Evaluación de alternativas de manejo frente a la erosión costera en el litoral del departamento de Córdoba, con enfoque en soluciones basadas en la naturaleza

ITA-01

Convenio interadministrativo de cooperación No. 001 de 2026



Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

"José Benito Vives de Andréis" - INVEMAR

Santa Marta D.T.C.H., junio 2026

CUERPO DIRECTIVOINVEMAR

Director General
Francisco Armando Arias Isaza

Subdirector de Coordinación Científica
Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Administrativa
Sandra Rincón Cabal

Coordinadora de Investigación e Información para la Gestión Marina y Costera (GEZ)
Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)
David Alejandro Alonso Carvajal

Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)
Luisa Fernanda Espinosa Díaz

Coordinadora Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)
Constanza Ricaurte Villota

Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)
Mario Enrique Rueda Hernández

Coordinador Servicios Científicos (CSC)
Juan Carlos Márquez Hoyos

Citar como:
INVEMAR-CVS. 2026. Evaluación de alternativas de manejo frente a la erosión costera en el litoral del departamento de Córdoba, con enfoque en soluciones basadas en la naturaleza. Informe Técnico de Avance. Convenio 001 de 2025. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis, Santa Marta. 51 pp.

COORDINACIÓN DEL PROYECTO

Preparado por:

INVEMAR
Constanza Ricaurte Villota
Jefe de Proyecto

CVS
Albeiro Antonio Arrieta López
Supervisor

GRUPO DE INVESTIGACION

Programa GEO
José E. Franco Vásquez
Marco E. González Arteaga
David F. Morales Giraldo

Programa VAR
Yesid E. Benítez Gonzáles
Daniel Guerrero Bedoya

Programa GEZ
Santiago Millán Cortés
Jhonny H. Garcés Ortega
Víctor A. Blanco Pineda
Isabela Katime Arroyave
Felipe Valencia

GRUPO DE APOYO

Laboratorio

Juan Felipe Gómez Ávila
Gustavo A. Legarda

Imagen portada: zona costera del departamento de Córdoba, localidad de Cristo Rey – Minuto de Dios. Programa GEO.

INVEMAR
Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero
Santa Marta D.T.C.H., Colombia
Teléfono: (57) (5) 4328600
www.invemar.org.co

1 Contenido

2 Lista de Tablas 5
3 Lista de Figuras 6
4 Introducción 8
5 Objetivos 10
5.1 General 10
5.2 Específicos 10
6 Justificación 11
7 Área de estudio 12
8 Metodología 13
8.1 Portafolio de alternativas de manejo de la erosión costera 13
8.1.1 Alistamiento y planificación del costeo 13
8.1.2 Integración de insumos técnicos y sociales para la definición del alcance 14
8.1.3 Desagregación de actividades y metrado de cantidades 15
8.1.4 Construcción de APU 16
8.1.5 Consolidación, validación y presentación de resultados 17
8.2 Monitoreo de la erosión costera 18
8.2.1 Levantamiento de la línea de costa 18
8.2.2 Procesamiento y análisis histórico de líneas de costa 19
8.2.3 Levantamiento topográfico de playa y generación de modelos digitales de elevación 21
8.2.4 Extracción y comparación de perfiles de playa 22
8.2.5 Análisis departamental de línea de costa mediante sensores remotos 22
8.3 Mapeo de unidades ecológicas de pastos marinos en la boca de la bahía de Cispatá y golfo de Morrosquillo, y a nivel de unidades ecológicas en isla Tortuguilla 23
8.3.1 Inspección de información secundaria disponible 23
8.3.1 Diseño de muestreo 23
9 Avance de resultados 25
9.1 Monitoreo de la erosión costera 25
9.1.1 Los Córdobas 25

9.1.1.1 Puerto Rey – Minuto de Dios....25
9.1.1.2 Brisas del caribe....26
9.1.2 Puerto Escondido....27
9.1.2.1 El Hoyito....27
9.1.2.2 El Bolivitar....29
9.1.3 Moñitos....31
9.1.3.1 Santander de la Cruz....31
9.1.3.2 Cabecera municipal Moñitos....33
9.1.3.3 La Rada....35
9.1.4 San Bernardo del Viento....36
9.1.4.1 Brisas del Mar....36
9.1.4.2 La Ye....37
9.1.4.3 Los Tambos....39
9.1.5 San Antero....41
9.1.5.1 Playa Blanca....41
9.2 Mapeo de unidades ecológicas de pastos marinos en la boca de la bahía de Cispatá y golfo de Morrosquillo, y a nivel de unidades ecológicas en isla Tortuguilla....41
9.2.1 Revisión de información secundaria....41
9.2.2 Revisión de información secundaria....46
10 Conclusiones....50
11 Referencias....51

2 Lista de Tablas

Tabla 9-1 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Puerto Rey – Minuto de dios. 25
Tabla 9-2 Longitud de línea de costa levantada en la localidad Brisas del Caribe. 26
Tabla 9-3 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de El Hoyito. 28
Tabla 9-4 Longitud de línea de costa levantada en la localidad El Bolivitar. 29
Tabla 9-5 Longitud de línea de costa levantada en la localidad Santander de la Cruz. 31
Tabla 9-6 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Moñitos. 34
Tabla 9-7 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de La Rada. 35
Tabla 9-8 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Brisas del Mar. 36
Tabla 9-9 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de La Ye. 37
Tabla 9-10 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Puerto Rey – Minuto de dios. 39
Tabla 9-11 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Playa Blanca. 41

3 Lista de Figuras

Figura 4.1 Ubicación de la zona de estudio en el departamento de Córdoba y localidades municipales. 12
Figura 5.1 Alistamiento y planificación para el costeo de alternativas. 14
Figura 5.2 Insumos técnicos y sociales para la definición del alcance de las alternativas. 15
Figura 5.3 Desagregación y metrado de cantidades según la naturaleza de las alternativas. 16
Figura 5.4 Construcción de Análisis de precios unitarios APU y sondeo de mercado. 17
Figura 5.5 Consolidación y presentación de resultados para la integración del presupuesto y fichas. 18
Figura 5.6 Metodología para el levantamiento y monitoreo de la línea de costa mediante GNSS. 19
Figura 5.7 Indicadores de cambio de línea de costa calculados en DSAS: NSM (Movimiento Neto de la Línea de Costa) y LRR (Tasa de Regresión Lineal). Fuente: imagen tomada y adaptada de Himmelstoss et al. (2021). 20
Figura 5.8 Esquema metodológico del levantamiento topográfico de playa para la generación de modelos digitales de elevación. 21
Figura 9.1. Línea de costa localidad Puerto Rey – Minuto de Dios, municipio de los Córdobas. ..25
Figura 9.2. Línea de costa localidad Brisas del Caribe, municipio de los Córdobas. 26
Figura 9.3. Modelo Digital de Elevación localidad Brisas del Caribe, municipio de los Córdobas. 27
Figura 9.4. Espolón parte central localidad Brisas del caribe. 27
Figura 9.5. Línea de costa localidad El Hoyito, municipio de Puerto Escondido. 28
Figura 9.6. Modelo Digital de Elevación localidad El Hoyito, municipio de Puerto Escondido. 29
Figura 9.7. Línea de costa localidad El Bolivitar, municipio de Puerto Escondido. 30
Figura 9.8. Modelo Digital de Elevación localidad El Bolivitar, municipio de Puerto Escondido. ..31
Figura 9.9. Línea de costa localidad Santander de la Cruz, municipio de Moñitos. 32
Figura 9.10. Modelo Digital de Elevación localidad Santander de la Cruz, municipio de Moñitos. 33
Figura 9.11. Línea de costa localidad Moñitos, municipio de Moñitos. 33
Figura 9.12. Modelo Digital de Elevación localidad Moñitos, municipio de Moñitos. 34
Figura 9.13. Línea de costa localidad La Rada, municipio de Moñitos. 35
Figura 9.14. Línea de costa localidad Brisas del Mar, municipio de San Bernardo del Viento 36
Figura 9.15. Modelo Digital de Elevación localidad Brisas del Mar, municipio de San Bernardo del Viento. 37
Figura 9.16. Línea de costa localidad La Ye, municipio de San Bernardo del Viento. 38
Figura 9.17. Modelo Digital de Elevación localidad La Ye, municipio de San Bernardo del Viento 38
Figura 9.18. Línea de costa localidad Los Tambos, municipio de San Bernardo del Viento. 39
Figura 9.19. Modelo Digital de Elevación localidad Los Tambos, municipio de San Bernardo del Viento 40

Figura 9.20. Línea de costa localidad Playa Blanca, municipio de San Antero 41
Figura 9.21. Visualización de la información cartográfica de unidades ecológicas en isla Tortuguilla, información generada en Díaz et al., (2000) y modificada en sus extremo norte y sur para el mapa de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia (IDEAM et al., 2015). 42
Figura 9.22. pantallazos con información cartográfica de pastos marinos de isla Tortuguilla de tres estudios diferentes. A) UAC Morrosquillo, B) PLANECO y C) Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Tortuguilla de tres estudios diferentes. A) UAC Morrosquillo, B) PLANECO y C) Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia 43
Figura 9.23. Visualización de la información cartográfica de pastos marinos en el sector Cispatá-Porvenir 43
Figura 9.24. Mapa de tipos de sustrato del fondo marino de isla Tortuguilla generado en INVEMAR-CVS (2025) 44
Figura 9.25. Mapa de tipos de sustrato del fondo marino del sector Cispatá-Porvenir 45
Figura 9.26. Visualización de imagen de satélite Sentinel-2 de del 18 de agosto de 2024 donde se puede visualizar el fondo marino de isla Tortuguilla hasta aproximadamente 13 a 14 metros de profundidad. La imagen fue identificada y descargada durante el desarrollo del estudio INVEMAR-CVS, 2025. A la fecha no se han identificado imágenes adicionales que permitan apreciar el fondo marino de manera aceptable 46
Figura 9.27. Ejemplo de despliegue sistemático para captura de información en campo, en torno a los sitios donde previamente se sabe la presencia de pastos marinos 47
Figura 9.28. Sitios donde se desplegará el diseño de muestreo sistemático. A) isla Tortuguilla , B) Cispatá-Porvenir 48

4 Introducción

La dinámica litoral en las costas del departamento de Córdoba se encuentra directamente influenciada por procesos erosivos producto de procesos como corrientes de deriva litoral y la variabilidad en los aportes de sedimentos asociados a la fluctuación de fuentes hidrográficas en relación al clima (precipitación). Estas variaciones litorales se han estudiado para los diferentes tipos de playa situadas en el departamento, donde se destacan acantilados conformados por sedimentos fluvio marinos de baja compacidad y playas arenosas.

Desde 2014, el INVEMAR y la CVS han desarrollado un monitoreo sistemático de la erosión costera en el departamento de Córdoba. A través del convenio 022, se capacitaron actores locales y se implementó un levantamiento mensual de perfiles de playa. En 2015, se evaluaron la amenaza y vulnerabilidad costera, complementando en 2016 con un diagnóstico de riesgo ecológico y ambiental ante amenazas geológicas y meteomarinas. Posteriormente, en 2017, se integraron Modelos Digitales del Terreno (DEM) para analizar la variación interanual de la línea de costa, permitiendo ampliar la base de datos para estudios comparativos.

En 2018, el monitoreo se extendió a una escala estacional y se iniciaron estudios de detalle en áreas críticas como Santander de la Cruz, identificada previamente como un punto de alta vulnerabilidad. Entre 2019 y 2020, se consolidó una base de datos histórica de la dinámica litoral en cinco municipios costeros, con estudios específicos en La Rada y Puerto Escondido para evaluar la viabilidad de modelos de mitigación. En 2021, se implementaron análisis comparativos de variaciones volumétricas de sedimentos en diferentes periodos, lo que permitió afinar estrategias de control y mitigación de la erosión.

Entre 2022 y 2023, se avanzó en la identificación de áreas con potencial de recuperación y en la priorización de medidas de manejo. Se ejecutaron convenios orientados al seguimiento de la erosión costera, la capacidad de carga de las playas y la espacialización de medidas de control. El convenio 005 de 2023 permitió la identificación y planificación de alternativas de manejo en sectores priorizados, sentando las bases para la implementación de soluciones integradas y sostenibles en la región. Esta actividad continuó en 2024, complementando el monitoreo y la discusión sobre el avance en la gestión y las posibles alternativas planteadas por los grupos de interés.

En 2025 se continuó el monitoreo de la erosión costera en las localidades evidenciando cambios en la línea de costa que orientan la priorización de medidas de mitigación. Además, se avanzó en el estudio del comportamiento de la cuña salina como parte inicial de estudios detallados que se enfoquen en los posibles impactos sobre el recurso hídrico de la zona. De igual manera, se realizaron estudios que ampliaron el conocimiento de la distribución de pastos marinos, reconociendo su papel clave en la protección costera y la conservación ambiental.

Parte de los resultados del estudio realizado en el marco del Convenio Interadministrativo No. 012-2025, se relacionan con la confirmación de la presencia de pasto marino en diferentes

sectores del área de estudio. No obstante, su distribución se caracteriza por su disposición dispersa, en pequeños parches o en asociación con otros organismos bentónicos y en paisajes con sustrato de carácter diverso. En seguimiento a estos resultados, en el mes de noviembre de 2025 se llevó a cabo un espacio de socialización con representantes de la CVS para precisar el alcance de las acciones futuras. Allí se discutió que, en zonas como San Antero, particularmente entre el sector de Playa Blanca y El Porvenir, los pastos marinos se presentan en parches aislados en paisaje heterogéneos, lo que hace necesario complementar el levantamiento de información para delimitar mejor su extensión en áreas someras. Asimismo, se destacó que en el sector suroccidental de isla Tortuguilla la presencia de pastos marinos, aunque es más clara, está conformada por las especies *Halodule wrightii* y *Halophila decipiens*, esta última en proporciones de densidad superiores a lo que usualmente se observa en otros sitios; sin embargo, estas especies no conforman praderas de pastos propiamente dichas. Esta característica dificulta su identificación con insumos de carácter remoto como imágenes de satélite o modelos digitales de rugosidad o de elevación, esta dificultad justifica un análisis más detallado para su delimitación y tipificación.

