Análisis integral de información de Línea Base Ambiental de un área de interés de conducción de hidrocarburos en la baja Guajira - Cuenca Colombia, como orientación de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales en el medio marino – Fase II -2026.



PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR

Junio 2026 - Santa Marta - Colombia

Análisis de información de Línea Base Ambiental de un área de interés de conducción de hidrocarburos en la baja Guajira - Cuenca Colombia, como orientación de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales en el medio marino – Fase II -2026.

PROPUESTA TÉCNICA Y ECONOMICA

CUERPO DIRECTIVO

Director General del INVEMAR

Francisco Armando Arias Isaza

Subdirector Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Recursos y Apoyo a la Investigación (SRA)

Sandra Rincón Cabal

Coordinadora de Investigación e Información para la Gestión Marina y Costera (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador Servicios Científicos (CSC)

Juan Carlos Márquez

Coordinador Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David A. 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 (VAR)

Mario E. Rueda Hernández

PREPARADA POR:

Programa BEM
Martha Vides Casado
Magnolia Murcia Riaño
Juan Camilo Zarate
Cristina Cedeño
Eliana Barrios
Raúl Navas
Luis Chasqui
Diana I Gómez
David Alonso Carvajal

Programa GEO
Ana María Osorio
Edward Giovanny Osorio
Juan José Ferrer
David Fernando Morales
Constanza Ricaurte Villota

Programa VAR
Daniela Fernanda Robles Vargas
Cristian Eduardo Carreño
Daniel Guerrero Bedoya
Fabian David Escobar Toledo

Programa CAM
Tatiana Zapata
Cesar Bernal
Paola Obando
Luisa Espinosa

Programa GEZ (LabSIS)
Jhonny Garcés Ortega

Imagen de portada: Composición generalizada de diversas actividades costa afuera (tubos de conducción gas y arrecifes artificiales con comunidades de pescadores (Imagen generada con IA con Google Gemini (2026, Google DeepMind).

CLÁUSULA DERECHOS DE AUTOR

"De acuerdo con la Decisión Andina 351 de 1993, Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993 y demás normas modificatorias, complementarias y concordantes la presente propuesta de carácter científico goza de protección legal, siendo el INVEMAR el único titular de los derechos patrimoniales de autor, por lo que tiene el control sobre cualquier forma de utilización y ostenta la facultad exclusiva para autorizar o prohibir cualquier explotación que sobre la obra se realice, incluyendo la reproducción, comunicación, distribución pública, traducción, adaptación, arreglo o cualquiera otra forma de la obra. Por todo lo anterior para su utilización se requerirá autorización previa y expresa, no requerirá autorización para el ejercicio del derecho de cita en las reproducciones parciales para lo cual se deberá indicar expresamente la fuente y la autoría de INVEMAR".

Contenido

1 INTRODUCCIÓN 6
1.1 Antecedentes 6
1.1.1 Antecedentes de la Propuesta 9
1.2 Alcance 9
2 OBJETO DE LA PROPUESTA 10
3 OBJETIVO GENERAL: 10
4 COMPONENTE TÉCNICO 11
TEMÁTICA 1. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS MARINO-COSTEROS Y COMUNIDADES BIOLÓGICAS ASOCIADAS 11
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
TEMÁTICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA. 13
5 MARCO METODOLÓGICO 16
TEMÁTICA 1. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS MARINO-COSTEROS Y COMUNIDADES BIOLÓGICAS ASOCIADAS 16
5.1 Identificación y descripción de rasgos morfológicos submarinos 16
5.2 Identificación y descripción de rasgos morfológicos del subfondo 17
5.3 Caracterización sedimentológica 18
5.4 Calidad de sedimento marino superficial 18
5.5 Análisis de muestras biológicas 20
5.5.1 Megafauna epibentónica y demersal 21
5.5.2 Macrofauna bentónica 22
5.5.3 Meiofauna bentónica 23
5.5.4 Caracterización de la formación coralina lineal 24
5.6 Actualización del Portal Ambiental Offshore 26
TEMÁTICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA 27
5.7 Mapa de Sensibilidad Ambiental 27
5.8 Caracterizar la biodiversidad asociada arrecifes artificiales 28
5.8.1 Salida a campo y análisis de datos de biodiversidad 29

5.8.2 Evaluación de potencial de arrecifes como alternativa de medida de compensación de biodiversidad. 30
5.9 Incorporación de criterios socioeconómicos, territoriales e institucionales 30
5.9.1 Actividad 1 Mapeo de actores estratégicos y recopilación de información secundaria 31
5.9.2 Actividad 2 Análisis, consolidación y retroalimentación institucional de la información territorial 33
5.9.3 Actividad 3 Construcción de lineamientos socioeconómicos para compensaciones ambientales marinas 34
6 . PRODUCTOS Y ENTREGABLES 35
TEMÁTICA 1. Caracterización de Hábitats y Comunidades Biológicas 35
6.1 Productos Temática 1 35
TEMÁTICA 2: Fundamentos para compensaciones ambientales marinas 36
6.2 Productos Temática 2 36
6.3 ENTREGABLES 37
7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 37
8 PLAN DE INVERSIÓN 38
8.1 Personal 38
9 PRESUPUESTO 43
10 DESEMBOLSOS 45
11 REFERENCIAS 45

PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE LÍNEA BASE AMBIENTAL DE UN ÁREA DE INTERÉS DE CONDUCCIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA BAJA GUAJIRA - CUENCA COLOMBIA, COMO ORIENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE COMPENSACIONES AMBIENTALES EN EL MEDIO MARINO – FASE II -2026.

GENERALIDADES DE LA PROPUESTA

ORGANIZACIÓN SOLICITANTE: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis"– INVEMAR

OBJETO: Aunar esfuerzos técnicos y financieros entre el INVEMAR y la ANH para realizar el análisis integral de la línea base ambiental generada en 2025 en la Baja Guajira, permitiendo así la consolidación de un soporte técnico y científico orientado a autoridades ambientales, en el desarrollo del componente marino dentro de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales, facilitando la reducción de incertidumbre en su implementación en proyectos de conducción de hidrocarburos y energías renovables costa afuera.

LUGAR DE EJECUCIÓN: La ejecución de las actividades del Proyecto objeto del Convenio se llevarán a cabo en la región donde se ubica el área de estudio sobre el Caribe colombiano y se coordinará administrativamente desde la sede principal del INVEMAR en Santa Marta.

DURACIÓN: Se prevé una duración de 5.5 meses, contados desde de la firma de formalización del Convenio Interinstitucional y no más allá del 18 de diciembre de 2026.

MONTO SOLICITADO - ANH: $2.784.669.270.oo COP

CONTRAPARTIDA – INVEMAR: $ 736.261.168.oo COP

TOTAL DEL PROYECTO: $ 3.520.930.438.oo COP

PRINCIPALES CONTACTOS:

Coordinador Programa BEM: David A. Alonso Carvajal

Correo electrónico: david.alonso@invemar.org.co

Comunicaciones en general: correspondencia@invemar.org.co

Dirección general: director.invemar@invemar.org.co

Notificaciones Judiciales: njinvemar@invemar.org.co

Dirección Sede Principal: Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero, Santa Marta D.T.C.H., Colombia

Teléfonos: +57+5+4328600 Fax: +57+5+4328694

Horario de atención: lunes a viernes; 7:00 a.m.-11:30 a.m. y de 1:00 p.m.-5:00 p.m

1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial costero y marino —que incluye la exploración de petróleo, gas y minerales, las energías renovables, el transporte marítimo y el desarrollo de la acuicultura— se está expandiendo rápidamente y tiene un enorme potencial de crecimiento futuro (OCDE, 2016). Sin embargo, estas actividades están ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los recursos naturales. El aumento de la presión, que da lugar al deterioro de la biodiversidad, es evidente en más de tres cuartas partes de las zonas marinas bajo jurisdicciones nacionales y en casi dos tercios de todos los sistemas oceánicos (Halpern et al., 2015). Solo el 13,2 % (~55 millones de km²) de los océanos del mundo puede considerarse actualmente libre en gran medida de impactos humanos (Jones *et al*., 2018).

En seguimiento a la necesidad de la obtención de información con base en el conocimiento ambiental que permita establecer la sensibilidad de áreas sujetas a intervención de actividades económicas costa afuera, la presente propuesta técnico económica, sigue los lineamientos adquiridos en marco del ***Programa para el levantamiento de línea base ambiental de nuevas fronteras de desarrollo del sector de hidrocarburos***, que ha venido en desarrollo desde el 2007 dentro de la alianza estratégica entre el INVEMAR y la ANH.

Es en la necesidad de país, de contar con la mejor información ambiental disponible a escalas y detalles de aproximación adecuados a la intervención, que el seguimiento al proyecto en mención cobra relevancia. Cabe aclarar que el estudio propuesto corresponde a un estudio de línea de base ambiental, los cuales determinan las características de un área antes del desarrollo de una intervención y establecen el estado ambiental inicial y se diferencia de la línea base con la que debe contar un proyecto, el cual suele tener un carácter cuantitativo y concierne a un escenario específico al momento de iniciarse acciones planificadas del proyecto, obra o actividad (Vides, 2019).

1.1 Antecedentes

En Colombia, la implementación de instrumentos de compensación ambiental ha avanzado significativamente en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), consolidándose a través de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales del componente biótico. Esta estrategia, liderada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y apoyada por diversos institutos de investigación y autoridades ambientales, tuvo como propósito orientar la formulación e implementación de medidas de compensación bajo una visión ecosistémica, priorizando acciones restauración y uso sostenible, con resultados medibles en términos de conservación de la biodiversidad.

En ecosistemas marinos y costeros, este proceso presenta mayores retos, debido a la movilidad de especies, la variabilidad hidrodinámica, la dificultad para delimitar hábitats y la incertidumbre para estimar pérdidas y ganancias de biodiversidad (MADS, 2018; Bas *et al*., 2016; Jacob *et al*., 2020; Niner *et al.*, 2017).

Uno de los avances más relevantes en esta temática, lo realizó el INVEMAR en conjunto con Conservación Internacional en el 2014 (Vides *et al.*, 2014), generando los *Fundamentos para la determinación y cuantificación de las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad marina, en este se estableció una propuesta de cálculo de compensaciones en el medio marino utilizando insumos del nivel nacional*, que pudieran ser referente para la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

El desarrollo de este marco se fortaleció con la adopción del *Manual de Compensaciones Ambientales* (**Resolución 256 de 2018**), el cual establece criterios técnicos para determinar el "cuánto, cómo y dónde compensar" la pérdida de biodiversidad asociada a proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. En este contexto, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ha desempeñado un papel central en la evaluación, aprobación y seguimiento de los planes de compensación, promoviendo la articulación interinstitucional y el desarrollo de portafolios de áreas prioritarias para la implementación de medidas de restauración y conservación.

A principios de este año se realizó la actualización del Manual mediante la **Resolución 305 de 2026** (abril 07) *por la cual se adopta la actualización del Manual para la compensación del medio biótico y de la sustracción de áreas de reserva forestal, y se toman otras determinaciones.* Sin embargo, es importante aclarar que, el manual para la compensación del medio biótico adoptado, no aplica a las medidas de compensación para los ecosistemas marino-costeros, sino que se enfoca específicamente en los impactos residuales en ecosistemas terrestres continentales, lo que sigue generado vacíos metodológicos y operativos en su implementación en el medio marino. No obstante, en los últimos años se han realizado esfuerzos para adaptar estos instrumentos a ecosistemas marino-costeros, reconociendo la importancia en la generación de servicios ecosistémicos como la productividad pesquera, la protección costera, el almacenamiento de carbono azul entre otros.

El desarrollo de mecanismos de restauración ecológica a través de la formulación de los *Lineamientos Técnicos Nacionales de Restauración de Arrecifes Coralinos,* que el Ministerio de Ambiente, que junto al INVEMAR y entidades relacionadas, espera consolidar y divulgar en 2026, tambien han ampliado las posibilidades de implementación de las compensaciones ambientales, indicando una posible hoja de ruta en su aplicación en contextos complejos como el marino. Sin embargo, persisten desafíos asociados a la definición de equivalencias ecológicas, la medición de pérdidas y ganancias de biodiversidad en sistemas altamente dinámicos, y la incorporación de la variabilidad oceanográfica en el diseño de medidas de compensación.

En el Caribe colombiano, la implementación e investigación de arrecifes artificiales inició a finales de 1970, y ha sido enfocada principalmente con fines de manejo pesquero, mitigación de impactos antrópicos y, más recientemente, como estrategia de restauración ecológica. Experiencias desarrolladas y evaluadas en zonas como el Golfo de Morrosquillo, en los departamentos de Córdoba y Sucre, Isla Fuerte en Bolívar, Pozos Colorados en el Magdalena y Chuchupa en La Guajira evidencian el potencial de estas estructuras para incrementar la abundancia y diversidad de peces e invertebrados, así como facilitar hábitats alternativos en áreas donde los arrecifes naturales han

perdido su funcionalidad ecológica (Botero et al. 1979, Muñoz y Obregón 1994, Delgadillo et al. 2004, Delgadillo-Garzón 2009, Delgadillo-Garzón y García 2009, Vishnoff y Delgadillo-Garzón 2010, Perdomo-Ramos 2014, Hernández-Castellanos 2017, Delgadillo-Garzón y Flórez 2015, Delgadillo-Garzón 2025, Seathisco 2025). No obstante, los resultados obtenidos han sido variables y dependen en gran medida del diseño, los materiales, la localización, el tamaño, la profundidad y el seguimiento técnico-científico posterior a su instalación.

El INVEMAR, en articulación con la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)[1], ha liderado el desarrollo de investigaciones orientadas a la generación información tanto del Caribe como del Pacífico colombiano, la cual constituye un insumo básico y esencial para la identificación de áreas sensibles ante posibles impactos de actividades costa afuera y la evaluación de la conectividad ecológica como criterio clave para la gestión ambientalmente responsable de los espacios marinos y costeros; esta información ha sido generada particularmente en el marco de proyectos de generación de línea base ambiental *costa afuera* en actividades asociadas al sector hidrocarburos.

Estos convenios interinstitucionales, han permitido fortalecer la generación y análisis de información ambiental; el uso de esta información ha sido clave para la integración de criterios técnicos en los procesos de licenciamiento ambiental del sector hidrocarburos. Este enfoque ha contribuido a avanzar hacia un modelo de gestión ambiental más robusto, basado en evidencia científica y en la incorporación de herramientas de seguimiento y monitoreo.

En términos del desarrollo de una metodología para compensaciones por pérdida de biodiversidad marina, existen diferencias reales entre los entornos marinos y terrestres en relación con la ecología, la conectividad, la disponibilidad de datos, las opciones de gestión y la percepción del impacto, razón por la cual las compensaciones marinas suelen considerarse un reto. Los enfoques de compensación de la biodiversidad marina suelen basarse en la experiencia de las compensaciones terrestres, pero también pueden innovar para ayudar a lograr avances en materia de biodiversidad y contribuir a los objetivos de biodiversidad nacionales y globales.

En este sentido, sin bien los esfuerzos de Colombia datan de hace doce (12) años aproximadamente y los avances han sido escasos y aislados, en estos momentos se ha retomado la temática y se ha evidenciado la necesidad de construir de manera conjunta con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, la Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos y otras direcciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como otras entidades del Sistema Nacional Ambiental, una metodología que permita la implementación efectiva de compensación por pérdida de diversidad marina, que pueda ser acogida por las autoridades ambientales del orden nacional y regional (p. ej. Corporaciones Ambientales costeras).

