

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA MARINA (APEM) RUBÍ - BLOQUE GUA OFF 10



Preparado por:



Cítese como:	ECOPETROL y AQUABIÓSFERA. Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria Marina (APEM) Rubí – Bloque GUA OFF 10. Información adicional . Elaborado por Aquabiósfera S.A.S. para Ecopetrol S.A. Bogotá, D.C: octubre de 2022. Paginación variada. Diez capítulos + anexos y resumen ejecutivo.
---------------------	--

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABLAS.....	7
1. OBJETIVOS	8
2. GENERALIDADES	8
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	10
3.1 FASES Y ACTIVIDADES.....	12
3.1.1 Fase preoperativa.....	12
3.1.2 Fase de movilización, instalación de plataformas, montaje de equipos y construcción en tierra.....	13
3.1.3 Fase de perforación exploratoria	15
3.1.4 Fases de pruebas de producción.....	17
3.1.5 Fase de desmantelamiento y abandono	19
3.2 COSTOS, CRONOGRAMA Y PERSONAL REQUERIDO	19
4. ÁREA DE INFLUENCIA.....	20
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	24
5.1 CARACTERIZACIÓN ABIÓTICA.....	24
5.1.1 Geología.....	24
5.1.2 Geomorfología.....	28
5.1.3 Geotecnia	30
5.1.4 Geoamenazas	31
5.1.5 Paisaje.....	33
5.1.6 Hidrológico – Calidad del agua	35
5.1.7 Hidrogeológico.....	36
5.1.8 Oceanografía.....	37
5.1.9 Atmosférico	45
5.1.10 Calidad de los sedimentos.....	51
5.2 CARACTERIZACIÓN BIÓTICA	51
5.2.1 Ecosistemas marinos.....	51
5.2.2 Comunidades marinas.....	52

5.2.3	ÁREAS DE ESPECIAL INTERÉS AMBIENTAL.....	54
5.3	CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA	56
5.3.1	Lineamientos de participación	57
5.3.2	Caracterización socioeconómica	58
5.4	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	65
6.	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	65
7.	DEMANDA Y USO DE RECURSOS NATURALES.....	71
7.1	CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL.....	71
7.2	PERMISO DE VERTIMIENTOS – AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y NO DOMÉSTICAS	72
7.3	AUTORIZACIÓN DE MANEJO DE RESIDUOS.....	74
7.3.1	Fluidos utilizados la perforación exploratoria y cortes de perforación	74
7.3.2	Residuos peligrosos y no peligrosos.....	74
7.4	Recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad	77
8.	EVALUACIÓN DE IMPACTOS	77
8.1	Escenario sin proyecto	78
8.2	Escenario con proyecto	79
8.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL.....	82
8.3.1	Cuantificación biofísica de cambios en los servicios ecosistémicos.....	82
8.3.2	Análisis de internalización.....	84
8.3.3	Análisis Beneficio - Costo del proyecto y análisis de sensibilidad	85
9.	ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL	86
10.	PLANES Y PROGRAMAS.....	88
10.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	88
10.1.1	Programas de manejo ambiental	88
10.1.2	Plan de seguimiento y monitoreo.....	89
10.1.3	Plan de contingencia	90
10.1.4	Plan de desmantelamiento	97
10.2	OTROS PLANES Y PROGRAMAS	98
10.2.1	Plan de inversión de no menos del 1%.....	98
10.2.2	Plan de compensaciones del medio biótico	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Área del Bloque GUA OFF 10 y del APEM Rubí.....	9
Figura 3.1 Ubicación del APEM Rubí con respecto a la línea costera colombiana.....	11
Figura 4.1 Área de influencia abiótica (AIA) y biótica (AIB) del APEM Rubí.....	21
Figura 4.2 Área de influencia socioeconómica (AIS) del APEM Rubí.....	22
Figura 4.3 Área de influencia del proyecto APEM Rubí.....	23
Figura 5.1 Tectónica actual de la esquina noroccidental de Suramérica.....	25
Figura 5.2 Provincias morfo-estructurales del Caribe colombiano.....	26
Figura 5.3 Sección estratigráfica esquemática de la cuenca de la Baja Guajira.....	27
Figura 5.4 Facies sedimentarias en el área de influencia del APEM Rubí.....	28
Figura 5.5 Mapa de unidades geomorfológicas en el área de influencia del APEM Rubí.....	29
Figura 5.6 Mapa de zonificación geotécnica en el área de influencia del APEM Rubí.....	31
Figura 5.7 Catálogo Sísmico Integrado (CSI).....	32
Figura 5.8 Unidades geomorfológicas presentes en el paisaje marino del área de influencia del APEM Rubí.....	34
Figura 5.9 Imágenes del paisaje registrado en el APEM Rubí y su fauna asociada. Crustáceo decápodo en su madriguera (izquierda, anomalía 3) y pez de la familia Carangidae (derecha, anomalía A19) en sitios del área de influencia del APEM Rubí donde se registraron anomalías.....	35
Figura 5.10 Ubicación de las estaciones de muestreo para la caracterización de la calidad del agua de mar, sedimentos marinos, oceanografía, comunidades planctónicas y bentónicas en el APEM Rubí.....	36
Figura 5.11 Rosa direccional de la corriente superficial. Periodo de tiempo 1993-2018. Base de datos del programa COPERNICUS. Punto localizado en 11°50'N y 73°15' W... 39	39
Figura 5.12 Diagramas termohalinos. a) estación E01. b) estación E02. c) estación E03. d) estación E04. e) estación E05. f) estación E06.....	42
Figura 5.13 Perfil de velocidad del sonido en el APEM Rubí para la época seca.....	43
Figura 5.14 Perfil de velocidad del sonido en el APEM Rubí para la época húmeda.....	43
Figura 5.15 Perfiles en función de la profundidad a) temperatura b) salinidad c) densidad. Periodo de tiempo 1993-2018. Base de datos del programa COPERNICUS. Punto localizado en 11°50'N y 73°15' W.....	44
Figura 5.16 Comportamiento interanual del índice de surgencia y la magnitud del viento.....	45
Figura 5.17 Rosa direccional para el viento.....	47

Figura 5.18 Rosa direccional para el viento para las épocas seca (izquierda) y húmeda (derecha).	48
Figura 5.19 Curva de Wenz. Niveles de densidad espectral de presión del ruido ambiental marino.	49
Figura 5.20 Localización de los ecosistemas estratégicos con respecto al área de influencia del APEM Rubí.	55
Figura 5.21 Localización de las Unidades Ambientales Costeras y de las Áreas de Especial Interés Ambiental con respecto al área de influencia del APEM Rubí.	56
Figura 5.22 Rutas y áreas de pesca industrial con relación al APEM Rubí.	59
Figura 5.23 Pesca artesanal agregada.	62
Figura 5.24 Densidad de tráfico marino en el APEM Rubí (tránsitos / áreas de 0,31 km ² / año).	64
Figura 6.1 Modelo conceptual de la Zonificación Ambiental para el APEM Rubí.	66
Figura 6.2 Zonificación abiótica para el área de influencia del APEM Rubí.	67
Figura 6.3 Zonificación biótica para el área de influencia del APEM Rubí.	68
Figura 6.4 Zonificación socioeconómica para el área de influencia del APEM Rubí.	69
Figura 6.5 Resultado de la zonificación ambiental para el área de influencia del APEM Rubí.	70
Figura 9.1 Relación entre el proceso de zonificación ambiental y de manejo. Definición de las categorías de Zonificación de Manejo Ambiental.	86
Figura 9.2 Zonificación de manejo ambiental final para el área de influencia del APEM Rubí.	87
Figura 10.1 Esquema del Sistema de Comando de Incidentes para la atención a emergencias de Ecopetrol.	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Vértices del bloque GUA OFF 10.	9
Tabla 3.1 Coordenadas de los vértices del APEM Rubí.	11
Tabla 5.1 Ejemplos de ruido submarino producido por diferentes fuentes naturales y antrópicas.	50
Tabla 5.2 Participación en reuniones de socialización con entidades regionales.	57
Tabla 5.3 Tabla resumen de las condiciones de dependencia e incidencia sobre los servicios ecosistémicos identificados para el APEM Rubí.	65
Tabla 7.1 Caudales estimados de captación de agua por pozo.	72
Tabla 7.2 Vertimientos potenciales generados por la MODU en el APEM Rubí.	73
Tabla 7.3 Clasificación de residuos domésticos.	75
Tabla 7.4 Clasificación de residuos industriales.	76
Tabla 8.1 Nivel de importancia de los impactos ambientales.	77
Tabla 8.2 Importancia ambiental y nivel de evidencia de los impactos - sin proyecto.	78
Tabla 8.3 Síntesis de la importancia ambiental y probabilidad de los impactos por aspecto ambiental para el escenario con proyecto.	80
Tabla 8.4 Carácter residual de los impactos significativos identificados por medio – Escenario con proyecto.	82
Tabla 8.5 Cuantificación biofísica de los servicios ecosistémicos.	83
Tabla 8.6 Análisis de internalización de impactos en la evaluación <i>ex ante</i>	84
Tabla 9.1 Restricciones en las áreas de intervención con restricción Media y Alta del área de influencia del APEM Rubí.	87
Tabla 10.1 Programas de Manejo Ambiental y subprogramas.	88
Tabla 10.2 Programas de seguimiento y monitoreo.	90
Tabla 10.3 Escenarios de riesgo.	90
Tabla 10.4 Principales elementos potencialmente expuestos.	91
Tabla 10.5 Matriz de valoración del riesgo para las amenazas identificadas en el desarrollo del proyecto.	93
Tabla 10.6 Niveles de activación en la operación de Ecopetrol.	94
Tabla 10.7 Esquema de planes de respuesta por establecer para la ejecución de la perforación exploratoria en cada uno de los seis pozos en el APEM Rubí.	97

1. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es explorar potenciales reservas en el Área de Perforación Exploratoria Marina Rubí (APEM Rubí), mediante la perforación de hasta seis (6) pozos dentro de esta área, con el fin de determinar la viabilidad técnica, económica y socio-ambiental para una posible explotación de los yacimientos.

El objetivo del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es analizar los impactos que se derivan de las actividades requeridas para la perforación exploratoria y establecer las medidas de manejo ambiental pertinentes, con el fin de lograr el concepto favorable de viabilidad ambiental por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, mediante la obtención de la Licencia Ambiental correspondiente.

2. GENERALIDADES

Como parte del Proceso Permanente de Asignación de Áreas – PPAA, el cual inicia en el año 2019, el bloque GUA OFF 10 fue asignado a la empresa de hidrocarburos ECOPETROL S.A. (en adelante Ecopetrol) mediante el Contrato de Exploración y Producción de Hidrocarburos (E&P) GUA OFF 10, firmado con la ANH el día 25 de julio de 2019.

Ecopetrol proyecta el desarrollo de este bloque con el objetivo estratégico de atender la demanda deficitaria de gas del país a partir del año 2025, basado en las proyecciones sobre la producción de hidrocarburos en la cuenca de La Guajira (Chuchupa, Ballena y Riohacha) que han venido reduciéndose a un 20% en el año 2019, a un 15% en el año 2021 y a un 9% en el año 2025¹.

Teniendo en cuenta el contexto, las proyecciones anteriores y la asignación del bloque GUA OFF 10 a Ecopetrol, se proyecta el desarrollo del APEM Rubí dentro de dicho bloque, el cual se encuentra en las proximidades del histórico campo Asociación Guajira. El Bloque GUA OFF 10 se encuentra ubicado costa afuera en aguas territoriales de Colombia, en el mar Caribe, con un área aproximada de 106.903,82 ha. El área del polígono de este bloque está delimitada por 11 puntos (Tabla 2.1 y Figura 2.1).

¹ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA – UPME. Balance de gas natural de Colombia 2016-2025. p. 3-4.

Tabla 2.1 Vértices del bloque GUA OFF 10.

Punto	Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte
1	5.000.000,00	2.884.072,33
2	5.000.000,00	2.847.228,17
3	5.000.000,08	2.845.428,14
4	4.978.724,14	2.845.508,95
5	4.978.765,79	2.856.428,44
6	4.972.771,23	2.856.451,23
7	4.972.787,71	2.874.873,47
8	4.963.716,87	2.874.883,01
9	4.963.722,22	2.879.482,75
10	4.963.727,66	2.884.094,27
11	4.990.932,04	2.884.077,82

Fuente: coordenadas tomadas del Contrato E&P GUA OFF 10 (2019) y convertidas a origen nacional.

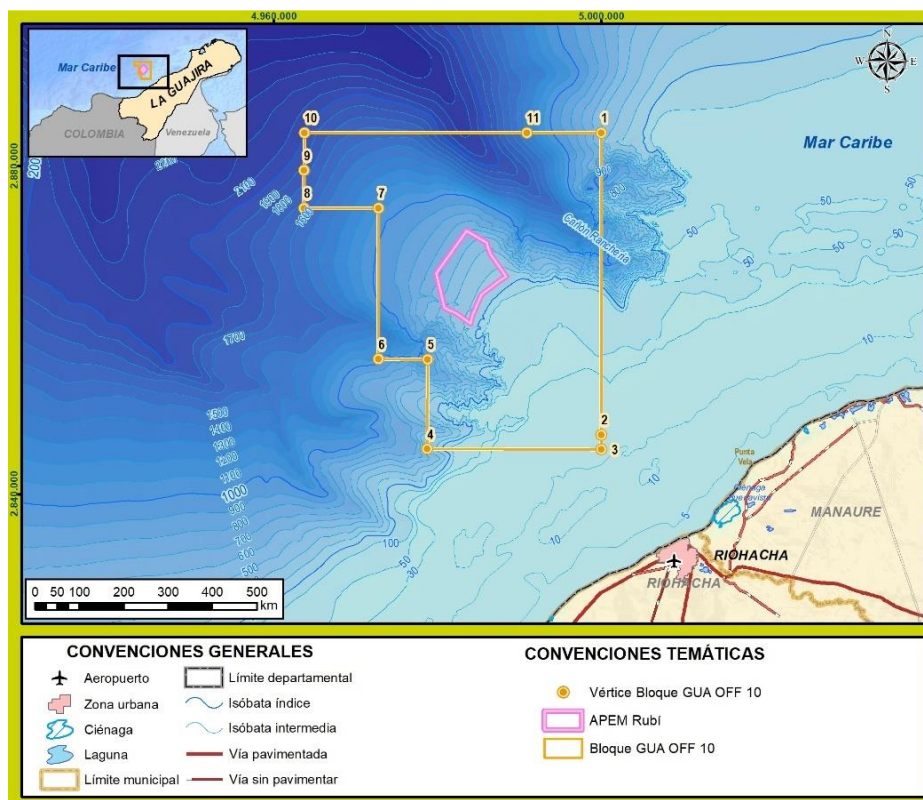


Figura 2.1 Área del Bloque GUA OFF 10 y del APEM Rubí.

Fuente: Contrato E&P GUA OFF 10 (2019) y Ecopetrol (2021).

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA emitió los términos de referencia específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA para el APEM Rubí / Bloque GUA OFF 10², el cual fue el documento base para la elaboración del presente Estudio. Las metodologías utilizadas para el desarrollo de los diferentes capítulos del EIA abarcaron:

- Recopilación y análisis de información secundaria, como publicaciones, bases de datos, cartografía e información de geovisores de centros de investigación, universidades, entidades e institutos oficiales, bibliografía especializada publicada en revistas indexadas nacionales e internacionales, caracterizaciones presentadas en EIA y Planes de Manejo (PMA) de otros proyectos cercanos.
- Recopilación y análisis de información primaria levantada específicamente para el proyecto, como monitoreos de calidad de agua, sedimentos, comunidades hidrobiológicas, avistamientos de fauna marina y estudios técnicos para el diseño del proyecto.
- Interpretación de imágenes y procesamiento de datos, aplicando modelos propios y programas especializados.
- Modelaciones matemáticas usando software especializado para determinar el comportamiento de sustancias vertidas en el medio marino.
- Aplicación de metodologías de valoración de atributos en grupo multidisciplinario, buscando integrar la experiencia de los miembros del proyecto y del equipo a cargo de la elaboración del EIA.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El APEM Rubí se encuentra a una lámina de agua que va aproximadamente de 251 a 634 m de profundidad, a una distancia de la costa entre los 35,02 km (18,90 millas náuticas) y 37,79 km (20,40 millas náuticas), con un área aproximada de 5.195,68 ha (51,96 km²) (Tabla 3.1 y Figura 3.1).

² AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA. Términos de referencia específicos para la elaboración del estudio de impacto ambiental EIA para el Área de Perforación Exploratoria Marina (APEM) Rubí / Bloque GUA OFF 10. Bogotá. 2021. 75 p.

Tabla 3.1 Coordenadas de los vértices del APEM Rubí.

Vértice	Datum Magna Sirgas Origen Nacional		Sistema de Referencia WGS84	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	4.983.510,01	2.872.096,55	11° 53' 29,810" N	73° 9' 5,329" W
2	4.986.005,23	2.870.675,93	11° 52' 43,583" N	73° 7' 42,790" W
3	4.986.137,33	2.870.165,90	11° 52' 26,973" N	73° 7' 38,414" W
4	4.986.438,98	2.869.297,29	11° 51' 58,687" N	73° 7' 28,426" W
5	4.988.373,70	2.866.553,80	11° 50' 29,359" N	73° 6' 24,416" W
6	4.987.665,22	2.866.130,25	11° 50' 15,555" N	73° 6' 47,835" W
7	4.985.344,04	2.864.357,40	11° 49' 17,781" N	73° 8' 4,554" W
8	4.984.219,61	2.861.839,52	11° 47' 55,756" N	73° 8' 41,687" W
9	4.984.033,93	2.860.850,93	11° 47' 23,555" N	73° 8' 47,808" W
10	4.982.424,07	2.861.978,47	11° 48' 0,250" N	73° 9' 41,048" W
11	4.982.203,45	2.862.108,67	11° 48' 4,487" N	73° 9' 48,344" W
12	4.980.810,39	2.862.742,64	11° 48' 25,107" N	73° 10' 34,411" W
13	4.979.810,73	2.866.965,88	11° 50' 42,635" N	73° 11' 7,552" W

Fuente: elaborado con información de Ecopetrol, 2021.

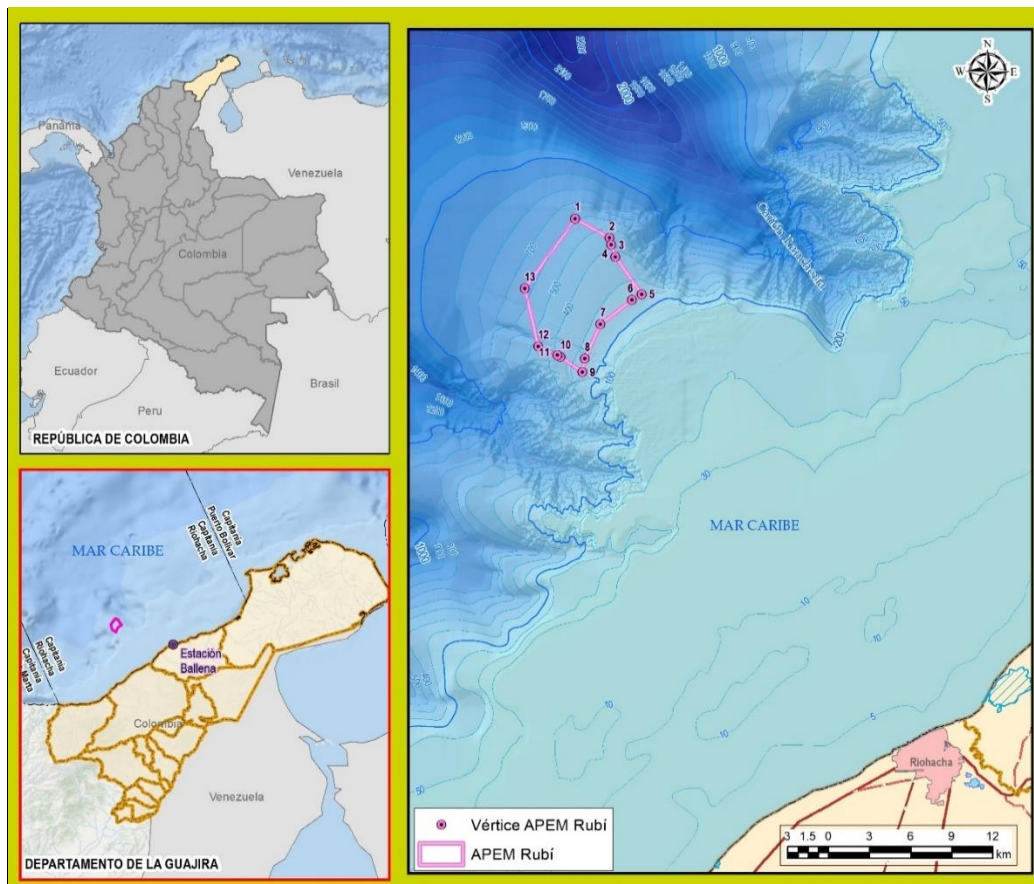


Figura 3.1 Ubicación del APEM Rubí con respecto a la línea costera colombiana.

3.1 FASES Y ACTIVIDADES

Las actividades se desarrollarán en cinco (5) fases:

- Fase preoperativa.
- Fase de movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos.
- Fase de perforación exploratoria.
- Fase de pruebas de producción.
- Fase de desmantelamiento y abandono.

Las actividades realizadas dentro de estas fases pueden ocurrir secuencialmente o de forma simultánea. Todas las actividades realizadas durante el proyecto estarán en cumplimiento con la legislación regulatoria nacional y local aplicable con respecto a la protección ambiental y la perforación exploratoria costa afuera (*offshore*), incluyendo los convenios internacionales ratificados por Colombia.

3.1.1 Fase preoperativa

La fase preoperativa es aquella donde se llevan a cabo las actividades de diseño, coordinación y divulgación, así como la obtención de los permisos de las diferentes entidades oficiales, con el fin de asegurar el desarrollo del proyecto. Durante ella se ejecutan las siguientes actividades:

- Trámite de permisos, relacionamiento con grupos de interés y socialización del EIA.
 - Actividades de planificación
 - Obtención de permisos.
 - Información y comunicación a grupos de interés
- Capacitación del personal respecto del proyecto.

3.1.2 Fase de movilización, instalación de plataformas, montaje de equipos y construcción en tierra

3.1.2.1 Actividades en tierra y/o en áreas costeras

Ecopetrol no contempla la adecuación o construcción de instalaciones en tierra fuera de las instalaciones existentes, ni de terminales de aeropuerto o helipuerto de apoyo para las actividades costa afuera durante la fase de perforación exploratoria del proyecto. Las ciudades más cercanas al prospecto e identificadas como potenciales sitios para ubicación de la base operativa en tierra son: Santa Marta, Barranquilla y Cartagena. Sin embargo, la ubicación del *shorebase* no se limita solo a estas opciones y puede cubrir cualquier ubicación dentro de la costa atlántica.

Por otro lado, serán necesarios los siguientes servicios de apoyo en tierra para el Proyecto:

- Alojamiento para el personal de apoyo.
- Aeropuertos y helipuertos en Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y/o Riohacha.

Las emergencias médicas serán atendidas por medio de helicóptero desde la MODU. El personal que trabaje en la MODU también viajará desde y hacia la MODU en helicópteros, sin que se descarte la posibilidad de realizar transporte de personal por vía marítima.

3.1.2.2 Unidades Móviles de Perforación Costa afuera

Se utilizarán Unidades Móviles de Perforación Costa Afuera (*Mobile Offshore Drilling Units* – MODU, por sus siglas en inglés), de tipo barcos de perforación (*drillships*) o plataformas semi-sumergibles, los cuales cuentan con sistema de posicionamiento dinámico (DPS, *Dynamic Positioning System*) o sistema de anclaje convencional. La definición de la MODU y su sistema de posicionamiento se harán de acuerdo con las necesidades de cada pozo a perforar, teniendo en cuenta variables como la tabla de agua, condiciones meteoceánicas y características del lecho marino. La movilización de la MODU se hará desde otros países o desde un puerto fuera de la región, la cual llegará directamente al APEM.

Dependiendo de sus características, la MODU tendrá capacidad para tripulación entre 100 y 210 personas a bordo, para una operación las 24 horas del día. Por lo tanto, estará equipada con instalaciones de alojamiento, cocina, comedor, recreación, lavandería, etc., además de las áreas operativas y de oficinas requeridas. También contará con unidades

de desalinización (*water makers*) para producir agua dulce requerida para ciertos usos, así como plantas de tratamiento para aguas residuales domésticas y aguas de sentina, operando en cumplimiento con el convenio internacional para la prevención de contaminación por buques (MARPOL 73/78).

La MODU contará a bordo con la mayoría de los equipos necesarios para la perforación, tales como generadores eléctricos, sistemas de izaje, grúas, bombas de lodos de perforación (también llamados fluidos de perforación), torre de perforación, sistema de control de pozo, sistema de detección de gases, sistema de control de sólidos, almacenamiento de lodos, agua y combustibles, materiales como barita, bentonita y cemento, entre los principales. Otros equipos como los utilizados en las operaciones de cementación o adquisición de registros eléctricos y control direccional pueden ser movilizadas a bordo, una vez la MODU se encuentre en la locación en su etapa de preparación previa al inicio de la operación. Además, la MODU estará equipada con modernos equipos de navegación y de radar para permitir el tránsito y operaciones de manera segura bajo todas las condiciones, así como un helipuerto que cumplirá con los requerimientos de las normativas nacionales de la Aerocivil y los requerimientos internacionales para la transferencia de personal.

La MODU contará con un o dos *Remotely Operated Vehicle* - ROV. El ROV es considerado un sistema crítico para el desarrollo de las operaciones de perforación. Una vez posicionada la MODU, el ROV puede ser utilizado para hacer un registro fílmico del lecho marino; la distancia de monitoreo dependerá de la línea o *umbilical* disponible para desarrollar este tipo de registros. También se utilizará el ROV en conjunto con el GPS de la MODU para registrar la posición final del cabezal submarino.

3.1.2.3 Embarcaciones de apoyo y suministro

Las operaciones de perforación costa afuera requieren embarcaciones de apoyo y suministro *offshore* (PSV - *Platform Supply Vessels*), que son embarcaciones diseñadas y construidas con el propósito de transportar materiales, equipos, herramientas, contenedores, cajas, *skips*, tanques portátiles, además de materiales como cemento, barita, bentonita, lodos, diésel marino, agua y demás insumos que requiere este tipo de operaciones entre las instalaciones de la base operativa en tierra y la plataforma de perforación (MODU). En caso de requerirse, también se podrían utilizar buques manejadores de anclas (AHTS: *Anchor Handling Tug Supply Vessel*) para remolcar las plataformas y posicionarlas.

AL igual que la MODU, las embarcaciones de apoyo y suministro deben ser autorizadas para ingresar al país previo cumplimiento de los requisitos y permisos de entrada exigidos por parte de DIMAR. En el caso de los pozos a perforar en el APEM Rubí, se estiman necesarias de dos (2) a cuatro (4) embarcaciones, que transitarán varias veces por semana, según los requerimientos del proyecto.

Las posibles rutas de navegación desde la base operativa en tierra, independientemente de donde se ubique, hasta la unidad de perforación, se establecen con base en la normatividad vigente de la OMI y la DIMAR, en donde se prioriza la seguridad en la navegación y la protección de la vida humana en el mar.

3.1.3 Fase de perforación exploratoria

3.1.3.1 Proceso de perforación

Se propone perforar hasta seis (6) pozos en el APEM Rubí, cuya ubicación aún no ha sido definida. Los pozos pueden ser perforados sucesiva o simultáneamente, en cualquier parte del APEM Rubí. Con base en los resultados de los primeros pozos y de otros factores, Ecopetrol puede elegir agregar una segunda unidad de perforación (MODU) para acelerar el término de los seis (6) pozos tentativamente planeados para este APEM.

La técnica de perforación empleada es la perforación giratoria, en la cual el pozo se perfora mediante la rotación de la broca a parámetros controlados de densidad, presión de fluido y velocidad de rotación.

Se inicia la perforación utilizando agua de mar como fluido de perforación, eventualmente con adición de una cantidad reducida de lodos de perforación. Se continúa la perforación con lodo de perforación solo, que se inyecta por la sarta de perforación hasta la broca. Cuando la formación geológica es cortada por la broca los cortes de perforación ascienden por las propiedades geológicas del lodo y por la misma presión del sistema de perforación. Para cada sección de cada uno de los pozos se cambia el diámetro de la broca y se acopla una nueva sarta de perforación. A medida que se requiera, se aumenta la longitud de la sarta por medio de la adición de tubería de perforación adicional.

Una vez perforada cada sección del pozo, se instala el revestimiento (*casing*) y se realiza la cementación del espacio anular entre el revestimiento y la formación expuesta. La cementación se lleva a cabo mediante bombeo de lechada de cemento preparada en un tanque recirculador a bordo de la MODU hacia la sección de pozo a estabilizar. Por necesidad operacional de garantizar la estabilidad de la estructura del pozo, es necesario dejar fluir por el espacio anular (espacio entre las paredes del pozo y el revestimiento) un porcentaje de la lechada de cemento introducida. La integridad de cada sección se confirma mediante pruebas de presión que garantizan la buena cementación y el desarrollo seguro de la próxima etapa de perforación.

Un aspecto importante de la actividad de cementación es la necesidad de vaciar y limpiar el sistema de tanques y bombeo después de asegurar cada sección del pozo, para evitar que la lechada de cemento residual fragüe dentro del mismo, mientras se perfora la siguiente sección. Este mismo requerimiento técnico aplica para la fase de

desmantelamiento y abandono, después del taponamiento del pozo con cemento (numeral 3.1.5).

Para operaciones en aguas profundas, las primeras dos (2) o tres (3) sargas de revestimiento se realizan como perforación sin *riser* (tubo ascendente) “*riserless*”, directamente por la sarga de perforación sobre el lecho marino. En estas primeras etapas perforadas con lodos base agua, tanto los fluidos de perforación, cortes y exceso de cemento serán directamente descargados al sistema marino, ya que no hay retorno posible a bordo de la MODU. Una vez asegurados estos primeros revestimientos, se descenderá el cabezal de pozo.

Una vez instalado el cabezal de pozo, se desciende la BOP (*Blowout Preventer* – BOP, también llamado “sistema de preventoras”) por medio del *riser* (tubería ascendente). Considerado uno de los equipos más críticos de la MODU, la función de la BOP es contener los fluidos en caso de influjo de hidrocarburos desde las formaciones del pozo. Adicionalmente, la BOP cuenta con sistema de desconexión de *riser* de emergencia, en caso de requerirse, sea por condiciones extremas de riesgo operacional o por condiciones climáticas críticas.

