



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES EN REGIONES DE OFFSHORE DEL CARIBE COLOMBIANO FRENTE AL LITORAL DE CORDOBA, EJEMPLO DE CASO**

**Juan Pablo Artunduaga López**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias

Bogotá, Colombia

2020



# **ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES EN REGIONES DE OFFSHORE DEL CARIBE COLOMBIANO FRENTE AL LITORAL DE CÓRDOBA, EJEMPLO DE CASO**

**Juan Pablo Artunduaga López**

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

**Maestría en Ciencias - Geología**

Director: Dr. Alexis Jaramillo Justinico

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias

Bogotá, Colombia

2020



*A mi familia, mi madre Nancy Patricia, mis  
abuelos, Carlos y Cecilia y mi hermana María  
Alejandra*



## Agradecimientos

Este trabajo se realizó como parte del proceso académico con la Universidad Nacional de Colombia, como requisito para optar al título de Maestría en Ciencias- Geología, estableciendo teniendo un fuerte eje en el componente de investigación, siendo orientado por propia responsabilidad al interés de los procesos geológicos que se desarrollan en el sector marino y como ellos pueden afectar a las comunidades biológicas y a las poblaciones que habitan estos territorios.

Por esta razón en primer lugar quiero darle una mención muy especial al profesor Alexis Jaramillo Justinico, quien ha sido mi tutor durante estos largos años de convivencia, en los cuales ha sido pieza fundamental en las diferentes etapas de la tesis, siendo siempre una persona propositiva con la intención de mirar más allá de lo normal.

Al Grupo de Investigación en Estadística de la Escuela de Medellín de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, encabezada por el profesor Juan Carlos Salazar, quiero darles las gracias por siempre tener, la predisposición, dedicación y ayuda incondicional que siempre ofrecieron en el tratamiento estadístico de los datos y a los análisis matriciales de los datos.

Al geógrafo y amigo Tobias Leyva, quien me asesoró en los análisis cartográficos presentados en la tesis y me ha permitido entender el uso de las diferentes herramientas de Sistemas de Información Geográfica, los cuales además de ser de mucha utilidad en la tesis son importantes en mi formación profesional. Igualmente, al biólogo marino, Oscar David Solano Plazas, por motivarme y formarme en los estudios ambientales marinos, y por siempre tener la disposición para asesorarme en la búsqueda de información que fue base para este trabajo.

Por otro lado, pero no menos importante quiero agradecer a mi familia por tantos años de apoyo incondicional, por haberme enseñado el valor de no rendirme antes las dificultades, por darme las herramientas necesarias para afrontar mi propio camino y por hacerme entender lo importante de contar una familia unida. A mi mamá, le agradezco por su acompañamiento y paciencia en cada una de las etapas mi vida; a mis abuelos por demostrarme que la familia es importante y que siempre está allí para ayudarte, a mis tías Sonia, Aida y Martha les digo que he aprendido de cada una de ustedes la fortaleza de afrontar situaciones adversas sin cambiar su forma de ser. A mi hermana Aleja te doy las gracias por darme la dicha de compartir muchos momentos felices y siempre darme una hermosa sonrisa. Para finalizar esta lista de agradecimientos en cuanto a mis seres más allegados tengo que decir que le debo a mucho a mi tía Ángela, ya que me enseñó el

---

cariño por la investigación y el desarrollo de mi profesión con mucha responsabilidad y dedicación. A los demás miembros de mi familia también les quiero decir que esto también posible por su respaldo constante.

Finalmente, quiero agradecer a personas que tienen un vínculo importante en mi corazón como mis amigos más allegados, puesto que han estado conmigo desde hace mucho tiempo y son fuente de motivación para ser más agradable los momentos de la vida.

*“La historia de las ciencias nos demuestra que las teorías son perecederas. Con cada nueva verdad revelada, tenemos una mejor comprensión de la naturaleza y nuestras concepciones, y nuestros puntos de vista se modifican.” Nikola Tesla.*



## Resumen

El mar del Caribe colombiano es una zona con alta importancia tanto en la zona costera como en aguas marinas profundas, debido a su oferta de recursos naturales, que, entre otros elementos, incluyen: biodiversidad de interés, las potenciales reservas de hidrocarburos (gas y crudo), la pesca artesanal e industrial, el transporte marítimo y las comunicaciones. Teniendo en cuenta la alta demanda del espacio marino y costero, es necesario entender los riesgos físicos que pueden afectar la dinámica del sistema, así como a las poblaciones humanas que habitan en estas zonas.

En general, los estudios en el Caribe han sido enfocados hacia las zonas costeras y aguas someras, presentándose aún vacíos de información para las zonas marinas profundas. Este trabajo tiene como fin desarrollar la identificación y análisis de los elementos geológicos, climáticos y oceanográficos (acciones), presentes en zonas profundas, y su incidencia sobre los componentes abióticos, bióticos, sociales, económicos y culturales (factores), con dimensiones de naturaleza regional y local, a partir de información disponible para el estudio de caso en el área localizada en las aguas marinas profundas del sur occidente del Caribe colombiano, a unos 42 km de la línea de costa del departamento de Córdoba.

Como parte del análisis, se elaboró una matriz de impactos basándose y adaptándose de las metodologías de Leopold (1971) y Conesa (2010), la cual relacionó un total de 35 acciones en función 72 factores, dando como resultado el reconocimiento de 2500 interacciones que definen los impactos positivos y negativos de cada acción. De acuerdo a lo anterior, se concluye que los grupos de acciones relacionados con fenómenos de remoción en masa, procesos de diapirismos y dinámica sedimentaria son los que presentan mayor relevancia dentro del territorio, debido a que estos grupos pueden ocasionar afectaciones en las condiciones de estabilidad de la roca y del suelo, así como la creación de nuevas estructuras geológicas como es el caso de fallas locales, fracturas y pliegues.

**Palabras clave:** procesos físicos, matriz de impactos, factores y acciones, aguas marinas profundas, Caribe colombiano.

## Abstract

The Colombian Caribbean Sea is an area of high importance both in the coastal zone and in deep marine waters, due to its supply of natural resources, which, among other elements, include: biodiversity of interest, potential hydrocarbon reserves (gas and crude), artisanal and industrial fishing, maritime transport and communications. Taking into account the high demand of marine and coastal space, it is necessary to understand the physical risks that can affect the dynamics of the system, as well as the human populations that inhabit these areas.

In general, studies in the Caribbean have been focused on coastal areas and waters shallow, still presenting information gaps for deep marine areas. The purpose of this investigation is to develop the identification and analysis of geological elements, climatic and oceanographic (actions), present in deep areas, and their incidence on abiotic, biotic, social, economic and cultural components (factors), with dimensions of a regional and local nature, based on information available for the area of the case study, which is located in the deep marine waters of the south-western Caribbean Colombian, about 42 km from the coastline of the department of Cordoba.

As part of the analysis, an impact matrix was developed based on and adapted from the methodologies of Leopold (1971) and Conesa (2010), which related a total of 35 actions based on 72 factors, resulting in the recognition of 2,500 interactions that define the positive and negative impacts of each action. In conclusion, the groups of actions related to phenomena of mass removal, diapirismic processes and sedimentary dynamics are those that present greater relevance within the territory, because these groups could be cause effects on the conditions of rock and soil stability, as well as the creation of new geological structures such as local faults, fractures and folds.

**Keywords:** physical processes, matrix of impacts, factors and actions, deep marine waters, Colombian Caribbean.

# Contenido

<b>1</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
2.1	Objetivo general .....	5
2.2	Objetivos específicos .....	5
<b>3</b>	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>7</b>
3.1	Área de estudio .....	7
3.2	Marco geológico regional del Caribe .....	8
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>13</b>
4.1	Fase de recopilación y procesamiento de información .....	13
4.2	Integración y análisis del modelo de elevación digital.....	14
4.3	Caracterización ambiental del área de estudio .....	14
4.4	Construcción de mapas temáticos.....	17
4.5	Planteamiento y construcción de la matriz de Importancia de Impacto.....	18
4.6	Análisis estadístico de la matriz de impactos ambientales.....	21
4.7	Diagrama de flujo del esquema de la Evaluación del Impacto.....	25
4.8	Discusión de resultados y lineamientos de manejo desde el punto de vista físico	25
<b>5</b>	<b>CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE TRABAJO</b> .....	<b>27</b>
5.1	Factores .....	27
5.1.1	Componente abiótico de los sistemas.....	27
5.1.2	Componente biótico de los sistemas.....	56
5.1.3	Componente paisajístico.....	66
5.1.4	Componente social .....	83
5.1.5	Componente económico .....	102
5.1.6	Componente cultural.....	109
5.2	Acciones .....	117
5.2.1	Manifestación de procesos .....	117
5.2.2	Fenómenos de remoción en masa.....	129
5.2.3	Anomalías paisajísticas asociadas a la aparición de formas cónicas y domicas	139
5.2.4	Dinámicas sedimentarias.....	143
5.2.5	Actividad tectónica.....	146
5.2.6	Actividad sísmica .....	151
5.2.7	Corrientes marinas .....	159
5.2.8	Modelamiento de paisaje .....	165
5.2.9	Variabilidad climática del territorio .....	177
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES</b> .....	<b>203</b>
6.1	Análisis de los factores y acciones con base en el Índice de Cuantificación de Impacto.....	203
6.1.1	Análisis de las acciones teniendo en cuenta todos los factores .....	204
6.1.2	Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Abiótico de los factores .....	208