[1] Portal Ambiental Offshore para el Sector de Hidrocarburos https://anh.invemar.org.co/

1.1.1 Antecedentes de la Propuesta

Durante la ejecución de la primera fase del proyecto desarrollado en el marco del Convenio interadministrativo Nro. 591-2025 entre ANH e INVEMAR, denominado "Levantamiento de información para la caracterización de hábitats marino-costeros y comunidades biológicas asociadas a un área de interés de conducción de hidrocarburos en la baja Guajira - Cuenca Colombia, como orientación de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales en el medio marino – Fase I -2025", se desarrollaron dos temáticas de investigación (Vides *et al.,* 2025):

- TEMATICA 1. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS MARINO-COSTEROS Y COMUNIDADES BIOLÓGICAS ASOCIADAS
- TEMATICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA

En la fase 2025, para el desarrollo de la Temática 1 se llevaron a cabo las actividades de colecta de datos e información a partir de crucero de investigación y el desarrollo de dos salidas de campo al área de estudio, así como el análisis de información secundaria del componente oceanográfico y geosférico. Frente a la Temática 2, se generó un documento que da un contexto global de las compensaciones marinas por pérdida de biodiversidad, sus principios, así como el estado de la normativa colombiana, identificando los vacíos de información acerca del tema. Así mismo, se describió la metodología utilizada en la *Mesa Técnica de Trabajo* para construir de forma participativa, los fundamentos requeridos para establecer compensaciones por pérdida de diversidad marina frente a un proyecto simulado utilizado como piloto.

1.2 Alcance

En seguimiento al *Programa para el levantamiento de línea base ambiental de nuevas fronteras de desarrollo del sector de hidrocarburos en áreas offshore*, vigente desde el 2007 entre el INVEMAR y la ANH, se propone continuar con el apoyo desde la ciencia al desarrollo sostenible de la industria de hidrocarburos costa afuera en temáticas de interés nacional y de proyección internacional.

La presente propuesta tiene como alcance el análisis integral de la información de la línea base ambiental generada en la vigencia 2025 para el área de interés asociada a la conducción de hidrocarburos en la Baja Guajira, con el fin de generar insumos técnicos que contribuyan con información para la implementación de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales en el medio marino.

En esta segunda fase de ejecución (vigencia 2026) se busca llevar a cabo la caracterización ambiental detallada del área mar afuera en la baja Guajira mediante el análisis integrado de morfología de fondo a partir de batimetrías adquiridas con sistema acústico multihaz, en complemento de los resultados obtenidos con un perfilador acústico, lo cual permitirá estudiar la estratigrafía superficial del sector. Así mismo, los resultados de caracterización granulométrica, mineralógica y contenido de materia orgánica, de las muestras sedimentarias obtenidas, complementarán este estudio.

Respecto al componente biológico, se realizará la identificación de organismos bentónicos colectados durante el crucero de investigación y la salida a campo. Esto permitirá la caracterización de las comunidades biológicas bentónicas, tanto de la megafauna, del epibentos, macrofauna, meioinfauna, así como de los organismos demersales, dando una idea de la sensibilidad del sistema ante posibles impactos asociados al tendido de la línea de gas y permitiendo establecer alternativas para su mitigación o su manejo. Finalmente se realizará la evaluación de la calidad de sedimentos a partir de las muestras colectadas en la fase 2025.

Es así como en el marco de continuación del proyecto de investigación en su Fase II, se pretende ampliar la base de información requerida para la consolidación de una propuesta e implementación de medidas de compensación por pérdida de biodiversidad marina desde el punto de vista funcional de ecosistemas sensibles, asi como el abordaje de un componente social. Se espera que esta información sea insumo para la definición y ajuste de la metodología requerida por parte de las autoridades ambientales competentes para la implementación de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales en el medio marino.

Esta metodología debe reflejar una transición hacia un enfoque más integral, de una escala adecuada (espacio-temporal de acuerdo con la afectación) y basados en ecosistemas. Para ello, la investigación de carácter técnico generada por el INVEMAR en conjunto con la ANH, juega un papel fundamental para cerrar estas brechas de conocimiento y contribuir en el fortalecimiento de la implementación efectiva de compensaciones ambientales en el medio marino.

En complemento y en aras de contribuir a la implementación de medidas de compensación efectivas, se efectuará una evaluación que permita, ante el creciente uso de arrecifes artificiales, llenar vacíos de conocimiento relacionados con la efectividad ecológica en el Caribe colombiano, especialmente en términos de su contribución a la biodiversidad, estructura, bienes y servicios, conectividad ecológica y recuperación a largo plazo de los ecosistemas marinos.

2 OBJETO DE LA PROPUESTA

Aunar esfuerzos técnicos y financieros entre el INVEMAR y la ANH para realizar el análisis integral de la línea base ambiental generada en 2025 en la Baja Guajira, permitiendo así la consolidación de un soporte técnico y científico orientado a autoridades ambientales, en el desarrollo del componente marino dentro de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales, facilitando la reducción de incertidumbre en su implementación en proyectos de conducción de hidrocarburos y energías renovables costa afuera.

3 OBJETIVO GENERAL:

Establecer lineamientos científicos y técnicos específicos como insumo a la implementación de instrumentos por parte de las autoridades ambientales para el establecimiento de medidas de compensación efectiva por pérdida de biodiversidad marina, en un área de intervención gasífera en el departamento de La Guajira.

4 COMPONENTE TÉCNICO

TEMÁTICA 1. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS MARINO-COSTEROS Y COMUNIDADES BIOLÓGICAS ASOCIADAS

Para la presente vigencia, se llevará a cabo el análisis integral de la información de los rasgos morfológicos submarinos en la zona comprendida entre en aguas costa afuera del departamento de La Guajira, frente al municipio de Manaure, comprendiendo sectores entre GuaOFF-0 y el campo Chuchupa - Ballena (Figura 1).

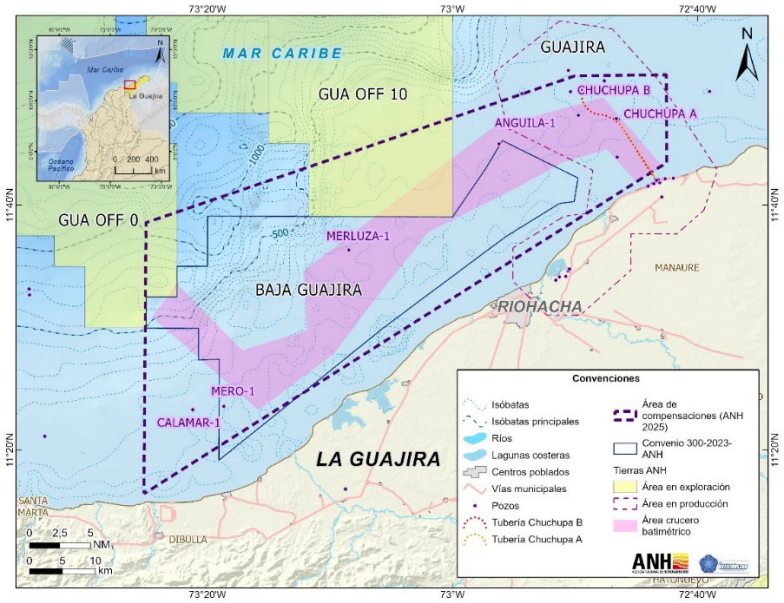


FIGURA 1. ÁREA GENERAL DE INTERÉS PARA EL ANÁLISIS INTEGRADO DE INFORMACIÓN.

Esta información será representada cartográficamente en formas de fondo marino a partir del levantamiento batimétrico y backscatter (retrodispersión del fondo) y la generación de un modelo digital del terreno. En complemento se utilizará la caracterización sedimentológica obtenida sobre las 10 estaciones realizadas lo largo del área de interés. De igual forma se presentarán los resultados del análisis de la calidad de sedimentos.

Dicha información de la morfología del fondo marino servirá para identificar anomalías del fondo con las que se determinará la presencia y/o extensión de los hábitats marinos que ya han sido reconocidos previamente mediante observaciones puntuales en el área de estudio. Se hará énfasis en la identificación de posibles patrones espaciales de biodiversidad, así como en la caracterización de hábitats sensibles y estratégicos (e.g., comunidades bentónicas estructurantes de fondos blandos).

En complemento a lo anterior, se plantea la recolecta de información primaria para la caracterización de la formación coralina lineal de *Solenastrea bournoni* sobre las líneas de

transferencia que conectan la estación Ballena con el campo de gas Chuchupa-HOCOL S.A. identificadas en la salida a campo realizada sobre el área en 2025.

Esta Temática incluye además la evaluación de la representatividad y vacíos de información de la línea base existente, considerando aspectos como cobertura espacial, consistencia metodológica y nivel taxonómico de la información colectada. Este análisis permitirá identificar limitaciones para la toma de decisiones en el marco de compensaciones ambientales y priorizar necesidades de información complementaria.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Basándose en los alcances definidos para la Fase II (proyectada para 2026) y los resultados de la Fase I consignados en el informe técnico (Vides *et al.,* 2025), se proponen los siguientes nueve objetivos clave para dar continuidad al proyecto frente a la Temática 1:

- Identificar y describir los rasgos morfológicos submarinos a partir del procesamiento de los datos adquiridos mediante levantamiento batimétrico multihaz, como base a la generación de modelos digitales del fondo marino y mosaicos de retrodispersión a partir de los cuales se realizará la interpretación anomalías en la reflectividad del fondo.
- Identificar y describir los rasgos morfológicos del subfondo a partir de las propiedades geofísicas del lecho marino, analizando los perfiles previamente levantados, mediante un proceso integral de revisión, procesamiento, aplicación de filtros e interpretación, contribuyendo a inferir los procesos sedimentarios dominantes del área de estudio.
- Realizar la caracterización de las muestras de sedimentos de fondo, previamente recolectadas mediante muestreo con draga durante las campañas de investigación, para la evaluación de los procesos sedimentarios y la identificación de patrones espaciales de depósito.
- Establecer una línea base de calidad de sedimento marino superficial del área de estudio identificando patrones espaciales de distribución de contaminantes y evaluando su relación con variables fisicoquímicas.
- Evaluar tendencias verticales y temporales de la calidad de los sedimentos en dos núcleos colectados en el área de estudio que pudieran estar relacionadas a las actividades de dragado e instalación de la línea de conducción de gas.
- Analizar y digitalizar los video-transectos obtenidos mediante ROV empleando el esquema CATAMI, para la identificación de Unidades Taxonómicas Operacionales (OTUs), la delimitación de macro-hábitats y la detección de hábitats sensibles sobre el área de interés del corredor de conducción de gas.
- Realizar el procesamiento taxonómico y análisis ecológico detallado de las muestras biológicas (macrofauna y meiofauna) recolectadas y actualmente bajo custodia, con el fin de calcular indicadores de riqueza, abundancia, biomasa y diversidad que sirvan como línea base biótica robusta para el área de interés.

- Definir las dimensiones de la formación coralina lineal encontrada sobre la tubería de conexión Chuchupa -Ballenas, incrementando el inventario de especies y el conocimiento de esta formación biológica, mediante el registro fotográfico y videográfico a través de inmersiones de buceo autónomo.
- Llevar a cabo la actualización y carga de datos e información en el Portal Ambiental Offshore, con el propósito de garantizar el acceso, consulta y visualización de los conjuntos de datos generados durante las campañas realizadas en el año 2025.

TEMÁTICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA.

El éxito de la compensación ambiental se mide a través de un conjunto de métricas cuantitativas y funcionales diseñadas para asegurar el cumplimiento del principio de *No Pérdida Neta* (NPN) de biodiversidad. A diferencia de los modelos tradicionales basados solo en el área, para el medio marino se deben encontrar indicadores que reflejen dichas métricas mediante su reemplazo de la función ecológica.

Para la segunda fase del proyecto en 2026, los esfuerzos para continuar esta Temática en materia de compensación ambiental estarán enfocados en transformar la información primaria recolectada en 2025 en instrumentos de gestión técnica para el desarrollo de instrumentos normativos por parte de las autoridades competentes. Este esfuerzo tendrá como énfasis reducir la incertidumbre en la toma de decisiones, abordando un análisis funcional, es decir no solo ilimitarse a contar especies, sino asignar "rasgos funcionales" a las comunidades bentónicas para entender su capacidad de respuesta ante perturbaciones como el enterramiento o la re-suspensión de sedimentos.

Esta información se integrará en el SIG para priorizar los macro hábitats de acuerdo con su sensibilidad ante la intervención industrial, para así consolidar un mapa de sensibilidad ambiental del área de interés.

En adición a lo anterior y un nuevo componente de esta propuesta técnico-económica es realizar una evaluación ecológica de la funcionalidad de los arrecifes artificiales en el Caribe colombiano. Un arrecife artificial se define como una o varias estructuras de origen natural o antrópico sumergidas a propósito en el fondo marino con el objetivo de intervenir en procesos biológicos, físicos o socioeconómicos asociados a los recursos marinos vivos, replicando parcialmente funciones de los arrecifes naturales como la protección, regeneración o concentración de organismos (Gayo-Romero 1998, Seaman y Jensen 2000, Seaman 2019, Delgadillo-Garzón 2025).

En un contexto de creciente degradación ambiental, pérdida de biodiversidad y el cambio climático, la implementación de arrecifes artificiales continúa aumentando en diferentes escenarios. Por tal motivo, se ha resaltado la necesidad de desarrollar nuevas aproximaciones que permitan evaluar el impacto de estos sistemas sobre la dinámica y diversidad de las comunidades marinas (Ramm et al. 2021, Bugnot et al. 2021).

En el marco de la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales, los arrecifes artificiales se consideran una medida alternativa y complementaria para la restauración ecológica y la

recuperación funcional de hábitats marinos degradados. Su rol principal es actuar como sustratos rígidos que posibilitan el desarrollo de flora y fauna marina en áreas donde los ecosistemas naturales han perdido su funcionalidad. Por lo anterior resulta de gran relevancia en la presente propuesta, evaluar la efectividad de estructuras artificiales emplazadas en el fondo marino en diferentes zonas de la región Caribe colombiano, con el fin de generar información técnico-científica para definir lineamientos para el uso de los arrecifes artificiales como herramienta potencial de compensación por pérdida de biodiversidad debido a impactos *no mitigables* causados por proyectos costa afuera en el Caribe colombiano.

A través de salidas a campo en sitios específicos seleccionados con anterioridad, se podrán establecer mediciones que conduzcan a estimar su efectividad como unidades que pueden generar *ganancia neta* en términos de biodiversidad. Con esta información se definirán lineamientos técnicos que permitan o no considerarlos como una alternativa de compensación por pérdida de biodiversidad marina en el ámbito marino del pais.

De igual forma se avanzará en la determinación de la compensación más allá del ámbito biológico, integrando en el análisis un enfoque del sistema socio-ecológico de La Guajira. Dichos esfuerzos se centrarán en levantar una línea base socioeconómica detallada de las comunidades y actores e identificar la dependencia comunitaria de los recursos hidrobiológicos y los usos tradicionales (como la pesca artesanal) para asegurar que las medidas de compensación sean socialmente justas y pertinentes. El alcance de la presente propuesta consiste en la recopilación, análisis e integración de información socioeconómica, territorial e institucional relevante para la construcción de criterios aplicables a la compensación por pérdida de biodiversidad marina en el área de estudio.

A partir del análisis de información secundaria, la articulación con entidades competentes y el intercambio técnico con actores estratégicos, se busca identificar dinámicas socioecológicas, usos del territorio marino-costero, actividades productivas asociadas, servicios ecosistémicos relevantes y elementos de sensibilidad socioeconómica que aporten a la formulación de lineamientos para compensaciones ambientales marinas.

Los resultados obtenidos servirán como insumo para la construcción de una propuesta metodológica y una hoja de ruta orientada al fortalecimiento de instrumentos de compensación ambiental marina y a la incorporación de criterios socioeconómicos en futuros procesos de toma de decisiones por parte de las autoridades ambientales competentes.