El presente convenio interadministrativo No. 001 de 2026 se centrará principalmente en la selección y evaluación de alternativas de solución frente a la erosión costera, tomando como base el portafolio de alternativas generado en el convenio de 2025. De las 11 localidades de estudio priorizadas en los cinco municipios costeros del departamento de Córdoba (San Antero, San Bernardo del Viento, Moñitos, Puerto Escondido y Los Córdobas), se elegirá una localidad por municipio con la mayor prioridad en cuanto a procesos erosivos, para analizar cuál de las alternativas propuestas resulta más viable para cada sitio y entregar finalmente una valoración técnica de la alternativa seleccionada. De manera complementaria, se continuará con el monitoreo de la erosión costera, con el objetivo de mantener y fortalecer la serie de tiempo de datos.

Las actividades aquí planteadas corresponden con la misión del INVEMAR, que consiste en realizar investigación básica y aplicada en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos, para proporcionar conocimiento científico para la formulación de políticas, la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos. De esta manera, el programa de Geociencias Marinas y Costeras (GEO) del INVEMAR contribuye con información relevante para la gestión del riesgo por erosión costera y el ordenamiento territorial en el departamento de Córdoba.

5 Objetivos

5.1 General

Aunar esfuerzos para la evaluación y priorización de las alternativas de solución, dando continuidad al monitoreo de la erosión costera, el estudio de los pastos marinos en el litoral cordobés.

5.2 Específicos

- Realizar la valoración económica de las alternativas propuestas en el portafolio de 2025 para localidades seleccionadas bajo criterios de priorización.
- Monitorear la erosión costera en las localidades de interés para mantener y fortalecer la serie de tiempo de datos y alimentar las bases de información existentes.
- Realizar el mapeo de pastos marinos a escala detallada en la boca de la bahía de Cispatá y golfo de Morrosquillo, y a nivel de unidades ecológicas en isla Tortuguilla en el departamento de Córdoba.

6 Justificación

Con base en los estudios realizados por INVEMAR en el marco de los convenios de cooperación con la CVS se ha identificado la afectación por erosión costera en el litoral cordobés. El análisis de las localidades priorizadas desde el año 2013, ha reflejado perdidas progresivas de playas que son forzados por los procesos oceanográficos y climáticos y sus condiciones geológicas.

Es por ello que, para contribuir al seguimiento de la erosión y acciones para mejorar el estado del litoral en el marco de la gestión integral de mares y costas, la presente propuesta se enfocará principalmente en la selección y evaluación de alternativas de solución en los sitios más críticos, basándose en el portafolio de 2025. Este enfoque permitirá identificar la alternativa más viable para la localidad más crítica por municipio y entregar una valoración técnica que respalde su futura implementación, garantizando intervenciones efectivas y priorizadas según la magnitud de los procesos erosivos. Se continuará con el monitoreo de los sectores de playa seleccionados, con el fin de actualizar y fortalecer la serie de tiempo de datos y la evaluación de las tendencias en la dinámica costera.

7 Área de estudio

La línea de costa del departamento de Córdoba tiene una longitud de 124 km sobre el mar Caribe y abarca cinco municipios: Los Córdobas, Puerto Escondido, Moñitos, San Bernardo del Viento y San Antero, sobre los cuales se han realizado monitoreos a la dinámica litoral para el control y mitigación de procesos erosivos (Figura 7.1).



Figura 7.1 Ubicación de la zona de estudio en el departamento de Córdoba y localidades municipales.

8 Metodología

8.1 Portafolio de alternativas de manejo de la erosión costera

El costeo de las alternativas priorizadas se desarrollará mediante una metodología basada en la estructuración de presupuestos por Análisis de Precios Unitarios (APU), apoyada en metrados, verificación de condiciones de campo y sondeo de mercado. Este procedimiento tiene como finalidad estimar, a precios actuales, los costos asociados a una futura implementación de las dos (2) alternativas seleccionadas en el marco del proceso participativo, garantizando trazabilidad en los supuestos técnicos, cantidades, fuentes de precios y soportes de cotización. La metodología se organiza en cinco fases secuenciales, las cuales permiten articular los resultados de los talleres municipales con la definición técnica de las alternativas, su desagregación presupuestal y la consolidación de los productos finales del componente (AACE International, s. f.; Project Management Institute [PMI], 2021).

8.1.1 Alistamiento y planificación del costeo

En esta fase se consolidará la ruta operativa para el desarrollo del costeo (Figura 8.1), incluyendo la definición de roles del equipo técnico, cronograma de actividades, requerimientos de información y estructura estándar de presentación del presupuesto. Para ello, se diseñará una plantilla de trabajo que integre la hoja de metrados, los Análisis de Precios Unitarios (APU), el registro de cotizaciones, los supuestos técnicos y el consolidado presupuestal por alternativa.

Asimismo, se establecerá la unidad de costeo más pertinente según la naturaleza de cada medida, la cual podrá expresarse por tramo intervenido, metro lineal, metro cuadrado, hectárea, unidad instalada o jornada, según corresponda (AACE International, s. f.; PMI, 2021).

De igual manera, se definirán los criterios mínimos de trazabilidad de la información, tales como fuente del precio, fecha de consulta, vigencia de la cotización, proveedor, ubicación y observaciones técnicas. Como actividad complementaria, se realizará una pre-identificación de insumos, materiales, servicios, equipos y posibles proveedores locales o regionales que puedan ser requeridos durante la fase de sondeo de mercado.



Figura 8.1 Alistamiento y planificación para el costeo de alternativas.

8.1.2 Integración de insumos técnicos y sociales para la definición del alcance

La segunda fase consistirá en la integración de los insumos derivados de los talleres participativos y de la verificación técnica rápida en campo (Figura 8.2). A partir de los talleres se recogerán los criterios de priorización, restricciones identificadas por la comunidad, observaciones sobre la aplicabilidad de las alternativas y resultados de preselección municipal. Esta información será complementada con una revisión en campo orientada a precisar condiciones de acceso, características físicas del sitio, disponibilidad de materiales, posibles limitaciones operativas, presencia de escorrentías, áreas críticas de intervención y riesgos asociados a una futura implementación.

Con base en estos elementos se definirá un alcance preliminar por alternativa, entendido como un diseño base de referencia que incluirá componentes principales, dimensiones aproximadas, unidad de intervención, supuestos mínimos y condiciones logísticas. Esta fase es fundamental para asegurar que el costeo responda a las condiciones reales del territorio (IUCN, 2020a).



Figura 8.2 Insumos técnicos y sociales para la definición del alcance de las alternativas.

8.1.3 Desagregación de actividades y metrado de cantidades

Una vez definido el alcance preliminar, cada alternativa será desagregada en paquetes de trabajo mediante una estructura tipo WBS (*Work Breakdown Structure*), con el propósito de organizar las actividades requeridas para su implementación (Figura 8.3). Esta desagregación podrá incluir, según la naturaleza de la alternativa, actividades de alistamiento, preparación del sitio, adecuación o limpieza inicial, intervención principal, revegetalización o protección, manejo de escorrentías, transporte de materiales, instalación de elementos, mantenimiento inicial, seguimiento y cierre operativo.

Para cada actividad se establecerá la unidad de medida correspondiente y se calcularán las cantidades mediante fórmulas explícitas, indicando los supuestos utilizados, factores de pérdida o desperdicio, rendimientos esperados y condiciones particulares del sitio. Adicionalmente, se definirán cuadrillas tipo, necesidades de mano de obra, equipos y herramientas requeridas para cada ítem. Como resultado de esta fase se obtendrá el metrado detallado de cada alternativa, el cual servirá como base para la construcción de los APU (PMI, 2021).

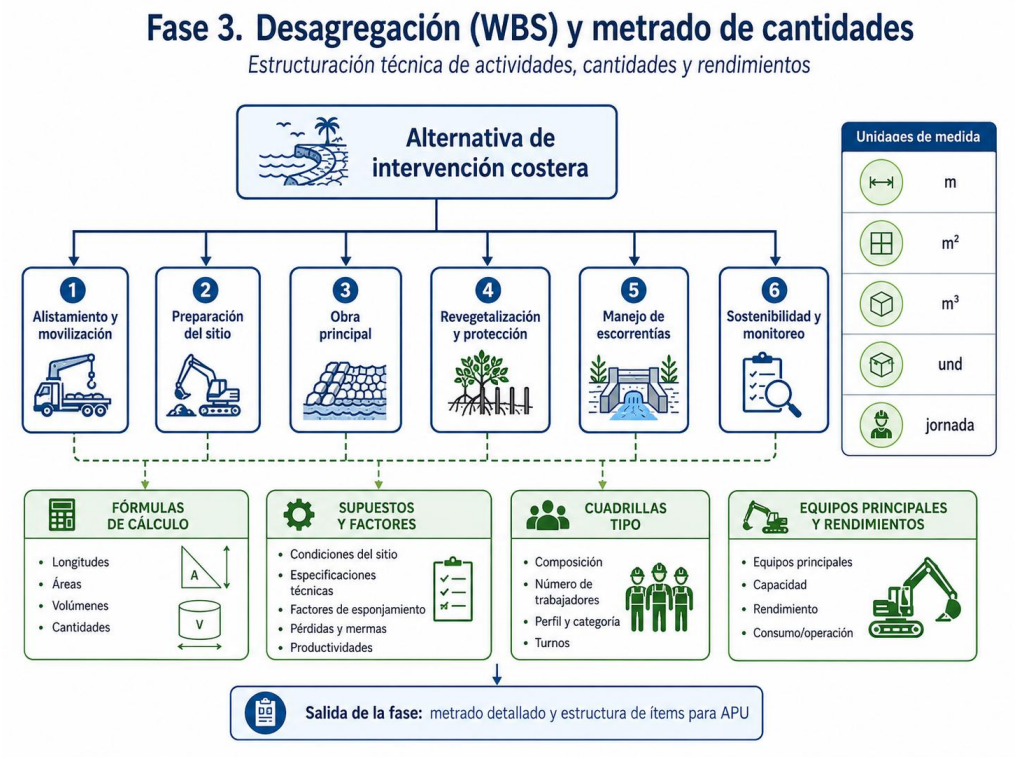


Figura 8.3 Desagregación y metrado de cantidades según la naturaleza de las alternativas.

8.1.4 Construcción de APU

Con los metrados definidos, se elaborarán los Análisis de Precios Unitarios para cada ítem presupuestal, incorporando los componentes de materiales, mano de obra, equipos, herramientas menores, transporte, acarreos, rendimientos, costos indirectos y contingencias operativas cuando aplique (Figura 8.4). Los precios unitarios serán respaldados mediante un sondeo de mercado orientado a obtener cotizaciones de insumos o servicios críticos, priorizando proveedores locales de los municipios costeros y, cuando no exista disponibilidad, proveedores regionales o nacionales.

En los casos en que no se cuente con oferta local, se documentará la fuente alternativa y se incorporarán los costos logísticos asociados, tales como transporte, cargue, descargue, tiempos de desplazamiento o disponibilidad de equipos. Esta fase permitirá garantizar que los valores presupuestados tengan respaldo verificable y correspondan a condiciones actualizadas de mercado (AACE International, s. f.).



Figura 8.4 Construcción de Análisis de precios unitarios APU y sondeo de mercado.

8.1.5 Consolidación, validación y presentación de resultados

Finalmente, se consolidará el presupuesto total de cada alternativa, integrando los costos directos, costos indirectos, contingencias y demás componentes presupuestales definidos durante el proceso. Posteriormente, se realizará una revisión de coherencia entre el alcance técnico, las cantidades estimadas, los precios unitarios, las cotizaciones y los productos esperados (Figura 8.5).

Los resultados serán presentados en un archivo Excel que contendrá los metrados, APU, cotizaciones, fuentes de información y presupuesto consolidado por alternativa. Asimismo, la información será incorporada en el Documento de Fichas, el cual incluirá una ficha por cada alternativa priorizada, con su descripción técnica, localización, mapa de referencia, supuestos principales y resumen presupuestal. De esta manera, el costeo quedará estructurado como un insumo técnico, financiero y operativo para la toma de decisiones (PMI, 2021).



Figura 8.5 Consolidación y presentación de resultados para la integración del presupuesto y fichas.

8.2 Monitoreo de la erosión costera

8.2.1 Levantamiento de la línea de costa

El monitoreo de la línea de costa se realiza con el propósito de reconocer y evaluar los cambios en la posición del límite tierra–mar en sectores con evidencia de erosión y acreción costera. Este levantamiento se desarrolla en las localidades priorizadas por presentar problemáticas asociadas a la erosión costera, permitiendo obtener información georreferenciada para el análisis de la dinámica litoral y la comparación espacio temporal de la línea de costa.

Desde el punto de vista metodológico, la línea de costa se asume como una posición de referencia dinámica, cuya localización puede variar de acuerdo con el indicador utilizado, el estado de la marea, la morfología de la playa, la disponibilidad de sedimento y las condiciones de oleaje al momento del levantamiento. Para este monitoreo se emplea como indicador principal la línea húmeda/seca, entendida como el límite visible sobre la playa que separa la zona recientemente alcanzada por el oleaje, generalmente más húmeda y de tonalidad más oscura, de la zona seca de la playa, ubicada hacia la parte alta del perfil.

En los sectores donde se identifica una berma de playa evidente y reconocible, esta geoforma se utiliza como indicador complementario de la posición de la línea de costa. La berma corresponde a una superficie relativamente plana o suavemente inclinada, formada por la acumulación de sedimentos en la parte alta de la playa, y puede representar un rasgo morfológico estable para el seguimiento de cambios costeros cuando se encuentra bien definida en campo.

El levantamiento de la línea de costa entre el 4 y el 8 de mayo se realizó mediante tecnología GNSS con corrección diferencial en postproceso, empleando un receptor GNSS Zenith60 Pro (Figura 8.6). Durante el trabajo de campo se recorre el borde costero siguiendo el indicador seleccionado en cada localidad, ya sea la línea húmeda/seca o la berma de playa cuando esta se encuentra claramente definida (Figura 8.6). Para garantizar la comparabilidad de la información, se procura mantener criterios homogéneos de levantamiento entre localidades y campañas de monitoreo. La información recolectada permitió obtener coordenadas precisas de la posición de la línea de costa, las cuales fueron posteriormente procesadas, depuradas y organizadas en una base de datos geográfica para su análisis espacial.