El acople del cabezal del pozo y BOP se realiza con el soporte del ROV. Una vez acoplados los dos elementos, se continúa la perforación de cada sección del pozo hasta una profundidad y formación geológica preestablecida; una vez en profundidad y se confirmen condiciones estáticas de pozo, se procede a bajar el revestimiento y posteriormente se realiza la cementación de cada sección, como se describió anteriormente. En este tipo de perforación, los lodos de perforación, cortes de perforación retornan a superficie, mediante el *riser*, para tratamiento mecánico por medio del sistema de control de sólidos de la MODU, donde se separan los sólidos para disposición y se recicla el lodo para continuar con la perforación del pozo; el exceso de lechada de cemento también puede retornar al tanque recirculador.

En cuanto a los fluidos de perforación a utilizar, probablemente se seleccionarán fluidos base agua (WBF, *water-based fluids*), perforación sin y con *riser*, y fluidos base sintética (grupo III NABF, *non-aqueous base fluids*), pertenecientes a los fluidos de perforación no acuosos (NADF, *non-aqueous drilling fluids*), solamente en perforación con *riser*. En este segundo caso, la retención de los fluidos base sintética en los cortes, después de su tratamiento en el sistema de control de sólidos, no exceda 6,9% en peso húmedo, de conformidad con el estándar del Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos (CFR) título 40, capítulo 1, subcapítulo N, parte 435, subparte A³. Según el mismo estándar, pueden verse los fluidos base agua durante y al final del proceso de perforación, mas no los fluidos base sintética.

³ CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Title 40. Protection of environment. Chapter I - Environmental Protection Agency. Subchapter N - Effluent Guidelines and Standards. Part 435 - Oil and Gas Extraction Point Source Category. Subpart A - Offshore Subcategory. Disponible en: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-N/part-435/subpart-A>

3.1.3.2 Toma de registros de pozo

La toma de registros del pozo se realiza para obtener un registro detallado de las formaciones submarinas (por ejemplo, rocas, gas, petróleo, etc.) perforadas. La toma de registros se puede llevar a cabo durante la perforación o posterior a la misma.

Los diferentes tipos de pruebas pueden incluir inducción estándar, eléctrica, acústica, de radioactividad y de densidad o inspecciones visuales de muestras llevadas a la superficie. El programa de registros podría contemplar el perfilamiento de sísmica vertical (VSP, *vertical seismic profile*), el cual es una técnica de exploración geofísica utilizado para la correlación de datos sísmicos en superficie para obtener imágenes de mayor resolución.

3.1.3.3 Descripción del corazonamiento

El corazonamiento se lleva a cabo con el fin de recopilar muestras (muestras de núcleo) de formaciones rocosas para evaluar el potencial de hidrocarburos y otras características relevantes para las operaciones de perforación. Los corazones de los pozos se inspeccionan y analizan mediante diferentes técnicas y equipos en un laboratorio petrofísico, dependiendo del tipo de datos deseados, para obtener un mayor conocimiento de las capas que se están perforando.

3.1.3.4 Mantenimiento del equipo

El programa de mantenimiento se realiza previamente a las operaciones y se aplicará continuamente durante la perforación para asegurarse de que todo funcione correctamente y así se minimicen los daños a los equipos, protegiendo el ambiente. El mantenimiento estará a cargo de especialistas calificados y será de carácter preventivo, planificado para realizarse a la MODU, embarcaciones de apoyo y helicópteros.

3.1.4 Fases de pruebas de producción

Las operaciones de completamiento del pozo consisten típicamente en los siguientes pasos:

- Una vez se haya encontrado la zona con presencia de hidrocarburos, se instalará el revestimiento y se cementará o no, dependiendo del tipo de completamiento escogido según lo dicte la formación a probar.

- El lodo de perforación en el pozo será desplazado y remplazado por el fluido de completamiento.
- Se limpiarán los revestimientos con herramientas especiales de limpieza.
- Se realizará alguna operación en la zona de hidrocarburos del pozo para poder tener acceso al yacimiento. Es posible que se requieran operaciones adicionales de pozo previo a la instalación de la sarta de prueba (DST – “*drill stem test*”, por sus siglas en ingles) y/o el equipo permanente de producción (tubería de producción, empaques, calibradores, sistema de inyección química y válvula de seguridad de fondo de pozo controlada desde la superficie (“*surface controlled safety valve*” - SCSSV).
- Se instalará en el revestimiento el equipo de prueba de pozo.
- Se realizará la prueba de producción a través del equipo, utilizando separadores de fluidos, intercambiadores de calor para limpiar al máximo el fluido antes de ser quemado en la tea.
- Una vez culminada la prueba de producción/pozo, el pozo será asegurado, lo cual consiste en extraer el equipo de prueba y abandonar temporal o permanentemente el pozo.
- El equipo de perforación realizará la movilización hacia otro pozo o se desmovilizará.

Una vez alcanzada la zona objetivo del pozo y si los resultados del registro resultan ser positivos, se puede llevar a cabo la prueba del intervalo del yacimiento, para evaluar el potencial de producción del pozo y los parámetros del yacimiento. Se pueden llevar a cabo pruebas en más de una zona, si se encuentran intervalos múltiples de hidrocarburos.

Durante la prueba de pozo, todos los hidrocarburos serán transportados a través de la tubería y procesados en superficie por el equipo de prueba de pozo, antes de ser quemados. El quemador contará con sistemas de rocío de agua para agua marina para crear una “cortina” protectora o barrera protectora para la MODU y el personal, del calor radiante del quemador.

Los fluidos de completamiento se utilizan para mantener el pozo bajo control y su densidad se define dependiendo de la presión del fondo del pozo. La mayoría de los fluidos están compuestos por sistemas de cloruro de sodio y cloruro de calcio, pero el uso del cloruro de potasio, bromuro de sodio o formiato de potasio también es posible. Se podrá agregar aditivos densificantes, como WRAP (bentonita pulverizada) o Micromax (tetraóxido de manganeso). Después de su uso, los fluidos de completamiento serán vertidos después de su uso, previa realización de una prueba de *static sheen test*, de conformidad con el estándar establecido para la operación en el golfo de México de los Estados Unidos⁴, así como la fracción del fluido de completamiento que puede ser

⁴ UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). The NPDES General Permit For New And Existing Sources And New Dischargers In The Offshore Subcategory Of The Oil And Gas Extraction Point Source Category For The Western Portion Of The Outer Continental Shelf Of The Gulf Of Mexico (GMG290000). 2017.

arrastrada con los hidrocarburos que fluyen durante la prueba de pozo, previo paso en un separador de agua y aceite, después de comprobar que no contiene agua de formación.

3.1.5 Fase de desmantelamiento y abandono

Si un pozo es considerado productivo, puede ser abandonado temporalmente mediante la instalación taponos de cemento redundante y/o taponamiento mecánico para aislar los intervalos de hidrocarburos. En este caso, al pozo se le puede instalar una tapa de suspensión para permitir la reentrada al pozo. Si no se encuentran cantidades comerciales de hidrocarburos y no es viable un uso futuro del pozo, se taponará y abandonará de manera permanente. Los pozos se taponan con lechadas de cemento o con taponos mecánicos para prevenir el flujo de cualquier hidrocarburo y fluidos a la superficie. Además, también se taponarán y aislarán zonas del pozo que, se sabe, contienen también hidrocarburos móviles

Se llevará a cabo una inspección de despeje del sitio después de las operaciones de perforación para dejar en condiciones similares a las inicialmente encontradas, se dejará instalado el cabezal del pozo, según la regulación vigente. Al final de la actividad de perforación, se retirarán el *riser* y otros equipos temporales.

Una vez que el pozo ha sido asegurado, se desmovilizará todo el equipo recuperado y se verificará con un ROV. En el caso de utilización del sistema convencional de anclaje, las anclas inicialmente fijadas al suelo marino, así como las amarras y líneas de anclaje serán desconectadas y recogidas por los barcos remolcadores. La MODU será desmovilizada a otra locación para perforar otro pozo en este u otro APEM, o fuera de aguas territoriales colombianas.

3.2 COSTOS, CRONOGRAMA Y PERSONAL REQUERIDO

Costos: Los costos estimados preliminares de perforación de exploración/evaluación del APEM Rubí, incluyendo todas las fases descritas, estarían alrededor de 90 millones de dólares americanos por pozo⁵.

Cronograma: Se espera que cada pozo requiera un periodo entre 50 y 100 días de perforación, dependiendo de las características específicas de cada pozo. Durante el

⁵ La tasa de cambio al momento de este informe era de aproximadamente \$3.900 pesos colombianos por 1 dólar estadounidense.

completamiento y la operación de las pruebas del pozo, se estima que la MODU pueda permanecer en la ubicación del pozo aproximadamente de 30 a 50 días adicionales.

Contractualmente (Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH), el período exploratorio puede extenderse hasta nueve (9) años. Si hay un descubrimiento, se puede declarar un programa de evaluación, con una duración de hasta siete (7) años. La ANH también permite una retención del descubrimiento hasta por doce (12) años.

Personal: El personal requerido en la ejecución de actividades del proyecto, incluidas las etapas de perforación exploratoria, prueba de presión y muestreo, y desmovilización, podría ser aproximadamente entre 160 y 260 personas distribuidas de la siguiente manera:

- MODU: 150 a 210 personas.
- Embarcaciones de apoyo: 10-50 personas.

4. ÁREA DE INFLUENCIA

La definición del área de influencia se realizó mediante el desarrollo de un proceso iterativo, alimentado por los resultados de la caracterización y de la evaluación ambiental. Tuvo en cuenta aquellas áreas que podrían ser potencialmente alteradas por la acción de los impactos significativos derivados del desarrollo del proyecto, obra o actividad, en cualquiera de sus fases, sobre los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico^{6,7}. En este contexto, los impactos significativos se definen como “todos aquellos impactos que se encuentren dentro de las tres categorías de mayor significancia establecidas en la valoración de impactos del EIA”⁸.

Para la definición del área de influencia abiótica (AIA) se tuvo en cuenta la modelación de descarga y dispersión de lodos y cortes de perforación, puesto que se determinó que el impacto de alteración a la calidad de los sedimentos marinos fue el único valorado como significativo. La simulación se llevó a cabo en tres (3) puntos al interior del APEM Rubí,

⁶ COLOMBIA. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). Decreto número 1076 del 26 de mayo de 2015. Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Art. 2.2.2.3.1.1. Diario Oficial No. 49.523 del 26 de mayo de 2015.

⁷ COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA. Guía para la Definición, Identificación y Delimitación del Área de Influencia. Bogotá. 2018. 43 p. p. 16.

⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1669 del 15 de agosto de 2017. Por la cual se adoptan los Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de Licencia Ambiental o Instrumento Equivalente y se adoptan otras determinaciones.

para cuatro (4) secciones de perforación, y considerando dos escenarios climáticos marcados, principalmente, por las condiciones de viento y oleaje.

Los resultados indicaron que la distancia máxima de alcance en el lecho marino para los tres puntos de modelación, tomando como referencia la isólinea de espesor de 1 mm, fue de 287 m. Al no conocer la ubicación de los seis (6) pozos a perforar, se definió como AIA el APEM Rubí más una franja de 287 m alrededor del mismo (área total de 6.071,04 ha) (Figura 4.1).

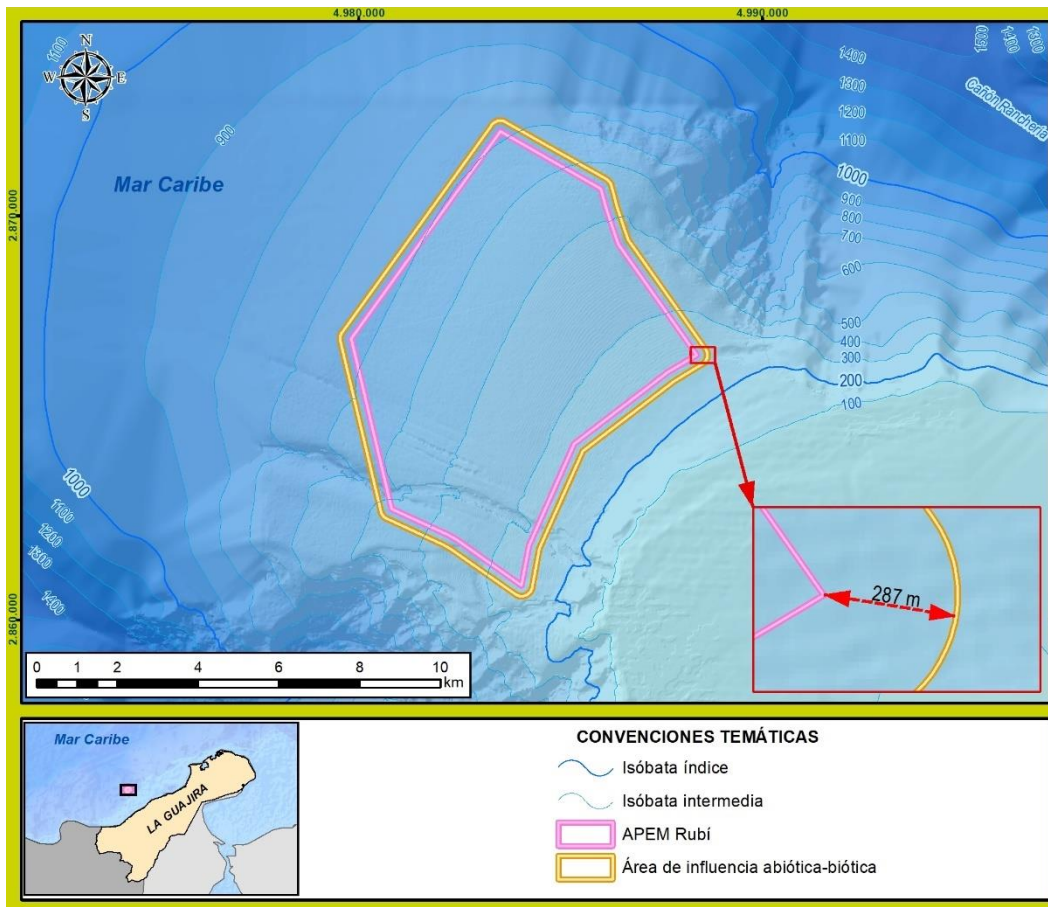


Figura 4.1 Área de influencia abiótica (AIA) y biótica (AIB) del APEM Rubí.

De igual forma, el resultado de modelación se utilizó para definir el área de influencia biótica (AIB), ya que los efectos de la deposición de lodos y cortes pueden afectar al bentos de manera significativa (impactos de alteración del hábitat bentónico y de modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas). Siendo así, se definió como AIB, el APEM Rubí más una franja de 287 m alrededor del mismo (área total de 6.071,04 ha), al igual que el AIA (Figura 4.1).

El criterio utilizado para definir el área de influencia socioeconómica (AIS) correspondió a la zona de seguridad por establecer alrededor de la MODU durante el proceso de autorización a surtir para cada pozo ante la DIMAR, dentro de la cual ninguna embarcación ajena al proyecto estaría autorizada para transitar o permanecer, que se estima podría ser de un radio entre 500 y 1.000 m. A su vez, puede ser el área a partir de la cual se manifieste el impacto significativo de generación de expectativas. Se consideró como área de influencia socioeconómica (AIS), el APEM Rubí más una franja de 1.000 m alrededor del mismo (área total de 8.469,23 ha) (Figura 4.2).

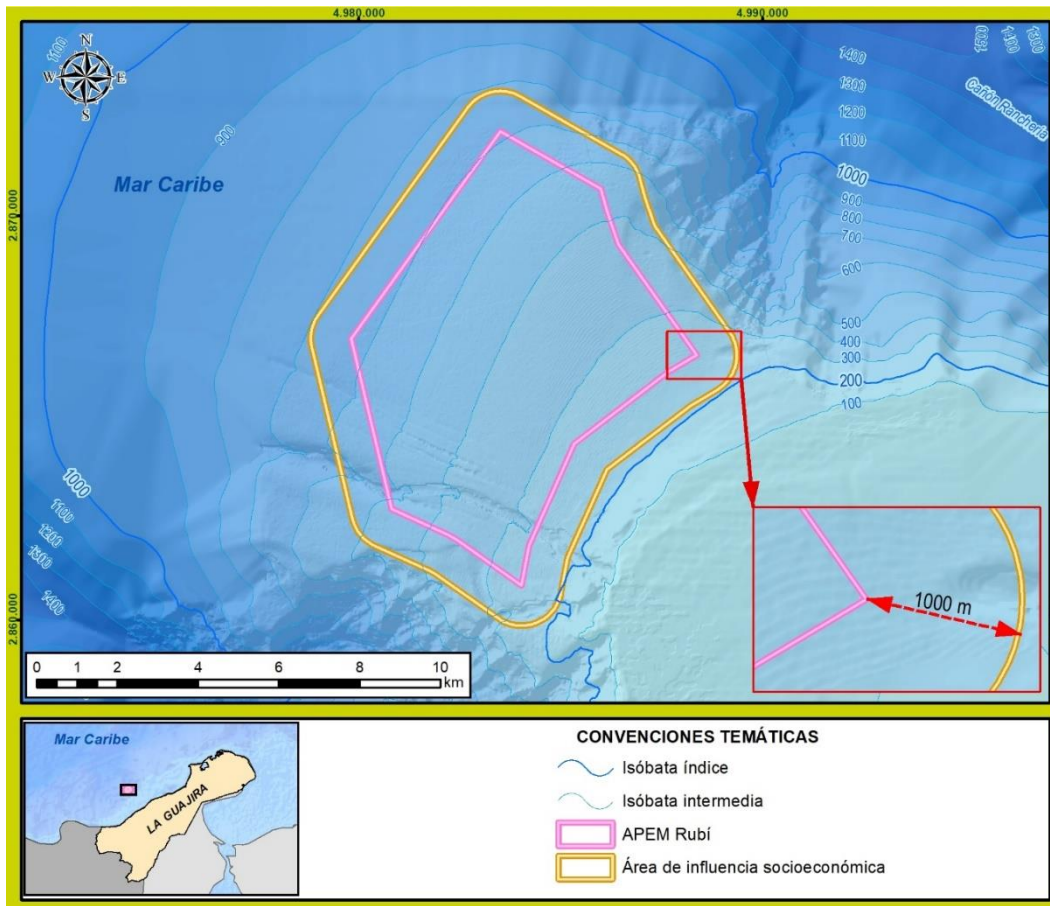


Figura 4.2 Área de influencia socioeconómica (AIS) del APEM Rubí.

La superposición de las áreas de influencia por cada medio permitió definir el área de influencia del proyecto APEM Rubí, fijándose como el APEM Rubí más una franja de 1.000 m alrededor del mismo (área total de 8.469,23 ha) (Figura 4.3).

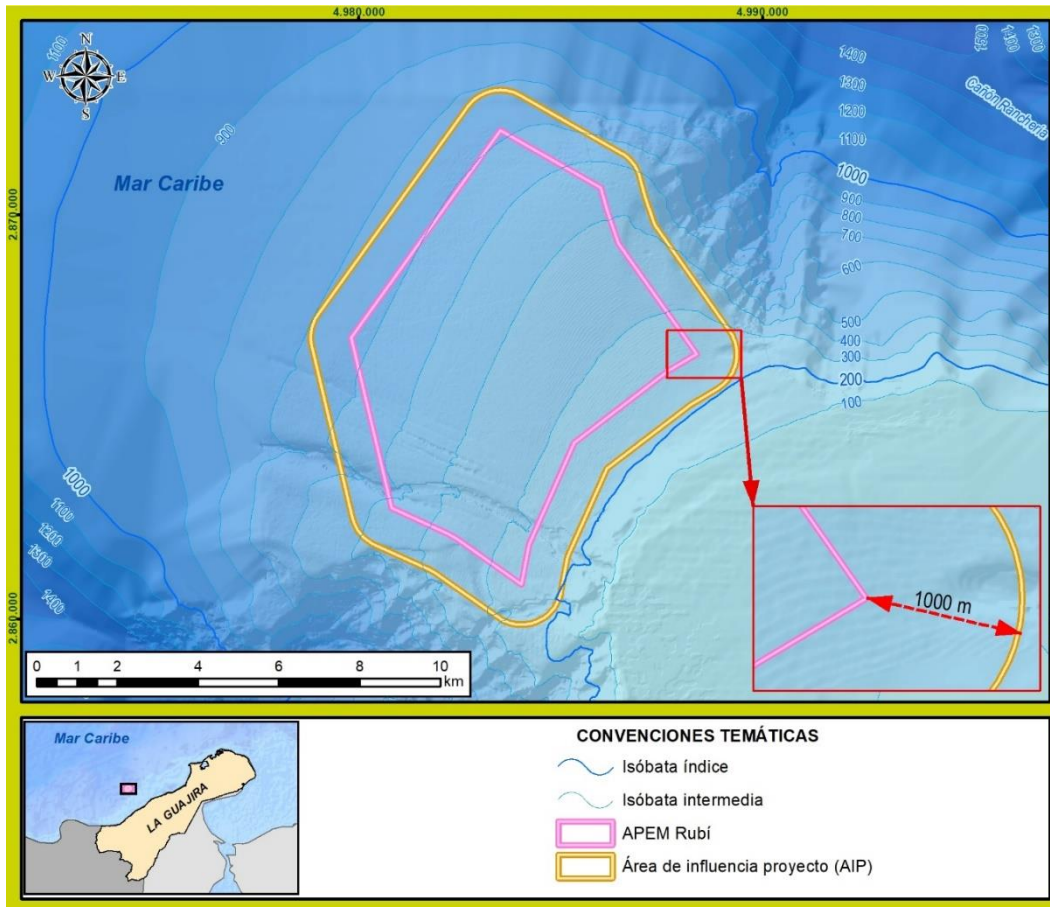


Figura 4.3 Área de influencia del proyecto APEM Rubí.

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 CARACTERIZACIÓN ABIÓTICA

5.1.1 Geología

El APEM Rubí está ubicado en un sitio donde convergen tres placas tectónicas: suramericana, Nazca y Caribe^{9 10 11 12}. La placa Nazca, compuesta en su totalidad por corteza oceánica, subduce por debajo de la placa suramericana de afinidad continental. La interacción de la placa Caribe con la suramericana ha sido interpretada de diferentes formas, como una subducción de muy bajo ángulo de la primera¹³ o como un sobre cabalgamiento forzado¹⁴ (Figura 5.1).

⁹ TABOADA, A., RIVERA, L.A., FUENZALIDA, A. CISTERNAS, A., PHILIP, H., BIJWAARD, H., OLAYA, J. y RIVERA, C. Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia): *Tectonics*, 2000. 19 (5): 787-813.

¹⁰ AUDEMARD, F. y AUDEMARD, F. Structure of the Mérida Andes, Venezuela: relations with the South America-Caribbean geodynamic interaction: *Tectonophysics*, 345: 2002. 299-327.

¹¹ TRENKAMP, R., KELLOGG, J., FREYMUELLER, J. y MORA, H. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations. *Journal of South American Earth Sciences*, 15(2): 2002. 157-171.

¹² CORTÉS, M. y ANGELIER, J. Current states of stress in the northern Andes as indicated by focal mechanisms of earthquakes. *Tectonophysics*, 403: 2005. 59-75.

¹³ TABOADA. *Op. cit.*, p. 795.

¹⁴ CEDIEL, F., SHAW, R. y CÁCERES, C. Tectonic assembly of the northern Andean Block. 815-848. En: Bartolini, C., R. Buffler y J. Blickwede (Eds.). *The circum-Gulf of Mexico and Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation and plate tectonics*. AAPG Memoir, 2003. 79 p.

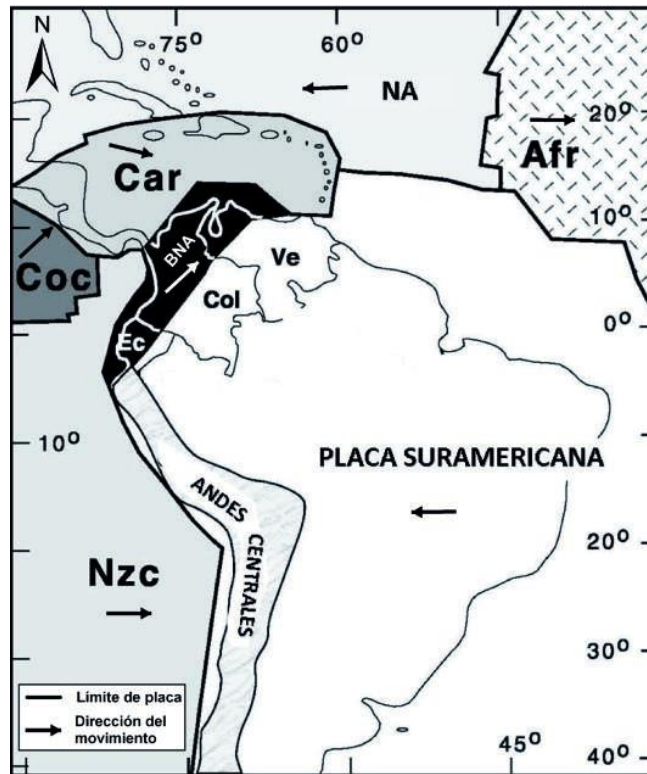


Figura 5.1 Tectónica actual de la esquina noroccidental de Suramérica.

BNA: bloque norandino. **Nzc:** Placa Nazca. **Coc:** Placa Cocos. **Car:** Placa Caribe. **NA:** Placa Norteamericana. **Afr:** Placa Africana. **Ec:** Ecuador. **Col:** Colombia. **Ve:** Venezuela.

Fuente: Modificado de Cediel *et al.*¹⁵.

El APEM Rubí se encuentra dentro del terreno Guajira-Falcón¹⁶. Dentro de esta provincia, que se extiende sobre la parte continental y marina al norte de la falla de Oca, se encuentra la denominada cuenca de La Guajira, conformada por rocas marinas del Mioceno (entre 23 y 5,3 Ma) y por depósitos cuaternarios de origen aluvial, eólico y costero. A su vez, la Falla de Cuiza o Guajira-Paraguaná divide la cuenca de La Guajira en las cuencas de la Baja Guajira (donde está ubicado el APEM Rubí) y la Alta Guajira¹⁷.

¹⁵ CEDIEL, F., SHAW, R. y CÁCERES, C. *Óp. cit.*, p. 79.

¹⁶ *Ibíd.*, p. 815-848.

¹⁷ Tschanz *et al.* 1969, en: INVEMAR. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, Invemar No. 20. 2010. p. 18.

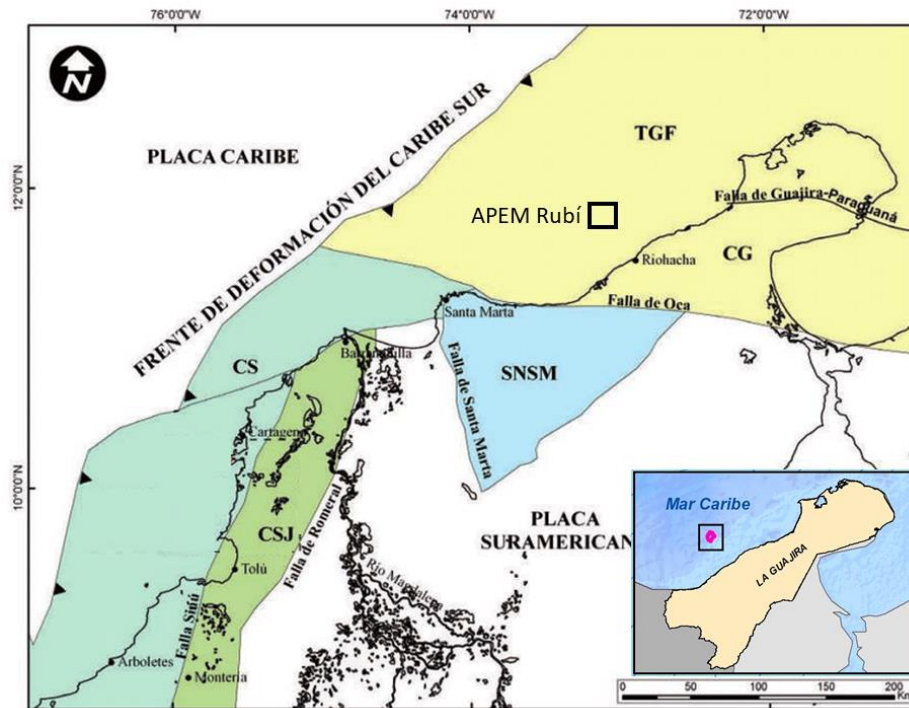


Figura 5.2 Provincias morfo-estructurales del Caribe colombiano.

TGF: Terreno Guajira-Falcón. SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta. CG: Cuenca de La Guajira. CSJ: Cinturón San Jacinto. CS: Cinturón del Sinú.

Fuente: Modificado de Cediel *et al.*¹⁸.

En la parte *offshore* el perfil esquemático de la cuenca de la Baja Guajira muestra una amplia cobertura de unidades geológicas Cenozoicas (Noógeno y Paleógeno) sobre el basamento Paleozoico (Figura 5.3).

¹⁸ CEDIEL, F., SHAW, R. y CÁCERES, C. *Óp. cit.*, p. 79.

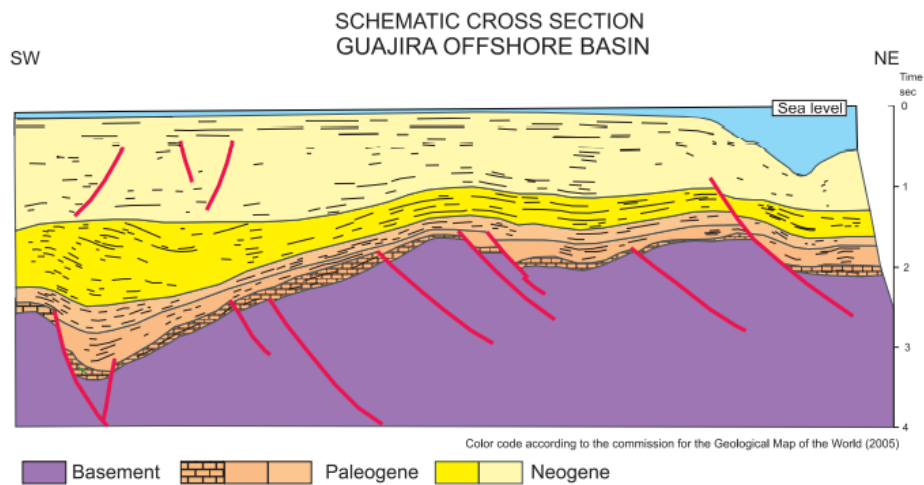


Figura 5.3 Sección estratigráfica esquemática de la cuenca de la Baja Guajira.