La propuesta no contempla el desarrollo de procesos participativos comunitarios amplios ni ejercicios de consulta social formal, priorizando el análisis técnico e institucional de la información disponible y la generación de insumos para la gestión ambiental marina.

Así mismo se seguirá el trabajo conjunto con autoridades como la ANLA, el Ministerio de Ambiente y Corpoguajira para establecer la base metodología para la determinación y cuantificación de las medidas de compensación en el mar. Este acercamiento buscará asegurar que el Manual incluya en su próxima edición, métricas de equivalencia ecológica ajustadas a la realidad marina (tridimensionalidad y conectividad), superando el enfoque tradicional de "área por área" así como

de métricas de temporalidad, el cual exige un horizonte de 20 a 30 años de monitoreo para confirmar que las metas de recuperación se mantengan de forma permanente.

Este trabajo conjunto a través de reuniones, encuentros o mesas de trabajo buscarán fortalecer el *análisis de adicionalidad*, garantizando que las acciones de compensación generen beneficios que no ocurrirían sin la intervención del proyecto y que se apliquen estrictamente sobre los *impactos residuales* una vez agotadas las fases de evitar, minimizar y restaurar. Se avanzará en el concepto de Evaluación de Compensabilidad, que permitan analizar la irreemplazabilidad de la biodiversidad y decidir si un impacto residual es realmente compensable o si el riesgo para el sistema es demasiado elevado.

Así mismo se buscará establecer criterios técnicos que permitan orientar la definición de *áreas de compensación*, facilitando la identificación de sitios con equivalencia ecológica (funcional) para el diseño de medidas de compensación efectivas, asegurando que las acciones se realicen "donde" se garanticen ganancias medibles en biodiversidad bajo el principio de *No Pérdida Neta*

Basándose en los resultados de la Fase I consignados en el informe técnico (Vides *et al.*, 2025) se proponen los siguientes cuatros objetivos para dar continuidad a esta Temática de investigación dentro del proyecto:

- Elaborar un Mapa de Sensibilidad Ambiental (MSA) detallado de los macro-hábitats presentes en el área de interés, mediante la integración de la caracterización biótica y los atributos físicos del fondo para proporcionar un instrumento de soporte espacial que permita a las autoridades y empresas identificar hábitats, aplicar la jerarquía de la mitigación (evitando áreas críticas) y fundamentar técnicamente la evaluación del riesgo de compensabilidad.
- Caracterizar la biodiversidad asociada a estructuras artificiales emplazadas en el fondo marino, en áreas específicas del Caribe colombiano, con el propósito de evaluar su potencial como hábitat marino funcional capaz de albergar y sostener comunidades biológicas a lo largo del tiempo, permitiendo establecer lineamientos técnicos estandarizados de aplicabilidad como una medida de compensación por pérdida de biodiversidad marina, frente al desarrollo de proyectos de infraestructura costa afuera.
- Definir lineamientos técnicos específicos para la compensación efectiva por pérdida de biodiversidad marina en un área de intervención gasífera en el departamento de La Guajira, incorporando criterios socioeconómicos, territoriales e institucionales asociados a servicios ecosistémicos, dependencia de recursos hidrobiológicos, sensibilidad socioeconómica, gobernanza y viabilidad de las medidas de compensación ambiental marina.
- Formular fundamentos técnicos y una propuesta de hoja de ruta metodológica como soporte al Manual Nacional de Compensaciones Marinas en coordinación con autoridades ambientales y partes interesadas.

5 MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se describe el enfoque y diseño metodológico propuesto para el desarrollo de cada uno de los componentes abordados dentro de cada Temática de investigación.

TEMÁTICA 1. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS MARINO-COSTEROS Y COMUNIDADES BIOLÓGICAS ASOCIADAS

5.1 Identificación y descripción de rasgos morfológicos submarinos

La morfología del área de interés que se extiende desde los 5 m hasta los 200 m de profundidad se analizará a partir del procesamiento de los datos adquiridos mediante **levantamiento batimétrico multihaz**, sobre un área aproximada de 650 km^2(Figura 2). En este levantamiento, se adquirieron alrededor de 100 líneas batimétricas con una extensión aproximada de 1180 kilómetros lineales (Anexo 1. Informe Técnico, Vides *et al.,* 2025).

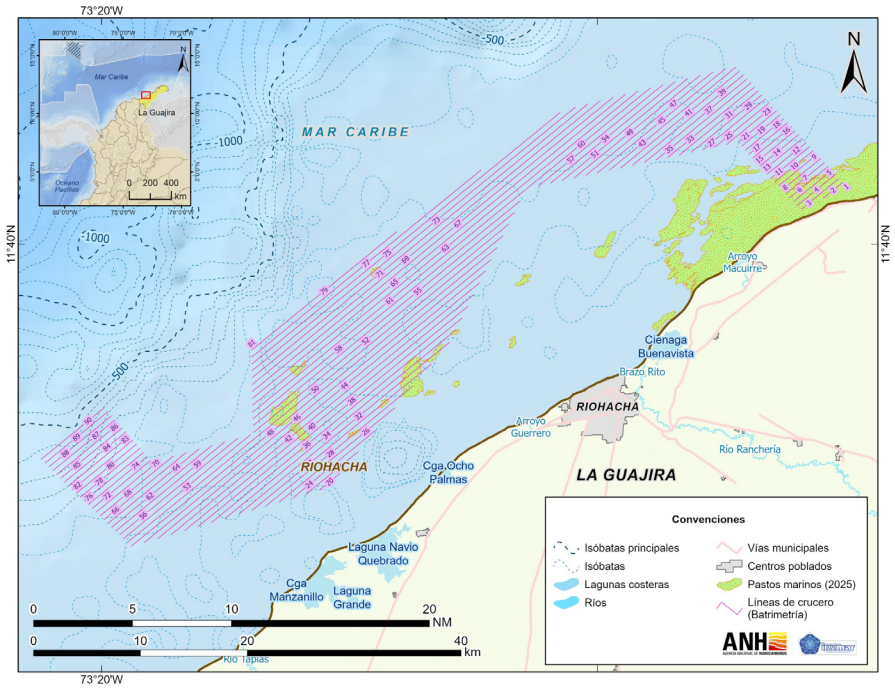


FIGURA 2. COBERTURA DE ADQUISICIÓN BATIMÉTRICA (2025).

El procesamiento de los datos batimétricos brutos se llevará a cabo utilizando el software GS4®, donde se configurará la embarcación virtual utilizada en el levantamiento, se definirán los parámetros de los componentes periféricos y se aplicarán las correcciones correspondientes por condiciones de marea y por velocidad del sonido en la columna de agua.

Posteriormente, para la edición de los datos, se implementará el software HYPACK®, en el cual se aplicarán filtros destinados a depurar la información, asegurando que solo los datos más representativos y precisos sean utilizados en el análisis. Además, se empleará la herramienta

HYSWEEP Editor del software HYPACK® para la visualización de las líneas de sondeo y la identificación de puntos anómalos o fuera de rango, los cuales serán corregidos mediante edición manual.

Finalmente, se generarán productos como modelos digitales del fondo marino y mosaicos de retrodispersión, así como archivos en formato XYZ y GeoTIFF, a partir de los cuales se realizará la interpretación de los rasgos geomorfológicos del área de estudio y anomalías en la reflectividad del fondo.

5.2 Identificación y descripción de rasgos morfológicos del subfondo

Con el fin de identificar las condiciones de la estratigrafía superficial a partir de las propiedades geofísicas del lecho marino, se analizarán los 19 perfiles previamente levantados (Figura 3), mediante un proceso integral de revisión, procesamiento, aplicación de filtros e interpretación.

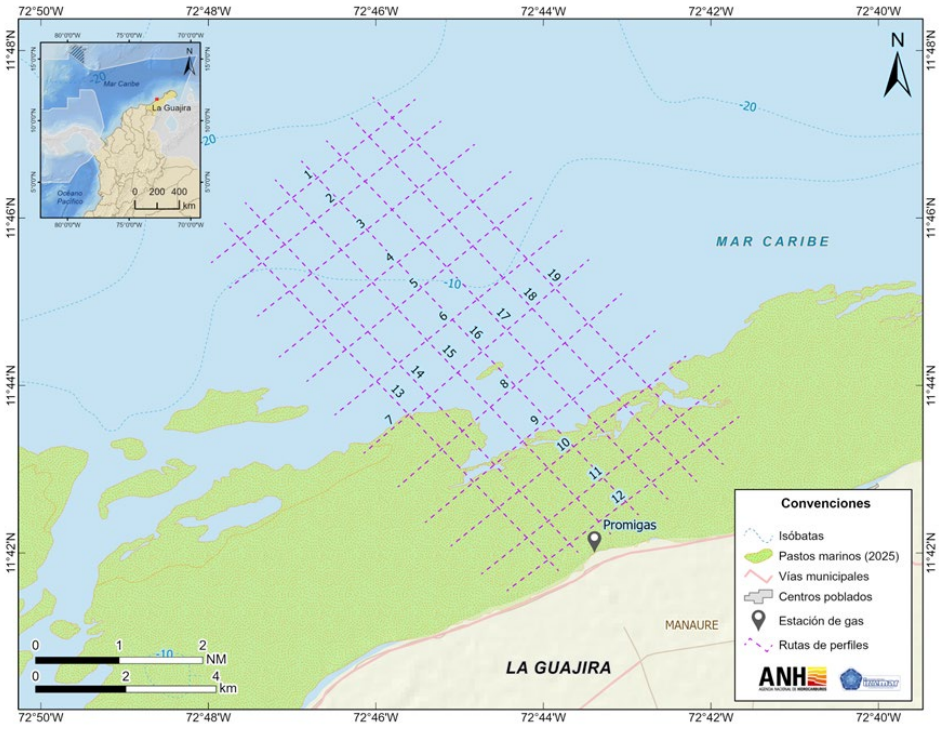


FIGURA 3. PLAN DE ADQUISICIÓN PARA EL LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES ACÚSTICOS DEL SUBSUELO.

Este análisis se realizó a partir de datos adquiridos con el sistema acústico SES2000 Compact (INNOMAR), operado en un rango de frecuencias entre 4 y 15 kHz, lo que permite una adecuada resolución de las capas someras junto con una buena penetración en el subsuelo marino.

Durante el procesamiento de esta información, se busca mejorar la calidad de la señal, resaltar los reflectores de interés y reducir el ruido asociado a la adquisición. A partir de este tratamiento, se pretende caracterizar la geometría, continuidad y distribución lateral y vertical de las unidades

someras, así como identificar posibles discontinuidades, superficies de erosión o acumulación y variaciones en las propiedades acústicas del sustrato.

De igual manera, el análisis contribuirá a inferir los procesos sedimentarios dominantes y la dinámica del área de estudio, proporcionando insumos clave para la evaluación de posibles efectos de sedimentación en la trayectoria de la tubería.

5.3 Caracterización sedimentológica

Se realizará la caracterización de once (11) muestras de sedimentos de fondo, previamente recolectadas mediante muestreo con draga durante las campañas de investigación. El muestreo se llevó a cabo en estaciones distribuidas en el área de estudio, utilizando una draga tipo Van Veen, adecuada para fondos blandos a medianamente consolidados, lo que permitió la recolección de sedimento superficial con mínima perturbación del lecho marino.

Estas muestras constituyen la base para la evaluación de los procesos sedimentarios y la identificación de patrones espaciales de depósito.

La caracterización desde el punto de vista granulométrico y composicional, incluyendo análisis de tamaño de grano, contenido de carbonatos (calcimetría), materia orgánica y mineralogía, fueron realizados en el Laboratorio de Instrumentación Marina – LABIMA del INVEMAR y entregados en el Informe Técnico de la Fase I. (Vides *et al.,* 2025). El análisis granulométrico permitió definir la textura de los sedimentos y sus parámetros estadísticos, mientras que la determinación de carbonatos, materia orgánica y composición mineralógica aportará información clave sobre el origen y naturaleza de los materiales sedimentarios, diferenciando aportes litogénicos y biogénicos.

Con base en la integración de estos resultados, se llevará a cabo la definición y distribución espacial de las facies sedimentarias presentes en el área de estudio. Esta caracterización permitirá interpretar los procesos de transporte y depósito, identificar posibles direcciones de flujo sedimentario y áreas fuente, y evaluar las variaciones locales en los aportes de sedimentos, contribuyendo a una comprensión integral de la dinámica sedimentaria del sistema marino analizado.

5.4 Calidad de sedimento marino superficial

Mediante la integración de la información analizada a nivel superficial en 10 estaciones del bloque de interés y el análisis de 2 núcleos sedimentarios se llevará a cabo el análisis de la información de calidad de los sedimentos marinos del área de estudio. La información será analizada como línea base ambiental y mediante la reconstrucción histórica de contaminantes en 2 núcleos sedimentarios, evaluar posibles afectaciones asociadas a actividades de perforación e instalación de la línea de conducción de gas.

La depuración, procesamiento y análisis estadístico de la información de sedimentos superficiales permitirá establecer una línea base de calidad de sedimento superficial, identificar patrones

espaciales de distribución de contaminantes y evaluar la relación entre variables fisicoquímicas y contaminantes.

Por su parte, el procesamiento de dos núcleos sedimentarios colectados incluirá su caracterización a diferentes profundidades mediante análisis especializados. Cabe mencionar que en cada punto de muestreo se tomaron tres núcleos, los cuales fueron caracterizados visualmente y seccionados a intervalos de 1 cm. En esta segunda Fase del proyecto, se llevará a cabo el procesamiento de las muestras, que incluye el secado por liofilización, la determinación de humedad y la posterior determinación de pérdidas por ignición (550 °C), con el fin de evaluar el comportamiento de la materia orgánica a lo largo del perfil. Con base en estos resultados, se seleccionará el núcleo más representativo por punto, priorizando aquellos que presenten un perfil estratigráfico continuo y sin evidencia de mezcla.

Una vez seleccionado el núcleo, en el LABCAM de INVEMAR se determinará la actividad total de 210Pb en diferentes secciones mediante la técnica de espectrometría alfa de alta resolución de su producto de descomposición 210Po, bajo el supuesto de equilibrio secular siguiendo la metodología de Sánchez-Cabeza y Ruíz-Fernández (2012). La lectura se realizar en un espectrómetro alfa marca ORTEC, modelo Alpha Ensemble. El exceso de 210Pb será calculado como la diferencia entre el 210Pb total y el 210Pb soportado (calculado mediante el método de Bindford) en cada capa de sedimento permitiendo estimar tasas de sedimentación y establecer la geocronología del sedimento (Sánchez-Cabeza y Ruíz-Fernández, 2012).

Adicionalmente, se realizará la reconstrucción histórica de contaminantes, de acuerdo con los parámetros definidos en la Tabla 2; para lo cual se hará la caracterización fisicoquímica, análisis de contaminantes orgánicos y metales en diferentes secciones del núcleo. Todos los análisis serán realizados por el LABCAM–INVEMAR, laboratorio acreditado bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017.

TABLA 1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS A CARACTERIZAR EN LOS SEDIMENTOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Parámetro	Matriz	Técnica	Método de Referencia
		Sección de Fisicoquímica	
Potencial de hidrógeno (pH)	SM	Electrometría	NTC 5264:2008 Modificado
Carbono Orgánico Total (COT)	SM	Oxidación seca	NTC-ISO 11464:2022, NTC 5403 método A:2013
Pérdidas por ignición (PPI)	SM	Gravimetría	IGAC, 2006
Tamaño de partícula	SM	Difracción Laser	ISO 13320
		Sección de Contaminantes Orgánicos	
Aceites y grasas (AyG)	SM	Gravimetría	EPA 9071 B:1998
Hidrocarburos alifáticos C10-C40	SM	Cromatografía	EPA 3546, ISO 16703: 2011 y UNEP N20 UNESCO-COI, 1992.
Hidrocarburos del petroleo (HP)	SM	Espectrofluorofotometría	EPA 3546, UNEP/IOC/IAEA, 1992.
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)		Cromatografía	
Naftaleno	SM	Cromatografía	EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Acenaftileno	SM	Cromatografía	EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Acenafteno	SM	Cromatografía	EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Fluoreno	SM	Cromatografía	EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Fenantreno	SM	Cromatografía	EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Antraceno	SM	Cromatografía	EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.