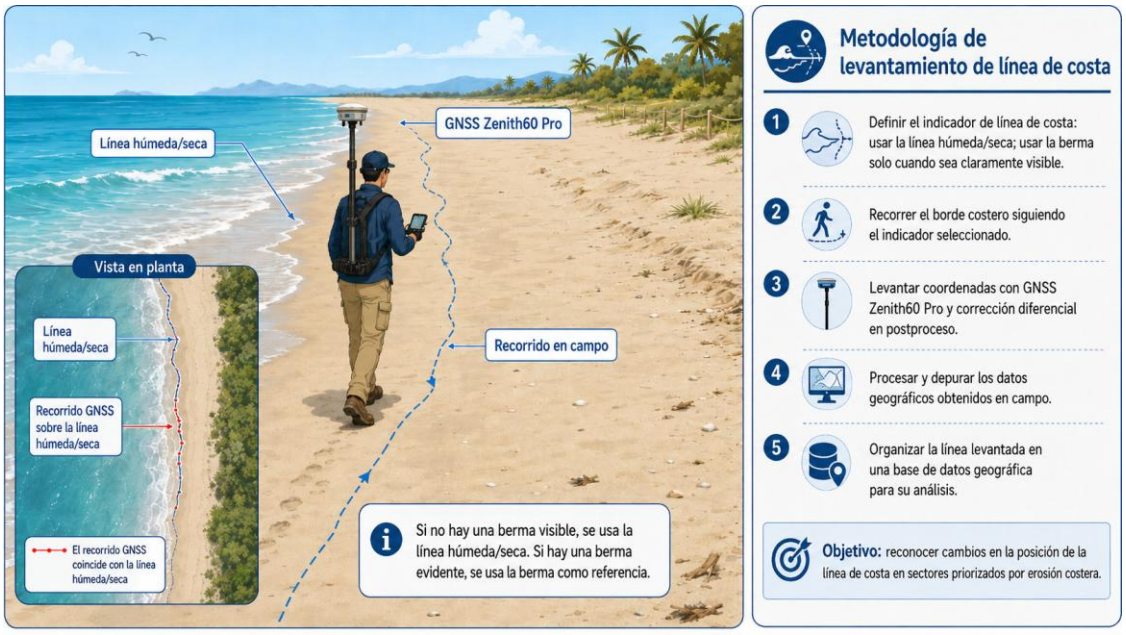


Figura 8.6 Metodología para el levantamiento y monitoreo de la línea de costa mediante GNSS.

8.2.2 Procesamiento y análisis histórico de líneas de costa

Una vez procesada la información levantada en campo, se integró la línea de costa de 2026 con las líneas de costa históricas disponibles para el periodo 2013–2025. Esta integración permitió construir una serie multitemporal de posiciones de línea de costa para cada localidad monitoreada.

El análisis de cambio costero se realizará mediante el uso del Digital Shoreline Analysis System (DSAS), herramienta desarrollada por el U.S. Geological Survey (USGS) para calcular cambios en la posición de líneas de costa o límites costeros a través del tiempo. Esta herramienta permite generar transectos perpendiculares a una línea base de referencia e intersectarlos con las diferentes líneas de costa, con el fin de calcular métricas de cambio espacial y tasas de variación.

Para el presente análisis se emplearan principalmente dos indicadores: el Movimiento Neto de la Línea de Costa (Net Shoreline Movement, NSM) y la Tasa de Regresión Lineal (Linear Regression Rate, LRR) (Figura 8.7). El NSM permite estimar el desplazamiento neto de la línea de costa entre la posición más antigua y la más reciente, expresado en metros. Por su parte, el LRR permite calcular la tasa de cambio de la línea de costa a partir del ajuste de una regresión lineal sobre todas las posiciones disponibles en la serie temporal, expresada en metros por año (Figura 8.7).

Los valores positivos son interpretados como procesos de avance de la línea de costa hacia el mar o acreción, mientras que los valores negativos son interpretados como retroceso de la línea de costa hacia tierra o erosión. Esta interpretación permite identificar sectores con tendencia erosiva, sectores con tendencia acrecional y áreas con comportamiento relativamente estable.

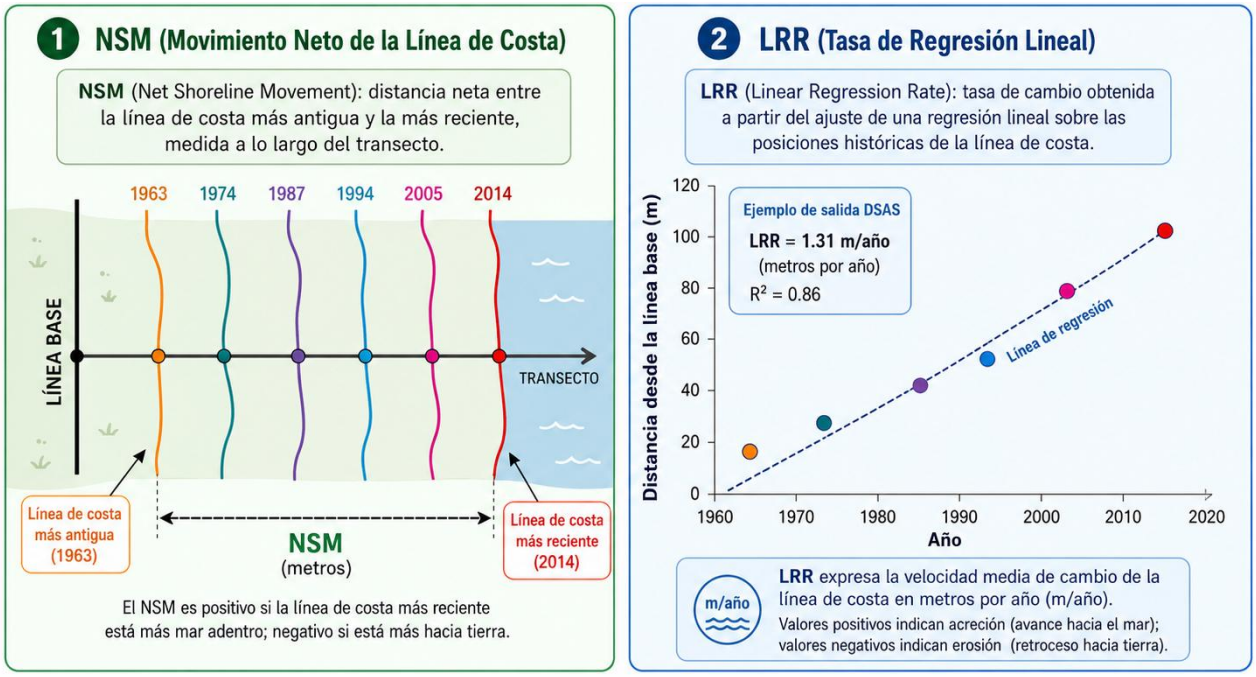


Figura 8.7 Indicadores de cambio de línea de costa calculados en DSAS: NSM (Movimiento Neto de la Línea de Costa) y LRR (Tasa de Regresión Lineal). Fuente: imagen tomada y adaptada de Himmelstoss et al. (2021).

8.2.3 Levantamiento topográfico de playa y generación de modelos digitales de elevación

De manera complementaria al monitoreo de la línea de costa, se realizó el levantamiento topográfico de playa en las áreas monitoreadas. Este levantamiento tuvo como objetivo caracterizar la morfología actual de la playa, generar modelos digitales de elevación y analizar los cambios morfológicos entre épocas climáticas.

Para efectos del presente estudio, la playa se entendió como una zona de material no consolidado que se extiende desde la línea de más baja marea hacia tierra, hasta el punto donde se presenta un cambio marcado en el material, en la forma fisiográfica o hasta donde inicia la vegetación permanente, de acuerdo con lo establecido en el Decreto Ley 2324 de 1984. Con base en esta definición, el levantamiento topográfico incluyó la zona emergida de la playa y se extendió hasta una profundidad aproximada de 0,60 m dentro del mar, con el fin de complementar la representación del perfil de playa y capturar la transición entre la playa seca, la zona intermareal y la zona somera inmediata.

El levantamiento se realizó mediante recorridos en zigzag a lo largo de la playa, tomando puntos con coordenadas X, Y y Z mediante tecnología GNSS con corrección diferencial en postproceso. Esta estrategia permitió cubrir de manera continua la superficie de la playa y registrar variaciones altimétricas asociadas a bermas, escarpes, pendientes, depresiones, barras someras y otros rasgos morfológicos presentes en el perfil costero (Figura 8.8).

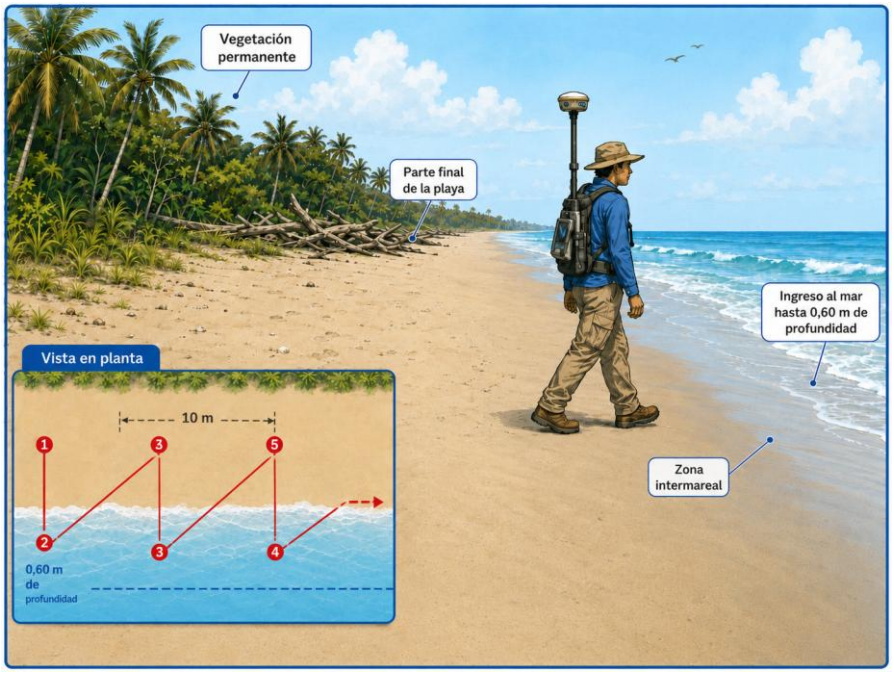


Figura 8.8 Esquema metodológico del levantamiento topográfico de playa para la generación de modelos digitales de elevación.

Durante el procesamiento de la información topográfica, las coordenadas levantadas con receptor GNSS fueron organizadas en una base de datos con los campos de identificación del punto, latitud, longitud y altura WGS84. Debido a que la altura WGS84 corresponde a una altura elipsoidal, esta fue corregida mediante el cálculo de la ondulación geoidal en el software Magna Sirgas Pro 5.1, utilizando como datos de entrada la latitud y longitud de cada punto en coordenadas elipsoidales.

A partir de la ondulación geoidal obtenida para cada punto, se realizó la conversión de la altura elipsoidal a una altura corregida o aproximada a la altura ortométrica, mediante la expresión $H = h - N$, donde H corresponde a la altura corregida, h a la altura WGS84 registrada por el GNSS y N a la ondulación geoidal. Este procedimiento permitió contar con valores altimétricos más adecuados para el análisis topográfico de la playa.

Los datos corregidos fueron procesados para generar modelos digitales de elevación de playa, los cuales permiten representar la configuración morfológica de cada sector monitoreado. Estos modelos constituyen una herramienta fundamental para comparar la evolución de la playa entre la época seca y la época húmeda, identificar zonas de pérdida o acumulación de sedimento y reconocer cambios en la pendiente, ancho y volumen relativo de la playa.

8.2.4 Extracción y comparación de perfiles de playa

A partir de los modelos digitales de elevación generados con la información topográfica de campo, se extraerán perfiles transversales de playa en estaciones de monitoreo previamente definidas. Estos perfiles se trazarán desde la parte alta de la playa hasta la zona somera inmediata, con el fin de representar la forma del perfil costero y reconocer rasgos morfológicos como bermas, escarpes, cambios de pendiente, zonas de acumulación y sectores erosionados.

Los perfiles obtenidos serán comparados entre las campañas de monitoreo de época seca y época húmeda. Para 2026, el levantamiento de mayo representa la condición húmeda menor, mientras que el levantamiento proyectado para septiembre permitirá evaluar la condición húmeda mayor. Esta comparación permitirá identificar variaciones en la elevación, pendiente, ancho de playa y posición de rasgos morfológicos, asociadas a la redistribución de sedimentos, la acción del oleaje, la escorrentía superficial y las condiciones oceanográficas de cada periodo.

Este análisis complementa el monitoreo de línea de costa, ya que permite evaluar no solo desplazamientos horizontales del borde costero, sino también cambios verticales y morfológicos en el perfil de playa.

8.2.5 Análisis departamental de línea de costa mediante sensores remotos

Finalmente, se complementará el análisis local con una evaluación de cambios de línea de costa a escala departamental. Para ello, se utilizará la base de datos geográfica disponible de

convenios anteriores y se actualizará la información mediante la digitalización de una línea de costa del año 2026 a partir de sensores remotos.

Este análisis permitirá actualizar las tasas de erosión y acreción a nivel departamental, identificar sectores críticos de retroceso costero y reconocer zonas con comportamiento estable o acrecional. La línea de costa obtenida a partir de imágenes satelitales será integrada con las líneas históricas disponibles y analizada mediante herramientas SIG y DSAS, con el fin de calcular indicadores de cambio como el Movimiento Neto de la Línea de Costa (NSM) y la Tasa de Regresión Lineal (LRR).

La evaluación departamental permitirá contar con una visión espacial más amplia del comportamiento reciente de la línea de costa en Córdoba y servirá como insumo para la identificación de sectores prioritarios, la actualización del diagnóstico de erosión costera y la formulación de medidas de manejo, monitoreo y adaptación.

8.3 Mapeo de unidades ecológicas de pastos marinos en la boca de la bahía de Cispatá y golfo de Morrosquillo, y a nivel de unidades ecológicas en isla Tortuguilla

En el marco de las acciones orientadas a fortalecer el conocimiento, la delimitación y la gestión ambiental de los ecosistemas marinos someros del litoral cordobés, se avanzó en la revisión de información secundaria disponible, como base para el diseño de muestreo que permita el desarrollo de la salida de campo de manera exitosa. Este diseño se está desarrollando en la actualidad.