6.1.3	Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Biótico de los factores.....	212
6.1.4	Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Paisajístico de los factores.....	217
6.1.5	Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Social de los factores.....	223
6.1.6	Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Económico de los factores.....	230
6.1.7	Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Cultural de los factores.....	236
6.2	Análisis de correlación entre las acciones en función de los factores.....	240
6.2.1	Análisis de correlación entre las acciones en función de todos los componentes de los factores .....	241
6.2.2	Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Abiótico	248
6.2.3	Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Biótico	251
6.2.4	Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Paisajístico.....	261
6.2.5	Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Social	262
6.2.6	Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Económico.....	266
6.2.7	Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Cultural	276
6.3	Análisis por agrupaciones en función de las similitudes teniendo en cuenta la distancia Euclidiana existente entre los conjuntos de puntos.....	279
6.3.1	Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Abiótico .....	283
6.3.2	Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Biótico .....	287
6.3.3	Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Paisajístico.....	291
6.3.4	Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Social .....	294
6.3.5	Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Económico .....	298
6.3.6	Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Cultural .....	301
6.3.7	Análisis del nivel de impacto de las acciones en el territorio.....	305
<b>7</b>	<b>MODELO ESQUEMÁTICO PARA UN POTENCIAL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....</b>	<b>317</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>321</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>325</b>
<b>10</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>347</b>

## Lista de figuras

Pág.

Figura 3.1 Localización del área de estudio dentro de la región del Caribe colombiano (Anexo1).....	7
Figura 3.2 Configuración tectónica de la esquina noroccidental de Suramérica así como el Caribe. Afr: placa Africana; BNA: Bloque Norandino; Car: Placa Caribe; Coc: Placa Cocos; NA: Placa Norteamericana. ....	9
Figura 5.1 Mapa de las principales estructuras geológicas del área de estudio (Anexo 4). .....	29
Figura 5.2 Localización de emanaderos dentro del área del estudio (Anexo).....	32
Figura 5.3 Mapa de pendientes del área de estudio (Anexo 6).....	41
Figura 5.4 Perfil vertical de temperatura para la región del Caribe. ....	44
Figura 5.5 Temperatura promedio mensual de las estaciones cercanas al área de trabajo. .....	52
Figura 5.6 Localización de la Zona de Convergencia Intertropical para diferentes épocas del año. a) Época Seca, b) Época de transición y c) Época de lluvias.....	53
Figura 5.7 Dirección e intensidad de vientos dentro del área de trabajo para dos épocas distintas. a) Época seca (febrero) (izquierda), b) Época Húmeda (agosto) (derecha).....	54
Figura 5.8 Porcentaje del número de especies de fitoplancton identificadas dentro del área de estudio.....	58
Figura 5.9: Porcentaje de las clases predominantes durante el muestreo en la jordana diurna localizada dentro del área de estudio. ....	59
Figura 5.10 Porcentaje de las clases predominantes durante el muestreo en la jordana diurna localizada dentro del área de estudio. ....	60
Figura 5.11 Porcentaje de órdenes identificados en la jordana diurna dentro del área de trabajo. ....	61
Figura 5.12 Distribución porcentual de los diferentes phyla encontrados para el área de trabajo. ....	64
Figura 5.13 Distribución porcentual de los diferentes phyla encontrados para el área de trabajo. ....	65
Figura 5.14 Mapa de la geomorfología regional del sector occidental Caribe colombiano (Anexo 7).....	67
Figura 5.15 Mapa de unidades geomorfológicas del área de trabajo (Anexo 8).....	69
Figura 5.17 Estructura de las entidades para el tratamiento del riesgo en el país. ....	85
Figura 5.18 Mapa de localización de Parques Nacionales Naturales en zonas de influencia del área de investigación (Anexo 9).....	96
Figura 5.19. Localización de las diferentes Áreas Significativas para la Biodiversidad (ASB) en el Margen Continental del Caribe colombiano. ....	98
Figura 5.20 Clasificación de las diferentes ASB, a partir de la heterogeneidad de los objetos de conservación que se encuentren en cada área. ....	99
Figura 5.21 Clasificación de las diferentes ASB, por abundancia de ODC de filtro fino.	100

Figura 5.22 Captura y esfuerzo de las embarcaciones atuneras en el Caribe colombiano. ....	103
Figura 5.23 Campañas de camarón de aguas someras para el mar Caribe colombiano. ....	104
Figura 5.24 Captura de langosta espinosa en la región insular del Archipiélago de San y Providencia. ....	105
Figura 5.25 Mapa de localización de los cables submarinos en el área de trabajo (Anexo 10). ....	107
Figura 5.26 Mapa de tierras relacionadas con el área de trabajo (Anexo 11). ....	109
Figura 5.27 Principales rutas marítimas que transitaban el suroccidente del mar Caribe. ....	111
Figura 5.28 Distribución de la intensidad de pesca artesanal a lo largo del Caribe colombiano. ....	115
Figura 5.29 Mapa de deslizamientos dentro del área de estudio, siendo la zona oriental en la que se desarrollan la mayor cantidad de procesos de este tipo (Anexo 12). ....	130
Figura 5.30 Mapa de localización de las reptaciones en el área de trabajo Sofusión o sufusión. ....	132
Figura 5.31 Mapa de localización de las posibles zonas en donde se generan procesos de sofusión dentro del área de trabajo (Anexo 13). ....	134
Figura 5.32 Mapa de localización de los procesos de soliflucción dentro del área de trabajo (Anexo 14). ....	136
Figura 5.33 Mapa de localización de los diferentes hundimientos que se producen dentro del área de estudio (Anexo 15). ....	137
Figura 5.34 Mapa de localización de los flujos de alta velocidad dentro del área de trabajo (Anexo 16). ....	139
Figura 5.35 Mapa de localización de los domos diapíricos y volcanes de lodo (Anexo 17). ....	141
Figura 5.36 Dinámicas sedimentarias a lo largo del área de trabajo (Anexo 18). ....	144
Figura 5.37 Mapa tectónica de la región Caribe, en donde se observa la distribución de los bloques. ....	147
Figura 5.38 Línea sísmica que atraviesa tanto el Prisma de Acreción del Sinú como la Cuenca Colombia. ....	150
Figura 5.39 Mapa de sismicidad cercana al área de trabajo (Anexo 19). ....	152
Figura 5.40 Distribución de sismos en función de la magnitud (MI). ....	153
Figura 5.41 Distribución de sismos en función de la profundidad (km). ....	154
Figura 5.42 Frecuencia acumulada de los sismos registrados en función de la profundidad (Sismos superficiales y sismos profundos). ....	155
Figura 5.43 Sismos localizados dentro del área de estudio (Anexo 20). ....	157
Figura 5.44 Sistema general de corrientes marinas superficiales para el mar Caribe....	160
Figura 5.45 Distribución de los diferentes tipos de depósitos que se han producido dentro del Abanico Submarino del Río Magdalena. ....	162
Figura 5.46 Disposición de las corrientes superficiales para el Caribe suroccidental para diferentes épocas del año. A) Agosto a Diciembre, B) Julio a Noviembre. ....	165
Figura 5.47 Porcentaje de las diferentes unidades dentro del área de estudio. ....	167