Fluoranteno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Pireno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Benzo(a) Antraceno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Criseno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Benzo(b) Fluoranteno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Benzo(k) Fluoranteno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Benzo(a) Pireno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Indenol(1,2,3-cd) Pireno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Dibenzo(a,h) Antraceno	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Benzo(g,h,i) Perilene	SM	Cromatografía		EPA 3546:2007, EPA 3630C:1996, EPA 8270E:2018.
Sección de Metales				
Cromo Total (Cr)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	Método EPA 3052 (Digestión) Standard Methods N° 3111 B (Cuantificación)
Cobre Total (Cu)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	Método EPA 3052 (Digestión) Standard Methods N° 3111 B (Cuantificación)
Zinc Total (Zn)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	Método EPA 3052 (Digestión) Standard Methods N° 3111 B (Cuantificación)
Cadmio Total (Cd)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	Método EPA 3052 (Digestión) Standard Methods N° 3111 B (Cuantificación)
Plomo Total (Pb)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	Método EPA 3052 (Digestión) Standard Methods N° 3111 B (Cuantificación)
Níquel Total (Ni)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	Método EPA 3052 (Digestión) Standard Methods N° 3111 B (Cuantificación)
Hierro Total (Fe)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	Método EPA 3052 (Digestión) Standard Methods N° 3111 B (Cuantificación)
Mercurio Total (Hg)	SM	Espectroscopía Absorción Atómica	de	EPA 7473, 2007
Sección de Técnicas Nucleares				
Polonio-210 (210Po)	SM	Espectrometría alfa		EPA 3052, Masqué, 2016
Polonio-210, Cesio 137	SM	Espectrometría gamma		ASTM D7784 – 12

Después de obtener los resultados de los análisis de laboratorio, se realizará la integración y análisis conjunto de la información de sedimentos superficiales y núcleos sedimentarios, incluyendo la información geocronológica obtenida. Este análisis permitirá evaluar tendencias verticales y temporales de contaminación, identificar cambios en la calidad del sedimento y estimar posibles incrementos en la vulnerabilidad ambiental asociados a las actividades del proyecto. Además, se incluirá el apoyo del personal especializado para la gestión de la información generada, incluyendo la estandarización, validación y cargue de datos en el sistema SIAM. Esta actividad garantizará la calidad, trazabilidad y disponibilidad de la información del proyecto.

Los resultados serán consolidados en un informe técnico que incluirá la evaluación de la calidad de los sedimentos, el análisis de tendencias espaciales y temporales, y la interpretación de posibles afectaciones asociadas a las actividades del proyecto.

5.5 Análisis de muestras biológicas

Durante el desarrollo del crucero de investigación entre el 27 de noviembre y el 15 de diciembre de 2025 (Informe Técnico Fase I, Vides *et al,* 2025), se recolectaron muestras asociadas a diferentes componentes bioticos, mediante actividades que incluyeron: (i) la observación de la megafauna epibentónica y demersal, así como de los macrohábitats del fondo marino; (ii) la recolección de

sedimentos para el estudio de comunidades bentónicas de macrofauna y meiofauna; y (iii) la detección de biodiversidad pelágica a través de técnicas de ADN ambiental (eDNA).

5.5.1 Megafauna epibentónica y demersal

Los diez (10) video-transectos lineales realizados en las estaciones: E772, E775, E776, E777, E778, E779, E781, EBN, EBNs, EP) entre los 10 y 60 metros de profundidad (Tabla 2), serán analizados y digitalizados, separando la megafauna bentónica y demersal (fauna y flora) en grandes grupos, de acuerdo con las Herramientas de Colaboración y Anotación para el Análisis de Imágenes y Videos Marinos (CATAMI), basadas en una jerarquía taxonómica y morfológica (CATAMI Technical WorkingGroup, 2014; Althaus et al., 2015) y se les asigna un número de Unidad Taxonómica Operacional (OTU).

La identificación a nivel de taxón más bajo posible será realizada por el taxónomo del grupo, del Museo de Historia Natural Marina de Colombia-Makuriwa, sólo si las características diagnósticas de la especie son visibles y distinguibles en el fotograma (Hill y Wilkinson, 2004), de lo contrario serán identificadas a un nivel taxonómico superior como familia, orden o incluso clase, teniendo en cuenta los calificadores de identificación tomados de Sigovini et al., (2016), con el fin de estandarizar la nomenclatura en los análisis de fauna basados en imágenes. La taxonomía presentada se ajustará al Registro Mundial de Especies Marinas – WoRMS (http://www.marinespecies.org/).

TABLA 2. RELACIÓN DE LOS VIDEO-TRANSECTOS Y MUESTRAS A ANALIZAR

Componente	Equipo	Profundidad de la muestra	Datos/Muestras
Megafauna bentónica	Draga	10-20 mts	29 muestras
Megafauna bentónica y demersal	R.O.V FOIII *Eloy V*	10-20 mts	3 hrs
Megafauna bentónica y demersal	R.O.V FOIII *Eloy V*	40-60 mts	70 min

Las muestras de megafauna colectadas usando una draga en ocho (8) estaciones de muestreo (E772, E773, E775, E777, E778, E779, E780, E781) serán procesadas, separadas e identificadas, con el fin de complementar la caracterización taxonómica de la megafauna bentónica registrada (Figura 4).

Con el listado de todos los OTUs se construirá una matriz en Excel de presencia/ausencia por cada video-transecto. Adicionalmente se identificará la presencia especies indicadoras de un ecosistema marino vulnerable (VME) estas especies son por lo general longevas, son frágiles y con hábitos reproductivos aperiódicos (desoves poco frecuentes), además también son formadoras de micro hábitats (FAO, 2009), esas especies incluyen a corales duros, gorgónaceos, penatuláceos, ceriantarios, briozoos erectos, crinoideos, ascidias y esponjas de gran tamaño (NAFO, 2015).

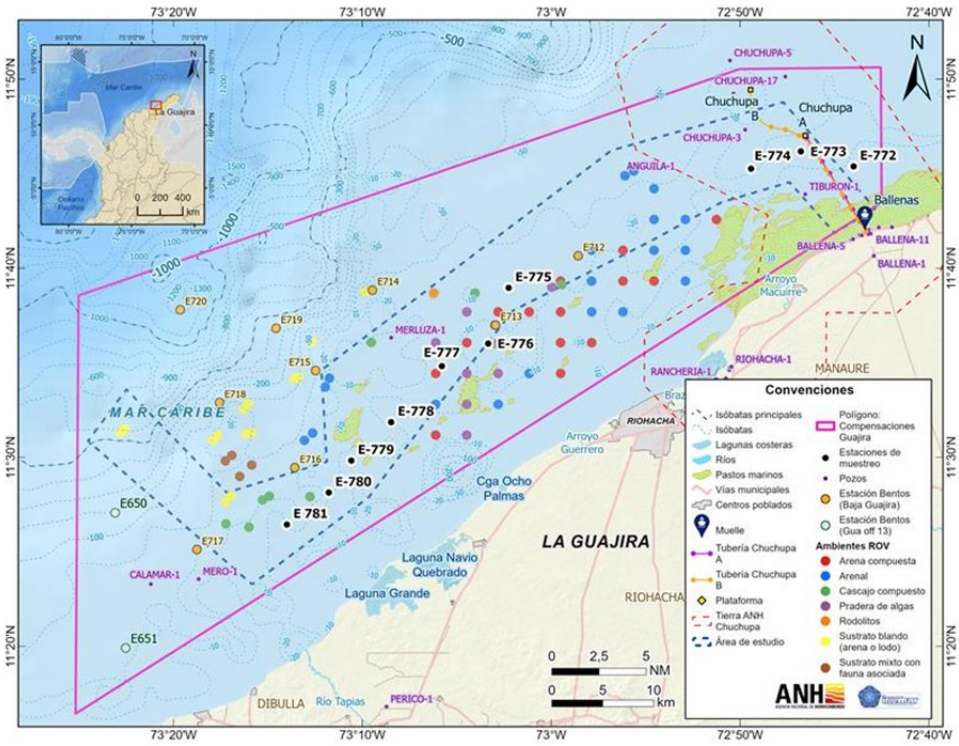


FIGURA 4. ESTACIONES BIOLÓGICAS MUESTREADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL CRUCERO DE INVESTIGACIÓN

Cuando el video sea demasiado oscuro, fuera de foco, o la cámara se ha elevado mucho del fondo, como para poder ser usado para identificación, se registrará en la base de datos como No Determinado (N/D).

Adicionalmente, también se identificarán los macro hábitats y/o unidades ecológicas, analizando cada uno de los fotogramas de los video-transectos y teniendo en cuenta la clasificación de los tipos de macro-hábitats de Cedeño-Posso *et al.*, (2022) y las unidades ecológicas de la clasificación de Díaz et al., 2000.

5.5.2 Macrofauna bentónica

Durante el crucero de investigación, se llevó a cabo la colecta de sedimentos del fondo marino en 10 estaciones, empleando una draga tipo Van veen de 0,07 m2 para la caracterización de la macrofauna. Bajo un proceso de cuastotia por parte del INVEMAR fueron previamente lavadas y preservadas en alcohol 70%. Al momento de su análisis, serán lavadas sobre un tamiz de 500 µm con abundante agua, con el fin de eliminar restos del preservante y exceso de sedimentos finos.

A continuación, se realizará la extracción manual de los organismos contenidos en el sedimento, mediante la participación de diferentes observadores, efectuando una clasificación taxonómica preliminar a grandes grupos de invertebrados. Luego, se realizará la identificación taxonómica mediante el uso de microscopios y estereomicroscopios de alta resolución, en complemento con

montajes, disecciones y tinciones cuando sea necesario. Se emplearán claves taxonómicas especializadas para cada grupo biológico de invertebrados, buscando alcanzar el nivel taxonómico más bajo posible.

En dependencia del nivel taxonómico alcanzado, se realizarán estimaciones de biomasa húmeda, separando los organismos de sus estructuras calcáreas (conchas o tubos)en los organismos a los que aplique. Todos los grupos de organismos serán secados superficialmente sobre papel absorbente y pesados en una balanza analítica con precisión de 0,0001 g.

Se construirán matrices de datos en formato Excel a partir de la información generada en laboratorio, integrando para cada estación de muestreo los registros de abundancia (número de individuos) y biomasa húmeda (peso en gramos), así como la riqueza específica (número de taxones) y la composición taxonómica de las comunidades. Estas matrices constituirán la base para el análisis cuantitativo de la estructura comunitaria y permitirán la estandarización de la información para su posterior tratamiento estadístico.

A partir de estos datos, se elaborarán representaciones gráficas orientadas a la interpretación ecológica de los resultados. Se generarán gráficos circulares para ilustrar la contribución relativa de cada phylum a la riqueza, abundancia y biomasa total, facilitando la identificación de grupos dominantes. Asimismo, se construirán gráficos de tipo columna para los atributos comunitarios (abundancia, biomasa, riqueza), con el fin de evaluar su variación espacial entre estaciones de muestreo. En conjunto, estos procedimientos permitirán una interpretación robusta de la variabilidad ecológica del área de estudio.

5.5.3 Meiofauna bentónica

Las muestras de sedimentos para caracterizar la meiofauna, que actualmente se encuentran custodiadas por el INVEMAR y preservadas en formol, serán procesadas en laboratorio mediante el lavado y tamizado del sedimento para eliminar el preservante. Se utilizarán tamices con poco de mallas de 500 y 63 µm, con el fin de separar las fracciones de macrofauna y meiofauna; el material retenido en el tamiz de 500 µm se considera como macrofauna y se registrará como información complementaria a dicho componente biológico, mientras que la fracción de 63 µm será destinada al análisis de meiofauna.

La separación de organismos se realizará mediante el método de flotación con sílica coloidal (Ludox), facilitando la extracción de la meiofauna. El proceso incluye la homogenización, reposo, decantación del sobrenadante y repetición del procedimiento en cuatro ciclos, hasta obtener la muestra final, la cual será preservada en etanol al 70%. El sedimento residual se conservará para análisis posteriores.

La identificación taxonómica se llevará a cabo mediante el uso de equipos de óptica como estereoscopios y microscopios de alta resolución, empleando claves especializadas y alcanzando el nivel taxonómico más bajo posible, según el estado de los organismos y la disponibilidad de literatura.

En concordancia con los procedimientos descritos para la macrofauna, el análisis de la meiofauna contemplará la estimación de atributos comunitarios, incluyendo abundancia, densidad (individuos por unidad de área) y diversidad.

La información será organizada en matrices estandarizadas que permitan su análisis cuantitativo y comparativo entre estaciones de muestreo. Posteriormente, se aplicarán análisis multivariados mediante el uso del software PRIMER v7.0, incluyendo técnicas de clasificación (Cluster) y ordenación (MDS), con el propósito de identificar patrones de distribución espacial y posibles agrupamientos de estaciones con características ecológicas similares. De manera complementaria, y dependiendo de la estructura de los datos, se podrán aplicar pruebas estadísticas como ANOSIM o SIMPROF para evaluar la significancia de los patrones observados, así como análisis SIMPER para determinar contribuciones a disimilitudes.

Estos análisis permitirán una comprensión integral de la variabilidad y organización de la meiofauna en el área de estudio, aportando elementos clave para la evaluación de la sensibilidad ecológica de los fondos marinos.

Finalizado el proceso de identificación del material biológico, todas las muestras recolectadas deberán ser depositadas en el Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC) – Makuriwa, de conformidad con los lineamientos establecidos para tal fin, abarcando la documentación de información (lineamientos del Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina - SiBM), curaduría física, rotulación, ubicación, verificación y catalogación (de ser posible).

5.5.4 Caracterización de la formación coralina lineal

En el mes de noviembre de 2025 se llevó a cabo una salida a campo a la Guajira para localizar y evaluar las condiciones ambientales asociadas a la tubería de conducción de Chuchupa, buscando evidenciar los ecosistemas y procurando establecer la diversidad biológica asociada. Durante las exploraciones realizadas mediante buceo autónomo, se encontró una formación coralina lineal constituida principalmente por el coral escleractíneo *Solenastrea bournoni* (Diaz *et al.*, 2000; Santodomingo *et al.,* 2010) y cerca de 5 especies de coral más con abundancias menores.

Este hallazgo se considera de gran importancia para el conocimiento científico del área, dado que las características ecológicas de la especie se consideran particulares para el sector, haciéndolas única a lo largo del Caribe, dada su característica no gregaria en otros sitios donde ha sido reportada. La profundización en su estudio y entendimiento de su estado podría dar indicios para la orientación y manejo de medidas de compensación que puedan ser recomendadas frente a la actividad de conducción, el monitoreo de dicha estructura y control ambiental que debiera ejercerse en el área de su influencia.

Dada la importancia intrínseca de una formación coralina tan particular y compuesta por *S. bournoni*, se considera en esta segunda Fase del proyecto, establecer la distribución de esta especie a lo largo de la tubería, entre el punto final alcanzado en la expedición de 2025 y la costa, así como del punto de inicio de la pasada salida hacia la torre.

Así mismo y con el fin de poder comparar resultados actuales con los encontrados en la salida a campo de 2025, se llevarán a cabo inmersiones de buceo autónomo para generar registros de video en transectos de dimensiones similares (100 m) con separación entre segmentos de otros 150 m. Adicionalmente se realizará un registro fotográfico y conteos visuales de las distintas especies de invertebrados y peces observados a lo largo de las inmersiones. En la Figura 5, se ilustra la posición de la tubería entre la torre de explotación y la base de Ballena.