8.3.1 Inspección de información secundaria disponible

Se realizó la búsqueda de información cartográfica disponible con el fin de reconocer los rasgos biofísicos del fondo marino, incluyendo variaciones en el tipo de sustrato, presencia de coberturas bentónicas y rasgos morfológicos submarinos, que permitiera inferir la presencia de unidades ecológicas de pastos marinos en el sector de Cispatá- Porvenir y de unidades ecológicas bentónicas de isla Tortuguilla.

8.3.1 Diseño de muestreo

Con base en la información secundaria disponible y la información de campo recopilada en el estudio de INVEMAR-CVS (2025), la cual aporta datos a nivel de los componentes de la cobertura biótica, actualmente se está estructurando un diseño de muestreo orientado especialmente hacia los puntos donde se identificó la presencia de pastos marinos. Esta decisión responde a que, para el fondo marino de isla Tortuguilla, las especies de pastos marinos registradas no conforman praderas continuas y no son apreciables en la imagen satelital; una condición similar se presenta en el sector Cispatá–El Porvenir. Por esta razón, el diseño de muestreo contempla la delimitación de polígonos que contienen estas zonas de interés, dentro de los cuales se

desplegarán puntos distribuidos de manera sistemática en forma de cuadrícula, con una separación variable según el tamaño de cada área a muestrear (Figura 9.27).

La estrategia propuesta combina dos aproximaciones complementarias: un muestreo sistemático y un muestreo intencional. El muestreo sistemático se aplicará desde la boca de la bahía de Cispatá hasta los límites con el departamento de Sucre, con mayor intensidad en las zonas donde se confirmó previamente la presencia de pastos marinos durante el levantamiento realizado en agosto de 2025. Este componente permitirá evaluar la continuidad, discontinuidad o ausencia de pastos en sectores adyacentes, así como identificar fondos mixtos o unidades bentónicas de transición. Por su parte, el muestreo intencional se orientará a sitios específicos identificados mediante la revisión de información secundaria, imágenes satelitales, sonar de barrido lateral, batimetría e interpretación experta, con el fin de incluir puntos sobre rasgos del fondo que, por su textura, reflectividad, profundidad, morfología o patrón espacial, puedan corresponder a unidades ecológicas diferenciables.

9 Avance de resultados

9.1 Monitoreo de la erosión costera

En este apartado se presentan los resultados del monitoreo de erosión costera realizado en las localidades priorizadas de los cinco municipios costeros del departamento de Córdoba. La información se organiza por municipio y por localidad evaluada. El monitoreo incluyó el levantamiento de la línea de costa y, en los sectores ocho localidades se generaron modelos digitales de elevación, que servirán como insumos para analizar la configuración actual de la playa, identificar sectores con procesos erosivos o de acumulación y establecer una línea base para futuros ejercicios de comparación. En estos resultados se presenta la longitud de la línea de costa levantada durante la salida del mes de mayo por cada localidad, de la Tabla 9-1 a la Tabla 9-11; y de la Figura 9.1 a la Figura 9.20 las líneas de costa levantadas y los MDE.

9.1.1 Los Córdobas

9.1.1.1 Puerto Rey – Minuto de Dios

9.1.1.1.1 Línea de Costa.

Tabla 9-1 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Puerto Rey – Minuto de dios.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
Los Córdobas	Puerto Rey – Minuto de Dios	Levantamiento de línea de costa	2.3 km

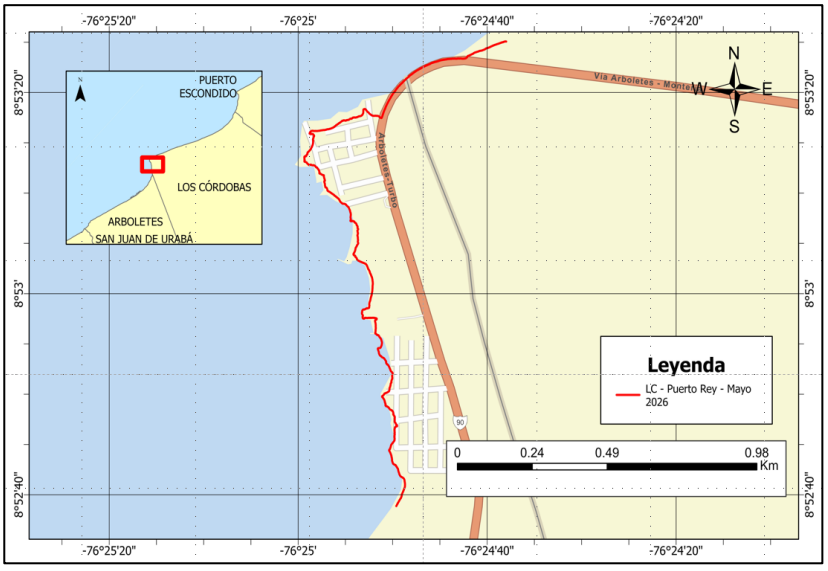


Figura 9.1. Línea de costa localidad Puerto Rey – Minuto de Dios, municipio de los Córdobas.

9.1.1.2 Brisas del caribe

9.1.1.2.1 Línea de Costa.

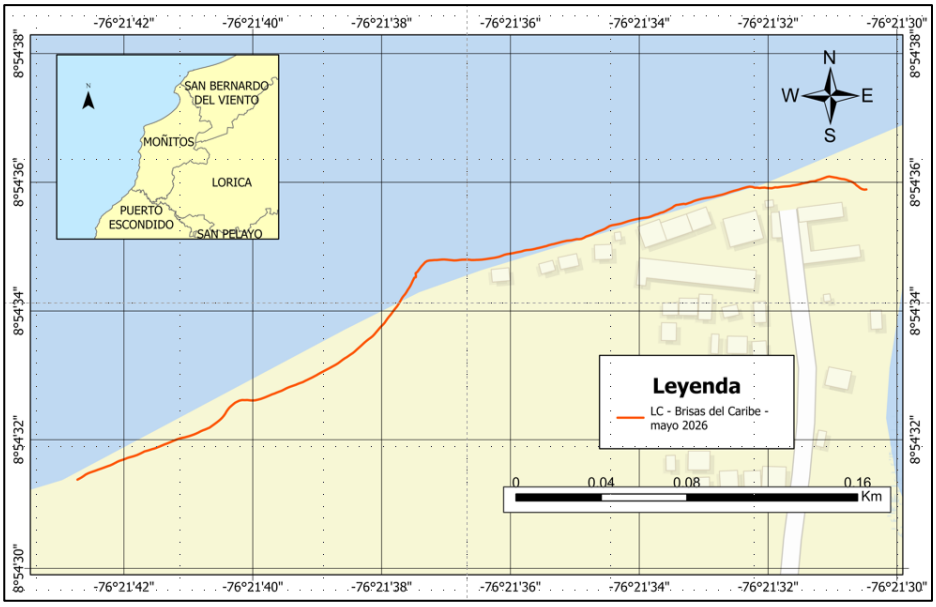


Figura 9.2. Línea de costa localidad Brisas del Caribe, municipio de los Córdobas.

Tabla 9-2 Longitud de línea de costa levantada en la localidad Brisas del Caribe.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
Los Córdobas	Brisas de Caribe	Levantamiento de línea de costa	0,42 km

9.1.1.2.2 Modelo Digital de Elevación

El mapa (Figura 9.3) presenta el Modelo Digital de Elevación (MDE) generado para la localidad Brisas del Caribe, en el municipio de Los Córdobas. Se observa una franja costera estrecha con elevaciones entre aproximadamente -1,28 y 2,32 m.s.n.m. en la parte central se observa la zona con las mayores alturas que corresponde a una estructura tipo espolón (Figura 9.4) de la zona.

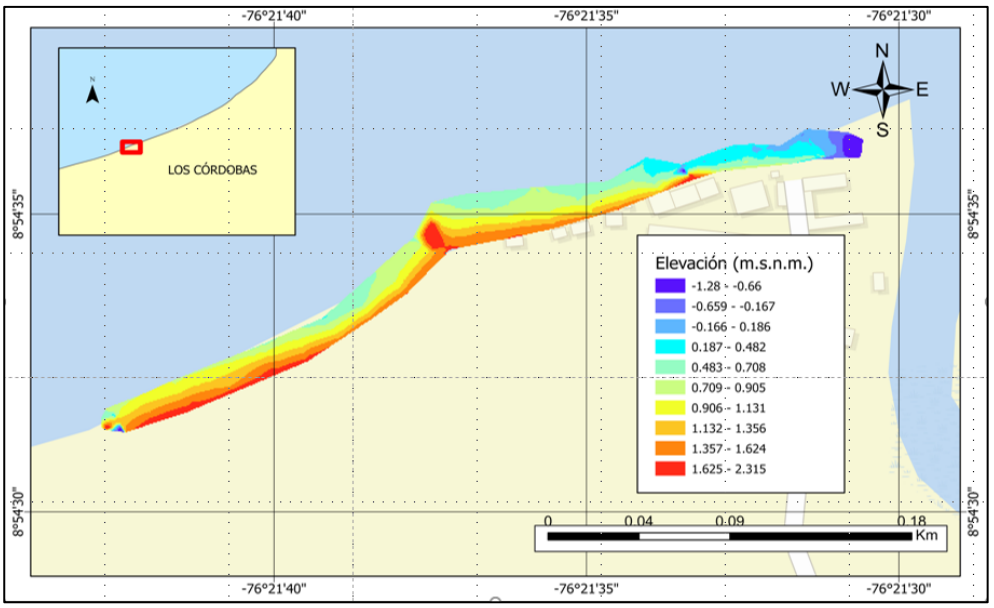


Figura 9.3. Modelo Digital de Elevación localidad Brisas del Caribe, municipio de los Córdobas.



Figura 9.4. Espolón parte central localidad Brisas del caribe.

9.1.2 Puerto Escondido

9.1.2.1 El Hoyito

9.1.2.1.1 Línea de Costa.

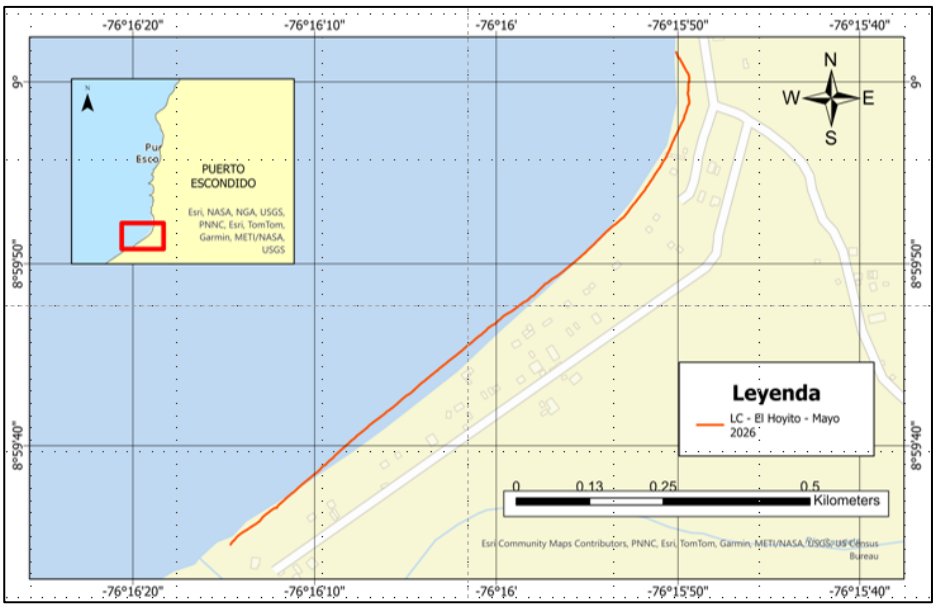


Figura 9.5. Línea de costa localidad El Hoyito, municipio de Puerto Escondido.

Tabla 9-3 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de El Hoyito.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
Puerto Escondido	El Hoyito	Levantamiento de línea de costa	1,19 km

9.1.2.1.2 Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación (Figura 9.6) muestra valores entre -1,035 y 1,396 m.s.n.m. Las mayores elevaciones se concentran principalmente hacia el sector nororiental del área levantada, donde predominan rangos entre 0,739 y 1,396 m.s.n.m., representados en tonos naranja y rojo. Estos valores sugieren una zona con mayor acumulación sedimentaria o mayor desarrollo topográfico de la playa. En contraste, hacia el sector suroccidental predominan las cotas más bajas, entre -1,035 y -0,359 m.s.n.m., representadas en tonos violeta y azul, asociadas a una franja más deprimida.

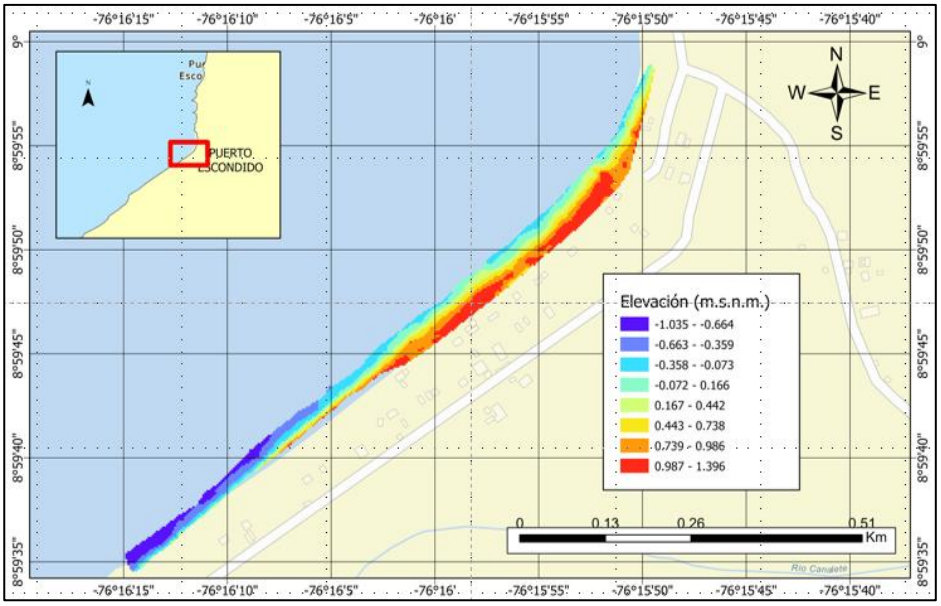


Figura 9.6. Modelo Digital de Elevación localidad El Hoyito, municipio de Puerto Escondido.