Figura 5.48 Intensidad de modelamiento del paisaje dentro del área de influencia (Anexo ).....	169
Figura 5.49 Evolución del Abanico Submarino del Magdalena. ....	176
Figura 5.50 Presión atmosférica, dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar. Presión Atmosférica (hPa), Velocidad (m/s) y Dirección (°) del Viento 1011, Líneas iguales de Presión (isobaras) cada 0.5 hPa Vector de Velocidad del Viento: ↑ -0.1 m/s; ↑ - 8 m/s. ....	178
Figura 5.51 Dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar en el mar Caribe colombiano durante los meses de abril y mayo. ....	179
Figura 5.52 Dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar en el mar Caribe colombiano durante los meses de junio, julio y agosto, de los cuales se compone la Época de veranillo.....	181
Figura 5.53 Dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar en el mar Caribe colombiano durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, de los cuales se compone la Época de Lluvias.....	183
Figura 5.54 Estructura de la Oscilación Madden-Julian. ....	185
Figura 5.55 Comportamiento de la OMJ a lo largo del planeta, a través de sus diferentes fases. ....	186
Figura 5.56 Climatología de los meses febrero (izquierda) y julio (derecha) en donde se observa la dirección del viento y teniendo en cuenta que los cuadros señalados en la gráfica reflejan las mayores velocidades en el área (mayores a 11 m/s). ....	188
Figura 5.57 Comportamiento de la AMO durante el siglo XX e inicios del siglo XXI. ....	193
Figura 5.58 Efecto AMO en la frecuencia de tormentas tropicales y huracanes en el Caribe desde comienzos de siglo XX.....	195
Figura 5.59 Condiciones climáticas anómalas que se encuentran asociadas con las fases de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO). Al costado izquierdo se observa la fase positiva mientras en el costado derecho se encuentra la fase negativa.....	196
Figura 5.60 Comportamiento de la PDO durante el siglo XX. ....	196
Figura 5.61 Representación esquemática de las diferentes condiciones climáticas que se producen en el Océano Pacífico. A) Condiciones normales, b) Condiciones durante El Niño y c) Condiciones durante La Niña.....	197
Figura 5.62 Índice Oceánico del Niño entre los años de 1950 y 2019. ....	199
Figura 5.63 Anomalías de dirección de flujo (m/s) y anomalías del origen de los ciclones tropicales durante las diferentes fases del evento ENSO. ....	201
Figura 6.1 El peso de las 35 acciones en relación con todos los componentes de los factores de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5. ....	204
Figura 6.2 El peso de las 35 acciones en relación con el componente abiótico de los factores de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5. ....	209
Figura 6.3 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Biótico de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5. ....	213

Figura 6.4 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Paisajístico de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	218
Figura 6.5 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Social de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	224
Figura 6.6 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Económico de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	230
Figura 6.7 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Cultural de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	236
Figura 6.8 Correlación entre las acciones teniendo en cuenta todos los componentes de los factores de la matriz. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5. ....	241
Figura 6.9 Correlación entre las acciones teniendo en cuenta todos los componentes de los factores de la matriz con sus diferentes agrupaciones. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5. ....	242
Figura 6.10 Correlación entre las acciones teniendo en cuenta el Componente Abiótico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	248
Figura 6.11 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Biótico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	252
Figura 6.12 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Paisajístico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5. ....	262
Figura 6.13 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Social. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	263
Figura 6.14 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Económico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5. ....	267
Figura 6.15 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Cultural. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	277
Figura 6.16 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo todos los factores. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	280
Figura 6.17 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo todos los factores. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	288

Figura 6.18 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Paisajístico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	291
Figura 6.19 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Social. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	295
Figura 6.20 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Económico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	298
Figura 6.21 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Económico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.....	302
Figura 7.1 Diagrama de flujo del modelo para la evaluación de impacto ambiental. ....	318



## Lista de tablas

Pág.

Tabla 3.1 Coordenadas del área de estudio.....	8
Tabla 4.1 Distribución de los diversos componentes de los factores que hacen parte de la matriz de impactos ambientales. ....	14
Tabla 4.2 Distribución de los diferentes tipos de acciones que se desarrollan en el territorio. ....	15
Tabla 4.3 Criterios evaluados dentro de los impactos ambientales.....	19
Tabla 4.4 Rangos de la Importancia ambiental de los impactos. ....	21
Tabla 4.5 Códigos utilizados para las acciones en el análisis estadístico.....	22
Tabla 5.1 Valores de los metales en los sedimentos en distintas partes del Caribe y su comparación con los valores obtenidos en el área de estudio. (Valores expresados en $\mu\text{g}^*\text{g}^{-1}$ y datos tomados a una profundidad de 0,5m).....	37
Tabla 5.2 Características de las masas de aguas en el mar Caribe. ....	43
Tabla 5.3 pH promedio en las diferentes masas de aguas. ....	45
Tabla 5.4 Concentración de metales en estudios de referencia cercanos al área de trabajo. ....	48
Tabla 5.5 Características de la marea meteorológica en diferentes lugares del Caribe colombiano.....	55
Tabla 5.6 Poblaciones costeras cercanas a la zona de trabajo. ....	84
Tabla 5.7 Características de las principales artes de pesca en la región del Caribe colombiano.....	112
Tabla 5.8 Factores que presentan una manifestación de proceso regional. ....	117
Tabla 5.9 Acciones con una manifestación de proceso regional.....	119
Tabla 5.10 Factores que presentan una manifestación proceso local.....	122
Tabla 5.11 Acciones que presentan una manifestación de proceso local. ....	125
Tabla 5.12 Sismos localizados dentro del área de estudio con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Los números son los eventos localizados en la Figura 5.43. ....	158
Tabla 5.13 Sismos localizados dentro del área de estudio con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. ....	158
Tabla 5.14 Unidades geomorfológicas del área de trabajo. ....	166
Tabla 5.15 Unidades de paisaje en función de la intensidad de modelamiento para la zona de trabajo. ....	170
Tabla 5.16 Actividad ciclónica en el Caribe en función por año desde 1900 hasta el 2008. Son estadísticas del número de Tormentas Tropicales (TT), No días para adquirir la condición de tormenta (NTC), Huracanes (H), No de días para adquirir la condición de huracán (NCH), Grandes Huracanes (GH), No de días para adquirir la condición de huracán (NCGH) y Energía Acumulada de ciclones (EAC).....	194
Tabla 5.17 Coordenadas de las diferentes regiones El Niño. ....	198
Tabla 5.18 Actividad ciclónica en el Caribe en relación con la aparición de los fenómenos ENSO y AMO. ....	202

Tabla 6.1 Escala de valoración del ICI. ....	203
Tabla 6.2 Importancia del Impacto de las diferentes acciones en relación todos los factores evaluados en el territorio. ....	205
Tabla 6.3 Importancia del Impacto negativo de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados del Componente Abiótico del territorio. ....	209
Tabla 6.4 Importancia de los impactos positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados en el Componente Biótico del territorio. ....	214
Tabla 6.5 Importancia del Impacto positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados en el Componente Biótico del territorio. ....	215
Tabla 6.6 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Paisajístico del territorio. ....	218
Tabla 6.7 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio. ....	225
Tabla 6.8 Importancia de los impactos positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio. ....	225
Tabla 6.9 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Económico del territorio. ....	231
Tabla 6.10 Importancia de los impactos positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Económico del territorio. ....	233
Tabla 6.11 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio. ....	237
Tabla 6.12 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio. ....	240
Tabla 6.13. Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 1. ....	242
Tabla 6.14 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 2. ....	243
Tabla 6.15 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 3. ....	244
Tabla 6.16 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 4. ....	244
Tabla 6.17 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 5. ....	245
Tabla 6.18 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 6. ....	246
Tabla 6.19 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 7. ....	246
Tabla 6.20 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 8. ....	247
Tabla 6.21 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 9. ....	249
Tabla 6.22 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 10. ....	249
Tabla 6.23 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 11. ....	250
Tabla 6.24 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 12. ....	251
Tabla 6.25 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 1 que hace parte del Componente Biótico. ....	253
Tabla 6.26 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hacen parte del Componente Biótico. ....	255
Tabla 6.27 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 3 que hacen parte del Componente Biótico. ....	257
Tabla 6.28 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 4 que hace parte del Componente Biótico. ....	258

Tabla 6.29 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 5 que hace parte del Componente Biótico. ....259

Tabla 6.30 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 6 que hace parte del Componente Biótico. ....260

Tabla 6.31 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 1. ....264

Tabla 6.32 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 2. ....264

Tabla 6.33 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 3. ....264

Tabla 6.34 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 4. ....265

Tabla 6.35 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 5. ....265

Tabla 6.36 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 6. ....265

Tabla 6.37 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 1 que hace parte del Componente Económico. ....268

Tabla 6.38 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hace parte del Componente Económico. ....268

Tabla 6.39 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 3 que hace parte del Componente Económico. ....269

Tabla 6.40 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 4 que hace parte del Componente Económico. ....270

Tabla 6.41 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 5 que hace parte del Componente Económico. ....271

Tabla 6.42 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 6 que hace parte del Componente Económico. ....272

Tabla 6.43 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 7 que hace parte del Componente Económico. ....273

Tabla 6.44 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 8 que hace parte del Componente Económico. ....274

Tabla 6.45 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 9 que hace parte del Componente Económico. ....274

Tabla 6.46 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 10 que hace parte del Componente Económico. ....275

Tabla 6.47 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 11 que hace parte del Componente Económico. ....276

Tabla 6.48 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 1 que hace parte del Componente Cultural. ....277

Tabla 6.49 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hace parte del Componente Cultural. ....277

Tabla 6.50 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hace parte del Componente Cultural. ....278

Tabla 6.51 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 4 que hace parte del Componente Cultural. ....	278
Tabla 6.52 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores. ....	282
Tabla 6.53 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Abiótico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5 .....	284
Tabla 6.54 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Abiótico. ....	286
Tabla 6.55 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Abiótico. ....	290
Tabla 6.56 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Paisajístico. ....	293
Tabla 6.57 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Social. ....	297
Tabla 6.58 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Económica.....	300
Tabla 6.59: Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Cultural. ....	304
Tabla 6.60 Jerarquización de las acciones en función del impacto en el área de trabajo. ....	307
Tabla 7.1. Recomendaciones para el manejo de ambientes marinos profundos a partir del entendimiento de procesos físicos. ....	319

## Introducción

Dentro del contexto regional, el suroccidente del mar Caribe colombiano se localiza en medio de la interacción de las placas Caribe y Suramericana (Beguigui *et al.*, 2004), dicha interacción ha sido fuente para el desarrollo de un talud compuesto por una serie de pliegues que están a su vez asociados a un lineamiento regional conocido como el Cinturón de Deformación del Sur del Caribe, el cual ha generado cambios en la configuración del talud, produciendo específicamente en el sector suroccidental del Caribe un prisma de acreción, el cual se expresa en una serie cuencas en medio de una cadena de colinas abisales.