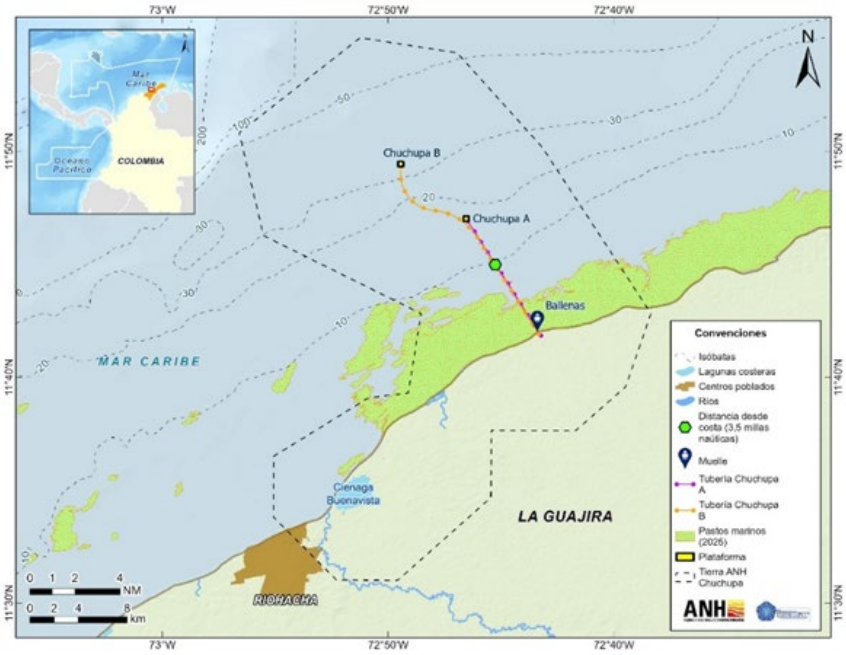


FIGURA 5. ÁREA DE ESTUDIO, SEÑALANDO LOS 6,5 KM DE LÍNEA DE TRANSFERENCIA ENTRE LA PLATAFORMA CHUCHUPA A Y LA ESTACIÓN BALLENA

Con el uso de una brújula se determinará la dirección de la tubería y la navegación entre segmento y segmento se realizará siguiendo dicha dirección de modo que no se pierda la posición de la tubería. Las coordenadas geográficas de inicio y final de cada segmento serán registradas mediante el uso de un GPS, para asegurar en proyectos futuros la fácil adquisición de la tubería de gas. La extensión de cada transecto de evaluación será determinada mediante la extensión de un flexómetro de 100 m o una suma de flexómetros de 50 m cada uno.

Este flexómetro será desplegado por un investigador que se desplazará a lo largo de la tubería, previo a el designado para realizar los video transectos. Quien despliegue el flexómetro podrá ir, de igual forma, llevando un registro de otro grupo biológico suficientemente conspicuo para ser anotado durante el desplazamiento.

Con respecto a la diversidad asociada al arrecife lineal, se harán registros mediante anotaciones en campo y fotografías de todo lo encontrado. De ser necesario se colectarán trozos o segmentos de octocorales en bolsas ziploc, con el fin de asegurar su correcta identificación. Se asignarán tareas muy concretas a cada integrante del grupo durante cada una de las inmersiones por segmento, de

modo que haya alguien realizando el video sobre la tubería y contando las colonias de corales presentes, el conteo de fauna ictica realizado por un segundo investigador a lado lado de la tubería y directamente relacionada con las colonias o otros organismos presentes donde puedan estar escondidos, registrando número de individuos y tamaños por especie.

De igual manera habrá investigadores llevando un registro de invertebrados asociados a la tubería o hábitats cercanos. Con respecto a dichos invertebrados pequeños todos aquellos que presenten dificultad o incertidumbre con respecto a su identificación, serán igualmente colectados. Para ello se utilizarán los mismos protocolos planteados en la expedición de 2025, que básicamente consisten en introducir los especímenes en bolsas con agua de mar, debidamente marcadas, guardadas en mallas para su transporte durante la inmersión y finalmente depositadas en neveras plásticas o de icopor.

Los organismos serán relajados en una solución de cloruro de magnesio por un tiempo no mayor a 30 minutos y finalmente depositadas en frascos con alcohol al 70%. Todo organismo colectado será trasladado al Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MAKURIWA), donde será identificado utilizando claves taxonómicas específicas para cada grupo.

5.6 Actualización del Portal Ambiental Offshore

Este componente tiene como objetivo la actualización y carga de datos e información en el Portal Ambiental Offshore, con el propósito de garantizar el acceso, consulta y visualización de los conjuntos de datos generados durante las campañas realizadas en los años 2024 y 2025. Se propone una serie de acciones orientadas a mejorar la calidad de los contenidos, ajustar funcionalidades de backend y frontend de acuerdo con los requerimientos de la nueva información, revisión de los procesos de gestión de datos y fortalecer la experiencia del usuario.

Adicionalmente se llevará a cabo una caracterización y diagnóstico integral de los procesos de recolección y registro de datos, así como de la generación de reportes de información; este diagnóstico permitirá establecer un modelo estandarizado, estructurado y organizado para la gestión de datos dentro del sistema.

Así mismo desde los diferentes componentes técnicos se realizará la recopilación, validación e ingreso de datos de morfología del fondo y sedimentología generados y analizados a partir de los cruceros de investigación. Estas actividades permitirán garantizar la actualización y creación de referentes en el sistema, así como la asociación de las estaciones ANH a la base de datos.

Finalmente, se asegurará que la base de datos esté actualizada y operativa, brindando soporte técnico y funcional al Portal Ambiental *Offshore*, y facilitando el acceso a información confiable para la gestión ambiental y la toma de decisiones.

TEMÁTICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA

5.7 Mapa de Sensibilidad Ambiental

La metodología para el apoyo a los insumos de información cartográfica se desarrollará a partir de los requerimientos necesarios para la elaboración del Mapa de Sensibilidad Ambiental (MSA) del área de estudio. Este proceso comprende la recopilación de la información generada durante la Fase I del proyecto, así como el procesamiento de la información biótica y abiótica levantada en campo durante el crucero de información de dicha fase, complementada con información proveniente de otros proyectos relacionados. Los criterios y la metodología para el procesamiento y análisis de la información se definirán y ajustarán mediante reuniones de trabajo con el equipo temático de los diferentes componentes. Asimismo, se llevará a cabo la integración de la información con fuentes secundarias disponibles para el área de estudio, particularmente aquella generada en el marco de convenios previos entre ANH e INVEMAR. El complemento con estos registros históricos, bajo metodologías similares, permitirá fortalecer la caracterización a nivel espacial, así como a una lectura temporal de la variabilidad de estas comunidades bentónicas en estos sitios adyacentes.

Toda la información recopilada será procesada, organizada y estructurada con el fin de contar con los insumos geográficos necesarios para generar los mapas temáticos que alimentarán el mapa de sensibilidad ambiental final. Los insumos de información considerados en esta recopilación se identifican dentro del componente físico (geosférico), consistente en el procesamiento de datos de batimetría multihaz de alta resolución y perfilador acústico para definir la morfología del fondo, rugosidad y tipos de sustrato.

Dentro del componente biótico se integrará la caracterización de macrofauna y meiofauna (procesamiento taxonómico), junto con el análisis de video-transectos de ROV para identificar macro-hábitats de profundidad y comunidades demersales.

La línea base ambiental de comunidades bentónicas marinas como la macro y meiofauna han estado tradicionalmente centradas en su descripción taxonómica y estructural, abordando principalmente aspectos como el inventario de taxones (esencialmente familias), su abundancia, diversidad y la caracterización general de los hábitats. Si bien este enfoque ha sido fundamental para el conocimiento de la biodiversidad marina, su alcance es predominantemente descriptivo y no tan orientado a interpretación ecológica y predictiva frente a escenarios de intervención.

En la presente propuesta, y en el marco de un área con potencial intervención asociada a la instalación de infraestructura para la conducción de hidrocarburos costa afuera, se plantea complementar este enfoque tradicional mediante la incorporación de un análisis funcional de estas comunidades bentónicas. Este abordaje se propone como un ejercicio piloto, acorde con la información disponible, orientado a generar insumos para la evaluación de la sensibilidad ecológica y la capacidad de respuesta de los ecosistemas frente a perturbaciones físicas.

En este sentido, la caracterización de la macrofauna y meiofauna bentónica no se limitará a la estimación de atributos estructurales como abundancia, biomasa y diversidad, sino que avanzará hacia la interpretación ecológica de los ensamblajes biológicos. Esto se logrará mediante la asignación de rasgos funcionales a los taxones identificados, tales como el tipo de alimentación (e.g., depositívoros, filtradores, carnívoros), el modo de vida (infaunal o epifaunal), la movilidad (sésil o móvil) y, en la medida de lo posible según la disponibilidad de literatura, estrategias de respuesta a perturbaciones (organismos oportunistas vs. sensibles). Este enfoque permitirá inferir aspectos clave del funcionamiento del ecosistema bentónico, tales como los procesos de bioturbación, reciclaje de nutrientes y transferencia trófica, así como inferir sobre vulnerabilidad frente a disturbios como dragados, enterramientos y resuspensión de sedimentos.

Con esta información se generará una jerarquización de sensibilidad, clasificando las áreas desde "extremadamente sensibles" hasta zonas que no generan preocupación inmediata para la industria. El mapa resultante es el insumo principal para determinar la compensabilidad de un impacto residual, clasificando sitios con especies o comunidades de muy difícil restauración, donde el impacto podría considerarse no compensable.

5.8 Caracterizar la biodiversidad asociada arrecifes artificiales

Los estudios sobre los factores que influyen en las asociaciones biológicas de los arrecifes artificiales se han concentrado principalmente en regiones subtropicales y templadas (Lima et al. 2019, Strain et al. 2020, Hylkema et al. 2021). En esos estudios, la función y el efecto de los arrecifes se han analizado mediante distintos atributos ecológicos y métricas a nivel poblacional y de comunidad, como riqueza, diversidad, abundancia y cobertura, así como a través de enfoques experimentales y comparaciones con ecosistemas naturales, con el fin de estimar su contribución a la producción primaria, secundaria y pesquera (Ramm et al. 2021). Sin embargo, en el Caribe y en otros ambientes tropicales la información disponible sobre estos procesos sigue siendo limitada y, en general, es de carácter descriptivo (Strain *et al.* 2020).

Con el fin de reducir los vacíos de conocimiento frente al potencial funcional de estos sistemas artificiales para sostener comunidades biológicas a lo largo del tiempo se ha establecido la necesidad caracterizar la composición taxonómica, riqueza, abundancia y estructura de las comunidades biológicas asociadas a los diferentes tipos de arrecifes artificiales presentes en el Caribe colombiano. Con base a esta información, se podrá evaluar el potencial de los arrecifes artificiales como hábitat marino, a partir de la diversidad de organismos colonizadores, la presencia de distintos grupos funcionales y los patrones de ocupación del sustrato, con el fin último de evaluar su potencial como alternativa de medida de compensación de biodiversidad.

Este componente dentro de la actual fase de propuesta de investigación, se desarrollará en el Caribe colombiano, evaluando arrecifes artificiales previamente instalados en diferentes sectores costeros (Figura 6).

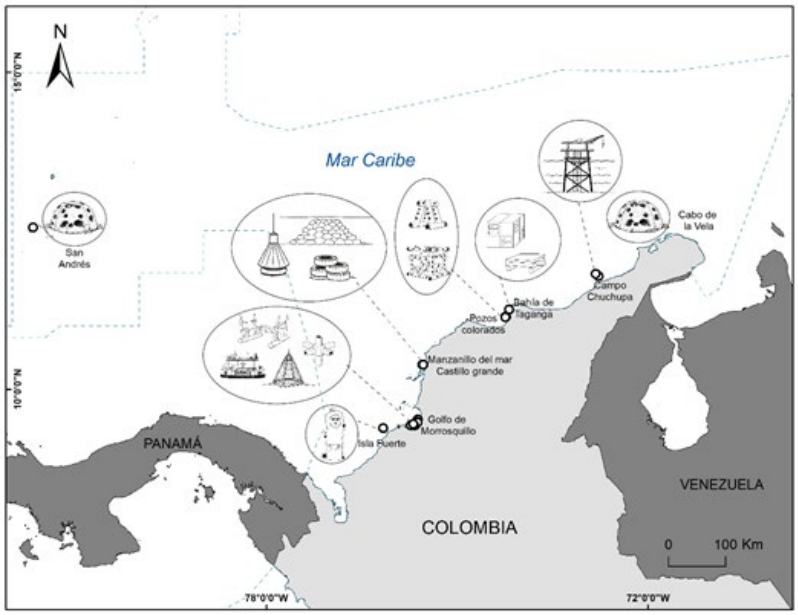


FIGURA 6. ÁREA DE ESTUDIO TENTATIVA DE ARRECIFES ARTIFICIALES. REGIÓN CARIBE.

Se propone la evaluación de diversos arrecifes artificiales en la región Caribe de Colombia, distribuidos en cuatro unidades departamentales: Bolívar; Sucre-Córdoba; Magdalena; y el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, con el fin de abarcar la mayor extensión posible de la región. Cada arrecife artificial será considerado como una unidad de muestreo independiente.

La selección de áreas de estudio prioriza zonas con antecedentes documentados de los arrecifes y condiciones adecuadas para el muestreo mediante buceo autónomo (SCUBA). Las áreas incluirán arrecifes artificiales localizados en distintos contextos ambientales y geomorfológicos, permitiendo evaluar su desempeño bajo diferentes condiciones físicas y biológicas del Caribe colombiano. Cuando las condiciones lo permitan, se caracterizarán fondos naturales adyacentes como referencia, con el fin de comparar los patrones observados en las comunidades asociadas.

5.8.1 Salida a campo y análisis de datos de biodiversidad

Para el cumplimiento de los objetivos de este componente, se contempla la realización de salidas de campo a arrecifes artificiales localizados en las cuatro áreas del Caribe colombiano (previamente descritas). La duración de las campañas de campo se estima entre cinco y siete días por área, de acuerdo con las características de cada localidad. En cada sitio de estudio, el equipo de trabajo se desplazará diariamente en embarcaciones menores y realizará inmersiones utilizando equipo de buceo autónomo (SCUBA), con el fin de llevar a cabo el muestreo de la biodiversidad asociada (comunidad íctica) mediante aproximaciones metodológicas complementarias.

Los datos obtenidos serán analizados mediante estadística descriptiva básica y técnicas multivariadas, con el fin de caracterizar de manera integral las comunidades biológicas asociadas a

los arrecifes artificiales, describiendo su composición, diversidad, abundancia y biomasa. Adicionalmente se tomarán registros de video y fotográficos para la confirmación de especies.

5.8.2 Evaluación de potencial de arrecifes como alternativa de medida de compensación de biodiversidad.

Una vez procesada y analizada la información de campo, se buscarán métodos o referentes en la literatura que permitan establecer lineamientos adecuados (por ej. análisis de equivalencia de Hábitat – HEA, calidad ecológica bentónica, diversidad funcional y rasgos, Habitat Quality and Functional Assessment: NOAA. 1995; Dunforda et al., 2004) para determinar la compensación por daños ambientales causados por impactos no mitigables.

Se evaluarán descriptores que permitan estimar la escala necesaria de los proyectos de restauración compensatoria bajo el concepto de «buen estado medioambiental» para que los beneficios ecológicos generados igualen a las pérdidas de servicios provisionales sufridas por el ecosistema desde el momento de la intervención hasta su recuperación total. Está búsqueda deberá revisar métodos para la cuantificación del daño o afectación de la biodiversidad hasta la medición de establecimiento del nuevo hábitat o su mejora.