9.1.2.2 El Bolivitar

9.1.2.2.1 Línea de Costa.

Tabla 9-4 Longitud de línea de costa levantada en la localidad El Bolivitar.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
Puerto Escondido	El Bolivitar	Levantamiento de línea de costa	0,5 km

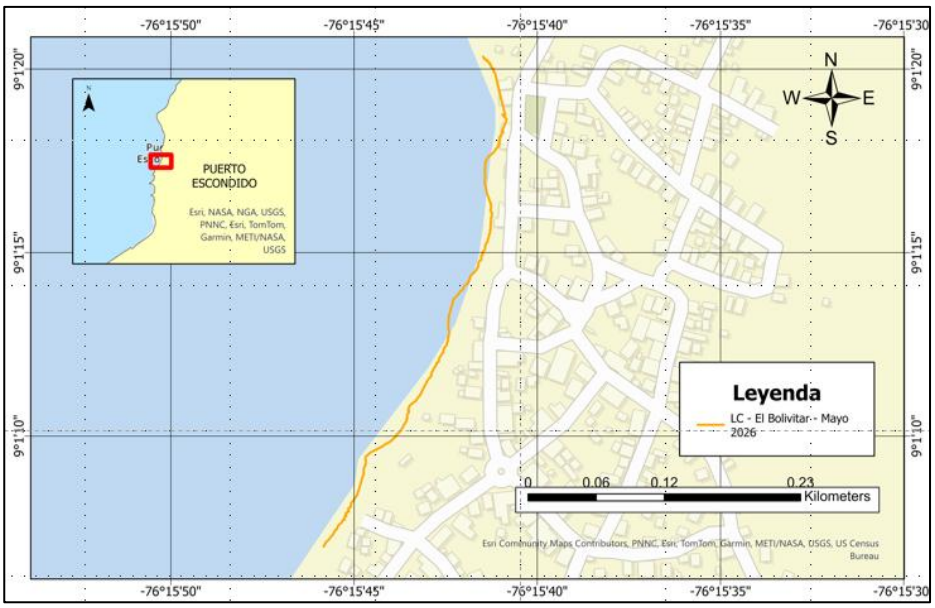


Figura 9.7. Línea de costa localidad El Bolivitar, municipio de Puerto Escondido.

9.1.2.2.2 Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación (Figura 9.8) presenta valores entre -1,75 y 2,69 m.s.n.m. Las mayores elevaciones se localizan de forma puntual a lo largo de la franja costera, principalmente en el sector central y hacia el norte del área levantada, donde se observan rangos entre 1,054 y 2,69 m.s.n.m., representados en tonos naranja y rojo. Estos sectores pueden asociarse con zonas de mayor acumulación sedimentaria o con una playa topográficamente más desarrollada.

En contraste, las menores elevaciones se concentran hacia el borde marino y en algunos sectores del sur y centro de la franja levantada, con valores entre -1,75 y -0,288 m.s.n.m., representados en tonos violeta y azul. Estas áreas corresponden a zonas más deprimidas del perfil de playa y próximas a la influencia directa del oleaje.

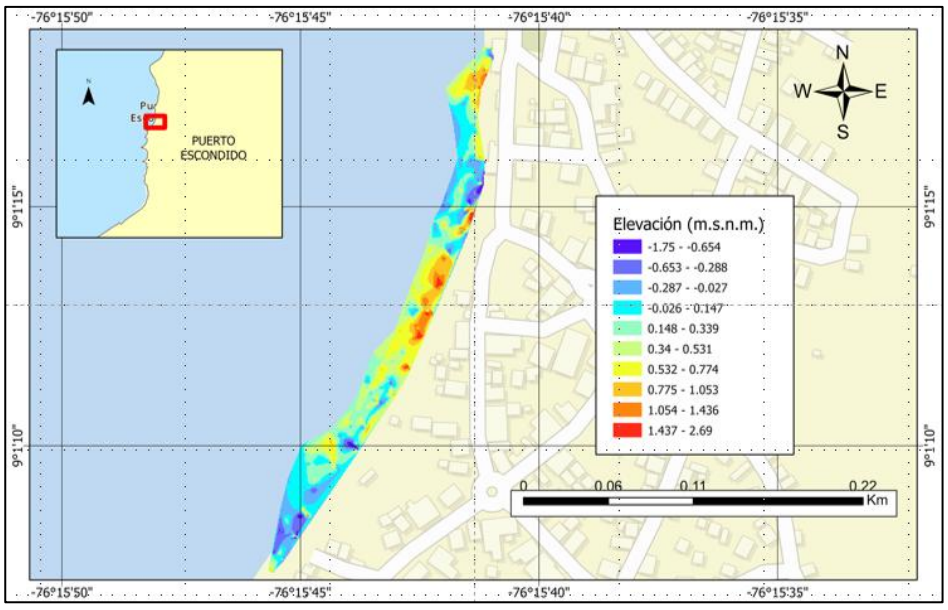


Figura 9.8. Modelo Digital de Elevación localidad El Bolivitar, municipio de Puerto Escondido.

9.1.3 Moñitos

9.1.3.1 Santander de la Cruz

9.1.3.1.1 Línea de Costa.

Tabla 9-5 Longitud de línea de costa levantada en la localidad Santander de la Cruz.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
Moñitos	Santander de la Cruz	Levantamiento de línea de costa	1,8 km

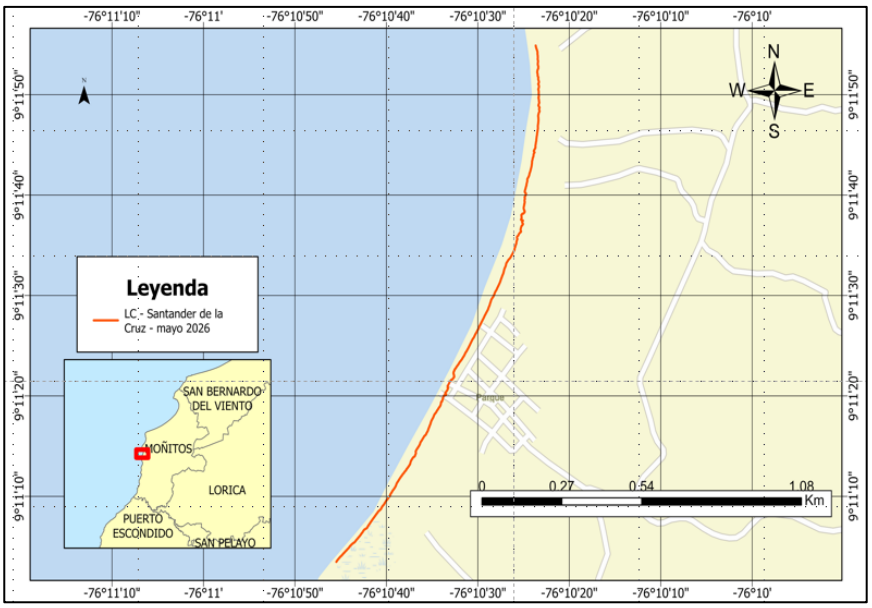


Figura 9.9. Línea de costa localidad Santander de la Cruz, municipio de Moñitos.

9.1.3.1.2 Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación de la localidad Santander de la Cruz (Figura 9.10), municipio de Moñitos, evidencia una franja costera estrecha con variaciones altimétricas a lo largo del área levantada. Las mayores elevaciones se concentran principalmente hacia el sector sur, donde se registran valores positivos entre 0,342 y 1,365 m.s.n.m., representados en tonos naranja y rojo, los cuales pueden asociarse con zonas de mayor acumulación sedimentaria o con un mayor desarrollo topográfico de la playa. Hacia el sector norte y en algunos tramos próximos al borde marino predominan cotas más bajas; sin embargo, los valores negativos extremos, cercanos a -3,377 m.s.n.m., deben interpretarse con precaución, ya que se consideran posibles anomalías asociadas al levantamiento, la corrección vertical o el proceso de interpolación del modelo. Por tanto, estos valores deberán ser revisados antes de realizar análisis morfológicos comparativos.

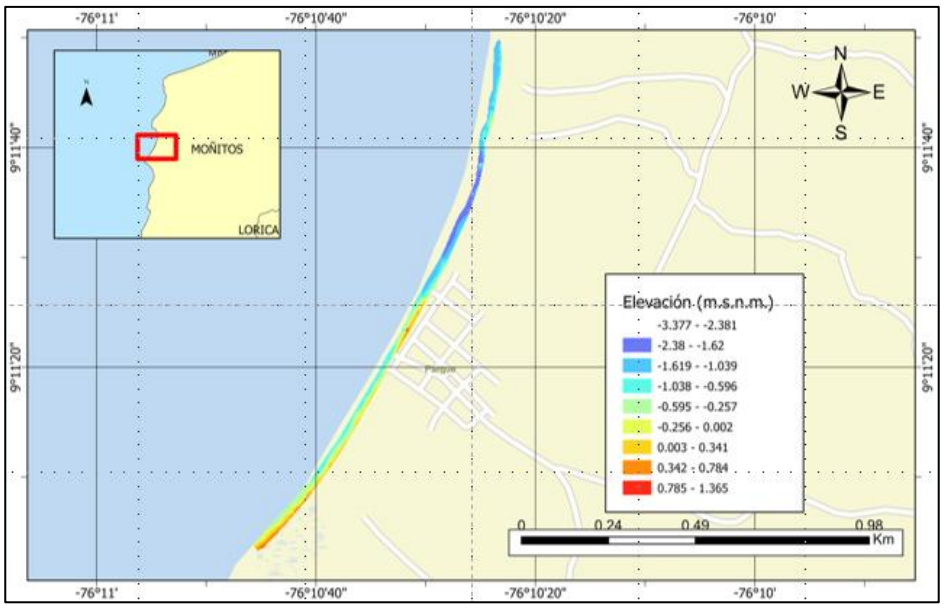


Figura 9.10. Modelo Digital de Elevación localidad Santander de la Cruz, municipio de Moñitos.

9.1.3.2 Cabecera municipal Moñitos

9.1.3.2.1 Línea de Costa.

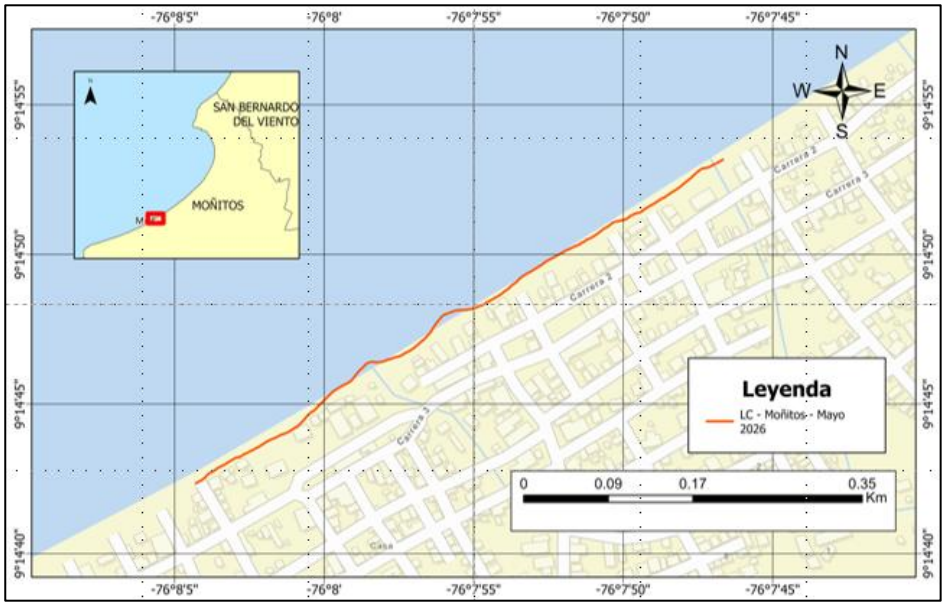


Figura 9.11. Línea de costa localidad Moñitos, municipio de Moñitos.

Tabla 9-6 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Moñitos.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
Moñitos	Moñitos	Levantamiento de línea de costa	0,73 km

9.1.3.2.2 Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación (Figura 9.24) muestra una franja costera estrecha en el municipio de Moñitos, con elevaciones entre 0,528 y 2,105 m.s.n.m. Las mayores cotas se distribuyen de forma continua hacia la parte interna de la playa, paralelas a la zona urbana, con rangos entre 1,554 y 2,105 m.s.n.m., representados en tonos naranja y rojo. Estos sectores pueden asociarse con una mayor acumulación sedimentaria o con un mejor desarrollo topográfico de la berma de playa.

Hacia el borde marino predominan las menores elevaciones, entre 0,528 y 0,898 m.s.n.m., representadas en tonos violeta, azul y cian, lo que evidencia una disminución progresiva de la cota hacia la zona de influencia directa del oleaje. En general, el modelo refleja una playa angosta, con una transición altimétrica clara desde la zona baja próxima al mar hacia cotas más elevadas en el contacto con el área urbanizada.

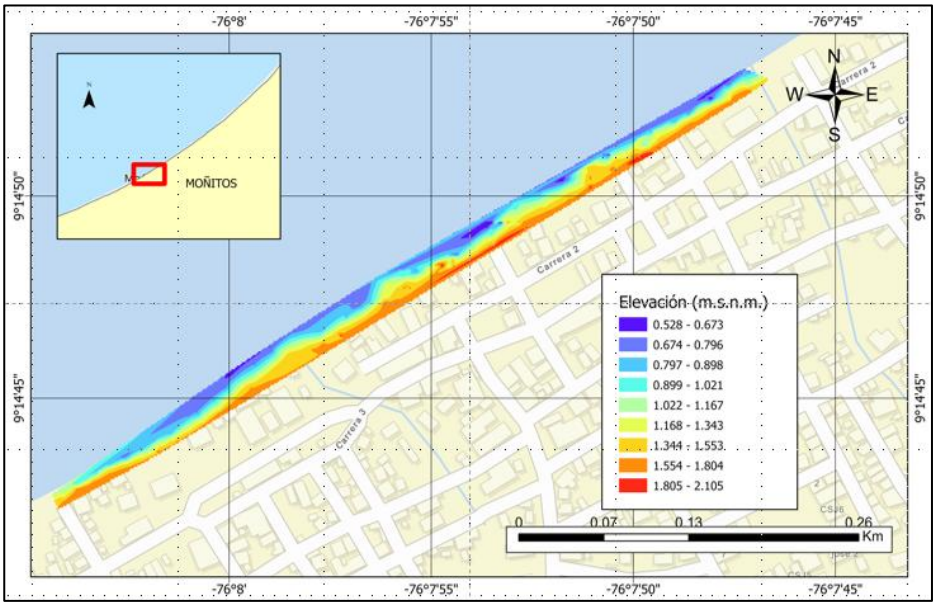


Figura 9.12. Modelo Digital de Elevación localidad Moñitos, municipio de Moñitos.

