 4 Comunicación, socialización de los objetivos, los resultados y recopilación de recomendaciones y observaciones de los actores sociales e institucionales</p>
--	---	---	--

Dentro del análisis, se han integrado las actividades mencionadas debido a estar interrelacionadas:

- La Actividad 3 es un insumo importante para el análisis de la Actividad 1.
- La comunicación e intercambio de información de la Actividad 4 están integradas y basados en los resultados de las Actividades 1, 2 y 3.

Contexto actual respecto al tema de erosión costera en San Andrés

La isla de San Andrés ha sufrido profundos cambios con un rápido crecimiento de la población, lo cual ha provocado un cambio en el paisaje de la isla y el deterioro del medio ambiente. Actualmente, la isla depende del sector turístico para obtener ingresos económicos y medios de subsistencia. Los hoteles y restaurantes gravitan hacia la playa y se encuentran en la línea de costa o cerca de ella. La recuperación de las playas es esencial para mantener e impulsar la economía de la isla; si al mismo tiempo se recuperan los ecosistemas como los arrecifes de coral, también se contribuirá a mejorar la calidad de vida de los raizales que dependen de la pesca como actividad económica y como base de su seguridad alimentaria.

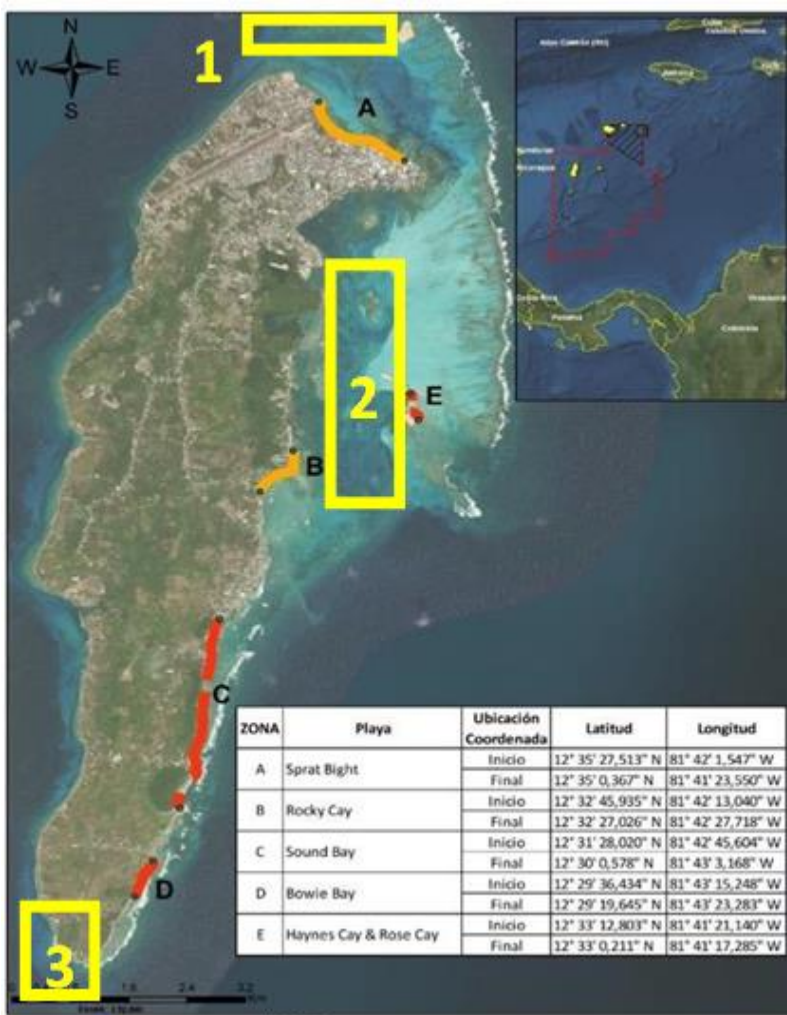
Se han realizado muchos estudios sobre la erosión en Colombia, que indican la importancia de actuar e identificar las áreas sensibles a la erosión. Las islas de San Andrés y Providencia han sido señaladas como prioritarias para la acción. Mientras que los estudios anteriores para las medidas de protección de la costa se han centrado en las estructuras duras, este estudio se centra en las alternativas, como la de Construir con la Naturaleza, para garantizar que la solución esté integrada en el sistema.

San Andrés es una isla de baja altitud, apenas, lo que se ve agravado por la subida del nivel del mar y el aumento de las condiciones meteorológicas extremas.

Actualmente, la costa está influenciada por su ubicación, los vientos, las olas y los huracanes que impactan en la isla aproximadamente una vez cada diez años. Los ecosistemas únicos de la isla están protegidos dentro de la Reserva de la Biosfera Seaflower, por ejemplo, se pueden encontrar aproximadamente 51 tipos diferentes de coral, que desempeñan un papel esencial en el ecosistema y la protección de la costa. Sin embargo, el ecosistema se ha ido deteriorando debido al turismo, que ha eliminado las plantas marinas y los manglares en el área de Spratt Bight.

En la playa de Spratt Bight se observa una gran diferencia entre la erosión y la acreción debido a los vientos y las olas, por lo que los periodos más tranquilos conducen a la acreción. La investigación ha demostrado que no hay una pérdida neta de sedimentos en el sistema. La acreción y la erosión son fenómenos naturales y estacionales; no obstante, se buscan soluciones para salvaguardar el turismo y los medios de vida en el futuro.

Análisis sobre la extracción local de arena



Alrededor de San Andrés hay tres zonas con sedimentos que sirvan como fuentes de sedimentos (arenas): Punta Nord, el Canal de Acceso y Punta Sur. Véase Figura 1.

Se estiman un volumen de sedimentos disponibles de 520.000 m³ (Punta Nord), 112.000 m³ (Canal de Acceso) y 910.000 m³ (Punta Sur). Dichos volúmenes son suficientes para una regeneración de la playa de Spratt Bight (60.000 m³ para una ampliación de 10 m en anchura).

El Inveemar hizo un análisis físico/químico de los sedimentos por la toma de muestras en Spratt Bight y otros sitios alrededor de la isla. Los resultados pueden resumirse como sigue:

Figura 1 Mapa de San Andrés indicando los puntos de erosión

- Granulometría: En los sedimentos de Spratt Bight predominan las arenas gruesas y medianas con una clasificación de pobre a moderada y distribuciones pláticas y mesocurticas. En cambio, en las muestras del sector NW predominan los clastos de tamaño de arena muy gruesa, tienen porcentajes similares de arenas gruesas y el contenido de arena fina es inferior al 10%.
- Materia orgánica: Los resultados del análisis del contenido de materia orgánica indican que la zona de estudio presenta bajos porcentajes de esta variable, que oscilan entre el 0,5-5,9%.
- Mineralogía: En general, las muestras presentan homogeneidad en cuanto a composición y textura. En cuanto a la composición, dominan los fragmentos biogénicos de origen marino como corales, bivalvos, gasterópodos y foraminíferos secundarios.

- Calidad de los sedimentos: Se concluye que en el 75% de las estaciones muestreadas predominan las arenas gruesas, esta característica unida al origen calcáreo de las mismas impide la retención de materia orgánica y contaminantes.

La conclusión de dicho análisis es que no hay obstáculos para usar sedimentos provenientes de las fuentes mencionadas para la extracción de arenas con el fin de una regeneración y/o ampliación de la playa de Spratt Bight (y otros sitios/playas en San Andrés).

Evaluación de posibles soluciones para la protección por la erosión costera

El concepto de 'Construir con la Naturaleza' trata de satisfacer las demandas de la sociedad sobre la infraestructura a partir del funcionamiento de los sistemas naturales y sociales en los que se va a realizar esta infraestructura. El objetivo no es sólo cumplir con estos sistemas, sino también hacer un uso óptimo de los mismos y al mismo tiempo, crear nuevas oportunidades para ellos. Este enfoque está alineado con la necesidad de encontrar diferentes modos de operación y requiere una forma diferente de pensar, actuar e interactuar (De Vriend y van Koningsveld, 2012; De Vriend et al., 2014).

Soluciones propuestas para Spratt Bight

La visión general de las soluciones de Spratt Bight es centrarse en construir con la naturaleza, teniendo en cuenta al mismo tiempo los retos a los que se enfrenta San Andrés, como el cambio climático, el crecimiento de la población, la contaminación y un sector turístico en expansión. Por lo tanto, se han propuesto una serie de 5 soluciones, analizándolas al respecto de temas técnicos, ambientales y costos, que pueden ir de la mano para apoyar el ecosistema en varios niveles y mejorar la protección de la costa. El resumen de las cinco soluciones diferentes se encuentran en la siguiente tabla.

Solución	Descripción	Tipo de solución
1. Cerrar la brecha ('el Canal') en el arrecife	La brecha en el NW de la barrera coralina (llamada 'Channel' por locales) es una ubicación por donde las olas pueden entrar al sistema costero de Spratt Bight. Cerrando esta entrada, se puede disminuir el efecto que las olas de tormenta tienen en la costa de Spratt Bight.	Solución para disminuir la altura de las olas y la fluctuación en la dirección del oleaje
2. Regeneración de playas	La playa de Spratt Bight podría ser regenerada con sedimentos provenientes de diferentes sitios: en la punta norte y punta sur de la isla, donde hay arena que no está en áreas protegidas; o utilizar benéficamente el material dragado del canal de acceso para regenerar la playa.	Solución para aumentar el ancho de la playa
3. Estructuras de protección cerca de la costa	Estructuras sumergidas o emergidas, naturales o artificiales pueden ser instaladas cerca de la costa, teniendo un efecto similar a la solución número 1.	Solución para disminuir los efectos de la fluctuación en la dirección del oleaje
4. Conservación y Restauración de la Vegetación Marina	Los pastos marinos forman un gran parte del ecosistema de Spratt Bight (y San Andrés como todo). Pueden aumentar los niveles de resistencia al esfuerzo cortante de olas de tormenta sobre el lecho marino, manteniendo el sedimento estable. Además, Pueden reducir la altura de las olas en un grado significativo (Guannel, G. 2016) .	Solución para disminuir la altura del oleaje y estabiliza el sedimento
5. Vegetación costera protectora	Se puede fortalecer y enriquecer las barreras de vegetación existentes con vegetación nativa para actuar como cortavientos y mantener la arena. Esta solución es ideal a lo largo del paseo marítimo ('la Peatonal'). El resultado es similar a la solución número uno, pero ahora se quiere impedir el transporte eólico, manteniendo la arena en la playa. Respecto al manglar enfoque sólo a la protección de la ubicación existente.	Solución para prevenir pérdida de sedimento por medio eólico

Para tener una mejor visión general del conjunto de soluciones y una propuesta inicial de dónde podrían aplicarse estas soluciones, ajustada con los actores locales interesados durante los talleres del proyecto, se puede ver en la Figura 2 a continuación.



Figura 2 Resumen de las posibles soluciones propuestas para Spratt Bight. Fuente de las imágenes: adaptado de: Tanaka et al., (n.d.); FONADE – Gobernación de San Andrés, Universidad del Norte, IDEHA (2009); Minambiente-INVEMAR, CAR, costeras, DELTARES (2012); Google Earth (2021)

Comunicación y socialización

Para este proyecto, se organizaron dos ciclos de talleres diferentes para las instituciones y las comunidades:

1. Para recopilar información y presentar el proyecto, y
2. Para recibir comentarios y aportaciones para el desarrollo posterior de las soluciones identificadas.

Los participantes indicaron que en San Andrés se habían realizado estudios previos sobre la erosión; sin embargo, el seguimiento fue escaso o nulo. Además, los participantes expresaron su preocupación por los posibles efectos negativos para el medio ambiente derivados del dragado. Además, los participantes destacaron las diferencias entre San Andrés y otros puntos de erosión costera en Colombia debido a la ubicación de la isla.

Las partes interesadas y las contrapartes en San Andrés indicaron como soluciones más interesantes el cierre del "canal" (la brecha en el arrecife de coral) y la restauración de las plantas marinas. Este tipo de soluciones puede afinarse aún más, por lo que es importante identificar soluciones que no impliquen ningún tipo de riesgo, que sean de bajo coste y beneficiosas, como la plantación de vegetación costera (por ejemplo, cortavientos, árboles, etc.). Estas soluciones podrían priorizarse en su aplicación y contribuir a la protección del litoral de forma rentable.

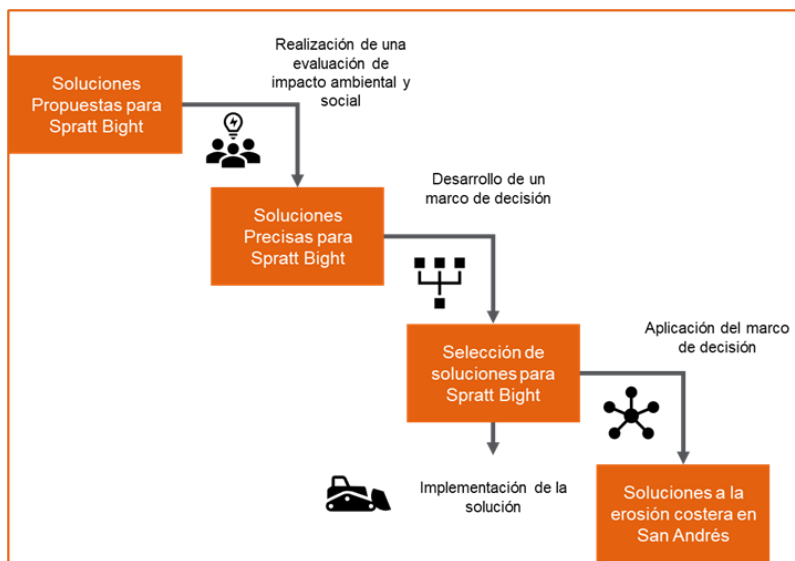
Entonces es necesario seguir investigando sobre estas medidas, su ubicación y su alcance para garantizar que las soluciones estén bien integradas en el contexto natural y socioeconómico.

Las soluciones que se propongan en los próximos pasos deberán incluir evaluaciones exhaustivas del impacto ambiental y social que protejan los medios de vida de los residentes y el medio ambiente.

Recomendaciones

Dado el gran número de estudios disponibles sobre la erosión costera en San Andrés, se recomienda que las autoridades elaboren un marco de toma de decisiones para las soluciones preferidas para Spratt Bight y/u otros lugares de San Andrés y que luego se apliquen estas soluciones. Las soluciones propuestas en este estudio pueden servir de base para la elaboración de medidas específicas que deben aplicarse.

Este enfoque reconoce los inquietudes y dudas de las partes interesadas respecto a posibles impactos negativos, y puede ayudar a identificar soluciones integradas en el contexto socioeconómico. Además de las evaluaciones de impacto ambiental y social, las soluciones propuestas, una vez detalladas, pueden someterse a un estudio de (pre)viabilidad que incluya a las partes interesadas en el proceso.



Aunque con las partes interesadas existe una preferencia para las soluciones 'cerrar la brecha' y 'restauración de vegetación marina', se recomienda incluir todas las soluciones propuestas.

En ese sentido, después de seleccionar y detallar medidas para Spratt Bight, se puede cambiar el enfoque a otros sitios con erosión costera estructural, aprovechando las soluciones propuestas para Spratt Bight.

Una posible opción de financiación que se recomienda explorarse para los proyectos de protección de la costa es el Sistema General de Regalías (SGR). Sin embargo, la estructuración de un proyecto de erosión costera para SAI, a partir de los resultados obtenidos del proyecto, puede ser también una oportunidad de cooperación bilateral entre Colombia y los Países Bajos. En general, las cooperaciones internacionales pueden considerarse como una importante fuente de financiación e intercambio de conocimientos.

1 Introducción

Cooperación Delta Colombia-Países Bajos

La erosión costera es uno de los temas prioritarios de la cooperación Delta entre Colombia y los Países Bajos. Uno de los resultados de los esfuerzos conjuntos entre los gobiernos holandés y colombiano es el Plan Maestro de Erosión Costera (PMEC). El PMECC se entregó en 2017. En el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, desarrollado bajo el liderazgo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), el PMECC se menciona como parte de las secciones relacionadas con la preservación de los ecosistemas y la resiliencia a los efectos del cambio climático. San Andrés y Providencia se identifican como áreas prioritarias en el PMECC.

Con el fin de determinar cómo podría estructurarse una mayor asistencia de los Países Bajos con respecto a la implementación del PMECC, el gobierno holandés, a través de un consorcio colombo-holandés liderado por Arcadis, llevó a cabo en 2019/2020 dos misiones para contactar a diversas organizaciones relacionadas con la erosión costera en tres posibles sitios de implementación del PMECC, en los departamentos de Sucre (Golfo de Morrosquillo), La Guajira (Palomino) y las islas de San Andrés y Providencia. En estas misiones se identificaron las necesidades específicas de diferentes organizaciones nacionales, regionales y locales en relación con la erosión costera, así como las medidas tomadas hasta el momento y las actividades proyectadas en relación con la erosión costera. Con base en los resultados de estas misiones se hizo evidente que la isla de San Andrés (SAI) sería una zona adecuada para la asistencia técnica holandesa en materia de erosión costera.

Alcance del proyecto

El objetivo de este proyecto, ejecutado por un consorcio colombo-holandés, liderado por Arcadis y JESyCA, es dar seguimiento a los resultados mencionados anteriormente (las misiones y el PMECC), enfocando al análisis de la extracción local de arena en San Andrés para la construcción y el acondicionamiento de las playas y una evaluación técnica de alternativas (preferentemente soluciones basadas en la naturaleza) para contrarrestar la erosión costera en San Andrés, particularmente en el área de Spratt Bight. La playa de Spratt Bight es una de las más turísticas de la isla, situada en la costa norte de San Andrés. Está bordeada por un amplio arrecife y su estado parece variar con el paso del tiempo (se han producido importantes fluctuaciones en la anchura de la playa en las últimas décadas, comparando aerofotografías e imágenes de satélite de diferentes épocas).

Las siguientes actividades se ha definido dentro de los Términos de Referencia como el alcance del proyecto:

- Actividad 1: Análisis y asesoramiento sobre la extracción local de arena.
- Actividad 2: Evaluación de posibles soluciones para la protección de la erosión costera en la isla de San Andrés.
- Actividad 3: Trabajo técnico de campo y laboratorio para caracterización de sedimentos y arenas, priorizado hacia dos temas principales: (i) la caracterización de las arenas existente en la playa de Spratt Bight (el destino), y (ii) la caracterización de las arenas y sedimentos de fondo del mar en los sitios de posible fuente de materiales para el relleno de la playa mediante dragado (el origen).
- Actividad 4: Comunicación, socialización de los objetivos, resultados y recopilación de recomendaciones y observaciones de los actores sociales e institucionales.

Contenido del informe

Las actividades mencionadas están interrelacionadas:

- La Actividad 3 es un insumo importante para el análisis de la Actividad 1.
- La comunicación e intercambio de información de la Actividad 4 están integradas y basados en los resultados de las Actividades 1, 2 y 3.

Por esta razón este informe se estructura de la siguiente manera:

- Capítulo 2: Contexto actual respecto al tema de erosión costera en San Andrés.
- Capítulo 3: Análisis y asesoramiento sobre la extracción local de arena (resultados Actividades 1 y 3).
- Capítulo 4: Evaluación de posibles soluciones para la protección por la erosión costera (resultados Actividad 2).

- Capítulo 5: Comunicación y socialización de los resultados (resultados Actividad 4).
- Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones.

En los Apéndices se encuentran la siguiente información:

- Apéndice A Análisis sedimentológico y levantamiento topo batimétrico (Invemar 'Adaptación Basada En La Naturaleza Para Mitigar La Erosión Costera En San Andrés Isla, Caribe Colombiano' - informe separado).
- Apéndice B Memorias del ciclo 1 de talleres.
- Apéndice C Memorias del ciclo 2 de talleres.
- Apéndice D Documentos de las Comunicaciones.
- Apéndice E Impactos ambientales de dragado y de regeneración costera.
- Apéndice F Contenidos para las redes sociales.
- Apéndice G Especificaciones del sistema de Reefsystems.
- Apéndice H Bibliografía.

2 Contexto actual respecto al tema de erosión costera en San Andrés

2.1 Contexto socioeconómico

Las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, que conforman hoy uno de los departamentos de Colombia, están ubicadas a más de 750 km de la costa colombiana continental y 180 km de la de Centroamérica, en el Mar Caribe, por lo cual históricamente han tenido mayor afinidad con las islas del Mar Caribe, especialmente con Jamaica, de donde llegaron esclavos y plantadores a poblar las islas a finales del siglo XVIII (Meisel Roca, 2016). De acuerdo con el historiador y economista Adolfo Meisel (2016), estos pobladores lograron mantener una cultura muy diferente de la de la población de la Colombia continental hasta el año 1953, cuando las islas fueron declaradas puerto libre de impuestos, con lo cual se generó una ola de inmigración a la isla, tanto de turistas (interesados en los cupos concedidos por las nuevas normas para la compra de artículos sin aranceles) como de comerciantes colombianos y árabes que se asentaron en la isla, dejando a los habitantes locales, autodenominados raizales, como una minoría local sin control de los principales renglones económicos. Además, se generó en la isla un crecimiento demográfico acelerado que hace que SAI sea una de las islas más densamente pobladas del Caribe, y que conllevó a un serio deterioro ambiental resultado del aumento en la generación de residuos y vertimientos al mar (sin tratamiento), la sobreexplotación de pesquerías y la disminución de la cobertura coralina; esta situación solo pudo ser atendida con la creación de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina) en el año 1995 (Sanchez Jabba, 2016 a).

Hasta el momento de declaración de SAI como puerto libre, la economía de la isla dependía de la agricultura, especialmente del cultivo de coco y algodón para la exportación. Posterior a la declaratoria del puerto libre, la economía se centró en la actividad comercial y luego, con la apertura económica de Colombia a partir de la década de los 90, con lo cual el puerto libre ya no tenía ventajas competitivas comerciales, el sector de hoteles y restaurantes aumentó su participación en el PIB y el comercio se redujo (Meisel Roca, 2016). Para el 2012, las actividades económicas de hotelería y restaurantes, comercio, transporte y comunicaciones, contribuyeron al 52,7% del PIB departamental; la administración pública, y los servicios básicos, sociales y empresariales, en conjunto, aportaron el 41,7% (Aguilera, 2016). En la actualidad, la pesca no es un renglón importante del PIB departamental, pero sí lo es para la seguridad alimentaria y podría ser más importante si la actividad tuviese mayor acceso a la tecnología y la industrialización (ibid). Parte de la problemática económica de la isla, según Meisel Roca, es que la infraestructura que permaneció en la isla estaba asociada a la de la economía basada en un puerto libre y, hasta a la fecha, San Andrés no ha logrado generar ventajas competitivas para el turismo internacional. Adicionalmente, y más grave aún para la economía, según el autor, es la marginalización económica, cultural y social de los raizales, quienes no tienen el capital humano y las oportunidades necesarias para participar activamente en el desarrollo local.

De acuerdo con lo anterior, un análisis del capital humano de SAI realizado por María Aguilera (2016), permite concluir que, a pesar de avances en la educación, con niveles de alfabetización que superan los promedios nacionales, y las condiciones de vida de la población isleña (según indicadores asociados a la estatura, esperanza de vida y tasa de mortalidad), los niveles de pobreza van en aumento. Según datos compilados por la Gobernación de la Archipiélago, en 2018, el indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) de San Andrés se estima a 43%. Dichas condiciones socioeconómicas han facilitado la vinculación de jóvenes raizales al narcotráfico, actividad para la cual San Andrés juega un papel importante por su ubicación geográfica, cerca de Centroamérica y los Estados Unidos, y por lo cual actualmente se han conformado bandas criminales narcotraficantes cuyas disputas han generado un aumento en los índices de violencia (homicidios) en San Andrés (Sánchez Jabba, 2016 b).

En el contexto socio-económico presentado, es evidente que los recursos naturales asociados a la costa y mar de San Andrés prestan unos servicios ecosistémicos vitales para el bienestar de la población isleña, donde sobresale la pesca como base de la seguridad alimenticia, y las playas como principal atractivo turístico de un lugar donde el turismo es el principal sostén económico. A pesar de los avances en la sostenibilidad generados por contar con la presencia de la autoridad ambiental Coralina y la declaratoria de la Reserva de la Biosfera Sea Flower y varias áreas protegidas (marinas y costeras) y las organizaciones comunitarias y su estructura político-administrativa, el modelo de desarrollo socioeconómico actual de la isla es insostenible (Sánchez Jabba, 2016 a) y esto se traduce en un espiral de declive ambiental, social y económico.

En este entorno, las medidas basadas en la Naturaleza para la protección contra la erosión costera tienen un papel fundamental, pues aportan de manera decidida a generar condiciones adecuadas para el desarrollo ecológico e integral humano sostenible de la isla de San Andrés. La recuperación de las playas es esencial para mantener e impulsar la economía del departamento, y si esto se realiza a través de la recuperación de ecosistemas como los arrecifes coralinos, se estará aportando también al mejoramiento de la calidad de vida de la población raizal que depende de la pesca tanto como actividad económica, como base de su seguridad alimentaria. Además, en la isla de San Andrés un alto porcentaje de la infraestructura, incluidos los sitios de desembarque de pescado, los mercados de pescado, las carreteras, las líneas telefónicas y eléctricas, las líneas de agua, el aeropuerto, los hogares y los hoteles, se encuentra en la zona costera y en riesgo de erosión costera; generando la necesidad de tomar medidas de protección costera como base para impulsar el desarrollo local a través de medidas complementarias como la formación del capital humano, el impulso del turismo sustentable, entre muchos otros.

Finalmente, se debe tener en cuenta que, de acuerdo con el P MEC, la falta de coordinación interinstitucional, y para el caso de San Andrés, especialmente entre los niveles local y central del gobierno (según resultados de los talleres del presente proyecto con actores locales), es uno de los principales problemas de gobernanza del tema de erosión costera en Colombia en general y en San Andrés en particular.

2.2 Panorama de estudios anteriores respecto al tema de erosión costera

Colombia está afrontando un problema creciente de erosión en sus costas. En general, la erosión costera parece ser el resultado de la pérdida de sedimentos debido a factores naturales (olas, corrientes, huracanes, tsunamis, etc.) y factores antropogénicos (extracción de arenas y recursos marino-costeros para construcción, tala de manglares, obras costeras descoordinadas e infraestructura muy cercana a la línea de costa). Aunque no se han realizado estudios en Colombia, los datos globales destacan que en las últimas décadas, los ríos han aportado una menor cantidad de sedimentos al sistema costero como resultado de la construcción de infraestructura (por ejemplo, embalses hidroeléctricos). Además, se han construido en forma descoordinada estructuras rígidas para la protección costera, cambiando los usos del suelo (de los sistemas naturales al rompeolas, excavación de arena para la construcción de casas etc.), destruyendo los ecosistemas de los manglares y dando lugar a la explotación excesiva de arena. Asimismo, la erosión ha sido agravada por un aumento relativo en el nivel del mar debido al cambio climático y los movimientos tectónicos. Sin medidas de mitigación adecuadas, esa pérdida de terreno continuará en el futuro. En los próximos años, la erosión constante podría plantearles un peligro a las comunidades asentadas en la zona, así como a la infraestructura y hábitat natural que se extienden a lo largo de la costa y que actualmente aún se encuentran a una distancia segura del agua.

La erosión costera que se produce en distintos puntos a lo largo de la costa colombiana ha sido analizada y comentada en numerosos documentos. En el desarrollo del Plan Maestro de Erosión Costera (P MEC), se recabó esa información y se analizó y discutió con los distintos actores interesados. En función de esa discusión, se generó una lista de 86 puntos de erosión conocidos y una selección de 36 puntos críticos de erosión, incluyendo varios en las islas de San Andrés y Providencia.

Las islas de San Andrés y Providencia son una zona prioritaria para las inversiones nacionales. La gobernación ha sido responsable de muchas de las inversiones nacionales priorizadas para el desarrollo económico y social de la isla, pero hay un trabajo que sigue sin hacerse: la implementación de medidas contra la erosión costera. Los problemas de erosión costera en las islas tienen graves consecuencias en la economía insular, ya que el turismo, que se basa en el goce de las playas, representa el 40% del Producto Interno Bruto de las islas. Además, la principal y única carretera nacional de la isla discurre paralela al mar, ha sido afectada en varios puntos, y corre gran peligro de derrumbarse debido a la erosión costera. Para hacer frente a este problema, el gobierno regional emitió una Declaración de Calamidad Pública por Erosión Costera. La declaración simplifica los trámites y procedimientos necesarios para aplicar y financiar las medidas contra la erosión costera.

En un informe reciente de la Contraloría delegada para el medio ambiente¹ se ofrece un buen panorama de los puntos conflictivos de la erosión costera, los proyectos anteriores y actuales y el marco institucional relativo a la erosión costera. El enfoque técnico de los proyectos en San Andrés se ha centrado principalmente en la construcción de infraestructuras de ingeniería dura (espolones, muros de hormigón de contención o muros de bolsas de cemento). Sin embargo, estudios recientes proponen medidas de construcción con la naturaleza, como arrecifes de coral artificiales, establecimiento de nuevas zonas de manglar, y medidas no estructurales como la reubicación de viviendas y la zonificación (prohibición de construcciones en la línea de costa). El uso de material de dragado para el relleno de la playa, procedente del canal de acceso al puerto, es una cuestión técnica importante que se ha discutido mucho últimamente, aunque ya se había utilizado en forma importante en el pasado.

2.3 Características morfodinámicas de las playas en erosión

Un área potencial para la asistencia holandesa en relación con la erosión costera en San Andrés, como se menciona en el estudio de seguimiento del P MEC (Arcadis et al., 2020), es la modelación oceanográfica integral de la isla para determinar los movimientos de arena alrededor de las dos islas y la sostenibilidad de las medidas a tomar en el largo plazo, con base en la información de los estudios existentes. Aunque esto no está en el ámbito de los términos de referencia de este proyecto, consideramos que es muy relevante para poder abordar y contextualizar ambos componentes del proyecto.

En ese sentido, se ha integrado al proyecto de consultoría, el trabajo de investigación y los resultados preliminares de la tesis de Maestría de Jan van Overeem jr. (TU Delft / Arcadis) cuyos objetivos de investigación son aportar conocimientos sobre el comportamiento morfodinámico de la playa de Spratt Bight y, a través de la filosofía de Construir con la Naturaleza, proponer soluciones para mitigar su problema de erosión. Para entender más específicamente cómo esos factores afectan a las playas de San Andrés, se han formulado las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las fuerzas que actúan sobre el sistema morfológico?
2. ¿Cuál es la respuesta morfológica del sistema a estas fuerzas?
3. ¿Cuáles son los patrones y mecanismos dominantes de transporte de sedimentos?
4. ¿Cuál es la evolución morfológica esperada de la playa de Spratt Bight?

Para responder a estas preguntas de investigación se investigarán los orígenes y destinos, los procesos de transporte de sedimentos y los patrones de erosión de la zona costera de San Andrés. Así mismo, se analizarán y modelarán la zona costera de la isla incluyendo aspectos hidrodinámicos y morfodinámicos.

2.3.1 Análisis Físico

El archipiélago de San Andrés está situado en el borde sureste de la plataforma continental nicaragüense. Por esta razón, los bordes de la isla presentan pendientes relativamente pronunciadas. La Figura 3 muestra parte de la batimetría del Mar Caribe y cómo la isla se encuentra justo fuera de la plataforma continental.

¹ Contraloría Delegada para el medio ambiente: 'Estudio ambiental estratégico sobre el Estado del Arte del fenómeno de erosión costera en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y recomendaciones en el marco del Control y la Vigilancia Fiscal' (noviembre 2020).

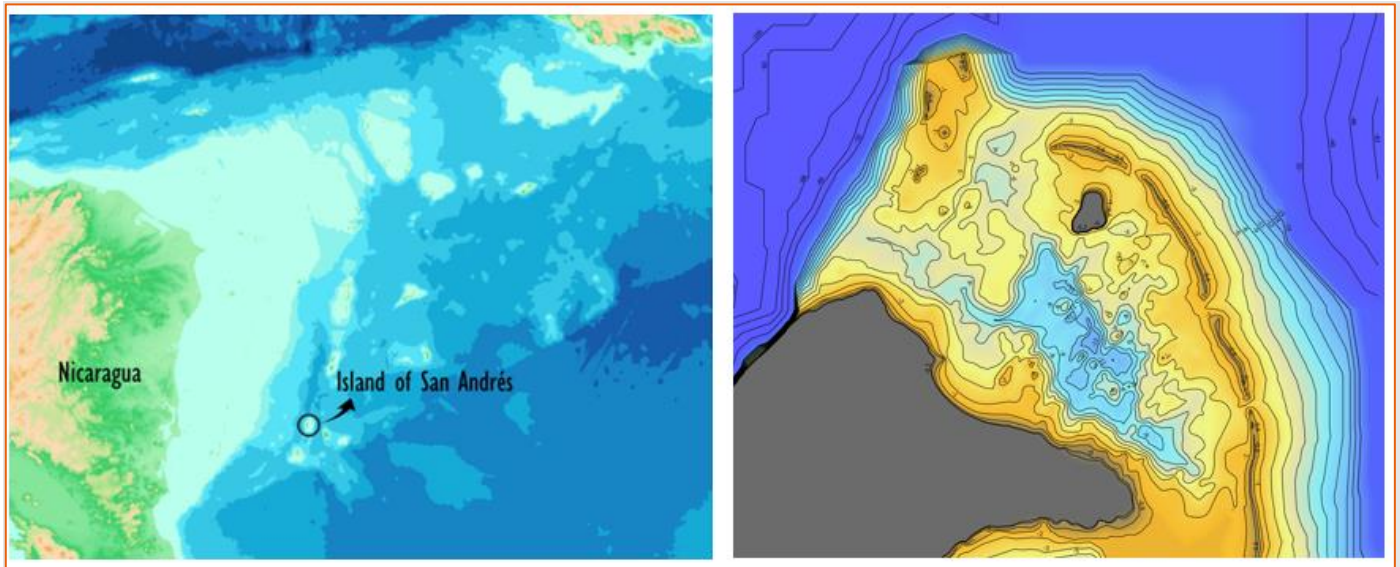


Figura 3 (A la izquierda) Parte de la batimetría del Mar Caribe (GEBCO, 2020). La plataforma continental nicaragüense se puede identificar por el área de color azul claro alrededor de la costa de Nicaragua. (A la derecha) Batimetría de la zona de Spratt Bight

Los vientos predominantes en San Andrés son los Alisios del NE que predominan de diciembre a marzo, sin embargo, entre los meses de junio y noviembre pueden observarse fenómenos meteorológicos extremos en la isla (así como en el resto del Caribe). Al llegar a la costa de San Andrés, estos eventos de tormenta pueden producir olas de más de 6 m de altura, fuertes lluvias y velocidades de viento de más de 120 km/h. Los estudios muestran que, en promedio, la isla de San Andrés ha sido fuertemente afectada por huracanes al menos una vez cada 10 años (Royero et al., 2015; Rangel-Buitrago et al., 2015).

La costa oriental de San Andrés, y por tanto también la playa de Spratt Bight, están protegidas por una barrera de coral en el costado noreste y este de la isla, como se aprecia en la batimetría de la Figura 3. Durante eventos climáticos extremos, las olas se amortiguan en la barrera coralina, disminuyendo a una altura significativa (H_s) de menos de 1 m. La Figura 4 muestra las alturas significativas y períodos promedio de las olas alrededor de San Andrés durante las condiciones meteorológicas extremas provocadas por el huracán Joan en octubre de 1988 (uno de los mayores de los últimos 40 años).