Fuente: Barrero *et al.*¹⁹

En el muestreo de sedimentos realizado en seis (6) estaciones del APEM Rubí, se encontró predominancia de la fracción lodosa sobre la fracción arenosa, donde cuatro (4) muestras corresponden a lodos arenosos, una es arena lodosa y la última es arena lodosa ligeramente gravosa, de acuerdo con la clasificación de Folk²⁰ y Fritz y Moore²¹. Complementando con la información de las facies sedimentarias reportadas por el CIOH²², se establece que, para el área del APEM Rubí, las arenas lodosas litobioclásticas (contenido de CaCO₃ entre el 15% y 50%) se encuentran formando una cuña hacia la parte este, la cual ocupa el 32% del área de influencia, el resto del área correspondiendo al 68% son lodos arenosos biolitoclásticos (Figura 5.4).

¹⁹ BARRERO, D., PARDO, A., VARGAS, C.A. y MARTÍNEZ, J.F. *Óp. cit.*, p. 16.

²⁰ FOLK, R.L. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill, Austin, Texas. 185 p. 1980.

²¹ FRITZ, W.J y MOORE, J.N. Basics of physical stratigraphy and sedimentology: John Wiley & Sons, Inc. New York. 221 p. 1988.

²² CIOH. Atlas cartográfico de los océanos y costas de Colombia. Publicación No. 3007, 83 p. 2000.

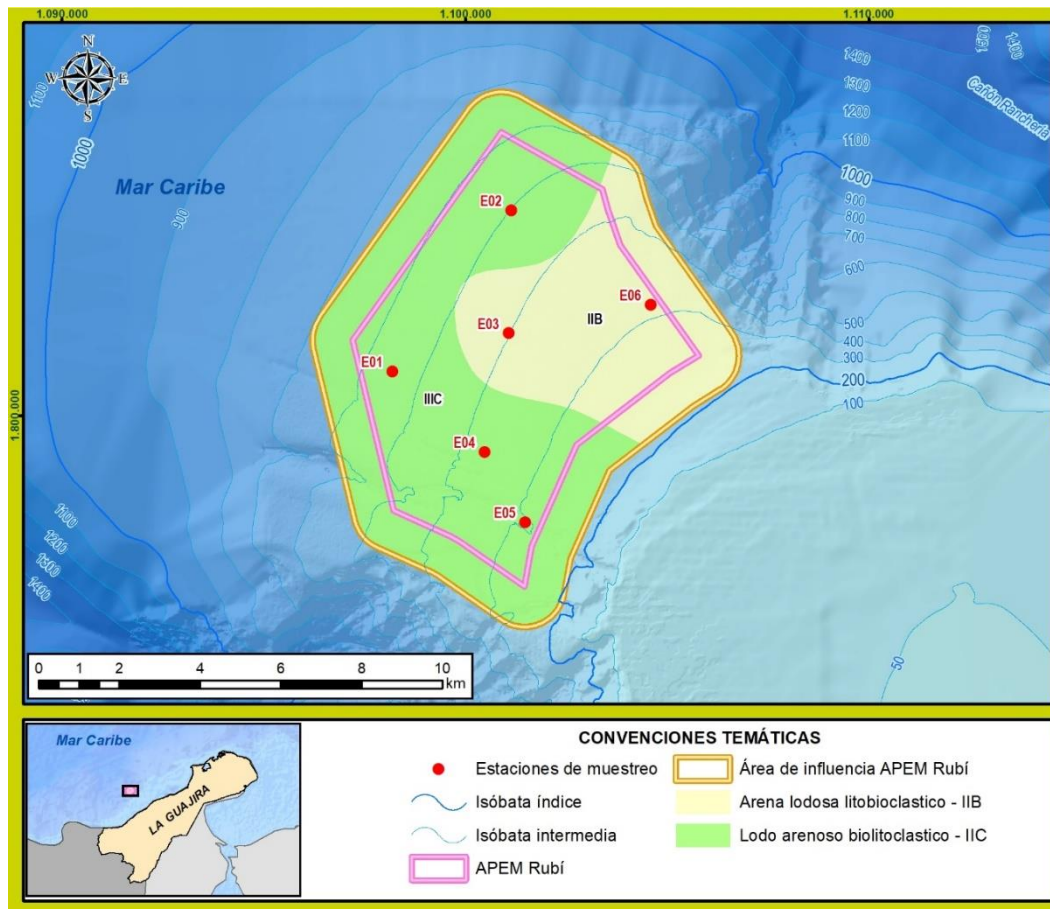


Figura 5.4 Facies sedimentarias en el área de influencia del APEM Rubí.

5.1.2 Geomorfología

El APEM Rubí se encuentra en el ambiente morfodinámico de un margen continental activo convergente, sobre la provincia del talud continental, limitando al occidente con el cañón submarino Ranchería. Las variaciones batimétricas en el APEM Rubí se encuentran en un rango que oscila entre 251 y 634 m y, en el área de influencia del APEM, entre 195 m y 696 m de profundidad.

Dentro de la provincia del talud continental, se distinguen tres (3) unidades de origen denudacional Figura 5.5: (i) Canal, que corresponde a dos zonas, siendo la principal una depresión alargada de baja sinuosidad, que se localiza cortando la zona del talud en una dirección noroeste en la parte suroeste del APEM; (ii) cañón submarino, que se presenta

como una depresión alargada y estrecha, que se localiza hacia los extremos noreste y suroeste del área de influencia del APEM; y (iii) talud continental, que se presenta a partir del quiebre de la plataforma continental. Esta última unidad es la que predomina en área en el APEM y el área de influencia, con valores de 95,34% y 92,82% respectivamente.

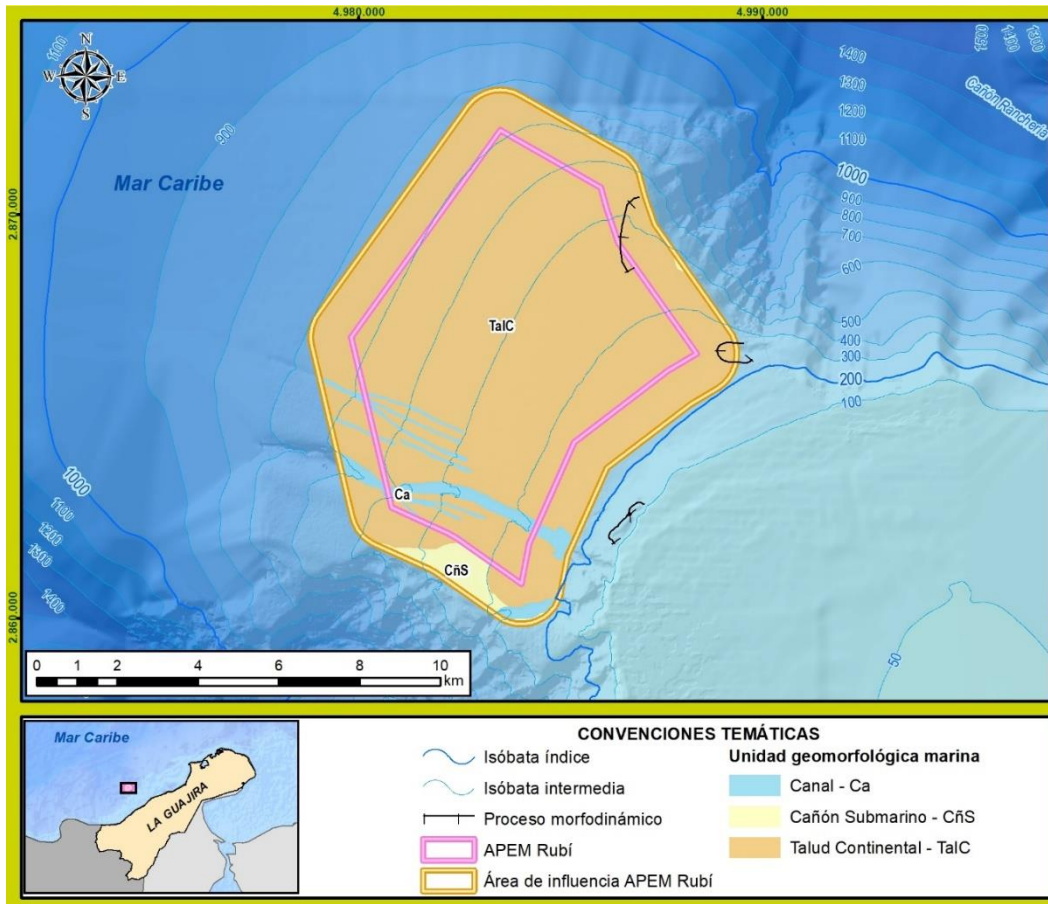


Figura 5.5 Mapa de unidades geomorfológicas en el área de influencia del APEM Rubí.

Las pendientes muestran un predominio de los rangos 3-7% (ligeramente inclinadas) y 7-12% (moderadamente inclinadas), con valores de 61,22% y 30,44% respectivamente para el área de influencia del APEM.

5.1.3 Geotecnia

Para el área de influencia del APEM Rubí, los factores analizados incluyen la tectónica (fallas) (peso de 10% en la evaluación), morfogénesis (25%), morfodinámica (5%), facies sedimentarias (10%), amenazas geológicas (10%), sismicidad (10%) y pendientes (30%).

Como resultado del análisis, el APEM Rubí y su área de influencia poseen una mayor área clasificada de estabilidad geotécnica moderada, con valores de 98,98% y 96,08% respectivamente. Son zonas que presentan algunas condiciones para generar fenómenos de remoción en masa. Geomorfológicamente, son, principalmente, toda la zona de talud continental (en el área de influencia, pendientes a nivel (0-1%) a fuertemente inclinadas (12-25%); en el APEM, pendientes desde ligeramente inclinada (3-7%)), además de las zonas de la unidad de cañón y de canal donde las pendientes sean menores o iguales a 12%.

Además, se presentan zonas de estabilidad geotécnica baja en el área del APEM y su área de influencia, con valor de 1,02% y 3,92% respectivamente, donde las condiciones son propensas a generar fenómenos de remoción. Están localizadas en las zonas de la unidad de cañón submarino donde las pendientes sean fuertemente inclinadas (12-25%) o ligeramente escarpadas / ligeramente empinadas (25-50%) y las zonas de la unidad de canal donde las pendientes sean fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente escarpadas / fuertemente empinadas (75-100%).

En cuanto a los demás componentes evaluados, vale resaltar, a nivel tectónico, la presencia de la falla Cuiza a menos de 1 km del APEM, al norte (dentro del área de influencia). A nivel morfodinámico, se presentan áreas reducidas del área de influencia (en el sector este) afectadas por procesos erosivos que pueden movilizar material, favoreciendo la inestabilidad. A nivel sísmico, de acuerdo con los registros de sismos de la Red Sismológica Nacional del Servicio Geológico Colombiano, los sismos registrados en áreas cercanas presentan en su mayoría baja magnitud²³, la cual se refiere a la reportada según la escala sismológica y la profundidad. A nivel de amenaza geológica, no se identificaron áreas que conformen inestabilidades, domos o depresiones indicativas de vulcanismo de lodo o diapiros en el área de influencia del APEM Rubí.

²³ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC) - RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA (RSNC) Catálogo de sismicidad – registros del 2000 al 2020. Disponible en: <http://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/index.php>

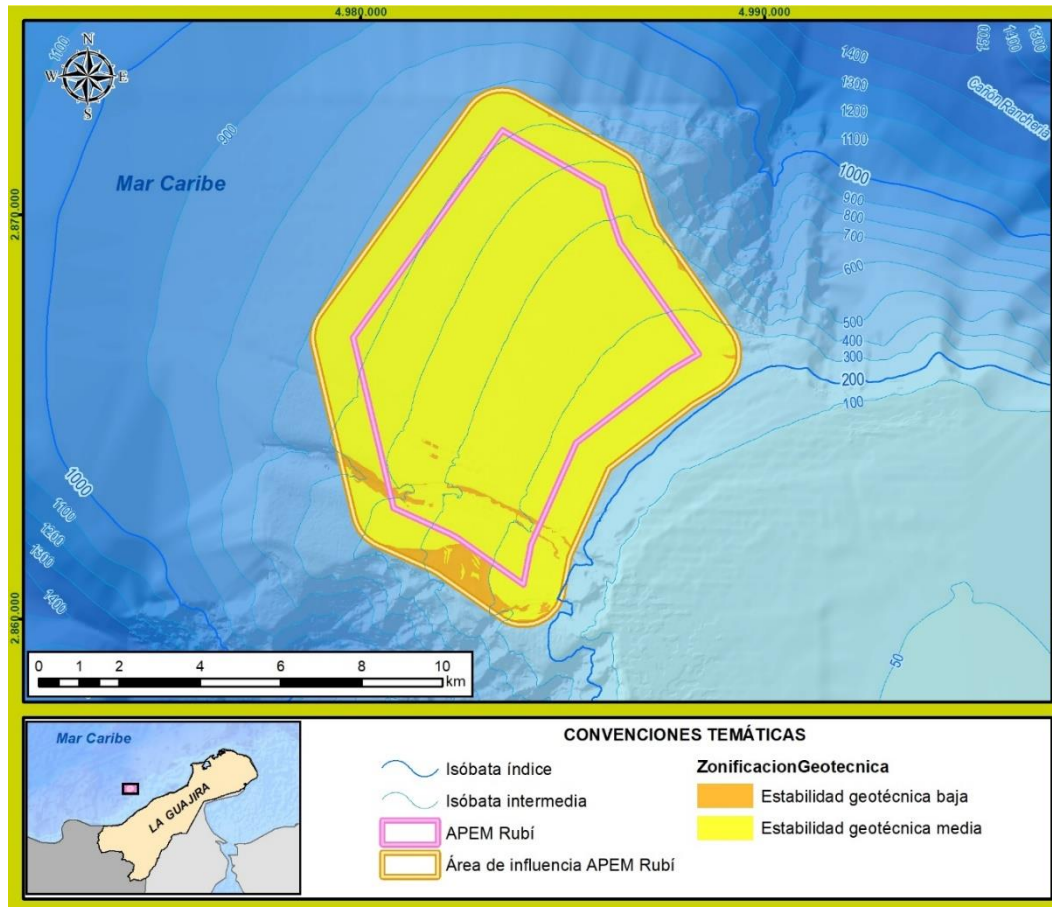


Figura 5.6 Mapa de zonificación geotécnica en el área de influencia del APEM Rubí.

5.1.4 Geoamenazas

Además de lo ya evaluado como parte de la zonificación geotécnica, se hacen las precisiones a continuación.

Sismicidad: En el área de La Guajira se han registrado más de 4 mil sismos en los últimos 10 años, siendo el año 2018 el con mayor número de sismos registrados por el Servicio Geológico Colombiano, cuyas profundidades oscilan entre 0 y 259 km y cuyas magnitudes varían entre 0,2 y 5 magnitud local (Figura 5.7). De acuerdo con la información de la Red

Sismológica Nacional del Servicio Geológico Colombiano la península de La Guajira presenta amenaza sísmica intermedia²⁴.

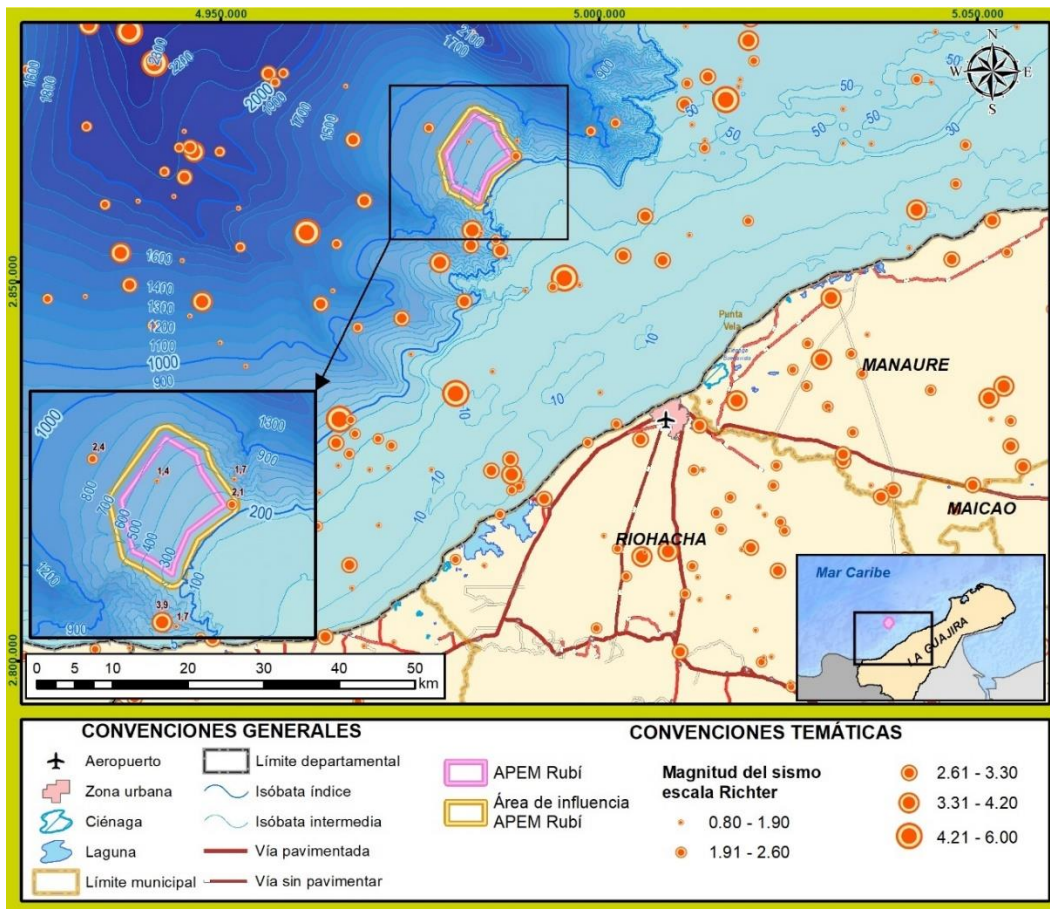


Figura 5.7 Catálogo Sísmico Integrado (CSI).

Fuente: Servicio Geológico Colombiano - SGC²⁵.

Tsunamis: Para Colombia, la NOAA reporta dos eventos de tsunamis, asociados a un sismo, en 1825 y 1961 y el evento más reciente en 2017, en las costas cercanas a Santa Marta, reportado por la estación mareográfica de la Dirección General Marítima en Santa Marta, que registró un disturbio del nivel del mar en un rango de aproximadamente 50 cm,

²⁴ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - SGC, 2021. Sistema de Consulta de la Amenaza Sísmica de Colombia. Consultado el 18 de octubre de 2021. Disponible en <https://www2.sgc.gov.co/ProgramasDelInvestigacion/geoamenazas/Paginas/Sistema-de-Consulta-de-la-Amenaza-Sismica-de-Colombia.aspx>

²⁵ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - SGC, Sistema de Consulta de la Amenaza Sísmica de Colombia. Consultado el 18 de octubre de 2021. Disponible en http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

probablemente provocada por un deslizamiento submarino²⁶. Las fuentes de tsunami se han detectado asociadas al Cinturón de Deformación del Caribe Sur, principalmente en el área de Panamá y al Cinturón del Norte las Antillas Menores²⁷. La costa Caribe colombiana es catalogada como de amenaza baja de tsunami, con una probabilidad asignada de 0,1, de difícil ocurrencia, que podría presentarse al menos una vez cada 10 años²⁸.

5.1.5 Paisaje

La interpretación del paisaje del área de influencia del APEM Rubí se realizó a partir del análisis de las unidades geomorfológicas, para lo cual se generó un modelo digital específico para el área de influencia, representados en una salida gráfica detallada. Adicionalmente, se establecieron algunos puntos de muestreo y se revisó con una cámara de deriva las anomalías registradas con el Sonar de Barrido Lateral (SBL), con el fin de corroborar la información obtenida en los modelos digitales. Igualmente, se realizó la toma de muestras de sedimentos para verificar el tipo de sustrato y textura del fondo marino, así como imágenes que permitieron verificar los rasgos geomorfológicos y su carácter fisiográfico.

Para el APEM Rubí se identificaron tres (3) unidades paisajísticas definidas por la geomorfología del área por INVEMAR-ANH, 2008²⁹ (Figura 5.8).

²⁶ NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA. NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION - NCEI. Resultados para el evento de tsunami en Colombia. Consultado en marzo de 2022. Disponible en <https://www.ngdc.noaa.gov/hazel/view/hazards/tsunami/event-data?country=COLOMBIA>

²⁷ ANADARKO y AQUABIÓSFERA. Plan de manejo ambiental específico para el pozo Calasú 1, Área de Perforación Exploratoria Marina Fuerte Norte (Caribe Colombiano). 2014.

²⁸ Comunidad Andina - CAN. Atlas de las dinámicas del territorio Andino: Población y bienes expuestos a amenazas naturales. 2009.

²⁹ INVEMAR-ANH. Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos. Editores. Informe técnico final, Santa Marta. 2008. 461 p + Anexos.

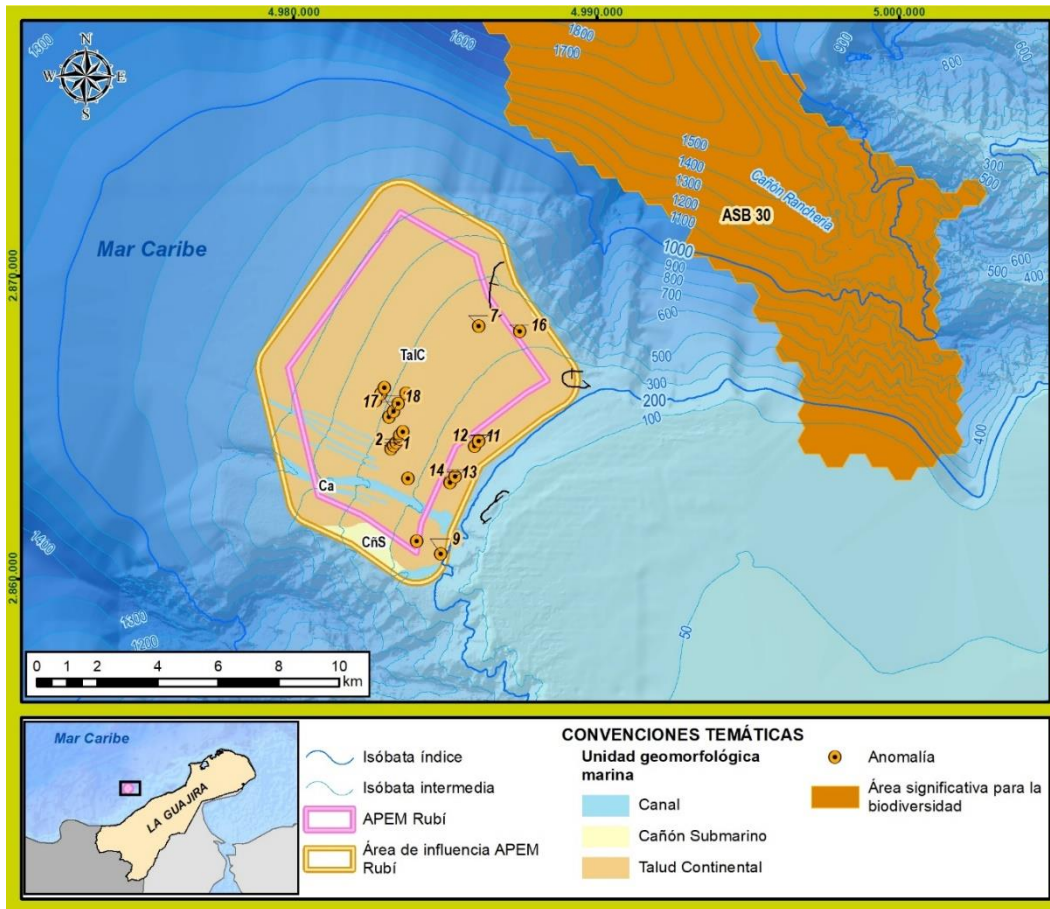


Figura 5.8 Unidades geomorfológicas presentes en el paisaje marino del área de influencia del APEM Rubí.

En los paisajes del área de influencia del APEM Rubí, se registró la presencia de escasas comunidades bióticas, con una baja heterogeneidad ambiental y de reducida abundancia. Esto obedece a las características morfológicas de los fondos sedimentarios del área, que no permiten el desarrollo ecosistémico estructurado de comunidades bióticas como invertebrados sésiles, vágiles y peces (ver numeral 5.2.1) (Figura 5.9). Sin embargo, cabe resaltar que los registros del SBL en las anomalías obedecen a la posible presencia de rocas y/o sedimento compactado que se detectó con la baja frecuencia utilizada por el SBL, el cual atraviesa la planicie fangosa evidenciada en los videos registrados por la cámara de deriva.



Figura 5.9 Imágenes del paisaje registrado en el APEM Rubí y su fauna asociada. Crustáceo decápodo en su madriguera (izquierda, anomalía 3) y pez de la familia Carangidae (derecha, anomalía A19) en sitios del área de influencia del APEM Rubí donde se registraron anomalías.

Fuente: filmación del fondo marino.

5.1.6 Hidrológico – Calidad del agua

Con el objetivo de determinar las características fisicoquímicas del agua de la zona de estudio, se recolectaron muestras de aguas marinas en tres niveles de la columna de agua (nivel superficial, medio y fondo), en estas seis (6) estaciones. La toma de las muestras se realizó en jornada diurna, durante cuatro (4) días, en la época de lluvia, entre los días 3 y 6 de octubre del 2021.

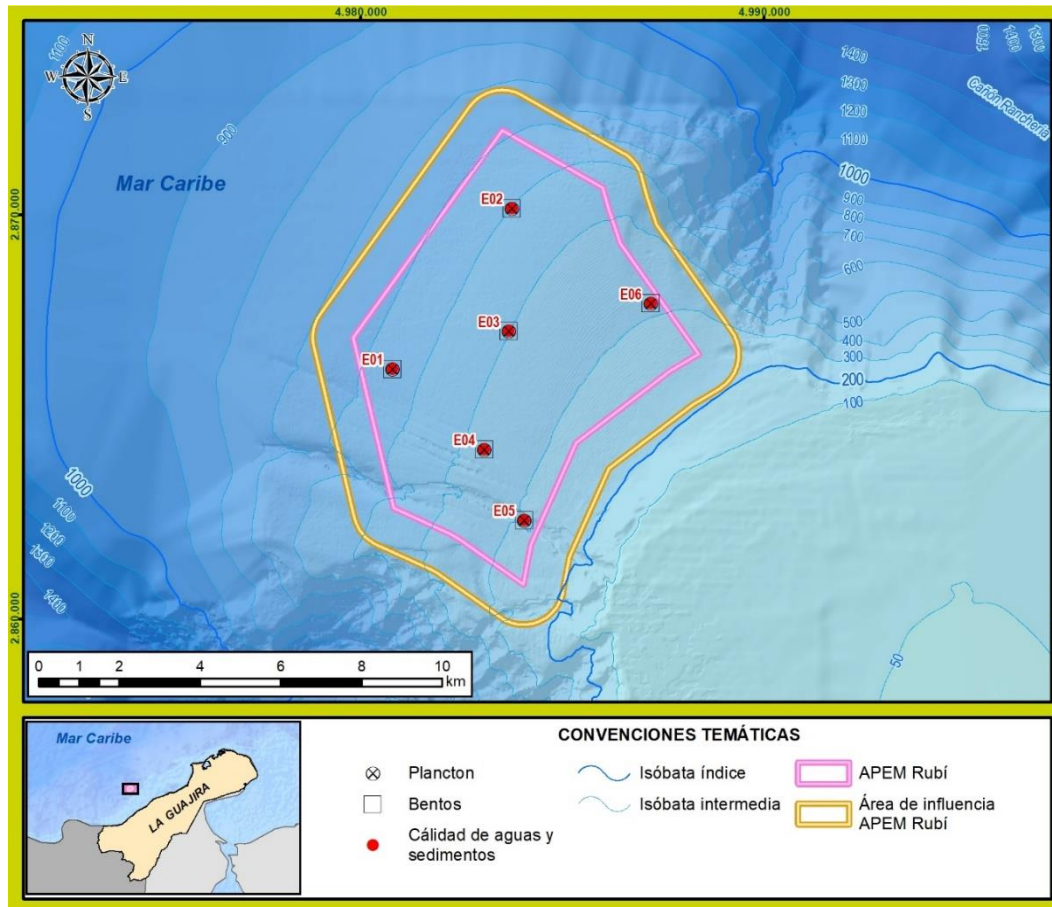


Figura 5.10 Ubicación de las estaciones de muestreo para la caracterización de la calidad del agua de mar, sedimentos marinos, oceanografía, comunidades planctónicas y bentónicas en el APEM Rubí.

La caracterización permitió concluir que el área de estudio presentó valores típicos del Caribe colombiano, adecuados para la preservación de flora y fauna marina. El comportamiento de las variables evaluadas a lo largo de la columna de agua es consistente con lo reportado en estudios anteriores.

5.1.7 Hidrogeológico

En Colombia, la hidrogeología marina es un tema que poco o nada se ha estudiado, por lo que la información disponible es escasa o nula; se tiene información principalmente de

hidrogeología continental, como el Estudio Hidrogeológico de la Media y Baja Guajira realizado por el Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras³⁰.

5.1.8 Oceanografía

5.1.8.1 Altura de la ola

El oleaje en el Caribe Colombiano muestra un comportamiento bimodal en el ciclo anual, asociado a la variabilidad tanto temporal como espacial de los vientos alisios, los cuales a su vez están modulados por la migración de la zona de convergencia intertropical y el chorro de bajo nivel del Caribe. Appendini *et al.*³¹ establecen que el comportamiento bimodal está conformado por dos periodos de vientos y oleajes intensos (diciembre-marzo) (junio-julio) y dos periodos de vientos y oleajes débiles (abril-mayo) (agosto-noviembre). Por otro lado, Vega *et al.*³² determinan que la variabilidad interanual del clima de olas en el mar Caribe está fuertemente influenciada por El Niño - Oscilación del Sur - ENOS. En el régimen medio durante la fase El Niño, las alturas significativas de las olas aumentan, mientras que durante la fase La Niña, disminuyen. Sin embargo, en el régimen extremo muestra un comportamiento opuesto, es decir, los promedios más altos de olas extremas se producen durante La Niña.