9.1.3.3 La Rada

9.1.3.3.1 Línea de Costa.

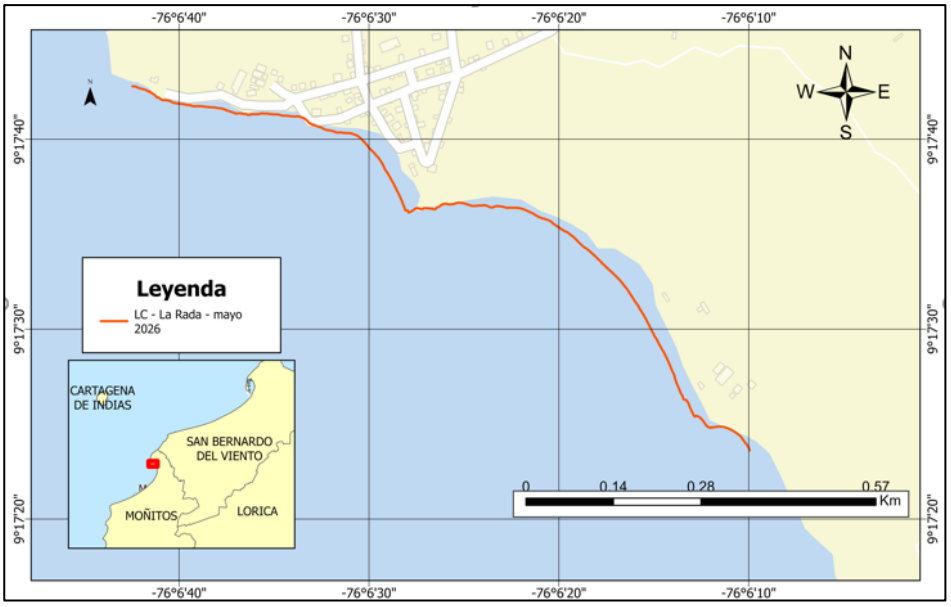


Figura 9.13. Línea de costa localidad La Rada, municipio de Moñitos.

Tabla 9-7 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de La Rada.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
Moñitos	La Rada	Levantamiento de línea de costa	1,8 km

9.1.4 San Bernardo del Viento

9.1.4.1 Brisas del Mar

9.1.4.1.1 Línea de Costa.



Figura 9.14. Línea de costa localidad Brisas del Mar, municipio de San Bernardo del Viento

Tabla 9-8 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Brisas del Mar.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
San Bernardo del Viento	Brisas del Mar	Levantamiento de línea de costa	0,68 km

9.1.4.1.2 Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación de Playa Brisas del Mar (Figura 9.15), en el municipio de San Bernardo del Viento, presenta una franja costera de baja variabilidad altimétrica, con valores entre -1,137 y 1,269 m.s.n.m. La distribución de las elevaciones no evidencia sectores puntuales de acumulación sedimentaria intensa, sino una transición gradual de cotas desde el borde marino hacia la parte interna de la playa. En conjunto, el cambio suave de alturas sugiere una playa de baja pendiente, con un relieve poco marcado y sin acumulaciones topográficas sobresalientes dentro del tramo levantado.

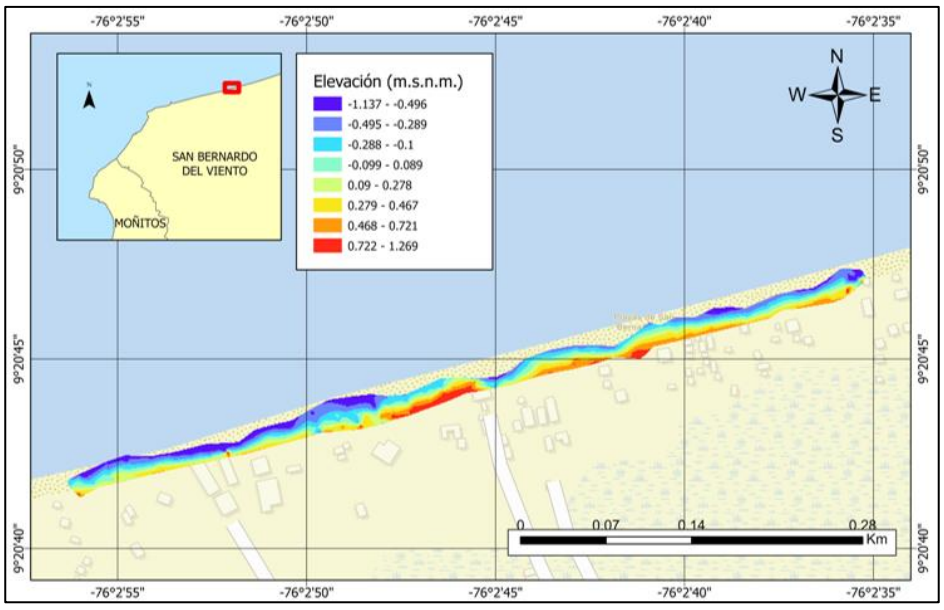


Figura 9.15. Modelo Digital de Elevación localidad Brisas del Mar, municipio de San Bernardo del Viento.

9.1.4.2 La Ye

9.1.4.2.1 Línea de Costa.

Tabla 9-9 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de La Ye.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
San Bernardo del Viento	La Ye	Levantamiento de línea de costa	0,75 km

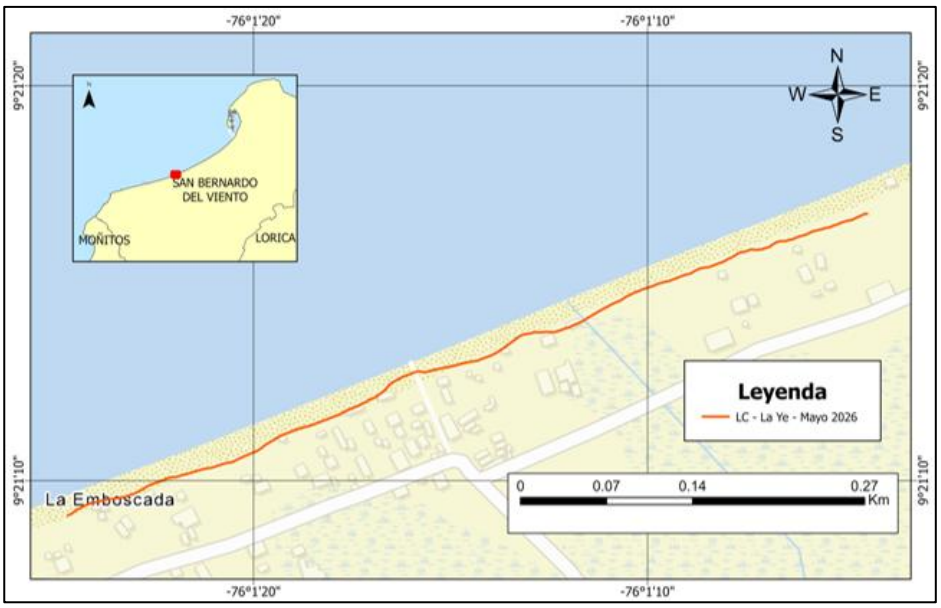


Figura 9.16. Línea de costa localidad La Ye, municipio de San Bernardo del Viento.

9.1.4.2.2 Modelo Digital de Elevación

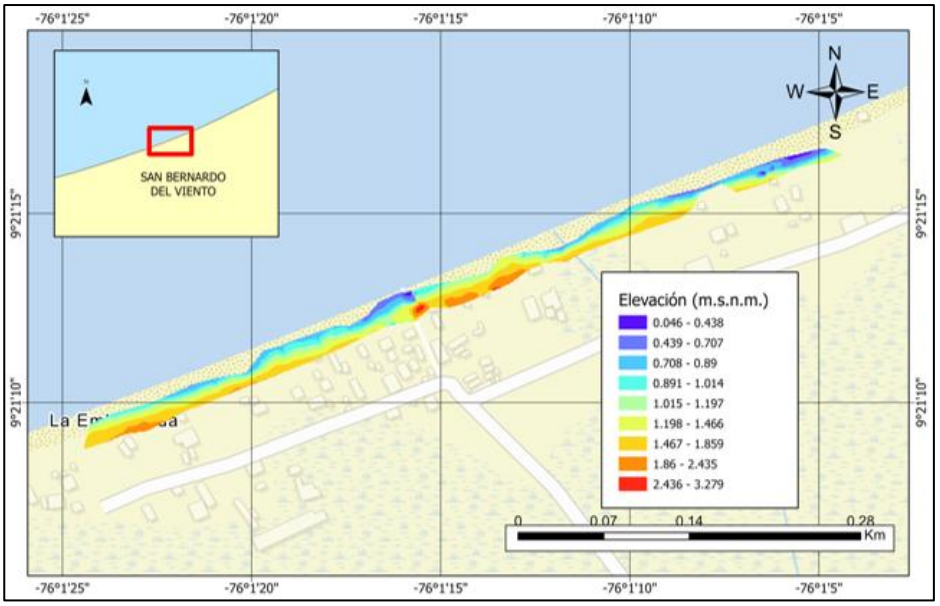


Figura 9.17. Modelo Digital de Elevación localidad La Ye, municipio de San Bernardo del Viento

Las zonas de zonas de mayor elevación, representadas en tonos naranja y rojo en el MDE de la localidad de La Ye (Figura 9.17), pueden asociarse con acumulaciones locales de sedimento o con un mayor desarrollo del perfil de playa. Hacia el borde marino predominan cotas más bajas, entre 0,046 y 0,890 m.s.n.m., representadas en tonos violeta, azul y cian. En conjunto, el MDE

evidencia una playa con pendiente suave a moderada, pero con sectores puntuales de mayor altura que resaltan sobre la franja costera levantada.

9.1.4.3 Los Tambos

9.1.4.3.1 Línea de Costa.

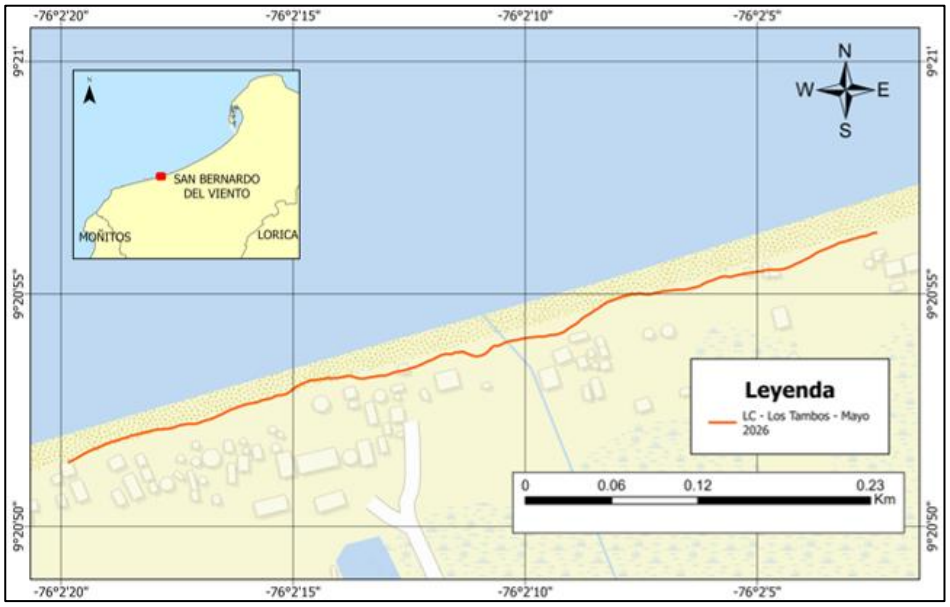


Figura 9.18. Línea de costa localidad Los Tambos, municipio de San Bernardo del Viento.

Tabla 9-10 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Puerto Rey – Minuto de dios.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
San Bernardo del Viento	Los Tambos	Levantamiento de línea de costa	0,59 km

9.1.4.3.1 Modelo Digital de Elevación

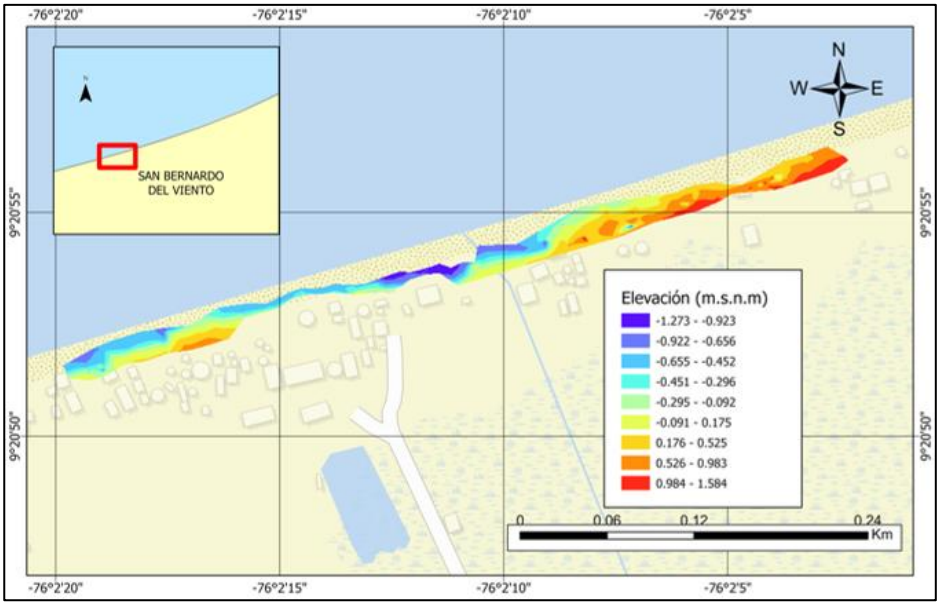


Figura 9.19. Modelo Digital de Elevación localidad Los Tambos, municipio de San Bernardo del Viento

El Modelo Digital de Elevación (Figura 9.19) del sector monitoreado en San Bernardo del Viento presenta valores entre -1,273 y 1,584 m.s.n.m. La distribución altimétrica muestra una franja de playa estrecha, con una transición general desde cotas bajas próximas al borde marino hacia valores más altos en la parte interna de la playa.