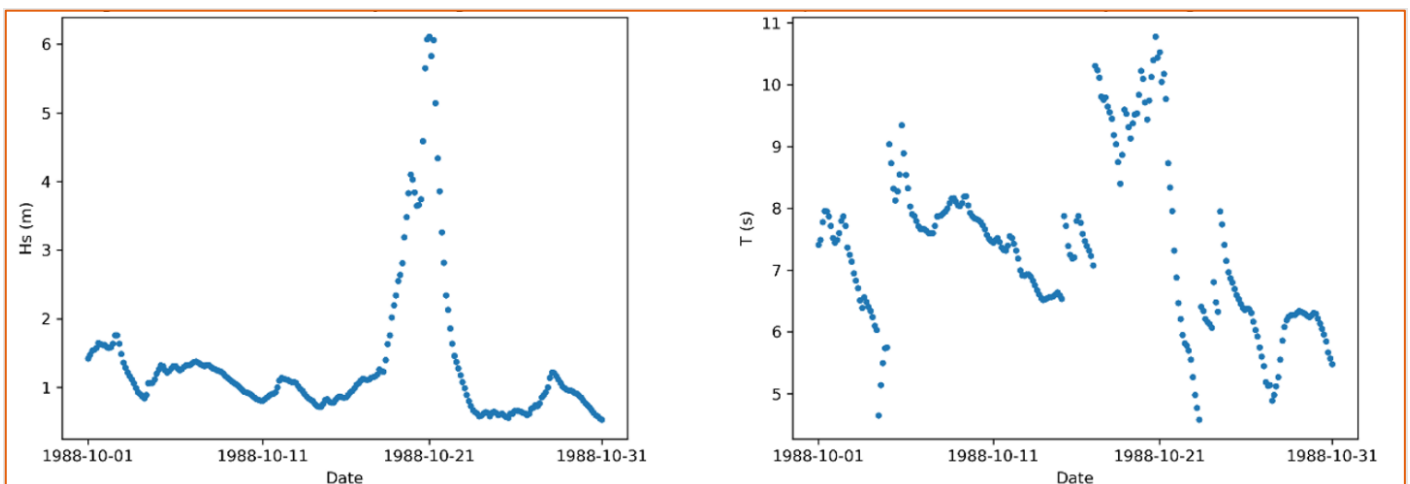


Figura 4 Altura significativa y período de las olas durante el huracán Joan en octubre de 1988, la mayor tormenta de los últimos 40 años. La altura de las olas superó los 6 m y los períodos de las olas superaron los 10 s. Conjunto de datos extraídos del modelo

Teniendo en cuenta que San Andrés no tiene una elevación importante sobre la línea del agua, el aumento del nivel del mar puede representar una gran amenaza para la isla. Los estudios muestran que el nivel del mar en el Caribe colombiano ha subido (relativamente) más de 22 cm en los últimos cincuenta años (Posada et al., 2011). Esto puede aumentar aún más las tasas de erosión en la isla en los próximos años.

2.3.2 Oleaje y Morfología

Las condiciones hidrodinámicas en San Andrés se caracterizan por ser predominantemente influenciadas por el oleaje. El clima de olas en la isla se compone principalmente de olas de viento y *swell* (o mar de fondo), mientras que la influencia de las mareas puede considerarse relativamente menos importante ($HAT - LAT = 0,4$ m). Las olas son generadas principalmente por los vientos alisios y las tormentas del Mar Caribe, donde la longitud de recorrido o *fetch* puede alcanzar los 2000 km (sin restricción de *fetch*). Las olas de aguas profundas que se acercan a la isla proceden principalmente del noreste y presentan un periodo medio entre 6 s y 10 s ($T_{1/3} = 9$ s) y una altura media de las olas entre 0,5 m y 3 m ($H_s = 2,4$ m). Olas con más de 3,5 m de altura ocurren 1% al año ($H_{1\%} = 3,5$ m, $T_{1\%} = 10$ s), véase Figura 5.

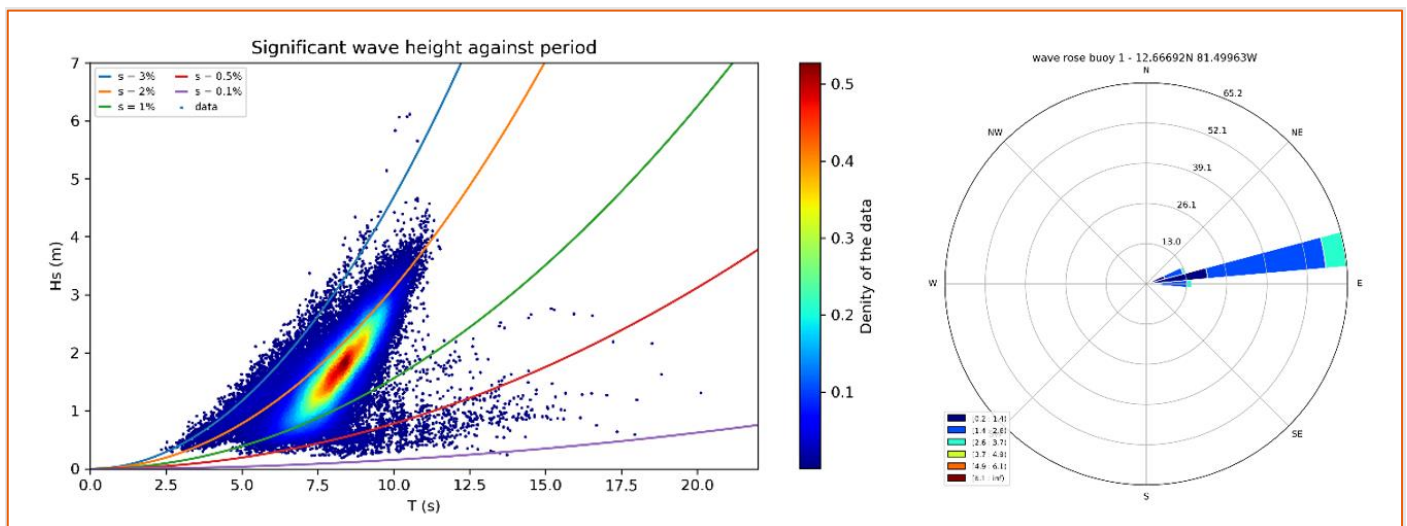


Figura 5 (A la izquierda) Distribución de la altura significativa (H_s) frente al período promedio de las olas de alta mar que se aproximan a San Andrés. Las líneas de color representan las diferentes pendientes de las olas. (A la derecha) La rosa del oleaje

En Spratt Bight se observa una alta variabilidad morfológica durante el segundo semestre del año, donde la playa presenta grandes diferencias de áreas de acreción y erosión. Esto está relacionado con los fuertes vientos y olas asociados a la temporada de tormentas en el mismo periodo (Coca-Domínguez et al., 2019).

Durante los meses más tranquilos, se observa una acreción hacia el lado oeste de la playa, que puede estar asociada a la deriva litoral, impulsada por los vientos y el oleaje en dirección Noreste-Suroeste (Coca-Domínguez et al., 2019).

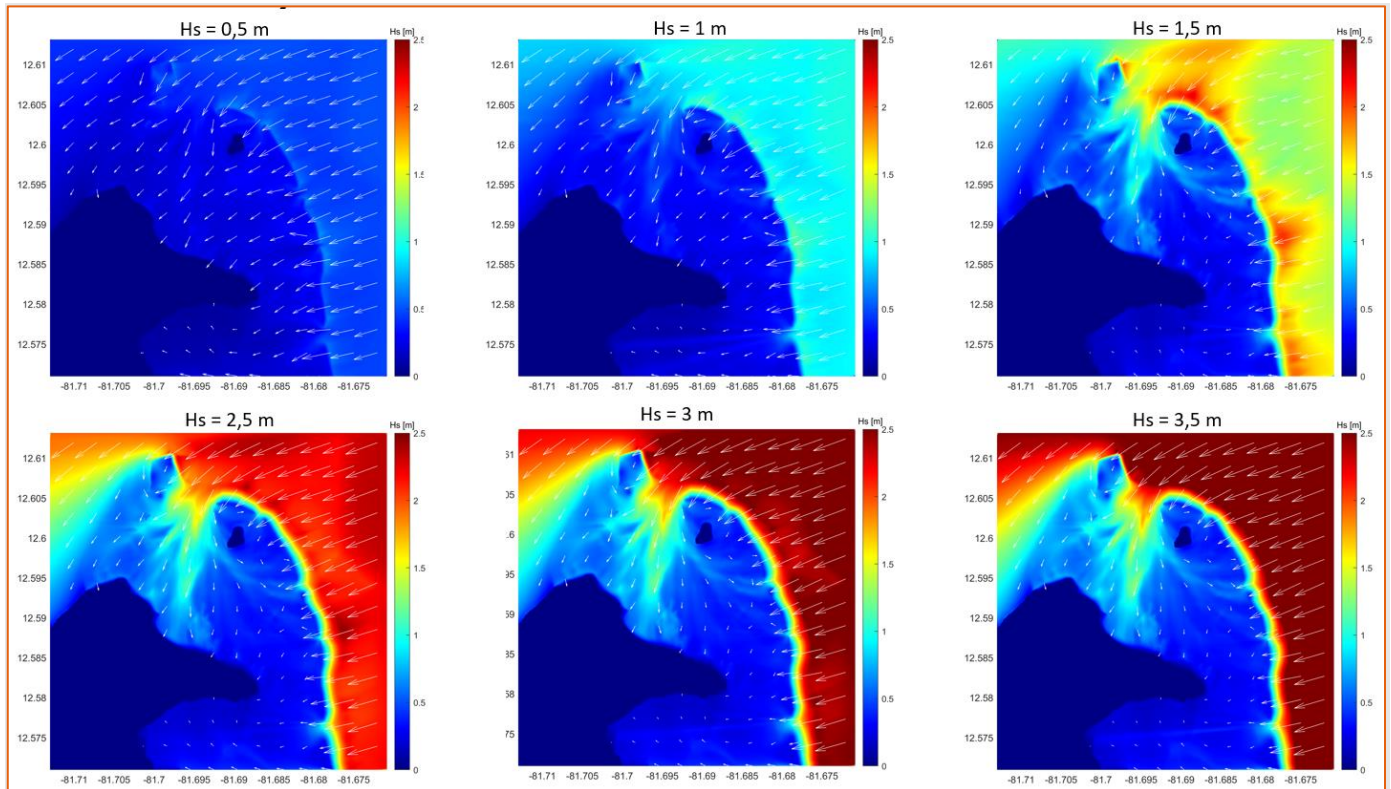


Figura 6 Resultados del modelo de olas utilizando Delft3D-WAVE. Para las seis simulaciones se combinó la misma dirección de ola (80o N) con diferentes alturas significativas (0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2.5 m, 3 m y 3.5 m)

La Figura 6 muestra cómo el oleaje incide a través del arrecife de coral, llegando a la playa de Spratt Bight para diferentes entornos de olas. Se observa que las olas más bajas tienen menos problemas para romper a través del arrecife de coral, teniendo casi la misma dirección de incidencia tanto en aguas profundas como cerca de la costa. Por otro lado, durante un evento de olas más altas, la mayoría de las olas rompen en el arrecife de coral, haciendo su entrada en los huecos de la barrera de coral (principalmente en el lado noroeste del arrecife, que llaman de 'El Canal').

La consecuencia es que, en condiciones normales (con olas más bajas), el oleaje induce un flujo de sedimentos que va del SE hacia el NW, que es en la misma dirección de la cual viene el oleaje en alta mar. Al otro lado, durante condiciones de tormenta la brecha en el coral (al NW) permite que el oleaje entre el sistema e induzca un flujo de sedimentos en la dirección contraria (del NW hacia el SE). La Figura 7 ilustra este efecto.

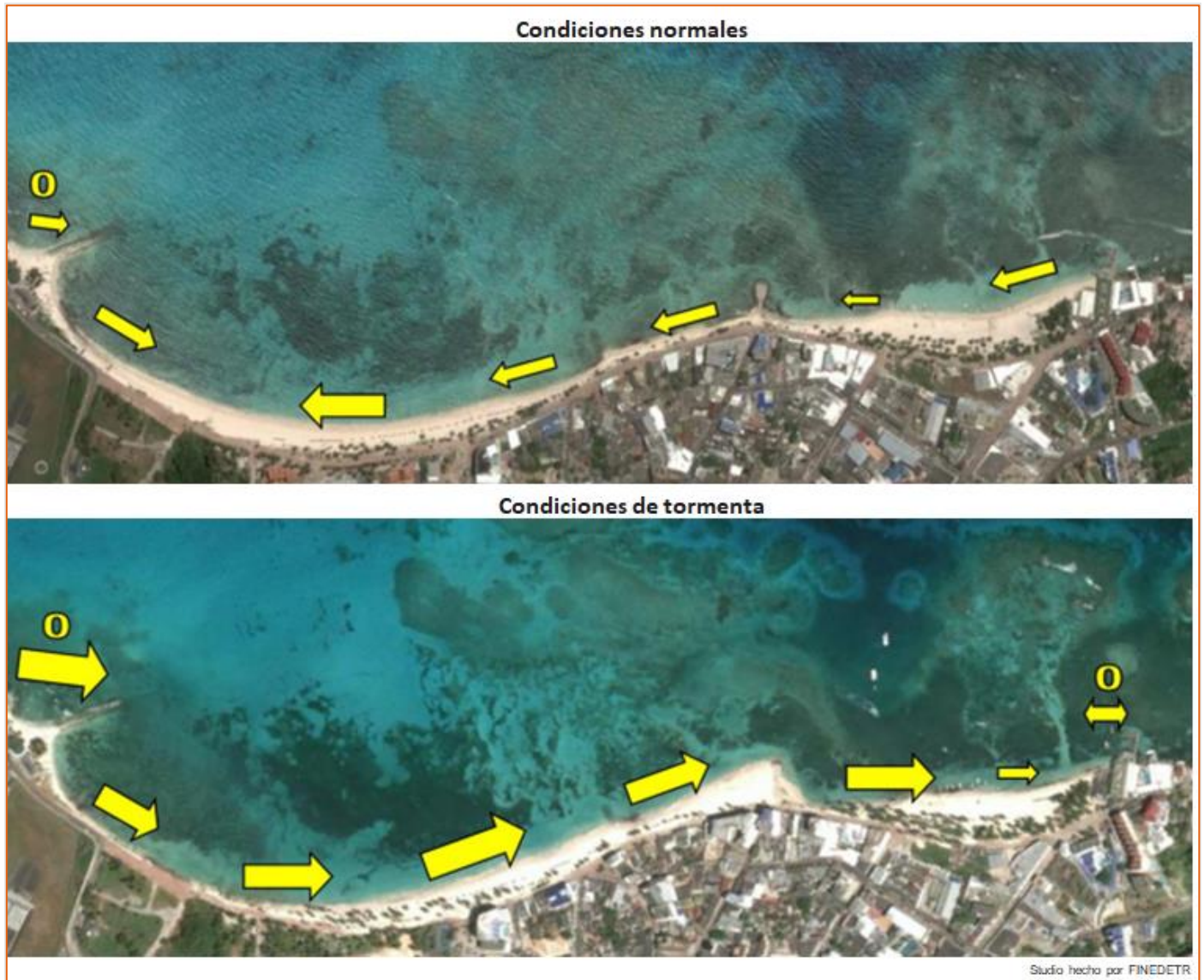


Figura 7 Dirección del transporte de sedimentos durante condiciones normales (arriba), y durante condiciones de tormenta (abajo).
Fuente: FINDETER (2020)

Un estudio realizado por FINDETER (2020) mostró que los perfiles de la playa en Spratt Bight han variado hasta 30 m (hacia el mar/hacia la tierra) entre 2004 y 2016. Sin embargo, al comparar meses similares durante diferentes años, no hay pruebas claras de erosión estructural en la playa. Lo que se observa es un desplazamiento del volumen de sedimentos del noroeste al sureste y viceversa. En cualquier caso, no hay evidencias claras de pérdida de sedimentos en el sistema. La Figura 8 muestra el estudio realizado por FINDETER con los diferentes patrones de erosión/acumulación a lo largo de los años.

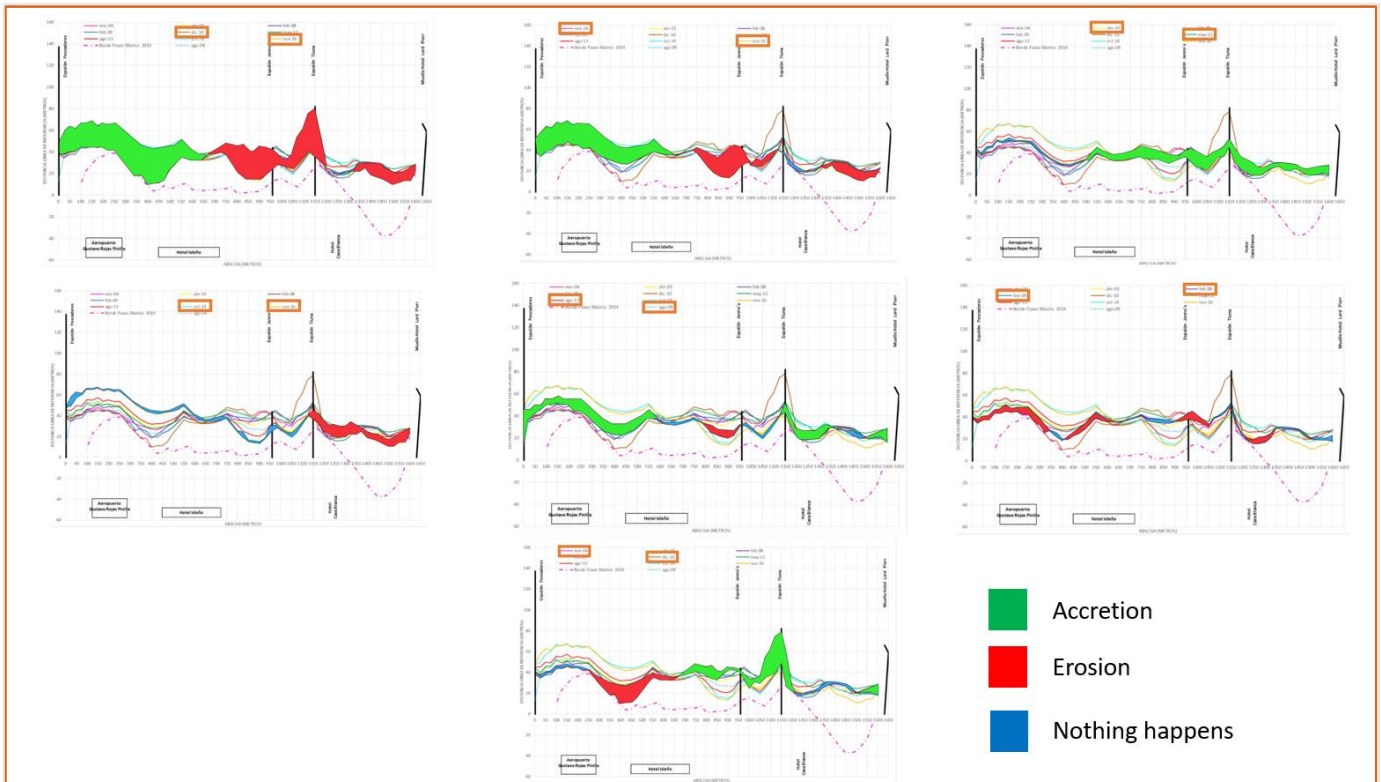


Figura 8 Esquemática de la erosión y la acreción a lo largo de los años en la playa de Spratt Bight. El azul representa que no hay erosión ni acreción, el rojo representa la erosión y el verde la acreción. De izquierda a derecha en la fila superior: perfil de playa de diciembre de 2010 comparado con noviembre de 2016; perfil de playa de enero de 2004 comparado con noviembre de 2016; perfil de playa de abril de 2005 comparado con mayo de 2011. De izquierda a derecha empezando por la fila inferior: perfil de playa de octubre de 2014 comparado con noviembre de 2016; perfil de playa de agosto de 2009 comparado con agosto de 2013; perfil de playa de febrero de 2008 comparado con febrero de 2009; fila inferior: perfil de playa de enero de 2004 comparado con diciembre de 2010. (modificado de FINDETER, 2020)

Como se ha mostrado en la Figura 8, la erosión y la acreción son fenómenos naturales que se producen en función de la estacionalidad. Al construir cada vez más cerca de la línea de costa, las estructuras duras no dan a la playa la dinámica que requiere. Una estructura (como un bulevar) puede construirse cerca de la línea de costa durante un periodo de olas relativamente tranquilas, lo que significa que el perfil de la playa se sitúa más hacia el mar. Naturalmente, cuando las condiciones ambientales empiezan a cambiar y el clima y los vientos se vuelven más extremos, el perfil de la playa empezará a desplazarse hacia tierra, comprometiendo la integridad de la estructura y, por tanto, poniendo en riesgo a la comunidad local.

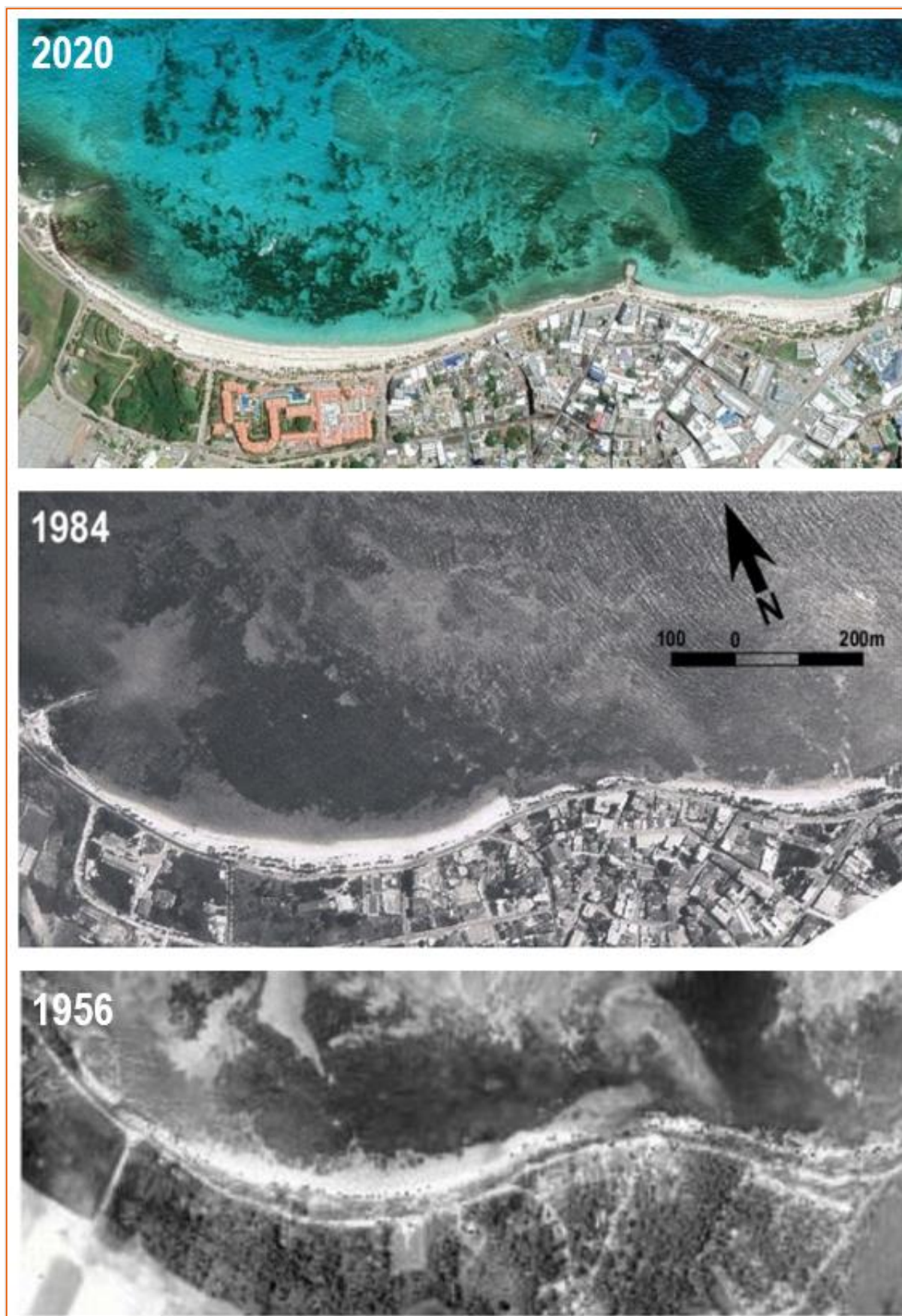


Figura 9 Desarrollo de las zonas construidas cerca de la playa de Spratt Bight desde 1956 hasta 2020. (Modificado de Martín-Prieto, et al., 2013)

En Spratt Bight, el bulevar, los hoteles y otros establecimientos comerciales se han situado durante muchos años a pocos metros de la línea de costa (como se muestra en la Figura 9).

Durante los periodos de calma se pueden observar playas de hasta 50 metros de ancho, sin embargo, cuando ciertos eventos hidrodinámicos comienzan a desplazar sedimentos, la línea de costa se acerca al bulevar (rectángulos de color naranja en la Figura 10) y la dinámica costera natural se experimenta como eventos de erosión (Martín-Prieto, et al., 2013).

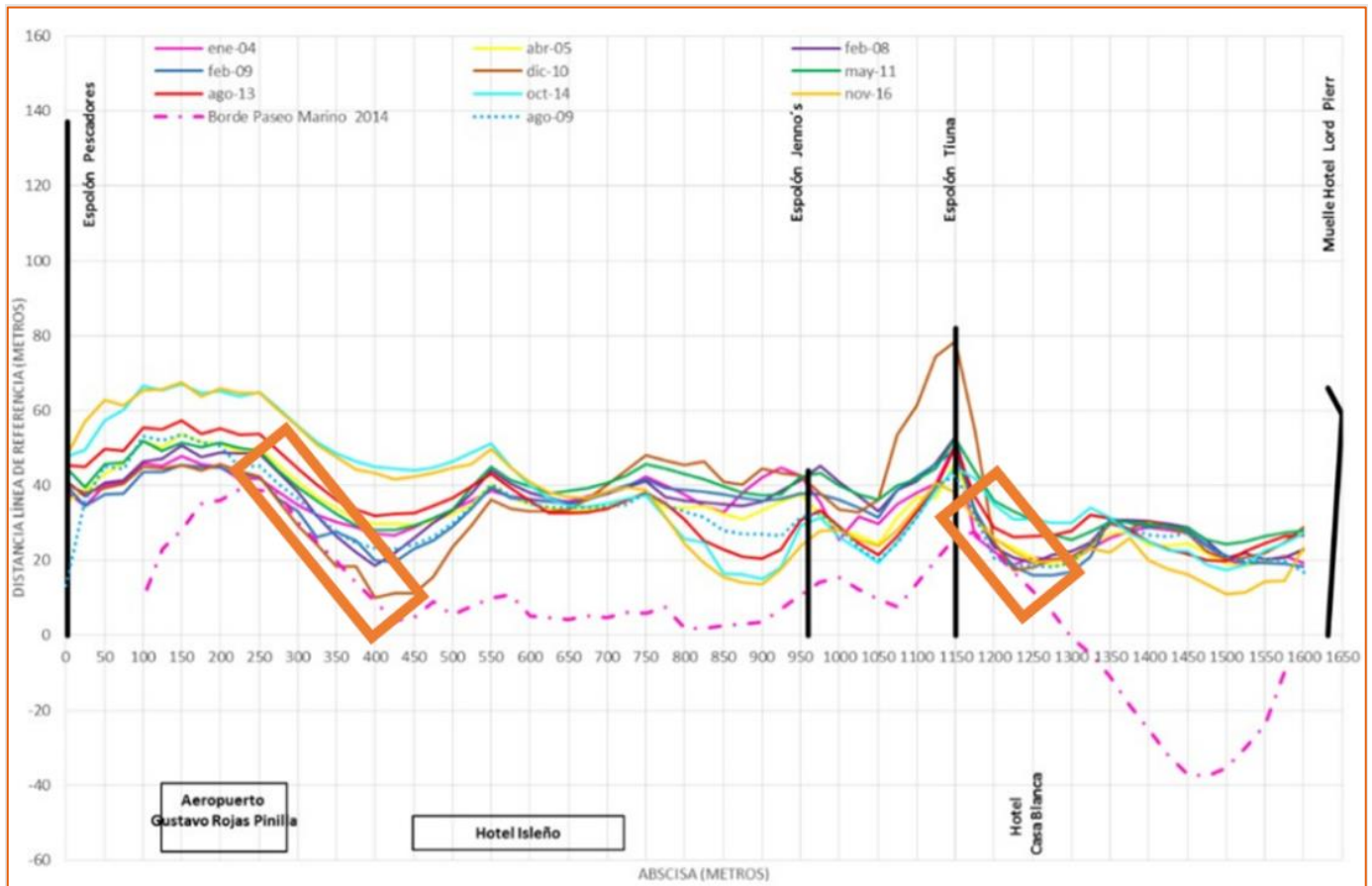


Figura 10 Desplazamiento de la línea costera a lo largo de los años. Los rectángulos de color naranja representan las ubicaciones donde la línea costera se acerca al borde del bulevar peatonal (adaptado de FINDETER, 2020)

2.4 Aspectos biológicos

El área de interés (Playa de Spratt Bight) se encuentra en la plataforma de la isla de San Andrés, localizada en la Sección Sur de la Reserva de la Biosfera, Area Marina Protegida - AMP Seaflower declarada legalmente mediante resoluciones 021 y 025 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, véase Figura 11.

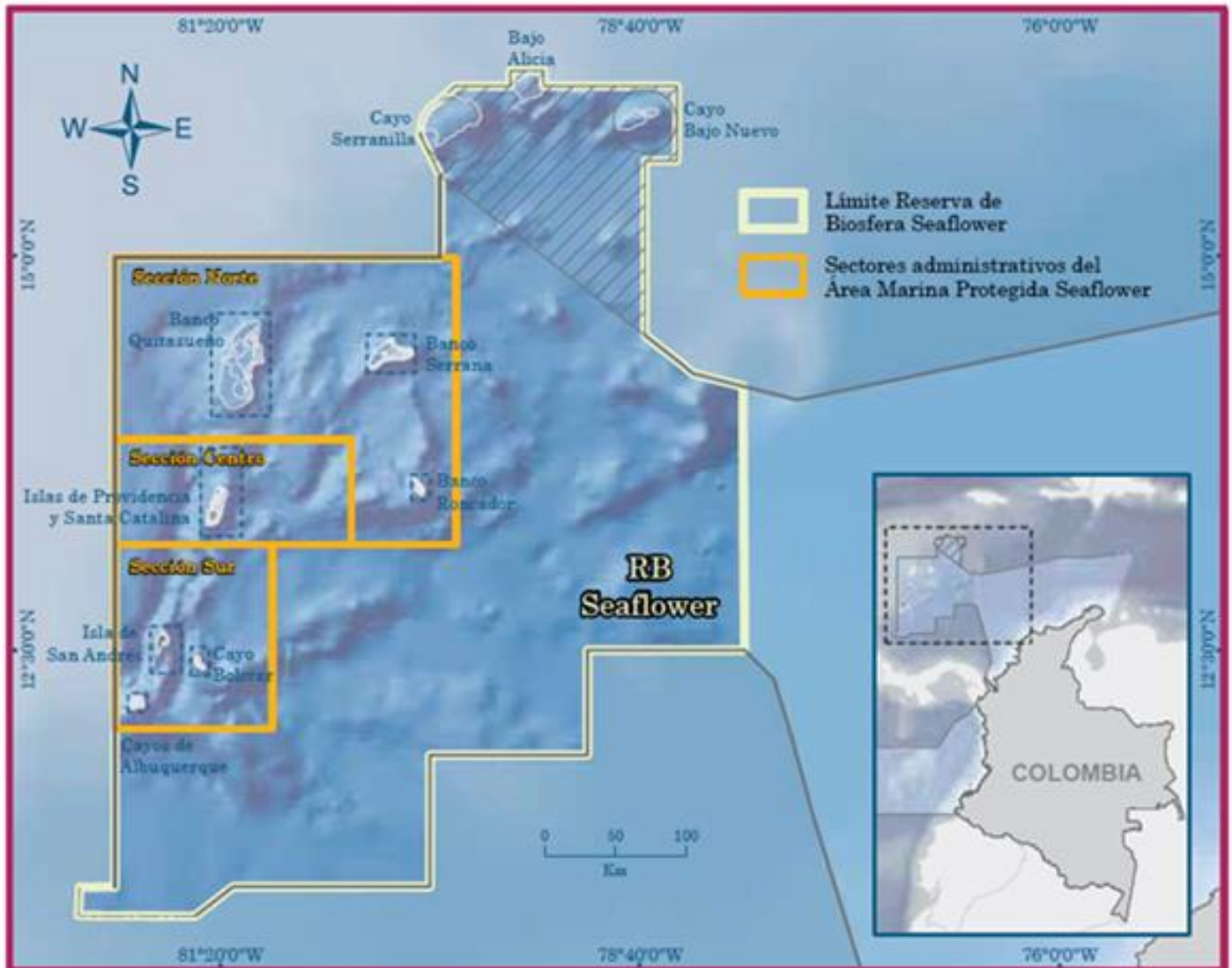


Figura 11 Ubicación de la Reserva de Biosfera Seaflower (RBSF) y sus sectores. Fuente: Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. 2012

En su interior, el AMP Seaflower estableció cinco diferentes tipos de zonas:

- Preservación (No Entry), para las áreas de mayor restricción donde solo están permitidas las actividades de investigación y monitoreo de efectividad.
- Conservación (No Take), para las áreas donde no están permitidas las actividades extractivas, pero se permiten los deportes náuticos de bajo impacto.
- Protección de Recursos Hidrobiológicos (Artisanal fishing), para áreas exclusivas dedicadas a la pesca artesanal por pescadores tradicionales y otras actividades de educación y monitoreo.
- Uso Especial (Special Use), para las áreas donde se desarrollan diversos tipos de usos y actividades: recreativas, canales de acceso a los puertos, deportes náuticos, regulados para reducir los impactos.
- Uso General (General Use), para las áreas sin mayores restricciones donde se pueden desarrollar de manera controlada y sostenible actividades, toda vez estas mantengan la calidad de las aguas y la integridad de los ecosistemas.

En este sentido, la zonificación para el área específica de Spratt Bight y alrededores es en parte de uso especial, de conservación y una pequeña parte de preservación de acuerdo con Figura 12:

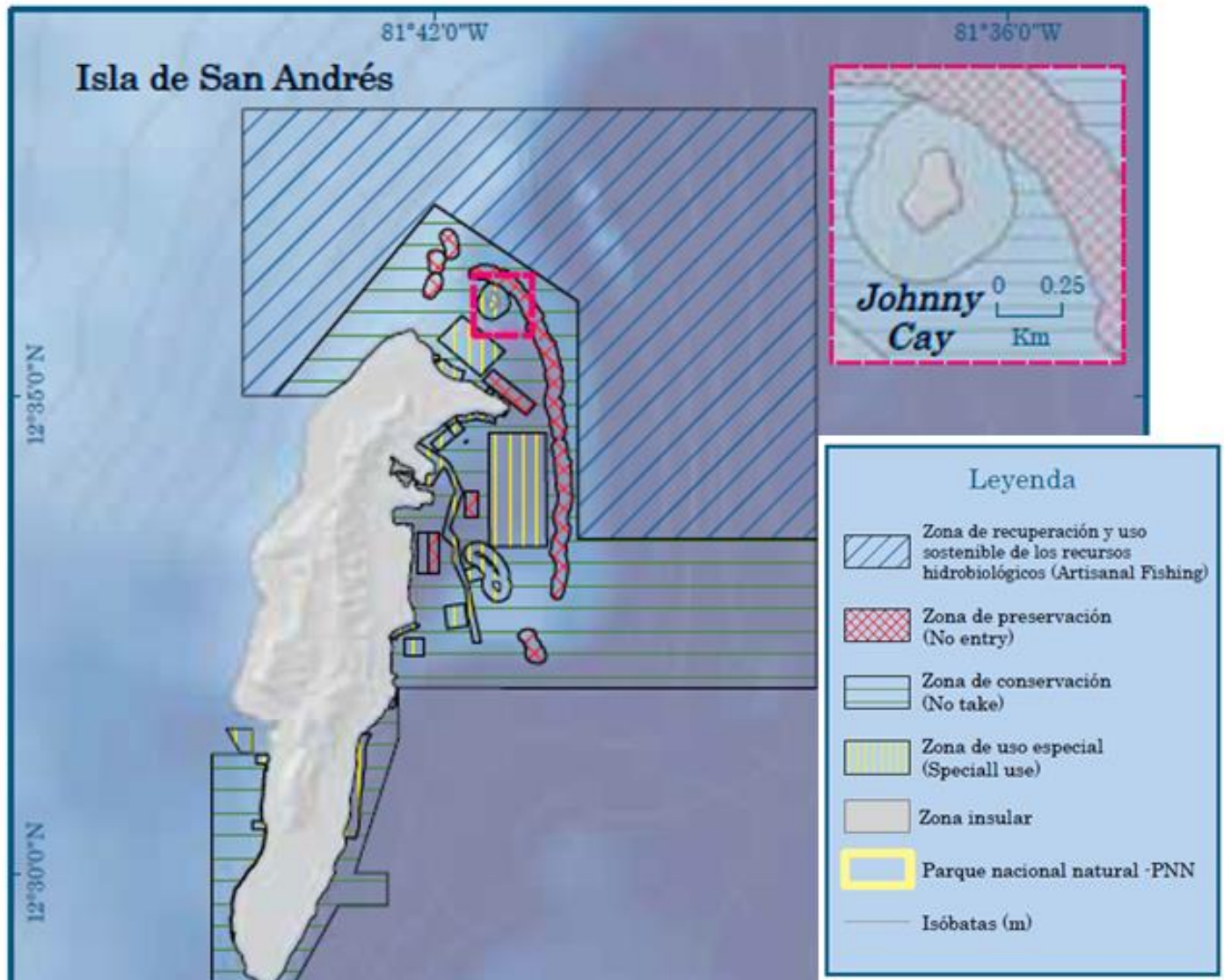


Figura 12 Zonificación de la RBSF para el área de Spratt Bight. Fuente: Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. 2012

En la Reserva de la Biosfera Seaflower se encuentran varios parques regionales los cuales, dentro del marco de la estructura del Sistema Nacional Ambiental, han sido declarados por las corporaciones autónomas regionales. En este contexto, CORALINA ha declarado 3 parques regionales como una alternativa de solución a la degradación de los ecosistemas. En el área de influencia de Spratt Bight (región norte de la Isla de San Andrés) se encuentra el Parque Regional Johnny Cay; el cual recibe más del 75% de los visitantes que llegan a las islas y cuenta con un plan de manejo en implementación desde 2004. Con una tarifa ecológica que se cobra al ingreso del parque, se generan recursos para ser reinvertidos 100% en su manejo. El parque cuenta con un esquema de zonificación y con la construcción de un centro de acopio de residuos sólidos y baños secos de compostaje ha logrado la transformación de los sistemas tanto de manejo de residuos sólidos como líquidos.