Este contexto geológico ha sido fundamental para el desarrollo de las diferentes especies que actualmente habitan esta zona del planeta. En este sentido, se entiende como una de las regiones con mayor biodiversidad del planeta, debido a la presencia de múltiples ecosistemas que han sido integrados en una serie de relaciones con la actividad oceanográfica y climática, generando en diversos niveles una serie de conexiones que pueden verse alteradas si no se desarrolla un manejo adecuado de los recursos ecosistémicos.

A raíz de la evolución de los procesos geológicos, en esta región se han conformado una serie de yacimientos de gran valor económico para el interés del país, debido a su oferta de potenciales reservas de hidrocarburos (gas y crudo), que unidos con otras actividades antrópicas como lo son la pesca artesanal e industrial, el transporte marítimo y las comunicaciones, hacen del mar Caribe una zona de vital importancia para el desarrollo del país.

Sin embargo, la constante presión antrópica, si no es controlada, puede generar afectaciones a nivel físico a partir de cambios en la estabilidad del suelo y la roca, conformación de fenómenos de remoción en masa, alteración del paisaje, incrementando las posibles amenazas que puede afectar este tipo de ambientes profundos. Por otro lado, desde el punto de vista biológico, el incremento en las actividades humanas ha alterado la oferta de recursos ecosistémicos en esta región del país. Estos dos graves problemas unidos a la falta de información acerca de los ambientes marinos profundos como expone INVERMAR (2010) puede generar afectaciones irreversibles en todo el sistema.

Esto obedece a que los estudios realizados por diversos autores como, Vernette *et al.*, (1992), Duque-Caro (1994), Ercilla *et al.*, (2002), López (2005), Vinnels *et al.*, (2010), Alfaro & Holz (2014), entre otros, están enfocados en el entendimiento y caracterización de proceso geológicos, mas no estudios de impacto ambiental enfocados en un análisis físico del territorio, siendo esta, parte de la apuesta de esta investigación.

Es por ello que este trabajo, realiza una serie de planteamientos finales de una evaluación ambiental en función de establecer el nivel de impactos ambientales de los procesos geológicos en relación con los elementos preexistentes en el área de trabajo.

Por esta razón, el documento expresa de manera metodológica la implementación de una matriz de impactos ambientales que es el resultado de la combinación de la matriz de Leopold (1971) y Conesa (2010), evaluando en esta, nuevos paradigmas que involucran tanto procesos geológicos (acciones) como definición de elementos predispuestos en el territorio (factores). En el capítulo cinco, se realiza la caracterización ambiental de todos los factores y acciones presentes en el área de estudio, luego de ello, en el capítulo seis, se efectuó un análisis de la matriz a partir de un método estadístico que permitió establecer la manera en que interactúan las acciones y los factores en el territorio, generando tres tipos de análisis, uno de ellos, evalúa el peso de las acciones en función de los factores; el segundo, realiza un análisis de correlación en función de los factores, mientras que el tercero, establece un análisis de agrupación de acciones en función de los factores. Al final del mismo capítulo, se desarrolló un análisis del nivel de impacto de las acciones en el territorio que permitió establecer qué acciones generaron mayor impacto dentro del territorio.

Por último, en el capítulo final, a partir de los análisis anteriores, se generan una serie de lineamientos con el fin de establecer recomendaciones que permitan realizar proyectos antrópicos en el territorio de una manera sostenible.

# 1 JUSTIFICACIÓN

Los ambientes marinos profundos son regiones poco estudiadas, debido a que son espacios de difícil acceso por la connotación de offshore que los enmarcan en sistemas complejos para el análisis, no obstante, presentan una serie de características geológicas únicas tanto para el desarrollo de estructuras geológicas profundas (domos, pockmarks, etc), como el establecimiento de comunidades biológicas altamente sensibles como son las comunidades quimiosintéticas y los corales de profundidad.

Debido a que son ambientes con características geológicas particulares, con alta sensibilidad a cualquier alteración, es necesario conocer en ellos la sensibilidad ambiental para cada rasgo geológico que se presente en la región con el fin de establecer áreas que puedan tener una mayor sensibilidad, debido a que pueden ser sitios propicios para el desarrollo de alguna amenaza geológica potencial.

Sin embargo, la dificultad en la obtención de información primaria o secundaria por los altos costos para el desarrollo de datos, así como modelos, ha producido una serie de incógnitas acerca de los diversos procesos geológicos que se desarrollan en esta clase de ambientes. Por esta razón, la presente investigación generará conocimiento acerca de las diferentes características geológicas que se establecen en estos ambientes offshore profundos para una zona en particular del Caribe Colombiano, aportando entonces sobre las principales amenazas que este tipo de lugares conllevan, con el objetivo de limitar las acciones antrópicas en lugares de alto riesgo geológico, ya que en estos sitios se pretenden realizar distintos proyectos de gran interés para el país.

En este trabajo se evaluó la Importancia de Impacto de las acciones que transcurren en el territorio a partir de la construcción de una serie de matrices cualitativas de tipo Leopoldo, permitiendo identificar los diferentes procesos geológicos que han generado las mayores alteraciones sobre esta región del Caribe.

Así mismo, este trabajo centrará las bases para el desarrollo de una guía nacional para el perfeccionamiento de Estudios de Impactos Ambiental en zonas de offshore, con un énfasis en el componente físico de manera en que se evalúe todo el sistema como un universo integrado y no como la suma de elementos fragmentados sin vínculo alguno entre ellos.

Finalmente, aunque este trabajo no sea con fines económicos, si se despliega dentro de una de las regiones con mayores prospectos, debido al descubrimiento de importantes

reservas de hidrocarburo, por ende, este trabajo dará una pauta sobre cómo desarrollar las actividades de extracción de una manera sostenible.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar la sensibilidad ambiental de los diferentes elementos y procesos geológicos existentes en ambientes offshore del sector suroccidental del mar Caribe colombiano, a partir del registro matricial de la valoración de Importancia del Impacto.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Realizar una caracterización del medio físico de fondo de offshore de las diferentes zonas que se encuentran dentro del área de estudio.
2. Generar una matriz de diagnóstico de los diferentes elementos geológicos que puedan existir en el área de estudio.
3. Evaluar los diferentes elementos geológicos encontrados dentro de la matriz de chequeo.
4. Realizar una serie de matrices tipo Leopoldo por zonas de similitud paisajística, con el fin de evaluar las acciones o factores potencialmente afectables y su connotación ambiental en un Plan de Manejo Ambiental (PMA).
5. Analizar los resultados otorgados por la matriz. Desde la perspectiva de factores positivos o negativos afectables.
6. Evaluar la interacción de los diferentes elementos que se encuentren en el área de estudio.
7. Generar un diagnóstico del área en función de la sensibilidad ambiental de los elementos geológicos.
8. Realizar un análisis estadístico de la matriz de impactos con la finalidad de establecer el peso de las acciones en el territorio, la correlación existente acciones y factores, así como las posibles agrupaciones entre acciones todas ellas en función de los factores en el territorio.
9. Realizar un esquema de PMA para estas zonas (diagrama de flujo).
10. Dar las pautas de manera esquemática para una guía nacional de evaluación.