Las mayores elevaciones se concentran principalmente hacia el sector nororiental del tramo levantado, donde predominan valores entre 0,984 y 1,584 m.s.n.m., representados en tonos naranja y rojo. Sin embargo, estas elevaciones no conforman una zona amplia de acumulación intensa, sino sectores discontinuos de mayor altura asociados al desarrollo local del perfil de playa. Hacia el sector suroccidental y en la zona cercana al mar predominan cotas bajas, entre -1,273 y -0,452 m.s.n.m., representadas en tonos violeta, azul y cian. En conjunto, el MDE evidencia una costa de baja pendiente, con variaciones altimétricas suaves y acumulaciones localizadas poco extensas.

9.1.5 San Antero

9.1.5.1 Playa Blanca

9.1.5.1.1 Línea de Costa.

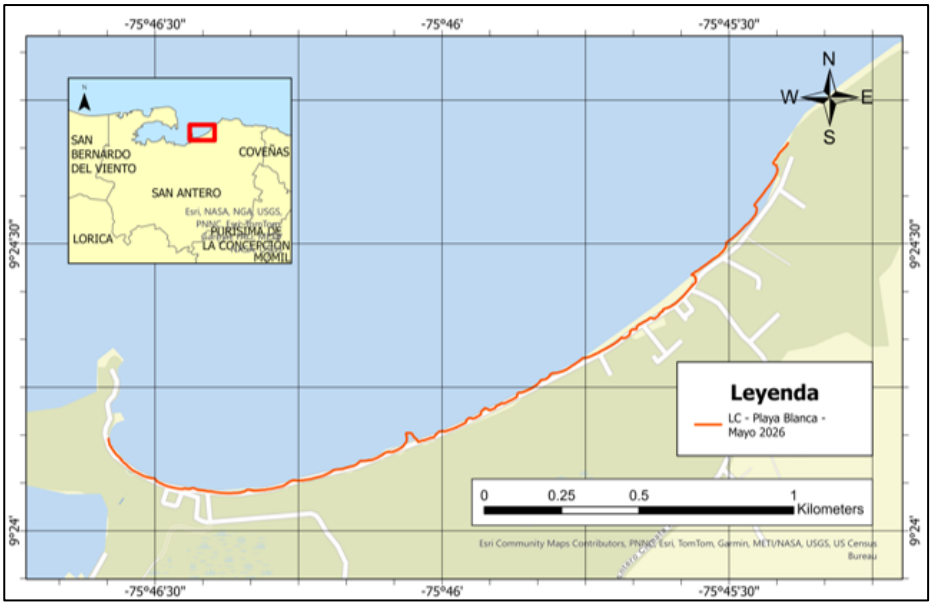


Figura 9.20. Línea de costa localidad Playa Blanca, municipio de San Antero

Tabla 9-11 Longitud de línea de costa levantada en la localidad de Playa Blanca.

Municipio	Sector / playa	Actividad realizada	Longitud levantada
San Antero	Playa Blanca	Levantamiento de línea de costa	2,85 km

9.2 Mapeo de unidades ecológicas de pastos marinos en la boca de la bahía de Cispatá y golfo de Morrosquillo, y a nivel de unidades ecológicas en isla Tortuguilla.

9.2.1 Revisión de información secundaria.

La revisión de la información incluyó lo siguiente: 1) Mapa de ecosistemas marinos de Colombia de 2015 (IDEAM, MADS, IAvH, SINCHI, INVEMAR, IIAP, PNN e IGAC, 2015); 2) Proyecto PLANECO (INVEMAR, TNC, CI y UAESPNN, 2009); 3) Proyecto UAC Morrosquillo (CVS-INVEMAR, 2012); y 4) la información espacial generada en el marco del proyecto INVEMAR-CVS (2025). La revisión de la información evidenció diferencias importantes entre las fuentes en cuanto a la extensión,

continuidad y localización de la cobertura bentónica, tanto para isla Tortuguilla (Figura 9.21, Figura 9.22, y Figura 9.23) como para Cispatá-Porvenir, estas conclusiones y habían sido dadas en el citado proyecto INVEMAR-CVS. Como resultado de estas observaciones, algunas delimitaciones representan áreas relativamente extensas y continuas, otras registran únicamente parches pequeños y dispersos. Estas diferencias podrían estar relacionadas con grandes dificultades en los procesos de delimitación dadas por la turbidez de la columna de agua que dificulta la clara visualización del fondo marino, pero también a diferencias en la escala, en el esfuerzo de captura de información de campo e incluso en la ausencia de información de campo, en los tipos de insumos utilizados, en los métodos de interpretación, e incluso en las fechas de generación de la información, ya que el pasto tiene la capacidad de variar espacio temporalmente (Allonso et al., 2019).

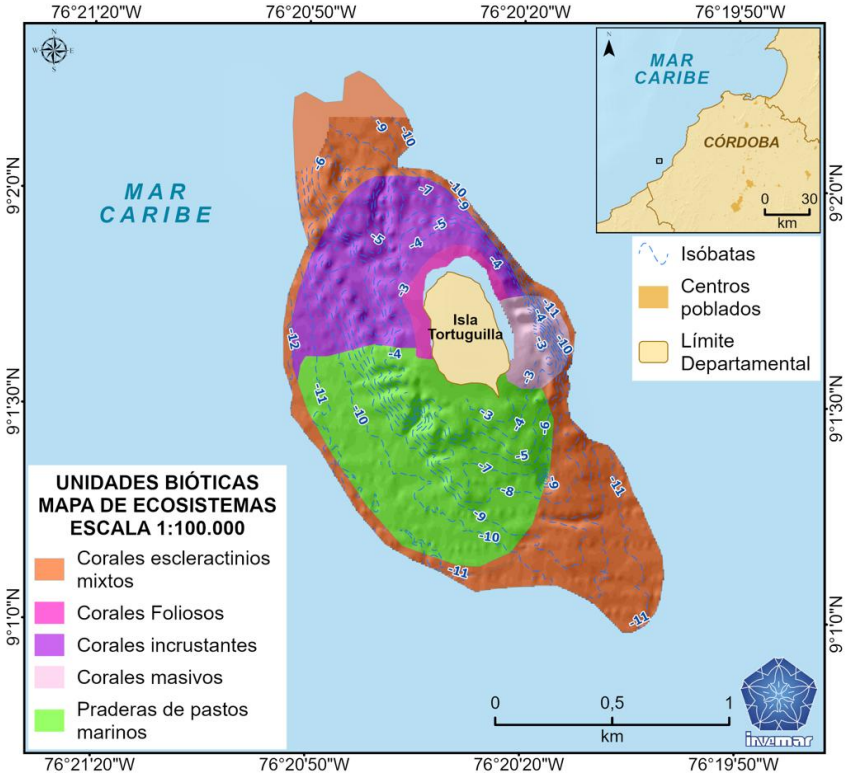
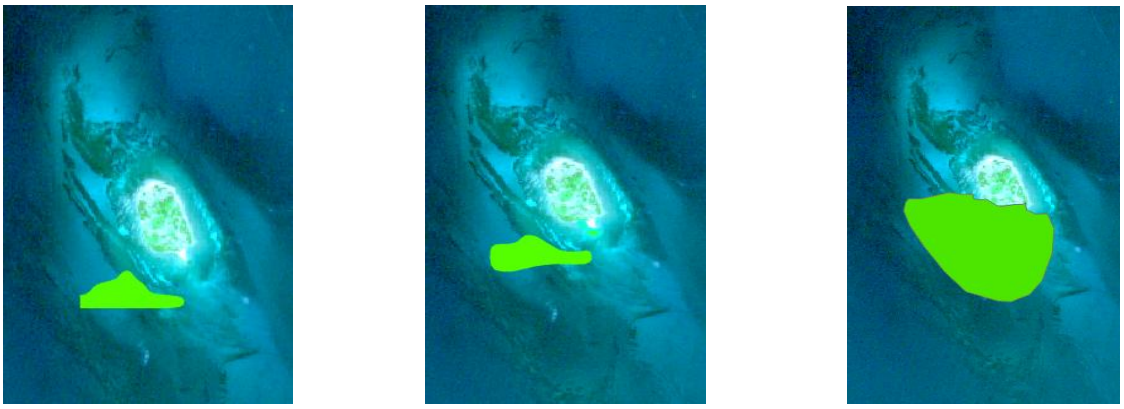


Figura 9.21. Visualización de la información cartográfica de unidades ecológicas en isla Tortuguilla, información generada en Díaz et al., (2000) y modificada en sus extremo norte y sur para el mapa de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia (IDEAM et al., 2015).



A B C

Figura 9.22. pantallazos con información cartográfica de pastos marinos de isla Tortuguilla de tres estudios diferentes. A) UAC Morrosquillo, B) PLANECO y C) Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Tortuguilla de tres estudios diferentes. A) UAC Morrosquillo, B) PLANECO y C) Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia

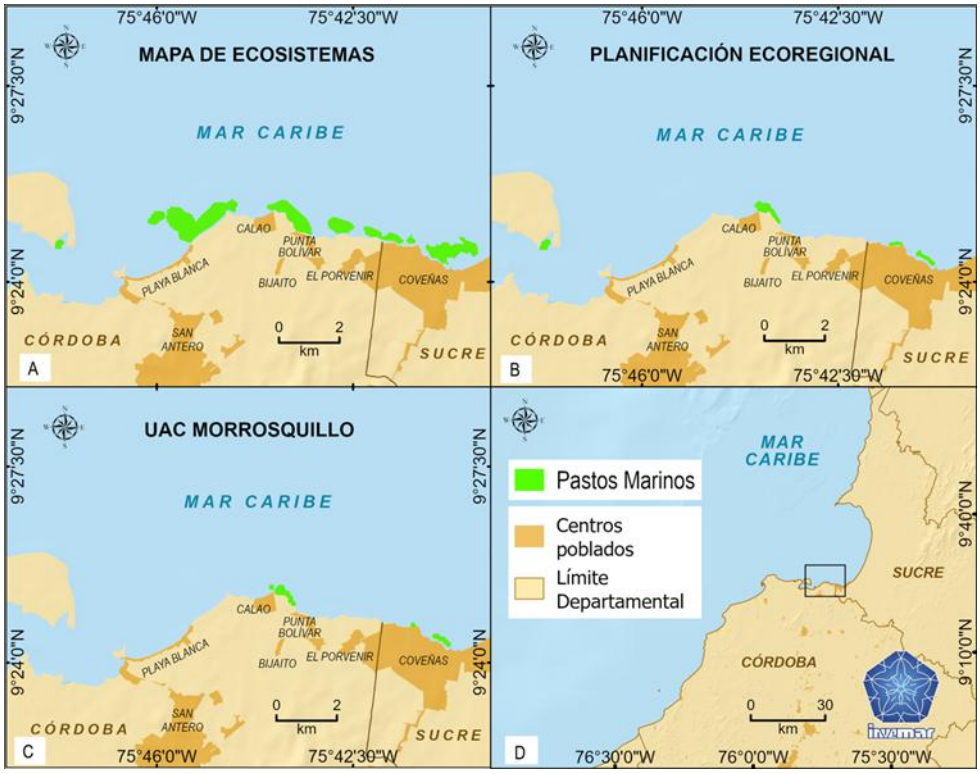


Figura 9.23. Visualización de la información cartográfica de pastos marinos en el sector Cispatá-Porvenir

Con base en la información identificada, se concluye que, en isla Tortuguilla la distribución real de la cobertura biótica parece ser diferente a la información cartográfica secundaria disponible. Algo similar sucede para el área de Cispatá-Porvenir en cuanto a la distribución de los pastos marinos, sin embargo, en este caso la incertidumbre es mayor debido a la ausencia de imágenes

de satélite capaces de mostrar el fondo marino en un grado que permita al menos realizar inferencias sobre esta cobertura.

Los análisis preliminares previamente expuestos, dan soporte al estudio INVEMAR-CVS (2025), el cual, además de representar los estudios más recientes, también son los de mayor certeza debido a los métodos utilizados como la generación de información biofísica a través del sondeo del fondo marino y de la inspección del fondo mediante la toma de puntos geoposicionados para dar soporte a los análisis que se desarrollarán en el presente estudio.

La información generada en INVEMAR-CVS (2025) con relevancia para el presente estudio, es la generada a nivel de sustratos del fondo marino (ver Figura 9.24).