5.9 Incorporación de criterios socioeconómicos, territoriales e institucionales

La compensación ambiental se entiende como una medida aplicable únicamente sobre impactos residuales, una vez agotada la jerarquía de mitigación: evitar, minimizar, restaurar y compensar. Para que estas medidas se apliquen, se requiere información suficiente sobre los elementos afectados, los servicios ecosistémicos asociados al territorio y las condiciones sociales que inciden en su viabilidad. En ecosistemas marinos y costeros, este proceso presenta mayores retos, debido a la movilidad de especies, la variabilidad hidrodinámica, la dificultad para delimitar hábitats y la incertidumbre para estimar pérdidas y ganancias de biodiversidad (MADS, 2018; Bas et al., 2016; Jacob et al., 2020; Niner et al., 2017).

Bajo este marco, la presente propuesta adopta un enfoque de sistemas socioecológicos y servicios ecosistémicos, orientado a identificar, a partir de información secundaria, fuentes institucionales y actores estratégicos, los usos actuales del territorio marino-costero, las actividades productivas asociadas, la dependencia potencial de comunidades y sectores frente a los recursos hidrobiológicos, y la importancia de los servicios ecosistémicos para el bienestar humano. Esta aproximación busca generar insumos técnicos para la identificación de elementos de sensibilidad socioeconómica, criterios de viabilidad territorial y lineamientos aplicables a la compensación por pérdida de biodiversidad marina.

Metodológicamente, se plantea el desarrollo de tres actividades, las cuales se desarrollarán a su vez en tres zonas priorizadas: el sector norte, correspondiente a Manaure; el sector central, asociado a Riohacha y su área de influencia; y el sector sur, correspondiente a Dibulla.

La metodología se fundamenta en un enfoque de análisis socioecológico e institucional orientado a generar insumos técnicos para la construcción de lineamientos de compensación por pérdida de biodiversidad marina. El enfoque propuesto prioriza la integración de información secundaria, el conocimiento acumulado por entidades con competencia en el territorio y la articulación con actores estratégicos, con el fin de aportar criterios técnicos aplicables a la implementación de medidas de compensación en ecosistemas marino-costeros.

La ruta metodológica propuesta deberá permitir transformar la información recopilada en insumos aplicables a la toma de decisiones sobre compensaciones ambientales marinas. Para ello, el análisis deberá avanzar desde la identificación y valoración de fuentes secundarias y actores estratégicos, hacia la caracterización de usos del territorio marino-costero, servicios ecosistémicos relevantes, dependencia socioeconómica de recursos hidrobiológicos, condiciones de sensibilidad territorial e institucional, y criterios de viabilidad para futuras medidas de compensación por pérdida de biodiversidad marina. Esta secuencia permitirá que el componente socioeconómico-cultural no se limite a una caracterización descriptiva, sino que aporte directamente a la construcción de lineamientos y a la hoja de ruta metodológica del proyecto. Conceptualmente, la propuesta se apoya en tres ejes:

1. Reconocimiento de las dinámicas socioecológicas asociadas al territorio marino-costero.
2. Identificación de criterios territoriales e institucionales relevantes para la compensación ambiental marina.
3. Integración de la dimensión socioeconómica en la construcción de instrumentos técnicos para la toma de decisiones.

Para el desarrollo de la temática se proponen tres actividades complementarias entre sí, que se representan esquemáticamente en la Figura 7.

5.9.1 Actividad 1 Mapeo de actores estratégicos y recopilación de información secundaria

Esta actividad tiene como propósito identificar y caracterizar los actores institucionales, académicos y territoriales que han participado en procesos relacionados con la gestión ambiental, el ordenamiento marino-costero, el aprovechamiento de recursos hidrobiológicos y la implementación de instrumentos de conservación y compensación ambiental en La Guajira.

Se elaborará un mapeo de actores que incluirá entidades nacionales, regionales y locales, identificando competencias, experiencias previas, información disponible y posibles aportes al desarrollo metodológico de la propuesta.

El mapeo de actores deberá incluir criterios de clasificación que permitan diferenciar actores institucionales, académicos, sectoriales, territoriales, productivos y comunitarios potenciales, así como su escala de actuación, competencias, legitimidad, nivel de incidencia, disponibilidad de información, experiencia previa en gestión marino-costera y nivel recomendado de aproximación en esta fase. Esta clasificación permitirá orientar el intercambio técnico institucional, priorizar fuentes de información, identificar vacíos y reducir riesgos asociados a acercamientos territoriales prematuros que puedan generar expectativas sobre futuras medidas de compensación.



FIGURA 7. ACTIVIDADES PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO. *FUENTE: INVEMAR (2026)*

Entre los actores a considerar se encuentran la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Dirección General Marítima (DIMAR), Corpoguajira, Parques Nacionales Naturales, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), universidades, centros de investigación, empresas que hayan implementado compensaciones ambientales, inversiones obligatorias, medidas de restauración, conservación o manejo ambiental en la región Caribe y/o en La Guajira, así como los gremios o asociaciones sectoriales que las agrupan, mesas interinstitucionales y demás instituciones relacionadas con la gestión ambiental marina y marino-costera.

Con base en este mapeo se realizará la recopilación y análisis de información secundaria asociada a:

- Instrumentos de planificación territorial y ambiental.
- Estudios socioeconómicos y pesqueros.
- Proyectos e investigaciones desarrollados en el área de interés.
- Información sobre servicios ecosistémicos.
- Información sobre usos del territorio marino-costero.
- Iniciativas relacionadas con compensaciones ambientales y gobernanza marina.

Como resultado se obtendrá una caracterización preliminar de las dinámicas socio ecológicas del área de estudio, identificando actores relevantes, usos del territorio, actividades productivas asociadas al espacio marino-costero y antecedentes institucionales de interés para el proyecto.



FIGURA 8. IDENTIFICACIÓN PREVIA DE ACTORES ESTRATÉGICOS. ***FUENTE: INVEMAR (2026)***

5.9.2 Actividad 2 Análisis, consolidación y retroalimentación institucional de la información territorial

A partir de la información recopilada se desarrollarán espacios de intercambio técnico con entidades y actores estratégicos previamente identificados, con el propósito de complementar, contrastar y fortalecer la información territorial e institucional disponible.

Los espacios de intercambio se desarrollarán bajo un alcance técnico e institucional claramente delimitado, orientado a contrastar información secundaria, identificar fuentes complementarias, reconocer vacíos de información, precisar competencias institucionales y recoger insumos relevantes para el análisis de sensibilidad socioeconómica y gobernanza ambiental marina. Estos espacios no reemplazan procesos de participación comunitaria, consulta previa, validación social o caracterización primaria, los cuales requerirían una ruta metodológica, institucional y territorial específica en fases posteriores.

Esta actividad permitirá identificar vacíos de información, reconocer experiencias relevantes para la gestión de ecosistemas marinos y costeros, y recopilar elementos técnicos asociados a la implementación de medidas de compensación ambiental.

Cuando se considere pertinente y exista disponibilidad institucional, se desarrollarán reuniones focalizadas con actores territoriales o líderes previamente identificados por las entidades competentes, procurando que dichos espacios tengan un carácter exclusivamente técnico e informativo.

Los espacios de intercambio y retroalimentación se desarrollarán bajo un alcance técnico e institucional claramente delimitado, orientado a contrastar información secundaria, identificar fuentes complementarias, reconocer vacíos de información, precisar competencias institucionales y recoger insumos relevantes para el análisis de sensibilidad socioeconómica, dependencia de servicios ecosistémicos y gobernanza ambiental marina. Estos espacios no constituyen procesos de participación comunitaria, consulta previa, socialización territorial ni validación social de resultados, los cuales requerirían una ruta metodológica, institucional y territorial específica en fases posteriores. Cualquier aproximación a actores territoriales deberá estar mediada por las entidades competentes, contar con un objetivo técnico previamente definido y evitar la generación de expectativas frente a posibles compensaciones, beneficios o intervenciones futuras.

Como resultado se consolidará una lectura territorial e institucional del área de estudio, identificando elementos de sensibilidad socioeconómica, dependencia de servicios ecosistémicos, usos relevantes del territorio y aspectos estratégicos para la construcción de lineamientos de compensación ambiental marina.

5.9.3 Actividad 3 Construcción de lineamientos socioeconómicos para compensaciones ambientales marinas

Esta actividad integrará la información obtenida en las fases anteriores con los principios establecidos en los instrumentos nacionales de compensación ambiental y la literatura especializada sobre compensaciones por pérdida de biodiversidad marina.

Los lineamientos socioeconómicos deberán entenderse como criterios técnicos para orientar la pertinencia, viabilidad territorial, sostenibilidad y gobernanza de futuras medidas de compensación por pérdida de biodiversidad marina, y no como medidas autónomas de gestión social o inversión comunitaria. Para ello, deberán considerar la relación entre biodiversidad marina, servicios ecosistémicos, dependencia de recursos hidrobiológicos, actividades productivas, sensibilidad socioeconómica, actores institucionales y territoriales, riesgos de implementación, mecanismos de seguimiento y condiciones mínimas para la sostenibilidad de las medidas.

Los resultados obtenidos servirán como insumo para la construcción de una propuesta metodológica y una hoja de ruta orientada al fortalecimiento de instrumentos de compensación ambiental marina y a la incorporación de criterios sociales dentro de futuros procesos de toma de decisiones.

La hoja de ruta metodológica incluirá una secuencia explícita de decisiones e insumos: identificación de información disponible, análisis de vacíos, criterios de sensibilidad socioecológica, criterios de equivalencia y viabilidad, opciones potenciales de compensación, condiciones de implementación,

monitoreo, gobernanza y decisiones institucionales requeridas. Esto permitiría que el producto sea útil y no se limite a una síntesis de resultados.

Como parte del cierre de esta actividad se desarrollará un espacio técnico de socialización y discusión de resultados con entidades y actores estratégicos, orientado a recoger observaciones, identificar oportunidades de mejora y fortalecer la aplicabilidad de los lineamientos propuestos.

6 . PRODUCTOS Y ENTREGABLES

Para la **Fase II (2026)** del convenio entre el **INVEMAR y la ANH**, el cumplimiento de los objetivos específicos en las dos temáticas de investigación generará una serie de resultados científicos y herramientas de gestión orientadas a reducir la incertidumbre en el medio marino.

TEMÁTICA 1. CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS Y COMUNIDADES BIOLÓGICAS

Esta temática se centra en el análisis integral de la información física y biótica recolectada en 2025 para la Baja Guajira. Los resultados y productos incluyen:

- **Caracterización biofísica detallada:** Un informe técnico consolidado que integrará la descripción de rasgos morfológicos del fondo y subfondo (mediante batimetría multihaz y perfiles acústicos), la evaluación de procesos sedimentarios y la calidad de los sedimentos.
- **Línea base biótica robusta:** Procesamiento taxonómico y análisis ecológico de la macrofauna y meiofauna, calculando indicadores de riqueza, abundancia y biomasa.
- **Estudio de la formación coralina lineal*:*** Definición de las dimensiones, abundancia y asociaciones biológicas de esta formación coralina lineal sobre la infraestructura gasífera.
- **Gestión digital de la información:** Carga y actualización de los conjuntos de datos de 2025 en el Portal Ambiental Offshore, junto con la entrega de la Geodatabase (GDB) del proyecto.

6.1 Productos Temática 1

- Un (1) informe técnico consolidando los siguientes resultados:
  - Caracterización de las condiciones geomorfológicas de fondo
  - Caracterización de rasgos morfológicos del subfondo
  - Evaluación de procesos sedimentarios e identificación de patrones espaciales de depósito.
  - Evaluación de tendencias temporales de la calidad de los sedimentos
  - Caracterización de la comunidad de la macrofauna bentónica
  - Caracterización de la comunidad de la meiofauna bentónica
  - Caracterización del la formación coralina lineal
- Datos e información (2025) actualizados en el Portal Ambiental Offshore.
- Una geodatabase del proyecto.

TEMÁTICA 2: FUNDAMENTOS PARA COMPENSACIONES AMBIENTALES MARINAS

Esta temática busca transformar los datos científicos en instrumentos normativos y de planificación territorial. Los resultados y productos destacados son:

- **Mapa de Sensibilidad Ambiental (MSA):** Un instrumento de soporte espacial de alta resolución que integra información biótica, física y socioeconómica para priorizar ecosistemas vulnerables y fundamentar la evaluación del riesgo de compensabilidad.
- **Evaluación de arrecifes artificiales:** Resultados técnicos sobre la funcionalidad ecológica de estructuras artificiales en el Caribe, con el fin de establecer lineamientos para su uso como medida de compensación oficial.
- **Línea base socioeconómica:** Documento de línea base socioecológica e institucional del área de estudio con criterios y lineamientos socioeconómicos, territoriales e institucionales para la incorporación de la dimensión social en la propuesta metodológica de compensación por pérdida de biodiversidad marina.
- **Propuesta de medidas de compensación:** Insumos técnicos para la construcción de la hoja de ruta metodológica orientada al fortalecimiento de instrumentos de compensación ambiental marina y de los procesos de toma de decisiones por parte de las autoridades ambientales incluyendo una síntesis de evidencia disponible, vacíos críticos de información, criterios socioecológicos aplicables, variables sociales y territoriales potencialmente incorporables al Mapa de Sensibilidad Ambiental,
- **Fortalecimiento de la Gobernanza:** Realización de una mesa de trabajo con autoridades ambientales (ANLA, MinAmbiente y Corpoguajira) para complementar la metodología del Manual Nacional de Compensaciones Marinas y recopilar recomendaciones para articulación institucional y consideraciones para fases posteriores de validación, implementación y seguimiento.

6.2 Productos Temática 2

- Un (1) mapa de sensibilidad ambiental con la integración de la información biofísica dónde se identifique, se clasifique y se priorice la información de los ecosistemas sumergidos, así como la información socioeconómica vulnerables ante una posible afectación.
- Un (1) informe técnico que incluya:
  - Resultados de la evaluación ecológica de los arrecifes artificiales del Caribe colombiano.
  - Documento con información de línea base socioeconómica de las comunidades costeras del área de interés, con análisis de los usos del territorio, la dependencia frente a recursos hidrobiológicos y los servicios ecosistémicos asociados.
- Un (1) documento de propuesta de hoja de ruta metodológica socializado con autoridades ambientales competentes, como herramienta para generar la metodología de compensación por pérdida de diversidad biótica marina en soporte al Manual Nacional de Compensaciones.

6.3 ENTREGABLES

1. Plan Detallado de Trabajo y Cronograma discriminado por temática.
2. Primer Informe Técnico de Avance (ITA- 1) y de Gestión y Financiero sobre las Temáticas propuestas frente al Plan Detallado de Trabajo.
3. Un Informe Técnico y de Gestión y Financiero Final (ITF), conteniendo la totalidad de los productos comprometidos en cada una de las temáticas propuestas.

7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

De acuerdo con el alcance de los productos del Proyecto al que daría origen la presente propuesta técnico-económica, se tendrá como fecha de inicio la misma de la firma de formalización del Convenio Interinstitucional y con vigencia hasta el 18 de diciembre de 2026.