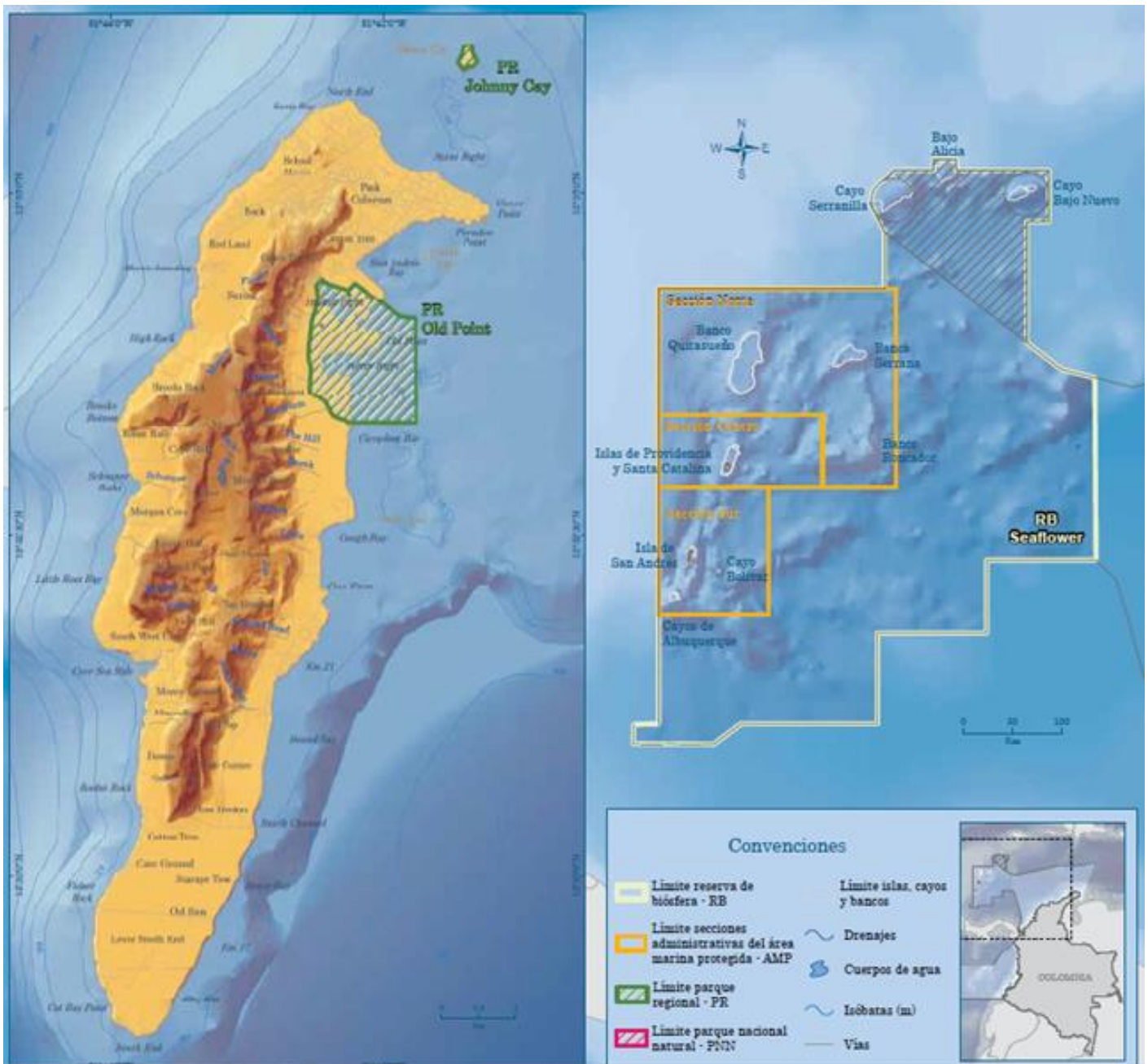


Figura 13 Ubicación de los parques regionales en San Andrés. Fuente: Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. 2012

La isla de San Andrés posee, representativamente, los seis ecosistemas marinos tropicales estratégicos ambientalmente hablando de Colombia: arrecifes coralinos, pastos marinos, manglares, litorales rocosos, playas y fondos blandos.

En el área de influencia de la Playa de Spratt Bight, una de las más importantes de la isla, se encuentran importantes ecosistemas. El borde litoral es uno de los hábitats más importantes de la isla de San Andrés, está compuesto por cuatro unidades paisajísticas, litoral arenoso (playas arenosas), litoral rocoso (afloramientos de rocas coralinas), manglar y zona de transición entre manglar y vegetación terrestre (zona asociada a manglar). Su importancia estriba tanto por sus playas, recurso vital para el turismo, como por la biodiversidad que alberga, para diferentes organismos terrestres, para la anidación de tortugas y como lugar de descanso de aves migratorias y residentes. La vegetación de esta zona ayuda en la estabilización del suelo, ya que retiene arena y mitiga la erosión por la acción del viento.

La unidad de playa arenosa ubicada en el norte y el suroriente de la isla debe soportar la inestabilidad del sustrato, fuertes vientos y poca retención de agua (por la alta porosidad del suelo arenoso).



Figura 14 Diferentes hábitats de San Andrés. Fuente: Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. 2012

2.4.1 Coral

San Andrés alberga 51 especies diferentes de coral, de las cuales se encontraron principalmente las especies *Diploria clivosa*, *Diploria strigose* y *Porites astreoides* en el arrecife de coral. Estas especies se encuentran en la barrera de coral de San Andrés, lo que significa que pueden resistir el estrés de la energía de las olas que incide sobre ella. No hay muchas especies de coral que puedan soportar ese estrés (Invemar, 2009).

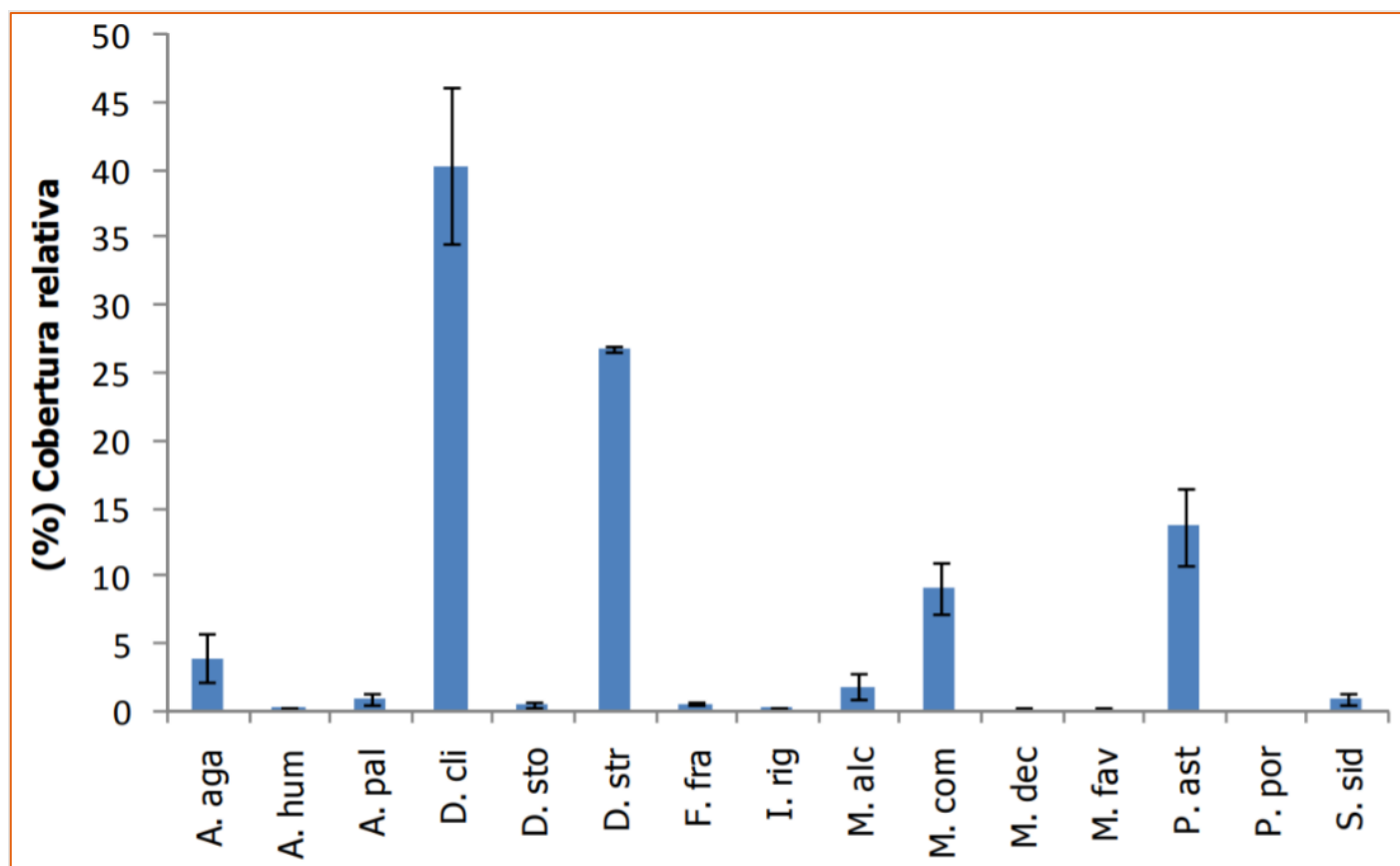


Figura 15 Porcentaje relativo de cobertura de cada especie coralina en el sector de la barrera arrecifal. Las barras indican el error estándar (Invemar, 2009)

Los arrecifes de coral disipan la energía de las olas, actuando así como un medio natural de defensa costera. El norte y el este de San Andrés están rodeados por un arrecife de coral (como se muestra en las Figura 2, Figura 3 y Figura 16). Estos sistemas coralinos se caracterizan por un arrecife frontal, una cresta de arrecife y un plano de arrecife protegido. Aunque la transición del primer arrecife a la llanura arrecifal suele ser muy gradual, la mayor parte de la disipación de las olas se produce en la cresta del arrecife. Por término medio, todo el sistema de llanura de arrecife puede reducir la energía de las olas hasta un 97%, donde el 86% de la energía de las olas se reduce en la cresta. Esto concuerda con los resultados iniciales de los modelos que muestran que la propagación de las olas disminuye significativamente después de pasar por la cresta del arrecife que rodea a San Andrés (véase la Figura 5 con los resultados de los modelos de olas).

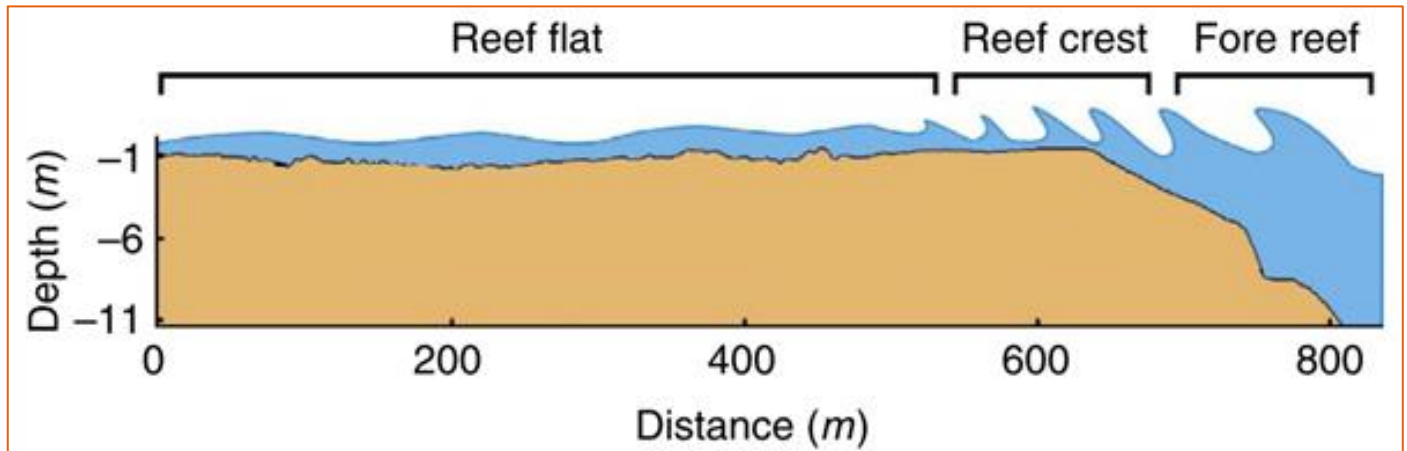


Figura 16 tomada de Ferrario, F., 2014. Representación esquemática de una sección del coral hacia la playa, similar a la situación en San Andrés

Además de reducir la energía de las olas, los ecosistemas de los arrecifes de coral ayudan a mantener las playas arenosas produciendo arena. Ciertas especies de peces loro, también presentes en San Andrés, pastorean los arrecifes de coral y actúan como limpiadores. Digieren las algas y los corales y excretan compuestos inorgánicos en forma de arena blanca, aproximadamente a razón de 1000 kg/pez/año (IADB, 2016).

En los últimos 30 años los arrecifes de coral de San Andrés se han ido degradando lentamente. Esto va acompañado de un aumento de la población de macroalgas. Este efecto en combinación con una tasa de regeneración y recuperación muy lenta de estas especies de coral puede representar un peligro para la salud y la existencia del arrecife de coral. Los gráficos siguientes muestran cómo la población de macroalgas aumenta lentamente mientras la población de coral disminuye. Los valores de abundancia y riqueza de las especies de coral muestran un cambio de fase de los corales a las algas como organismos dominantes (Invemar, 2019).

Los herbívoros de los arrecifes de coral, como las especies de peces loro y los erizos de mar, desempeñan un papel vital en el mantenimiento del delicado equilibrio entre la cobertura coralina y las algas. De hecho, se ha demostrado que el agotamiento de cualquiera de estos herbívoros reduce las tasas de recuperación de los corales tras el impacto de los huracanes (Mumby et al., 2006), una situación que se ha observado en SAI, tal y como se declaró durante los talleres del proyecto con las partes interesadas. Las especies clave de pastoreo deben mantenerse en cantidades adecuadas para evitar que las especies de algas dominen. Por ejemplo, un arrecife sano se convierte en un refugio y lugar de agregación para especies importantes como los peces loro (*Scaridae spp*), cuyos hábitos de alimentación digieren las algas y los corales y excretan compuestos inorgánicos en forma de arena blanca. Aproximadamente a razón de 1 tonelada / pez / año. (IADB, <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/tres-razones-por-las-que-no-comer-pez-loro/>, 2016). Son, pues, fábricas de arena para las playas además de ser esenciales para la supervivencia de los corales, ya que actúan como "limpiadores naturales" de los parásitos que se desarrollan en ellos. Por lo tanto, hay que considerar la evaluación de las poblaciones de peces loro presentes y la posibilidad de introducir una cantidad adecuada en función de la capacidad de carga del arrecife. Las zonas de prohibición de pesca pueden ampliarse y las restricciones pueden extenderse para incluir especies que tengan un impacto significativo en las comunidades bentónicas de los ecosistemas de arrecifes de coral.

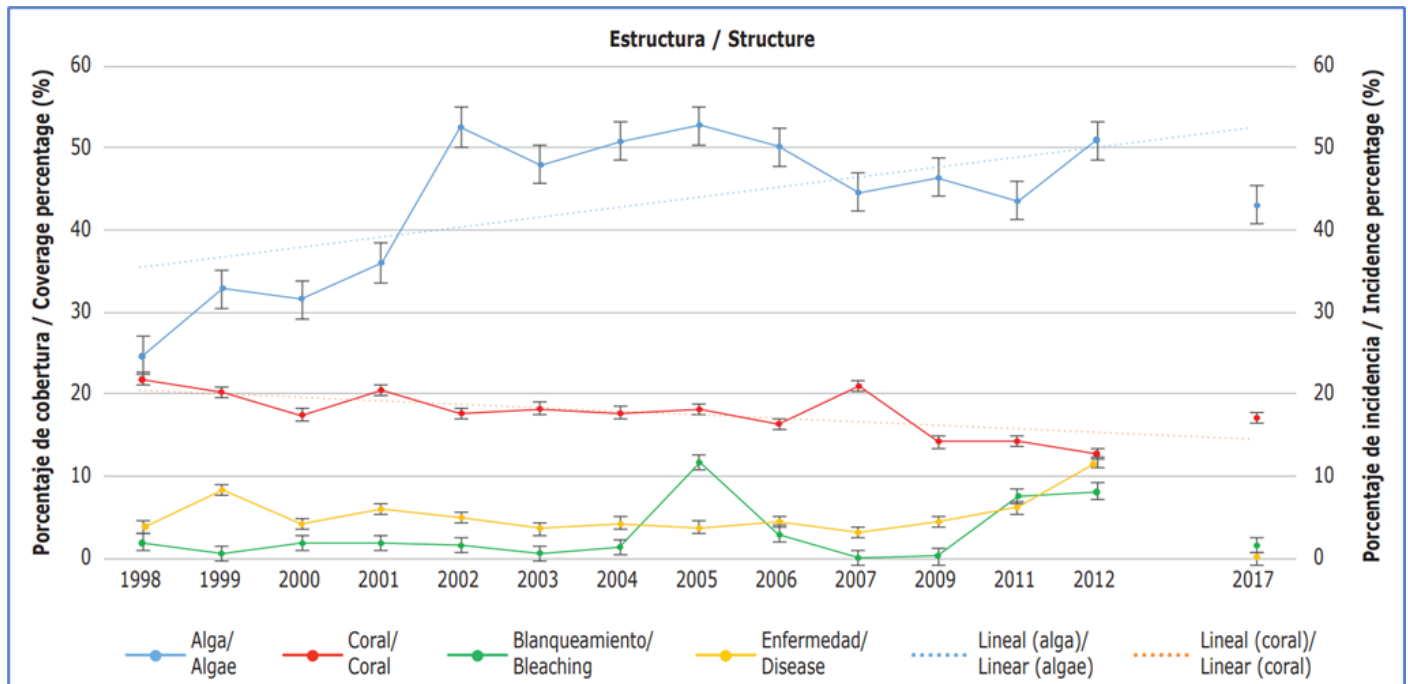


Figura 17 Las gráficas muestran las variaciones de cobertura de corales y algas, así como la abundancia de erizos a lo largo del periodo de monitoreo 1998–2017 (Invemar, 2019)

En 2005, un evento de blanqueo ('coral bleaching') causó una pequeña mortalidad de corales, aunque aumentó la población de macroalgas. En el Caribe, los principales eventos de blanqueamiento pueden vincularse directamente a los eventos de El Niño (1998, 2005), mientras que los brotes de enfermedades (como las 'manchas oscuras', o 'dark spot', que generaron una ligera mortalidad en 2012), también pueden atribuirse a la contaminación y al aumento de la temperatura de la superficie del mar debido al cambio climático (Invemar, 2019).

2.4.2 Pastos Marinos

Las praderas de pastos marinos son ecosistemas dominados por plantas angiospermas (del griego, angión, vaso y del latín sperma, semilla) sumergidas bajo el agua marina. Los pastos marinos crecen fijándose a diferentes tipos de sustratos como lodo, arena, arcilla y en ocasiones sobre las rocas.

El ecosistema de pastos marinos es muy importante en Colombia debido a los importantes servicios ecosistémicos que proporciona. Son el hábitat de numerosas especies importantes para la pesca, absorben nutrientes y materia orgánica limpiando el agua, son una importante fuente de oxígeno y un eficaz sumidero de carbono (Invemar, 2009).

Las praderas marinas son también un ecosistema que previene la erosión costera. El tamaño del parche (en m²) y la densidad de los brotes (hojas/m²) son factores importantes que contribuyen a la captura de sedimentos, cuanto más grande y densa sea la pradera, mejor será la estabilización del sistema. También amortiguan las corrientes y las olas y son una importante transición del mar a la tierra dentro de un ecosistema. De hecho, se produce un mecanismo de retroalimentación biofísica positiva cuando se alcanzan ciertos valores umbrales de tamaño de parche y densidad de brotes.



Figura 18 Parches discontinuas de praderas marinas de *Thalassia Testudinum* (Invemar, 2009)

Las praderas marinas desempeñan un papel importante en los ecosistemas cercanos a las costas en Colombia (y en el mundo). Como productores primarios, crean una alta concentración de oxígeno disuelto a partir de la fotosíntesis de los pastos, lo que resulta en altas densidades de organismos. Los pastos marinos se encuentran a menudo dentro de los ecosistemas de arrecifes de borde, creciendo con mayor frecuencia en el lado de la costa (Guannel, G. 2016). Es importante señalar que las olas que se propagan sobre las praderas marinas a menudo ya están amortiguadas por la estructura sumergida de la cresta del arrecife. La columna de agua experimenta fuerzas de arrastre mientras viaja sobre el dosel de pastos marinos, reduciendo así la altura de las olas. Los estudios con modelos indican que las plantas marinas pueden reducir la altura de las olas en un 60% en condiciones no tormentosas (Guannel, G. 2016). Además, reducen los niveles de esfuerzos cortantes sobre el lecho, impidiendo así la resuspensión de la arena. En otras palabras, contribuyen a retener los sedimentos que se encuentran dentro del sistema de llanura arrecifal.

Parte del sedimento que forma la playa de Spratt Bight se produce principalmente en el lado SE de la laguna arrecifal, donde hay extensas praderas marinas (*Thalassia testudinum*) y algas calcáreas (*Halimeda* spp). Se ha estimado que los esqueletos fragmentados de estas algas pueden ser responsables por el origen de casi 50% de la arena existente.

Los dos principales factores humanos que provocaron el declive de las praderas marinas en Spratt Bight son la extracción para fines turísticos y las embarcaciones pescadoras o para transporte de turistas que dañan la cubierta de plantas marinas. Extraer las praderas marinas cerca de la costa no es más una práctica común en San Andrés, sin embargo, hace unos años era normal extraer plantas marinas cerca de la costa para que los turistas tuvieran agua limpia para bañarse en Spratt Bight. Al mismo tiempo las embarcaciones de pescadores que quedan en la playa o que llevan los turistas hacia Johnny Cay también pueden dañar las praderas marinas con las hélices de sus motores y las corrientes que producen.

Además, arrastre de anclas de estas embarcaciones menores puede ser perjudicial a los pastos marinos. Lamentablemente, luego de que las praderas resultan afectadas por este tipo de intrusión, es muy difícil que se recupere su cobertura.

2.4.3 Manglares

El manglar es un ecosistema formado por vegetación arbustiva, muy tolerantes a las condiciones de salinidad presentes en zonas costeras tropicales y subtropicales que tienen en común una gran variedad de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, como la presencia de raíces “fúlcreas” o en forma de zancos, estructuras para intercambio gaseoso (lenticelas y neumatóforos) y reproducción por embriones vivíparos capaces de flotar. Adaptaciones que les permite habitar en ambientes extremos con sustratos inestables, alto contenido de materia orgánica, altas temperaturas, amplias fluctuaciones de salinidad, cambios en las mareas y bajas concentraciones de oxígeno.



Figura 19 Manglares de la costa de SAI en el área protegida del sur de la isla. Foto tomada durante la visita de campo de diciembre 2021 (Sander Carpaij, 2021)

Los bosques de manglares pueden contribuir sustancialmente a la reducción del oleaje, aumentando así la estabilidad de los sedimentos y disminuyendo la erosión costera. No sólo evitan la erosión estructural, sino que también constituyen una barrera contra las olas durante acontecimientos extremos (por ejemplo, tsunamis o mareas vivas).

El arrastre inducido en la columna de agua por sus densos troncos y raíces es lo que domina la pérdida de energía y, por tanto, atenúa las olas. La atenuación total de las olas está directamente relacionada con la densidad y el tamaño del bosque. Cuanto más tiempo se propague la ola a través de un bosque y cuanto más denso sea éste, más se atenuará la ola. Por cada metro recorrido, la ola puede reducirse entre 0,002 y 0,012 m, dependiendo de la densidad y la especie (Horstman, E.M. 2012).

De acuerdo con el Atlas de la Reserva de la Biosfera Seaflower, los manglares de Archipiélago cubren una extensión de 208,01 ha, de los cuales 148,31 ha se encuentran en la Isla de San Andrés. Las cuatro principales especies existentes son: *Rhizophora mangle* (Mangle Rojo o Red Mangrove), *Avicennia germinans* (Mangle Negro o Black Mangrove), *Laguncularia racemosa* (Mangle Blanco o White Mangrove) y *Conocarpus erectus* (Mangle Botón o Botton Wood Mangrove).



Figura 20 Ubicación de los principales bosques de manglar en la Isla de San Andrés, teniendo en cuenta la representatividad en términos de su cobertura (extensión), desarrollo estructural y estado de conservación (INVE-MAR-CORALINA, 2019)

Aunque la restauración de los bosques de manglar es un buen ejemplo de la recuperación de barreras verdes propias de ecosistemas costeros debido a sus múltiples beneficios ecológicos, se deben contar con las condiciones ecológicas adecuadas (suelo fangoso orgánico, salinidad, zona de protección áreas de distribución, disponibilidad de tierra/costa, plántulas y experiencia técnica para la evaluación y orientación de la potencial implementación).

En el caso de la zona norte de la Isla de San Andrés, específicamente a lo largo de la playa de Spratt Bight, se puede inferir que hace muchos años pudo existir cobertura de bosque manglar, aunque limitado por condiciones biogeográficas, la cual fue sustituida por el desarrollo turístico de la isla, iniciando con la construcción del aeropuerto "Sesquicentenario" (actual Aeropuerto Internacional "Gustavo Rojas Pinilla") en 1950 y el consiguiente desarrollo urbano-hotelerero de la zona.

Las condiciones actuales, las cuales han priorizado la explotación urbana-turística, hacen que las posibilidades de implementar algún proyecto de restauración de bosques de manglar en el área en mención sean bastante limitadas debido a que no se cuenta con las condiciones ecológicas adecuadas como la existencia de sustratos idóneos, zonas de protección y disponibilidad de área.

Al otro lado, hay otras zonas en la isla (como por ejemplo Bahía Honda, Bahía Hooker, Cocoplum, Salt Creek, Sound Bay y Smith Channel) en donde se encuentran los principales remanentes de bosque manglar y en los cuales se presentan condiciones idóneas para la conservación e implementación de acciones de recuperación de estos importantes ecosistemas.

3 Análisis sobre la extracción local de arena

3.1 Metodología

Para el análisis y asesoramiento sobre la extracción local de arena, se incluyó un componente de trabajo de campo que fue ejecutado directamente por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR), cuyo objetivo era mejorar la comprensión del sistema físico de Spratt Bight y apoyar la identificación de soluciones de construcción con la naturaleza para reducir la erosión costera. Los objetivos específicos de este componente fueron:

- Realizar la toma de muestras de sedimento en los sectores de playa (destino) y en las zonas de potenciales fuentes de material, como el canal de acceso al puerto, la zona norte y la zona de South End (origen).
- Realizar un análisis de caracterización físico y químico de los sedimentos de la playa y de las muestras de sedimento en zonas de origen potencial.
- Realizar el levantamiento topográfico y batimétrico a partir de perfiles transversales en la playa de Spratt Bight

Para su realización, se invitó a los representantes de las organizaciones locales de pescadores quienes participaron del taller de socialización inicial del proyecto, a participar en el trabajo de campo a través de prestar el servicio de lancha y, también, como asistentes de campo del equipo del INVEMAR. En el Apéndice A, se presentan la metodología y los resultados detallados.

Los trabajos de recolección de muestras se realizaron entre el 10 y 14 de noviembre de 2021. En total se tomaron 17 muestras en los sectores de interés, 7 muestras fueron tomadas en el Norte de la Isla y 10 muestras en la zona del canal de acceso (ver triángulos de color negro en Figura 21). Para el sector Norte, se obtuvieron 4 muestras de sedimento en la playa de Spratt Bight (ver triángulos de color verde en la siguiente figura) y 3 en el sector NE de la isla (ver triángulos de color rojo en Figura 21).

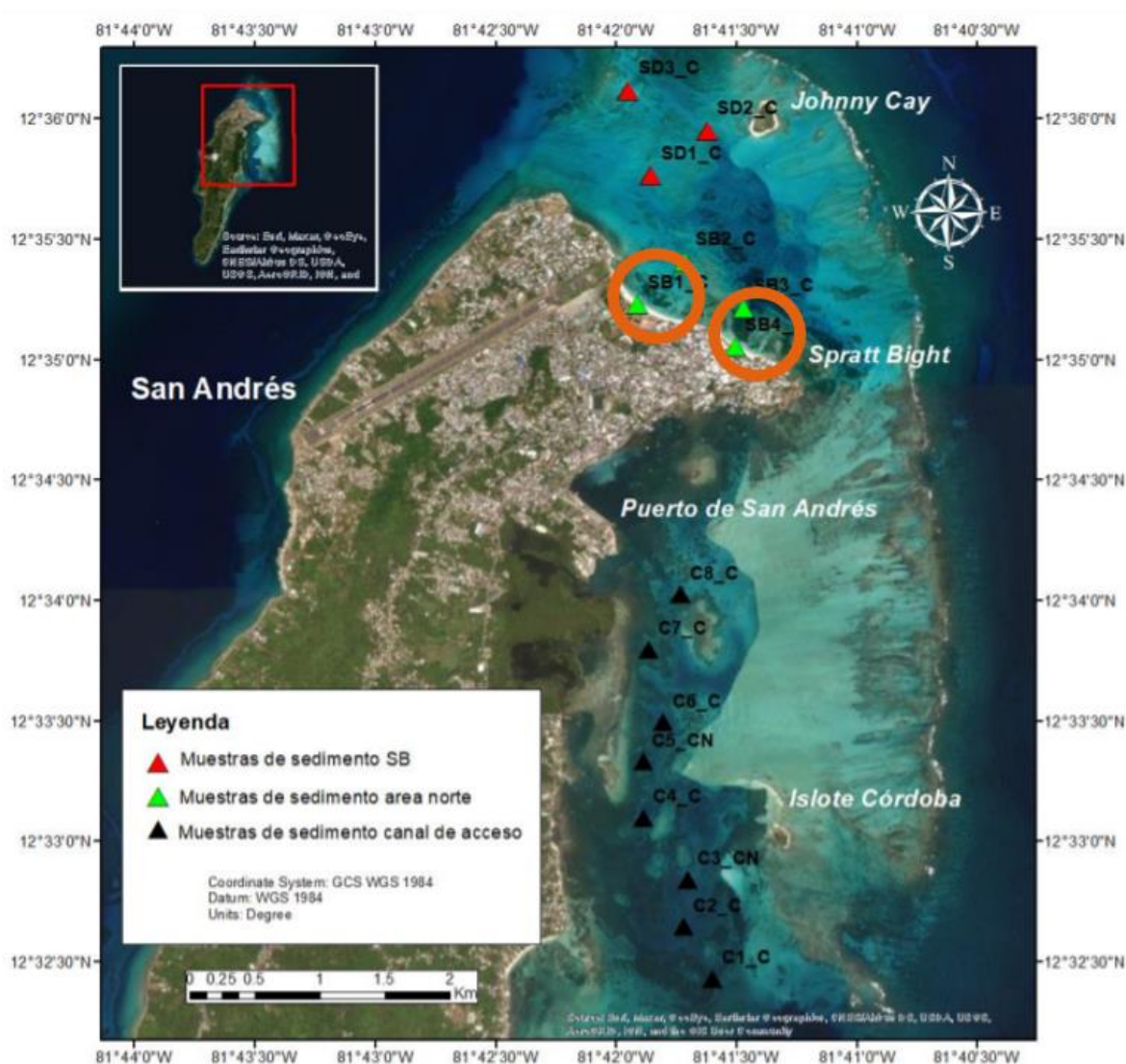


Figura 21 Ubicación de muestras recolectadas (Fuente INVEMAR, 2021). Los círculos naranjas representan las ubicaciones de muestras tomadas en la playa de Spratt Bight

La información disponible se interpretó con base en el juicio de nuestros expertos, incluyendo el tema del dragado y la colocación del material dragado teniendo en cuenta los aspectos ecológicos y morfológicos de forma cualitativa. Se utilizaron los resultados de la modelación morfodinámica de Jan van Overeem para entender en más detalle el comportamiento morfodinámico de la playa de Spratt Bight (véase la sección 2.3). En el Apéndice A se presentan la metodología utilizada para toma de muestras y procedimientos de laboratorio en forma detallada.

Adicionalmente al trabajo de campo, el INVEMAR acompañó al equipo técnico en la recopilación de los estudios físicos y en la generación de alternativas basadas en la naturaleza. A partir de los resultados obtenidos en campo y el análisis de la información secundaria, se hizo un análisis y asesoramiento técnico indicativo sobre la extracción local de arena para la alimentación de las playas y la construcción, tomando en cuenta que se minimicen los efectos ecológicos adversos de la extracción y colocación de la arena y se respeten los límites de las zonas costeras protegidas.

3.2 Resultados

3.2.1 Trabajo de campo y laboratorio

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, la descripción de núcleos, la densidad, la granulometría, la materia orgánica y mineralógica encontrada. En el Apéndice A se presentan los resultados detallados.

- **Descripción de núcleo #1:** se obtuvo a una profundidad de -10 m y posee una longitud de 36 cm. En general la sedimentación es homogénea, no es visible ninguna estructura sedimentaria, laminación o estratificación.
- **Descripción de núcleo #2:** se perforó a una profundidad de -8.5m y tiene una longitud de 30cm. El sedimento es de color gris claro / cremoso, presenta una mala selección con tamaños de clastos que varían entre limos hasta arenas gruesas. Las partículas de mayores tamaños son fácilmente reconocidas como fragmentos de bivalvos, foraminíferos y moluscos desarticulados
- **Densidad:** Los resultados a partir del análisis de densidad no muestran diferencias en la compactación de los sedimentos en las diferentes zonas. Los valores poseen cierta similitud y el comportamiento en cuanto a la variación de densidad aparente seca y saturada es similar.