Con base en datos de reanálisis para el periodo 1979-2021, se encontró que los años donde se registraron los valores máximos de altura de ola significativa son 1999 y 2016 (>3,5 m de altura), asociados a los huracanes Lenny y Matthew. Para el periodo mencionado, la altura de ola significativa presenta una tasa de aumento de 0,0119 m·año⁻¹.

En cuanto al comportamiento del oleaje en el ciclo anual, exceptuando los meses de junio y julio, en la época seca (diciembre-marzo), se presentan las máximas alturas de ola significativa. Las mínimas alturas de ola significativa se presentan en la época húmeda (agosto-noviembre).

En cuanto al régimen extremo, para un periodo de retorno 50 años se podrían llegar a presentar alturas de ola de 3,5 m y, para un periodo de retorno de 100 años, se podrían llegar a presentar alturas de ola de 3,8 m.

³⁰ INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICO MINERA. Resumen del estudio hidrogeológico de la media y baja Guajira. Convenio Bilateral entre los gobiernos de Colombia y Holanda. 1988.

³¹ APPENDINI, C. *et al.* Wave Energy Potential Assessment in the Caribbean Low Level Jet Using Wave Hindcast Information. En: Applied Energy, 2015, no. 137, p. 375–84. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.038>.

³² VEGA, M. *et al.* Interannual Variability of Wave Climate in the Caribbean Sea. En: Ocean, 2020, Vol. 70, no. 7, p. 965–76. <https://doi.org/10.1007/s10236-020-01377-1>.

5.1.8.2 Mareas

Para el presente estudio, se utilizaron los datos registrados por el mareógrafo operado por el IDEAM localizado en Santa Marta y publicados en el Centro Mundial de Nivel del Mar de la Universidad de Hawái³³, donde se tienen registros horarios desde el 01 de octubre de 2012 hasta 31 de marzo de 2020, para un total de 65.726 registros.

De acuerdo con lo analizado para las mareas en Santa Marta se tiene que:

- La marea es del tipo mixto semidiurno.
- La altura mínima es de 0,42 m y máxima en sicigias es de 0,48 m.
- La altura mínima es de 0,16 m y máxima de mareas en cuadratura es de 0,21 m.

Los resultados de la serie temporal para el nivel del mar muestran que el año en el que se presentó el mayor nivel del mar fue el 2010, superando los 0,18 m, mientras que el año 2001 es donde se registraron los niveles más bajos con valores de -0,14 m. Además, se observa una tendencia ascendente, con una tasa de aumento de 0,0018 m-año⁻¹. Se establece que en condiciones no extremas las mínimas y máximas elevaciones que se presentan en el área de estudio son de -0,13 y 0,19 m respectivamente. En cuanto al régimen extremo, se determina que, para periodos de retorno de 20, 50 y 100 años se podrían llegar a presentar elevaciones de 0,19, 0,23 y 0,25 m.

Los resultados obtenidos para el nivel del mar registran un comportamiento estacional bimodal, en donde las elevaciones mínimas se presentan en la época seca (diciembre-marzo), debido a las bajas precipitaciones e intensos vientos. En los meses de junio y julio se presenta un mínimo relativo producto de la intensificación de los vientos generada por el chorro de bajo nivel del Caribe. Por otra parte, en la época húmeda (agosto-noviembre) se presentan las máximas elevaciones, siendo octubre el mes con mayores niveles, producto del aumento en las precipitaciones y disminución en la magnitud de los vientos alisios. Por otro lado, se observan oscilaciones interanuales con aporte significativo, estas son las que presentan periodos de 44,52 y 78 meses, asociadas al fenómeno del ENOS.

5.1.8.3 Marejadas

Con el fin de identificar qué fenómeno es el que repercute con mayor fuerza en el régimen extremal para la altura de ola significativa en el área de influencia del APEM Rubí se realizó un análisis en donde se extrajeron los máximos anuales para la serie total del oleaje y para las temporadas multianuales de frentes fríos (diciembre-marzo) y la de huracanes (agosto-noviembre). Los resultados muestran que la mayoría de los máximos anuales para la serie total se sobrepone con los máximos anuales para la temporada de

³³ UNIVERSIDAD DE HAWÁI. Sea Level Center. En línea. Consultado en: 2021-10-02. Disponible en: <http://uhslc.soest.hawaii.edu/data/>

frentes fríos, por lo que se determina que el régimen extremo del oleaje en la mayoría del tiempo está modulado por el paso de frentes fríos, sin embargo, los valores extremos máximos registrados en la zona se presentaron en la temporada de huracanes, por lo que, además, se determina que la influencia de estos eventos presenta una incidencia importante en la altura de ola significativa.

5.1.8.4 Corrientes

De acuerdo con la rosa de direcciones para la corriente superficial elaborada con datos de reanálisis para el periodo 1993-2018, estas varían de SW a NE, siendo la dirección W la más predominante con un porcentaje de probabilidad del 13%, seguida de las direcciones NWW y SWW con porcentajes de probabilidad del 12% y 11% respectivamente. Estas direcciones indican que las corrientes viajan con trayectoria este-oeste, concordante con la dirección de los vientos alisios e influenciadas por la corriente del Caribe, la cual Fratantoni³⁴ y Jury³⁵ determinan que fluye con dirección este-oeste y es la corriente dominante en el área.

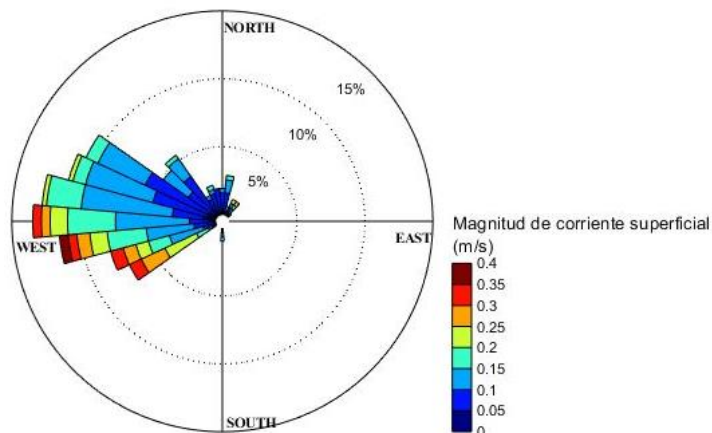


Figura 5.11 Rosa direccional de la corriente superficial. Periodo de tiempo 1993-2018. Base de datos del programa COPERNICUS. Punto localizado en 11°50'N y 73°15' W.

En la época seca (diciembre-marzo) se presentan las mayores magnitudes de corrientes superficiales ($0,03-0,39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), consecuencia de la magnificación en la intensidad de los vientos alisios. En la época de transición (abril-julio), se observa una leve disminución en

³⁴ FRATANTONI, D. North Atlantic Surface Circulation during the 1990's Observed with Satellite-Tracked Drifters. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 106, no. C10 (2001): 22067–93, <https://doi.org/10.1029/2000jc000730>.

³⁵ JURY, M. Long-Term Variability and Trends in the Caribbean Sea. *International Journal of Oceanography* 2011: 1 - 9, <https://doi.org/10.1155/2011/465810>.

las corrientes superficiales durante los primeros dos meses, incrementándose en el mes de junio y julio debido a la intensificación de los vientos producida por el chorro de bajo nivel del Caribe. Por último, en la época húmeda (agosto-noviembre), se presentan corrientes superficiales con menor intensidad ($0,02-0,24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). También se observa que la magnitud de la corriente superficial presenta una tasa de aumento de $0,014 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a lo largo del periodo de estudio.

Los resultados también muestran que las corrientes con magnitudes más fuertes se presentan entre los 50-150 m en donde estas suelen tomar valores entre los $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y los $0,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, por debajo de estas profundidades las magnitudes tienden a disminuir. Por otra parte, se identifican periodos de tiempo en donde las magnitudes aumentaron significativamente, en donde se destacan dos años, el 2002 por ser el año donde se presentaron las mayores magnitudes y el 2009 por ser el año donde se presentaron magnitudes muy altas en profundidades de hasta los 550 m.

5.1.8.5 Perfiles de temperatura y salinidad (densidad del agua del mar)

La información que se utilizó para la caracterización de la temperatura y salinidad se obtuvo de la base de datos de reanálisis del programa COPERNICUS de la Unión Europea para el punto de coordenadas $11^{\circ}50' \text{ N} - 73^{\circ}15' \text{ W}$. Los resultados muestran que la temperatura superficial del mar presenta una tendencia no significativa creciente, con una tasa de aumento es de $0,0089 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{año}^{-1}$.

La temperatura presenta un comportamiento estacional bimodal en el ciclo anual, en donde las mínimas temperaturas superficiales se presentan en la época seca (diciembre-marzo) y se observa un leve enfriamiento en los meses de junio-julio, esto último producto de la intensificación de los vientos ocasionados por el chorro de bajo nivel del Caribe. Las temperaturas máximas se dan en los meses de septiembre y octubre.

Los resultados muestran periodos de tiempo en donde hubo unas disminuciones drásticas en la salinidad (1996, 1999, 2006 y 2011), posiblemente debido a la fase de La Niña del ENOS, la cual produce grandes precipitaciones, conllevando a una disminución en la salinidad. La tendencia para la salinidad superficial es no significativa decreciente, lo cual puede deberse, principalmente, a mayores tasas de evaporación y mayor surgencia.

El comportamiento estacional para la salinidad (Figura 5.44) muestra muy poca variabilidad en el ciclo anual, pues en todos los meses exceptuando septiembre, octubre y noviembre, solamente varía entre 36 a 37 psu. Por lo contrario, en los meses mencionados la salinidad tiende a presentar valores más bajos, alcanzando los 33,6 psu. Estos meses hacen parte de la época húmeda, por lo cual, se presentan mayores precipitaciones que dan respuesta a la disminución de esta variable en esta época del año.

Los resultados obtenidos indican que, dentro del rango de 0-150 m durante la época seca (diciembre-marzo), es cuando se registran las menores temperaturas, mientras que durante la época húmeda (agosto-noviembre) la temperatura tiende a aumentar. Por otro lado, es posible evidenciar que no se presentan cambios estacionales significativos en profundidades por debajo de los 150 m, por tanto, por debajo de esta profundidad la temperatura es casi constante. Este patrón es contrario al que presenta el comportamiento estacional en la estructura vertical para la salinidad, pues los resultados obtenidos indican que la salinidad en el rango de 0-150 m durante la época seca (diciembre-marzo) es cuando se registran las mayores salinidades mientras que durante la época húmeda (agosto-noviembre) las salinidades tienden a disminuir. Por otro lado, es posible evidenciar que no se presentan cambios estacionales significativos en profundidades por debajo de los 150 m donde la salinidad se comporta de manera casi constante durante el ciclo anual.

De acuerdo con las propiedades físico-químicas medidas en seis (6) estaciones en el APEM Rubí (Figura 5.10), en el APEM Rubí se presentan tres masas de agua las cuales son la masa de agua superficial del Caribe (AS), la masa de Agua Subsuperficial Subtropical (ASS) y la masa de Agua Central del Antártico Norte (ACAN). Estas capas coinciden con las de condiciones típicas en el mar Caribe reportadas por Mooers y Maul³⁶, los cuales describen una capa superficial con altos valores en la temperatura y oxígeno disuelto y valores bajos de salinidad y densidad, en los primeros 50 m de profundidad; una capa subsuperficial también cálida, más salina y con menores valores de oxígeno disuelto, centrada alrededor de los 150 m de profundidad y una capa más fría y de bajos valores de salinidad y oxígeno disuelto, entre los 150 hasta las profundidades finales de cada estación. Lo anterior se resume en los diagramas termohalinos establecidos para el APEM Rubí (Figura 5.12).

³⁶ MOOERS, C. N. K. y MAUL, G. A. Intra-Americas sea circulation, coastal segment. Robinson & Brink (Eds.). En: The Sea, Vol. 11. 1998. p. 183-208.

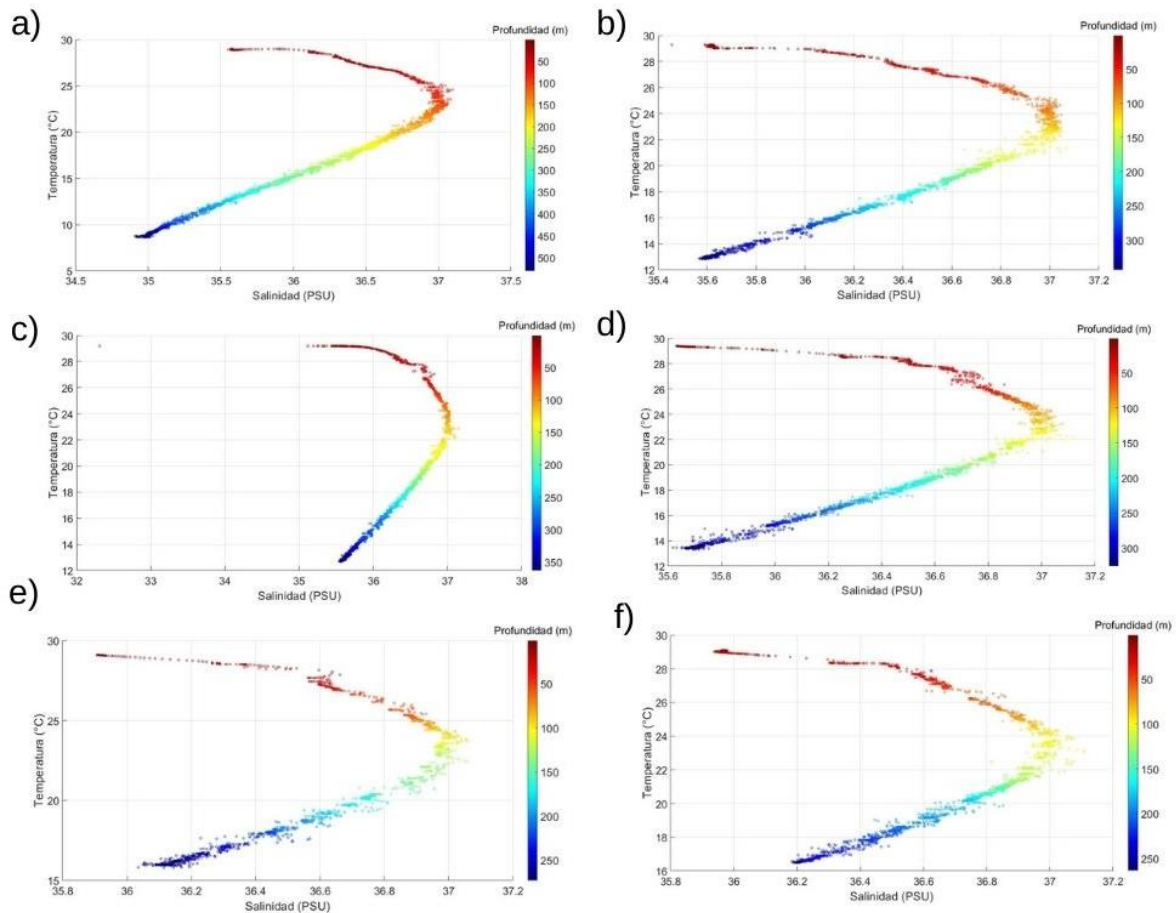


Figura 5.12 Diagramas termohalinos. a) estación E01. b) estación E02. c) estación E03. d) estación E04. e) estación E05. f) estación E06.

Se obtuvieron los perfiles de velocidad del sonido para el APEM Rubí a partir de los perfiles de temperatura y salinidad correspondientes a las épocas climáticas seca y húmeda (Figura 5.13 y Figura 5.14), observándose la velocidad del sonido es menor durante la época seca. Esto se debe a que en la época seca las temperaturas en estas primeras capas de la columna de agua son menores a las que se registran en la época húmeda. De acuerdo con la formulación utilizada, la variación en la velocidad del sonido en el mar está influenciada principalmente por la temperatura³⁷.

³⁷ REDONDO, L. y RUIZ MATEO, A. Ruido subacuático: Fundamentos, Fuentes, cálculos y umbrales de contaminación ambiental. Ingeniería civil Cedex, 2017. <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/articulo/download/28/22/>.

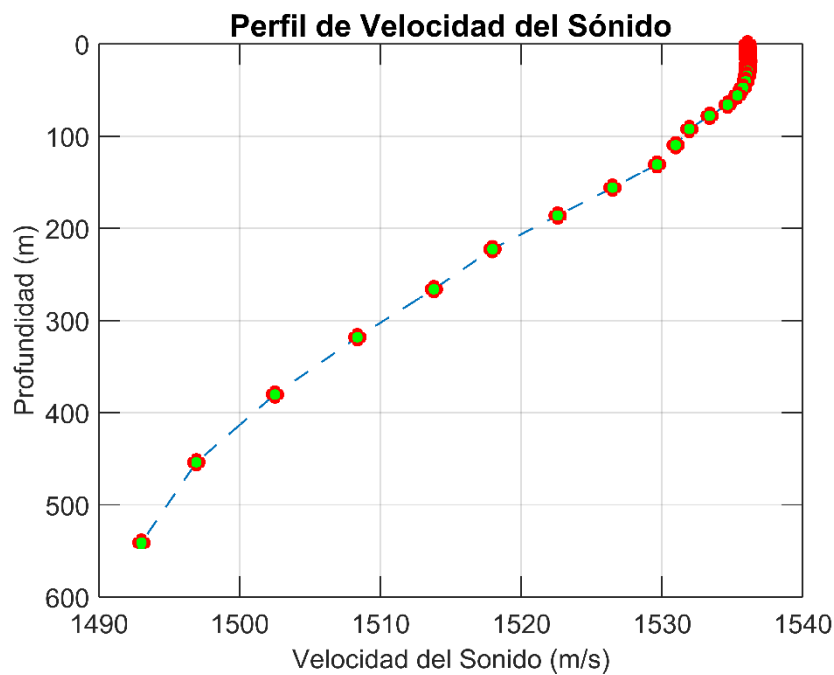


Figura 5.13 Perfil de velocidad del sonido en el APEM Rubí para la época seca.

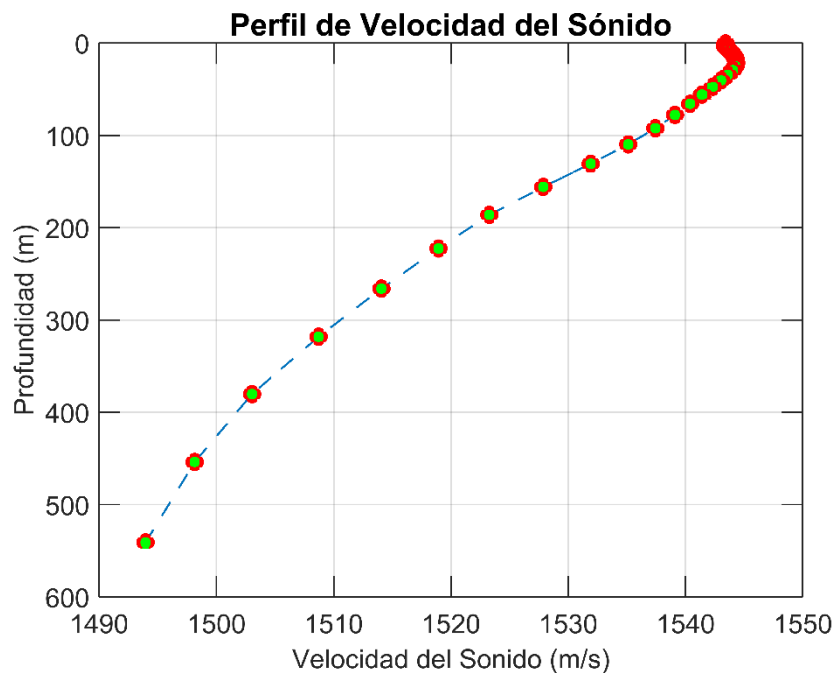


Figura 5.14 Perfil de velocidad del sonido en el APEM Rubí para la época húmeda.

5.1.8.6 Transporte de partículas

Para el presente EIA, se realizaron las siguientes modelaciones, cuyos resultados se usan en los diferentes capítulos:

- Dispersión de cortes y lodos de perforación en el agua y sobre el fondo marino.
- Dispersión de los vertimientos de aguas residuales.
- Derrame de diésel.
- Modelo de *blowout*.

5.1.8.7 Características físicas de la columna de agua

Para el periodo de tiempo 1993-2018, los resultados muestran que, hasta los 30 m, no se presentan cambios importantes en la temperatura (Figura 5.15). Por lo contrario, por debajo de esta profundidad se presenta un fuerte gradiente (termoclina), de alrededor de 2°C cada 60 m, lo que indica un cambio rápido de temperatura en función de la profundidad; el cual continúa a profundidades mayores que los 550 m. Por otro lado, el perfil de salinidad muestra que desde los 20 m hasta los 200 m se presenta un gradiente de 0,35 psu cada 100 m, por lo cual entre estas profundidades se encuentra la haloclina. Cabe recalcar que la pycnoclina también se encuentra entre estas profundidades, la cual presenta un gradiente alrededor de 0,0016 g·cm⁻³ cada 100 m.

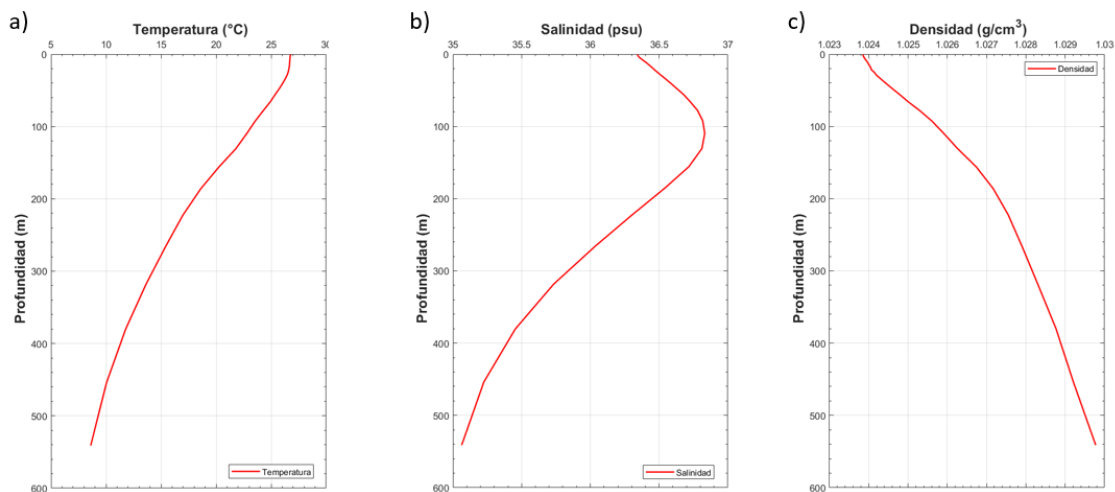


Figura 5.15 Perfiles en función de la profundidad a) temperatura b) salinidad c) densidad. Periodo de tiempo 1993-2018. Base de datos del programa COPERNICUS. Punto localizado en 11°50'N y 73°15' W.

Se presentan variaciones aciones en el comportamiento de estas tres (3) variables en el ciclo anual, que indican procesos de surgencia en la zona. Este proceso es ocasionado por la migración de las aguas superficiales hacia el este debido a la fricción que producen los vientos (transporte de Ekman), generando un movimiento ascendente de las aguas subsuperficiales, las cuales son más frías, más densas y presentan mayores sales disueltas. La surgencia es mayor en la época seca debido a que en esta temporada del año los vientos presentan mayores magnitudes. Esto se puede ver con mayor claridad en la Figura 5.16, la cual muestra como es el comportamiento estacional del índice de surgencia propuesto por Bakun³⁸ con respecto a las magnitudes de viento en una zona cercana al área de estudio.

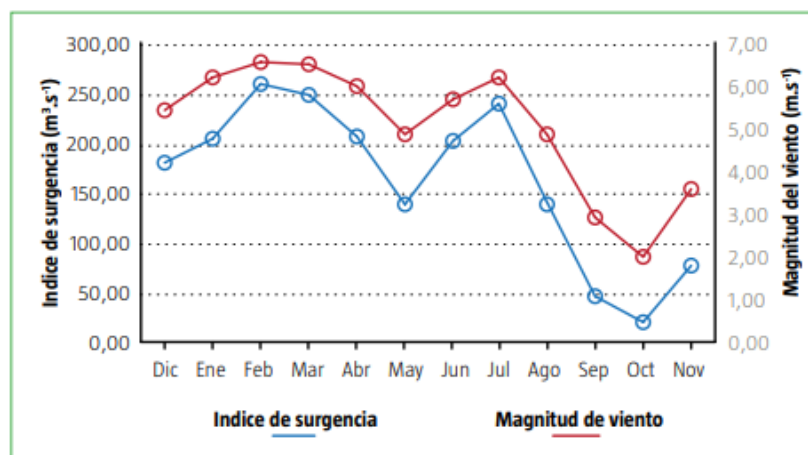


Figura 5.16 Comportamiento interanual del índice de surgencia y la magnitud del viento.

Fuente: Ricaurte-Villota, C. y Bastidas Salamanca, M.L. (eds.), 2017³⁹.

5.1.9 Atmosférico

5.1.9.1 Climatología y meteorología

El clima en el Caribe colombiano está determinado por su ubicación en la zona tropical la cual debido al ángulo de inclinación del planeta está expuesta a los rayos solares de

³⁸ BAKUN, A. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America. 1946. NOAA Technical Memorandum NMFS-SWFSC-231 671, No. Enero de 1973. 1-45.

³⁹ RICAURTE-VILLOTA, C. y BASTIDAS-SALAMANCA, M. Regionalización Oceanográfica. Una Visión Dinámica del Caribe, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 14. 2017.

forma directa, por lo que no se presenta una marcada estacionalidad climática como ocurre en las zonas templadas⁴⁰. En esta región se presentan periodos estacionales menos evidentes que en las regiones templadas, que se manifiestan por cambios en el comportamiento de los vientos y la precipitación, y que han sido explicados principalmente por los movimientos de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y su influencia sobre la dinámica de los vientos alisios del noreste⁴¹.

La ZCIT corresponde a la convergencia de los vientos Alisios del noreste y suroeste en la región ecuatorial, la cual se presenta como un conjunto de conglomerados de nubes a escala de kilómetros, que están separadas por regiones de cielos relativamente despejados⁴²; el desplazamiento latitudinal de esta ZCIT determina la estacionalidad del Caribe colombiano. Su movimiento en dirección sur durante los meses de enero y febrero, permite la incidencia de los vientos Alisios del noreste, originando la época seca; en contraposición, el desplazamiento de este “cumulo” de nubes en dirección norte entre septiembre y noviembre, proporciona las condiciones atmosféricas que ocasionan la época lluviosa⁴³.

Las variaciones climáticas asociadas al movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la dinámica de los vientos Alisios en el área de estudio, definen tres condiciones climáticas prevalentes⁴⁴: una seca, definida por el desplazamiento hacia el sur de la ZCIT, que comprende los meses de diciembre a marzo con vientos predominantes del norte y el noreste (N y NE), una de transición con vientos variables entre abril a julio y una lluviosa entre agosto y noviembre, en la cual la ZCIT se encuentra en posición norte^{45 46}. La duración de estas puede alterarse tanto en duración como en intensidad debido a factores como corrientes de vientos atmosféricos, eventos El Niño y La Niña y ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, como son las ondas tropicales, los frentes fríos y los huracanes⁴⁷. A su vez, estas interacciones entre el

⁴⁰ DUQUE, Y., MEDELLÍN, J. y NAVAS, R. Contexto climatológico y oceanográfico del mar caribe colombiano. P 54-55. En INVEMAR (eds.). Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, INVEMAR No. 20. 2010. p. 4588.

⁴¹ *Ibíd.*, p. 54.

⁴² POSADA, B., RANGEL, N., NARVÁEZ, S., VIVAS, L., ESPINOSA, L. y VALENCIA, C. Clima y oceanografía. p. 26 Citado por Corpoguajira e INVEMAR. 2012. Atlas marino costero de La Guajira. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 27. Santa Marta, Colombia. p. 188.

⁴³ DUQUE, Y., MEDELLÍN, J. y NAVAS, R. *Óp. cit.*, p. 56.

⁴⁴ BERNAL, G., POVEDA, G., ROLDÁN, P. y ANDRADE, C. Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la Costa Caribe colombiana. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2006. p. 195-208.

⁴⁵ MESA, O., POVEDA, G. y CARVAJAL, L. Introducción al Clima de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Medellín. 1997. 390 p.

⁴⁶ ANDRADE, C. Circulation and variability of the Colombian Basin in the Caribbean Sea. Ph D. Thesis University of Wales. Gales. Reino Unido. 2004. p. 223. En: POSADA, B., RANGEL, N., NARVÁEZ, S., VIVAS, L., ESPINOSA, L. y VALENCIA, C. Clima y oceanografía. p. 28. En Corpoguajira e Invemar. Atlas marino costero de La Guajira. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 27. Santa Marta, Colombia. 2012. p. 188.

⁴⁷ ANDRADE-MAYA, C. The circulation and variability of the Colombian basin in the Caribbean Sea. PhD, University of Wales. 2000. 225 p.

océano y la atmósfera determinan aspectos oceanográficos fundamentales como la circulación y la temperatura superficial del mar⁴⁸.

El clima en el departamento de La Guajira es cálido y seco al nivel del mar, en donde la temperatura promedio anual es de 29°C⁴⁹. En el departamento de La Guajira, se presenta un régimen de precipitaciones de tipo bimodal, con dos (2) períodos húmedos de abril a junio y de septiembre a diciembre, siendo el período más húmedo el del segundo semestre⁵⁰.

Además del análisis de las diferentes variables meteorológicas con base en la información disponible en el IDEA, se realizó la caracterización del viento para el área de influencia del APEM Rubí a partir de la serie de datos de reanálisis del programa ERA5 en un punto marino. Esta serie de datos presenta una resolución temporal horaria y abarca 43 años de información (1979-2021). Con base en esta información, en la Figura 5.17 se presenta la rosa direccional para el viento y, en la Figura 5.18, se presentan las rosas direccionales para las épocas seca y húmeda. Los resultados indican que la dirección E es la predominante con una probabilidad de ocurrencia del 39%, seguida de la dirección ENE con una probabilidad del 27%.