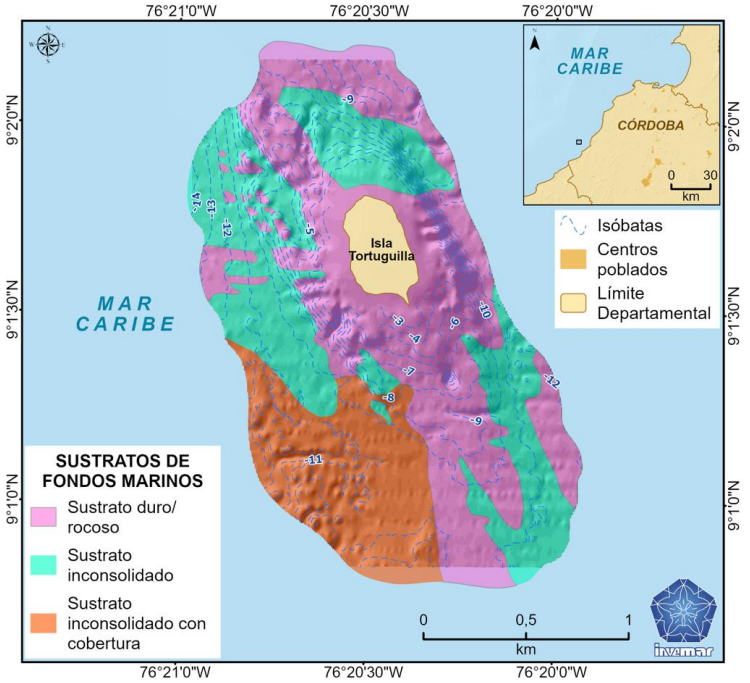


Figura 9.24. Mapa de tipos de sustrato del fondo marino de isla Tortuguilla generado en INVEMAR-CVS (2025)

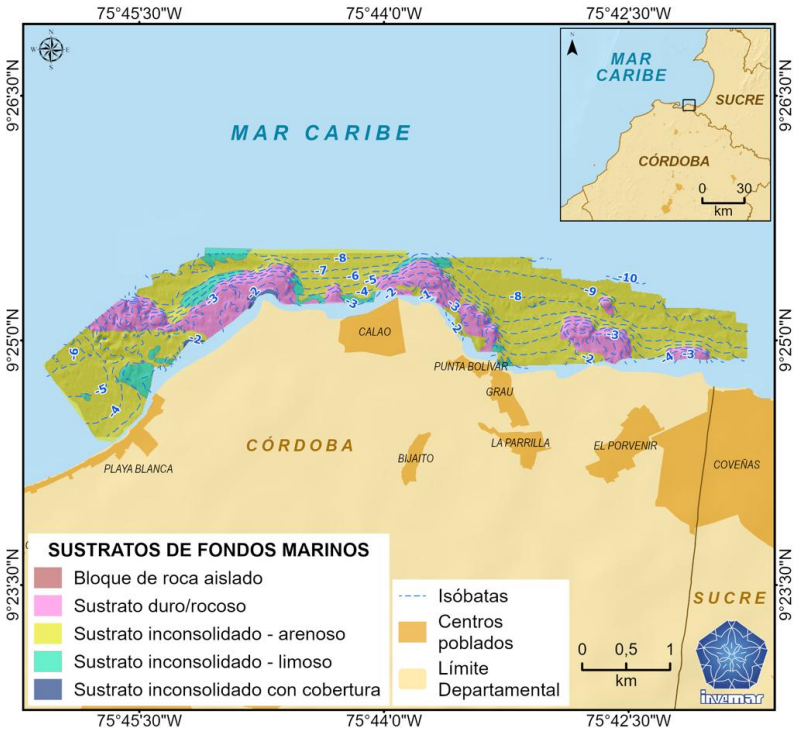


Figura 9.25. Mapa de tipos de sustrato del fondo marino del sector Cispatá-Porvenir

A pesar de que no se descarta el empleo de imágenes de satélite, debido a las condiciones recurrentes de turbidez en la columna de agua y a la limitada visibilidad del fondo marino mediante sensores remotos, aparte de una imagen identificada en el estudio (INVEMAR-CVS, 2025), no se han encontrado imágenes adecuadas para propósitos de mapeo. Las imágenes serán utilizadas como apoyo en caso de que se identifiquen imágenes que permitan una visibilización al menos aceptable (Figura 9.26).



Figura 9.26. Visualización de imagen de satélite Sentinel-2 de del 18 de agosto de 2024 donde se puede visualizar el fondo marino de isla Tortuguilla hasta aproximadamente 13 a 14 metros de profundidad. La imagen fue identificada y descargada durante el desarrollo del estudio INVEMAR-CVS, 2025. A la fecha no se han identificado imágenes adicionales que permitan apreciar el fondo marino de manera aceptable

9.2.2 Revisión de información secundaria.

A la fecha se han definido las áreas a muestrear y la distribución preliminar de puntos para isla Tortuguilla, bajo un diseño de muestreo intencional enfocado en rasgos previamente reconocidos a partir de la información secundaria, la imagen satelital y los registros de campo. En este sector, el diseño contempla el mapeo de la terraza marina somera que rodea la isla, hasta una profundidad aproximada de 13 m, de acuerdo con el rango observado durante la campaña de campo previa (Figura 9.27). En esta área se buscará diferenciar unidades con presencia de *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens*, fondos arenosos, fondos mixtos, biota dispersa y otras coberturas bentónicas asociadas.

Para el sector Cispatá–El Porvenir se plantea un despliegue similar al de isla Tortuguilla, mediante polígonos trazados alrededor de los puntos donde previamente se reconoció la presencia de pastos marinos. Adicionalmente, se distribuirán algunos puntos complementarios en sectores estratégicos, con el propósito de descartar o confirmar la posible presencia de pequeños parches de pastos marinos no detectables en la imagen satelital (Figura 9.28). En este sector se propone delimitar unidades ecológicas dentro de un radio aproximado de hasta 500 m alrededor de los puntos donde se confirmó la presencia de pastos marinos en la campaña previa. Este radio podrá ampliarse durante el trabajo de campo si se registra continuidad de los pastos o presencia de nuevas unidades asociadas. El propósito es representar adecuadamente

el gradiente entre los núcleos con presencia de pastos, los mosaicos mixtos y los fondos adyacentes sin cobertura dominante.

La captura de información en campo se realizará mediante registros ecológicos rápidos, orientados a caracterizar la composición bentónica de cada punto de muestreo. En cada registro se estimarán porcentajes de cobertura de los principales grupos bióticos bentónicos, incluyendo pastos marinos, macroalgas, corales, octocorales, esponjas, cianobacterias y otros organismos visibles, así como los componentes abióticos dominantes del fondo. Adicionalmente, para los pastos marinos y los corales duros se realizará una discriminación a nivel de especie, con el fin de fortalecer la interpretación ecológica de las unidades bentónicas y apoyar la posterior delimitación cartográfica de las coberturas y unidades ecológicas presentes en el área de estudio.

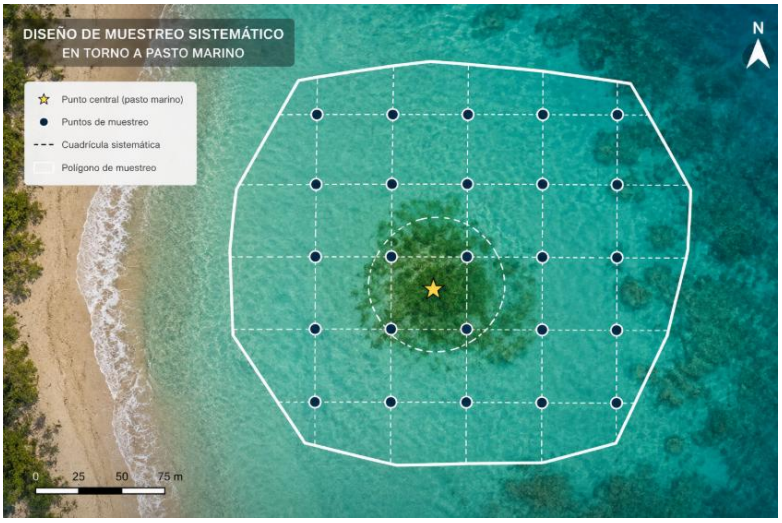


Figura 9.27. Ejemplo de despliegue sistemático para captura de información en campo, en torno a los sitios donde previamente se sabe la presencia de pastos marinos

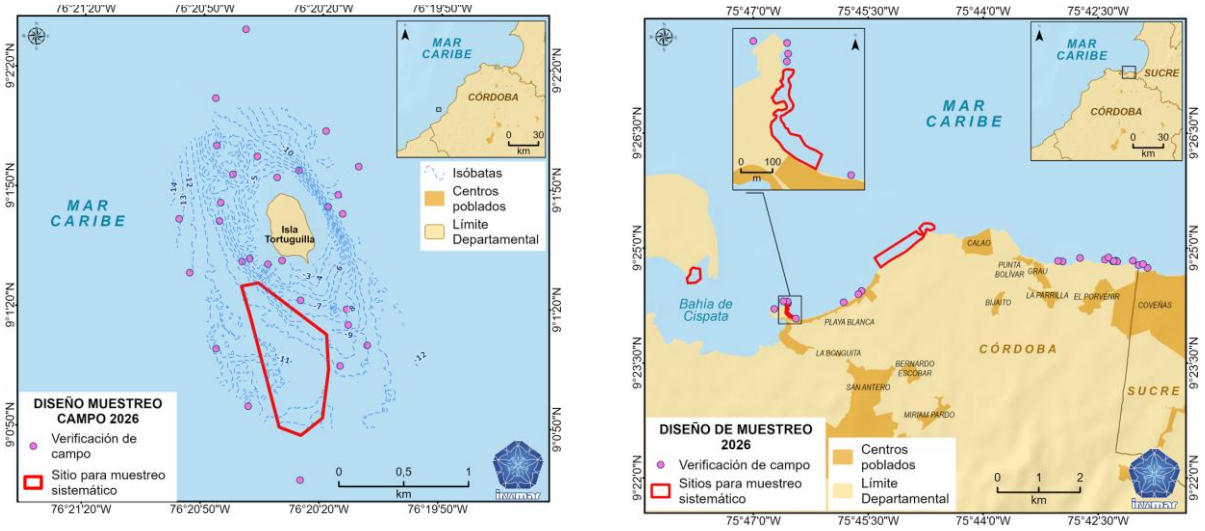


Figura 9.28. Sitios donde se desplegará el diseño de muestreo sistemático. A) isla Tortuguilla , B) Cispatá-Porvenir

Por último, el avance en el desarrollo del objetivo de mapeo del fondo marino se considera metodológico, lo que ya está expuesto en esta sección del documento, sin embargo, a continuación, se presenta un breve resumen de esos avances para la sección de resultados:

En la boca de la bahía de Cispatá, el golfo de Morrosquillo e isla Tortuguilla, se consolidó una base de información secundaria y de campo que permitió reconocer las principales limitaciones, vacíos e incertidumbres asociadas a la delimitación de coberturas bentónicas en el área de estudio. En isla Tortuguilla se evidenció que la distribución real de la cobertura biótica no coincide completamente con la información cartográfica secundaria disponible, debido a que los pastos marinos registrados no conforman praderas continuas y presentan una expresión espacial limitada. Para el sector Cispatá–El Porvenir se identificó una condición similar, aunque con mayor incertidumbre, debido a la dificultad para visualizar el fondo marino mediante imágenes satelitales por efecto de la turbidez de la columna de agua. En este sentido, se reconoció que la información generada por INVEMAR-CVS (2025), basada en sondeos del fondo marino, puntos geoposicionados e inspección directa, constituye el insumo de mayor utilidad y certeza para orientar el presente estudio.

A partir de esta revisión, se avanzó en la definición de las áreas prioritarias de muestreo y en la estructuración preliminar del diseño de campo. Para isla Tortuguilla se estableció un diseño orientado al reconocimiento de la terraza marina somera que rodea la isla, hasta aproximadamente 13 m de profundidad, con el propósito de diferenciar unidades asociadas a pastos marinos, fondos arenosos, fondos mixtos, biota dispersa y otras coberturas bentónicas.

Para el sector Cispatá–El Porvenir se planteó un diseño enfocado en los sectores donde previamente se confirmó la presencia de pastos marinos, complementado con puntos estratégicos para verificar la posible existencia de parches pequeños no detectables mediante sensores remotos.

El principal resultado de este avance corresponde, por tanto, a la consolidación de una estrategia metodológica de muestreo ajustada a las condiciones ambientales del área de estudio, a la incertidumbre de la información disponible y a la distribución esperada de las coberturas bentónicas. Esta estrategia combina muestreo sistemático e intencional, y será implementada mediante registros ecológicos rápidos que permitirán caracterizar la composición bentónica de cada punto, estimar porcentajes de cobertura de los principales grupos bióticos y discriminar a nivel de especie los pastos marinos y corales duros. Los detalles técnicos del procedimiento, criterios de selección de áreas, fuentes revisadas y diseño de muestreo se presentan de manera ampliada en la sección de metodología.

10 Conclusiones

- Los resultados obtenidos durante la primera campaña de monitoreo de erosión costera constituyen el aporte a la comparación interanual sobre la posición de la línea de costa y la configuración topográfica de las playas evaluadas. Por ello, la interpretación de los procesos de erosión, acumulación o estabilidad costera deberá ser contrastada con la información de la segunda salida de campo, con el fin de identificar cambios morfológicos, variaciones espaciales y tendencias asociadas a la dinámica litoral en el área de estudio.

- La revisión de información secundaria evidenció diferencias cartográficas importantes sobre la distribución de coberturas bentónicas en isla Tortuguilla y en el sector Cispatá–El Porvenir, asociadas posiblemente a la turbidez, la limitada visibilidad del fondo marino, diferencias en fechas y metodología entre estudios.

- La información generada por INVEMAR-CVS (2025) constituye el insumo más confiable para orientar el presente estudio de mapeo de unidades ecológicas, al incorporar registros recientes, información de tipos de sustrato, e información georreferenciada con inspección directa del fondo marino.

- El diseño de muestreo propuesto permitirá verificar en campo la presencia, continuidad y composición la cobertura biótica bentónica, mediante registros ecológicos rápidos, esta información será la base para el mapeo a nivel de unidades ecológicas.

11 Referencias

AACE International. (s. f.). *18R-97: Cost estimate classification system – As applied in engineering, procurement, and construction for the process industries*. AACE International.

Alonso Aller, E., et al. (2019). Temporal variability of a protected multispecific tropical seagrass meadow in response to environmental change. Environmental Monitoring and Assessment. https://doi.org/10.1007/s10661-019-7977-z.

CVS-INVEMAR. (2012). Lineamientos de Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera Estuarina río Sinú –golfo de Morrosquillo. (M. Hernandez, A. Zamora, A. Lopez, & P. Sierra, Edits.) *Serie de documentos generales INVEMAR No. 53 - Santa Marta*, 102.

Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2021). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide. U.S. Geological Survey Open-File Report 2021–1091. https://doi.org/10.3133/ofr20211091

IDEAM; MADS; IAVH; SINCHI; INVEMAR; IAAP; PNN; IGAC. (2015). Mapa de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia a escala 1:100.000.

International Union for Conservation of Nature. (2020a). *Global standard for nature-based solutions: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS* (1st ed.). IUCN.

INVEMAR-CVS. 2025. *Monitoreo de la erosión costera, alternativas de solución e identificación de efectos sobre el litoral cordobés. Informe Técnico de Avance. Convenio 012 de 2025*. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis, Santa Marta. 110 pp.

INVEMAR; TNC; CI; UAESPNN;. (2009). Informe Técnico: Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano. (D. Alonso, L. Ramirez, C. Segura, P. Castillo, J. Diaz, T. Walschburger, & N. Arango, Edits.) *Serie de cocumentos generales INVEMAR No. 41 - Santa Marta*, 106.

Project Management Institute. (2021). *The standard for project management and a guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.