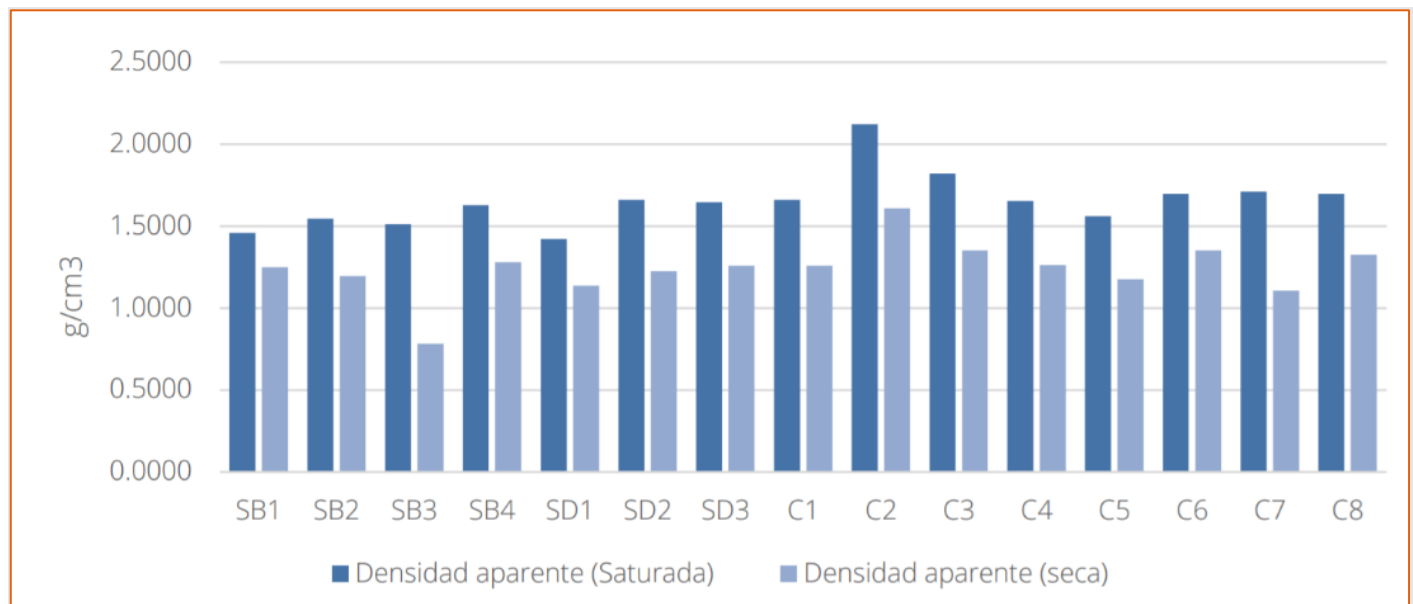


Figura 22 Valores de densidad en las 15 estaciones

- **Granulometría:** El sedimento en Spratt Bight está dominado por arenas gruesas y medias con una pobre a moderada selección y distribuciones platicúrticas y mesocúrticas. En contraste, las muestras del sector NE son dominadas por clastos de tamaño arena muy gruesa, poseen similares porcentajes de arenas gruesas y el contenido de arenas finas es menor al 10%. La selección de partículas es pobre a moderada y muestran una distribución muy platicúrtica. Por último, en el sector del canal, hay una gran variación en los porcentajes constituyentes de cada muestra. Los ejemplares C1, C4, C5, y C8 están dominados por arenas medias y gruesas con porcentajes de finos menores que 19,1%, que muestran mala selección y distribuciones platicúrticas y mesocúrticas. Mientras que las muestras C2, C3, C6 y C7 tienen porcentajes de finos de hasta 82,9% en C3 y 60,4% en C6, también muestran moderada-mala selección y distribuciones leptocúrticas y platicúrticas. Se puede observar que el sedimento en las ubicaciones C1, C4, C5 y C8 tienen una granulometría compatible con el de la playa de Spratt Bight (SB1 y SB4).

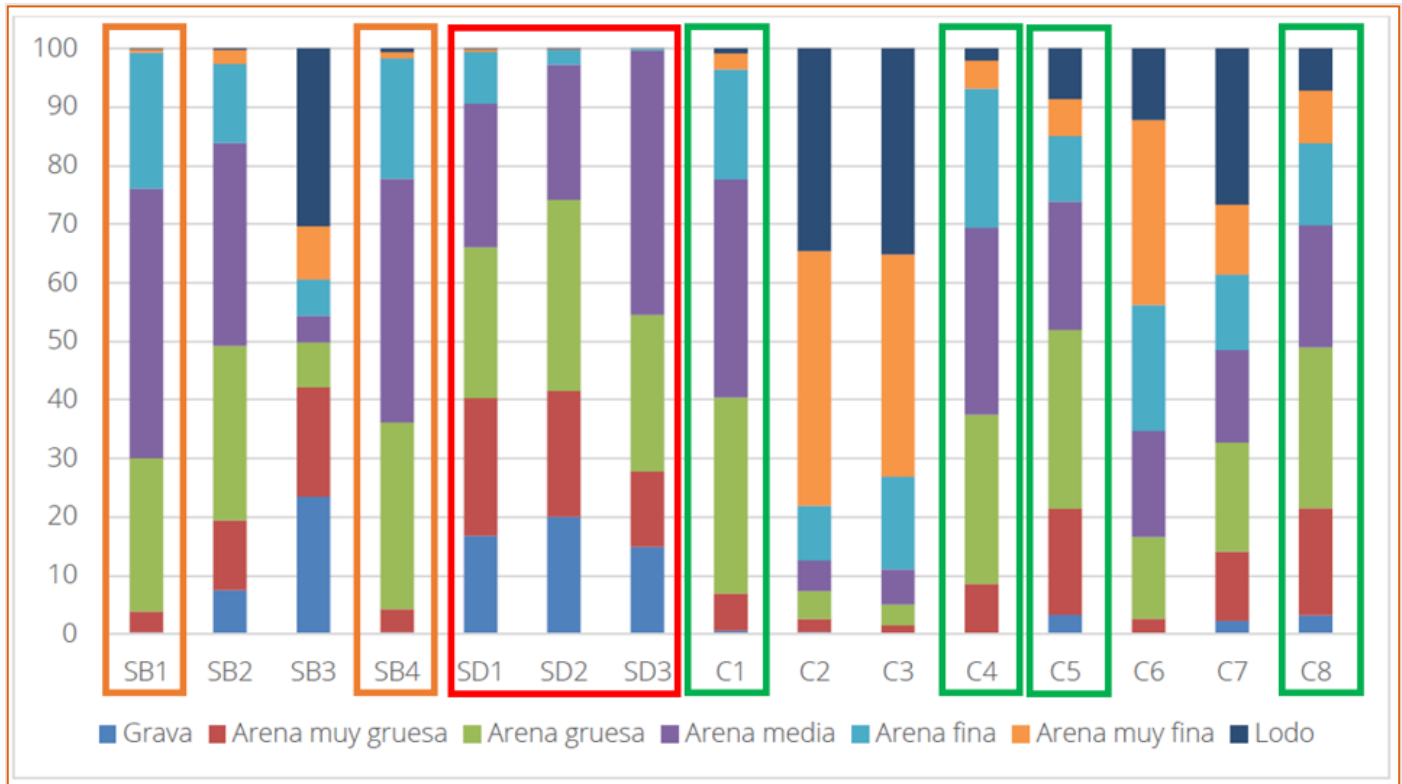


Figura 23 Distribución de tamaño de los clastos para las diferentes muestras recolectadas en los tres sectores (Spratt Bight-SB, sector NW-SD y canal de acceso-C) del área de estudio. Los rectángulos naranjas representan la arena en la playa de Spratt Bight. Los rectángulos verdes representan los sectores con sedimentos compatibles en los respectivos sectores del canal de acceso (C1, C4, C5 y C8). El rectángulo rojo representa la ubicación NW de Spratt Bight que es compuesto de material más grueso

- Materia Orgánica:** El resultado de los análisis de contenido de materia orgánica indica que el área de estudio presenta porcentajes bajos de esta variable que oscilan entre 0,5-5,9%. Este comportamiento se debe principalmente a ausencia de ríos en la isla, causando un muy bajo aporte terrígeno, que depende mayormente de la escorrentía. Se puede observar que más de una vez el sedimento en las ubicaciones C1, C4, C5 y C8 tiene características compatibles con las de la playa de Spratt Bight (SB1 y SB4).

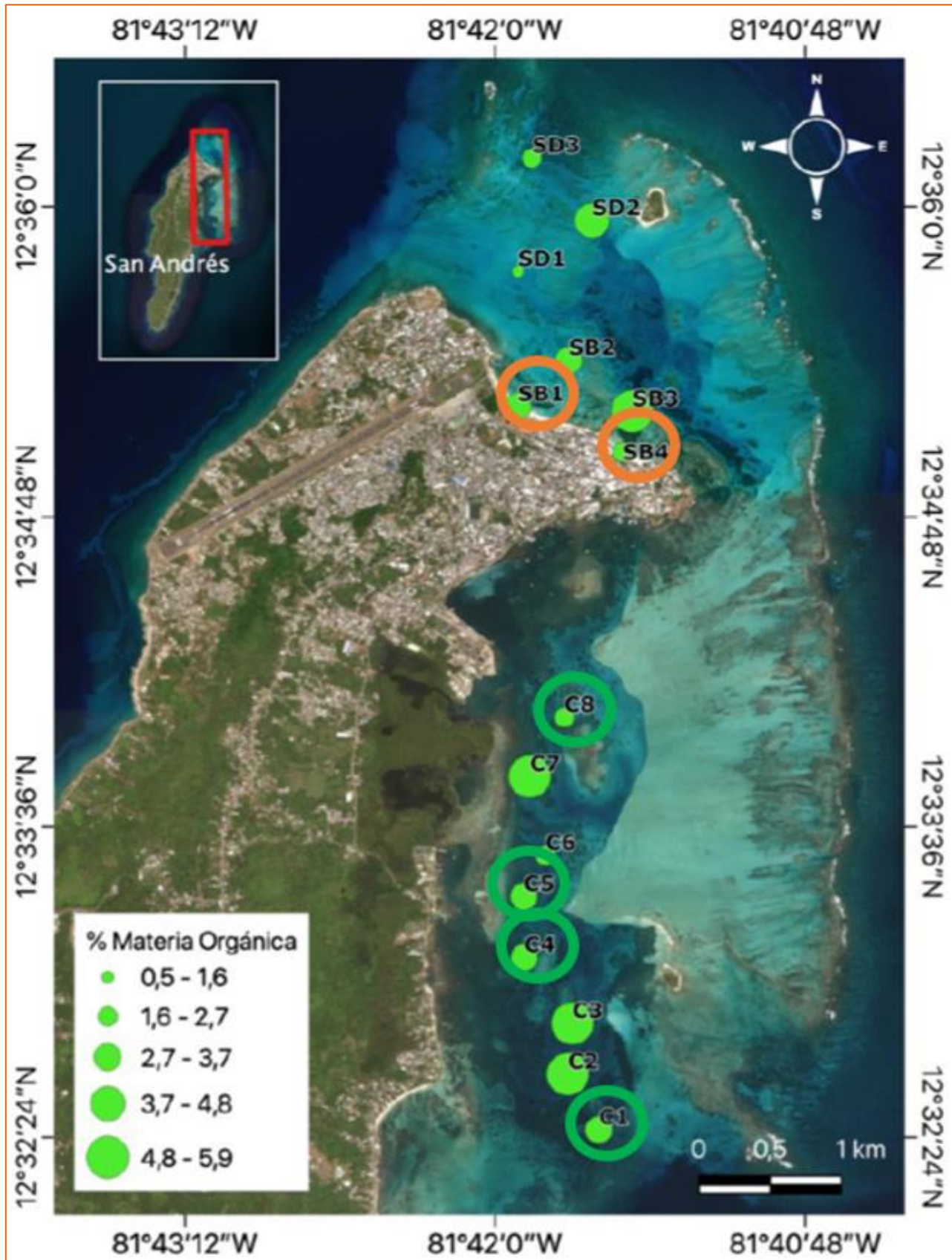


Figura 24 Distribución espacial de porcentajes de materia orgánica en el área de estudio. Los círculos naranjas representan la ubicación de la playa de Spratt Bight. Los círculos verdes representan las ubicaciones compatibles en el canal de acceso respecto la playa de Spratt Bight

- **Mineralogía:** De manera general las muestras demuestran una homogeneidad en cuanto a su composición y textura. En cuanto a la composición, dominan los fragmentos biogénicos de origen marino como corales, bivalvos, gasterópodos, y foraminíferos, secundarios.
- **Calidad de los sedimentos:** Las concentraciones de los contaminantes se determinaron con base al peso seco y se normalizaron a la fracción del sedimento menor de 2 mm. Estos valores fueron comparados con los límites establecidos por diferentes directrices internacionales, a nivel Sudamérica se compararon con la Resolución 454 del concejo nacional del medio ambiente de Brasil (CONAMA, 2012), quienes establecen dos niveles el Nivel 1, Umbral por debajo del cual hay menos probabilidad de efectos adversos para la biota y el Nivel 2, Umbral por encima del cual hay mayor probabilidad de efectos adversos para la biota.

Tabla 1 Variables y métodos de análisis para la caracterización química de sedimentos.

Variable	Límite de cuantificación	Método de análisis
Arsénico total	2,00 mg kg ⁻¹	Digestión asistida por microondas EPA 3052 y cuantificación por Absorción atómica con horno de grafito EPA 7010
Cadmio Total	0,042 mg kg ⁻¹	Digestión asistida por microondas EPA 3052 y cuantificación por Absorción atómica SM 3111B
Cobre Total	5,00 mg kg ⁻¹	
Cromo Total	25,0 mg kg ⁻¹	
Níquel Total	0,42 mg kg ⁻¹	
Plomo Total	15,0 mg kg ⁻¹	
Zinc Total	10,0 mg kg ⁻¹	
Mercurio total	0,003 mg kg ⁻¹	Descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica. Método EPA 7473.
Hidrocarburos alifáticos C8-C40	0,50 mg kg ⁻¹	Extracción soxhlet con diclorometano:acetona, fraccionamiento en columna de sílica:alúmina y cuantificación GC-MSD. EPA 3540C:1996, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2017
Hidrocarburos HAPs (16 compuestos)	0,006 mg kg ⁻¹	Extracción soxhlet con diclorometano:acetona, fraccionamiento en columna de sílica:alúmina y cuantificación GC-MSD. EPA 3540C:1996, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2017
Bifenilos policlorados – PCBs	PCB 28: 0,10 mg kg ⁻¹ PCB 52: 0,40 mg kg ⁻¹ PCB 101: 0,10 mg kg ⁻¹ PCB 118: 0,050 mg kg ⁻¹ PCB 138: 0,050 mg kg ⁻¹ PCB 153: 0,050 mg kg ⁻¹ PCB 180: 0,025 mg kg ⁻¹	Extracción Asistida por Microondas EPA 3546, limpieza con ácido sulfúrico:agua (1:1) o solución de permanganato de potasio al 5% EPA 3556A, Limpieza o remoción de azufre con cobre EPA 3660B, Limpieza con florisil EPA 3620C. Lectura EPA 8082A (PCBs).
Carbono Orgánico Total – COT	0,10 %	Método de combustión catalítica y determinación por analizador de carbono total ISO 10694 / calculo estequiométrico

En la mayoría de las muestras de sedimento, los metales analizados estuvieron por debajo del límite de cuantificación (LC) establecido por el LABCAM del INVEMAR, Cd (0,042 mg kg⁻¹), Cu (5,00 mg kg⁻¹), Cr (25,0 mg kg⁻¹), Pb (15,0 mg kg⁻¹) y Zn (10,0 mg kg⁻¹); con excepción del As que se registró en la muestra SB3, el Hg solamente en las muestras SD2, C5 y C8 estuvo por debajo del LC (0,003 mg kg⁻¹) y para el Ni en las muestras SB1, C7 y la sección C5_N 10-15 cm, estuvo por debajo del LC (0,42 mg kg⁻¹) (Tabla 2).

Tabla 2 Concentración de metales en muestras de sedimentos analizadas por el LABCAM

Código de muestra		As mg kg ⁻¹ p.s.	Cd mg kg ⁻¹ p.s.	Cu mg kg ⁻¹ p.s.	Cr mg kg ⁻¹ p.s.	Hg mg kg ⁻¹ p.s.	Ni mg kg ⁻¹ p.s.	Pb mg kg ⁻¹ p.s.	Zn mg kg ⁻¹ p.s.
SB1		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	0,00485	<0,42	<15,0	<10,0
SB3		2,09	<0,042	<5,0	<25,0	0,01438	1,33	<15,0	<10,0
SD1		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	0,00421	0,50	<15,0	<10,0
SD2		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	<0,003	0,58	<15,0	<10,0
C1		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	0,00328	0,57	<15,0	<10,0
C3		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	0,00439	0,52	<15,0	<10,0
C5		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	<0,003	0,48	<15,0	<10,0
C7		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	0,00479	<0,42	<15,0	<10,0
C8		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	<0,003	0,53	<15,0	<10,0
N_C5 10-15 cm		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	0,00506	<0,42	<15,0	<10,0
N_C5 25-30 cm		<2,00	<0,042	<5,0	<25,0	0,00630	0,73	<15,0	<10,0
Directriz España (CIEM, 2015)	Peligroso	1000	72	2500	1000 Cr VI	17	1000	1000	2500
	Nivel A	35	1,20	70	140	0,35	30	80	205
Resolución 454 (CONAMA, 2012)	Nivel 1	19	1,2	34	81	0,30	20,9	46,7	150
	Nivel 2	70	7,2	270	370	1,0	51,6	218	410
Resolución 420 (CONAMA, 2009)	Nivel de prevención	15	1,3	60	75	0,5	30	72	300
Tablas SQuiRTs NOAA. (Buchman, 2008)	TEL	7,2	0,68	18	52,3	0,13	15,9	30,2	124
	PEL	41,6	4,2	108	108	0,7	42,8	112	271

Las concentraciones de oxígeno disuelto no muestran impactos por descargas de materia orgánica, los contenidos de nutrientes son adecuados para la protección de la fauna y la flora y no hay tendencia a la eutroficación. Además, las concentraciones de los contaminantes orgánicos (PCBs y HAPs) fueron no detectables estando así por debajo de las concentraciones establecidas por las normativas comparadas (Tabla 3). El contenido de Carbono Orgánico para todas las muestras estuvo por debajo de los valores de referencia (10 %) para disposición de material dragado (CONAMA, 2012).

Tabla 3 Umbral de concentraciones para sedimentos dragados directrices internacionales (*Nivel de investigación para uso agrícola)

Parámetro	Directriz España (CIEM, 2015)		Resolución 454 (CONAMA, 2012)		Resolución 420 (CONAMA, 2009)	Tablas SQUIRTs NOAA. (Buchman, 2008)	
	Nivel A (mg kg ⁻¹)	Peligroso (mg kg ⁻¹)	Nivel 1 (mg kg ⁻¹)	Nivel 2 (mg kg ⁻¹)	Nivel de prevención	TEL	PEL
Σ PCBs	0,05	4,0	0,0227	0,180	0,01*	0,0216	0,189
Σ HAPs	1,88	110	4,0	---	12,7	1,684	16,77

Los resultados se compararon con la resolución 420 del 2009 del Concejo Nacional del Medio Ambiente de Brasil (CONAMA, 2009) la cual “establece los criterios y valores rectores de calidad del suelo en cuanto a la presencia de sustancias y establece directrices para la gestión de impacto ambiental de las áreas contaminadas por estas sustancias debidas a actividades antrópicas”. Dicha directriz define el suelo como medio básico para la ocupación territorial, las prácticas recreativas y otros usos públicos y económicos, definición que aplica para el propósito de los sedimentos recolectados. Teniendo en cuenta que los contaminantes analizados están en concentraciones menores que el umbral establecido como nivel de prevención, el cual es la concentración límite de determinada sustancia en el suelo de tal manera que este sea capaz de mantener sus funciones principales (Tabla 2), en consecuencia, los sedimentos analizados podrían ser usados para la recuperación de playas.

Tabla 4 Resultados de calidad de sedimentos

Variable	Compuestos	Resultados
Carbono Orgánico Total, COT	NA	Muestras por debajo de los valores de referencia (10 %) para disposición de material dragado CONAMA, 2012
Hidrocarburos alifáticos	C8-C40	Muestras por debajo de los Umbrales para la consideración de “sedimento no peligroso” (2500 µg g ⁻¹) CIEM, 2015
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, HAP	Acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo (g,h,i) perilene, benzo(a) antraceno, benzo(a) pireno, benzo(b) fluoranteno, benzo(k) fluoranteno, criseno, dibenzo (a,h) antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno (1,2,3-cd) pireno, naftaleno, pireno	Muestras por debajo de los Umbrales para la consideración de “sedimento no peligroso” (110 µg g ⁻¹) y por debajo del nivel de acción A (1,88 µg g ⁻¹) CIEM, 2015 .
Bifenilos policlorados, PCBs	PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	Muestras por debajo de los Umbrales para la consideración de “sedimento no peligroso” (4,0 µg g ⁻¹) y por debajo del nivel de acción A (0,05 µg g ⁻¹) CIEM, 2015 .

Se concluye que en el 75% de las estaciones muestreadas predominaron las arenas gruesas, esta característica unida al origen calcáreo del mismo impide la retención de materia orgánica y contaminantes.

- Las condiciones fisicoquímicas son apropiadas para el desarrollo de los sistemas de arrecifes coralinos y las actividades recreativas.
- Los metales pesados, como plomo, cadmio, zinc, mercurio y cromo, están en concentraciones que no representan riesgo para los organismos. Las tablas siguientes muestran los resultados de la salida de campo de INVEMAR respecto a los metales pesados y otros indicadores de calidad de sedimento.

Volúmenes del material dragado

Como complemento al análisis de las muestras de sedimentos, se ejecutaron estudios de perfilado del subsuelo para estimar la cantidad de sedimentos (arenas) en las secciones previamente seleccionadas para el muestreo y la cartografía del fondo marino. Los tres tramos analizados fueron Punta Norte (1), Canal de Acceso (2) y Punta Sur (3), véase Figura 25.

Los volúmenes estimados se basan en el juicio de los expertos y en cálculos que se basan en los resultados del trabajo de campo. Se estiman un volumen de sedimentos disponibles de 520.000 m³ (Punta Nord), 112.000 m³ (Canal de Acceso) y 910.000 m³ (Punta Sur).

Dichos volúmenes estén suficientes para una regeneración de la playa de Spratt Bight (60.000 m³ para una ampliación de 10 m). En la sección 4.2.3 se puede encontrar más información sobre esa solución.

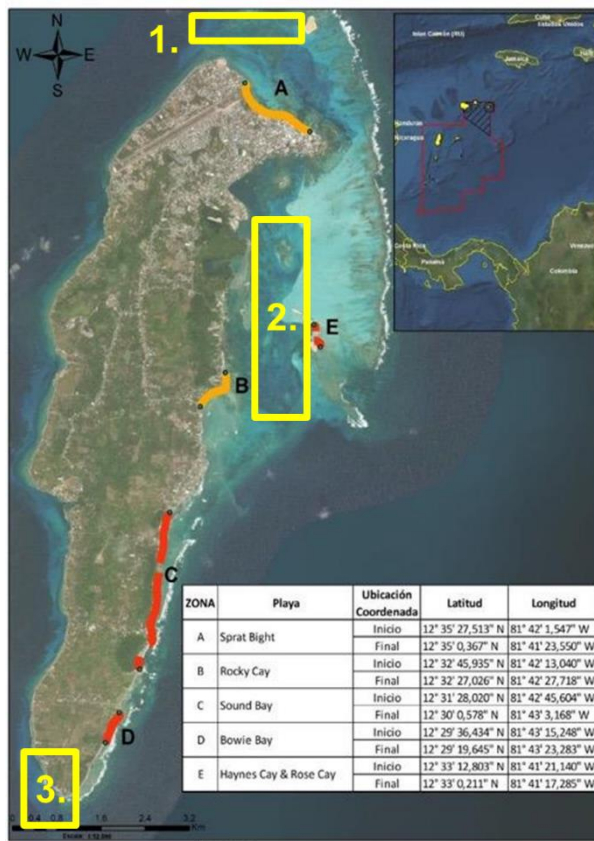


Figura 25 Mapa de San Andrés indicando los posibles sectores de las fuentes de sedimentos

3.2.2 Información secundaria

Con el objetivo de comparar la información más reciente de la línea de costa del sector de Spratt Bight (2021) con la información secundaria de otros estudios (desde el año 1990), también se contó con la participación de INVEMAR para elaborar el levantamiento topográfico de 5 perfiles de playa y levantamiento de línea de costa a lo largo de la playa de Spratt Bight. Los perfiles se iniciaron en un punto de referencia (PR) en la parte trasera de la playa donde el depósito limita con la infraestructura destinada a actividades turísticas y de ocio (calles y edificios) y se finalizaron hasta donde fue posible y segura la operación con estación total, aproximadamente -1 metro de profundidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos, del trabajo de campo realizado el 11 de noviembre de 2021 y la información secundaria, se elaboró la siguiente figura indicando la comparación de 5 líneas de costa de diferentes años y 32 transectos (líneas perpendiculares a la línea de costa) que permitieron establecer tasas de cambio de sedimentación o acreción de la playa de Spratt Bight.

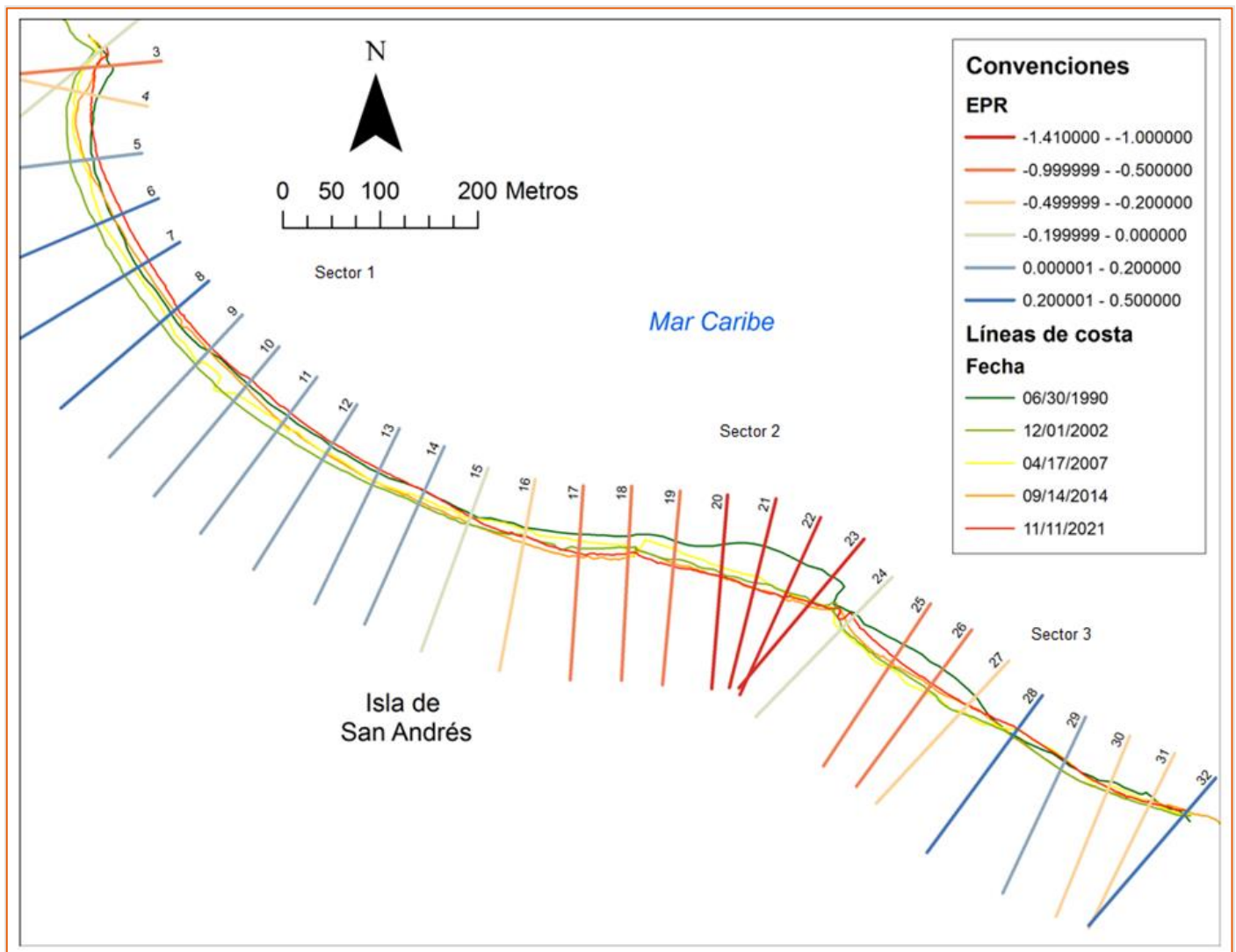


Figura 26 Comparación de los cambios de la línea de costa entre el año 1990 y 2021. (Fuente INVEMAR, 2021)

La evolución histórica de la playa de Spratt Bight durante el periodo de 1990 a 2021 muestra una tendencia a la estabilidad en la parte al noroeste (transectos del 5 al 14) con tasas de acreción de hasta 0,5 m/año. Por el contrario, en la parte centro (transectos 15 al 23) la playa tiene una mayor variabilidad asociada a la pérdida de los depósitos de playa con tasas de erosión máxima de -1,4 m/año. En el sector sureste la dinámica de la línea de costa refleja variaciones con tendencia entre acreción y erosión.

De acuerdo con lo anterior en la playa de Spratt Bight se identifican tres sectores diferenciados de acuerdo con su evolución y elementos de protección de la costa. Un primer sector que representa el área mejor conservada naturalmente, que contiene el mayor depósito de arenas y mantiene una línea de vegetación en su parte trasera; este sector, aunque ha tenido procesos de erosión severos, tiende a mantenerse estable. El segundo sector se encuentra en la parte centro donde es notable la pérdida de los depósitos de sedimentos y la influencia del espolón del Tiuna en la dinámica local, con mayor efecto en dirección norte. El tercer y último sector, presenta características similares a una dinámica de basculamiento de los depósitos de arena que pueden estar regulados por las épocas climáticas; no obstante, los procesos de erosión evidenciados están asociados a la influencia del espolón del Tiuna. En general en este sector los depósitos de arena permanentes están localizados en el límite final al sureste estabilizados en la parte trasera por la vegetación.

4 Evaluación de posibles soluciones para la protección por la erosión costera

4.1 Metodología

Se realizó una evaluación conceptual de las posibles alternativas para mitigar la erosión costera en la playa de Spratt Bight, y se planteó una serie de soluciones posibles, tomando en cuenta la dinámica de la playa en las últimas décadas (y durante más tiempo si se dispone de datos históricos adecuados) sobre la base de imágenes de satélite fácilmente disponibles de Google Earth, y la tesis de Jan van Overeem respecto a la morfología de la costa de San Andrés.

Para la definición de medidas adecuadas de mitigación de la erosión en la playa de Spratt Bight es esencial conocer las causas de la misma. Las causas de la erosión se evaluaron en los resultados de la tesis de Jan van Overeem y un estudio documental, basado en la interpretación de expertos, teniendo en cuenta la dinámica de la costa observada, las condiciones locales de oleaje, flujo y viento y los informes de estudios disponibles. Se analizó la contribución de todos los procesos potenciales, como la redistribución de la arena a lo largo de la costa por las olas que entran oblicuamente, el aumento de la exposición a las olas debido al deterioro del arrecife, el efecto de la subida relativa del nivel del mar, el efecto de los eventos extremos, la pérdida de arena debido al transporte eólico, la reducción del suministro de arena a la playa, los efectos de la interferencia humana, etc.

Por sus características específicas, las acciones que se propondrán para la prevención de la erosión costera en San Andrés, son el resultado de un análisis respecto de la combinación de las diferentes soluciones basadas en la naturaleza que puedan ser utilizadas. Las medidas para la protección por la erosión costera incluidas en el PMEC se presentan en el marco analítico de 'Construir con la Naturaleza'.

Construir con la Naturaleza

Construir con la Naturaleza (Building with Nature) trata de satisfacer las demandas de la sociedad sobre la infraestructura a partir del funcionamiento de los sistemas naturales y sociales en los que se va a realizar esta infraestructura. El objetivo no es sólo cumplir con estos sistemas, sino también hacer un uso óptimo de los mismos y al mismo tiempo, crear nuevas oportunidades para ellos. Este enfoque está alineado con la necesidad de encontrar diferentes modos de operación y requiere una forma diferente de pensar, actuar e interactuar (De Vriend y van Koningsveld, 2012; De Vriend et al., 2014).

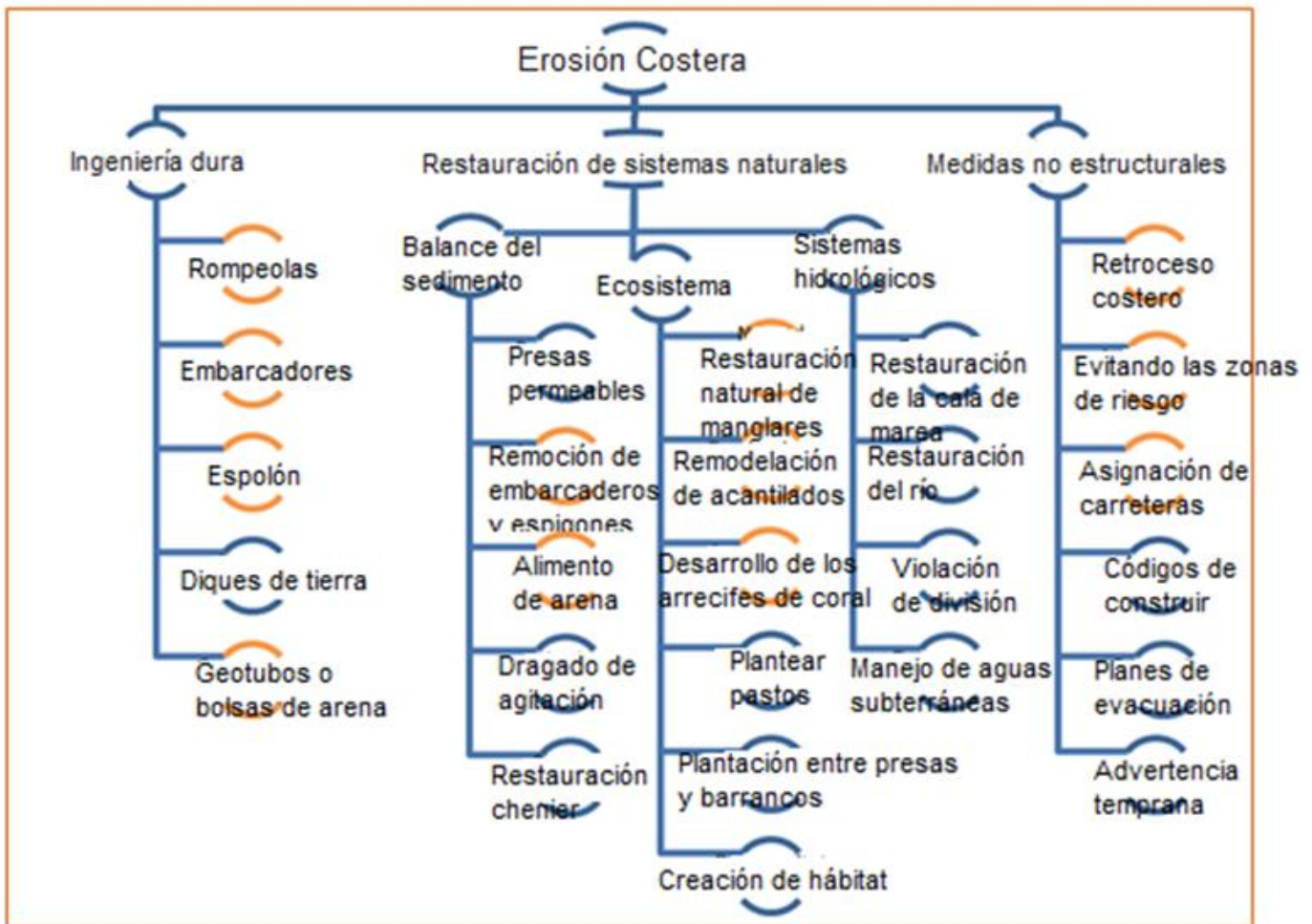


Figura 27 Marco analítico que muestra un panorama general de las posibles medidas. Las 9 medidas seleccionadas en el estudio "Análisis rápido de las soluciones de Construir con la Naturaleza para mitigar la erosión costera en Colombia" (MINAMBIENTE, INVEMAR y Deltares, 2012) están marcadas en naranja.

'Construir con la Naturaleza' puede aplicarse al manejo integral de la zona costera. Proporciona resiliencia combinando la ingeniería inteligente y la rehabilitación ecológica, al tiempo que se introducen prácticas sostenibles de uso de la tierra. Ofrece una alternativa a los enfoques convencionales de infraestructura dura para la seguridad costera. En vez de "luchar" contra la naturaleza con espigones y diques, las soluciones de 'Construir con la Naturaleza' trabajan con y a lo largo de la dinámica de la naturaleza. Figura 27 se muestra de los tipos de medidas contra erosión costera.

Con respecto a las medidas, se pueden sugerir soluciones basadas en la naturaleza (NbS), medidas grises o una combinación de ellas para hacer frente a la erosión costera. En este caso, la atención se centra en los ecosistemas actuales que contribuyen a prevenir la erosión costera, como los arrecifes de coral, las praderas marinas, los bosques de playa y los manglares. Utilizando la literatura existente, la opinión de los expertos y los datos locales, estos ecosistemas se evalúan de la siguiente manera:

- Una descripción de cómo el ecosistema hace frente a la erosión costera, es decir, el mecanismo a través del cual se previene la erosión costera.
- Una descripción de las condiciones ambientales necesarias para que el NbS sea viable.