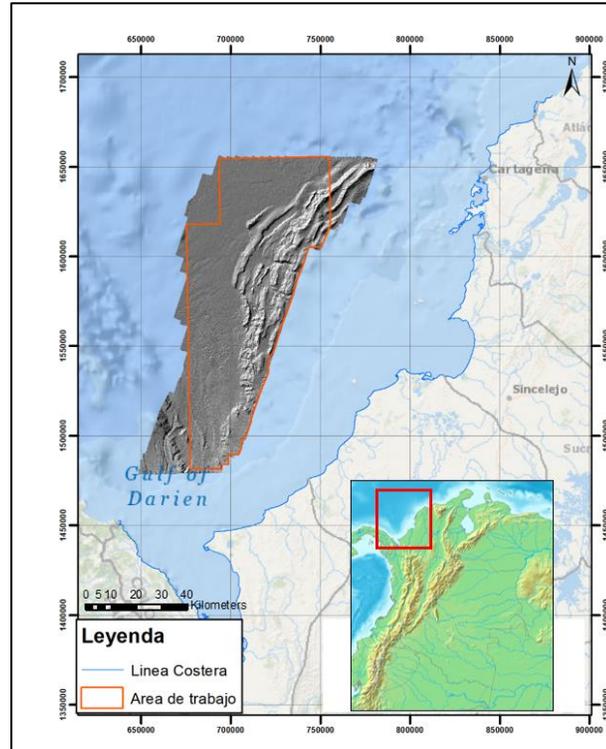
## 3 GENERALIDADES

### 3.1 Área de estudio

El área de estudio, se encuentra ubicada en el sector sur occidental del mar Caribe colombiano, a unos 42 km de la línea de costa del departamento de Córdoba, entre los 500 y 3.400 m de profundidad, abarcando una extensión total de 8.934,8 km<sup>2</sup> (Figura 3.1).

Se localiza entre las coordenadas A: 8°56'19,206"N, -77°0'37,328"W; B: 8°56'19,206"N, -77°0'37,328"W; J: 10°31'1,725"N, -76°18'57,640"W; K: 10°30'12,262"N, -76°52'40,385"W; M: 10°10'11,302"N, -77°2'22,340"W, las cuales están dentro del sistema de coordenadas geográficas y el datum WGS84 (Tabla 3.1).

**Figura 3.1 Localización del área de estudio dentro de la región del Caribe colombiano (Anexo1).**



Fuente: El autor.

Tabla 3.1 Coordenadas del área de estudio.

Vértices	Magna Colombia Bogotá		Geograficas WGS84	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
A	677.319,4137	1.481.518,5074	8°56'19,206"N	-77°0'37,328"W
B	695.266,0626	1.481.766,9401	8°56'19,206"N	-77°0'37,328"W
C	698.756,1121	1.484.017,2895	8°57'45,810"N	-76°48'57,083"W
D	704.305,7298	1.489.507,2202	9°0'45,637"N	-76°45'56,930"W
E	707.933,9011	1.498.131,6218	9°5'26,914"N	-76°44'0,329"W
F	721.054,1159	1.535.408,4244	9°25'42,089"N	-76°36'59,814"W
G	743.447,1144	1.605.050,2161	10°3'31,965"N	-76°25'2,229"W
H	750.417,3120	1.605.178,9353	10°3'37,747"N	-76°21'13,538"W
I	755.539,1355	1.617.322,5431	10°10'13,831"N	-76°18'28,189"W
J	754.911,3229	1.655.697,8491	10°31'1,725"N	-76°18'57,640"W
K	693.338,0365	1.654.670,8171	10°30'12,262"N	-76°52'40,385"W
L	694.030,4509	1.618.237,7434	10°10'28,101"N	-76°52'7,170"W
M	675.278,2463	1.617.887,3764	10°10'11,302"N	-77°2'22,340"W

Fuente: El autor.

Dentro de esta área, así como en sectores aledaños a la misma, se han caracterizado una serie de elementos de tipo geológico, biológico y social que se encuentran asociados a este tipo de ambientes marinos profundos.

## 3.2 Marco geológico regional del Caribe

La región litoral del caribe colombiano se ha dividido en dos regiones que tienen diferentes características estructurales. A la región septentrional se le asigna un régimen estructural de Transpresión-Transtensión situada entre la Falla de Canoas al norte de Cartagena y el sistema de fallas Oca-Santa Marta, mientras la región sur presenta una conformación estructural tipo acresional que se extiende entre las fallas de Canoas y de Uramita, siendo en esta región en donde se encuentra el área del presente estudio (Ruiz *et al.*, 2000).

Esta configuración estructural es el resultado de la convergencia de las placas tectónicas del Caribe y la Suramericana, las cuales se encuentran limitadas a su vez por la Sutura Romeral (Benguigui *et al.*, 2004). Según Taboada *et al.*, (2000), la relación entre las placas está descrita como una subducción con un ángulo muy bajo, sin embargo, este concepto discierne lo dicho por Cediel *et al.*, (2003), ya que este último propone que la interacción entre las dos placas es una colisión en la cual una de ellas está superpuesta de manera forzada sobre la otra dando origen a una estructura de cabalgamiento forzado. Otros autores por su parte proponen un nuevo bloque denominado Bloque Norandino, que incluye parte de los Andes septentrionales y el Caribe colombiano, cuya dirección relativa de movimiento es al nororiente con respecto a Suramérica Taboada *et al.*, (2000) (Figura

3.2). No obstante, los modelos para esta región están en discusión por muchos autores ya que hacen falta información o sus conclusiones están alejadas entre sí.

**Figura 3.2 Configuración tectónica de la esquina noroccidental de Suramérica así como el Caribe. Afr: placa Africana; BNA: Bloque Norandino; Car: Placa Caribe; Coc: Placa Cocos; NA: Placa Norteamericana.**



Fuente: Cediél *et al.*, (2003).

El resultado de esta interacción entre placas ha generado una serie de estructuras sobresalientes como la Sierra Nevada de Santa Marta, el Cinturón Plegado de San Jacinto, el Cinturón Plegado del Sinú y la Cuenca de Urabá que a su vez han tenido una fuerte influencia en la evolución tectono-estratigráfica y la evolución presente del noroeste de Colombia (Ruiz *et al.*, 2000).

La Sierra Nevada de Santa Marta es un terreno sumamente complejo de forma triangular que presenta elevaciones entre los 0 m y 5.775 m. Se encuentra limitado por las fallas regionales de la Falla Bucaramanga-Santa Marta que presenta una dirección de 60° NW y la Falla de Oca con dirección E-E, de igual manera, este terreno está confinado en la parte oriental por el Lineamiento del Cesar con una dirección preferencial NE-SW (Ingeominas, Ecopetrol-ICP, Invemar, 2008).

La sierra está conformada por rocas metamórficas de alto grado de edades precámbricas y paleozoicas, además de rocas metamórficas de medio a bajo grado de edades paleozoicas como mesozoicas, también se encuentran rocas plutónicas, volcánicas y sedimentarias que se originaron en el Mesozoico temprano. Además de las rocas

previamente señaladas aparecen un grupo de rocas sedimentarias cretácicas, paleógenas y neógenas todas ellas con el mismo ambiente de origen marino somero a transicional, mientras que otras rocas se originan a partir de depósitos fluviales, fluvio-glaciares y glaciares jóvenes, todos ellos asociados a ambientes continentales. El borde occidental de la sierra es un cinturón estrecho y elongado que abarca Bosconia y Santa Marta, esta estructura está compuesta de lineamientos con direcciones rumbo-deslizantes sinistral orientadas al NW, conformadas en relevos derechos (right stepover) provocando conexiones mediante estructuras transpresivas con convergencia al NW (Ingeominas, Ecopetrol-ICP, Invemar, 2008).

El Cinturón Plegado de San Jacinto está caracterizado por ser la parte interior del prisma de acreción con estratos deformados del Cretáceo y el Paleoceno. Este cinturón se ha interpretado como un rift invertido o en su defecto un graben, como resultado de la apertura del Atlántico. La formación de esta unidad es sumamente compleja y está relacionada con la interacción de la Placa Caribe con las placas de Nazca, Suramericana y Cocos. Entre el Oligoceno y el Mioceno el Cinturón Plegado de San Jacinto emergió en algunas zonas, mientras que en otros lugares se estaban dando fenómenos de sedimentación. Finalmente, entre el Plioceno y el Pleistoceno se produjo el levantamiento, plegamiento y fallamiento por consecuencia de la actividad tectónica norandina (Caro y Spratt, 2003).

El Cinturón Plegado del Sinú hace parte de la cuña o Prisma de Acreción del Caribe Sur, que se extiende desde la región de Urabá hasta Venezuela a lo largo de la margen sur del mar Caribe (Flinch, 2003). Esta estructura regional representa la parte más joven expuesta del prisma, que consiste principalmente de imbricaciones del Eoceno y el Oligoceno suprayacidos por cuencas piggyback. Algunos autores como Laverde (2000) y Flinch, (2003) destacan el papel de las fallas rumbo-deslizantes transversales (cross-cutting strike-slip faults) en el área de los cinturones Sinú - San Jacinto.