Actividades	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Firma y formalización del Convenio						
TEMATICA 1. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN						
Componente geosférico						
Identificación y descripción de rasgos morfológicos submarinos						
Identificación y descripción de rasgos morfológicos del subfondo						
Caracterización sedimentológica						
Componente calidad ambiental						
Estimación de la calidad de sedimento marino superficial						
Componente biológico						
Caracterización de la megafauna epibentónica y demersal						
Caracterización de la macrofauna bentónica						
Caracterización de la meiofauna bentónica						
Caracterización de la formación coralina lineal						
Componente de información						
Actualización del Portal Ambiental Offshore						
TEMATICA 2 FUNDAMENTOS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA						
Mapa de Sensibilidad Ambiental						
Análisis de información generada durante la Fase I del proyecto,						
Procesamiento de la información biótica y abiótica analizada						
Procesamiento de insumos geográficos de los mapas temáticos						
Evaluación de arrecifes artificiales						
Salida a campo y análisis de datos de biodiversidad						
Evaluación de potencial como alternativa de medida de compensación						
Información socioeconómica para la compensación por perdida diversidad marina						
Mapeo de actores estratégicos y recopilación de información secundaria						
Análisis, consolidación y retroalimentación institucional de la información territorial						
Construcción de lineamientos socioeconómicos						
Consolidación del documento insumo						
Construcción metodología compensación por pérdida diversidad marina						
Mesa Técnica de Trabajo autoridades ambientales						
Consolidación del documento propuesta metodológica						
Entregas de productos						
Plan Detallado de Trabajo						
Informe Técnico de Avance						
Informe Técnico Final						

8 PLAN DE INVERSIÓN

8.1 Personal

Para el desarrollo del proyecto de investigación producto de la presente propuesta técnico-económica el INVEMAR vinculará los siguientes perfiles profesionales de personal:

PROYECTO GENERAL	
Participante	**Actividad/responsabilidades**
Jefe de Proyecto	Llevar a cabo la dirección, control y evaluación concerniente a la ejecución técnica y científica del proyecto (mano de obra, bienes y servicios)
Administrador(es)	Apoyar las actividades de ejecución financiera del proyecto (mano de obra, bienes y servicios).

TEMATICA 1: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN			
Participante	**Actividad/responsabilidades**	**Categoría**	**Escala Salarial** *
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Meiofauna.	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Meiofauna.	Profesional 1	$ 6.271.963
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Macrofauna.	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino - Macrofauna	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Macrofauna.	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Macrofauna.	Profesional 1	$ 6.271.963
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para coordinación y análisis de los componentes Bentónicos de Macro y Meiofauna.	Profesional 3	$ 10.665.295
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para coordinación y análisis del componente de Megafauna	Profesional 5	$ 14.082.330
Técnico o tecnólogo con experiencia en custodia y/o administración de muestras biológicas	Auxiliar de apoyo para la organización de los lotes de muestras en el Museo Makuriwa	Auxiliar 2	$ 3.762.010

TEMATICA 1: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN			
Participante	**Actividad/responsabilidades**	**Categoría**	**Escala Salarial** *
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para el análisis de las imágenes del componente de Megafauna	Profesional 1	$ 6.271.963
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en gestión de datos, o afines	Investigador de apoyo en la gestión, administración documental, sistematización y estandarización de información biológica	Profesional 1	$ 6.271.963
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en trabajo de laboratorio biológico	Investigador de apoyo en laboratorio molecular	Profesional 1	$ 6.271.963
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en trabajo de laboratorio biomolecular y técnicas afines (eDNA)	Investigador de apoyo en la integración de información proveniente de análisis moleculares de muestras (tejidos)	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en trabajo de laboratorio biológico	Investigador de apoyo en laboratorio molecular	Profesional 1	$ 6.271.963
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en trabajo de laboratorio biomolecular y técnicas afines	Investigador de apoyo en la integración de información proveniente de análisis moleculares de muestras (tejidos)	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en trabajo de laboratorio biomolecular y técnicas afines (eDNA)	Investigador de apoyo en la integración de información proveniente de análisis moleculares de muestras	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática con experiencia en técnicas moleculares	Investigador encargado de la coordinación y e integración de información proveniente de análisis moleculares de muestras	Profesional 5	$ 14.082.330
Químico, Ingeniero químico o afines	Profesional encargado de análisis de información	Profesional 2	$ 8.158.299
Químico o afines	Profesional con experiencia en análisis de laboratorio - cromatografía	Profesional 2	$ 8.158.299
Químico o afines	Profesional con experiencia en análisis de laboratorio - CO	Profesional 1	$ 6.271.963
Químico, Ingeniero químico o afines	Profesional encargado de fechado	Profesional 2	$ 8.158.299
Tecnólogo químico o ambiental o afines	Auxiliar de laboratorio análisis de laboratorio - radioquímica	Auxiliar 4	$ 5.778.278
Químico, Ingeniero químico o afines	Profesional con experiencia en análisis de laboratorio - Metales	Profesional 1	$ 6.271.963
Químico o afines	Profesional con experiencia en análisis de laboratorio - FQ	Profesional 1	$ 6.271.963

TEMATICA 1: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN			
Participante	**Actividad/responsabilidades**	**Categoría**	**Escala Salarial** *
Técnico o tecnólogo en análisis y desarrollo de sistemas de información o afines	Auxiliar encargado de organizar bases de datos para el SIAM. Generación nuevo atributo resultados de fechado - ESC	Auxiliar 4	$ 5.778.278
Ingeniero pesquero, ambiental, electrónico, físico ambiental o afines	Mantenimiento de equipos de instrumentación Marina y de laboratorio	Profesional 2	$ 8.158.299
Geólogo, geógrafo, geofísico, Ing. Geográfica y ambiental, oceanógrafo o afines	Investigador para coordinación y e integración de información GMC/Morfología de fondos	Profesional 3	$ 10.665.295
Geólogo, geógrafo, geofísico, Ing. Geográfica y ambiental, oceanógrafo o afines	Investigador para coordinación y e integración de información GMC/Sedimentología	Profesional 3	$ 10.665.295
Geólogo, geógrafo, geofísico, Ing. Geográfica y ambiental, oceanógrafo o afines	Investigador para coordinación y e integración de información GMC/Subfondo	Profesional 1	$ 6.271.963
Ingeniero pesquero, ambiental, electrónico, físico ambiental o afines	Operación y mantenimiento de equipos de instrumentación Marina y de laboratorio	Profesional 3	$ 10.665.295
Ing. Sistemas, Ing. Catastral y Geodesta, Ing. Civil, Ing. Topográfico, Ing. Geográfico afines	Investigador científico SIG Análisis Espacial	Profesional 2	$ 8.158.299
Téc. Sistemas, Análisis y Programación de Computadores o afines	Investigador LABSIS Desarrollador Frontend	Profesional 1	$ 6.271.963
Tecnología en Gestión de Redes de Datos o afines	Investigador LABSIS Bases de datos	Profesional 1	$ 6.271.963
Tecnología Administración Documental, Téc. Sistemas o afines	Investigador SIG para alimentar portal ANH	Profesional 1	$ 6.271.963

** Total sueldo incluyendo factor prestacional*

TEMATICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA:			
Participante	**Actividad/responsabilidades**	**Categoría**	**Escala salarial***
Biólogo, Biólogo Marino, administrador ambiental, ecólogo o afines	Investigador de apoyo para salida de campo y procesamiento previo de muestras biológicas – arrecifes artificiales	Profesional 1	$ 6.271.963
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para trabajo en campo, procesamiento y análisis de muestras biológicas – arrecifes artificiales	Profesional 3	$ 10.665.295

TEMATICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA:			
Participante	**Actividad/responsabilidades**	**Categoría**	**Escala salarial***
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para el procesamiento y análisis de muestras biológicas – arrecifes artificiales	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para el análisis de las imágenes / muestras del componente de Megafauna - esponjas	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para el análisis de las imágenes / muestras del componente de Megafauna - crustáceos	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para el análisis de las imágenes / muestras del componente de Megafauna - equinodermos	Profesional 3	$ 10.665.295
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Corales, imágenes/muestras del componente de Megafauna - peces	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en ecología	Investigador para coordinación y análisis del componente de formaciones coralinas artificiales	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en ecología	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino - Corales	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Corales / muestras del componente de Megafauna - moluscos	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con formación en zoología, ecología y/o sistemática.	Investigador para identificación y caracterización de bentos marino – Corales, imágenes/muestras del componente de Megafauna - algas	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino, administrador ambiental, ecólogo con formación o experiencia en actividades costa afuera.	Investigador para coordinación y e integración de información física y biológica y planeación de mesas de trabajo y talleres con actores relevantes	Profesional 5	$ 14.082.330
Biólogo, Biólogo Marino, administrador ambiental, ecólogo con experiencia en análisis de datos ambientales	Investigador para coordinación y e integración de información física y biológica para la elaboración del mapa de sensibilidad ambiental	Profesional 2	$ 8.158.299
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en gestión de datos, o afines	Investigador de apoyo en la, sistematización y estandarización de información biológica	Profesional 1	$ 6.271.963

TEMATICA 2. FUNDAMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD MARINA:			
Participante	**Actividad/responsabilidades**	**Categoría**	**Escala salarial***
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en gestión de datos, o afines	Investigador a cargo de la gestión, administración documental, sistematización y estandarización de información biológica	Profesional 3	$ 10.665.295
Biólogo, Biólogo Marino con experiencia en gestión de datos, o afines	Investigador de apoyo en la gestión, administración documental, sistematización y estandarización de información biológica	Profesional 1	$ 6.271.963
Profesional en Administración y Gestión Ambiental	Investigador para integración y análisis territorial e institucional.	Profesional 2	$ 8.158.299
Profesional en economía o afines	Investigador para análisis de actividades productivas y servicios ecosistémicos.	Profesional 1	$ 6.271.963
Ingeniero pesquero o afines	Investigador para análisis de información relacionada con recursos hidrobiológicos y actividades pesqueras.	Profesional 3	$ 10.665.295
Investigador ambiental, economista ambiental o afines	Profesional de apoyo para la gestión de información con entidades y actores estratégicos.	Profesional 2	$ 8.158.299

** Total sueldo incluyendo factor prestacional.*

9 PRESUPUESTO

En correspondencia al tipo de estudios desarrollados anteriormente por el INVEMAR en las últimas vigencias de desarrollo del **Programa para el levantamiento de línea base ambiental de nuevas fronteras de desarrollo del sector de hidrocarburos en áreas offshore,** se estima una inversión para el desarrollo de la Fase II (2026) con sus Temáticas de investigación I y II de $2.784.669.270 (DOS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CUATRO MILLONES SEICIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS SETENTA PESOS M/CTE.).

Para calcular el presupuesto del Proyecto, se tuvieron en cuenta los rubros de *personal* y gastos generales que incluyen el rubro de *materiales y suministros; dotación y seguridad industrial; viajes y gastos de viaje*; *salidas a campo*, *mantenimiento y adecuaciones* al igual que el de *capacitaciones y talleres*. Así mismo se incluye un rubro denomina*do gastos asociados a la investigación (GAI),* de acuerdo con el documento del INVEMAR No. DR-DGI-SRA-FIN 09 DIRECTIVA DE GASTOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN "Por la cual se precisa lo relacionado con los gastos asociados a la investigación a cargo de los proyectos de recursos administrados y propios que adelante el Instituto".

Los aportes del INVEMAR, que irían en forma de contrapartida al proyecto, se establecen en especie dentro de los conceptos de gastos en *Personal, Capacitación y Talleres y Uso de equipos* para el desarrollo de las dos Temáticas propuestas. En términos de **Personal**, corresponden a la dedicación en porcentaje de tiempo establecida por los Coordinadores, jefes de Líneas de investigación, de Laboratorios y de Comunicaciones, que supervisarán algunos de los componentes dentro del Proyecto. Este personal se relaciona en la siguiente tabla.

CARGO	Porcentaje dedicación	Tiempo dedicación (meses)
Coordinador de Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos - BEM	20	5
Jefe Línea de Investigación Inventarios, Taxonomía y Biología de Especies - ITE	20	5
Curador Museo de Historia Natural Marina de Colombia	10	5
Auxiliar de investigación (MHNMC)	20	5
Jefe de Línea de Organización y dinámica de Ecosistemas	15	5
Jefe de Línea de Biología y Estrategias de conservación	15	5
Coordinador de Programa de Geociencias Marinas y Costeras	5	4
Jefe de Laboratorio de Instrumentación Marina	5	4
Jefe Línea de Investigación Geología Marina y Costera	10	4
Coordinador de Programa de Calidad Ambiental Marina	5	5
Jefe de Laboratorio Unidad Laboratorios Calidad Ambiental Marina LabCAM	10	5
Jefe de calidad de LABCAM	5	5
Coordinador de Investigación e Información para Gestión Marina y Costera GEZ	10	5
Jefe de Comunicación Científica	5	5
Jefe de Laboratorio de Sistemas de Información LabSis	10	5
Coordinador Programa de Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros - VAR	5	3
Jefe Línea de Investigación Valoración Económica-VAE	15	3
Jefe Línea de Investigación de Uso y Producción Sostenible	10	3

Por su parte el valor del concepto de gastos en especie correspondiente a **Equipos**, se establece en porcentaje del tiempo de uso dado a equipos de cómputo para el desarrollo de análisis de datos y seguimiento, en las dos Temáticas propuestas, al igual que a la generación de cartografía y bases de datos. Así mismo, se incluyen los equipos ópticos y fotográficos establecidos en el Museo de Historia Natural Marina de Colombia MAKURIWA, para la estimación de la biodiversidad de los componentes del bentos (organismos asociados al sedimento).

De igual forma se calcula el tiempo de uso requerido por los equipos del Laboratorio de instrumentación Marina (LabIMA) y el laboratorio de Calidad Ambiental Marina del INVEMAR (LabCAM) laboratorio especializado para el análisis de muestras de agua y sedimento para la cuantificación de los valores que determinan la calidad ambiental del área, siendo el único laboratorio certificado a nivel nacional, para el trabajo en la matriz de parámetros marinos.

El valor de concepto de gastos de **Capacitación y Talleres**, establecido como contrapartida, responde al uso en dias de aulas académicas con capacidad para 20 personas y servicios de video beam, computador, tablero, sistema de videoconferencia, sistema de aire acondicionado automatizado y red contraincendios, para el desarrollo de talleres con actores y autoridades locales en el marco del desarrollo de la Temática II, así como mesas de trabajo internas para el análisis en conjunto de los resultados obtenidos en ambas temáticas.

En total el INVEMAR establece una contrapartida $ 736.261.168 (SETECIENTOS TREINTA Y SEIS MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y UN MIL CIENTO SESENTA Y OCHO PESOS M/CTE.) representada en especie.

A continuación, se discrimina por aportes realizados por la ANH y el INVEMAR, contemplando los recursos proyectados para el desarrollo de las dos Temáticas propuestas anteriormente por un total de $ 3.520.930.438,00 (TRES MIL QUINIENTOS VEINTE MILLLONES NOVECIENTOS TREINTA MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS M/CTE).

CONCEPTO DE GASTOS	ANH	INVEMAR
PERSONAL	$1.774.211.783,00	$183.959.913,85
MATERIALES Y SUMINISTROS	$100.051.510,00	
DOTACIÓN Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	$25.000.000,00	
VIAJES Y GASTOS DE VIAJE	$10.920.940,00	
SALIDAS A CAMPO	$156.036.294,00	
MANTENIMIENTO Y ADECUACIONES	$160.000.000,00	
CAPACITACIONES Y TALLERES	$94.337.198,00	$1.750.906,00
GASTOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACION*	$464.111.545,00	
USO DE EQUIPOS		$550.550.348,15
TOTAL	*$2.784.669.270,00*	*$736.261.168,00*
TOTAL PROYECTO		$ 3.520.930.438,00

**Los Gastos asociados a la investigación (GAI), han sido determinados dentro del INVEMAR por Directiva No. DR-DGI-SRA-FIN 09.*

10 DESEMBOLSOS

- Un desembolso inicial por la suma de MIL CIENTO TRECE MILLONES OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS OCHO PESOS M/CTE ($ 1.113.867.708,00) equivalente al 40% del valor total del convenio, una vez suscrita el Acta de Inicio, previo perfeccionamiento del Convenio y sujeto a la aprobación del Plan Detallado de Trabajo y Cronograma discriminado por temática, por parte del Comité coordinador y operativo del Convenio.
- Un segundo desembolso por la suma de MIL CIENTO TRECE MILLONES OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS OCHO PESOS M/CTE ($ 1.113.867.708,00), sujeto a la aprobación por parte del Comité coordinador y operativo del Convenio, del Primer Informe Técnico de Avance (ITA- 1), no inferior al 40 % y de Gestión y Financiero, sobre las Temáticas frente al Plan Detallado de Trabajo.
- Un tercer y último desembolso por la suma de QUINIENTOS CINCUENTA Y SEIS MILLONES NOVECIENTOS TREINTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO PESOS M/CTE ($556.933.854,00) a la aprobación por parte del Comité coordinador y operativo del Convenio, del Informe Técnico (ITF) y de Gestión y Financiero que contenga la totalidad de los productos comprometidos en cada una de las temáticas.