Un aspecto clave de la filosofía de ‘Construir con la Naturaleza’ es que, al restaurar y/o proteger el hábitat para contribuir a la reducción del riesgo de erosión e inundación, hay que asegurarse de que las condiciones ambientales sean adecuadas: Debe abordarse la causa raíz que impulsa la degradación de un ecosistema.

4.2 Soluciones propuestas para Spratt Bight

4.2.1 Visión general de las soluciones posibles en Spratt Bight

La zona costera tiene que hacer frente, además de los efectos del cambio climático, a una población creciente, el aumento del desarrollo turístico y la contaminación, todo lo cual añade una mayor presión sobre los frágiles ecosistemas costeros. Por lo tanto, la isla de San Andrés y específicamente la Playa de Spratt Bight, necesita una combinación de soluciones / opciones de adaptación duras y blandas para reducir los efectos del cambio climático, la variabilidad climática y las acciones antrópicas, y así avanzar en las soluciones de frente a la erosión costera.

En la identificación y análisis de soluciones posibles, se incluyen también consideraciones relacionadas con las medidas duras (escolleras, rompeolas), con el objetivo de permitir una comparación entre dichas medidas, que son una práctica habitual en la isla, y las opciones de Construir con la Naturaleza. En esta comparación se han realizado estimaciones orientativas de la eficacia, los impactos en el tramo adyacente y los costos de estas medidas a nivel global.

A continuación se presenta en la Tabla 5 un resumen de las soluciones propuestas. Dichas soluciones posibles se describirán individualmente en las secciones siguientes. Sin embargo, las soluciones no deberían considerarse como soluciones tomadas por separado. Las soluciones se afectan mutuamente, por lo que un ecosistema costero sano se refleja con varios tipos de vegetación y animales, lo que permite que el sistema sea resistente a los peligros, como las tormentas y la erosión.

Tabla 5 Resumen de las posibles soluciones propuestas para Spratt Bight

Solución	Descripción	Tipo de solución
1. Cerrar la brecha ('el Canal') en el arrecife	La brecha en el N de la barrera coralina (llamada 'Channel' por locales) es una ubicación por donde las olas pueden entrar el sistema costero de Spratt Bight. Cerrando esta entrada, se puede disminuir el efecto que las olas de tormenta tienen en la costa de Spratt Bight.	Solución para disminuir la altura y la fluctuación en la dirección del oleaje
2. Regeneración de playas	La playa de Spratt Bight podría ser regenerada con sedimentos provenientes de diferentes sitios: en la punta norte y punta sur de la isla, donde hay arena que no está en áreas protegidas; o utilizar benéficamente el material dragado del canal de acceso para regenerar la playa.	Solución para aumentar el ancho de la playa
3. Estructuras de Protección Cerca de la Costa	Estructuras sumergidas o emergidas, naturales o artificiales pueden ser instaladas cerca de la costa, teniendo un efecto similar a la solución número 1.	Solución para disminuir la altura y la fluctuación en la dirección del oleaje
4. Conservación y Restauración de la Vegetación Marina	Los pastos marinos forman una gran parte del ecosistema de Spratt Bight (y San Andrés como todo). Pueden aumentar los niveles de esfuerzo cortante del lecho marino, manteniendo el sedimento estable. Además, pueden reducir la altura de las olas pequeñas que no son de tormenta en un 60%.	Solución para estabiliza el sedimento
5. Vegetación costera protectora	Se puede fortalecer y enriquecer las barreras de vegetación existentes con vegetación nativa para actuar como cortavientos y mantener la arena. Esta solución es ideal a lo largo del paseo marítimo ('la Peatonal'). El resultado es similar a la solución número uno, pero ahora se quiere impedir el transporte eólico, manteniendo la arena en la playa. Respecto al manglar enfoque sólo a la protección de la ubicación existente. Se observan que se tiene experiencia en estos temas con CORALINA y la Gobernación.	Solución para prevenir pérdida de sedimento por medio eólico

La Figura 28 muestra un ecosistema costero sano típico para el Caribe, desde los arrecifes de coral, las praderas marinas y los humedales hasta la vegetación de tierra firme. La aplicación de varias soluciones, como la restauración y recuperación de los arrecifes de coral y las praderas marinas combinadas con la vegetación de tierra firme, puede ayudar a reforzar el sistema.

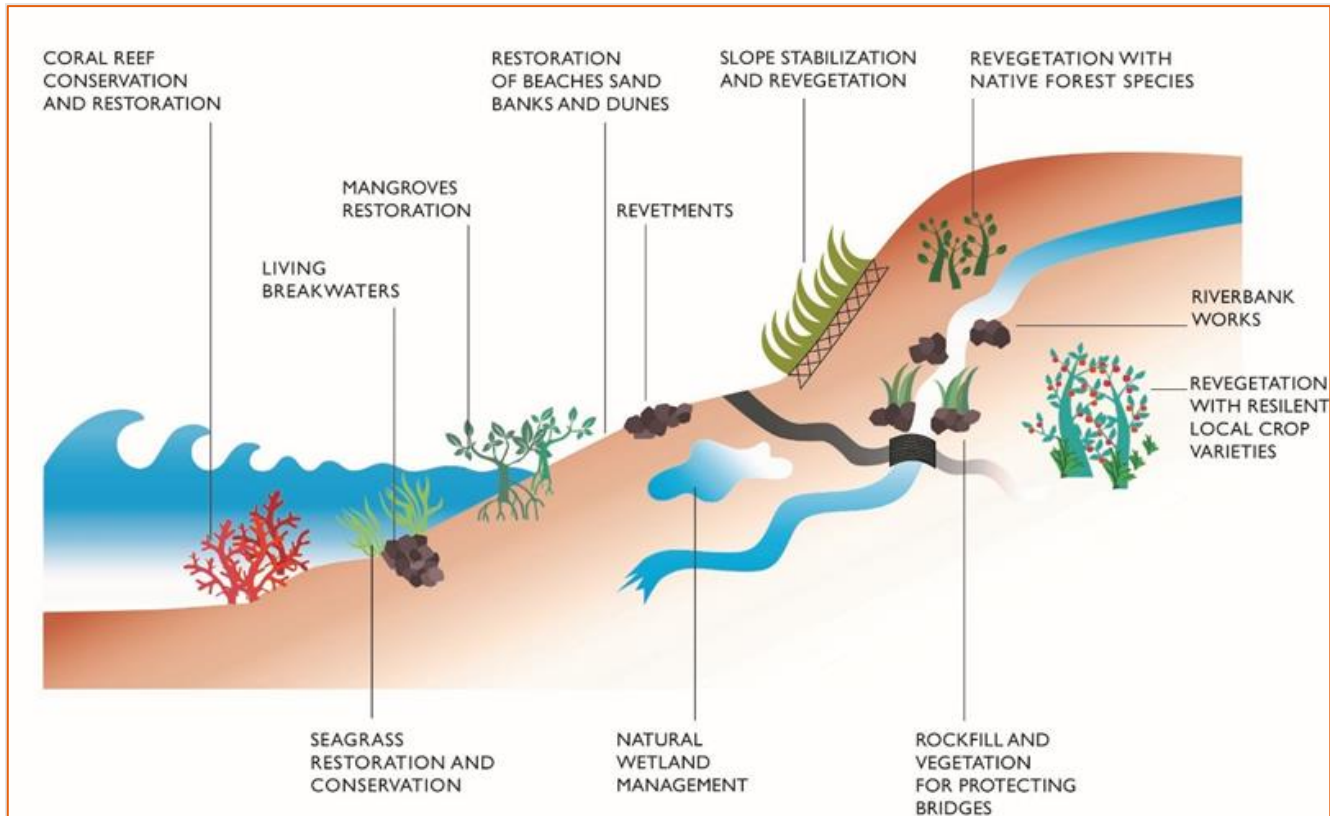


Figura 28 Visión general de un ecosistema costero

Para tener una mejor visión general del conjunto de soluciones y una propuesta inicial de dónde podrían aplicarse estas soluciones, ajustada con los interesados locales durante los talleres del proyecto, se puede ver en la Figura 29 a continuación. Todavía es necesario seguir investigando sobre estas medidas, su ubicación y su alcance para garantizar que las soluciones estén bien integradas en el contexto natural y socioeconómico.



Figura 29 Resumen de las posibles soluciones propuestas para Spratt Bight. Fuente de las imágenes: adaptado de: Tanaka et al., (n.d.); FONADE – Gobernación de San Andrés, Universidad del Norte, IDEHA (2009); Minambiente-INVEMAR, CAR costeras, DELTARES (2012); Google Earth (2021)

4.2.2 Solución 1: Cerrar la brecha ('el Canal') en el arrecife

En la sección 2.3.2 se describe cómo las olas entran en la cuenca detrás del arrecife de coral a través de la "brecha" durante las condiciones de tormenta, llegando a la costa con gran energía y con un ángulo diferente al de las condiciones normales. Si se cierra esta brecha en la parte norte del arrecife, creando una cresta de altura y anchura similares a las del sistema de arrecifes circundante (véase la Figura 30), se podría reducir tanto la altura como el ángulo de incidencia de las olas cerca de la costa.

Como resultado de la atenuación de las olas detrás del arrecife, se espera que la inversión de la dirección del transporte de sedimentos (como se describe en la sección 2.3.2) ocurra con menos frecuencia. Sólo si las olas de la costa proceden de direcciones comprendidas entre el este y el norte aproximadamente, el transporte a lo largo de la costa se invertirá en dirección sureste, pero las inversiones causadas por la penetración de las olas a través de la brecha del arrecife ya no se producirán. Por lo tanto, el cierre de la brecha del norte parece ser una forma eficaz de reducir las fluctuaciones de la playa tanto en la dirección transversal a la costa como en la dirección de la costa.

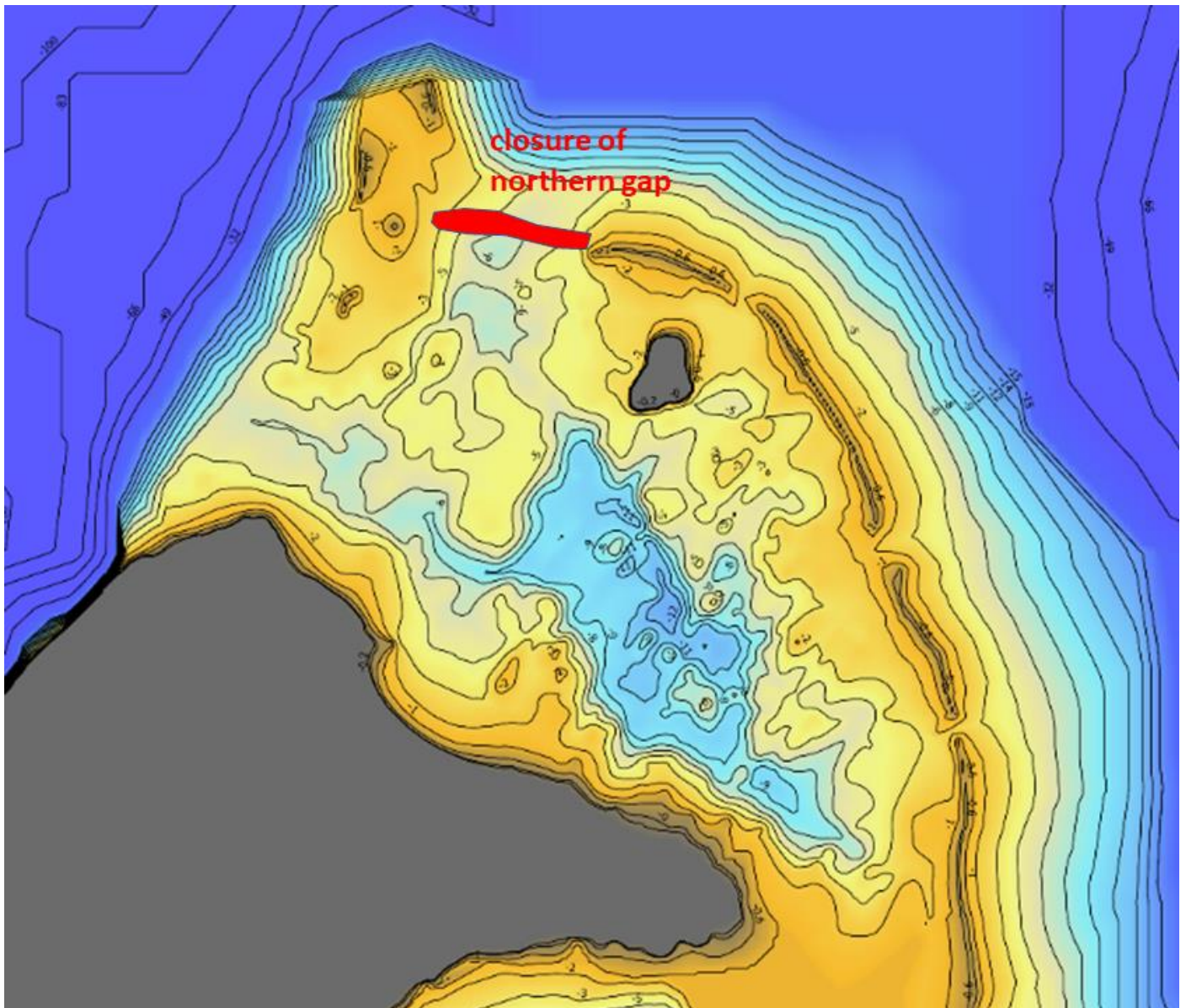


Figura 30 Ilustración del cierre de la brecha norte. Para cerrar la brecha debe cerrarse una anchura total de 750 m

Especificaciones

En general, es probable que una atenuación general de las olas más altas cerca de la playa no sólo dé lugar a menores fluctuaciones transversales a la costa del perfil de la playa, sino también a una reducción de las fluctuaciones a lo largo de la costa. El aumento de la atenuación de las olas dará lugar a menores transportes a lo largo de la costa porque la redistribución de la arena a lo largo de la costa se ralentiza y, en consecuencia, posiblemente también disminuye (es decir, se redistribuye menos arena a lo largo de la costa en el periodo entre las inversiones del transporte). Esto puede ser respaldado por medio de la opinión de expertos en el área de erosión costera y los resultados provisorios del modelo de olas (véase Figura 5).

Como se ha comentado en el apartado 2.3, las tasas de erosión suelen aumentar una vez que las olas golpean las infraestructuras duras en la parte posterior de la playa, debido a la reflexión de las olas y a la turbulencia adicional. La atenuación de las olas reducirá la frecuencia de estos eventos.

Durante su fase de pólipo, los corales necesitan un sustrato duro en el que asentarse para poder crecer hasta formar una estructura de arrecife. A menudo, el espacio es un factor limitante en las aguas tropicales y puede proporcionarse mediante la construcción de estructuras artificiales bajo el agua, que pueden acelerar el proceso de restauración. Es crucial que estas estructuras permanezcan estables incluso durante las tormentas, ya que, de lo contrario, cualquier crecimiento de coral recién obtenido, e incluso la estructura de arrecife existente, pueden resultar dañados o morir si la estructura artificial se mueve.

La propagación, la cría y el trasplante de corales pueden acelerar considerablemente el proceso de formación del arrecife. El trasplante directo de fragmentos de donantes es un método sencillo, barato y a menudo exitoso. Los trozos de coral rotos de forma natural o los pequeños fragmentos recortados de corales vivos se "cuidan" hasta alcanzar un tamaño adecuado antes de ser plantados. Un método más laborioso, pero que da lugar a una reserva genética más diversa, es la cría y el cultivo de larvas de coral. La forma de hacerlo depende de la estrategia de cría de la especie de coral (desove y cría al voleo), pero en esencia, este método pretende aumentar las posibilidades de éxito de la fecundación de los gametos. A continuación, los huevos fecundados se crían hasta alcanzar un tamaño adecuado antes de ser plantados, o bien se liberan los huevos fecundados.

Para facilitar el restablecimiento del crecimiento de los corales y las funciones ecológicas de los arrecifes naturales, la estructura debe tener también un cierto nivel de rugosidad, es decir, complejidad estructural. Uno de los aspectos de los ecosistemas de arrecifes de coral que impulsa la diversidad de especies es su complejidad geométrica. Esto proporciona una amplia gama de nichos que pueden ser ocupados por muchos organismos. De este modo, se imita la topografía de los arrecifes de coral y se aumenta la posibilidad de que el funcionamiento del ecosistema sea similar al de un arrecife de coral natural (como se muestra en Figura 31).

Dado el largo tiempo que se necesita para restaurar los ecosistemas de los arrecifes de coral, a corto plazo es más beneficioso proteger los arrecifes de coral existentes. Antes de que un pólipo de coral se convierta en una estructura de arrecife lo suficientemente importante como para que pueda influir en la altura de las olas, puede pasar al menos una década. Dicho esto, los esfuerzos de protección y restauración no son mutuamente excluyentes, y deberían producirse en paralelo.

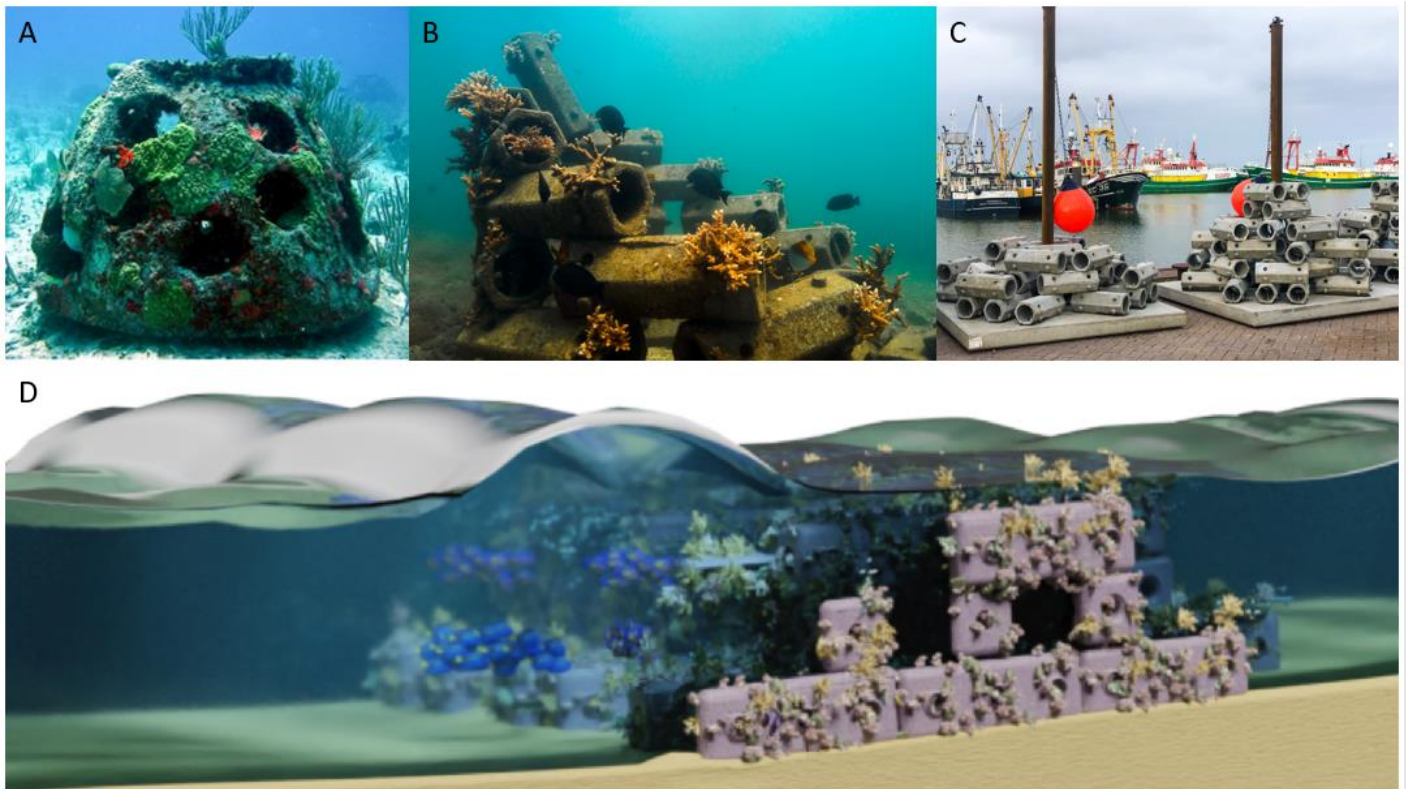


Figura 31 Diferentes ejemplos de estructuras de arrecifes artificiales. A: Bolas de arrecife instaladas en Barbados (Barbados Marine Trust, 2010); B: Estructura de arrecife colocada en Shimoni, Kenia (ReefSystems, 2021); C: Estructuras de arrecife colocadas en Lauwersmeerdijk, Países Bajos (ReefSystems, 2021); Simulación del efecto de un sistema de arrecife de coral artificial en la atenuación de las olas (Reefy, 2021)

Las bolas de arrecife son un diseño común para un rompeolas que también proporciona un sustrato relativamente complejo para el asentamiento de corales y especies asociadas a ellos. El diseño que se elija deberá revisarse en detalle durante las siguientes fases del proyecto (por ejemplo, la prefactibilidad, que no forma parte del ámbito actual). Se recomiendan revisar los resultados del proyecto de un millón de corales.² En esta iniciativa, Colombia se ha fijado el ambicioso objetivo de restaurar 200 hectáreas de arrecifes de coral en varias regiones. Entre estas regiones se encuentra el Distrito de Manejo Integrado del Área Marina Protegida Seaflower y el Parque Nacional Natural McBean Lagoon. Esta iniciativa es una colaboración del Ministerio de Ambiente, Parques Nacionales Naturales, Conservación Internacional Colombia, Corales de Paz y otras organizaciones. Además, empresas como Reefy (www.reefy.nl) o ReefSystems (www.reefsystems.org) son pioneras en nuevos diseños para abordar la erosión costera y la complejidad estructural. Se desarrolló una idea preliminar con Reefsystems para tener una primera impresión de sus sistemas y la aplicabilidad en San Andrés en la brecha; para más información ver apéndice G.

Aunque las soluciones basadas en la naturaleza tienen una gama más amplia de beneficios, tardan más en manifestarse. Una vez que se construye un rompeolas, éste empieza a tener un impacto inmediato en la altura de las olas y contribuye a la prevención de la erosión. La restauración de los corales, en cambio, es un proceso largo y arduo, que puede llevar años, incluso décadas, antes de que pueda tener un impacto en la erosión costera. Otros servicios de los ecosistemas, como el aumento del rendimiento de la pesca y el secuestro de carbono, también tardarán en surtir efecto. Sin embargo, si las condiciones de los arrecifes se mantienen saludables, los ecosistemas coralinos pueden seguir el ritmo del aumento del nivel del mar, mientras que las infraestructuras grises no pueden hacerlo.

² Véase www.infobae.com/america/colombia/2021/09/14/convenio-por-casi-9000-millones-de-pesos-busca-acelerar-la-siembra-de-corales-en-san-andres/.

La población de plantas marinas que rodea la playa de Spratt Bight también se beneficiará del rompeolas. Las reducidas condiciones climáticas de las olas son probablemente más adecuadas para el crecimiento y la expansión de las plantas marinas. A medida que aumente la cubierta de plantas marinas, los procesos biogeomorfológicos favorecerán la sedimentación y evitarán la resuspensión.

El sector turístico también se beneficiará del nuevo arrecife de coral. Como se describe en la sección 2.3, gran parte de los visitantes de San Andrés están interesados en el ecoturismo relacionado con su sistema de arrecifes de coral. Con 750 m de arrecife adicional, se crean más oportunidades para atraer a estos turistas. Además, los arrecifes artificiales siguen siendo entornos muy raros, lo que podría atraer a más turistas (buzos) a la zona. El sistema de arrecifes artificiales podría convertirse en una postal para la isla.

Impactos sociales y ambientales

Cabe señalar que el método descrito anteriormente para disminuir las fluctuaciones en el transporte de sedimentos probablemente también cambie el transporte neto anual de alta mar a lo largo de la playa. Si se reducen las reversiones del transporte hacia el sureste, cabe esperar que el transporte neto anual medio de la costa se dirija más hacia el noroeste y que los ángulos de equilibrio a largo plazo de la línea de costa de la playa cambien un poco. Esto puede dar lugar a una tendencia de playas más estrechas cerca de la parte sureste de la playa de Spratt Bight (en comparación con la situación actual) y playas más anchas en el extremo noroeste. Se espera que sea un proceso lento, y es probable que este efecto pueda mitigarse mediante la recirculación artificial de arena (transportando arena de oeste a este a intervalos regulares, preferiblemente mediante equipos terrestres).

Lo que en este estudio se denomina "brecha" en el sistema de arrecifes de coral, es llamado "el Canal" por los pescadores locales y les sirve de ruta hacia mar abierto. Durante el segundo ciclo de talleres con actores comunitarios e institucionales, los representantes de las organizaciones de pescadores comentaron que veían viable el cierre del Canal con un sistema de arrecifes que uniera la formación submarina que ellos llaman "Table Rock" en el extremo norte de la brecha, y Johnny Cay. Consideran que el cierre de esta brecha no afectaría su actividad pesquera, ya que pueden utilizar otras brechas menores del arrecife para salir y entrar a Spratt Bight. Por el contrario, la productividad pesquera del sector de la brecha norte podría aumentar como resultado del arrecife artificial.

Otro efecto que debería considerarse y estudiarse más a fondo es el impacto del cierre de la brecha en la calidad y circulación del agua detrás del arrecife de coral. Sin entradas y salidas de agua adecuadas en el arrecife de coral, existe el riesgo de que una gran cantidad de agua se estanque dentro de la cuenca. Este efecto debería estudiarse más a fondo en una evaluación de impacto ambiental y social (ESIA).

El desarrollo del arrecife de coral artificial debe ser objeto de un estrecho seguimiento para garantizar que el arrecife de coral recién colocado crezca adecuadamente y se integre en el sistema natural. Las macroalgas y el crecimiento del coral tienden a tener una relación competitiva, y sin la presencia de especies de pastoreo (por ejemplo, peces loro y erizos de mar), es probable que el arrecife artificial sea invadido por esas macroalgas, disminuyendo las tasas de supervivencia de las larvas de coral después del asentamiento (Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, INVEMAR-CORALINA, 2012).

Costos

Aunque se considera que las infraestructuras grises tienen bajos costos de mantenimiento y funcionamiento (OPEX), por su naturaleza son menos flexibles a la hora de hacer frente a los cambios en el entorno. Además, los costos de inversión (CAPEX) y los costos de mantenimiento y explotación (OPEX) varían según el tipo y el tamaño del seguimiento de la solución elegida. Los costos de supervisión también pueden reducirse en el caso de las soluciones basadas en la naturaleza si se implica a las comunidades de forma voluntaria. Lo ideal es que se utilicen materiales locales para la construcción y el mantenimiento, de lo contrario los costos pueden aumentar sustancialmente en lugares aislados como San Andrés. Además, se necesitaría una formación para determinar si existen en la isla los conocimientos necesarios para mantener dichas estructuras.

El mantenimiento y la supervisión de estas estructuras son más elaborados en comparación con la infraestructura gris estándar, aunque los expertos de Reefsystems indicaron que el mantenimiento puede ser mínimo, ya que los corales y las plantas poblarán las estructuras por sí mismos.

Deberían realizarse estudios biológicos y químicos de forma regular para controlar la salud del arrecife y los parámetros de calidad del agua. La frecuencia de estas campañas de seguimiento determinará, por tanto, el orden de magnitud de los costos. Los costos indicados en el siguiente resumen se basan en la opinión de los expertos y en la bibliografía. En el Apéndice G se puede encontrar una estimación adicional de los costos de la restauración de los arrecifes de coral con el sistema propuesto por ReefSystems. Aunque los costos de la restauración de los arrecifes de coral son considerables en esta propuesta, existen instituciones de financiación para la restauración de los arrecifes de coral que pueden apoyar, una visión general de estas instituciones se puede encontrar en el Apéndice G.

Resumen

1. Cerrar la brecha ('el Canal') en el arrecife			
Especificaciones	Pros	Cons	Costes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se necesitan 750 m de coral artificial para cerrar la brecha del arrecife de coral ➤ Los arrecifes de coral reducen la altura de las olas debido a la fricción y a la rotura de las olas ➤ La energía de las olas que entra por la brecha será bloqueada por el arrecife de coral ➤ Hay diferentes tipos de coral artificial que pueden utilizarse para cerrar la brecha ➤ Los arrecifes de coral artificiales se han aplicado con éxito en diferentes partes del mundo 	<ul style="list-style-type: none"> + La altura de las olas detrás del arrecife de coral disminuirá junto con la variación de la dirección de las olas inducida por las tormentas. Esto significa una menor fluctuación en la dirección del transporte de sedimentos + Aumento de la biodiversidad + Mejora del ecoturismo + Si las condiciones del arrecife se mantienen saludables, los ecosistemas coralinos pueden seguir el ritmo del aumento del nivel del mar + Las condiciones climáticas reducidas de las olas son probablemente más adecuadas para el crecimiento y la expansión de las hierbas marinas 	<ul style="list-style-type: none"> - Si es inestable, la estructura coralina artificial podría dañar el arrecife de coral natural y causar problemas ecológicos - La estructura cambiará la dinámica de los sedimentos en la playa, pudiendo tener efectos (pequeños) imprevisibles - Puede tener posibles impactos ambientales y sociales en Spratt Bight relacionados con la calidad del agua y las actividades pesqueras - El coral crece muy lentamente, lo que significa que se necesita tiempo antes de que la estructura esté en equilibrio con el sistema ecológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión inicial Restauración de arrecifes de coral: muy alta (fuente: ReefSystems) A = 750 m x 17 m (ancho) x 6 m (altura máxima) 2.300.000 USD • Costes de monitoreo Llevar a cabo la ESIA (Evaluación de Impacto Ambiental y Social) antes de dragar y nutrir 100.000 USD Monitoreo de la calidad del agua y del crecimiento del coral 25.000 USD/campaña Los costes de manutencion son muy dependientes del tipo de mano de obra que se desea utilizar.

* Los costos se basan en informes de ReefSystems (ver Apéndice G) y el conocimiento de expertos en el sector costero.

4.2.3 Solución 2: Regeneración de Playas / uso benéfico del material de dragado

Para ampliar la playa de Spratt Bight y garantizar una anchura suficiente para las actividades recreativas y la seguridad a lo largo de su longitud, se podría aplicar una alimentación de arena utilizando material de diferentes lugares. Como se ha mencionado en el capítulo 3, la arena podría extraerse de la punta norte, del canal de acceso al puerto y de la punta sur. Estas diferentes fuentes fueron investigadas por el Invermar y se recogió información sobre el tamaño del grano, los contaminantes, la materia orgánica y la densidad. Esta información es importante, ya que el material extraído debe ser compatible con el sedimento de la playa. Así se evitan grandes diferencias en los efectos dinámicos costeros con respecto a la situación anterior.

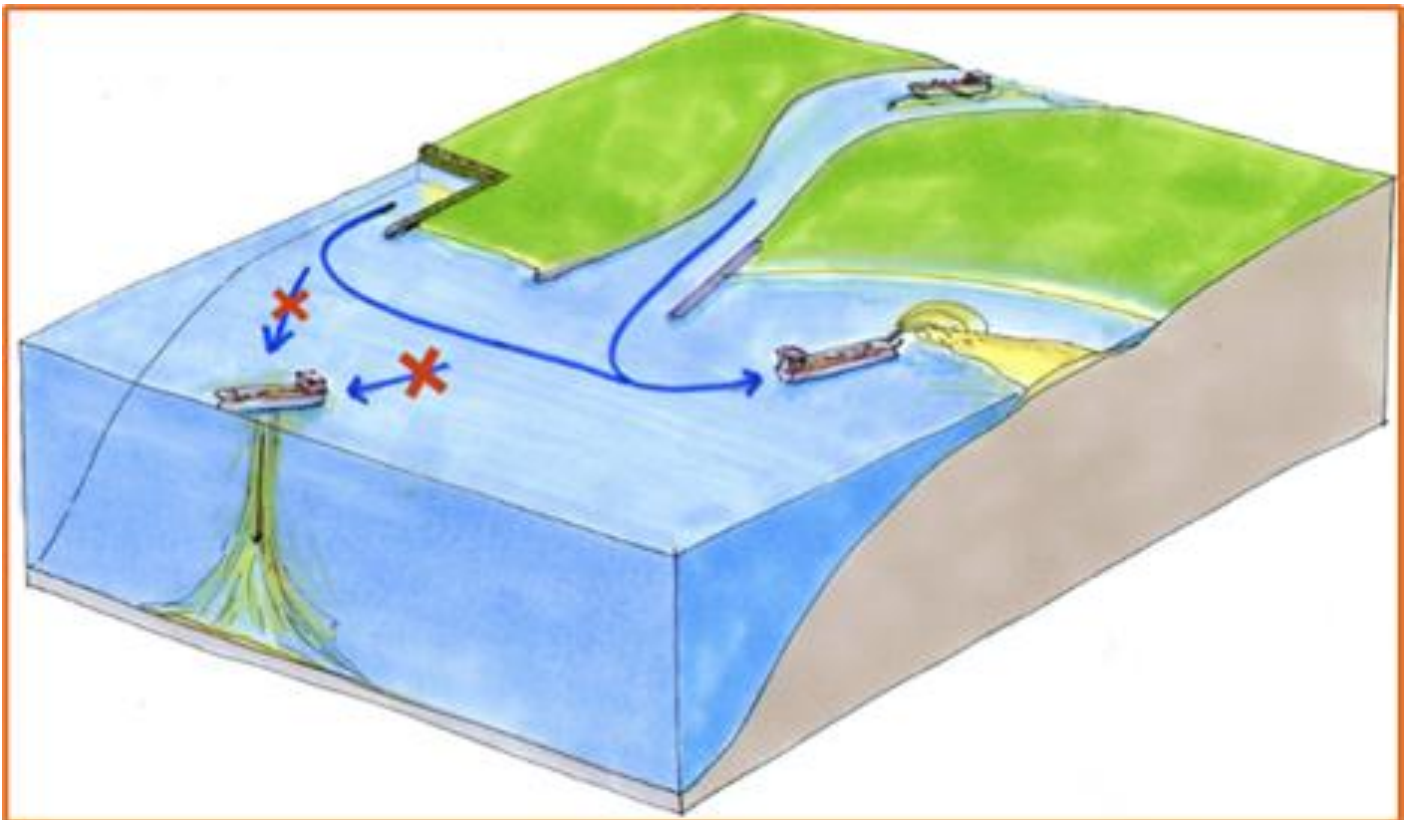


Figura 32 Regeneración de playas por dragados (Fuente: Minambiente-INVEMAR, CAR, DELTARES, 2012)

Hay que considerar que Spratt Bight (y San Andrés en su conjunto) es una zona ecológicamente sensible en la que los sedimentos finos pueden causar impactos negativos. Por lo tanto, el dragado y la alimentación deben realizarse con técnicas respetuosas con el medio ambiente y debe llevarse a cabo una evaluación del impacto ambiental y social (ESIA).

Contexto histórico

Según varios estudios y conocimientos de expertos (informe 'Isla de San Andrés. Estudios y diseños relacionados con la sostenibilidad de la playa Spratt Bight' de FONADE y Universidad del Norte, 2009; fotos de la línea costera y el puerto de SAI de 1988; cartas náuticas de 1963, 1988 y 2007), San Andrés ya se ha nutrido con material dragado del canal de acceso.