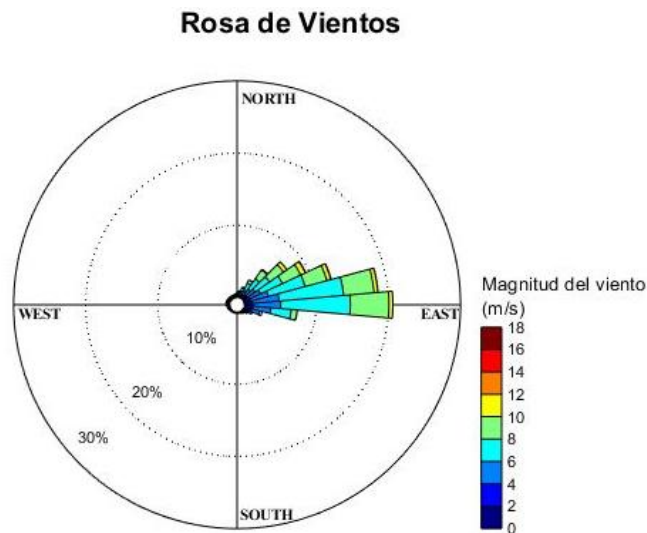


Figura 5.17 Rosa direccional para el viento.

⁴⁸ BERNAL, G., RUIZ-OCHOA, M. y BEIBER, E. Variabilidad estacional e interanual océano-atmósfera en la cuenca colombiana. En: Revista Cuadernos del Caribe. 2010, vol. 14, p. 49-72.

⁴⁹ POSADA, B., RANGEL, N., NARVÁEZ, S., VIVAS, L., ESPINOSA, L. y VALENCIA, C. Clima y oceanografía. p. 26. En Corpoguajira e INVEMAR. 2012. *Op. cit.*, p. 188.

⁵⁰ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA - CORPOGUAJIRA. Atlas Ambiental del Departamento de La Guajira. Estructura biofísica. 2011. p. 22.

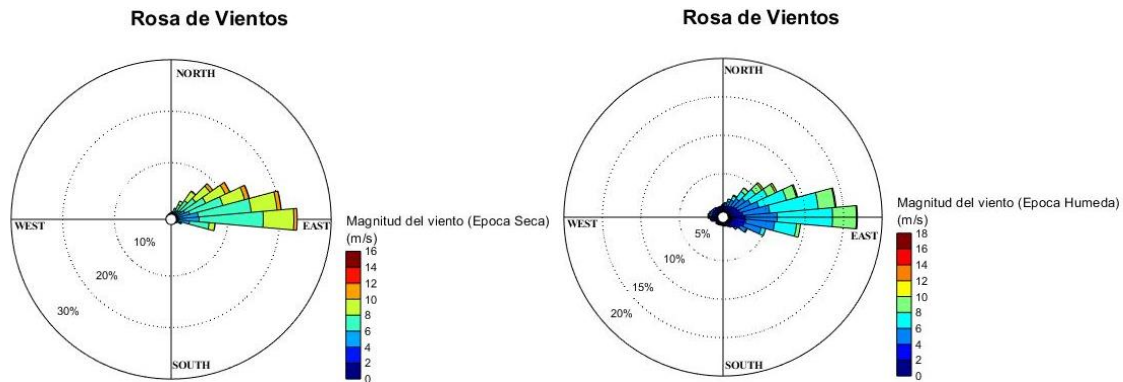


Figura 5.18 Rosa direccional para el viento para las épocas seca (izquierda) y húmeda (derecha).

En cuanto a los fenómenos meteorológicos, en la zona del Caribe es común la presencia de huracanes en los periodos comprendidos entre los meses de junio a noviembre, aunque la probabilidad de afectación de estos sobre la costa Caribe colombiana es inferior al 1%⁵¹. El último suceso que afectó la zona norte del Caribe colombiano fue el huracán de categoría 5 IOTA entre el 13 y 16 de diciembre de 2020⁵². A diferencia de esto, los mares de leva, ocasionados por el efecto de fricción entre la superficie del mar y masas de aire atmosférico de baja presión, han tenido una gran incidencia en esta región del país, donde ocurren hasta tres veces al año con oleajes muy altos y vientos fuertes⁵³.

Como parte de la interacción atmosférica se identifican otros fenómenos que presentan relación con el área de influencia del proyecto, entre los que se destacan: Ciclones y tormentas tropicales, las Ondas del Este del Caribe, Características de mesoescala, Corriente en chorro de niveles bajos en el Caribe, frentes fríos y el Monzón de América del Sur.

5.1.9.2 Ruido submarino

La Figura 5.19 presenta las curvas desarrolladas por Wenz en 1962 para determinar el componente ambiental del ruido oceánico; en ellas, se presenta un resumen de los espectros típicos de ruido ambiental promedio de varias fuentes. Los niveles de sonido en

⁵¹ POSADA, B., RANGEL, N., NARVÁEZ, S., VIVAS, L., ESPINOSA L. y GARCÍA, C. Aspectos físicos del paisaje en la zona marina y costera. Atlas marino y costero de La Guajira. Serie publicaciones especiales INVEMAR. No. 27. 2012. p. 31.

⁵² NOAA. Hurricane IOTA Advisory Archives. Consultado el 30 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.nhc.noaa.gov/archive/2020/IOTA.shtml>.

⁵³ IDEAM. Atlas de viento de Colombia. Capítulo 3 Resultados. Análisis nacional. [recurso en línea]. [Consultado el 16 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.andi.com.co/Uploads/VIENTO.compressed.pdf>. 2017. p. 26.

el gráfico están en dB con relación a 1 μ Pa en una banda de frecuencia ancha de 1 Hz. El gráfico expresa la importancia que tiene el viento en la generación del ruido ambiental, que a menudo domina desde unos pocos cientos de hercios (Hz) hasta aproximadamente los 30 kHz. El ruido infrasónico a frecuencias de 1 a 20 Hz es causado principalmente por ondas superficiales (especialmente en aguas poco profundas) y fluctuaciones de presión turbulentas. Sin embargo, las fuentes biológicas, el transporte marítimo, los terremotos y otras actividades sísmicas también contribuyen de manera importante al ruido ambiental infrasónico⁵⁴.

Los niveles y frecuencias de varias fuentes productoras de sonido submarino se presentan en la Tabla 5.1. Según el sonido viaja lejos de la fuente, la intensidad disminuye porque las ondas de sonido se dispersan (extendiendo la pérdida) y porque parte del sonido es absorbido por el agua de mar. Por ejemplo, la intensidad de un sonido 236 dB submarinos a un metro disminuiría a 196 dB submarinos a una distancia de 100 metros (aproximadamente la longitud de un campo de fútbol). Los sonidos de alta frecuencia no viajan tan lejos a través del océano como los sonidos de baja frecuencia porque los de alta frecuencia son absorbidos más rápidamente⁵⁵.

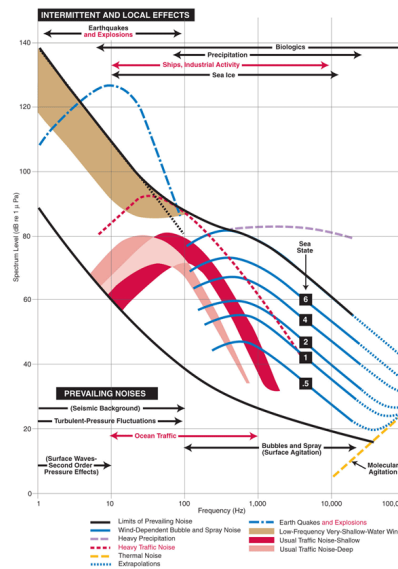


Figura 5.19 Curva de Wenz. Niveles de densidad espectral de presión del ruido ambiental marino.

Fuente: adaptado de Wenz (1962) por National Research Council⁵⁶.

⁵⁴ RICHARDSON W. J., GREENE Jr., C. R., MALME, C. I. y THOMSON, D. H. Marine Mammals and Noise. Academic Press, San Diego. 1995. 576 p.

⁵⁵ SCOWCROFT, G. *et al.* *Óp. cit.*, p. 5.

⁵⁶ NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US). Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals. Ocean Noise and Marine Mammals. Washington (DC): National Academies Press (US). 2, Sources of Sound in the Ocean and Long-Term Trends in Ocean Noise. 2003. 221 p.

Tabla 5.1 Ejemplos de ruido submarino producido por diferentes fuentes naturales y antrópicas.

	Fuente	Frecuencia	Nivel del sonido (dB)
Biofónica	Ballena jorobada	30-2500 Hz	144-174 ^a
	Ballena azul	18 Hz a 200 Hz ^b	-
	Silbido de delfín	17-24 kHz	125-173 ^a
	Clics de cachalote	1-10 kHz	236 ^a
	Chasquido de camarones	1 kHz ^a	
	Coros de peces	1000-2500 Hz	15 ^a
	Cangrejo pistola	-	183-189 (tope a tope) ^a
	Nutria marina	4-8 kHz	50-113 ^c
	Mantis	167 Hz ^c	
Geofónica	Movimiento de la superficie del mar	100 Hz – 20 KHz	< 20 ^b
	Lluvia suave	13-25 kHz	3-5 ^b
	Lluvia fuerte	500 Hz	
	Burbujas superficiales	20 kHz	3-20 ^b
	Volcanes submarinos	50 Hz ^b	-
Antropofónica	Pistolas de aire de la actividad sísmica	5-300 Hz	260 ^d
	Sonares militares	100-500 Hz	215 ^e
	Izado y perforación de pilotes	100-1000 Hz	209 ^f
	Buques de carga (tamaño: 173 m)	40-100 Hz	192 ^g
	Turbinas de viento	60-300 Hz	151 ^h
	Buques de perforación	100-400 Hz	195 ⁱ
	Actividad de buques de gran tamaño (cavitación de las propelas)	10-200 Hz	80-90 ^j
	Puertos ocupados de aguas poco profundas (100 m)	15-380 Hz	58-100 ^j
	Pesqueros flotas de arrastre de 30 m long. aprox. (3 velocidad viento), 1-2 buques por km ²	240-400 Hz	50-90 ^j

Fuente: elaborado con información de: a. Scowcroft, G. *et al.*, 2012⁵⁷. b. Erbe *et al.*, 2015⁵⁸. c. Popper y Hawkins, 2012⁵⁹. d. Turner *et al.*, 2006⁶⁰. e. Anonymous, 2007⁶¹. f. Reyff, 2007⁶². g. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US), 2003⁶³. h. Wahlberg y Westerberg, 2005⁶⁴. i. GENESIS OIL AND GAS CONSULTANTS, 2011⁶⁵. j. Dahl *et al.*, 2007⁶⁶.

⁵⁷ *Ibid.*, p. 5.

⁵⁸ ERBE, C. y KING, A. R. Modelling cumulative sound exposure around marine seismic surveys. 2009. En: Erbe, C., Verma, A., McCauley, R. D., Gavrilov, A. y Parnum, L. The marine soundscape of the Perth Canyon. Progress in oceanography. 2015. 137: 38-51.

⁵⁹ POPPER, A. N. y HAWKINS, A (Eds). The effects of noise on aquatic life. New York. 2012, 637 p.

⁶⁰ TURNER, S., ZYKOV, M. y MACGILLIVRAY, A. Preliminary acoustic level measurements of airgun sources from Conoco Phillips' 2006 seismic survey in Alaskan Chukchi Sea. JASCO Research, 2006. Victoria, BC.

⁶¹ ANONYMOUS. Final supplemental environmental impact statement for surveillance towed array sensor system low frequency active (SURTASS LFA) sonar, Vols. 1 and 2. Department of Navy, Chief of Naval Operations, Arlington, VA. 592 p. http://www.surtass-lfa-eis.com/docs/SURTASS_LFA_FSEIS.pdf. 2007.

⁶² REYFF, J. Compendium of pile driving sound data. Report prepared by Illinworth & Rodin, Inc. and Greeneridge Sciences for the California Department of Transportation, 2007, Sacramento, CA USA.

5.1.10 Calidad de los sedimentos

A nivel granulométrico, cuatro de las estaciones fueron clasificadas dentro del grupo textural “Lodo arenoso”, una como Arena lodosa” y la última como “Arena lodosa ligeramente gravosa”. Las características fisicoquímicas de los sedimentos son similares a las reportadas por otros autores para el Caribe colombiano frente al departamento de La Guajira; además, las concentraciones medidas en las variables evaluadas muestran calidad adecuada para la preservación y conservación de los organismos bentónicos.

5.2 CARACTERIZACIÓN BIÓTICA

5.2.1 Ecosistemas marinos

De manera general, el paisaje submarino en el área consiste en planicies fangosas de sedimento fino, donde se evidencia material vegetal en descomposición y pocas oquedades en el sustrato, sin evidencia de formaciones rocosas. La incidencia de luz a más de 200 m de profundidad se ha calculado en menos de 1%, lo cual limita la capacidad de corales para sobrevivir en tales condiciones⁶⁷ y, por ende, puede explicar la ausencia de este tipo de corales de profundidad en el área de influencia del APEM Rubí. Los diferentes recorridos realizados con cámara de deriva en 25 sitios del APEM sobre el lecho marino mostraron un sedimento fino, no consolidado y fangoso, sin evidencias de corales de profundidad, rocas o comunidades quimiosintéticas.

Durante la filmación del fondo marino en 25 sitios del APEM, se observaron cuatro *phyla*: Arthropoda, Chordata, Cnidaria y Echinodermata, distribuidas a su vez en 24 familias y 811 individuos. El *phylum* Chordata fue el más abundante con el registro de 570 individuos pertenecientes a 13 familias, siendo los individuos clasificados como cf. Perciformes los más abundantes. Así mismo, el camarón (cf. *Penaeopsis serrata*, Penaeidae) presentó la segunda mayor abundancia y fue el artrópodo más común

⁶³ NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US). *Óp. cit.*, 221 p.

⁶⁴ WALHBERG, M. y WESTERBERG, H. Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. *Marine Ecology Progress Series*. 2005. 288:295-309.

⁶⁵ GENESIS OIL AND GAS CONSULTANTS. Review and Assessment of Underwater Sound Produced from Oil and Gas Sound Activities and Potential Reporting Requirements under the Marine Strategy Framework Directive. Report for the Department of Energy and Climate Change. 2011. 72 p.

⁶⁶ DAHL, P. H., MILLER, J. H., CATO, D. H. y ANDREW, R. K. Underwater ambient noise. *Acoust. Today* 3(1), 23–33. 2007.

⁶⁷ KAHNG, S.E., COPUS, J.M. y WAGNER, D. Recent advances in the ecology of mesophotic coral ecosystems (MCEs). *Current opinion in environmental sustainability*, 2014, Vol. 7, p. 72.

registrado en los sitios de anomalías; es una especie característica de aguas profundas de importancia comercial para la zona Caribe. De manera general, se evidencia una comunidad con un predominio de ciertas especies y una diversidad baja, con predominancia de peces de familias demersales y epibentónicos que se alimentan de crustáceos.

5.2.2 Comunidades marinas

5.2.2.1 Comunidad de fondos sedimentarios blandos (bentos)

La información primaria de caracterización levantada en el APEM Rubí mostró que la macrofauna bentónica presenta altos valores de riqueza, uniformidad y diversidad, sin indicios de perturbación. Las estaciones más someras presentaron el mayor número de familias, el mayor número de individuos y los mayores valores de biomasa húmeda. Por el contrario, la meiofauna presentó valores bajos de riqueza, una uniformidad media y una diversidad moderada-alta. En conclusión, para las comunidades bentónicas (macrofauna y meiofauna en los sedimentos del área se evidenciaron características típicas de la zona natural de La Guajira, con variaciones en sus atributos comunitarios (número de familias y diversidad), asociados en los cambios de profundidad.

5.2.2.2 Comunidad planctónica

La comunidad fitoplanctónica mostró mayores valores de atributos comunitarios en la zona eufótica (75%, 50% y 1% de intensidad lumínica (I.L.)) en relación con la afótica (< 1% de I.L.). En cuanto a los grupos se observó una dominancia de los Miozoas y Bacilliarophytas. En la comunidad zooplanctónica el grupo que aportó el mayor número de familias fue los Hexanauplios (Copépodos). En el caso del ictioplancton el grupo dominante fue los Stomiiformes. Para ambas comunidades el patrón horizontal (estaciones más cercanas y alejadas de la costa) influyó en la distribución de estas comunidades. En conclusión, las comunidades planctónicas (fito, zoo e ictioplancton) estuvieron conformados por organismos típicos de aguas neríticas registrados para la región; la estructura en términos de abundancia, composición y biomasa estuvieron dentro del rango reportado para estudios costa afuera y en los registros comunes para esta área.

5.2.2.3 Comunidad nectónica (peces e invertebrados vágiles)

Teniendo en cuenta la información secundaria consultada, para el área cercana al proyecto, se reportan un total de 356 especies, de las cuales 33 hacen referencia a peces cartilagosos y 323 especies a peces óseos. Para el grupo de peces cartilagosos, las familias más representativas fueron Carcharhinidae con un 21,2%, Rhinobatidae con un 15,1% y Rajidae con un 12,1%. Se registran cuatro (4) especies de peces cartilagosos y 14 peces óseos con estado de conservación, según la Resolución 1912 del 2017⁶⁸, en estado vulnerable para Colombia. Por otro lado, se registraron un total de 64 especies con algún grado de conservación a nivel mundial por medio de la lista roja de especies de la UICN⁶⁹, de las cuales 34 especies hacen referencia a peces cartilagosos y 30 especies a peces óseos, y por último, se registraron un total de dos (2) especies reportadas en zonas cercanas al área del proyecto, en el apéndice II de la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre – CITES⁷⁰.

5.2.2.4 Fauna marina

Mamíferos: Durante los tránsitos realizados desde y hacia el puerto de Cartagena para llevar a cabo la caracterización del APEM Rubí, se registraron tres (3) avistamientos de mamíferos marinos, en donde se identificaron dos (2) especies de odontocetos: *Stenella frontalis* (delfín moteado del Atlántico), que presentó el mayor número de individuos) y *S. attenuata* (delfín moteado pantropical). Ambas especies se encuentran categorizadas en Preocupación Menor (LC) de acuerdo con los criterios de la IUCN⁷¹. No se registró ningún individuo en el APEM Rubí.

Tortugas: No hubo avistamientos de tortugas marinas dentro del APEM o en la ruta de tránsito.

Aves: Se registraron 29 avistamientos de aves dentro del APEM Rubí, constituidos por 15 especies, siendo las más representativas *Fregata magnificens* (fragata), *Pandion haliaetus* (águila pescadora) y *Sula leucogaster* (piquero pardo). El orden más representativo fue Charadriiformes (playeros, chorlitos y afines) con seis (6) especies, seguido de Passeriformes (aves de percha) y Suliformes (cormoranes, fragatas y afines)

⁶⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017. Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. 2017. 38 p.

⁶⁹ UICN. The IUCN Red List of Threatened Species. Consultado el 26 de octubre de 2021. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/>.

⁷⁰ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y flora silvestres – CITES. Apéndices I, II y III. 12 de junio de 2013. 47 p.

⁷¹ UICN. The IUCN Red List of Threatened Species. p. 29. *Óp. cit.*

con tres (3) especies cada uno. También se registraron 25 avistamientos durante los tránsitos desde y hacia el puerto. El orden más representativo fue Charadriiformes, con cuatro (4) especies y las aves con mayor número de registros fueron *F. magnificens* (fragata) y *S. leucogaster* (piquero pardo).

Peces: Se realizaron dos (2) avistamientos de peces dentro del APEM Rubí, a una profundidad de aproximadamente 110 m: un individuo de *Coryphaena hippurus* (dorado) y cuatro (4) individuos de la familia Exocoetidae (pez volador).

5.2.3 ÁREAS DE ESPECIAL INTERÉS AMBIENTAL

Para el área de influencia del proyecto, en un área de 2.446,67 ha en el costado sur oeste del área de influencia del APEM Rubí, se identifica la presencia de la Reserva de la Biósfera Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 5.21). Para esta se tienen en cuenta las restricciones y medidas de manejo estipuladas en la Ley 2ª de 1959, en la cual se habla sobre las reservas forestales protectoras y productoras. Sin embargo y teniendo en cuenta que el área donde se realizará el proyecto está costa afuera, estas restricciones y medidas de manejo no aplicarían.

Fuera del APEM, se identifica la mayor extensión de manglares, que se ubica en la Alta Guajira, principalmente en bahía Portete^{72,73}, región ubicada frente a la parte noreste del APEM Rubí, una pradera de pastos marinos a 14 km, aproximadamente y una formación de corales de profundidad a unos 54 km del área del proyecto.

De las 24 áreas protegidas reglamentadas en La Guajira⁷⁴, las ocho (8) áreas protegidas costeras más cercanas al área del proyecto se ubican a una distancia de 36,20 a 67,18 km, siendo la más cercana el Distrito de Manejo Integrado (DMI) Delta del Río Ranchería. En el departamento de La Guajira, con el código CO003 en el listado nacional, se encuentra una de las áreas para la conservación de aves (AICA) denominada como el Complejo de Humedales Costeros de La Guajira.

El Área Significativa para la Biodiversidad (ASB) más cercana se encuentra a una distancia de 4,3 km con respecto al APEM (ASB 30 “Cañón Ranchería”) (Figura 5.21). En un radio, desde los límites del APEM, de 19,50 km a 79,37 km del APEM se identificaron

⁷² HERNÁNDEZ-ORTIZ, M., LÓPEZ RODRÍGUEZ, A. C., SIERRA CORREA, P. C., GIL-TORRES, W. y FONSECA, G. Cartilla Ordenamiento Ambiental de los manglares en la Guajira. Cartilla. Serie de Documentos generales INVEMAR N° 31. 2009. 26 p.

⁷³ INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 2011. 319 p.

⁷⁴ PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP. Consultado el 17 de diciembre de 2021. Disponible en: <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protégidas-sinap/>.

trece (13) Sitios Prioritarios de Conservación (SPC) en el área marina, siendo el más cercano el SPC 16. En la Figura 5.21, se observa las UAC de la Alta Guajira y de la Vertiente Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta al sureste del área de influencia del APEM Rubí, las cuales no se traslapan con el área de influencia, una vez ajustada la batimetría del área de influencia del APEM Rubí.

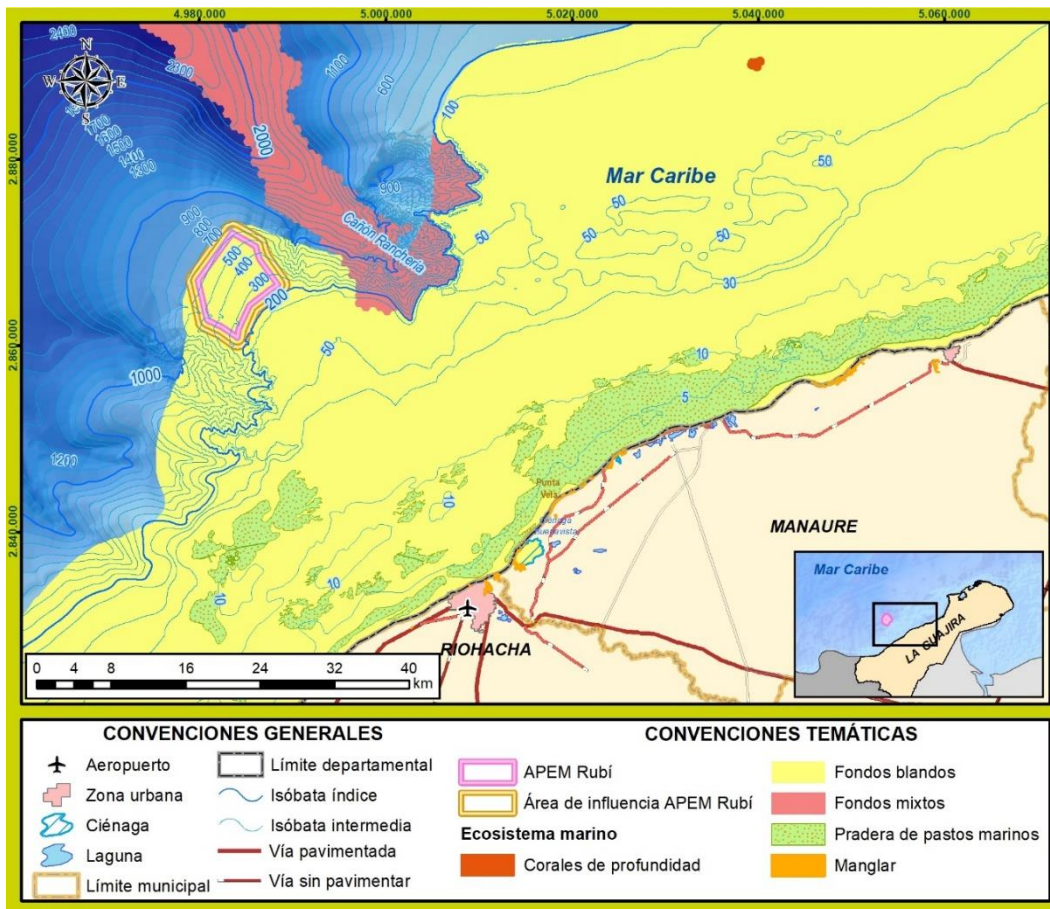


Figura 5.20 Localización de los ecosistemas estratégicos con respecto al área de influencia del APEM Rubí.

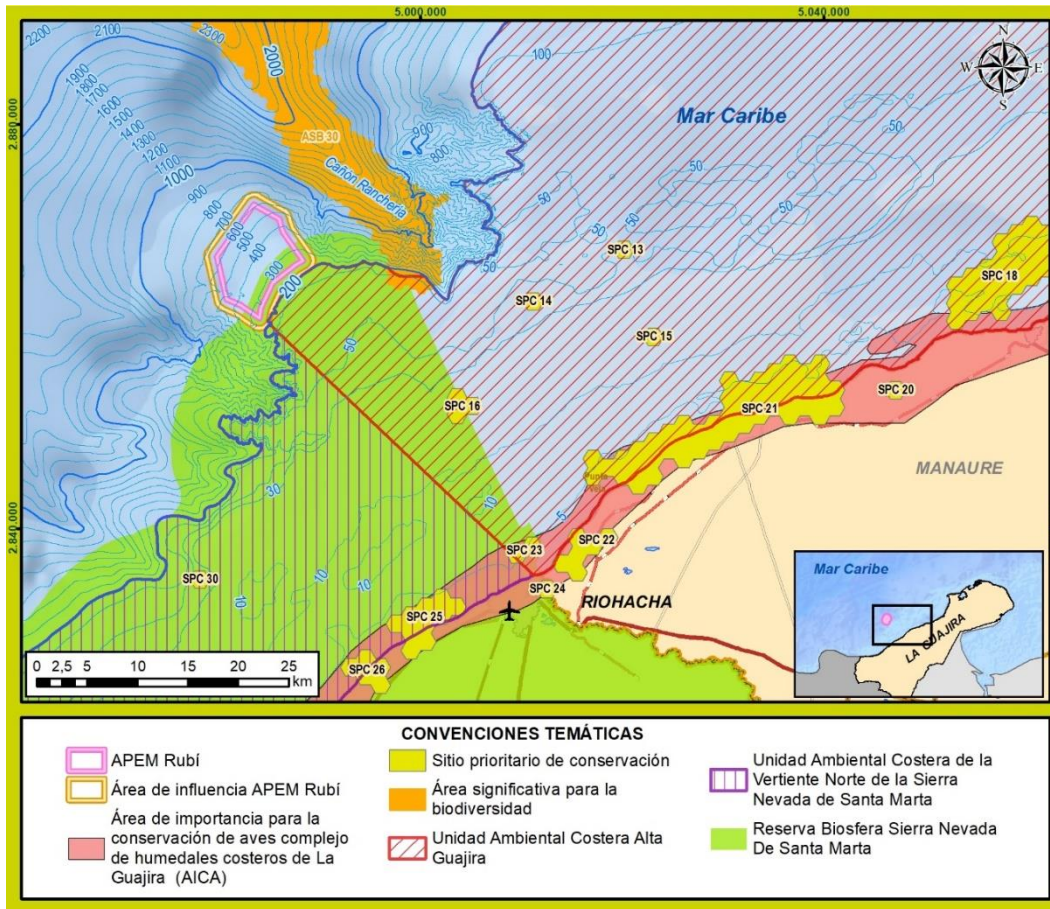


Figura 5.21 Localización de las Unidades Ambientales Costeras y de las Áreas de Especial Interés Ambiental con respecto al área de influencia del APEM Rubí.

5.3 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

Se definieron las entidades y los aspectos económicos que tendrían interacción con el proyecto, teniendo en cuenta que las actividades se desarrollarán entre los 251 y 634 metros de profundidad y a una distancia de la línea de costa de Riohacha, desde los vértices del APEM más cercanos a la costa, de 35,02 km como mínimo, y considerando los resultados de la evaluación ambiental del proyecto.

Dado que este proyecto es marino y que el APEM Rubí se encuentra más allá de la isóbata de los 200 metros de profundidad, no se tienen en cuenta unidades territoriales.

Se verificaron las posibles interacciones de las actividades exploratorias con las actividades económicas que puedan estar desarrollándose al interior del APEM y, posteriormente, dentro del área de influencia, establecida como el APEM más una franja de 1 km alrededor, así como la eventual presencia de infraestructura asociada a la prestación de servicios de comunicación, como es el caso de los cables submarinos existentes.

5.3.1 Lineamientos de participación

Para el desarrollo de los lineamientos de participación, se convocaron a las autoridades e instituciones departamentales y con jurisdicción o interés en temas marinos, como lo son la Dirección General Marítima - DIMAR, mediante sus Capitanías de Puerto, Gobernación de La Guajira, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP, Corporación Autónoma Regional de La Guajira - Corpoguajira, alcaldías de los municipios de Manaure y Dibulla y alcaldía distrital de Riohacha.

Con las personas participantes, se desarrollaron tres (3) momentos a saber:

- Primer momento: socialización.
- Segundo momento: taller de identificación de impactos y medidas de manejo.
- Tercer momento: socialización de resultados.

Tabla 5.2 Participación en reuniones de socialización con entidades regionales.