La Cuenca de Urabá se localiza al occidente de la Falla Uramita y se extiende hasta el Arco de Dabeiba. Según Flinch (2003) es una cuenca de tipo flexural, cuyo basamento constituido por corteza oceánica, aflora en la Serranía del Darién, así mismo, este basamento se encuentra cubierto inconformemente por una espesa secuencia vulcanoclástica. Por otro lado, la información sísmica sugiere que el basamento se encuentra afectado por fallas normales, que han generado bloques hundidos y levantados, imbricados, que le confieren a la cuenca una geometría de semi-graben, como lo muestran los modelos de Flinch (2003). En esta se ha estudiado ampliamente el comportamiento de las diferentes estructuras geológicas de las cuales se resalta la presencia de fallas corticales que representan una gran amenaza y se encuentran vinculadas en la región de Urabá por el sistema de fallas Murindó-Mutatá (sutura de Dabeiba), responsable de grandes sismos y con un nido sísmico bien definido en Murindó.

El área de estudio se encuentra localizada entre dos ambientes estructurales, el primero ubicado en el sector oriental del área y se asocia al Prisma de Acreción del Caribe Sur, el cual se ha ido formando a partir de los esfuerzos generados entre el bloque Norandino y la placa Caribe, y el cual se expresa principalmente en el talud continental y parte de la

cuenca fore arc. El segundo ambiente estructural se encuentra al noroccidente del prisma situándose en la región occidental del área de estudio y siendo representado por una amplia cuenca que se compone a su vez por una serie de diversas planicies abisales que están conformadas por series de sedimentos del fondo oceánico que abarcan edades entre el Mesozoico y el Cenozoico, cubriendo un basamento oceánico que se formó a finales del Jurásico (Cediel *et al.*, 2003).

Este tipo de configuración estructural será fundamental para el entendimiento de los diferentes procesos que ocurren dentro de las áreas de estudios y las posibles amenazas que se puedan desarrollar dentro del área de estudio.



## 4 METODOLOGÍA

Para efectuar los objetivos planteados fue necesario desarrollar una serie de actividades que están divididas en diversas fases. La primera fase se desarrolló en el campo en donde se recolectaron los datos para procesar el modelo de elevación digital, la segunda fase es el análisis de datos y desarrollo de imágenes de la línea base. La tercera fase hace referencia al desarrollo de la caracterización de los diferentes elementos geológicos dispuestos en la zona. La cuarta fase hace acotación a la construcción de los mapas en la plataforma Sistema de Información Geográfica (SIG). Al finalizar todas las etapas anteriores se inició con la quinta fase, en donde se planteó la construcción de una matriz que contemple todos los elementos previamente descritos, haciendo énfasis al componente abiótico de los sistemas. Durante, la sexta fase se realizó un análisis de carácter estadístico con el objetivo de entender las diferentes interacciones que se generaron dentro de la matriz, siendo efectuado tres tipos de análisis arrojando diversos resultados que fueron discutidos en sus títulos. En la séptima fase se empleó un diagrama de flujo esquemático de la evaluación de la importancia de impacto. En la última se ha discutido los diferentes resultados obtenidos en el trabajo, con el fin de poder dar algunos lineamientos, así como consideraciones sobre la manera de abordar algunas prácticas antrópicas en este tipo de ambientes marinos profundos. A continuación, se explicará de manera detallada cada una de las fases mencionadas:

### 4.1 Fase de recopilación y procesamiento de información

Se realizó una fase de captura de información a partir del desarrollo metodológico de un mosaico de datos batimétricos obtenidos a partir de varios levantamientos de ecosonda multibeam y batimetría de exploración por interferometría de sonar. Con esta serie de procesos se consolidó un modelo de elevación digital con la finalidad de obtener un modelo de la superficie de fondo marino en áreas de offshore, así mismo la calidad de este es de una resolución de 15 metros por pixel, el cual será fundamental para el análisis de la línea base para todo el territorio. Así mismo, este modelo fue esencial para el desarrollo de las fases de caracterización ambiental y el análisis matricial de impactos.

Es importante mencionar que la obtención de la información se realizó a través de la página oficial de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), siendo descargados los diferentes archivos de la carpeta LAV 0052, considerándolos como archivos de libre acceso.

## 4.2 Integración y análisis del modelo de elevación digital

A partir de la obtención del modelo de elevación de profundidad, se identificaron los diferentes elementos de fondo, ya sean de carácter geológico o geomorfológico, y se cartografiaron a escalas 1:25:000, 1:50.000 o incluso 1:100.000, dependiendo de las características del elemento observado y del nivel de detalle obtenido en el modelo de elevación de profundidad. Para obtener una mejor caracterización de los diferentes rasgos encontrados dentro del área de estudio, se generó un modelo de pendientes que permitió establecer de mejor manera las características topográficas del terreno. Otras herramientas cartográficas que se usaron para la caracterización de otros elementos necesarios para la caracterización ambiental fueron las consultas en las bases de datos del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por siglas en inglés) en donde se extrajeron los reportes del historial de los eventos sísmicos generados en la región suroccidental del Caribe colombiano. Por otro lado, para la caracterización de elementos biológicos se tomaron los datos de fuentes oficiales como Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR) y Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Al identificar todos estos elementos se procede a realizar una caracterización ambiental de los mismos, para luego incluirlos dentro de la matriz de impactos, ya sean como factores o acciones.

## 4.3 Caracterización ambiental del área de estudio

Para realizar una evaluación ambiental del área de estudio se hizo necesario describir los diferentes aspectos que se encuentran en el territorio. Estos aspectos incluyen el análisis de los componentes abiótico, biótico, paisajístico, social, económico y cultural, los cuales a su vez incluyen subcomponentes con factores especificados.

Los factores son todos los elementos que se encuentren dentro del área de trabajo o se relacionen con la misma y están distribuidos en un total de seis componentes, los cuales han sido denominados en la Tabla 4.1 . No obstante, es importante mencionar que cada uno de los factores describen las características intrínsecas del territorio desde de un análisis integral.

**Tabla 4.1 Distribución de los diversos componentes de los factores que hacen parte de la matriz de impactos ambientales.**

<b>COMPONENTE ABIÓTICO DE LOS SISTEMAS</b>	<b>SUBCOMPONENTE TERRESTRE</b>	Estructuras geológicas superficie de fondo marino
		Rocas Superficiales
		Condiciones naturales del suelo
		Pendientes
	<b>SUBCOMPONENTE HÍDRICO</b>	Columna de agua
		Agua de las formaciones (superficiales)

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

	<b>SUBCOMPONENTE ATMOSFÉRICO</b>	Condición climática del territorio
<b>COMPONENTE BIÓTICO</b>	<b>SUBCOMPONENTE DE BIOTA</b>	Biota en sistemas marinos
<b>COMPONENTE PAISAJÍSTICO</b>	<b>SUBCOMPONENTE DE PAISAJE</b>	Geomorfología
		Paleotopografía
<b>COMPONENTE SOCIAL</b>	<b>SUBCOMPONENTE DE ÁMBITO SOCIAL Y FORMATIVO</b>	Población
		Conocimiento de la sensibilidad de los elementos ante las amenazas
		Legislación temática
		Comunidad científica
<b>COMPONENTE ECONÓMICO</b>	<b>SUBCOMPONENTE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>	Actividades de pesca
		Presencia de Obras antrópicas
		Zonas potenciales de exploración
<b>COMPONENTE CULTURAL</b>	<b>SUBCOMPONENTE DE TRADICIÓN Y PATRIMONIO CULTURAL</b>	Arqueología
		actividades de pesca

Fuente: El autor.

Del mismo modo, por la dinámica del medio del área de estudio se caracterizaron una serie de actividades naturales que se desarrollan en el territorio y que ocurren sin la intervención del ser humano, para la presente investigación a estas actividades, que en realidad son procesos de carácter geológico que se han desarrollado en la región, se les ha denominado como *acciones* que tienen un enfoque de tipo físico y que generan alteraciones en cualquiera de los componentes. Para efectos del área de trabajo se han caracterizado un total de nueve tipos de acciones que se encuentran clasificadas a su vez en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2 Distribución de los diferentes tipos de acciones que se desarrollan en el territorio.**

<b>Tipo de acciones</b>	<b>Acciones de rango 1</b>	<b>Acciones rango 2</b>
<b>Manifestación del proceso</b>	Regional	
	Local	
<b>Fenómenos de remoción en masa</b>	Deslizamientos	
	Reptación	
	Sofusión	
	Solifluxión	
	Colapsamiento o hundimiento	
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	
<b>Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas</b>	Procesos asociados a diapirismo	Domos diapíricos

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Tipo de acciones	Acciones de rango 1	Acciones rango 2
		Volcanes de lodo
		Domos salinos
	Procesos de naturaleza intrusiva	Ígneo
<b>Dinámicas sedimentarias</b>	Zonas erosivas	
	Zonas de transporte	
	Zonas de depositación	
<b>Actividad tectónica</b>	Movimiento de falla	
	Deformación plástica	
	Deformación rígida	
	Contacto de Placa	
<b>Actividad sísmica</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50km.	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 -100km.	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0.	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0.	
<b>Corrientes submarinas</b>	Corriente	
	Corriente turbidítica	
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina	
	Zona con corrientes de baja intensidad	
<b>Modelamiento de Paisaje</b>	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	
	Intensidad del Modelamiento del paisaje	
	Alteración estructural en el paisaje	
	Cambios de la zona litoral	
<b>Variabilidad climática del territorio</b>	Estacionalidad del clima	

Tipo de acciones	Acciones de rango 1	Acciones rango 2
	Estacionalidad de evento	
	Fenómeno ENSO	

Fuente: El autor.