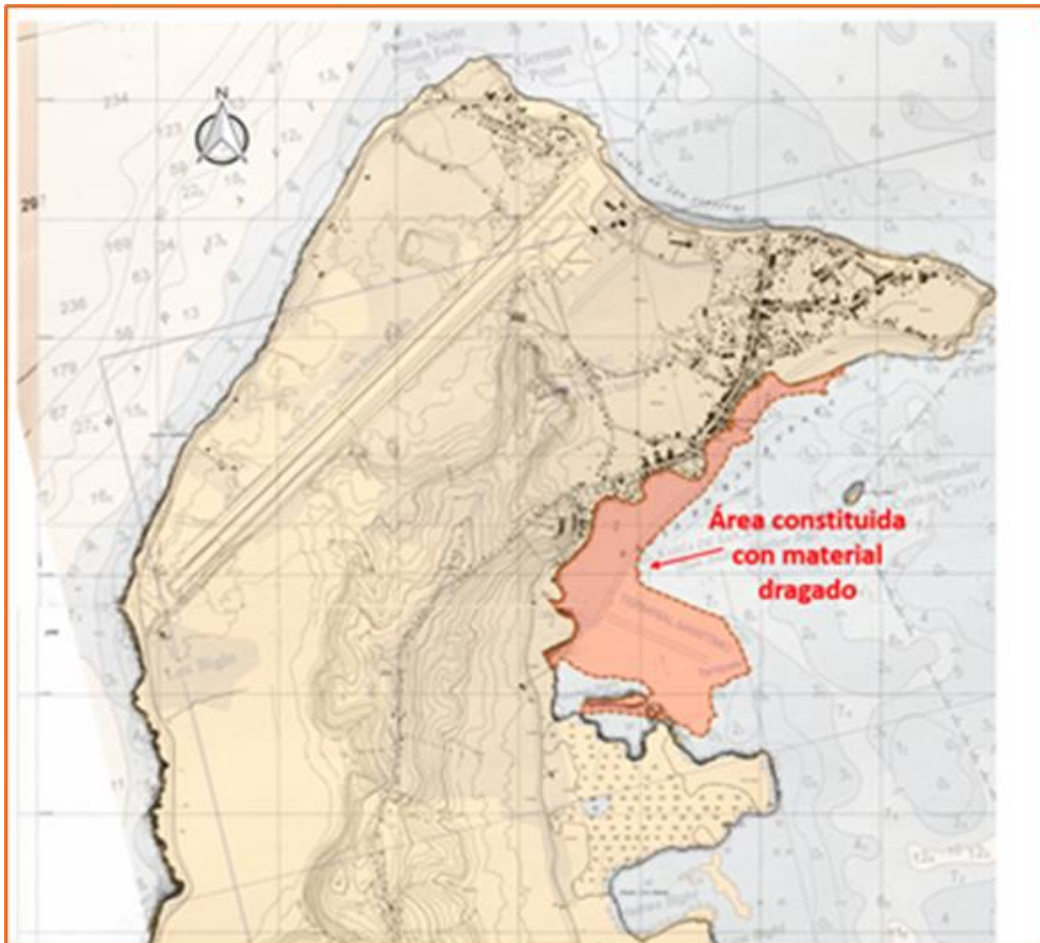


Figura 33 Mapa de la parte norte de San Andrés. La zona naranja corresponde a los terrenos recuperados entre 1963 y 1988. Adaptado de CIOH (2007) y Ministerio de Obras Públicas (1964)

En 1964 y 1987 la empresa Van Suramericana dragó el canal de acceso al puerto para construir el muro de muelle de Texaco. Esto dio lugar a un gran proyecto de recuperación de tierras que añadió aproximadamente 500.000 m² (50 ha) de superficie seca a SAI. Parte de esta zona es hoy lo que se llama la terminal marítima (en la parte sur), y al norte se recuperó para construir parte de la Avenida Newball que rodea la ciudad por el lado oriental.

Durante la profundización del canal navegable en 1993, el material dragado se reutilizó en varias playas, incluida Spratt Bight. El gobierno de San Andrés decidió que entre las playas contempladas con actividades de nutrición estaría Spratt Bight con 20.000 m³ distribuidos en una longitud de 1.000 m.

Se desconoce la técnica exacta utilizada para las actividades de dragado y nutrición y el impacto que causó en el medio ambiente durante ese período. Sin embargo, los estudios e informes anteriores no muestran impactos ni cambios graves en el medio ambiente durante ese periodo.

Especificaciones

La cantidad de sedimento necesaria para regenerar la playa de Spratt Bight depende de la anchura de playa que se quiera conseguir. En la Figura 34 se muestra un perfil medio de Spratt Bight.

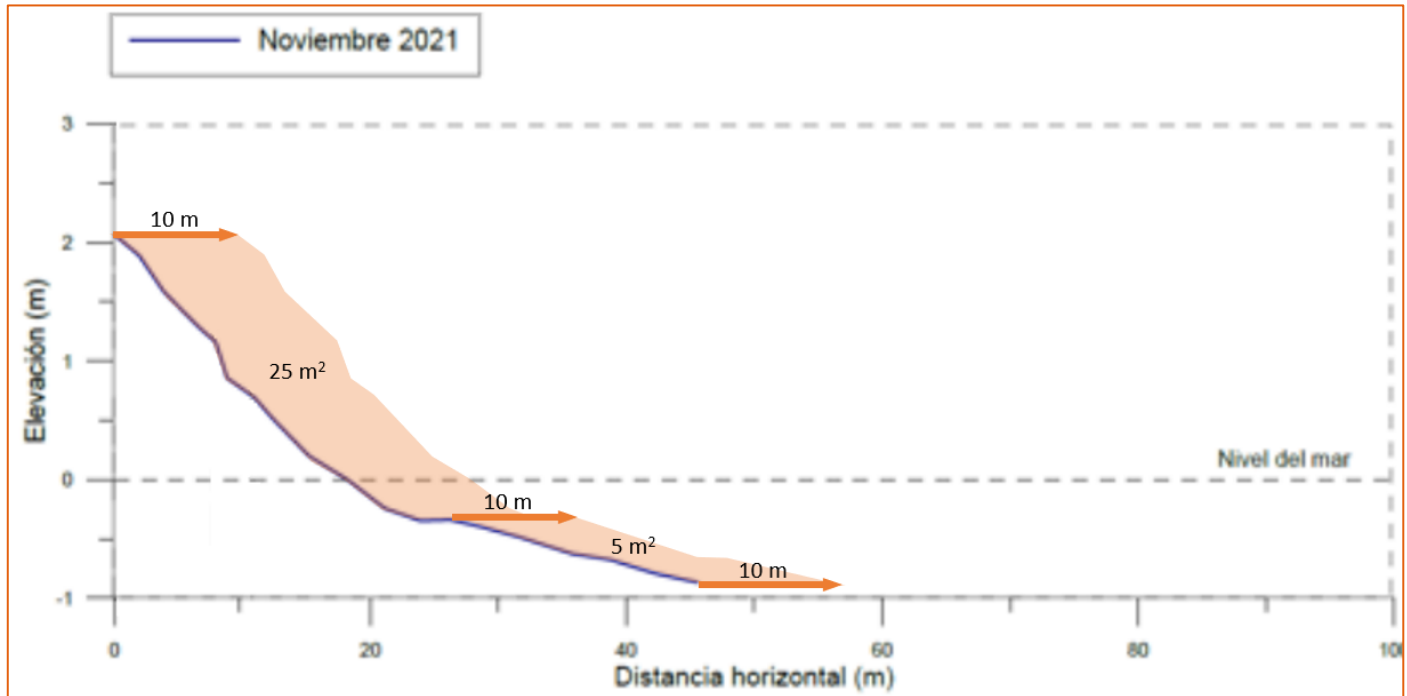


Figura 34 Arriba un perfil de playa medio de Spratt Bight tomado durante la campaña de campo de Invermar (2021). En el gráfico se ha desplazado el perfil 10 m hacia el mar y se muestra el área entre los dos perfiles (aproximadamente 30 m²). Abajo se muestra la longitud de la playa de Spratt Bight

Si la playa se nutre hasta una anchura de 10 m (como se muestra en la Figura 34), el área de la sección transversal de la playa aumentaría aproximadamente 30 m². Con una longitud total de playa de 1.500 m, se necesitarían 45.000 m³ de sedimentos. Hay que añadir un 30% más para tener en cuenta la pérdida inicial de sedimentos debida a las partículas finas no asentadas. Por último, se necesitaría un total de 60.000 m³ para aumentar la anchura de la playa de Spratt Bight en 10 m.

Tabla 6 Volúmenes de alimentación necesarios para alcanzar cada anchura de playa correspondiente

Volumen de arena necesario para regenerar la playa de Spratt Bight						
Volumen (m3)	6.000	30.000	60.000	90.000	120.000	150.000
Ancho de playa(m)	1	5	10	15	20	25

La tabla muestra los volúmenes de sedimento necesarios (en m3) para aumentar la anchura de la playa en 1 m hasta los 25 m. Como se mencionó en la sección 3.2.1 se estima un volumen de sedimentos disponibles de 520.000 m3 (Punta Nord), 112.000 m3 (Canal de Acceso) y 910.000 m3 (Punta Sur). Se puede concluir que estos volúmenes son suficientes para una regeneración de la playa de Spratt Bight.

Durante las actividades de dragado, un buque de dragado recogería el material en el lugar elegido y lo transportaría a la playa de Spratt Bight para aumentar su anchura. Este transporte de sedimentos puede hacerse de varias maneras:

- El material dragado puede almacenarse en las zonas libres del puerto, secarse, y luego transportarse a la playa en camiones y esparcirse con excavadoras. Esto es posible ya que sólo se necesita una pequeña cantidad de sedimento para regenerar la playa.
- El material dragado puede almacenarse en la tolva de una draga TSHD (trailing suction Hopper dredge), que navegaría hasta Spratt Bight y vertería el sedimento a través de tubos/tuberías en la playa. A continuación, las excavadoras tendrían que reubicar y esparcir el sedimento por la playa.
- Durante el dragado, el buque podría conectarse a un tubo/tubería larga (de unos cuantos kilómetros) y el sedimento se transportaría instantáneamente a la playa. Este método también requiere el uso de excavadoras para trasladar el sedimento y la tubería a tierra.

En el caso de Spratt Bight, se prefiere la primera opción, ya que es el método que libera la menor cantidad de sedimentos finos durante las actividades de nutrición. Se podría, por ejemplo, consultar a la autoridad portuaria para que los 60.000 m³ de arena se almacenen y transporten desde allí hasta la playa.

Después de la alimentación de arena es necesario garantizar que la arena recién colocada no se erosione y que se restablezca el antiguo perfil de equilibrio de la playa. El antiguo equilibrio se refiere a la situación actual con un proceso continuo de acumulación de sedimentos y erosión. Para evitar que se vuelva a la situación actual son necesarias otras medidas de conservación de la playa, como estructuras duras cerca de la costa (arrecifes artificiales, rompeolas) y vegetación marina para proteger el sedimento de la corriente y estabilizarlo en su ubicación. Una opción sería revisar la ubicación y el tamaño de los actuales espolones (espolón Pescadores, Jenos Pizza y Tiúna), para mejorarlos y optimizar su impacto en la costa. Sin embargo, es probable que en el futuro sea necesario realizar algún tipo de mantenimiento y regenerar la playa.



Figura 35 Ubicación de cada rompeolas en Spratt Bight

Si se opta por estructuras duras para evitar la pérdida de sedimentos a través del transporte marítimo, se aconsejaría considerar la colocación de estas estructuras en ambos extremos de la playa en Spratt Bight (como se muestra en la Figura 36). En el lado noroeste ya existe el espolón Pescadores, que debería ser reevaluado para asegurar un diseño óptimo. De acuerdo con los representantes de las organizaciones de pescadores presentes en los talleres del proyecto, el espolón de Pescadores requiera un cambio en el ángulo de disposición frente a la costa (paralelo a la dirección de la pista de aterrizaje del aeropuerto) y, además, requiere de un mantenimiento que no ha recibido desde su construcción. En el lado sureste no hay ninguna estructura dura que impida la salida de sedimentos. En el informe de FONADE y Universidad del Norte, IDEHA (2009), se hace un diseño de un posible rompeolas en el lado SE con más especificaciones.

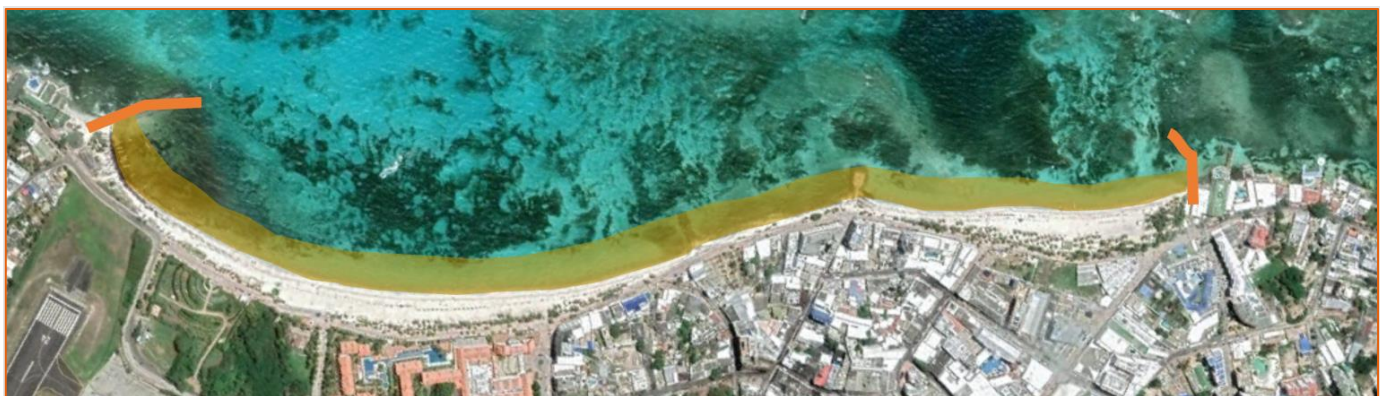


Figura 36 Impresión de la posible ubicación de los espigones para evitar la pérdida de sedimentos por el transporte a lo largo de la costa después de la alimentación

Impactos sociales y ambientales

El dragado y la alimentación de arena son perturbaciones del fondo marino que tienen efectos en la ecología de la zona. Estos efectos pueden ser directos (por ejemplo, matando a los animales que viven en el sedimento) o indirectos (por ejemplo, afectando a la calidad del hábitat por la liberación de lodo y otros sedimentos finos). Pueden ser locales y limitarse a la zona dragada o nutrida, o de largo alcance debido a la influencia en los procesos medioambientales. Es probable que las praderas marinas y los arrecifes de coral en torno a Spratt Bight sean sensibles a la liberación de sedimentos finos asociada al dragado y la alimentación. Cabe esperar que, en las aguas claras del Caribe, donde normalmente no se observan altas concentraciones de sedimentos en suspensión, esta sensibilidad sea alta.

Para analizar en más detalles los posibles impactos que las actividades de alimentación y dragado pueden tener en el ecosistema de Spratt Bight (y de San Andrés en su conjunto) se aconseja realizar una evaluación de impacto ambiental (EIA) exhaustiva. El tipo de dragado y alimentación son importantes para evaluar en dicha evaluación, ya que la suspensión de sedimentos puede cubrir los corales y las hierbas marinas amenazando su supervivencia.

Además, existen numerosas técnicas de alimentación y dragado respetuosas con el medio ambiente que podrían tenerse en cuenta a la hora de llevar a cabo estas actividades. Para un análisis más exhaustivo del impacto ambiental del dragado y la alimentación de arena, véase el Apéndice E.

Costos

El costo de la profundización del canal de acceso y de la nutrición de la playa de Spratt Bight es de 10 - 12 dólares por metro cúbico, lo que supone aproximadamente USD 720.000 dólares en total. Este precio incluye el transporte del barco desde Barranquilla o Cartagena hasta SAI. Los posibles costos de mantenimiento periódico tienen aproximadamente el mismo precio unitario que el dragado de capital: 12 USD/m³.

También se necesitarían una o dos excavadoras para recolocar los sedimentos depositados en la playa. El precio de esta maquinaria es de aproximadamente USD 15.000 - 20.000 dólares estadounidenses, incluyendo las horas de trabajo. Esto podría ser menos costoso si se recurriera a un contratista local para este trabajo. Los costos de monitoreo (perfiles de la playa, de los penachos e impacto en el ecosistema) son aproximadamente 25.000 USD/campaña. Estos costos se basan en la opinión de expertos y en conversaciones con Boskalis y son representativos de los costos de dragado del mercado internacional. Además de los costos mencionados, es importante tener en cuenta que serán necesarios espigones para mantener la alimentación de arena en el lugar, que también tienen costos.

Resumen

2. Regeneración de playa/uso benéfico del material de dragado			
Especificaciones	Pros	Cons	Costes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 60.000 m³ para nutrir 10 m de ancho de playa ➤ Más de 100.000 m³ disponibles en el canal de aproximación ➤ Los sedimentos del canal de aproximación parecen ser compatibles con la arena de Spratt Bight ➤ El uso beneficioso del material de dragado se ha aplicado antes en SAI (1964, 1988, 1993) 	<ul style="list-style-type: none"> + El dragado se hará de todos modos, por lo que se ahorran costes (hacer obra con obra) + Solución suave y flexible: sin impacto permanente en la costa + La ampliación de la playa proporcionará más espacio para las actividades comerciales (formales e informales) en la playa de Spratt Bight 	<ul style="list-style-type: none"> - La pluma de sedimentos podría perturbar el ecosistema - No es una solución independiente: debe aplicarse en combinación con otra solución debido a posibles problemas de estabilidad - Se cree que la extracción de arena provoca más erosión en los alrededores del canal de aproximación 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión inicial Costes de dragado y alimentación (incluidos los costes de transporte de los buques) 12 USD/m³ 720.000 USD por 10 m ancho Costes de equipamiento (2 bulldozers) 40.000 USD Se podrán hacer más costos si se combina el dragado con las estructuras costeras véase solución 3 • Mantenimiento periódico Costes de dragado y alimentación 12 USD/m³ • Costes de supervisión Realización de la ESIA (Evaluación de Impacto Ambiental y Social) antes del dragado y la alimentación 100.000 USD Monitoreo de los perfiles de la playa (revisión de la necesidad de mantenimiento), de los penachos de sedimentos y de su impacto en el ecosistema 25.000 USD/campaña

4.2.4 Solución 3: Estructuras de Protección Cerca de la Costa

Como se ha descrito en el apartado anterior, la opción de aplicar nutrientes de arena no es una solución que deba aplicarse por sí sola. Para que sea eficaz y requiera poco mantenimiento, deben aplicarse otras medidas. Lo más habitual es añadir espigones o rompeolas a lo largo de la costa para mantener el sedimento recién depositado en la playa.

Además, si por alguna razón el cierre de la brecha en el borde del arrecife (como se describe en la solución 1) no es posible o no es deseable (aunque los actores locales comunitarios e institucionales se mostraron a favor de la solución 1 por considerar que tenga menores impactos que la solución 3), también se puede considerar la aplicación de medidas estructurales más cerca de la playa. Este tipo de medidas también podrían ser eficaces para modificar la altura y la dirección de las olas a lo largo de la playa.

Especificaciones

Hay varios tipos de estructuras que pueden utilizarse para reducir la altura de las olas cerca de la costa:

- Espigones desprendidos, que pueden ser:
 - elementos sumergidos desprendidos (arrecifes): estos elementos reflejan parte de la energía de las olas y (si están bien diseñados) hacen que las olas más altas rompan. Las estructuras sumergidas pueden consistir en arrecifes naturales, arrecifes artificiales o estructuras rocosas como rompeolas;
 - los rompeolas emergidos, que son estructuras rocosas, se sitúan a cierta distancia, paralelos a la costa. Si se diseñan adecuadamente, este tipo de estructuras puede dar lugar a una reducción de la energía del oleaje a lo largo de la playa (con sólo limitadas no uniformidades). Deberían colocarse huecos entre cada estructura para permitir que parte de la energía de las olas siga llegando a la zona de la playa (y permitir el lavado). Los elementos emergidos pueden considerarse estéticamente poco atractivos y, por tanto, es poco probable que se prefieran a los elementos sumergidos en Spratt Bight.
- Los espigones, que son estructuras rocosas adosadas a la costa y colocadas perpendicularmente a ella. Ya existen algunas de estas estructuras en Spratt Bight: espolón Pescadores, Jenos Pizza y Tiúna. Deberían realizarse más estudios sobre estas estructuras para optimizar su eficacia como medidas de mitigación de la erosión costera. Los espolones son eficaces para los problemas de transporte de sedimentos a lo largo de la costa; sin embargo, hay que tener en cuenta que la modificación de las tasas de transporte de sedimentos a nivel local puede dar lugar a problemas de erosión aguas abajo (down drift) del espolón.

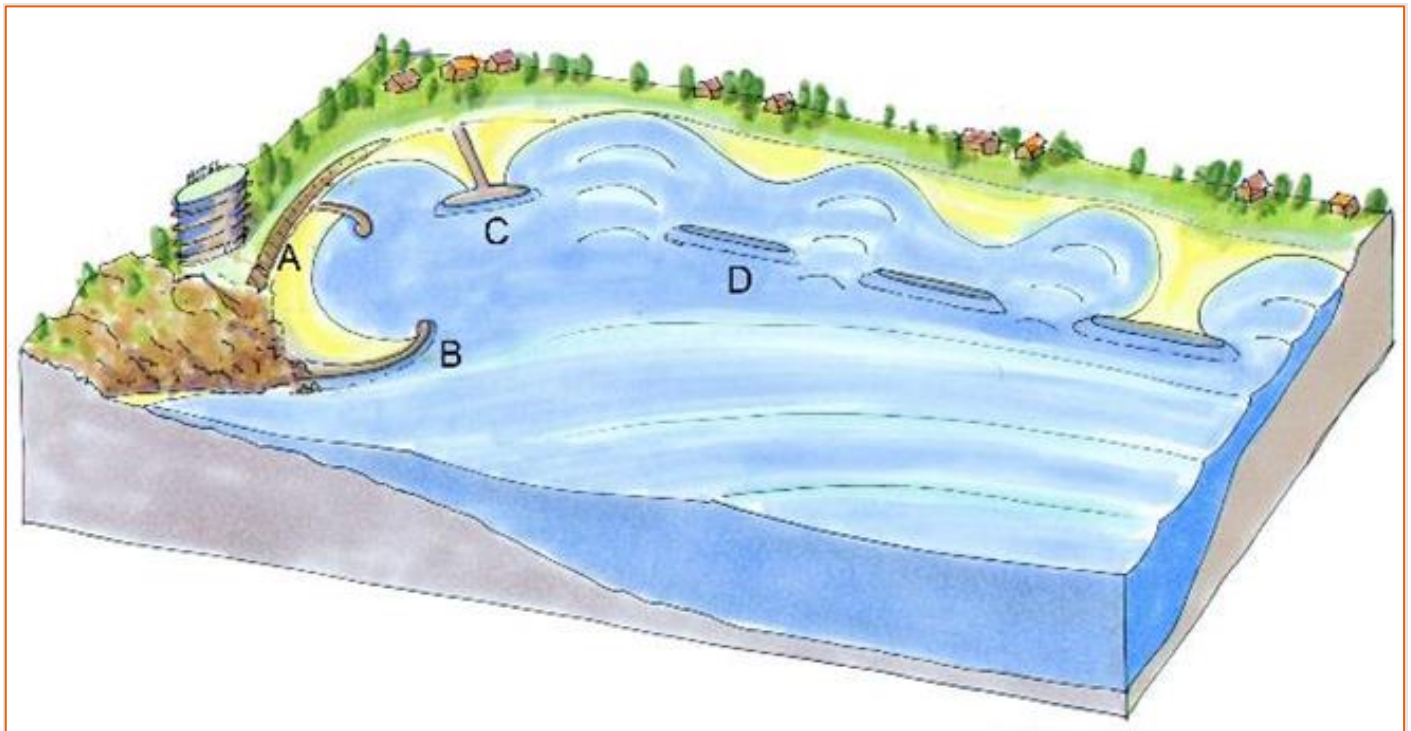


Figura 37 Diferentes opciones de diseños de rompeolas. Fuente: Minambiente-INVEMAR, CAR, DELTARES, 2012³

Los índices de erosión suelen aumentar una vez que las olas golpean las infraestructuras duras en la parte posterior de la playa, debido a la reflexión de las olas y a las turbulencias adicionales. La atenuación de las olas reducirá la frecuencia de estos eventos.

Si se considera la opción de los espigones separados, un esquema de estructuras será más eficaz a lo largo de la parte occidental de la playa, ya que a lo largo de esta parte el efecto de la energía del oleaje que entra a través de la gran brecha del arrecife es mayor (véase Figura 6). Es preferible que las estructuras se coloquen lo más lejos posible de la playa, a fin de obtener un clima de olas lo más suave posible en la punta de la playa (con gradientes mínimos de la costa). Sin embargo, cabe esperar que la creación de algunos gradientes adicionales en el transporte a lo largo de la costa mediante este tipo de solución sea inevitable, y si no se diseña adecuadamente pueden producirse algunas acumulaciones locales de arena (formación de salientes).

Las fluctuaciones de la playa a lo largo de la costa pueden reducirse mediante la construcción de estructuras de espolones o espigones a lo largo de la costa. Si se diseñan adecuadamente, estas estructuras podrían atrapar parte de la arena y disminuir el transporte de arena de un extremo a otro de la playa. Esto podría ser una buena medida cuando se combina con la alimentación de arena.

Sin embargo, estas estructuras no son eficaces para reducir las fluctuaciones transversales observadas en la costa y, por lo tanto, en este caso son potencialmente menos eficaces que las medidas basadas en la atenuación de las olas en el arrecife. Otras desventajas de los espolones son que, dentro de cada sector entre espolones, siguen produciéndose fluctuaciones de la línea de costa, por lo que se seguirá produciendo una erosión local (dentro de cada sección entre espolones) y las fluctuaciones pueden ser incluso más notables que en la situación actual. Por ello, la erosión puede seguir siendo peligrosa para las actividades recreativas en la playa de Spratt Bight.

Existen diferentes materiales y estructuras con los que se pueden fabricar estos espigones y una alternativa puede ser estructuras tipo geo-tubos rellenos de material dragado. Al igual que en la "Solución 1", se pueden colocar arrecifes de coral artificiales como estructuras sumergidas para proteger la costa. Además, también existen

³ Ilustración para esta propuesta fue tomada del Golfo de Morrosquillo, sólo para visualización.

estructuras de rompeolas de hormigón ecológico (EcoShape, 2009) que podrían aplicarse como alternativa a la estructura tradicional de espolones y rompeolas.

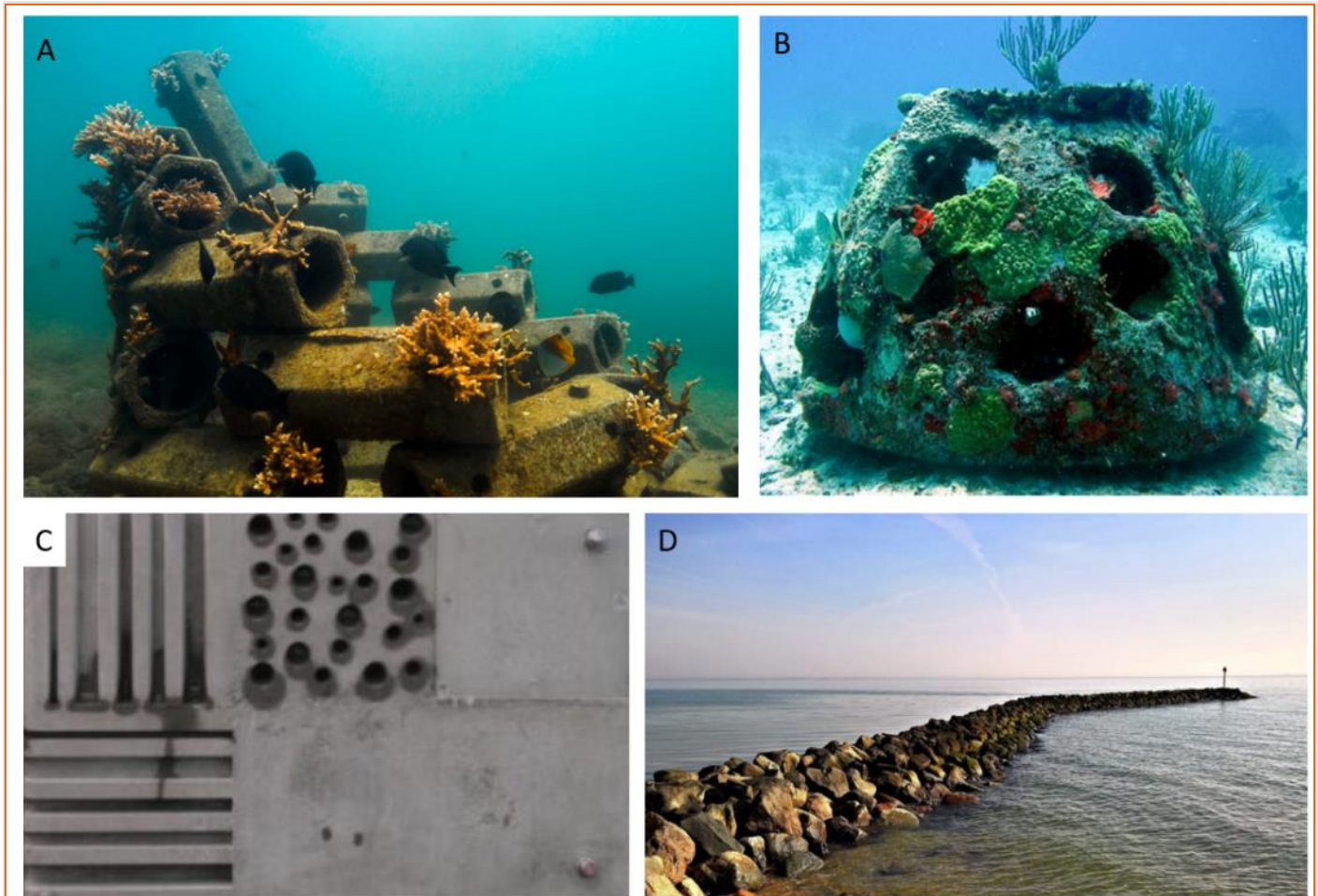


Figura 38 Diferentes tipos de material que pueden utilizarse para construir rompeolas. A: Estructura de arrecife colocada en Shimoni, Kenia (ReefSystems, 2021); B: Bolas de arrecife instaladas en Barbados (Barbados Marine Trust, 2010); C: Estructuras de escollera de hormigón ecológico (EcoShape, 2021); Ejemplo de estructura de escollera media (EcoSha 2021)

Impactos sociales y ambientales

Las medidas descritas anteriormente para la atenuación de las olas cerca de la playa tienen algunas desventajas en relación con la opción de atenuación de las olas en el borde del arrecife (véase la solución 1). Un posible inconveniente de las medidas cercanas a la playa es que pueden afectar negativamente la seguridad de los bañistas debido a las peligrosas corrientes inducidas por las estructuras, o las personas pueden lesionarse al entrar en contacto con las estructuras. Por este motivo, las estructuras deberían situarse a cierta distancia de la playa.

Además, la superficie del arrecife, muy irregular (y localmente profunda), también complicará el diseño y la construcción de las estructuras del rompeolas. Como ya se ha comentado, otro posible inconveniente es que las estructuras cercanas a la playa pueden provocar gradientes adicionales a lo largo de la costa. La medida aplicada no debería crear no uniformidades (adicionales) a lo largo de la costa, sino que preferiblemente debería reducir los gradientes. Además, no existen canteras de roca en SAI para poder pensar en dichas estructuras de rompeolas en enrocado.

Los espolones pueden (como se ha descrito anteriormente) causar problemas de erosión en el lado de sotavento de la estructura. En esta situación, la arena se acumula en un lado del espigón, mientras que la arena sigue erosionando en el otro lado (véase Figura 39).

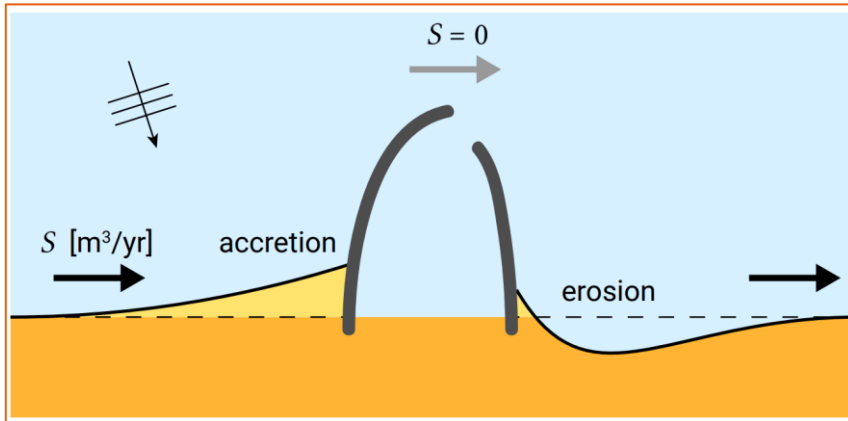


Figura 39 Erosión estructural típica: acreción en el lado barlovento y erosión en el lado de sotavento de la estructura (Bosboom, J., & Stive, M., 2021).

Por último, San Andrés es una isla en la que se encuentran muchas zonas ecológicamente sensibles, por lo que es importante diseñar cuidadosamente las ubicaciones de los espigones desde el punto de vista ecológico, para evitar daños a las plantas marinas, los corales y otros cuerpos biológicos.

Costos

Como ya se ha mencionado en la "Solución 1", mientras que las soluciones de "Construir con la naturaleza" suelen tener unos costos de explotación (OPEX) elevados y unos costos de inversión (CAPEX) más bajos, las estructuras grises (duras) suelen ser lo contrario. Esto significa que dependiendo del tipo de estructura elegida para esta solución se aplicará un precio diferente.

Las estructuras coralinas/de naturaleza tendrán un precio similar al descrito en la solución 1. Este tipo de solución también llevará aparejados unos Costos de mantenimiento y vigilancia que probablemente rondarán los 25.000 USD/campaña de vigilancia.

Las estructuras grises, por su parte, pueden alcanzar los 165 USD/m³ (fuente: FONADE/Universidad del Norte), aunque el mantenimiento (OPEX) sería muy bajo o incluso insignificante en comparación con el CAPEX.

Resumen

3. Estructuras de Protección Cerca de la Costa

Especificaciones	Pros	Cons	Costes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para la protección de la costa se pueden utilizar espigones o escolleras, que pueden ser estructuras sumergidas o emergidas ➤ Se puede utilizar material artificial o natural para construir la estructura ➤ Funcionaría mejor si se combinara con una solución de alimentación de arena 	<ul style="list-style-type: none"> + Eficaz en la atenuación de la altura de las olas + Es eficaz contra las fluctuaciones del transporte de sedimentos a lo largo de la costa + El rompeolas separado también es eficaz contra las fluctuaciones del transporte a lo largo de la costa + Buena opción en caso de que el cierre de la brecha de coral no sea deseado 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede provocar situaciones inseguras debido a los patrones de flujo secundarios inducidos por la estructura costera - Puede causar efectos indeseados de erosión si no está bien diseñado - Colocación restringida debido a las zonas protegidas por el medio ambiente - No es una buena opción por sí sola, debe complementarse con la alimentación de arena 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión inicial (en caso de estructura gris) 165 USD/m³ • Costes de mantenimiento periódico Bajo

4.2.5 Solución 4: Conservación y la restauración de la vegetación marina

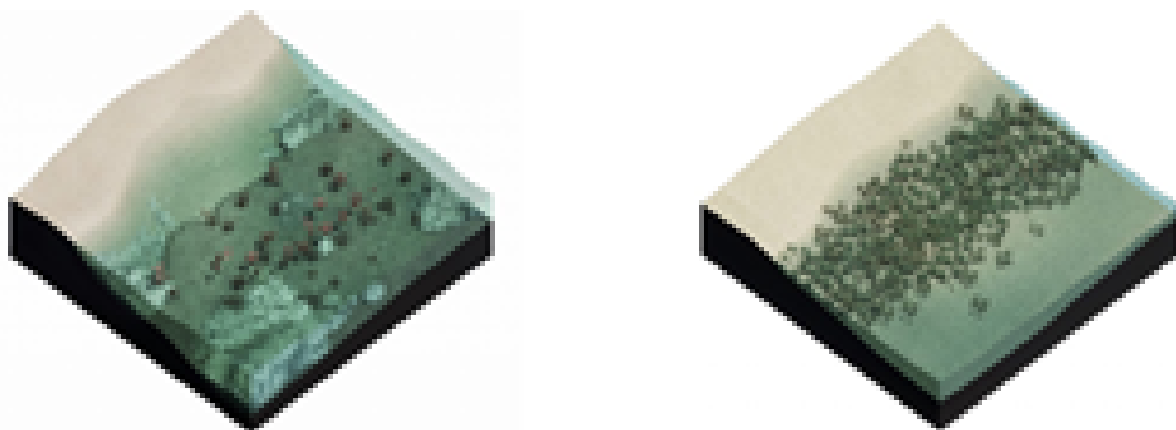


Figura 40 Ilustración de la conservación y restauración de la vegetación marina (EcoShape, 2019)

La conservación y restauración de las praderas marinas se propone como primera solución, ya que la salud y el buen estado de estos ecosistemas beneficia a otros ecosistemas adyacentes y a sus especies asociadas. Las personas dependen directamente del mar para su subsistencia, y tiene beneficios tangibles y de gran alcance para muchas partes de la sociedad.