Entidad	Fecha	Número de participantes por entidad
Primer momento: socialización		
Gobernación de La Guajira	29/09/2021	2 personas
Dirección general AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca)	29/09/2021	2 personas
Capitanía de Puerto de Riohacha	30/09/2021	3 personas
Capitanía de Puerto de Cartagena	01/10/2021	1 persona
Capitanía de Puerto de Santa Marta	04/10/2021	3 personas
Capitanía de Puerto de Barranquilla	06/10/2021	2 personas
Corpoguajira (Corporación Autónoma Regional de La Guajira)	13/10/2021	12 personas
Primer momento: reuniones informativas		
Alcaldía de Riohacha	10/11/2021	2 personas
Alcaldía de Dibulla	11/11/2021	1 persona
Alcaldía de Manaure	23/11/2021	1 persona
Segundo momento: talleres de impactos y medidas de manejo		
Dirección general AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca)	07/02/2022	2 personas
Capitanía de Puerto de Riohacha	08/02/2022	3 personas

Entidad	Fecha	Número de participantes por entidad
Primer momento: socialización		
Capitanía de Puerto de Cartagena	09/02/2022	3 personas
Capitanía de Puerto de Barranquilla		2 personas
Capitanía de Puerto de Santa Marta		2 personas
Corpoguajira (Corporación Autónoma Regional de La Guajira)	10/02/2022	3 personas*
Gobernación de La Guajira		2 personas*
Tercer momento: socialización de resultados del EIA		
Gobernación de La Guajira	27/04/2022	2 personas
Capitanía de Puerto de Riohacha		3 personas
Corpoguajira (Corporación Autónoma Regional de La Guajira)		3 personas
Capitanía de Puerto de Santa Marta	28/04/2022	3 personas
Capitanía de Puerto de Barranquilla	29/04/2022	5 personas
Dirección general AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca)		1 persona
Capitanía de Puerto de Cartagena		8 personas

**No todas las personas firmaron en la lista de asistencia, pero en grabación se presentan.*

5.3.2 Caracterización socioeconómica

5.3.2.1 Procedencia de la consulta previa

Las resoluciones ST-980 del 28 de julio de 2021 y ST-1480 del 03 de noviembre de 2021 son los actos administrativos que determinan la No Procedencia de Consulta Previa para el APEM Rubí / Bloque GUA OFF 10.

5.3.2.2 Componente económico

Pesca industrial

Con base en datos de INVEMAR-ANH⁷⁵, dentro del APEM Rubí no se identifican actividades de pesca industrial, encontrándose a una distancia aproximada de 34 km al área de pesca de atún más cercana y a 61 km del área de pesca de camarón de aguas someras (Figura 5.22).

⁷⁵ INVEMAR-ANH. Geovisor SIAM. Consultado el 30 de noviembre de 2021. Disponible en: <https://invemar.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1d493d99a9a2459ca9a2bdc4b52e7401>

De acuerdo con la respuesta a la consulta de información realizada a la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP, se identifica, en la parte suroriental del APEM Rubí, interacción con actividad pesquera en puntos que se encuentran distribuidos por debajo de la isóbata de 200 m, principalmente por la flota pesquera palangrera que opera en la zona, cuyo principal recurso es de comportamiento demersal. Sin embargo, la AUNAP hace la observación en el sentido de tener en cuenta que la pesca es dinámica y se adapta, comportándose de acuerdo con la distribución espacial del recurso. Una vez obtenida una batimetría de alta resolución para el área de influencia, con base en el procesamiento de diferentes fuentes, se descartó el paso de la isóbata de 200 m por el área del APEM, estableciéndose que las profundidades variaban entre 251 y 634 m.

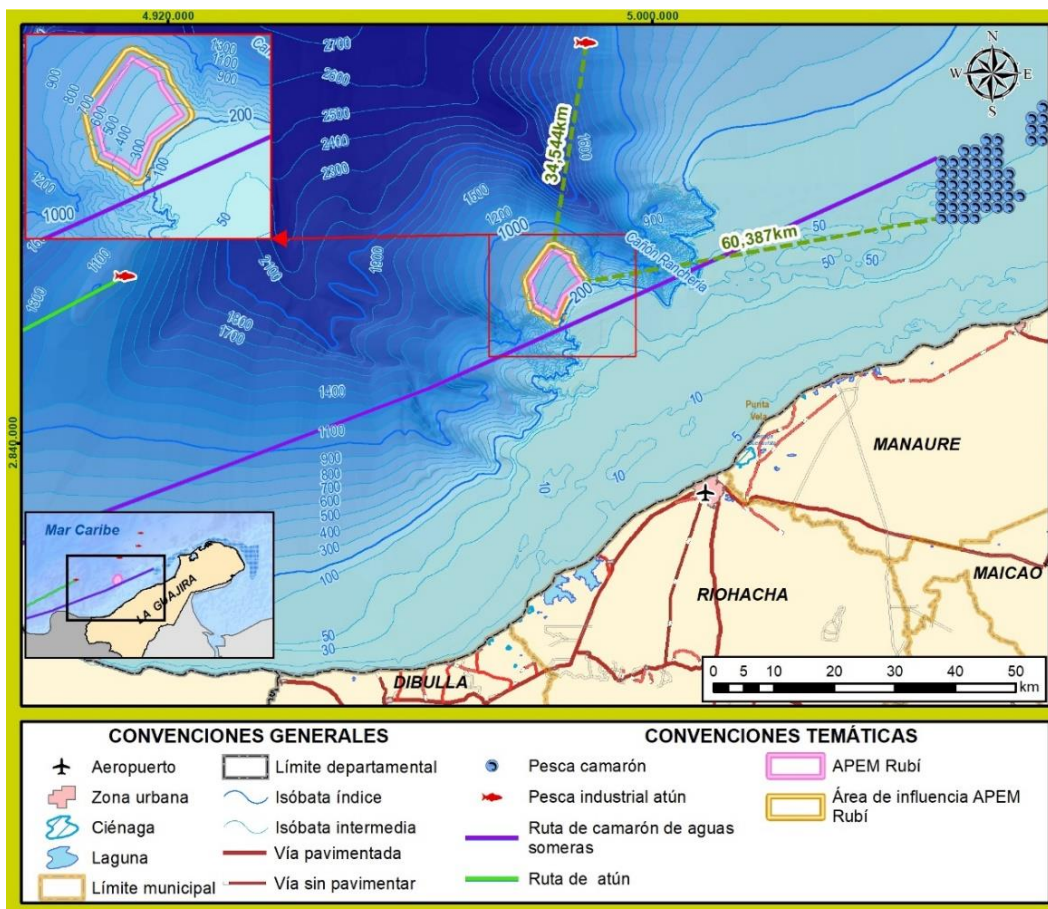


Figura 5.22 Rutas y áreas de pesca industrial con relación al APEM Rubí.

Fuente: basado en datos del geovisor de Caladeros de pesca INVEMAR-ANH⁷⁶.

⁷⁶ INVEMAR-ANH. *Ibíd.*

Pesca artesanal

En respuesta a la consulta de información realizada por parte del proyecto, la AUNAP manifiesta que no se descarta la posibilidad de operaciones de pesca dirigidas a medianos pelágicos en el área de influencia del APEM Rubí, que puede ser captura por línea de mano o palangre superficial o de media agua, por parte de pescadores independientes o deportivos que realizan la actividad entre las isóbatas que van desde los 50 y hasta los 200 metros de profundidad. Sin embargo, se resalta que, con la obtención de una batimetría de alta resolución con base en el procesamiento de diferentes fuentes, se determinó que el APEM se ubicaba entre 251 y 634 m de profundidad.

Por otro lado, de acuerdo con el diagnóstico realizado por Ecopetrol y Aquabiósfera a 2021⁷⁷, no se encuentran las interacciones de pescadores y el polígono, con una intensidad de pesca artesanal costera de 1-6 faenas/mn², que habían sido identificadas por INVEMAR-ANH en su época (Figura 5.23). Al respecto, según información del Geovisor del INVEMAR-ANH, con reportes de los años 2010-2011, la identificación, ubicación y extensión de caladeros de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia, se encuentran bajo la salvedad de la precisión de los datos, indicando que pueden existir errores en los mismos⁷⁸.

Sin embargo, se considera que la diferencia de resultados se debe, principalmente, al contar con datos más recientes y una escala de mayor detalle con respecto a las utilizadas por INVEMAR-ANH, además de una batimetría de alta resolución, que permitió ubicar más precisamente la isóbata de 200 m, quedando esa fuera del APEM Rubí.

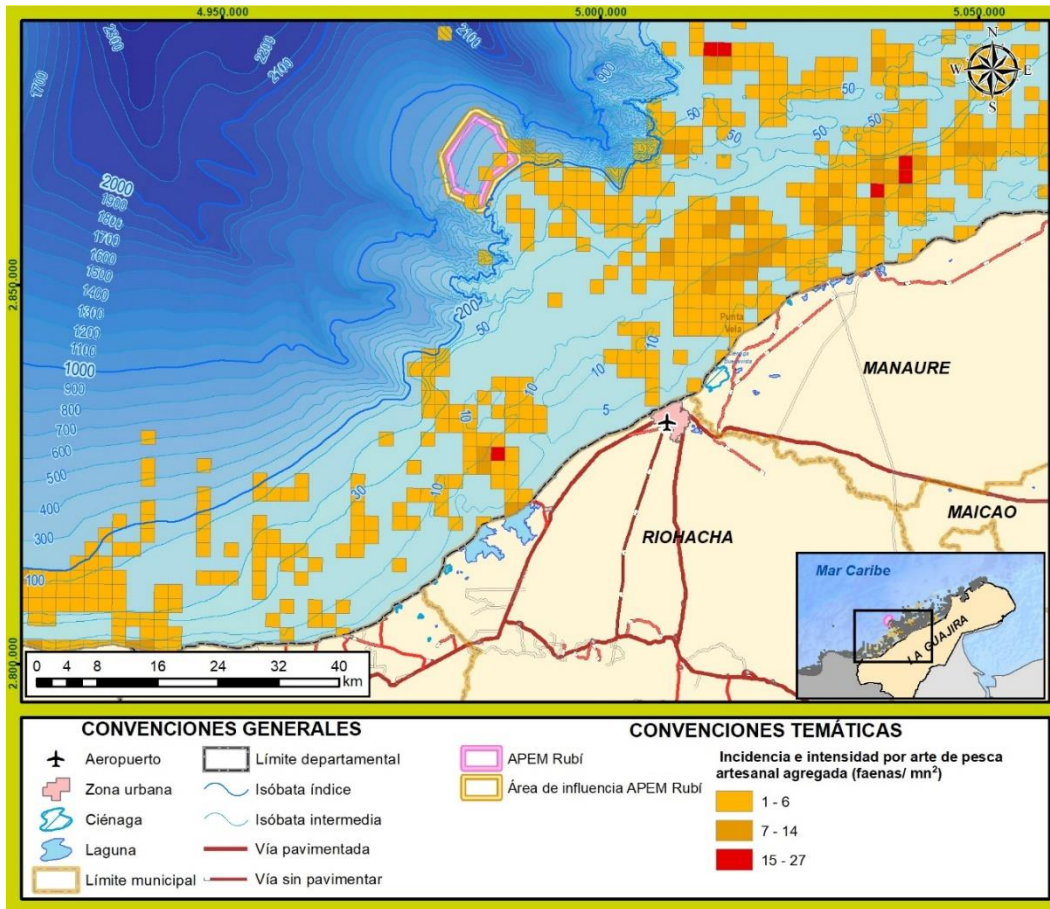
⁷⁷ ECOPETROL y AQUABIÓSFERA. Diagnóstico preliminar de las comunidades de pesca ubicadas entre el área de perforación exploratoria marina (APEM) Rubí y la línea de flujo Rubí-Ballena. 2022.

⁷⁸ INVEMAR-ANH. *Óp. cit.*

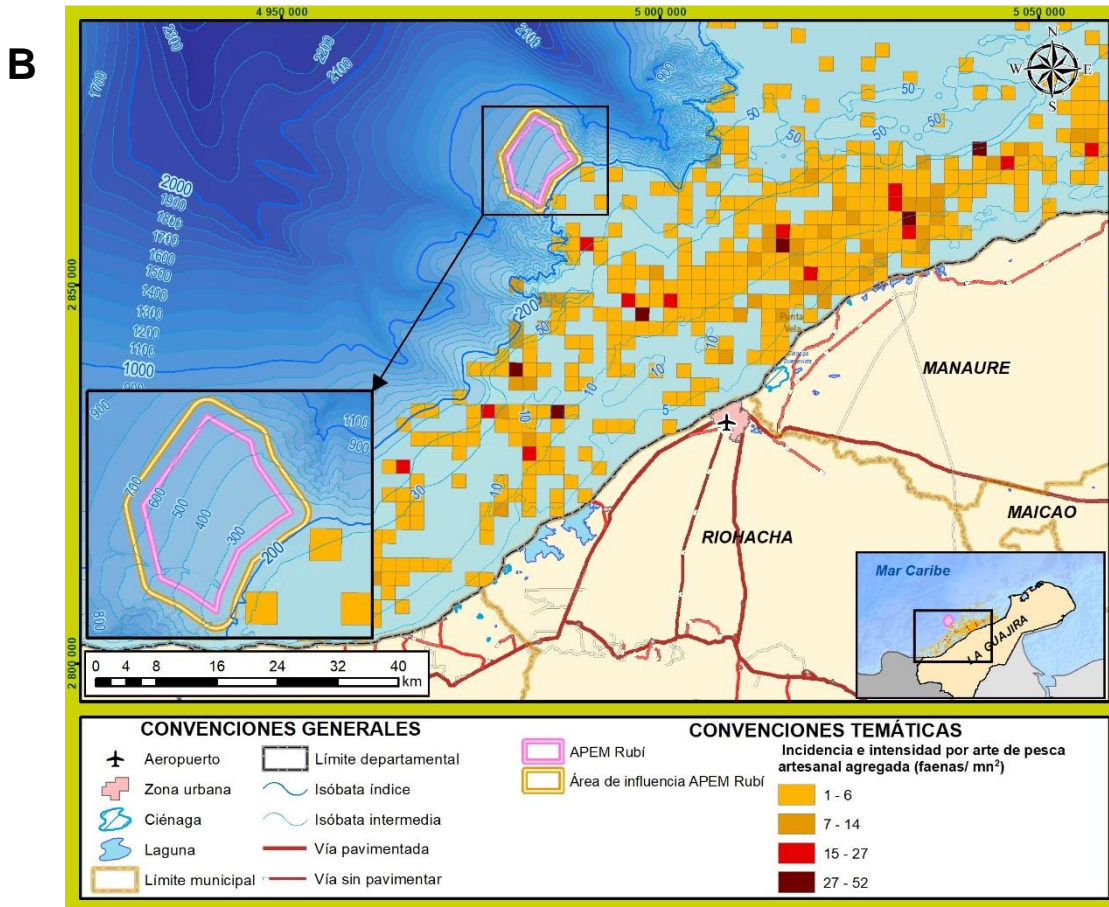
**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ÁREA
DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA MARINA (APEM)
RUBÍ - BLOQUE GUA OFF 10 – INFORMACIÓN
ADICIONAL**



A



INVEMAR-ANH, 2012



ECOPETROL y AQUABIOSFERA, 2022

Figura 5.23 Pesca artesanal agregada.

Fuente: basado en datos de A) INVEMAR-ANH⁷⁹ y de B) Ecopetrol y Aquabiósfera⁸⁰.

Según el diagnóstico realizado por Ecopetrol y Aquabiósfera⁸¹, el punto más cercano donde se registró pesca artesanal se encuentra a una distancia aproximada de 1.328 metros del APEM Rubí, por debajo de la isóbata de 200 m y con una intensidad de pesca agregada de 1-6 faenas/mn². Al respecto, es importante resaltar que la ubicación de los sitios de pesca se realiza dentro de un área de 1 mn² (1,852 x 1,852 km), la cual es un área extensa donde los pescadores pueden utilizar uno o varios lugares para realizar sus faenas sin llegar abarcar toda el área y en épocas de pesca determinadas.

⁷⁹ INVEMAR-ANH. *Ibíd.*

⁸⁰ Ecopetrol y Aquabiósfera. *Óp. cit.*

⁸¹ Ecopetrol y Aquabiósfera. *Ibíd.*

Turismo

Tanto las proyecciones de crecimiento turístico continentales como en mar, no se traslapan con la ubicación área de influencia del APEM Rubí y se encuentran bajo la regulación de las entidades locales y la DIMAR, bajo la normatividad que exige mantener las medidas de seguridad estrictas.

5.3.2.3 Componente espacial

Tránsito marítimo

De acuerdo con la respuesta a la solicitud de información presentada por el proyecto, la DIMAR identifica que el polígono de interés se encuentra ubicado en una zona de confluencia de rutas de tráfico marítimo de todo tipo de buques tales como: graneleros, portacontenedores, tanqueros, carga general, quimiqueros, gaseros, frigoríficos, *roll on / roll off* (RoRo), cruceros, pesca, deportivos o de recreo etc., pertenecientes a diferentes empresas nacionales e internacionales, las cuales cubren las rutas de salida de Barranquilla, Santa Marta, Riohacha y Puerto Bolívar. También se evidencia la existencia de rutas de naves de tráfico internacional, más las rutas que transitan las naves dedicadas a pesca y cabotaje (navegación de altura, costera y aguas interiores). No se evidencian áreas restringidas que se traslapen con el APEM Rubí (Figura 5.24).

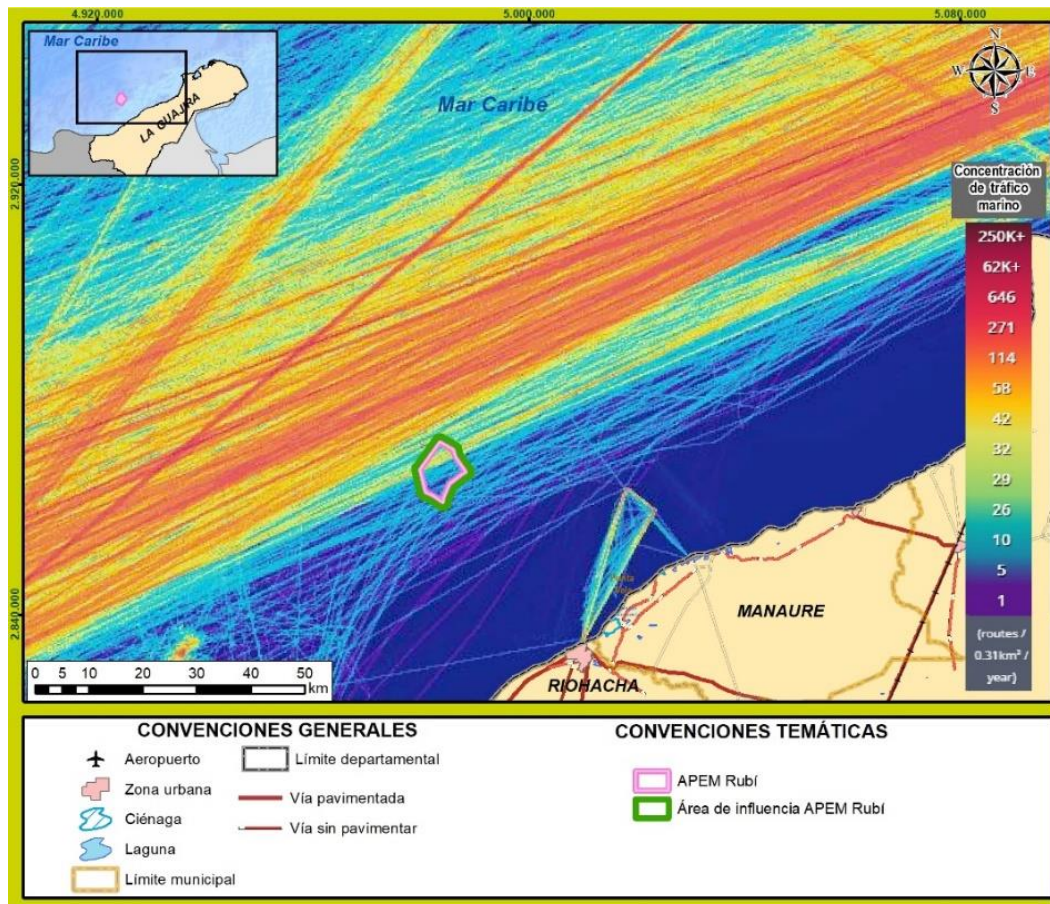


Figura 5.24 Densidad de tráfico marino en el APEM Rubí (tránsitos / áreas de 0,31 km² / año).

Fuente: elaborado con información de Marinetraffic. 2021⁸².

Infraestructura asociada a servicios de comunicación

Se identifica en cercanías al APEM, pero fuera de su área de influencia, el cable submarino Arcos 1, instalado desde 2001, con una extensión de 8.600 km⁸³. Se identificó que, si bien este cable tiene un punto de conexión desde La Guajira, el APEM Rubí no se traslapa con dicha infraestructura ni se generará impacto ninguno a su infraestructura o funcionamiento.

⁸² MARINETRAFFIC. Página web de la empresa. Consultada en diciembre de 2021. Disponible en: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:-12.0/centery:25.0/zoom:4>

⁸³ TELEGEOGRAPHY. Mapa de cable submarino. Disponible en: submarinecablemap.com/submarine-cable/arcos

5.4 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En el área del APEM Rubí, se presentan cuatro categorías de servicios ecosistémicos identificadas (aprovisionamiento, regulación, soporte y cultural). De acuerdo con la información proporcionada por el Geovisor de Caladeros de Pesca de ANH-INVEMAR, el área del APEM Rubí, no se registran servicios ecosistémicos de aprovisionamiento relacionados con actividades de pesca de tipo industrial y artesanal. La información referente a la identificación, descripción y análisis de las condiciones de dependencia/incidencia sobre los servicios ecosistémicos registra cómo algunos impactos pueden llegar a tener una incidencia que varía entre baja-media-alta. Finalmente, se considera que el proyecto tiene una dependencia alta del recurso hídrico, requerido para diferentes actividades y del conocimiento científico y técnico que se genera a partir de las observaciones de su entorno (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Tabla resumen de las condiciones de dependencia e incidencia sobre los servicios ecosistémicos identificados para el APEM Rubí.

CATEGORÍA DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	SERVICIO ECOSISTÉMICO	IMPACTO DEL PROYECTO	DEPENDENCIA DE LAS COMUNIDADES (*)	DEPENDENCIA DEL PROYECTO
Aprovisionamiento	Agua	Bajo	Baja	Alta
Regulación	Regulación de la calidad del aire	Bajo	Baja	Baja
	Regulación climática y de fenómenos naturales	Ninguno	Baja	Baja
Soporte	Mantenimiento de hábitat	Medio	Baja	Ninguna
	Producción primaria y ciclado de nutrientes	Medio	Baja	Media
Cultural	Conocimiento científico y técnico	Alto	Baja	Alta
	Belleza del paisaje	Baja	Baja	Ninguna

(*) No se encuentran comunidades dentro de los beneficiarios descritos en el capítulo 5 del presente EIA, por lo que se realiza la evaluación sobre las comunidades en general.

6. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación ambiental partió de la información considerada en la caracterización socioambiental del área, donde se identificaron y definieron las áreas o unidades homogéneas o relativamente homogéneas con diferentes grados de sensibilidad / importancia ambiental (S/I) por medio, para luego determinar la zonificación ambiental del

proyecto, mediante la superposición de la información contenida en los mapas intermedios (Figura 6.1).

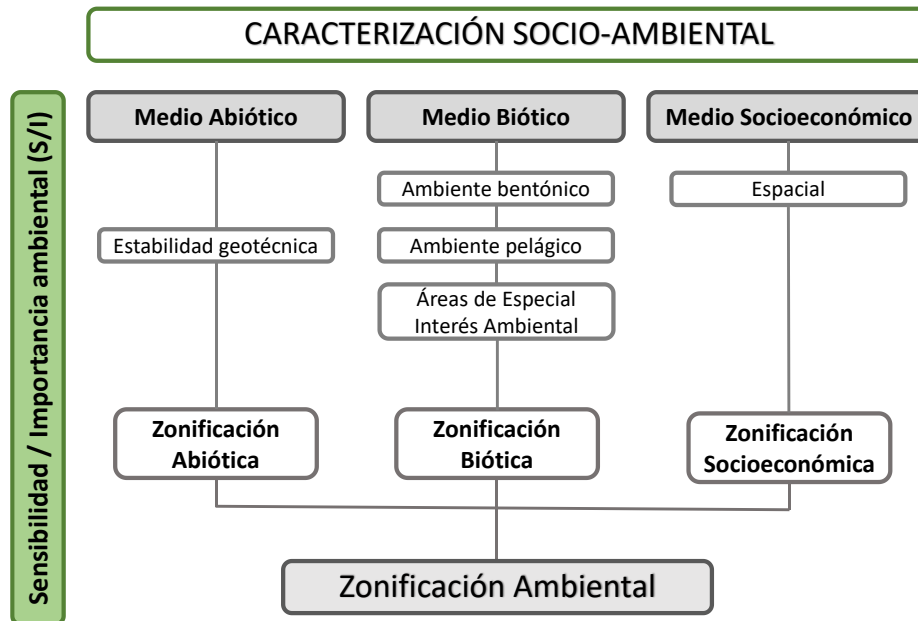


Figura 6.1 Modelo conceptual de la Zonificación Ambiental para el APEM Rubí.

El resultado de la zonificación ambiental para el medio abiótico estableció dos categorías de interrelación S/I, Media y Alta. La categoría Media ocupó el 96,08% del área de influencia del APEM Rubí y corresponde a las zonas de moderada estabilidad geotécnica, con cierta susceptibilidad a generar fenómenos de remoción en masa. Por su parte, las áreas con categoría Alta, presentes en el 3,92% del área (331,91 ha), estuvieron representadas por las zonas de baja estabilidad geotécnica, con condiciones propensas a generar fenómenos de remoción (Figura 6.2).

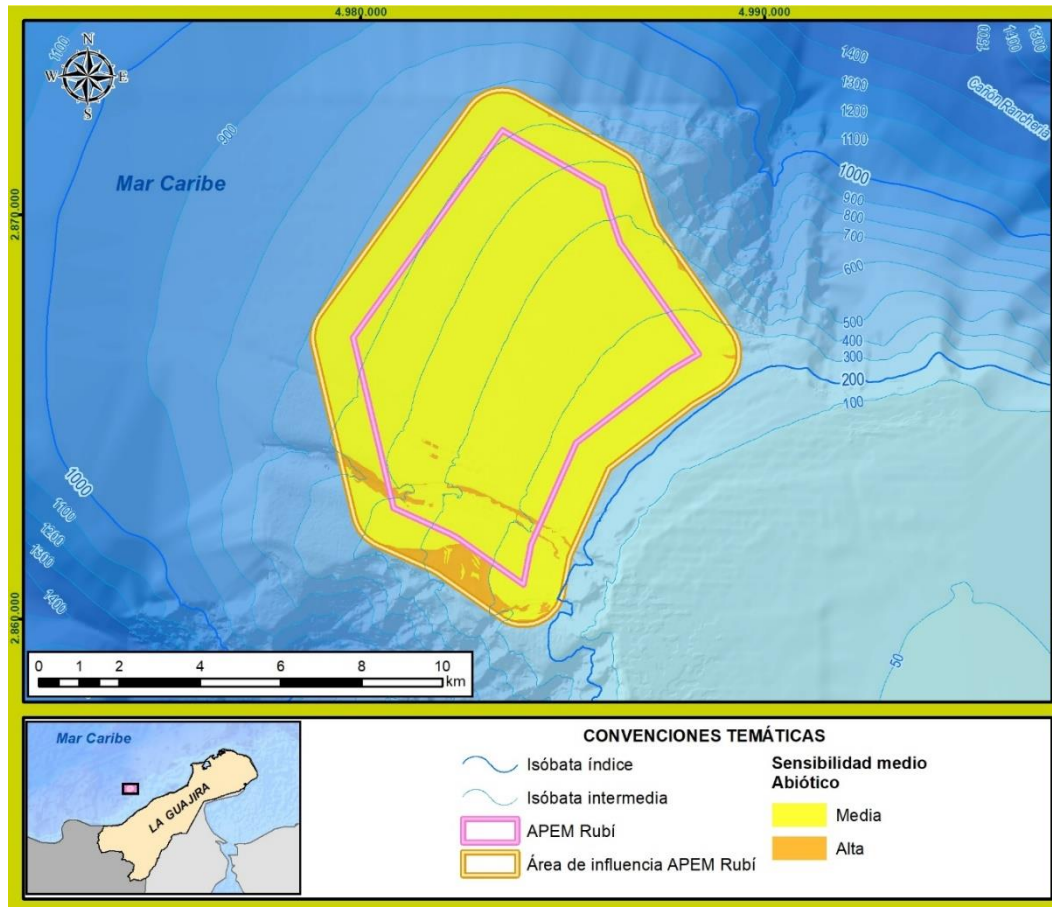


Figura 6.2 Zonificación abiótica para el área de influencia del APEM Rubí.

Para el medio biótico se presentó la categoría de S/I Baja para la totalidad del área de influencia (8.469,23 ha). Esta clasificación se presenta para la totalidad del área, caracterizándose por poseer comunidades planctónicas en un buen estado de conservación y desarrollo, conformados por organismos típicos de aguas nerítico oceánicas registrados para la región, las cuales muestran poca influencia costera (ambientes típicos oceánicos del Caribe colombiano) y condiciones adecuadas para la preservación de flora y fauna marina. A su vez, presenta comunidades bentónicas en condiciones estables (no perturbadas), con altos valores de riqueza y diversidad, que se desarrollan en sedimentos con predominancia de limos y arcillas en la mayoría de las estaciones evaluadas y presentan calidad adecuada para la preservación y conservación de los organismos bentónicos (Figura 6.3).