## 4.4 Construcción de mapas temáticos

Al realizar la caracterización ambiental de los factores y acciones inherentes al territorio se han generado mapas temáticos con el objetivo de entender las implicaciones de dichos factores y acciones en el establecimiento de las condiciones naturales de la zona. Dicho esto, estos mapas también son fuente para el entendimiento de las posibles interacciones existentes en el área de trabajo entre los factores y los posibles impactos que generan las acciones que allí se producen.

Esta serie de mapas han registrado los diferentes elementos del ámbito geológico en donde se han descrito las unidades de paisaje (geomorfología local y geomorfología regional), pendientes, las dinámicas sedimentarias (erosión, transporte y depositación), los fenómenos de remoción en masa (reptación, sufusión, solifluxión, flujos de sedimentos de alta velocidad), los domos diapíricos y la localización de sismos.

Frente al ámbito biológico es preciso reconocer que varios de los elementos caracterizados fueron extraídos de fuentes secundarias de reconocidos entes de investigación como lo son el INVEMAR, Parques Nacionales Naturales de Colombia, entre otras, por lo que no se realizó una construcción propia de mapas.

En el ámbito social se desarrolló un mapa asociado con la temática de delimitación de áreas que tengan desde un punto de vista legal una connotación especial, como es el caso de las áreas de Parques Nacionales de Colombia. Por su parte, las Áreas Significativas de Biodiversidad se abordaron a partir de información secundaria proporcionada por artículos del INVEMAR.

En el ámbito económico la localización de las actividades de pesca de tipo industrial se realizó a partir de la revisión de fuentes de carácter secundario, proporcionados principalmente por el INVEMAR. En cuanto al desarrollo de mapas asociados a la presencia de redes submarinas, el origen de esta información procede de la carpeta LAV 0052 procedente de la página de la ANLA, compilando también la información acerca del Mapa de Tierras 2014 en donde se establecen las áreas de interés económico.

Por último, para el ámbito cultural se hizo una recopilación de las rutas marítimas antiguas con la finalidad de entender los posibles naufragios que se encuentren en el territorio del mar Caribe en donde se localiza el área de estudio. La localización de las actividades de pesca artesanal se realizó a partir de la revisión de fuentes de carácter secundario, proporcionados principalmente por el INVEMAR.

## 4.5 Planteamiento y construcción de la matriz de Importancia de Impacto

El origen del desarrollo de una matriz que genere una visión diferente en la manera en que se evalúan los distintos impactos en los territorios, se produce a partir de la observación de las matrices realizadas para cualquier análisis de evaluación ambiental, ya que en ellas se vislumbra una falta de rigurosidad en el ámbito geológico, al no evaluar una gran cantidad de posibles elementos que puedan encontrarse en los territorios a analizar. Por esta razón, en este trabajo se implementó una matriz que tenga un enfoque de mayor profundidad, desde el punto de vista físico, de las diferentes afectaciones que se generan en la región, siendo este un punto de partida para el análisis del territorio previo a cualquier afectación de carácter antrópica, ya que el objetivo es entender los procesos que se dan en el mismo y evaluar los impactos de estos sobre el desarrollo de la estabilidad dentro de este tipo de ambientes.

Como base fundamental para el desarrollo de esta matriz de impactos ambientales fue necesario la recopilación bibliográfica de los diferentes métodos empezando esta recopilación por el origen de los estudios de impacto ambiental que se remontan al año de 1970, en donde en Estados Unidos se implementa la Ley Nacional sobre Política Medio Ambiental (NEPA por sus siglas en inglés), la cual tiene como objetivo entregar parámetros para la ejecución de leyes ambientales, así como la coordinación de todo el proceso de Estudios de Impacto Ambiental (EIA), siendo una ley que regula la planificación y evaluación de proyectos en años posteriores (García, 2004; De la Maza, 2007).

Para Colombia, el desarrollo de este tipo de matrices de impactos ambientales, es fundamental en todo el proceso de licenciamiento ambiental de acuerdo con lo establecido en la Ley 99 de 1993, el cual requiere de la presentación y aprobación de Estudios de Impacto Ambiental (EIA), que implican la formulación de un Plan de Manejo Ambiental (PMA) y en algunos casos, de la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) (CGR, 2017). Igualmente, son aplicables en las Evaluaciones Ambientales Estratégicas (EAE), como instrumento para la incorporación de criterios ambientales en las políticas, planes y programas de los distintos sectores (Gómez, 2010).

A través del tiempo se han ido implementando diversas metodologías enfocadas en el desarrollo de una manera más integral la gestación de la matriz de impactos. Entre estas metodologías se reconocen las listas de comprobación o Check list, la Matriz de Leopold, Metodología Cualitativa, Sistema de Evaluación ambiental Batelle, Método de Transparencias, Análisis de Costos-Beneficios, Modelos de Simulación y Sistemas Basados en un Soporte Informatizado del territorio (De La Maza, 2001; De La Maza, 2007; Rosero *et al.*, 2016), de las cuales para efectos de este trabajo se utilizaron como base la metodología cualitativa y el método de Leopold para la construcción de una nueva matriz.

El Método de Leopold se diseñó como herramienta para la evaluación de los impactos asociados con proyectos mineros, sin embargo, su uso posteriormente fue implementado en proyectos de infraestructura durante los años de 1970 por el Servicio Geológico del

Departamento del Interior de los Estados Unidos (García, 2004). Este método radica en producir una matriz con doble entrada, poniendo en las filas los factores ambientales, y en las columnas las actividades que van desarrollarse en un proyecto, para efectos de esta investigación las columnas serán las acciones que tendrán impactos en el territorio (Conesa, 2010 citado por Rosero *et al.*, 2016). En esta clase de matrices se evalúan dos conceptos importantes la magnitud y la importancia del impacto, así como naturaleza positiva o negativa.

La Metodología cualitativa diseñada por Conesa (1993) se basa en una calificación de 11 criterios que tienen como objetivo la realización de una reconstrucción más detallada del impacto ambiental en el territorio. De esta manera, cada criterio se evalúa de manera subjetiva a partir de escalas cualitativas a los cuales se asigna un valor numérico, así como la naturaleza del impacto (positiva o negativa).

En la nueva matriz construida se formularon una serie de modificaciones al método de Leopold (1971), Conesa (1997) y Conesa (2010), añadiendo en primer lugar los de conceptos magnitud e importancia de impactos a los 11 criterios mencionados en la metodología de la matriz cualitativa. Por consiguiente, la definición de magnitud se expresa como la suma de la intensidad con la extensión y la persistencia que fue puesta en la superior izquierda en la matriz de impactos.

En la Tabla 4.3 se consignan tanto los criterios como su definición y el peso de evaluación otorgado para el presente trabajo, que se diferencian a su vez, de los pesos propuestos en el trabajo de Conesa (2010) y Vera & Caicedo (2014).

**Tabla 4.3 Criterios evaluados dentro de los impactos ambientales.**

<b>Criterios</b>	<b>Características</b>	<b>Opciones</b>	<b>Presente estudio</b>
<b>Naturaleza (+/-)</b>	Impacto positivo: corresponde al aumento o la modificación beneficiosa del valor natural, cultural, paisajístico, de productividad ecológica o la disminución de los perjuicios derivados de factores naturales y los demás riesgos ambientales, relacionados con la estructura ecológica y geográfica de una zona determinada (*).	(+)	(+)
	Impacto negativo: corresponde a la disminución o modificación adversa del valor natural, cultural, paisajístico, de productividad ecológica o el aumento de los perjuicios derivados de factores naturales y los demás riesgos ambientales, relacionados con la	(-)	(-)