Como punto de partida y según el Plan Maestro de Erosión Costera para Colombia (PMEC, 2017), la tala de manglares y otra vegetación, la pesca extrema y el turismo alrededor de los arrecifes de coral está afectando a los ecosistemas de la zona costera y sus alrededores. Esto afecta indirectamente a la capacidad del sistema para capturar y retener sedimentos o para reducir la energía de las olas antes de llegar a la playa (Guzmán et al., 2009). El turismo es la actividad económica más importante en el SAI; por lo tanto, las medidas que se han tomado para promover el turismo en estos paisajes no están necesariamente en línea con los objetivos de conservación, ya que se ha promovido como un destino de sol, mar y playa. Tal y como se debatió durante los talleres con las partes interesadas locales, en algunos lugares turísticos, como Spratt Bight, se han eliminado las plantas marinas (fanerógamas marinas o pastos marinos), la vegetación de las dunas o dunas costeras y la vegetación de la parte superior de las playas. En algunos casos, la vegetación ha sido percibida como "molesta" por algunos turistas, sin que se aprecie realmente el valor ecológico de los recursos extraídos.

La evaluación realizada en los capítulos anteriores ha indicado que las franjas de arrecifes que rodean la playa de Spratt Bight dan lugar a aguas costeras más tranquilas. Mantener un ecosistema sano de corales y pastos marinos que pueda expandirse y crecer es fundamental para evitar que se agraven los problemas de erosión costera. A pesar de los beneficios ampliamente reconocidos de las praderas marinas, hay una disminución constante de su cobertura saludable. Es necesario tomar medidas para evitar una mayor degradación o, en el peor de los casos, un colapso total del sistema.

Especificaciones

Los esfuerzos iniciales de conservación y restauración deberían centrarse en identificar las presiones que afectan a la salud de las praderas marinas. Los factores de estrés antropogénicos deben ser eliminados o disminuidos para que los ecosistemas de arrecifes de coral y praderas marinas puedan recuperarse y ser más resistentes y hacer frente a los desastres/amenazas naturales a gran escala, como los eventos de "el Niño" y el aumento de la temperatura de los océanos. Es necesario identificar, restringir y vigilar las fuentes que alteran las condiciones ambientales de nutrientes y la turbidez. Garantizar que las condiciones abióticas para el crecimiento de los corales y las plantas marinas sean óptimas es el primer paso para la restauración y la conservación.

Una restauración y recuperación de las praderas marinas garantizan beneficios ecológicos, entre otros, al actuar como criadero, refugio y lugar de alimentación para muchas especies de peces juveniles, invertebrados y una gran variedad de especies como las tortugas marinas. Además, como se describe en el apartado 2.2, la restauración y recuperación de las algas marinas desempeña un importante papel en la reducción de la altura de las olas, la producción de oxígeno y la limpieza del agua del mar, ya que absorbe los nutrientes contaminantes que viajan de la tierra al mar. Las acciones de restauración o recuperación pueden llevarse a cabo con especies presentes como A) la hierba de tortuga (*Thalassia testudinum*) y B) la hierba de manatí (*Syringodium filiforme*), mediante siembra directa a través de propágulos o semillas (económica) o trasplantando plántulas enteras (más costosa y con implicaciones ecológicas).

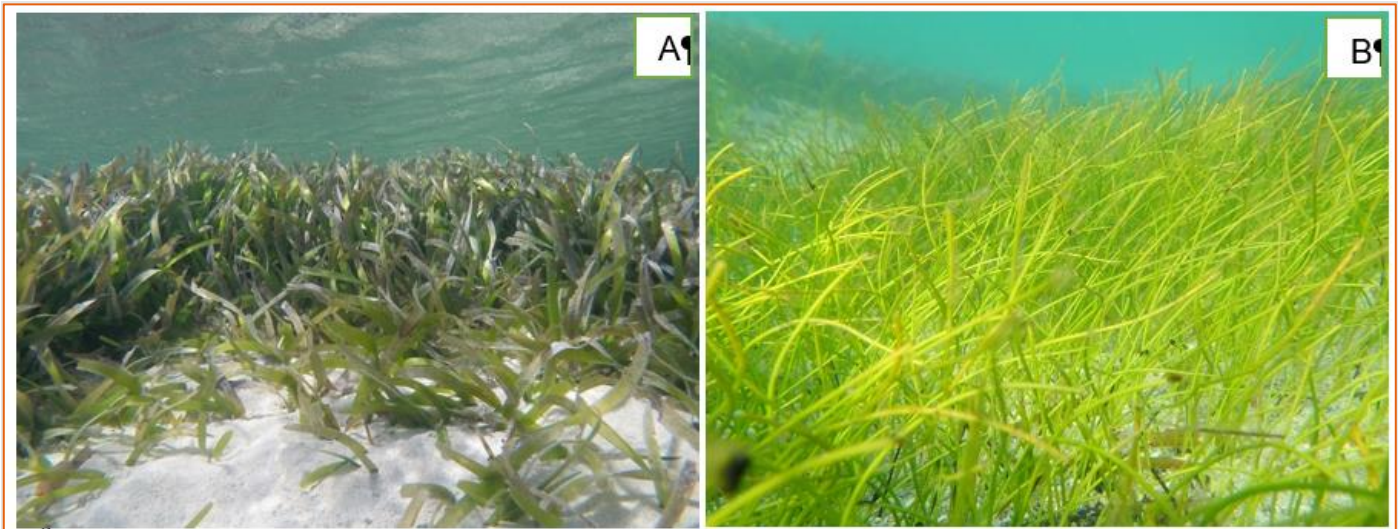


Figura 41 Diferentes especies de pastos marinos que se pueden encontrar en San Andrés. A) pasto tortuga (*Thalassia testudinum*) y B) pasto manatí (*Syringodium filiforme*)

La productividad de las praderas marinas puede verse limitada por la disponibilidad de luz y es un requisito clave para la expansión de las praderas. Por ello, las condiciones de turbiedad son perjudiciales para su supervivencia, ya que dificultan la penetración de la luz en la columna de agua (Duarte, 1991; Ralph et al., 2007). El crecimiento de las praderas marinas también puede verse limitado por los nutrientes. En aguas tropicales no deltaicas (como es el caso de San Andrés), la insuficiencia de nutrientes en el agua de los poros puede limitar el crecimiento. Sin embargo, las condiciones eutróficas tampoco son ideales, ya que las especies de algas de crecimiento rápido son capaces de competir con los pastos marinos por la luz. Por último, las condiciones de temperatura no deben ser demasiado cálidas para que las plantas marinas crezcan. El calentamiento de las aguas poco profundas o el calentamiento durante la marea baja pueden afectar de forma significativa a las poblaciones de plantas marinas.

El crecimiento clonal es el principal factor de expansión lateral de las praderas marinas. La expansión por germinación es mucho más lenta, dado que los requisitos ambientales para la germinación exitosa de las semillas son mucho más estrictos. Los esfuerzos de restauración del hábitat deberían centrarse en la creación de condiciones ambientales adecuadas para ambos tipos de expansión, ya que la primera aumenta la tasa de restauración y la segunda contribuye a una reserva genética más diversa. Si se cumplen los requisitos ambientales en el lugar de la restauración, el trasplante manual a gran escala de praderas marinas suele tener éxito (Bastyan y Cambridge, 2008; Matheson et al., 2017). Esto implica tomar brotes de plantas marinas de poblaciones donantes y trasplantarlos en zonas donde el crecimiento de las plantas marinas es adecuado. La restauración basada en semillas también tiene éxito, pero es menos común porque requiere más trabajo. Las semillas pueden mezclarse con sedimentos locales e inyectarse en el sustrato (Govers, 2018). La principal ventaja de utilizar semillas, es que la pradera donante se daña menos.

Impactos sociales y ambientales

Como se ha descrito anteriormente, la recuperación y restauración de los arrecifes de coral y de las praderas marinas puede ayudar a reducir la atenuación de las olas mediante el aumento de la fricción, la estabilización del lecho marino y la prevención de la erosión costera. Es necesario llevar a cabo una evaluación exhaustiva del impacto ambiental y social para identificar los lugares que antes estaban poblados por praderas marinas, ya que estos lugares podrían utilizarse para la recuperación y la restauración. La evaluación también permitiría identificar con mayor profundidad los posibles cuellos de botella y los puntos fuertes de la solución. Además, las fuentes de degradación (escorrentía de efluentes, arrastre de redes en el fondo marino, turismo excesivo, etc.) podrán identificarse y gestionarse mejor. Los pescadores indicaron durante los talleres que utilizan varios canales del arrecife de coral como vía de acceso a la playa de Spratt Bight, por lo que las iniciativas de recuperación y restauración deben ajustarse al uso de los pescadores para garantizar que no se dañe la hierba marina recién plantada o restaurada.

La gestión de la calidad del agua y de la pesca son ejemplos de medidas no estructurales que pueden adoptarse para evitar la erosión costera. Sin embargo, la restauración de las praderas marinas por estos medios conlleva sus propias complicaciones. Identificar las fuentes de eutrofización y abordarlas requiere un proceso largo y minucioso por parte de los interesados. Si el deterioro es realmente un problema, los organismos gubernamentales locales y otras partes interesadas (como los propietarios de hoteles frente a la playa) deben participar en la identificación de posibles soluciones. Es necesario gestionar los recursos hídricos para evitar que el agua no tratada llegue a la costa. Se necesitan proyecciones sobre el crecimiento anual del turismo y la población para saber cómo puede cambiar el uso del agua. Además, es necesario un compromiso en profundidad de las partes interesadas para identificar las posibilidades de medidas. Tanto los pescadores como el sector turístico dependen de los ecosistemas intactos (por ejemplo, la pesca, el buceo, la observación, etc.) y deben participar en el desarrollo de soluciones. La formulación y aplicación de planes de gestión participativa de la vegetación marina, tal y como recomendaron las partes interesadas durante los talleres del proyecto, puede proporcionar una herramienta interesante a la autoridad ambiental (Coralina) para abordar las fuentes de daño para los ecosistemas naturales, así como las actividades técnicas y de participación de las partes interesadas necesarias para su restauración.

Un ecosistema mejorado podría representar ventajas para el sector pesquero artesanal debido a la multiplicación de los hábitats de reproducción y cría de especies con objetivos comerciales, lo que, junto con las regulaciones, las políticas pesqueras y las estrategias para la regulación de las artes de pesca y los tamaños pueden aumentar las poblaciones y, por tanto, dinamizar los medios de vida locales. Además, los beneficiarios de la restauración de las praderas marinas pueden incluir a la comunidad local a través de la mejora de la calidad del agua o la reducción de la erosión del litoral.

Costos

Es necesario realizar un estudio más detallado a nivel de factibilidad para calcular el presupuesto financiero exacto necesario para recuperar y restaurar las praderas marinas. Por lo general, la restauración de las praderas marinas y los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas marinos más caros de restaurar, mientras que los manglares suelen ser más baratos y a gran escala. Se pueden dar algunas indicaciones de precios iniciales basadas en investigaciones anteriores, en las que se estima que los costos de restauración de los arrecifes de coral oscilan entre \$1.717 USD y \$2.879.773 USD por hectárea (Foo & Asner, 2019). También en el caso de los pastos marinos se conocen costos similares, entre \$9.000 USD y más de \$1 millón por hectárea.⁴ La tasa de éxito de la restauración depende en gran medida de la selección del lugar y de la elección de las plantas adecuadas. Los expertos aconsejan supervisar los arrecifes de coral y la restauración de las plantas marinas para aumentar la tasa de éxito. Hay diferentes opciones de seguimiento, que afectan a los costos; las opciones más baratas son el seguimiento basado en la comunidad o la teledetección, mientras que el trabajo de campo con expertos es más caro.

Resumen

A continuación, se presenta un resumen de las especificaciones, los pros, los contras y los costos divididos para la recuperación y restauración de la vegetación marina.

⁴ Fuente: <https://blog.nature.org/science/2014/03/11/investing-in-seagrass>

4. Conservación y la restauración de la vegetación marina

Especificaciones	Pros	Cons	Costes
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recuperación natural (presencia o historial de praderas marinas) ➤ Plantación de rizomas (siembra de rizomas cuando hay que restaurar zonas pequeñas) ➤ Siembra de praderas marinas (siembra para la restauración a gran escala) ➤ Combinación de las aplicaciones mencionadas arriba 	<ul style="list-style-type: none"> + De protección: atenuación del oleaje, reducción de la corriente, estabilización del fondo marino, prevención de la erosión costera + Económicos: criaderos de peces y cangrejos, refugio y alimento para especies marinas + Ambiental: secuestro de carbono, hábitat de biodiversidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilidad turística: posibles molestias para los bañistas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión inicial Los costos tienen un rango muy amplio Costos medios de 10.50 USD/m² • Costes de monitoreo y mantenimiento Monitoreo de la calidad del agua y del crecimiento de la vegetación 25.000 USD Estos costes son muy dependientes del tipo de mano de obra que se desea utilizar.

* Los costos se basan en informes de Yi Tan Mei et al. (2016) y el conocimiento de expertos del sector.

4.2.6 Solución 5: Árboles y vegetación costera protectora

San Andrés es un punto turístico, lo que ha llevado a la construcción de muchos hoteles y casas cerca de la costa, reduciendo la vegetación natural que ayuda a reducir la erosión por medio eólico. Además, como afirmaron los interesados locales durante los talleres del proyecto, los patrones de viento relacionados con los movimientos de la arena pueden haber sido modificados por la construcción de edificios muy altos densamente construidos cerca de Spratt Bight. La estrecha línea de costa también es susceptible de sufrir erosión costera inducida por el viento. Como puede verse en la figura siguiente, durante los eventos de alta velocidad del viento (condiciones de tormenta), la arena puede desplazarse desde la playa hasta el paseo marino ('la Peatonal'), causando no sólo problemas de erosión, sino también obstruyendo las alcantarillas en las calles.

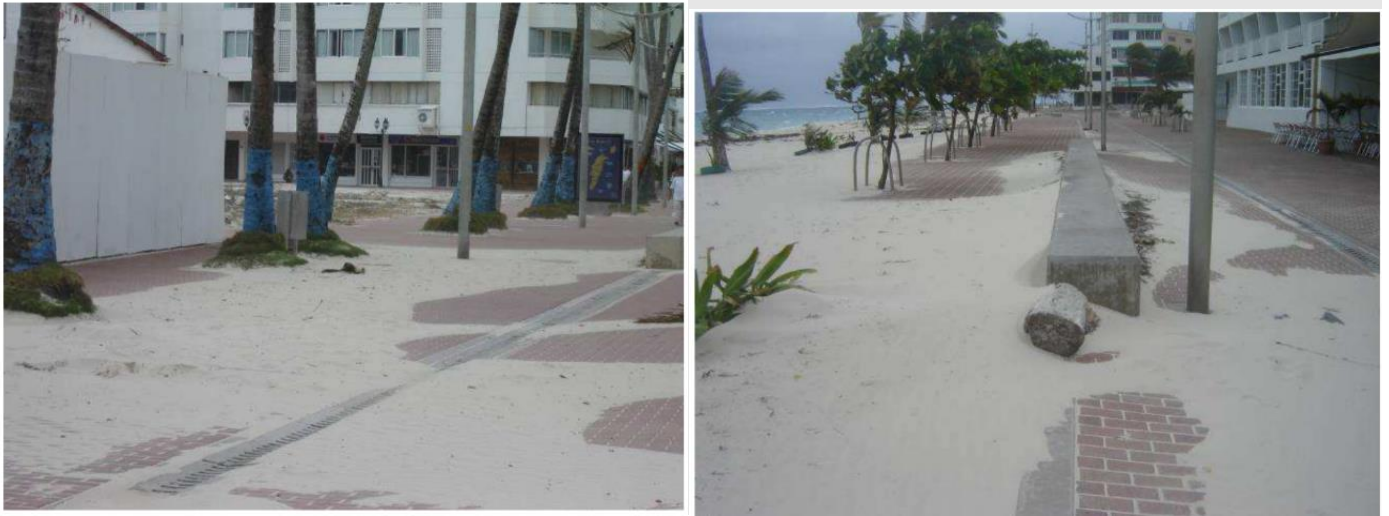


Figura 42 Perdida sedimentaria favorecida por las salidas hacia la zona urbana por medio eólico

Por esta razón, se propone plantar y reforzar la vegetación costera terrestre a lo largo del paseo marino de Spratt Bight. Esta vegetación es capaz de reducir la velocidad de los vientos sotavento y de estabilizar la arena de la playa impidiendo que sean arrastrados (por ejemplo, los árboles pueden reducir la velocidad del viento a favor del viento (sotavento) en un área de hasta 40 veces la altura de los árboles).



Figura 43 Vegetación de playa que favorece la retención de sedimento

Especificaciones

La restauración de la vegetación costera debe promoverse, cuando sea factible, con especies de flora herbácea, arbustos y árboles implantados directamente en la zona superior de la playa. Es importante tener en cuenta la flora local para esta medida, como se muestra en la Figura 43, arbustos y árboles implantados directamente en la zona superior de la playa. Es importante tener en cuenta la flora local para esta medida, como se muestra en la Figura 44.

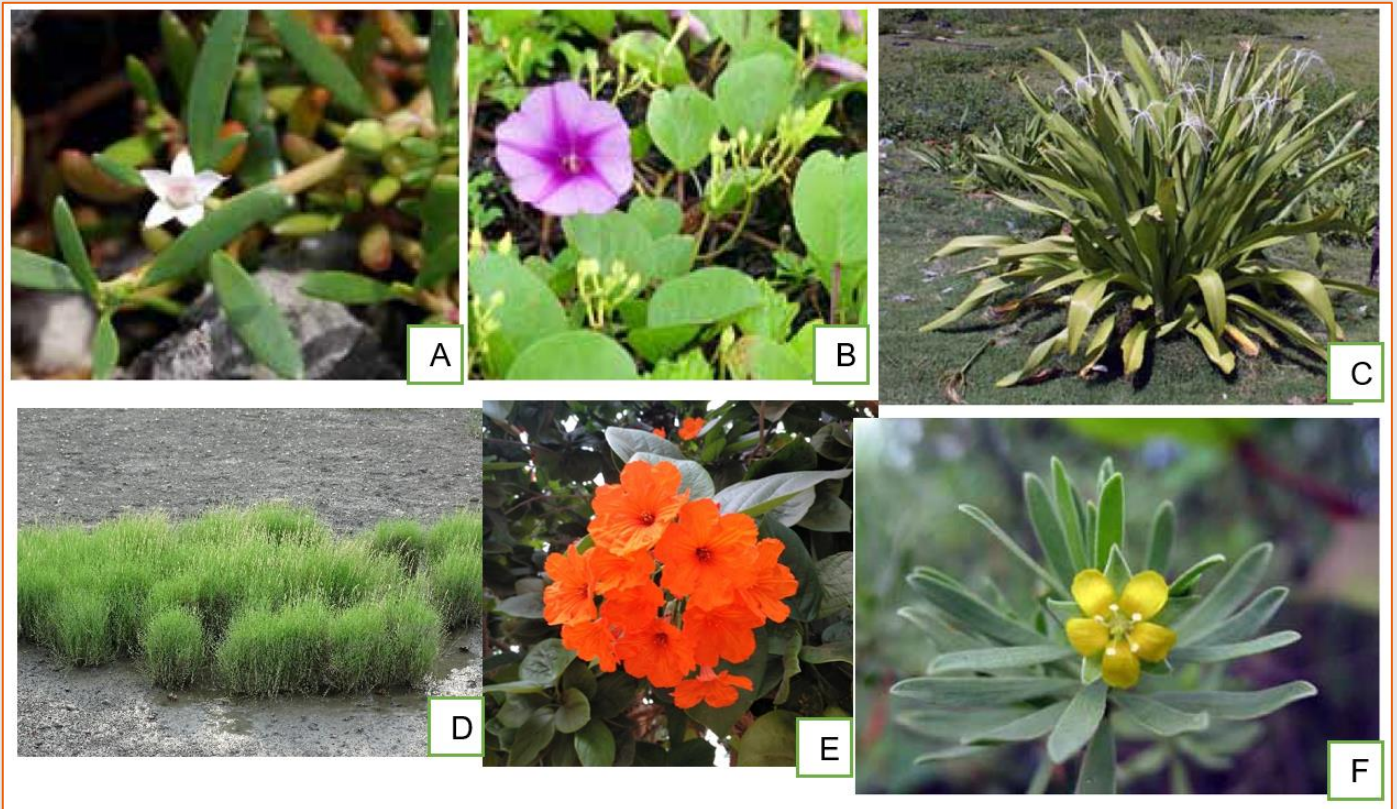


Figura 44 Posibles especies que podrían aplicarse en Spratt Bight. A) verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), B) enredadera de playa (*Ipomoea pescaprae*), C) lirio de playa (*Hymenocallis caribaea*), D) hierba costera (*Sporobolus virginicus*), E) sebestén o no me olvides (*Cordia sebestena*), F) tabaquillo (*Suriana marítima*)

También es importante valorar la construcción de pasarelas de acceso a la playa sobre la vegetación herbácea o rastrera para evitar su destrucción y así apoyar la conservación del sistema de dunas y la consiguiente erosión costera. Esto, junto con las barreras vegetales existentes y enriquecerlas con vegetación autóctona o ajardinarlas con diversas especies que actúen como cortavientos. Los beneficios de la plantación de diversas especies que actúan como cortavientos se pueden ver en la Figura 45 a continuación.

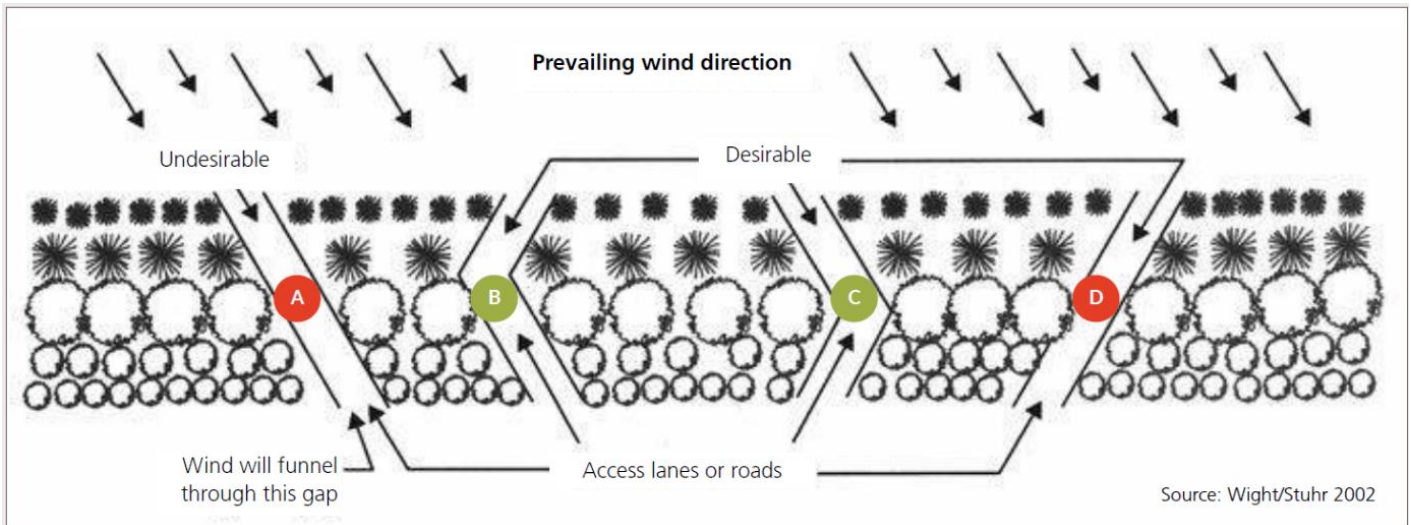


Figura 45 Proyectos de plantación de vegetación costera para la mitigación de las catástrofes causadas por los tsunamis: evaluación de la eficacia de los nuevos establecimientos. Fuente: Tanaka et. al

Los árboles cortavientos que se sugieren por las características y el uso intensivo de la playa de Spratt Bight son A) cocoteros (*Cocos nucifera*), B) almendro malabar (*Terminalia cattapa*) que es un árbol ornamental de entre 6 y 12 metros con frutos comestibles y una copa que parece una sombrilla gigante, C) mamoncillo (*Melicococcus bijugatus*), D) Ciruela de mermelada (*Spondia purpurea*), entre otros. Véase Figura 46.

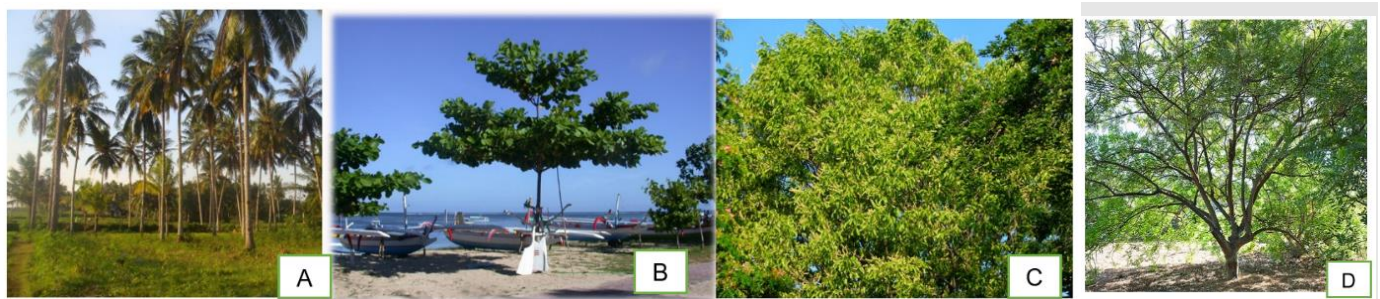


Figura 46 Posibles especies de árboles que podrían aplicarse en Spratt Bight. A) cocoteros (*Cocos nucifera*), B) almendro malabar (*Terminalia cattapa*), C) mamoncillo (*Melicococcus bijugatus*), D) Ciruela de mermelada (*Spondia purpurea*)

La distribución, la tipología, la composición y la posición relativa de los árboles y la vegetación pueden suponer una gran diferencia en la exposición al peligro en términos de carga de viento. Se deben analizar varios métodos para la reproducción y posterior restauración de la vegetación costera en función de las posibilidades y facilidades. Entre ellos está la recolección y siembra directa de propágulos, semillas o plántulas o la elaboración de viveros "ex situ" donde se procuren las condiciones naturales para reproducir las plantas. El Jardín Botánico de San Andrés mantiene un banco de germoplasma de algunas de estas especies para su recuperación con el fin de ayudar a su conservación.

La restauración de los manglares es un buen ejemplo de barreras verdes en los ecosistemas costeros por sus múltiples beneficios ecológicos (lugar de cría de muchas especies de peces, crustáceos y moluscos, refugio de fauna como aves y pequeños mamíferos, defensa contra tormentas y huracanes, entre otros). Como se ha mencionado en la sección 2.4.3 del informe, en el caso de la playa de Spratt Bight, hace muchos años había una cubierta forestal de manglares que fue sustituida por el desarrollo turístico de la isla. La posibilidad de restaurar este tipo de ecosistema es muy limitada debido a las características del terreno directamente en la parte norte de la isla. Según los miembros de la comunidad presentes en los talleres del proyecto, la zona en la que se encuentra actualmente el aeropuerto solía ser de manglares y humedales asociados.

Queda un pequeño parche de humedal (véase Figura 47), detrás del restaurante El Isleño, y existen mandatos legales para restaurar los ecosistemas de humedales originales de la isla, que han sido promovidos por las organizaciones locales de "raizales" (pescadores), según se informó durante los talleres del proyecto. Sin embargo, la restauración en ese lugar será difícil debido a la presencia de infraestructuras urbanas, incluido el aeropuerto.

Sin embargo, como propuesta de pequeñas acciones de carácter educativo y de recuperación de áreas verdes, específicamente para la zona de Spratt Bight y alrededores, se podría fomentar la exploración de posibles sitios para la restauración de muestras representativas o núcleos de manglares como parte de cinturones verdes, acompañados en lo posible de acciones de reforestación y restauración de la dinámica hídrica del sitio o sitios seleccionados para aumentar y garantizar la efectividad de las iniciativas.



Figura 47 Ubicación del pequeño humedal restante en Spratt Bight

Impactos sociales y ambientales

La información anterior indica que la recuperación y restauración de la vegetación costera puede tener una función protectora durante las tempestades, romper los vientos, atrapar la arena, reducir la erosión y proteger los medios de subsistencia. Tanto el medio ambiente como las comunidades se benefician de una solución de este tipo, ya que estos ecosistemas proporcionan un hábitat para la vida silvestre y la vegetación, que a su vez apoyan los medios de vida que dependen de estos servicios del ecosistema. Sin embargo, la estrecha línea de costa disponible en la actualidad tiene posibilidades limitadas de expandir este tipo de vegetación, y para algunos turistas, la vegetación podría ser percibida como una molestia. Por lo tanto, es necesario realizar una evaluación exhaustiva del impacto ambiental y social para comprender el desarrollo a lo largo de la playa e identificar, en un esfuerzo conjunto con los líderes de la comunidad, las organizaciones pesqueras locales, las autoridades ambientales y las organizaciones turísticas, las ubicaciones, medidas y tamaños factibles para la colocación de la vegetación.

Costos

Es necesario un estudio más profundo para predecir y calcular el presupuesto exacto necesario para aumentar la vegetación en tierra. El precio o los costos son muy variable dependiendo de varios factores como la adecuación física de los espacios, ubicación, movimientos de tierra, preparación del terreno (desinfección), tipos de plantas a incluir (importante considerar especies, la edad, densidad de siembra y madurez de las plantas para asegurar su éxito de sobrevivencia), sistema de escorrentía o drenajes, si se instalarán sistemas de riego, iluminación, etc., el precio del diseño y de la mano de obra para el motivo, entre otros. Actualmente, Colombia tiene previsto reforestar y plantar 180 millones de árboles para finales de 2022. Los costos mencionados para este esfuerzo suponen que un árbol costará aproximadamente promedio COP 5.000 o US\$ 1,25.⁵ Sin embargo, es importante mencionar que esta estimación de costos no incluye todavía los costos adicionales debidos al riego, los fertilizantes necesarios y es variable dependiendo de los factores introducidos anteriormente. No obstante, los costos de la plantación de árboles / cortavientos son menores en comparación con otras medidas, a la vez que son eficaces.

Resumen

5. Árboles y vegetación costera protectora			
Especificaciones	Pros	Cons	Costes
<p>Cinturones de protección</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ampliación de las hileras de árboles costeros existentes ➤ Plantación de bioingeniería de cinturones de protección <p>Manglares</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Protección de las ubicaciones de manglar existentes ➤ Ampliación de la cobertura por manglar por restauración / plantación 	<p>Cinturones de protección</p> <ul style="list-style-type: none"> + Protector: reducción de la velocidad del viento para reducir la carga de las tormentas en los edificios de las comunidades adyacentes, así como la erosión hacia la tierra + Económico: puede utilizarse para incorporar árboles frutales + Medioambiental: secuestro de carbono, hábitat de biodiversidad <p>Manglares</p> <ul style="list-style-type: none"> + Protector: atenuación de las olas y las mareas de tempestad, absorbe los vientos, reduce la erosión, amortigua las estructuras hacia tierra + Económico: protección de las zonas de playa – turismo + Medioambiental: hábitat de la fauna, diversidad de la vegetación, protección de las zonas naturales de la costa 	<ul style="list-style-type: none"> - Desconocimiento de los servicios ecológicos de la vegetación costera y por ello se elimina. - Sensibilidad turística (manglares). - No se ha dejado espacio suficiente para la restauración (manglares) y/o plantación de cinturones de protección - Se ha modificado el uso del suelo (por ejemplo, de un bosque de manglares a un vertedero para infraestructuras turísticas. - Selección de especies no autóctonas 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión inicial <p>Si sólo implica replantar un poco</p> <p>Entre 1 y 2 USD por árbol</p> <p>Los costes pueden ser altos si incluye equipos de movimiento de tierras y reposición de arena</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y monitoreo periódico <p>Monitoreo del crecimiento de la vegetación</p> <p>25.000 USD</p> <p>Estos costes son muy dependientes del tipo de mano de obra que se desea utilizar.</p>

⁵ Fuente: [Colombia quiere sembrar 180 millones de árboles: ¿es una meta realista? | Sembratón \(mongabay.com\)](https://mongabay.com)

4.3 Financiación

El resumen por solución ofrece una primera visión de la estimación de Costos de las soluciones propuestas. Aunque estas estimaciones deben ser afinadas en un estudio de factibilidad detallado, proporcionan una indicación y un rango de los costos; ayudando así a los responsables de la toma de decisiones en su priorización e identificación de la financiación. Como se ha indicado anteriormente, no existe una estructura específica para la financiación de las actividades relacionadas con la erosión costera. Los proyectos de protección del litoral se financian por fondos públicos y privados. En términos de gobernanza, la financiación de la protección de la erosión costera está fragmentada. Las fuentes actuales de financiación de las medidas de protección de la erosión costera son:

- A nivel nación:
 - Regalías
 - UNGRD
 - ENTERRITORIO (que antes era FONADE)
 - BID (per medio del DNP)
- A nivel regional:
 - Gobernaciones
 - Gobierno municipal
 - Regalías
- Financiación privada (por ej. hoteles)
- Financiación de estudios por recursos del Presupuesto General de la Nación, cooperación internacional, Colciencias y recursos propios:
 - Servicio Geológico
 - INVEMAR
 - CIOH
 - Universidades

A continuación se presentan un análisis más detallado respecto al Sistema General de Regalías (SGR), debido a su carácter.

Sistema General de Regalías (SGR)

El Plan Maestro de Erosión Costera (PMEC) incluyó dentro de su análisis de posibles fuentes de financiación de obras y actividades relacionadas con medidas de protección contra la erosión costera, los recursos del Sistema General de Regalías (SGR) que son aportados por las compañías petroleras y mineras al Estado Colombiano, por explotar yacimientos de un recurso natural no renovable. Si bien el documento comenta que los recursos disponibles por regalías son significativos, recomienda la creación de un fondo especial para atender esta problemática.

Aunque esto aún no ha ocurrido, es importante tener en cuenta que sí se han presentado cambios sustanciales en el SGR que pueden tener un impacto positivo sobre la inversión en medidas de Construir con la Naturaleza asociadas a la erosión costera. A través del decreto No. 1821 del 31 de diciembre de 2020 se realizaron cambios sustanciales al SGR. Se destacan entre los cambios, la destinación del 1 % del total del SGR para la protección de zonas ambientales y para combatir la deforestación, la destinación de recursos a grupos étnicos, la eliminación de los Órganos Colegiados de Administración y Decisión (OCAD), dejando únicamente dos de los más de 1100 que existían, y el aumento de recursos al fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Desde la óptica de las inversiones para la erosión costera, los cambios generados en el SGR por el decreto 1821/2020 son potencialmente positivas, ya que, según el portal Economía Colombiana (2021) los cambios no solo simplifican los trámites previos para la solicitud e inversión de los recursos, sino que también dan mayor autonomía a los departamentos para realizar las inversiones. Teniendo en cuenta el interés que hay desde la Gobernación de SAI para apoyar proyectos de erosión costera, el nuevo marco legal permite que esto se pueda realizar de manera más rápida y eficiente.

Adicionalmente, el nuevo decreto da gran valor a las inversiones del sector ambiental y, en general, a las inversiones que aportan a la sostenibilidad del territorio, lo cual puede ser un factor importante en la financiación de medidas de Construir con la Naturaleza asociadas a la erosión costera. Por ejemplo, tal como se mencionó, con la nueva norma el SGR destina el 1% de su presupuesto a la protección de zonas ambientalmente estratégicas. También se aumentó la inversión en ciencia, tecnología e innovación, dentro del cual tienen incidencia asuntos relacionados con el ambiente y el desarrollo sostenible, pues mínimo el 2% de este fondo, que tiene el 10% de la asignación de recursos, debe invertirse en medio ambiente y desarrollo sostenible. La norma además establece que se debe invertir por los menos 2% de las asignaciones locales en proyectos de áreas ambientales y planes de manejo ambiental de ecosistemas estratégicos formulados por las CARs, con base en los lineamientos del MADS y DNP. En total, DNP estima que \$771.000 millones de las regalías para el bienio 2021-2022 serán invertidos en temas de medio ambiente y desarrollo sostenible, lo que equivale al 5% del presupuesto total del SGR (Economía Colombiana, 2021). Lo anterior, amén de las inversiones de otros sectores que también pueden aportar a la problemática de la erosión costera en San Andrés, como por ejemplo el sector transporte, que fue el de mayor inversión de recursos del SGR en el 2020, con el 21.6% de todas las inversiones (CGR, 2021).