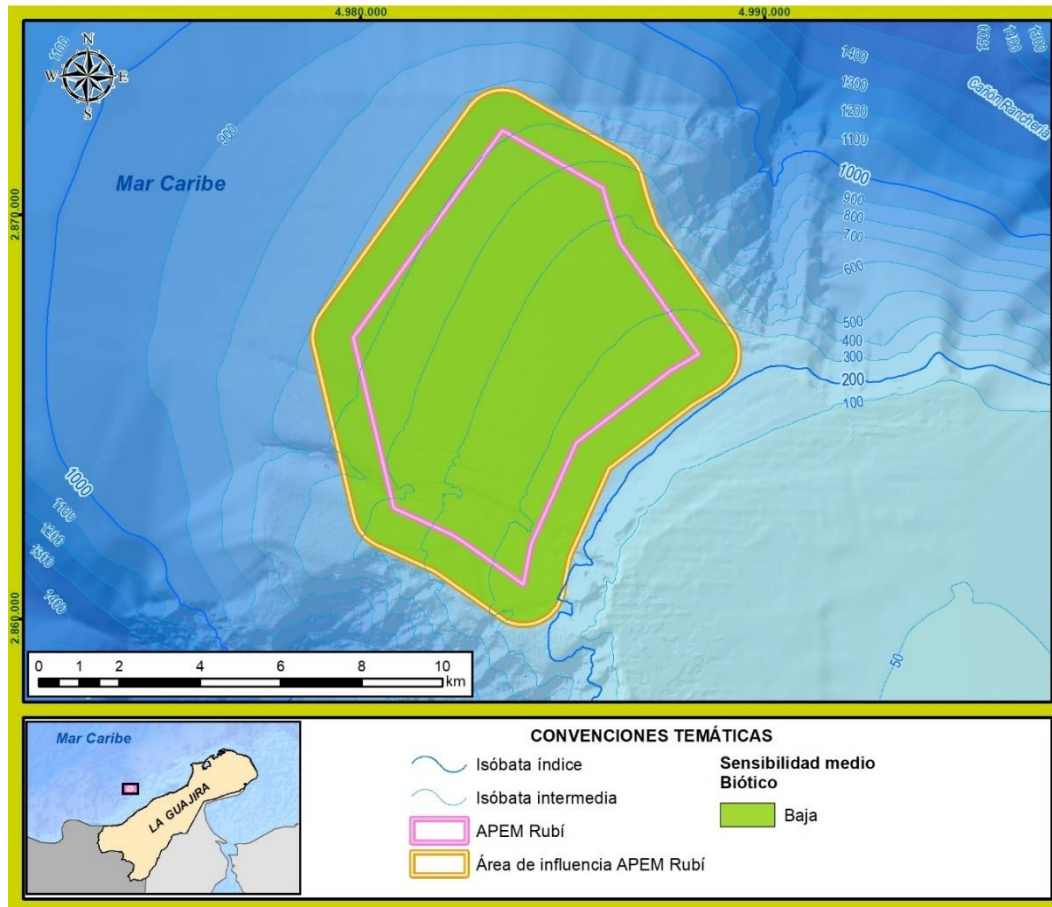


Figura 6.3 Zonificación biótica para el área de influencia del APEM Rubí.

Para el medio socioeconómico se presentó una interrelación S/I Baja para toda el área de influencia del APEM (100%) y cubre un área de 8.469,23 ha, producto de la baja probabilidad del desarrollo de actividades al interior del área como el tránsito de embarcaciones (Figura 6.4).

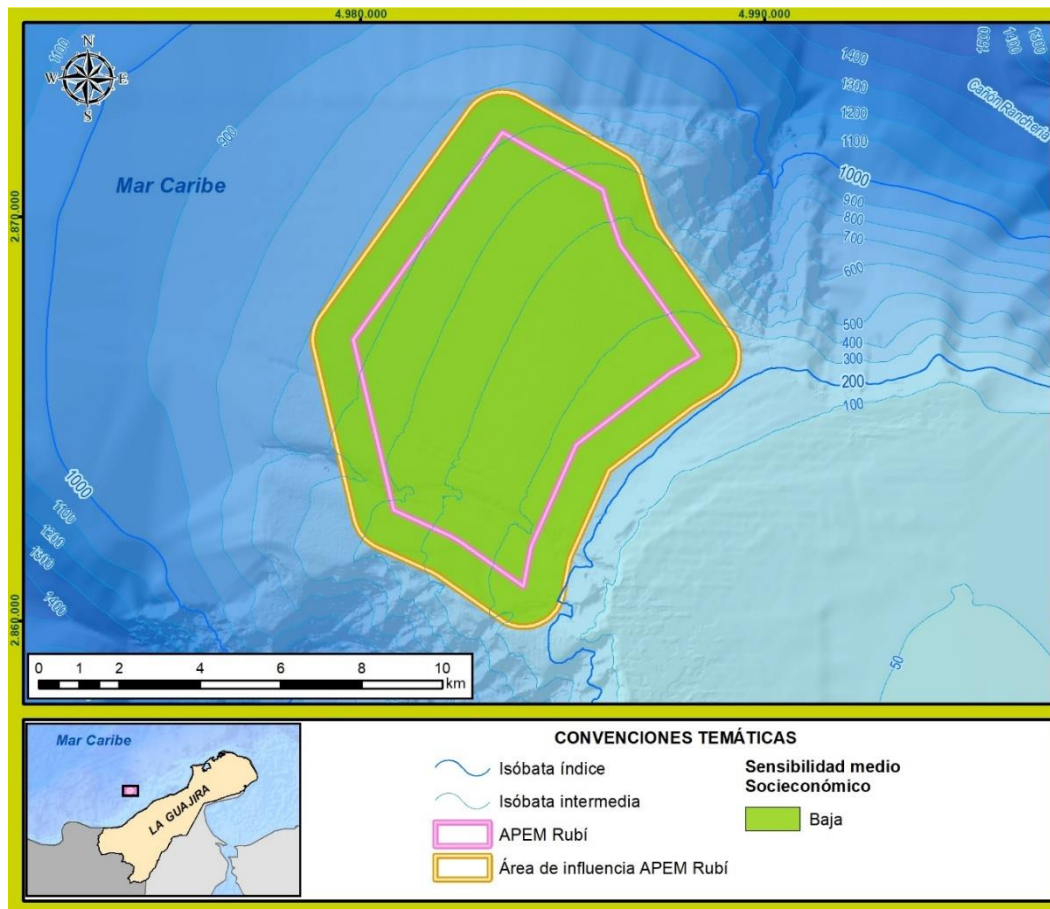


Figura 6.4 Zonificación socioeconómica para el área de influencia del APEM Rubí.

Finalmente, la superposición de capas de los tres medios (abiótico, biótico y socioeconómico) (Figura 6.5) permitió obtener el resultado de la zonificación ambiental para el proyecto; de esta manera se determinó que el 96,08% (8.137,24 ha) del área de influencia presenta una interrelación S/I Media. Se caracteriza principalmente por la presencia de unidades geomorfológicas con algunas condiciones para generar fenómenos de remoción en masa: toda la zona de talud continental (pendientes a nivel (0-1%) a fuertemente inclinadas (12-25%)), además de las zonas de la unidad de cañón y de canal donde las pendientes sean menores o iguales a 12%. Corresponden a áreas con una moderada estabilidad geotécnica.

Por su parte, las áreas con categoría de S/I Alta se localizan en zonas de la unidad de cañón submarino, con condiciones propensas a generar fenómenos de remoción: zonas de la unidad de cañón submarino donde las pendientes sean fuertemente inclinadas (12-25%) o ligeramente escarpadas / ligeramente empinadas (25-50%) y las zonas de la unidad de canal donde las pendientes sean fuertemente inclinadas (12-25%) a

fuertemente escarpadas / fuertemente empinadas (75-100%). Se caracteriza por ser zonas de baja estabilidad geotécnica.

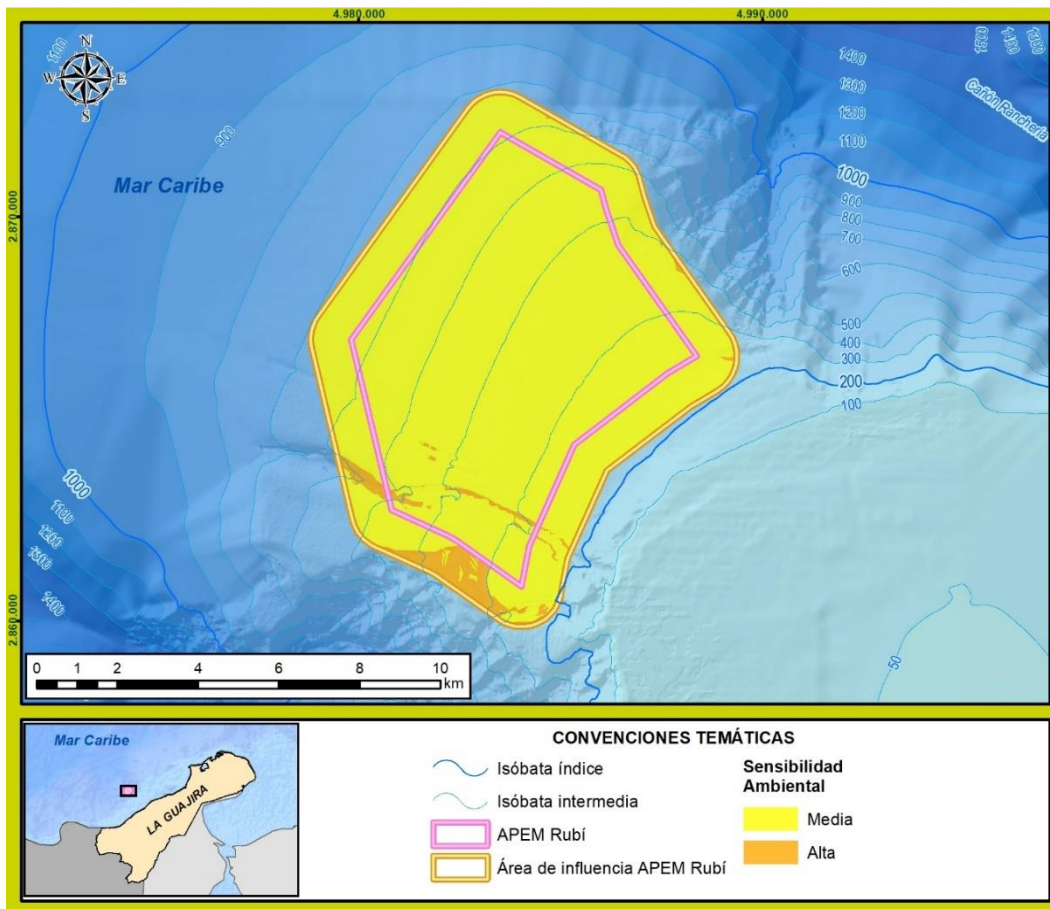


Figura 6.5 Resultado de la zonificación ambiental para el área de influencia del APEM Rubí.

7. DEMANDA Y USO DE RECURSOS NATURALES

7.1 CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL

Las MODU habitualmente cuentan con plantas desalinizadoras que permiten producir agua para uso doméstico). Una MODU puede contar con cuatro (4) o cinco (5) unidades de desalinización, cada una con capacidad de producción de hasta 60 m³/día, para un máximo de 300 m³/día con las cinco (5) unidades en funcionamiento. Para obtener este caudal de agua desalinizada, se estima necesario usar 1.000 m³/día de agua marina. El sobrante puede ser utilizado como agua para uso industrial.

Como alternativa a la desalinización a bordo, se contempla comprar el volumen equivalente en la base operativa (*shorebase*) o directamente a empresas autorizadas. Adicionalmente, se comprará agua dulce para consumo humano en el *shorebase* o a proveedores autorizados, sin descartar la posibilidad de producir agua potable a bordo de la MODU.

En la Tabla 7.1, se presentan las cantidades a captar para los usos domésticos e industriales. Se aclara que los lodos de perforación, fluidos de completamiento y cemento podrán ser preparados con agua de mar o con agua dulce, según los requerimientos de cada pozo. Por lo tanto, se contempla, como alternativa al uso de agua marina sin desalinización, el uso de agua desalinizada o comprar el volumen equivalente en el *shorebase* o directamente a empresas autorizadas.

Tabla 7.1 Caudales estimados de captación de agua por pozo.

Usos	Fase	Caudal
Uso doméstico o, en caso de sobrantes, uso industrial	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	1.000 m ³ /día
Lavado de cubierta y equipos	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	800 m ³ /día
Perforación con y sin riser, preparación de fluidos de perforación y cemento o de fluido de completamiento, lavado de tanques, entre otros	Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	11.000 m ³ /día
Agua de enfriamiento del buque	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	340.000 m ³ /día
Agua de enfriamiento de la tea (cortina de agua)	Pruebas de producción	30.000 m ³ /día

Fuente: Elaborada con información de Ecopetrol, 2022.

7.2 PERMISO DE VERTIMIENTOS – AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y NO DOMÉSTICAS

A continuación, en la Tabla 7.2 se presenta la relación de los posibles vertimientos de aguas residuales a realizar durante la ejecución del proyecto.

Tabla 7.2 Vertimientos potenciales generados por la MODU en el APEM Rubí.

	Tipo	Fase	Caudal
Aguas residuales domésticas	Aguas residuales domésticas	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	216-270 m ³ /día
	Salmuera de desalinización (aguas de retorno de las unidades de desalinización)	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	700-760 m ³ /día (*)
Aguas residuales no domésticas	Aguas de sentina (incluye agua de lavado de cubierta y equipos, aguas lluvia contaminadas, entre otros)	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	No se puede determinar
	Aguas lluvia no contaminadas	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	No se puede determinar
	Agua residual de las actividades de perforación exploratoria	Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	No se puede determinar
	Agua de enfriamiento del buque	Movilización, instalación de plataformas y montaje de equipos Perforación exploratoria Pruebas de producción Desmantelamiento y abandono	340.000 m ³ /día
	Agua de enfriamiento de la tea	Pruebas de producción	30.000 m ³ /día

(*) La eficiencia de desalinización se estima en 30%, pero es posible que sea menor (24%), en cuyo caso, se generaría un mayor caudal de salmuera. Fuente: Ecopetrol, 2022

7.3 AUTORIZACIÓN DE MANEJO DE RESIDUOS

7.3.1 Fluidos utilizados la perforación exploratoria y cortes de perforación

Se prevé verter al mar los siguientes fluidos de perforación y otros fluidos, de forma consistente con el estándar adoptado por el proyecto^{84 85}:

- Fluidos base agua y aguas de lavado de tanques de WBF en perforación sin o con *riser*.
- Fluido de completamiento y lavado del tanque correspondiente, después de la prueba de pozo, y fluido arrastrado en la fase acuosa del separador de hidrocarburos y agua.
- Exceso de lechada de cemento que debe salir por el espacio anular y descargarse sobre el fondo marino durante la perforación sin *riser*, para garantizar la calidad de la cementación.
- Agua de lavado de tanques de lechada de cemento, incluyendo el exceso de lechada de cemento después de cada operación de cementación (fases de perforación exploratoria o de desmantelamiento y abandono).

7.3.2 Residuos peligrosos y no peligrosos

Los residuos sólidos domésticos son aquellos provenientes de oficinas, dormitorios y comedor/cafetería, representados por residuos orgánicos aprovechables (desechos de alimentos y aceite de cocina), residuos aprovechables (como plásticos y demás materiales reciclables) y residuos no aprovechables (desechos domésticos). También existe la posibilidad de generarse residuos peligrosos o potencialmente peligrosos (Tabla 7.3).

⁸⁴ CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Title 40. Protection of environment. Chapter I - Environmental Protection Agency. Subchapter N - Effluent Guidelines and Standards. Part 435 - Oil and Gas Extraction Point Source Category. Subpart A - Offshore Subcategory. Disponible en: <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-N/part-435>

⁸⁵ UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). The NPDES General Permit For New And Existing Sources And New Dischargers In The Offshore Subcategory Of The Oil And Gas Extraction Point Source Category For The Western Portion Of The Outer Continental Shelf Of The Gulf Of Mexico (GMG290000). 2017.

Tabla 7.3 Clasificación de residuos domésticos.

Origen	Tipos	Categorías	Corrientes de residuos
Doméstico (cocina, comedores, dormitorios, áreas de recreación y oficinas)	No peligrosos	Residuos orgánicos aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos de alimentos • Aceite de cocina
		Residuos aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> • Plásticos • Otros materiales reciclables como vidrio, papel, cartón, metal, etc.
		Residuos no aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos domésticos que no pertenezcan a las categorías anteriores
	Peligrosos o potencialmente peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos electrónicos (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) • Tóner o cartuchos de impresoras • Lámparas y bombillas fluorescentes que contengan mercurio • Pilas y baterías • Medicamentos vencidos • Otras corrientes de desechos peligrosos, si aplica 	

En el caso de los residuos de alimentos (excepto los aceites de cocina), serán descargados al mar previa trituración hasta alcanzar un tamaño de partícula no superior a 25 mm para posteriormente ser dispuestos al mar conforme al Anexo V del Convenio MARPOL 73/78 y la Resolución 0416 de 2020 de la DIMAR. Las normas mencionadas permiten este manejo desde plataformas ubicadas a una distancia de la costa de, por lo menos, 12 millas náuticas, o desde embarcaciones ubicadas dentro de un radio de 500 m de las mismas. Las embarcaciones de apoyo también podrán realizar estas descargas mientras estén navegando a una distancia de la costa no menor a 12 millas náuticas. Los demás residuos serán llevados a tierra para su aprovechamiento, tratamiento o disposición por gestores autorizados.

Por otro lado, en la Tabla 7.4, se presentan los diferentes tipos, categorías y corrientes de residuos industriales que se prevé generar durante la ejecución de las actividades de perforación exploratoria en el APEM Rubí.

Tabla 7.4 Clasificación de residuos industriales.

Origen	Tipos	Categorías	Corrientes de residuos
Industrial (operación de la MODU y embarcaciones de apoyo y actividades de perforación exploratoria)	No peligrosos	Residuos aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> Plásticos Otros materiales reciclables como vidrio, papel, cartón, metal, etc.
		Residuos no aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> Aguas residuales domésticas o de sentina que no cumplen con las condiciones para ser vertidas en el mar Fluidos utilizados en la perforación exploratoria o cortes de perforación que no cumplen con las condiciones para ser vertidos desde la MODU
	Peligrosos	Residuos de la atención en salud	<ul style="list-style-type: none"> Cortopunzantes, como agujas Biosanitarios, como curas y algodones contaminados Residuos de medicamentos
		Otros residuos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de aceite, envases de aceites usados, paños, textiles, EPP, chatarra u otros materiales o elementos contaminados con hidrocarburos Lubricantes y grasas Mezclas, emulsiones o lodos aceitosos (incluye aguas de sentina con más de 15 ppm de hidrocarburos en volumen y sedimentos del tanque de <i>slops</i>) Recipientes de productos químicos y otros materiales o elementos contaminados con productos químicos Pilas o baterías usadas Desechos electrónicos (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) Lámparas y bombillas fluorescentes que contengan mercurio Otras corrientes de desechos peligrosos, si aplica

7.4 RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

En concordancia con la circular externa No. 00001 del 18 de marzo de 2022 de la ANLA, basada en el concepto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (oficio 2400-2-0015 del 15 de enero de 2021), se presenta la información de las metodologías de extracción definitiva del medio natural de especímenes de la diversidad biológica para la implementación del plan de seguimiento y monitoreo propuesto. Lo anterior, con el fin de cumplir con el requerimiento del numeral 3 del artículo 2.2.2.3.5.1, del Decreto 1076 de 2015⁸⁶.

8. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

La evaluación ambiental se fundamentó en la propuesta metodológica de Conesa Fernández-Vitora⁸⁷, la cual ha sido adaptada por ECOPETROL S.A.⁸⁸ y, posteriormente, por los autores del presente estudio, con el fin de seguir los lineamientos de la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales⁸⁹. De esta forma, se determinó la significancia de los impactos en los escenarios sin proyecto y con proyecto, con base en una escala de cinco niveles de importancia ambiental (Tabla 8.1).

Tabla 8.1 Nivel de importancia de los impactos ambientales.

NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL	ESCALA DE CONSECUENCIAS	NIVEL DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS	
		NEGATIVOS	POSITIVOS
10 - 16	1	Leve	Leve
17 - 24	2	Menor	Menor
25 - 32	3	Localizado	Localizado

⁸⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076. *Óp. cit.*

⁸⁷ CONESA FERNÁNDEZ-VITORA, V. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 4 ed. Madrid: Mundi-Prensa. España, 2010.

⁸⁸ ECOPETROL. Guía para la elaboración de Estudios Ambientales: Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales. Proceso: Gestión del Entorno Gerencia de Desempeño Ambiental. Bogotá D.C., 2018.

⁸⁹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS) y AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. *Óp. cit.*

NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL	ESCALA DE CONSECUENCIAS	NIVEL DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS	
		NEGATIVOS	POSITIVOS
33 - 40	4	Mayor	Mayor
41 - 47	5	Masivo	Masivo

Fuente: Metodología de Conesa Fernández Vítora modificada Ecopetrol (2018). *Ibid.*

8.1 ESCENARIO SIN PROYECTO

El análisis de impactos sobre los tres medios (abiótico, biótico y socioeconómico), en el escenario sin proyecto, se realizó con base en las condiciones actuales del territorio, asociando los posibles impactos a la actividad identificada en el área de influencia del APEM Rubí, es decir, la movilización de embarcaciones (Tabla 8.2).

Tabla 8.2 Importancia ambiental y nivel de evidencia de los impactos - sin proyecto.

MEDIO	COMPONENTE/ DIMENSIÓN	ELEMENTO	IMPACTO	Movilización de embarcaciones	
				Importancia ambiental	Evidencia
ABIÓTICO	HÍDRICO	HIDROLOGÍA	Alteración a la calidad del recurso hídrico marino	Leve (-)	Poco evidente
			Cambio en la presión sonora marina	Leve (-)	Poco evidente
	ATMOSFÉRICO	CALIDAD DEL AIRE	Alteración a la calidad del aire	Leve (-)	Poco evidente
			Alteración en los niveles de presión sonora	Leve (-)	Poco evidente
BIÓTICO	ECOSISTEMA MARINO	BIOTA MARINA	Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas	Leve (-)	Poco evidente
			Alteración de comunidades de aves marinas	Leve (-)	Poco evidente
			Alteración del hábitat pelágico	Leve (-)	Poco evidente
SOCIO-ECONÓMICO	POLÍTICO-ADMINISTRATIVO	POBLACIÓN (INSTITUCIONES Y COMUNIDADES)	Generación de expectativas en la población	Leve (-)	Poco evidente

8.2 ESCENARIO CON PROYECTO

El escenario con proyecto se evaluó considerando las características técnicas del mismo y la interacción con los componentes del ambiente descritos en la caracterización ambiental del área de influencia del proyecto (Tabla 8.3).

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ÁREA
DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA MARINA (APEM)
RUBÍ - BLOQUE GUA OFF 10 – INFORMACIÓN
ADICIONAL**



Tabla 8.3 Síntesis de la importancia ambiental y probabilidad de los impactos por aspecto ambiental para el escenario con proyecto.

MEDIO	COMPONENTE / DIMENSIÓN	ELEMENTO	IMPACTO	ACTIVIDADES ESCENARIO CON PROYECTO POR FASES															
				ACTIVIDADES												PRE-OPERATIVA		MOVILIZACIÓN, INSTALACIÓN DE PLATAFORMAS, MONTAJE DE EQUIPOS	
				ASPECTOS												Trámite de permisos, relacionamiento con grupos de interés y socialización del EIA		Movilización y posicionamiento de la MODU	
				Capacitación del personal	Capacitación de aguas marinas	Generación de residuos sólidos (alimentos) y líquidos	Permanencia de la MODU y funcionamiento de maquinaria y equipos de generación de energía y bombeo	Tránsito marítimo y aéreo	Información y comunicación a los grupos de interés	Tránsito de la MODU y eventual anclaje	Operación de embarcaciones y helicóptero(s) de apoyo		Todas las actividades de la operación de la MODU		ACTIVIDADES TRANSVERSALES A TODAS LAS FASES				
IA	P	IA	P	IA	P	IA	P	IA	P	IA	P	IA	P	IA	P				
ABIÓTICO	GEOSFÉRICO	OCEANOGRAFÍA	Alteración a la calidad de los sedimentos marinos													Menor (-)	C		
		GEOMORFOLOGÍA	Cambios en morfología del fondo marino a intervenir														Menor (-)	C	
	HÍDRICO	HIDROLOGÍA	Alteración a la calidad del recurso hídrico marino			Leve (-)	A	Leve (-)	E								Leve (-)	C	
			Cambios en la presión sonora marina							Menor (-)	E							Leve (-)	E
			Alteración a la calidad del aire							Menor (-)	E							Leve (-)	E
			Alteración en los niveles de radiación																
BIÓTICO	ECOSISTEMAS MARINOS	BIOTA MARINA	Alteración en los niveles de presión sonora							Menor (-)	E	Leve (-)	E						
			Alteración del hábitat bentónico														Menor (-)	C	
			Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas															Menor (-)	C
			Alteración del hábitat pelágico					Leve (-)	E	Menor (-)	E	Leve (-)	E						
			Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas			Menor (-)	B	Leve (-)	C	Menor (-)	C	Leve (-)	B						
			Alteración de comunidades de aves marinas					Leve (-)	C	Menor (-)	D	Menor (-)	C					Leve (-)	C
SOCIOECONÓMICO	INSTITUCIONALIDAD	INSTITUCIONES	Generación de expectativas institucionales		Menor (+)	B										Menor (-)	B		
	ESPACIAL	SERVICIOS SOCIALES	Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad							Menor (-)	C	Leve (-)	A			Menor (-)	B		
			Incremento de conocimientos técnicos							Mayor (+)	E			Mayor (+)	E				

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ÁREA
DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA MARINA (APEM)
RUBÍ - BLOQUE GUA OFF 10 – INFORMACIÓN
ADICIONAL**



MEDIO	COMPONENTE / DIMENSIÓN	ELEMENTO	IMPACTO	ACTIVIDADES ESCENARIO CON PROYECTO POR FASES														
				PERFORACIÓN EXPLORATORIA				PRUEBAS DE PRODUCCIÓN				DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO						
				Funcionamiento del taladro		Perforación de pozos		Registro sísmico de pozo		Completamiento del pozo		Pruebas de pozo		Taponamiento y retiro de elementos mecánicos, desmovilización				
				Generación de lodos, cortes de perforación y cementación		Toma de registros		Manejo de fluido de completamiento		Quema de hidrocarburos en tea		Retiro de la MODU y embarcaciones de apoyo						
		IA	P	IA	P	IA	P	IA	P	IA	P	IA	P	IA	P			
ABIÓTICO	GEOSFÉRICO	OCEANOGRAFÍA	Alteración a la calidad de los sedimentos marinos			Localizado (-)	E							Leve (-)	B			
		GEOMORFOLOGÍA	Cambios en morfología del fondo marino a intervenir			Menor (-)	B											
	HÍDRICO	HIDROLOGÍA	Alteración a la calidad del recurso hídrico marino			Menor (-)	E			Leve (-)	E			Leve (-)	C			
			Cambios en la presión sonora marina	Menor (-)	E			Menor (-)	C									
	ATMOSFÉRICO	CALIDAD DEL AIRE	Alteración a la calidad del aire	Leve (-)	E								Menor (-)	C				
			Alteración en los niveles de radiación										Menor (-)	C				
Alteración en los niveles de presión sonora			Menor (-)	E														
BIÓTICO	ECOSISTEMAS MARINOS	BIOTA MARINA	Alteración del hábitat bentónico			Localizado (-)	E							Leve (-)	B			
			Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas			Localizado (-)	E								Leve (-)	B		
			Alteración del hábitat pelágico	Menor (-)	E	Menor (-)	E	Menor (-)	E	Menor (-)	E							
			Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas	Menor (-)	C	Leve (-)	E	Menor (-)	B									
			Alteración de comunidades de aves marinas											Menor (-)	B			
SOCIOECONÓMICO	INSTITUCIONALIDAD	INSTITUCIONES	Generación de expectativas institucionales			Leve (-)	A						Menor (-)	B	Leve (+)	A		
	ESPACIAL	SERVICIOS SOCIALES	Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad															
			Incremento de conocimientos técnicos															

IA: importancia ambiental; P: probabilidad de ocurrencia

La evaluación ambiental del proyecto APEM Rubí permitió determinar que cinco impactos son significativos, perteneciendo a las categorías de Localizado y Mayor. Se considera que tres de los cuatro impactos negativos significativos son residuales (Tabla 8.4).

Tabla 8.4 Carácter residual de los impactos significativos identificados por medio – Escenario con proyecto.

Medio	Componente	Impacto ambiental	Importancia ambiental	¿Es residual?
Abiótico	Geosférico	Alteración a la calidad de los sedimentos marinos	Localizado (+)	Sí
Biótico	Ecosistemas marinos	Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas	Localizado (-)	Sí
		Alteración del hábitat bentónico		Sí
Socioeconómico	Institucionalidad	Generación de expectativas institucionales	Localizado (-)	No
	Espacial	Incremento de conocimientos técnicos	Mayor (+)	

8.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

8.3.1 Cuantificación biofísica de cambios en los servicios ecosistémicos

Para desarrollar la cuantificación biofísica de los impactos, se retoma la relación de cada impacto significativo identificado y evaluado en el numeral 8.2 con los servicios ecosistémicos que podrían verse alterados con su manifestación como se desarrolla en la Tabla 8.5.

Tabla 8.5 Cuantificación biofísica de los servicios ecosistémicos.

Impacto ambiental	Importancia ambiental	Elemento ambiental	Tipo de servicio	Servicio ecosistémico	Cuantificación biofísica			
					Indicador	Unidad	Cantidad por pozo	Cantidad total (Hc)
Alteración a la calidad de los sedimentos marinos	Localizado (-)	Sedimentos	Soporte ecológico	Mantenimiento de hábitat para especies Producción primaria y ciclado de nutrientes	Cambio en las propiedades físicas y químicas de los sedimentos	ha	17,61	105,66
Alteración del hábitat bentónico	Localizado (-)	Biota marina			Cambio en las propiedades físicas y químicas del hábitat bentónico			
Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición de las comunidades bentónicas)	Localizado (-)	Biota marina			Cambio en el número y la composición de especies			
Generación de expectativas institucionales	Localizado (-)	Instituciones	No aplica	No aplica	No aplica (inconmensurable) (*)	-	-	-
Incremento de conocimientos técnicos	Mayor (+)	Servicios sociales	Desarrollo cognitivo	Conocimiento científico y técnico	Nueva información acerca del medio marino	Cantidad de estudios generados	6 (**)	

(*) No se consideró factible establecer un valor objetivo para la cuantificación biofísica del impacto de generación de expectativas institucionales, puesto que están interrelacionadas con otros factores derivados de la dinámica económica y política del país. (**) Ver detalles en el numeral 8.3.2.

8.3.2 Análisis de internalización

Se realizó el análisis de internalización, con la información requerida para llevar a cabo el análisis de cada impacto, recordando los servicios ecosistémicos afectados e indicando las fichas de manejo y de seguimiento y monitoreo asociadas los tipos de medidas aplicadas y los indicadores relevantes. A partir de la información anterior y de la descripción de los impactos, se concluye en cada caso si el impacto se internaliza o no, como se resume en la Tabla 8.6.

Tabla 8.6 Análisis de internalización de impactos en la evaluación *ex ante*.