11 REFERENCIAS

Acosta, A. 2020. HOCOL asume control de Chuchupa y Ballena: Historia. https://guiadelgas.com/hocol-toma-el-control-de-los-campos-gasiferos-de-la-guajira-historia-de-la-relacion-ecopetrol-chevron/ 15/10/2025.

Althaus, F., Hill, N., Ferrari, R., Edwards, L., Przeslawski, R., Schönberg, CHL, et al. 2015. A Standardised Vocabulary for Identifying Benthic Biota and Substrata from Underwater Imagery: The CATAMI Classification Scheme. PLoS ONE 10(10): e0141039. doi:10.1371/journal.pone.0141039.

Alvarez-Filip, L., N.K. Dulvy, J.A. Gill, I.M. Côté y A.R. Watkinson. 2009. Flattening of Caribbean coral reefs: region-wide declines in architectural complexity. Proc. Biol Sci., 276(1669): 3019–3025.

Aristizábal-Clavijo, L.X. 2005. Diseño de un modelo matemático para evaluar el impacto ambiental generado por la instalación de arrecifes artificiales en el Caribe colombiano [Trabajo de grado]. Universidad de La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1616

Bas, A., Jacob, C., Hay, J., Pioch, S., & Thorin, S. (2016). Improving marine biodiversity offsetting: A proposed methodology for better assessing losses and gains. Journal of Environmental Management, 175, 46–59. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.027

Bohnsack, J.A., D. Johnson y R. Ambrose. 1991. Ecology of artificial reef habitats and fishes. 61-107 p. En: Seaman W. y L.M. Sprague (Eds.). Artificial habitats for marine and freshwater fisheries. Academic Press. San Diego, California. USA.

Bortone, S.A. 2011. A pathway to resolving an old dilemma: lack of artificial reefs in fisheries management. 311-321 p. In: Bortone S.A., F.P. Brandini, G. Fabi y S. Otake (Eds.). Artificial reefs in fisheries management. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, USA.

Bortone, S.A., M. Samoilys y P. Francour. 2000. Fish and macroinvertebrate evaluation methods. 127–164 p. En: W. Jr. Seaman (Ed.). Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats. CRC, Boca Raton, USA.

Bugnot, A.B., M. Mayer-Pinto, L. Airoldi, E.C. Heery, E.L. Johnston et al. 2021. Current and projected global extent of marine built structures. Nat. Sustain., 4, 33–41.

Capitals Coalition & Cambridge Conservation Initiative. (2020). Biodiversity Guidance to accompany the Natural Capital Protocol.

Capitals Coalition. (2016). Natural Capital Protocol.

Cardoso, A.P.L.R., M.R.S.B.C. Matos, R.S. Rosa, F. Alvarado, A.P.M. Medeiros y B.A. Santos. 2020. Increased fish diversity over day and night in structurally complex habitats of artificial reefs. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 522, 152244. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151244

CATAMI Technical Working Group 2013. CATAMI classification scheme for scoring marine biota and substrata in underwater imagery – Technical Report. Accessed (website) [http:catami.org/classification]. Version 1.3.

Cedeño-Posso C, Vides-Casado M, Rocha V, Borrero-Pérez GH, Polanco F A and Alonso D. 2022. Benthic macrohabitat classification and Madracis spp. coral patch distribution in a deepsea marine protected area of Colombia. Front. Mar. Sci. 9:995419. doi: 10.3389/fmars.2022.995419

Chasqui L., N.P. Lizarazo-Rodríguez, A. Osorno-Arango, N. Rivas-Escobar, J.V. Sánchez-Muñoz y J.C. Zárate-Arévalo. 2024. Actualización de línea base de biodiversidad en la plataforma Chuchupa, La Guajira. Informe técnico final. PRY-BEM-019-23. INVEMAR- Fundación del Alto Magdalena. Santa Marta, Colombia. 66 p + anexos.

Claisse, J.T., D.J. Pondella, M. Love, L.A. Zahn, C.M. Williams, J.P. Williams y A.S. Bull. 2014. Oil platforms off California are among the most productive marine fish habitats globally. PNAS, 111(43): 15462-15467.

Comisión Colombiana del Océano - CCO. (2018). Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros - PNOEC 2016-2030. Comisión Colombiana del Océano.

CORALINA. 2024. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Arrecifes artificiales: Una oportunidad para recuperar las zonas costeras. https://www.coralina.gov.co/publicaciones/1466/arrecifes-artificiales-una-oportunidad-para-recuperar-las-zonas-costeras/

Cruz-García, G.S. y P.J.E Peters. 2015. Conservation of corals in the Colombian Caribbean. En: Ethnobiology of Corals and Coral Reefs (pp. 209–234). Springer.

Delgadillo, O., C.B. García y J. Correa. 2004. Dinámica temporal de la asociación de peces en dos arrecifes artificiales del Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. Act. Biol., 26 (81): 219-230.

Delgadillo-Garzón, O. 2009. Peces y macroinvertebrados móviles de hábitats artificiales en la bahía de Taganga. Bol. Invest. Mar. Cost., 38 (1): 197- 204.

Delgadillo-Garzón, O. 2025. Diversidad en arrecifes artificiales del Caribe colombiano: ¿Una cuestión de tiempo, complejidad o localización? [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios en Ciencias del Mar (CECIMAR) – INVEMAR.

Delgadillo-Garzón, O. y C.B. García. 2009. Impacto de dos arrecifes artificiales en la pesca artesanal diurna del golfo de Morrosquillo. Rev. Biol. Trop., 57(4): 993-1007.

Delgadillo-Garzón, O. y N.N. Toro. 2018. An integrative artificial reef project for conservation and coastal management in the Colombian Caribbean. (215-234). En: Bortone, S.A. (Ed.). Marine artificial reef research development: integrating fisheries management objectives. American Fisheries Society Symposium 86. USA.

Delgadillo-Garzón, O. y P. Flórez. 2015. First records of phylum Bryozoa associated to artificial habitats in the Colombian Caribbean. Lat. Am. J. Aquat. Res., 43:33–45.

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2020). Documento CONPES 3990: Colombia Potencia Bioceánica Sostenible 2030. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia.

Díaz JM, Barrios LM, Cendales MH, Garzón-Ferreira J, Geister J, López-Victoria M, Ospina GH, Parra-Velandia F, Pinzón J, Vargas-Ángel B, Zapata FA, Zea S. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 5, Santa Marta, 176. INVEMAR-MINAMBIENTE. 2020. Atlas de Áreas coralinas de Colombia. Disponible en: https://areas-coralinas-de-colombia-invemar.hub.arcgis.com

Díaz, J. M., Barrios, L. M., Cendales, M. H., Garzón-Ferreira, J., Geister, J., López-Victoria, M., Ospina, G. H., Parra-Velandia, F., Pinzón, J., Vargas-Ángel, B., Zapata, F. A., & Zea, S. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Dirección General Marítima – DIMAR. 2022. Resolución No. 0059-2022 MD-DIMAR-CP09-ALITMA del 1 de agosto de 2022, por la cual se autoriza el hundimiento de la monoboya TLU-2 como arrecife artificial en el Golfo de Morrosquillo [Acto administrativo].

Dunforda R. W., T. C. Ginnb y W. H. Desvousgesa. 2004. The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. Ecological Economics (48)49 – 70

Escobar, J. 1989. Proyecto arrecife artificial de Ballena (Pájaro-Guajira): declaración del efecto ambiental. Ed. Texas Petroleum Company, 20 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2009.International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the HighSeas. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2009.International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the HighSeas. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gayo-Romero, J.L. (1998). Arrecifes artificiales: estructuras llenas de vida. Editorial CSIC. 12 p.

Gómez Agudelo, J.V. 1994. Construcción del arrecife artificial con llantas de desecho en el Bajo Manzanillo [Trabajo de grado]. Escuela Naval “Almirante Padilla”, Facultad de Oceanografía Física.

Gracia, A., N. Cruz, G. Borrero, D.P. Báez y N. Santodomingo. 2013. Invertebrados marinos asociados con las plataformas de gas en La Guajira (Caribe colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost., 42(2), 361–386.

Herazo, D. y A. Torres. 1998. Evaluación de la efectividad pesquera de dos arrecifes artificiales ubicados en el Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 107 p.

Hill, J y Wilkinson, C. 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs. Version 1. Australian Institute of Marine Science. 123p.

Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood, M. Card, S.R. Connolly, C. Folke y J. Roughgarden. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. Science 301, 929-933.

Hylkema, A., Q.C.A. Hakkaart, C.B. Reid, R. Osinga, A.J. Murk y A.O. Debrot. 2021. Artificial reefs in the Caribbean: a need for comprehensive monitoring and integration into marine management plans. Ocean Coast. Manag., 209: 105672.

Ibañez-Erquiaga, B., H. Baktoft, T.B. Mildenberg, J. Teilmann, L. Kleivane, L.M. Kornau, M.D. Agersted, S.M. Hüllert y J.C. Svendsen. 2025. Increased fish, biodiversity, and body size near a North Sea oil and gas platform. Mar. Environ. Res., 204, 106959.

Institute of Marine Science. 123p.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis” - INVEMAR. (2022). Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia. INVEMAR.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis” - INVEMAR. (s. f.). Sistema de Información Ambiental Marina - SIAM. INVEMAR.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis” - INVEMAR. (s. f.). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia. INVEMAR.

INVEMAR. 2005. Biodiversidad asociada a las plataformas de explotación de gas natural Campo Chuchupa: La Guajira – Colombia. Informe técnico final. INVEMAR-ECOPETROL S.A. – CHEVRON TEXACO. Santa Marta, Colombia. 225 p.

IPBES. (2022). Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of Nature.

Jacob, C., van Bochove, J. W., Livingstone, S., White, T., Pilgrim, J., & Bennun, L. (2020). Marine biodiversity offsets: Pragmatic approaches toward better conservation outcomes. Conservation Letters, 13(3), e12711. https://doi.org/10.1111/conl.12711

Jaimes, J., Y. Pinzón y C. Trujillo. 2004. Explorando alternativas de pesca responsable con la langosta espinosa en Santa Marta. Fundación Sila Kangama, Santa Marta. 80 p.

Lima, J.S., I.R. Zalmon y M. Love. 2019. Overview of trends of ecological and socioeconomic research on artificial reefs. Mar. Environ. Res., 145: 81-96.

Medeiros, A.P.M., B.P. Ferreira, R. Betancur-R, A.P. Cardoso, M.R. Matos y B.A. Santos. 2021. Centenary shipwrecks reveal the limits of artificial habitats in protecting regional reef fish diversity. J. Appl. Ecol., DOI10.1111/1365-2664.14053.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos - PNGIBSE. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. (2026). Manual para la compensación del medio biótico y de la sustracción de áreas de reserva forestal. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Manual de compensaciones del componente biótico.

Moreno, D. 2006. Report on reef ball project, Cabo de la Vela, Colombia (units deployed in May to June, 2003). Terrazul Foundation.

Muñoz, O. y C. Obregón. 1994. Estructura y proceso de colonización de la comunidad de peces en un arrecife artificial en Isla Naval (P.N.N.C.R.) Caribe colombiano. Trabajo de grado de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 110 p.

Navas-Camacho, R., D.L. Gil-Agudelo, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia y J. Garzón-Ferreira. 2010. Coral diseases and bleaching on Colombian Caribbean coral reefs. Rev. Biol. Trop., 58(S1).

Niner, H. J., Milligan, B., Jones, P. J. S., & Styan, C. A. (2017). A global snapshot of marine biodiversity offsetting policy. Marine Policy, 81, 368–374. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.04.005

NOAA. 1995. Habitat Equivalency Analysis: An Overview Damage Assessment and Restoration Program. National Oceanic and Atmospheric Administration Department of Commerce.

Oleoducto Central S.A. (Ocensa). 2023. Informe de gestión sostenible 2022. https://ocensa.com.co

Paxton, A.B., K.W. Shertzer, N.M. Bacheler, G.T. Kellison, K.L. Riley y J.C. Taylor. 2020. Meta-analysis reveals artificial reefs can be effective tools for fish community enhancement but are not one-size-fits-all. Front. Mar. Sci., 7, 282. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00282

Perdomo-Ramos, S.N. 2014. Evaluación preliminar de la biota sésil y la epibiota asociada a dos arrecifes artificiales del golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano. Trabajo de grado de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 80 p.

Polovina, J.J. 1991. Fisheries applications and biological impacts of artificial reefs. 153-176 p. En: Seaman W.Jr. y L.M. Sprague (Eds.). Artificial habitats for marine and freshwater fisheries. Academic Press Inc. San Diego, CA, USA.

Pope, J., et al. (2021). When is an offset not an offset? A framework of necessary conditions for biodiversity offsets. Environmental Management.

Ramm, L.A.W., J.H. Florisson, S.L. Watts, A. Becker y J.R. Tweedley. 2021. Artificial reefs in the Anthropocene: a review of geographical and historical trends in their design, purpose, and monitoring. Bull. Mar. Sci., 97(4): 699-728.

Santodomingo, N., Flórez, P., & Reyes, J. 2010. Corales escleractinios de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), 296 pp.

Seaman, W. 2019. Artificial reefs. En: Cochran, J.K., H.J. Bokuniewicz y P.L. Yager (Eds.). Encyclopedia of Ocean Sciences, 3rd edition vol. 1, pp. 662–670.

Seaman, W.Jr. y A. Jensen. 2000. Purposes and practices of artificial reef evaluation. 1-19 p. En: Seaman WJr. (Ed.) Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats. CRC Press, Boca Ratón. Florida, USA.

Seathisco. 2025. Monitoreo de fauna asociada a esculturas artificiales del museo submarino Zenú-Muszif, Isla Fuerte, Caribe colombiano. Informe técnico final. Ecohouse. 16p.

Sigovini, M., Keppel, E, Tagliapietra, D. 2016. Open nomenclature in the biodiversity era. Methods in Ecology and Evolution. 2016;7(10):1217–1225. doi: 10.1111/2041-210x.12594.

Sigovini, M., Keppel, E, Tagliapietra, D. 2016. Open nomenclature in the biodiversity era. Methods in Ecology and Evolution. 2016;7(10):1217–1225. doi: 10.1111/2041-210x.12594.

Strain, E.M.A., P.D. Steinberg, M. Vozzo, E.L. Johnston, M. Abbiati et al. 2020. A global analysis of complexity–biodiversity relationships on marine artificial structures. Glob. Ecol. Biogeogr., 30(1), 140–153. https://doi.org/10.1111/geb.13202

Torres-Pérez, A. y D.S. Herazo-Cárdenas. 1997. Proyecto: Construcción e instalación de arrecifes artificiales, Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano [Informe técnico]. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).

United Nations. (2021). System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting.

Vishnoff, I.M.J. y O. Delgadillo-Garzón. 2010. Cobertura de la biota sésil asociada a cuatro arrecifes artificiales en el golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. 367- 372 p. En: INVEMAR-ACIMAR (Eds.). XIV Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar (SENALMAR). Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR, No. 21. Santa Marta.

World Bank. (2018). Environmental and Social Standard 6: Biodiversity Conservation and Sustainable Management of Living Natural Resources. Environmental and Social Framework.