Es relevante también la aprobación, en el nuevo decreto, de la destinación de asignaciones para financiar programas de inversión definidos por los grupos étnicos directamente. Esto incluye los Raizales de San Andrés, que también podrían aportar al manejo de la erosión costera, en la medida que se consolide el proceso de gobernanza ambiental en la isla. De esta manera, las iniciativas comunitarias para el manejo de la erosión costera en la isla de San Andrés que fueron discutidas durante los talleres con actores en el marco de la presente consultoría podrían servir de base para una eventual inversión de recursos de regalías asignados también a la comunidad raizal, que está altamente afectada por los efectos de la erosión costera.

De acuerdo con el informe de la Contraloría General de la República (CGR) de julio 2021, San Andrés está dentro del tercio de departamentos con menor inversión total de recursos de regalías (puesto 23 de 33 entidades), pero los proyectos tienen un valor promedio de \$8.22 mil millones, muy por encima del valor promedio de los proyectos a nivel nacional de \$3.45 mil millones. Las soluciones propuestas para Spratt Bight en el presente informe podrían ser atendidas con un proyecto dentro de este rango de inversión.

En todo caso es importante tener en cuenta que aún es muy temprano para saber cómo se comportarán las inversiones de medio ambiente y desarrollo bajo el nuevo sistema de regalías, que no solo sufrió cambios drásticos por el decreto 1821/2020, sino también por las nuevas prioridades de inversión asociadas a la pandemia del Covid-19 y los bajos niveles de producción de petróleo en el país, que para el año 2020 generaron una reducción de casi 40% del presupuesto anual de las regalías esperadas (CGR, 2021). En todo caso, ya para el año 2020 y parte del 2021, la CGR evidenció riesgos en todo el ciclo de regalías, incluyendo “falencias en los OCAD aprobando proyectos que no tienen una buena estructura y cuyos resultados son etéreos sin generar un impacto positivo y significativo en los territorios ocasionando riesgos altos por inversión inadecuada del recurso público.”

5 Comunicación y socialización

5.1 Metodología

Teniendo en cuenta que los retos de gobernanza en Colombia han sido identificados reiteradamente en la toma de decisiones como parte de las problemáticas de la erosión costera, el proyecto determinó la necesidad de generar espacios de discusión que permitieran una participación activa de los diferentes actores sociales e institucionales relacionados con el tema de la erosión costera en la isla, de acuerdo con lo estipulado en la Tabla 7:

Tabla 7 Reuniones y talleres con actores sociales e institucionales programadas para el proyecto

Reunión	Participantes	Tipo de reunión	Temas	Resultados
Extracción local de arena (institucional)	Contrapartes, entidades públicas relacionadas con el uso de material de dragado y entidades privadas técnicas	Presencial ⁶	Análisis de las oportunidades y retos que tiene el potencial uso de material dragado del canal de acceso al puerto de San Andrés	Recomendaciones técnicas frente a la extracción de arena y la reutilización de material de dragado en la Isla
Extracción local de arena (comunidades)	Grupos comunitarios posiblemente relacionados con el manejo de material de dragado, incluidos los grupos raizales	Presencial	Socialización de los beneficios del uso benéfico de material de dragado e identificación de las oportunidades y retos para la comunidad frente a esta actividad	Recomendaciones comunitarias frente a la extracción de arena y la reutilización de material de dragado en la Isla.
Soluciones para Spratt Bight (institucional)	Contrapartes, entidades públicas relacionadas con el manejo de la erosión costera en San Andrés y entidades privadas técnicas	Presencial	Socializar las diferentes soluciones para la protección por la erosión costera en la playa Spratt Bight	Complementar el análisis comparativo de las posibles soluciones
Soluciones para Spratt Bight (comunidades)	Organizaciones comunitarias, locales y de la sociedad civil directamente relacionadas con las obras de Spratt Bight (grupos raizales, gremios del sector turístico y comercial, organizaciones de pescadores, entre otros)	Presencial	Socializar las diferentes soluciones para la protección por la erosión costera en la playa Spratt Bight	Complementar el análisis comparativo de las posibles soluciones con las percepciones comunitarias

El equipo del consorcio, particularmente la especialista en gobernanza y las profesionales locales que trabajan con las organizaciones de base y las instituciones (Shelpira Pomare y Claudia Aguilera), de manera coordinada con las contrapartes del proyecto, especialmente con la Gobernación, identificaron los principales actores sociales e institucionales invitados a participar en los talleres y organizaron la logística para la realización de los talleres, que incluyó la realización de convocatorias personales para quienes no tienen teléfono de contacto, confirmación telefónica, correos electrónicos, entre otros medios para garantizar la presencia de un número significativo de representantes locales en un momento complicado por la realización de múltiples reuniones para el cierre del año.

De esta manera, se realizaron dos ciclos de talleres para los temas principales del proyecto (extracción de arena y soluciones a la erosión costera), uno inicial para la socialización de los objetivos del proyecto y la retroalimentación frente a las actividades a realizar, y un segundo ciclo para socializar los resultados del proyecto y recibir recomendaciones y observaciones frente a las soluciones propuestas para la protección de Spratt Bight. En el ciclo 1 se realizaron dos reuniones adicionales, una con representantes de hoteles ubicados en Spratt Bight (vale la pena aclarar que los representantes del gremio hotelero estuvieron invitados al taller institucional) y otra realizada a petición de los pescadores de Spratt Bight para revisar los temas de la reunión en campo y también con la asistencia de representantes de la secretaría de turismo y de una organización de cangueras (mujeres que hacen trenzas en la playa).

⁶ Originalmente se proyectaron reuniones semipresenciales con los actores institucionales, pero por las condiciones de conectividad al internet y equipamiento disponible, no fue posible incorporar personal de manera virtual a estos talleres.

En el ciclo 2 se realizó un taller adicional con entidades del nivel nacional relacionadas con el tema de la erosión costera que no habían podido desplazarse a San Andrés para asistir presencialmente a los talleres, con el fin de socializar los resultados y contar con su retroalimentación. La estructura de dichos talleres y los resultados se encuentran a continuación en la sección 5.2.

Adicionalmente, se propusieron los siguientes productos de comunicación con el objetivo de dar a conocer los resultados y actividades del proyecto con el público en general:

- Un resumen del proyecto, incluyendo referencias a los principales entregables, una visión general de los socios del proyecto y el impacto en los ODS.
- Imágenes de alta resolución sin licencia (fotos y/u otros elementos visuales) relacionados con el proyecto, que estén disponibles para su uso en cualquier difusión relacionada con el proyecto y/o el programa, en línea y fuera de ella.
- Mensajes en los medios sociales relacionados con las actividades clave o con los mensajes/resultados de la comunicación, incluyendo materiales mediáticos como fotos o videos, utilizando los canales de medios sociales de nuestro consorcio con #PartnersForWater y mencionando a @RVO_Int_ond o mensajes que se difundan a través de los canales de medios sociales de la Embajada y/o RVO y/o NWP.
- Artículo breve que puede utilizarse para la divulgación relacionada con Partners for Water a través de partnersvoorwater.nl, la divulgación general de la RVO/Gobierno y la comunicación de la embajada.

5.2 Resultados

5.2.1 Talleres ciclo 1

Al primer ciclo de talleres asistieron 43 personas representando a 10 organizaciones de base, 9 gremios/sector privado y 6 instituciones (ver Figura 48). Este ciclo se enfocó en conocer las percepciones iniciales de los actores sociales, económicos e institucionales frente a los objetivos del proyecto. Esto incluyó el análisis de las oportunidades y retos que tiene el uso de material dragado del canal de acceso al puerto de San Andrés, para lo cual se tomaron en cuenta los resultados del taller en el marco de la consultoría que paralelamente al proyecto ejecutó un consorcio liderado por Arcadis sobre reutilización de materiales dragados en el contexto colombiano (RVO, 2021).



Figura 48 Imágenes de los asistentes presentes en los talleres con actores comunitarias (izq) e institucionales (der) del primer ciclo de talleres con actores sociales

A continuación, se presentan los principales resultados del primer ciclo de talleres, a partir de la identificación de: los desafíos y el contexto inicial, los resultados frente a las recomendaciones y percepciones de las partes interesadas, y las acciones tomadas por el consorcio. La información presentada incorpora los resultados del conversatorio con hoteles de la playa de Spratt Bight y de la salida de campo realizada a la playa de Spratt Bight en compañía del representante de la asociación de pescadores de Spratt Bight, la asociación de cangueras y la Secretaría de Turismo. Las memorias de los talleres, el conversatorio y la salida de campo del primer ciclo, junto con los listados de asistencia, presentaciones y fotografías, se presentan en el Apéndice B.

Desafíos y contexto inicial

- El proyecto recibió unas comunidades e instituciones con todo un bagaje de problemáticas no resueltas localmente frente al tema de dragado del canal del acceso al puerto, el manejo de la erosión costera y de relaciones basadas en la falta de confianza. Esto es un desafío a lo que se puede lograr en el marco de un proyecto muy limitado en su alcance.
- El proyecto recolectó perspectivas de las comunidades e instituciones: “Hace más de 25 años y 7 proyectos que se trabaja el tema de erosión costera en San Andrés”. Estas perspectivas muestran niveles de frustración y desafío de credibilidad o confianza entre las partes, especialmente desde la parte de los representantes comunitarios y gremiales hacia la gestión institucional del nivel departamental para la toma de acciones. Además, fue constante la identificación de estudios que se han realizado en la isla sobre erosión costera pero que, aparentemente, no reposan en las entidades responsables y los resultados no fueron socializados con los actores relacionados. Este contexto afecta en sí la base de la gobernanza del territorio.

Resultados: Recomendaciones y percepciones recopiladas de las partes interesadas

- Tanto instituciones como organizaciones comunitarias cuestionaron la selección de Spratt Bight como sitio de trabajo del consorcio, indicando una problemática de erosión costera mucho mayor y urgente en otros sectores de la isla.
- En términos generales, los asistentes al taller comunitario consideran que las recomendaciones de técnicos expertos generan más problemas de los que resuelven, y que esto podría evitarse si se tuviera en cuenta el conocimiento de campo que tienen los pescadores y navegantes locales. Dos ejemplos son: la muralla construida en el Acuario (Rose Cay) y el cambio de ángulo del espolón de Pescadores, ambas obras recomendadas por expertos y que acrecentaron el problema de la erosión costera. En este sentido se recomendó al equipo técnico del consorcio salir a campo, hablar con los locales sobre problemas específicos de cada sector y en lo posible visitar los sitios alrededor de la isla con el acompañamiento de los pescadores.
- Hubo un consenso general de los asistentes con los resultados compartidos por el consorcio respecto a la situación en Spratt Bight, donde el fenómeno de cambio de línea de playa está más relacionado con traslocación de arena que con erosión costera. Sin embargo, se percibe una disminución paulatina de la cantidad de arena disponible en la bahía.
- Se enfatiza la condición de San Andrés como una isla oceánica, y lo que esto implica, muy diferente al resto de sitios con problemas de erosión costera en Colombia.
- Los asistentes fueron reiterativos en su recomendación de recopilar la información existente en universidades, Invias, Gobernación y Coralina, ya que se han hecho una gran cantidad de estudios técnicos con las correspondientes recomendaciones para el manejo de la erosión costera.
- Frente a la extracción de arena, los representantes de organizaciones de pescadores advierten que extraer arenas en grandes cantidades de los lugares previstos para los estudios del INVEMAR asociados al proyecto (sector norte de la isla y canal de acceso al puerto), tiene impactos negativos sobre las dinámicas ecosistémicas naturales y la pesca. También consideran que al cambiar la morfología del fondo del mar efecto de los dragados, se aumenta la erosión costera.

Acciones tomadas por el consorcio y las contrapartes

- Para este proyecto el equipo priorizó ser lo más transparente posible frente al alcance del proyecto y aportar a través de las acciones y en la medida de lo posible, a la construcción de la gobernanza del territorio.
- Durante el primer ciclo de talleres se fomentó el diálogo abierto para que los diferentes actores pudiesen poner sobre la mesa todos los problemas, antecedentes y dificultades que han tenido frente al manejo de la erosión costera, y así poder posteriormente trabajar sobre los objetivos específicos de la consultoría, enfocada en Spratt Bight.
- Con el fin de fomentar la confianza y credibilidad, el consorcio y las contrapartes se comprometieron a invitar a los actores sociales a participar de la misma reunión que los actores institucionales durante el segundo ciclo de talleres. Esto se logró.
- Si bien el proyecto no tenía presupuestada una salida de campo, el consorcio se comprometió a evaluar con las contrapartes institucionales (Coralina, Gobernación, MADS) la factibilidad de tener una salida de campo con comunidades durante el segundo ciclo de talleres. Esto se logró finalmente con el apoyo de Coralina, entidad que prestó su embarcación para realizar dos salidas de campo en el mes de diciembre del 2021.

También se organizó una salida de campo a la playa de Spratt Bight para el mismo día del taller con algunos de los asistentes a los talleres (ver Apéndice B).

- El consorcio y las contrapartes se comprometieron a compartir los resultados de la consultoría con los participantes de los talleres, para evitar continuar con la práctica de realizar reuniones de socialización sin la entrega de la información.

5.2.2 Talleres ciclo 2

Una vez se contó con los resultados preliminares de las Actividades 1 y 2, estos fueron presentados ante los actores comunitarios e institucionales que habían participado en los talleres del ciclo 1, en dos reuniones presenciales realizadas en la Isla de San Andrés. A este ciclo asistieron 24 personas representando a 6 organizaciones de base y 6 instituciones. Las discusiones con estos grupos constituyeron un elemento clave para complementar los resultados finales de la consultoría, de acuerdo con lo presentado a lo largo del presente informe, especialmente en el capítulo 4. Ver Figura 49.

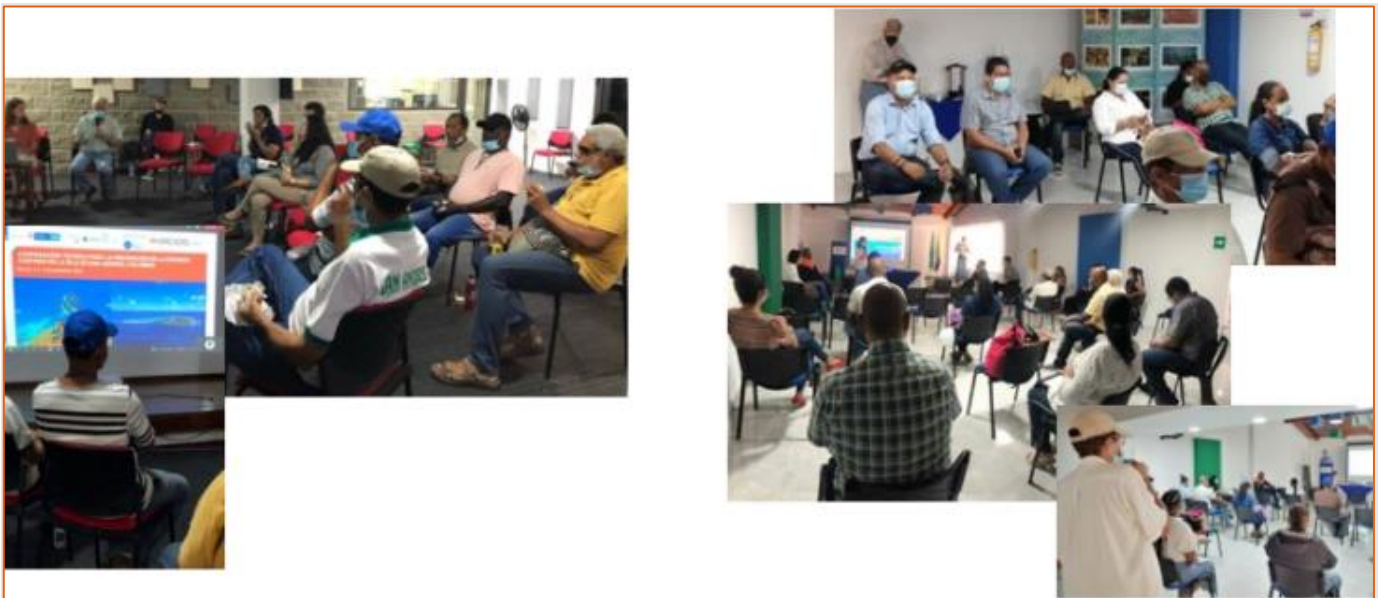


Figura 49 Imágenes de los asistentes presentes en los talleres con actores comunitarios (izq) e institucionales (der) del segundo ciclo de talleres con actores sociales

También se realizó un taller adicional (virtual) con entidades del nivel nacional relacionadas con el tema de la erosión costera que no habían podido desplazarse a San Andrés para asistir presencialmente a los talleres, principalmente personal del ANLA, UNGRD y MADS. La reunión con estas entidades permitió no solo socializar los resultados de los talleres, sino también responder y dar claridad a las dudas técnicas respecto a las posibles soluciones presentadas por el consorcio. A continuación, se presentan las principales recomendaciones recopiladas durante los talleres. Estas incorporan también los temas revisados durante dos salidas de campo realizadas a la bahía de Spratt Bight en compañía de representantes institucionales y comunitarios (ver Figura 50). Las memorias de los talleres de este segundo ciclo, junto con los listados de asistencia, presentaciones y fotografías, se presentan en el Apéndice C.



Figura 50 Imágenes de las salidas de campo realizadas para revisar las problemáticas y posibles soluciones de erosión costera en Spratt Bight, entre el equipo técnico del consorcio, el gobierno de Los Países Bajos y los actores comunitarios e institucionales locales

Recomendaciones finales de los actores locales a los estudios adelantados por la consultoría a cargo de Arcadis:

- Considerar el impacto social y ambiental de las diferentes soluciones, en particular de la regeneración de playas sobre ecosistemas estratégicos como las praderas marinas.
- Los daños a los que están expuestos los arrecifes coralinos (huracanes, barcos encallados, enfermedades, pérdida de biodiversidad, etc.) tienen directa incidencia en la problemática de la erosión costera.
- La comunidad y las instituciones locales han avanzado en la identificación de soluciones integrales a la problemática de la erosión costera, algunas incluso cuentan con estudios de soporte, pero las entidades del gobierno central implementan soluciones para sitios puntuales y no apoyan las iniciativas integrales.
- Compartir los resultados de este estudio para lograr articularlos a las iniciativas que lideran la Universidad Nacional (sede SAI) y Coralina, entre otras entidades locales.
- Cualquier solución debe incorporar un componente de monitoreo.

De manera específica, los representantes de las organizaciones de base realizaron las siguientes recomendaciones adicionales:

- Considerar el impacto del relleno humedales, el cambio de vientos por construcciones y la tala de vegetación nativa, incluidos manglares, en la problemática de erosión costera de Spratt Bight.
- Las soluciones con mayor aceptación son: el cierre de brechas marinas utilizando "reef balls" o soluciones comparables (como las de Reefsystems, véase Apéndice G) y la restauración de la vegetación natural de playa, manglares y pastos marinos (en línea con sentencias judiciales para la restauración).
- Tener en cuenta el aumento del nivel del mar en las modelaciones del movimiento de arenas.
- Apoyar acciones a realizar en coordinación con Coralina: la formulación e implementación de los planes de manejo arrecifales, el mapeo de manglares y humedales que originalmente existían en la isla, y la capacitación de la comunidad local para que puedan realizar actividades de monitoreo y protección de la costa frente a la erosión.

5.2.3 Comunicaciones

Una vez concluido el proyecto, se elaboraron las piezas descritas en la metodología y requeridas en los Términos de Referencia del proyecto. Los mensajes para medios sociales cuentan con el visto bueno de RVO/EKN, por lo cual ya están disponibles para su utilización en redes sociales (y compartidas en las redes sociales de algunos miembros del consorcio). Sin embargo, el resumen y el artículo breve aún están pendientes de dicho visto bueno. Estos productos se presentan en el Apéndice D.

- Un resumen del proyecto, incluyendo referencias a los principales entregables, una visión general de los socios del proyecto y el impacto en los ODS.
- Imágenes de alta resolución sin licencia (fotos y/u otros elementos visuales) relacionados con el proyecto, que estén disponibles para su uso en cualquier difusión relacionada con el proyecto y/o el programa, en línea y fuera de ella.

- Mensajes en los medios sociales relacionados con las actividades clave o con los mensajes/resultados de la comunicación, incluyendo materiales mediáticos como fotos o vídeos, utilizando los canales de medios sociales de nuestro consorcio con #PartnersForWater y mencionando a @RVO_Int_ond o mensajes que se difundan a través de los canales de medios sociales de la Embajada y/o RVO y/o NWP.
- Artículo breve que puede utilizarse para la divulgación relacionada con Partners for Water a través de partnersvoorwater.nl, la divulgación general de la RVO/Gobierno y la comunicación de la embajada.

6 Conclusiones y recomendaciones

El proyecto llevó a cabo un análisis del problema subyacente de la erosión costera en San Andrés, concretamente en la playa de Spratt Bight. Se realizaron las siguientes actividades, tal como está definido dentro de los Términos de Referencia:

- Actividad 1: Análisis y asesoramiento sobre la extracción local de arena.
- Actividad 2: Evaluación de posibles soluciones para la protección de la erosión costera en la isla de San Andrés.
- Actividad 3: Trabajo técnico de campo y laboratorio para la caracterización de sedimentos y arenas, priorizado hacia dos temas principales: (i) la caracterización de las arenas existente en la playa de Spratt Bight (el destino), y (ii) la caracterización de las arenas y sedimentos de fondo del mar en los sitios de posible fuente de materiales para el relleno de la playa mediante dragado (el origen).
- Actividad 4: Comunicación, socialización de los objetivos, resultados y recopilación de recomendaciones y observaciones de los actores sociales e institucionales.

Dentro del análisis, se han integrado las actividades mencionadas debido a que están interrelacionadas:

- La Actividad 3 es un insumo importante para el análisis de la Actividad 1.
- La comunicación e intercambio de información de la Actividad 4 están integrados y son transversales a los resultados de las Actividades 1, 2 y 3.

Conclusiones generales

Existencia de bastantes estudios

Este estudio no es el primero en analizar la problemática de la erosión costera en San Andrés. Se evidencia que en San Andrés se han realizado muchos estudios al respecto, como se muestra en el resumen del recuadro a continuación. Sin embargo, a la fecha, los estudios no han resultado en la implementación de medidas concretas.

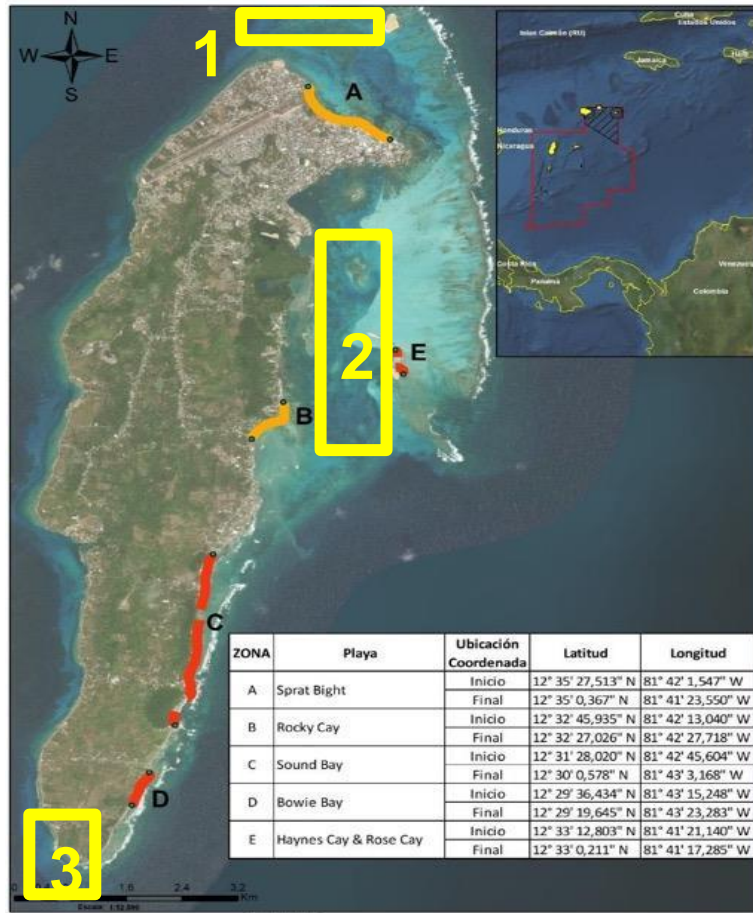
2008: Invemar, Estudios para la recuperación de las playas del hotel Decamerón San Luis.
2008: invemar: Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y control de la Erosión Costera en Colombia
2009: Invemar, Diagnóstico geológico, geofísico, biótico y de caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del proyecto de definición del diseño de las playas entre el Hoyo Soplador y San Luis en San Andrés isla.
2011: Invemar: Diagnostico de la erosión costera del territorio insular colombiano.
2012: Invemar, Atlas climatológico del mar Caribe colombiano
2012: Invemar: Atlas de la Reserva de Biosfera Seaflower: Archipelago de San Andres, Providencia y Santa Catalina
2014: Invemar, Evaluación de la vulnerabilidad por ascenso en el nivel del mar (ANM) y propuesta de lineamientos de adaptación en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
2015: Invemar, Erosión costera en la isla de San Andrés
2019: Invemar: Estado de las playas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
2020: Contraloría Delegada para el medio ambiente: Estudio ambiental estratégico sobre el Estado del Arte del fenómeno de erosión costera en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y recomendaciones en el marco del Control y la Vigilancia Fiscal

Erosión costera en Spratt Bight

Aunque en San Andrés hay muchos sitios con evidencia de erosión costera, en Spratt Bight no hay pruebas claras de que se presente la condición de erosión estructural en la playa. Lo que se observa es un desplazamiento del volumen de sedimentos del noroeste al sureste y viceversa. En ese sentido, no hay evidencias claras de pérdida de sedimentos en el sistema con excepción de la erosión eólica que se acumula a lo largo de los años. La erosión y la acreción de sedimentos (arenas) son fenómenos naturales que se producen en función de la estacionalidad. Sin embargo, las construcciones cada vez más cerca de la línea de costa y las estructuras duras afectan la dinámica natural de la playa.

No obstante la ausencia de erosión costera estructural en el sitio de Spratt Bight, se puedan tomar medidas para proteger, reforzar u ampliar la playa. A continuación se elaboran los resultados al respecto.

Extracción de arena y caracterización de sedimentos



Alrededor de San Andrés hay tres zonas con sedimentos que sirven como fuente de sedimentos (arenas): Punta Nord, el Canal de Acceso y Punta Sur. Véase Figura 51.

Se estima un volumen de sedimentos disponibles de 520.000 m3 (Punta Nord), 112.000 m3 (Canal de Acceso) y 910.000 m3 (Punta Sur). Dichos volúmenes son suficientes para una regeneración de la playa de Spratt Bight (60.000 m3 para una ampliación de 10 m).

El Invermar hizo un análisis físico/químico de los sedimentos con la toma de muestras en Spratt Bight y otros sitios alrededor de la isla. La conclusión de dicho análisis es que es viable usar sedimentos provenientes de las fuentes mencionadas para la extracción de arena con el fin de una regeneración y/o ampliación de la playa de Spratt Bight (y otros sitios/playas en San Andrés).

Figura 51 Mapa de San Andrés indicando los puntos de erosión

Soluciones para la protección de la erosión costera

La visión general de las soluciones de Spratt Bight se centra en construir con la naturaleza, teniendo en cuenta los retos a los que se enfrenta San Andrés, como el cambio climático, el crecimiento de la población, la contaminación y un sector turístico en expansión. En el marco de dicha visión, se proponen una serie de 5 soluciones, analizadas a partir de criterios técnicos, ambientales y de costos, que pueden ser utilizadas simultáneamente para apoyar el ecosistema en varios niveles y mejorar la protección de la costa. El resumen de las cinco soluciones diferentes se encuentra en la siguiente tabla.

Solución	Descripción	Tipo de solución
1. Cerrar la brecha ('el Canal') en el arrecife	La brecha en el NW de la barrera coralina (llamada 'Channel' por locales) es una ubicación por donde las olas pueden entrar al sistema costero de Spratt Bight. Cerrando esta entrada, se puede disminuir el efecto que las olas de tormenta tienen en la costa de Spratt Bight.	Solución para disminuir la altura y la fluctuación en la dirección del oleaje

Solución	Descripción	Tipo de solución
2. Regeneración de playas	La playa de Spratt Bight podría ser regenerada con sedimentos provenientes de diferentes sitios: en la punta norte y punta sur de la isla, donde hay arena que no está en áreas protegidas; o utilizar benéficamente el material dragado del canal de acceso para regenerar la playa.	Solución para aumentar el ancho de la playa
3. Estructuras de protección cerca de la costa	Estructuras sumergidas o emergidas, naturales o artificiales pueden ser instaladas cerca de la costa, teniendo un efecto similar a la solución número 1.	Solución para disminuir la altura y la fluctuación en la dirección del oleaje
4. Conservación y Restauración de la Vegetación Marina	Los pastos marinos forman una parte significativa del ecosistema marino de Spratt Bight (y de San Andrés). Pueden aumentar los niveles de esfuerzo cortante del lecho marino, manteniendo el sedimento estable. Además, pueden reducir la altura de las olas en 60%.	Solución para disminuir la altura del oleaje y estabiliza el sedimento
5. Vegetación costera protectora	Se pueden fortalecer y enriquecer las barreras de vegetación existentes con vegetación nativa para actuar como cortavientos y mantener la arena. Esta solución es ideal a lo largo del paseo marítimo ('la Peatonal'). El resultado es similar a la solución número uno, pero con el efecto de impedir el transporte eólico, manteniendo la arena en la playa. Respecto al manglar, el enfoque es el de proteger la cobertura existente.	Solución para prevenir pérdida de sedimento por medio eólico

Las soluciones propuestas refuerzan el ecosistema natural de protección de la costa, estimulan el turismo, aumentan los servicios ecosistémicos y apoyan los medios de vida locales. Es importante que no se consideren las soluciones como medidas individuales, sino como una cadena de soluciones cuyos beneficios pueden reforzarse mutuamente. Véase Figura 52.



Figura 52 Resumen de las posibles soluciones propuestas para Spratt Bight.

Los actores sociales e institucionales consultados durante el proyecto indicaron como soluciones más interesantes el cierre del "canal" (la brecha en el arrecife de coral) y la restauración de las plantas marinas. Sin embargo, los riesgos, costos y beneficios de las diferentes soluciones deben tenerse en cuenta para priorizar su aplicación y lograr contribuir a la protección del litoral de forma costo-efectiva.

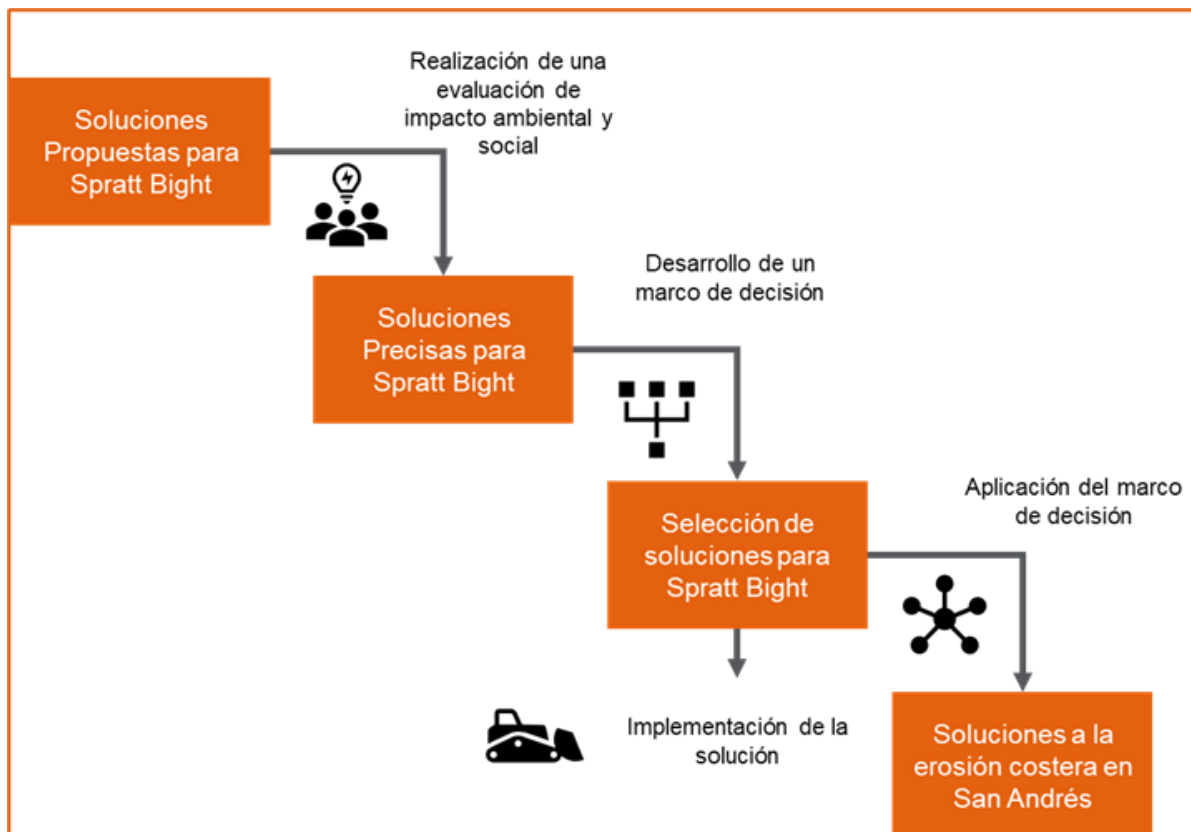
Recomendaciones

Dado el gran número de estudios disponibles sobre la erosión costera en San Andrés, se recomienda que las autoridades elaboren un marco de toma de decisiones para las soluciones preferidas para Spratt Bight y/u otros lugares de San Andrés y que luego se apliquen estas soluciones. Las soluciones propuestas en este estudio pueden servir de base para la elaboración de medidas específicas que deben aplicarse.

Este enfoque reconoce los inquietudes y dudas de las partes interesadas respecto a los posibles impactos negativos, y puede ayudar a identificar soluciones integradas en el contexto socioeconómico. Además de las evaluaciones de impacto ambiental y social, las soluciones propuestas, una vez detalladas, pueden someterse a un estudio de (pre)viabilidad, con amplia participación de los actores sociales e institucionales relacionados.

Aunque las partes interesadas tienen una preferencia de las soluciones 'cerrar la brecha' y 'restauración de vegetación marina', se recomienda tener en consideración todas las soluciones propuestas, por las sinergias que ofrece su implementación conjunta.

En ese sentido, después de seleccionar y detallar medidas para Spratt Bight, se pueda cambiar el enfoque a otros sitios con erosión costera estructural, aprovechando de las soluciones propuestas para Spratt Bight.



Una posible opción de financiación que se recomienda explorar para los proyectos de protección de la costa es el Sistema General de Regalías (SGR). Adicionalmente, la estructuración de un proyecto de erosión costera para SAI, a partir de los resultados obtenidos del proyecto, puede ser también una oportunidad de cooperación bilateral entre Holanda y Colombia. En general, las cooperaciones internacionales pueden considerarse como una importante fuente de financiación e intercambio de conocimientos.

Colofón

COOPERACIÓN TÉCNICA PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN COSTERA EN SAN ANDRÉS, COLOMBIA
INFORME

CLIENTE
RVO

AUTOR
Jeroen Klooster

NUESTRA REFERENCIA
D10046470:180

FECHA
4 febrero 2022

ESTADO
Final

REVISADO POR

Jeroen Klooster
Economista Principal

Sobre Arcadis

Arcadis, líder mundial en diseño y consultoría para activos naturales y construidos. Nuestro conocimiento y experiencia en proyectos en el mundo entero, nos permite ofrecer servicios de consultoría, diseño, ingeniería y gestión de proyectos y costes, con el fin no sólo de proporcionar soluciones con resultados excepcionales y sostenibles a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos, sino también, ofrecer respuestas a las necesidades del mañana. Nuestra red global de más de 27.000 trabajadores presentes en 70 países nos asegura que nunca estamos lejos de donde nuestros clientes nos necesitan, generando más de 3.300€ millones de ingresos. Colaboramos con UN-Habitat con conocimientos y experiencia para mejorar la calidad de la vida en ciudades de rápido crecimiento en todo el mundo.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

P.O. Box 220
3800 AE Amersfoort
The Netherlands

T +31 (0)88 4261261

Arcadis. Improving quality of life

Contacta con nosotros



[arcadis-nederland](https://www.arcadis-nederland.nl)



[arcadis_nl](https://twitter.com/arcadis_nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.facebook.com/ArcadisNetherlands)