Impacto negativo	Servicios ecosistémicos	Resultado del análisis
Alteración a la calidad de los sedimentos marinos	Soporte ecológico: mantenimiento de hábitat para especies y producción primaria y ciclado de nutrientes	No se internaliza el impacto (parcialmente internalizable)
Alteración del hábitat bentónico		No se internaliza el impacto (parcialmente internalizable)
Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas		No se internaliza el impacto (parcialmente internalizable)
Generación de expectativas institucionales	No aplica	Se internaliza el impacto

Se estima el costo de internalización del impacto de generación de expectativas en 66.666.667 COP/año, con base en los costos de las medidas de manejo establecidas en la ficha de manejo PMA-SOC-08.

8.3.2.1 Valoración económica de impactos no internalizables

El método utilizado para valorar los impactos no internalizables corresponde al método de transferencia de beneficios de valores fijos. Se utilizó este método porque no es posible establecer directamente y, mucho menos, cuantificar con precisión la relación entre los servicios ecosistémicos que ofrecen los fondos blandos en el APEM Rubí y el beneficio para las poblaciones costeras más cercanas al área de influencia.

- **Alteración a la calidad de los sedimentos marinos, alteración del hábitat bentónico y modificación en la estructura (distribución, abundancia y**

composición) de las comunidades bentónicas: Se obtiene el costo del daño sobre el fondo marino por impacto sobre la calidad de sedimentos, el hábitat bentónico y las comunidades bentónicas, multiplicando el valor por hectárea (tomado de Costanza, 2014⁹⁰) por el área afectada por pozo, el número de pozos y el tiempo estimado de duración del impacto significativo, obteniendo un valor de 89.297.485 COP a precios de 2021.

- **Incremento de conocimientos técnicos:** En el caso del APEM Rubí, los aportes al incremento de conocimientos técnicos abarcan cuatro (4) temas principales:
 - Modelo digital de elevación (Batimetría de alta resolución)
 - Recorrido del fondo Mario con Sonar de Barrido Lateral y filmación de las 25 anomalías detectadas.
 - Monitoreos de seguimiento ambiental en cada pozo a perforar.
 - Filmación del fondo marino durante la perforación.

Este beneficio se valoró tomando en cuenta las actividades que representan la consecución de nuevo conocimiento, suponiendo una tecnología superior a la comúnmente utilizada, estimando un total de 20.498.000.000 COP.

8.3.3 Análisis Beneficio - Costo del proyecto y análisis de sensibilidad

La Relación Beneficio Costo (RBC) del Proyecto muestra la razón de proporcionalidad entre los costos y beneficios de un proyecto, así las cosas, la RBC del proyecto será igual a 176,31 en el primer año, y superior o igual a 209,10 en los años restantes, [aplicando una tasa social de descuento del 9%](#). De manera que se concluye que el proyecto es viable debido a que los beneficios superan los costos sociales del proyecto; lo anterior, aun variando la tasa de descuento a 4%, 12% o 16%.

⁹⁰ COSTANZA, R., DE GROOT, R., SUTTON, P., VAN DER PLOEG, S., ANDERSON, S., KUBISZEWSKI, I., FARBER, S. y TURNER, K. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change 26 (2014) 152-158.

9. ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

Partiendo de la valoración de las interacciones sensibilidad/importancia (S/I) llevadas a cabo en la zonificación ambiental (capítulo 6), se estableció el grado de intervención permitido para las actividades a realizar en el área de influencia del proyecto; con lo cual se logró identificar áreas que, por sus características socioambientales específicas, requieren ser manejadas con criterios especiales durante la ejecución de las mismas (Figura 9.1). Se constituyó así una relación directamente proporcional entre la S/I y el tipo de manejo propuesto por el proyecto.

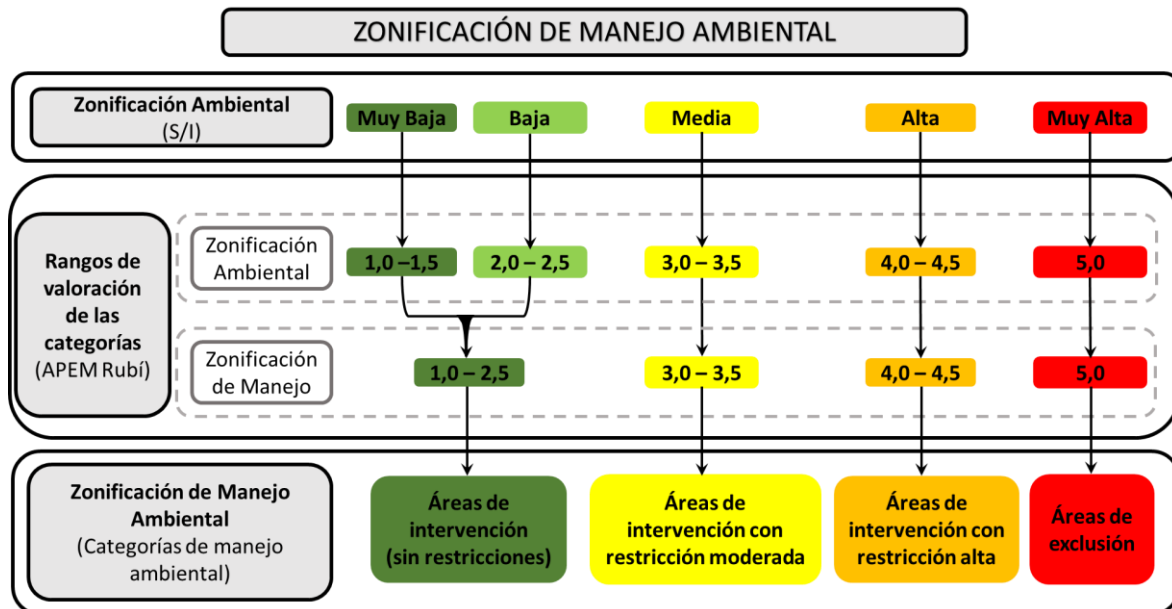


Figura 9.1 Relación entre el proceso de zonificación ambiental y de manejo. Definición de las categorías de Zonificación de Manejo Ambiental.

Siendo así, se determinaron dos (2) categorías de zonificación de manejo: Áreas de intervención con restricción Moderada, que representan el 96,08% del área de influencia del APEM Rubí (8.137,24 ha) y Áreas de intervención con restricción Alta, que constituyen el 3,92% del área de influencia (331,99 ha).

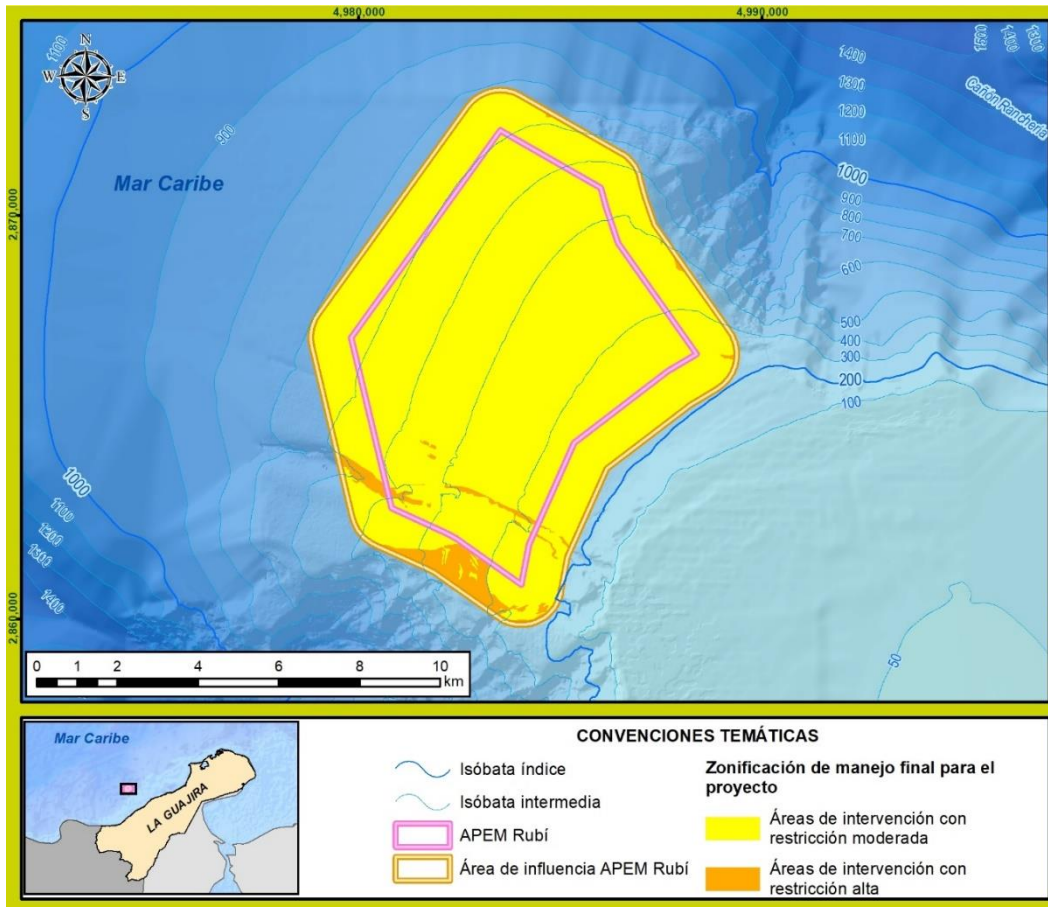


Figura 9.2 Zonificación de manejo ambiental final para el área de influencia del APEM Rubí.

Se estableció que el único aspecto ambiental restringido para las dos áreas de manejo corresponde al funcionamiento del taladro, restricción que viene dada por la zonificación geotécnica (Tabla 9.1).

Tabla 9.1 Restricciones en las áreas de intervención con restricción Media y Alta del área de influencia del APEM Rubí.

Descripción del área	Especificación de las restricciones
Áreas con unidades geomorfológicas calificadas con S/I Media (talud continental, con pendientes menores a 25%, canal y cañón submarino con pendientes menores a 12%)	En estas áreas se podrá llevar a cabo la actividad de perforación, cuando estén ubicadas dentro del APEM, previo estudio geotécnico que evalúe la aptitud técnica y estabilidad del fondo marino. Se incluirá la evaluación de la geotecnia del fondo marino en el estudio de anclaje, en caso de requerirse una MODU de este tipo.
Áreas con unidades geomorfológicas calificadas con S/I Alta (canal y cañón submarino, donde las pendientes sean superiores a 12%).	

10. PLANES Y PROGRAMAS

10.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

10.1.1 Programas de manejo ambiental

Se establecieron tres programas de manejo para el medio abiótico, un programa para el medio biótico y un programa para el medio socioeconómico; los cuales se organizaron en nueve subprogramas o fichas de manejo (Tabla 10.1).

Tabla 10.1 Programas de Manejo Ambiental y subprogramas.

MEDIO	PROGRAMA	CÓDIGO	SUBPROGRAMA: FICHA DE MANEJO	IMPACTOS PARA GESTIONAR
ABIÓTICO	Manejo de actividades de perforación exploratoria	PMA-ABI-01	Gestión de permisos	Generación de expectativas institucionales Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad marina
		PMA-ABI-02	Operación de la MODU, embarcaciones y helicópteros de apoyo	Alteración a la calidad de los sedimentos marinos Cambios en la morfología del fondo marino a intervenir Alteración a la calidad del recurso hídrico marino Cambios en la presión sonora marina Alteración a la calidad del aire Alteración en los niveles de presión sonora Alteración del hábitat bentónico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas Alteración del hábitat pelágico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas Alteración de comunidades de aves marinas Generación de expectativas institucionales Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad marina
	Manejo de residuos sólidos y líquidos	PMA-ABI-03	Gestión de residuos peligrosos y no peligrosos	Alteración a la calidad del recurso hídrico marino Alteración del hábitat pelágico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas Alteración de comunidades de aves marinas

MEDIO	PROGRAMA	CÓDIGO	SUBPROGRAMA: FICHA DE MANEJO	IMPACTOS PARA GESTIONAR
		PMA-ABI-04	Gestión de aguas residuales	Alteración a la calidad del recurso hídrico marino Alteración del hábitat pelágico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas Alteración de comunidades de aves marinas
		PMA-ABI-05	Manejo de fluidos y cortes de Perforación	Alteración a la calidad de los sedimentos marinos Cambios en morfología del fondo marino a intervenir Alteración a la calidad del recurso hídrico marino Alteración del hábitat bentónico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas Alteración del hábitat pelágico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas
	Gestión de emisiones atmosféricas y ruido	PMA-ABI-06	Gestión de emisiones atmosféricas y ruido	Cambios en la presión sonora marina Alteración a la calidad del aire Alteración en los niveles de presión sonora Alteración en los niveles de radiación
BIÓTICO	Protección de la vida marina	PMA-BIO-07	Protección de la vida marina	Alteración del hábitat bentónico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades bentónicas Alteración del hábitat pelágico Modificación en la estructura (distribución, abundancia y composición) de las comunidades pelágicas Alteración de comunidades de aves marinas
SOCIOECONÓMICO	Participación y capacitación	PMA-SOC-08	Participación de grupos de interés: información, comunicación y participación de las autoridades	Generación de expectativas institucionales Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad marina
		PMA-SOC-09	Capacitación al Personal vinculado al Proyecto	Todos los impactos

10.1.2 Plan de seguimiento y monitoreo

En la Tabla 10.2, se sintetizan los programas para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, asociados a los programas de manejo ambiental.

Tabla 10.2 Programas de seguimiento y monitoreo.

PROGRAMAS	CÓDIGO	SUBPROGRAMA: FICHA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO
Seguimiento y monitoreo a los programas de manejo ambiental	PSM-01	Seguimiento y monitoreo a la gestión de los medios abiótico y biótico
	PSM-02	Seguimiento y monitoreo a la gestión social
Seguimiento y monitoreo a la calidad del medio	PSM-03	Seguimiento y monitoreo a la calidad de los medios abiótico y biótico

10.1.3 Plan de contingencia

10.1.3.1 Conocimiento del riesgo

En la Tabla 10.3, se relacionan los escenarios de riesgo para las diferentes fases del proyecto que fueron establecidos y evaluados, a partir de un análisis inicial realizado por Ecopetrol⁹¹.

Tabla 10.3 Escenarios de riesgo.

Origen	Tipos	Amenazas	Consecuencias		
			Personas	Económicas	Medio ambiente
EXÓGENO	Natural	01. Eventos meteoceánicos (huracán, tormenta tropical, descarga eléctrica, oleaje y marejadas)	Personal	MODU	(*)
		02. Eventos geológicos (sismos, tsunamis, inestabilidad del terreno)	Personal (tsunamis)	MODU	(*)
	Antrópico socio-natural	03. Infección o pandemia	Personal	Presupuesto	
		04. Enfermedades transmitidas por el agua/ alimentos mal preparados (Intoxicación).	Personal	Presupuesto	
	Antrópico socio-político	05. Piratería (incluyendo atentados, secuestros y hurtos)	Personal	MODU	
		06. Disturbios o asonadas	Personal	MODU	

⁹¹ ECOPETROL S.A. VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS Y PERFORACIÓN. Proyecto de perforación offshore pozos Rubí 1 y 2. Identificación y Valoración de Riesgos para la Fase 1 del EDP/WDP. Reporte final. Marzo de 2022.

Origen	Tipos	Amenazas	Consecuencias		
			Personas	Económicas	Medio ambiente
ENDÓGENO	Operacional	07. Colisión o incidente entre MODU y embarcación de apoyo o de terceros	Personal Terceros	MODU Embarcación	Elementos de la Tabla 10.4
		08. Encallado, pérdida o deriva de embarcación de apoyo	Personal	Embarcación	
		09. Choque de helicóptero con MODU o caída al mar	Personal	Helicóptero MODU Embarcación	Elementos de la Tabla 10.4
		10. Pérdida de contención de gas, combustible o productos químicos (sin ignición)	Personal	Insumos	Elementos de la Tabla 10.4
		11. Pérdida de control de pozo	Personal	MODU	Elementos de la Tabla 10.4
		12. Fuego o explosión	Personal	MODU Embarcación	Elementos de la Tabla 10.4
		13. Falla de control de líneas y recipientes a presión	Personal	Sistema de conducción	Elementos de la Tabla 10.4
		14. Accidentes por equipos de izaje, movimiento mecánico de cargas y caída de objetos	Personal	MODU Embarcación	
		15. Hombre al agua	Personal	Presupuesto	
		16. Accidentes durante operaciones de buceo	Personal	Presupuesto	
		17. Accidentes asociados al manejo de residuos del proyecto	Personal	Presupuesto	

(*) No se evalúan porque no se generan efectos directos sobre el medio ambiente, sino efectos indirectos, como consecuencia de un evento operacional que pudiese derivar de un evento meteoceánico o geológico (ver Pérdida de contención de gas, combustible o productos químicos (sin ignición, Pérdida de control de pozo o Fuego o explosión, según el caso).

En la Tabla 10.4, se presentan los elementos potencialmente expuestos a los diferentes eventos relacionados en la Tabla 10.3, tomando de base las categorías incluidas en los Términos de Referencia para la preparación del EIA⁹².

Tabla 10.4 Principales elementos potencialmente expuestos.

CATEGORÍAS	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
Individual	Vida humana	Personal del proyecto
		Personas ajenas al proyecto
Social y socioeconómico	Asentamientos humanos	Territorios étnicos y comunidades no étnicas
	Infraestructura pública	Puertos, muelles, cables submarinos, aeropuertos, entre otros
	Infraestructura productiva	Instalaciones petroleras, ductos, unidades de cargue de tanqueros (TLU), entre otros

⁹² ANLA (2021). *Óp. cit.*

CATEGORÍAS	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
	Transporte marítimo	Tránsito de embarcaciones de terceros
	Áreas de maricultura y acuicultura y de extracción de sal	
	Áreas de pesca artesanal e industrial	
	Áreas turísticas	Playas, zonas de buceo, entre otras
	Bienes de interés cultural	Recursos arqueológicos e históricos
Ambiental	Áreas de especial interés ambiental	Ecosistemas estratégicos, Áreas protegidas legalmente declaradas, zonas amortiguadoras, Reservas de la Biósfera RB, Áreas de Importancia para la Conservación de Aves - AICA, Áreas Significativas para la Biodiversidad – ASB, Sitios Prioritarios para la Conservación – SPC, entre otros
	Biota marina	Comunidades marinas y su hábitat (agua o sedimentos)

Para determinar el área de afectación en caso de un derrame de diésel, se realizaron análisis a partir de simulaciones numéricas llevadas a cabo, en épocas seca y húmeda, en tres puntos localizados en los límites del APEM Rubí. En ningún escenario, un eventual derrame de diésel alcanzaría a llegar a la costa; su desplazamiento sería hacia el área de aguas abiertas del sector central del Caribe colombiano.

También se llevó a cabo una modelación de escape de gas seco (*blowout*) en escenarios representativos de las épocas seca y húmeda, en dos (2) puntos del APEM, considerando una emisión de 1 mes. Se puede concluir que la emisión de gas desde el lecho marino avanza progresivamente hacia la superficie, adquiriendo movimientos horizontales, por lo cual, las partículas de gas que llegan, por primera vez, a la capa superficial presentan una diferencia de 0,1 a 5,0 km con respecto al punto de emisión. Las partículas de gas emplean aproximadamente entre 24 y 61 horas; para subir a la superficie. La emisión de gas constante durante un mes revela una distribución de los puntos de salida del gas en superficie en el cuadrante suroeste, tanto en época seca como en época húmeda

En la Tabla 10.5, se presenta la matriz RAM del proyecto. Con base en esos resultados, se establecieron medidas de monitoreo del riesgo asociadas a las condiciones del pozo y del fondo marino, las condiciones meteoceánicas y sismicidad, las prácticas de trabajo seguro y el proceso de la gestión del riesgo.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ÁREA
DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA MARINA (APEM)
RUBÍ - BLOQUE GUA OFF 10 – INFORMACIÓN
ADICIONAL**



Tabla 10.5 Matriz de valoración del riesgo para las amenazas identificadas en el desarrollo del proyecto.

G R A V E D A D	PERSONAS	ECONÓMICA (USD\$)	AMBIENTAL	A	B			C	D	E
					07	09	11			
5	Una o Más Fatalidades de trabajadores o incapacidades permanentes a personal de la comunidad	Mayor a 10 Millones	Mayor	M	M	M	H	H	VH	
4	Incapacidad Permanente (Total o Parcial) de trabajadores o Incapacidad temporal de personal de la comunidad	Mayor a 1 Millón y Menor o Igual a 10 Millones	Importante	L	M	M	M	H	H	
3	Incapacidad Temporal (Mayor o Igual a 1 Día) de trabajadores u hospitalización en centros asistenciales de personal de la comunidad	Mayor a 100,000 y Menor o Igual a 1 Millón	Localizada	N	L	M	M	M	H	
2	Lesión Menor (Sin Incapacidad) en trabajadores o Primeros auxilios, sin hospitalización a personal de la comunidad	Mayor a 10,000 y Menor o Igual a 1 00.000	Menor	N	N	L	M	M	M	
1	Lesión Leve de trabajadores (Primeros Auxilios)	Menor a 10.000	Leve	N	N	N	L	L	L	
0	Sin Lesión	Ninguna	Ninguna	N	N	N	N	N	N	

10.1.3.2 Reducción del riesgo

Se proponen medidas de reducción del riesgo para cada una de las 17 amenazas identificadas que permitan reducir las consecuencias que los efectos de la materialización de este tipo de eventos pueden producir o la probabilidad de ocurrencia de la amenaza.

10.1.3.3 Manejo de emergencias

El manejo de emergencias tendrá como fundamento el Decreto 1868 del 27 de diciembre de 2021, “por el cual se adopta el Plan Nacional de contingencia frente a pérdidas de contención de hidrocarburos y otras sustancias peligrosas químicas y se adiciona el Capítulo 7 al Título 1 de la Parte 3 del Libro 2 del Decreto 1081 de 2015, Decreto Reglamentario del Sector Presidencia de la República”.

Componente estratégico

Los niveles de activación del Plan de Emergencia y Contingencia (PEC) de Ecopetrol (Tabla 10.6) se basan en los niveles establecidos en el PNC:

Tabla 10.6 Niveles de activación en la operación de Ecopetrol.

Nivel Incidente	Incidente de Nivel 1	Incidente de Nivel 2	Incidente de Nivel 3
Descripción	Incidente normalmente de naturaleza operacional, contenido en un área operativa específica. Puede ser manejado normalmente en el sitio. Los efectos derivados de su ocurrencia son mínimos (incluido el ambiente). Su manejo se puede dar con los propios recursos de la compañía.	Incidente que requiere más allá de los recursos propios disponibles (personas y/o equipos). Estos eventos son, generalmente, más grandes en escala y duración y, probablemente, implican el uso de contratistas y proveedores de servicios; así como, la potencial intervención de autoridades locales y/o regionales.	Incidente que tiene el potencial de requerir el soporte de recursos (personas y/o equipos) a nivel nacional y/o internacional. Estos incidentes probablemente implicarían la movilización de equipos de respuesta especializados
Organización	Equipo de Respuesta a Incidentes	Equipo de Respuesta a Incidentes y Equipo de Gestión de Incidentes	Equipo de Respuesta a incidentes Equipo de Gestión de Incidentes Equipo de Gestión de Crisis

Fuente: adaptado de Ecopetrol y Aquabiósfera, 2017⁹³.

Ecopetrol utiliza un enfoque escalonado para responder a las emergencias, basado en el Sistema de Comando de Incidentes (ICS, por sus siglas en inglés). El ICS tiene como

⁹³ ECOPETROL y AQUABIÓSFERA. Plan de Manejo Ambiental Específico Perforación Exploratoria Pozo Molusco-1 (APEM RC-9). 2017.

objetivo “posibilitar que las organizaciones lleven a cabo respuestas eficientes ante incidentes, tanto en forma independiente como conjunta, con todas las partes involucradas, con el fin de apoyar todas las medidas dirigidas a salvar vidas y a limitar efectos adversos”, como se resume en el PNC, donde se establece el ICS como la metodología bajo la cual operará el Protocolo I de respuesta (Respuesta a incidentes en actividades marítimas).

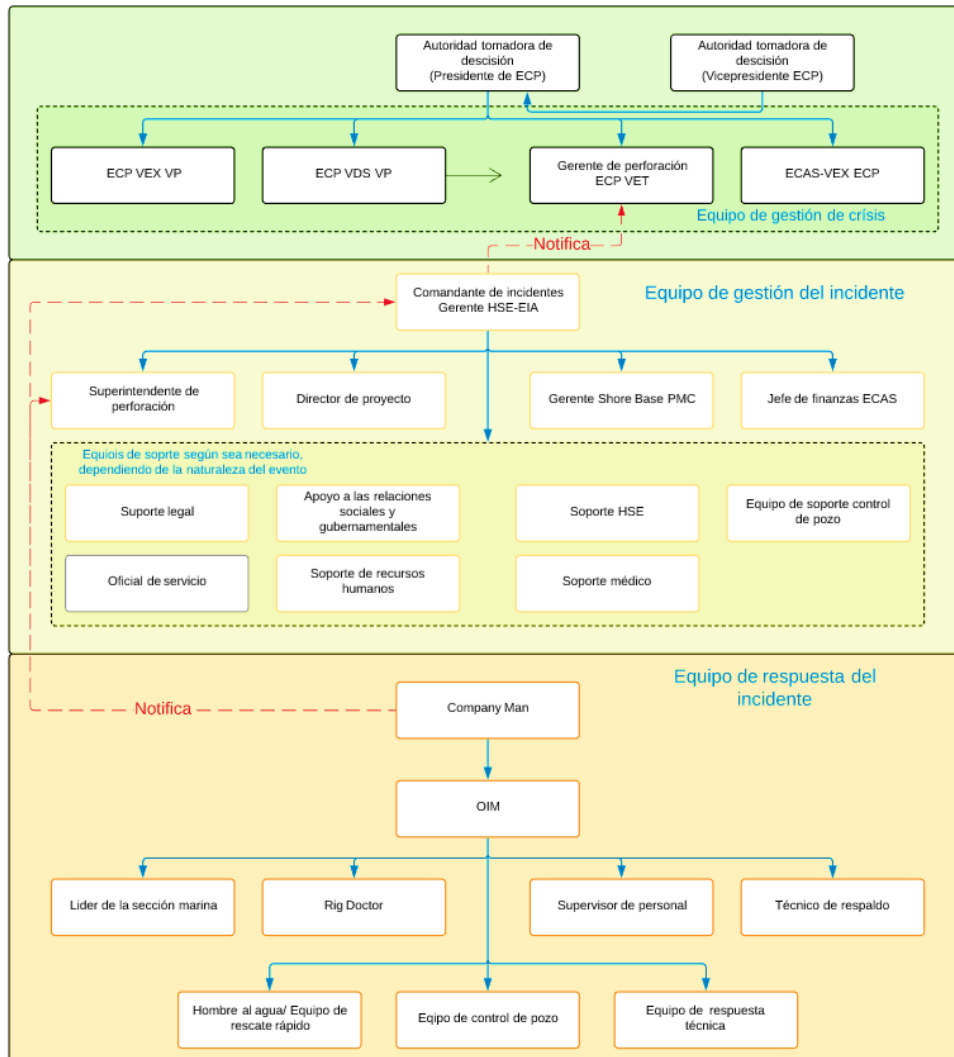


Figura 10.1 Esquema del Sistema de Comando de Incidentes para la atención a emergencias de Ecopetrol.

Fuente: Ecopetrol y ERM⁹⁴.

Componente operativo

En el caso del proyecto en el APEM Rubí, se tiene previsto el esquema típico de planes de respuesta presentado en la Tabla 10.7.

⁹⁴ ECOPELROL y ERM. Estudio de Impacto Ambiental del área perforación exploratoria costa afuera COL-5. Capítulo 11 Planes y programas. Numeral 11.3 Plan de Gestión del Riesgo. 2019.

Tabla 10.7 Esquema de planes de respuesta por establecer para la ejecución de la perforación exploratoria en cada uno de los seis pozos en el APEM Rubí.

Planes de Respuesta a Emergencia locales (Nivel 1)	
MODU	Plan de Emergencia en caso de <i>blowout</i> Plan de Emergencia por incendio / explosión Plan de Abandono de embarcación Plan de Respuesta a emergencias médicas Plan de Respuesta a derrame de hidrocarburos Nivel 1 (*) Plan de Respuesta a emergencias por hombre al agua Plan de Respuesta por condiciones climáticas adversas Plan de Respuesta por pérdida de gobierno de la embarcación
Embarcaciones de apoyo	Plan de Emergencia por incendio / explosión Plan de Abandono de embarcación Plan de Respuesta a emergencias médicas Plan de Respuesta a emergencias por hombre al agua
Helicópteros	Plan de Respuesta a emergencia por caída al mar Plan de Emergencia por incendio y explosión
Planes de Respuesta a Emergencias Corporativas Ecopetrol (Niveles 2 y 3)	
Ecopetrol	Plan de Evacuación médica (MEDEVAC) Plan de Respuesta a derrames de hidrocarburos Niveles 2 y 3 Plan de Emergencia en caso de <i>blowout</i>

(*) El anexo I de MARPOL 73/78 exige que todos los buques de arqueo superior a 400 tengan un SOPEP (*Shipboard Oil Pollution Emergency Plan*). Nota: los nombres podrán variar, así como la organización de los diferentes planes. Fuente: Ecopetrol, 2021.

Componente informático

Contiene la información requerida para que la repuesta a emergencia establecida en el componente operativo sea eficiente, a partir de la actualización permanente de información del Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNIGRD) y contactos de entidades, servicio de apoyo y expertos.

10.1.4 Plan de desmantelamiento

El Plan de Desmantelamiento y Abandono incluye las medidas de manejo del área y demás actividades pendientes para la clausura de la actividad de exploración consistente en el abandono temporal o definitivo de los pozos perforados y/o terminados, las cuales se plantean en la ficha PMA-PDA-10.

10.2 OTROS PLANES Y PROGRAMAS

10.2.1 Plan de inversión de no menos del 1%

El proyecto solo busca realizar captación de agua marina, por lo que no es objeto de aplicación de un plan de inversión de no menos de 1%.

10.2.2 Plan de compensaciones del medio biótico

No se presenta programa de compensación por pérdida de la biodiversidad, ya que, en el momento de presentar el presente EIA, no se cuenta con un manual o regulación para proyectos costa afuera, con presencia de ecosistemas diferentes a corales o pastos marinos. De ser aplicable, con el desarrollo del marco regulatorio correspondiente, este plan podrá ser implementado en los Planes de Manejo Ambiental específicos.