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

<b>Criterios</b>	<b>Características</b>	<b>Opciones</b>	<b>Presente estudio</b>
	estructura ecológica y geográfica de una zona determinada (*).		
<b>Intensidad (I)</b>	Es el grado de afectación que presenta el impacto sobre el territorio	Baja (1) Media (2) Alta (4) Muy alta (8) Total (12)	Baja (2) Media (4) Alta (6)
<b>Extensión (E)</b>	Es la magnitud del área afectada por el impacto.	Puntual (1) Parcial (2) Extensa (4) Total (8) Crítica (+4)	Puntual (2) Intermedio (4) Generalizado (6)
<b>Momento (MO)</b>	Se califica de acuerdo con el tiempo transcurrido entre la Actividad y la manifestación del impacto.	Largo plazo (1) Mediano plazo (2) Corto plazo (3) Inmediato (4) Critico (+4)	Largo (cientos de años) (2) Mediano (años) (4) Corto (días) (6)
<b>Persistencia (PE)</b>	Evalúa el tiempo de permanencia del impacto.	Fugaz o momentáneo (1) Temporal o transitorio (2) Pertinaz o persistente (3) Permanente o constante (4)	Corto (2) Mediano (4) Largo plazo (6)
<b>Reversibilidad (RV)</b>	Es la capacidad que presenta el factor ambiental afectado	Corto plazo (1) Mediano plazo (2) Largo plazo (3) Irreversible (4)	Corto (2) Mediano (4) Irreversibilidad (6)
<b>Recuperabilidad (MC)</b>	Es la posibilidad de que el factor ambiental se reconstruya a partir de la intervención humana.	Recuperable de manera inmediata (1) Recuperable en el corto plazo (2) Recuperable en el mediano plazo (3) Recuperable en largo plazo (4) Mitigable, sustituible o compensable (4) Irrecuperable (8)	Recuperable (2) Parcial (4) Irrecuperable (6)
<b>Sinergia (SI)</b>	Es la capacidad que presenta la acción de interactuar con otras para amplificar sus efectos en el territorio.	Sin sinergismo o simple (1) Sinergismo moderado (2) Muy sinérgico (4)	Bajo (2) Medio (4) Alto (6)
<b>Acumulación (AC)</b>	Califica el incremento progresivo del impacto	Simple (1) Acumulativo (4)	No (2) Si (4)
<b>Efecto (EF)</b>	Es la forma de manifestación del efecto sobre el factor como consecuencia de la acción.	Indirecto o secundario (1) Directo o primario (4)	Indirecto (2) Directo (4)

Crterios	Características	Opciones	Presente estudio
<b>Periodicidad (PR)</b>	Es la regularidad con la que se manifiesta el efecto en el territorio.	Irregular, aperiódico y esporádico (1) Periódico o de regularidad intermitente (2) Continuo (4)	Discontinuo (2) Periódico (4) Continuo (6)

Fuente: Modificado de Conesa, (2010); (\*) Vera & Caicedo, (2014).

A partir de la sumatoria de estos 11 criterios se establece un concepto denominado como Importancia del Impacto, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$I = +/- (3I + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Rc)$$

Siendo I: intensidad, EX: extensión, Mo: momento, Per: persistencia, Rv: reversibilidad, Si: sinergia, Ac: Acumulación, Ef: efecto, Pr: periodicidad y Rc: recuperabilidad.

El resultado de esa sumatoria es la Importancia de Impacto que expresa como positiva o negativa en una serie rangos específicos que se expresa en la Tabla 4.4.

**Tabla 4.4 Rangos de la Importancia ambiental de los impactos.**

IMPACTOS NEGATIVOS	IMPACTOS POSITIVOS	RANGOS
Irrelevante	Leve	26 - 38
Moderado	Medio	39- 50
Severo	Significativo	51-62
Critico	Beneficioso	63-74

Fuente: Conesa (2010).

La matriz ambiental se compone de los valores de magnitud en la casilla superior derecha y de importancia de impacto ambiental en la casilla inferior derecha, siendo el resultado de todos los procesos anteriormente escritos, lo cual genera una matriz única (Anexo 2a y Anexo 2b).

## 4.6 Análisis estadístico de la matriz de impactos ambientales

Con el objetivo de establecer correlaciones y grupos entre las diferentes interacciones de la matriz de una manera objetiva, se planteó la necesidad del enfoque estadístico; para ello fue de vital importancia la inclusión del grupo de estadística de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín en cabeza del profesor Juan Carlos Salazar. Se realizaron una serie de reuniones para contextualizar el tema y de allí se planteó la idea de generar un coeficiente que permitiera establecer la relación entre la magnitud y la importancia del impacto ambiental, el cual se denominó Índice de Cuantificación de Impacto (ICI).

Este coeficiente de impacto fue realizado dentro de cada uno de los factores principales siendo jerarquizados de la siguiente manera y codificados en la Tabla 4.5.

- Componente Abiótico (32 subniveles)
- Componente Biótico (3 subniveles)
- Componente Paisajístico (26 subniveles)
- Componente Social (7 subniveles)
- Componente Económico (3 subniveles)
- Componente Cultural (2 subniveles)

**Tabla 4.5 Códigos utilizados para las acciones en el análisis estadístico**

<b>Código</b>	<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría 1</b>	<b>Subcategoría 2</b>
<b>A11</b>	Manifestación del proceso	Regional	
<b>A21</b>	Manifestación del proceso	Local	
<b>B11</b>	Fenómenos de remoción en masa	Deslizamientos	
<b>B21</b>	Fenómenos de remoción en masa	Reptación	
<b>B31</b>	Fenómenos de remoción en masa	Sofusión	
<b>B41</b>	Fenómenos de remoción en masa	Soliflucción	
<b>B51</b>	Fenómenos de remoción en masa	Colapsamiento o hundimiento	
<b>B61</b>	Fenómenos de remoción en masa	Flujos de sedimentos de alta velocidad	
<b>C11</b>	Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas.	Procesos asociados a diapirismo	Domos diapíricos
<b>C12</b>	Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas.	Procesos asociados a diapirismo	Volcanes de lodo
<b>C13</b>	Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas.	Procesos asociados a diapirismo	Domos salinos
<b>C21</b>	Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas.	Procesos de naturaleza intrusiva	Ígneo
<b>D11</b>	Dinámicas sedimentarias	Zonas erosivas	
<b>D21</b>	Dinámicas sedimentarias	Zonas de transporte	
<b>D31</b>	Dinámicas sedimentarias	Zonas de depositación	
<b>E11</b>	Actividad tectónica	Movimiento de falla	
<b>E21</b>	Actividad tectónica	Deformación plástica	
<b>E31</b>	Actividad tectónica	Deformación rígida	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

<b>Código</b>	<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría 1</b>	<b>Subcategoría 2</b>
<b>E41</b>	Actividad tectónica	Contacto de Placa	
<b>F11</b>	Actividad sísmica	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI.	
<b>F21</b>	Actividad sísmica	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI; profundidad menor a 50 km.	
<b>F31</b>	Actividad sísmica	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI; profundidades entre 50 -100 km.	
<b>F41</b>	Actividad sísmica	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0 MI.	
<b>F51</b>	Actividad sísmica	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.	
<b>G11</b>	Corrientes submarinas	Corriente	
<b>G21</b>	Corrientes submarinas	Corriente turbidítica	
<b>G31</b>	Corrientes submarinas	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina	
<b>G41</b>	Corrientes submarinas	Zona con corrientes de baja intensidad	
<b>H11</b>	Modelamiento de Paisaje	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	
<b>H21</b>	Modelamiento de Paisaje	Intensidad del Modelamiento del paisaje	
<b>H31</b>	Modelamiento de Paisaje	Alteración estructural en el paisaje	
<b>H41</b>	Modelamiento de Paisaje	Cambios de la zona litoral	
<b>I11</b>	Variabilidad Climática del territorio	Estacionalidad del clima	
<b>I21</b>	Variabilidad Climática del territorio	Estacionalidad de evento	
<b>I31</b>	Variabilidad climática del territorio	Fenómeno ENSO	

Fuente: El autor.

El índice es el resultado de la siguiente formula:

$$ICI = Sign \times Nivel\ de\ impacto \times \left( 1 - \frac{Magnitud}{Importancia\ de\ Impacto} \right)$$

Donde:

Sign: Es igual a +1, si el impacto es positivo y -1, si el impacto es negativo, siendo realizado con la naturaleza del impacto.

Impacto positivo: corresponde al aumento o la modificación beneficiosa del valor natural, cultural, paisajístico, de productividad ecológica o la disminución de los perjuicios derivados de factores naturales y los demás riesgos ambientales, relacionados con la estructura ecológica y geográfica de una zona determinada (Vera & Caicedo, 2014).

Impacto negativo: corresponde a la disminución o modificación adversa del valor natural, cultural, paisajístico, de productividad ecológica o el aumento de los perjuicios derivados de factores naturales y los demás riesgos ambientales, relacionados con la estructura ecológica y geográfica de una zona determinada (Vera & Caicedo, 2014).

Nivel de impacto: Se toman los valores 1, 2, 3 y 4 según la clasificación por rangos utilizada en la Tabla 4.4, siendo para un impacto negativo, 1 irrelevante, 2 moderado, 3 severo y 4 crítico. Por otro lado, si el impacto es positivo el valor 1 es leve, 2 medio, 3 significativo y 4 beneficioso.

Por último, la magnitud e importancia de impacto ambiental fueron definidas a partir del proceso realizado en el anterior numeral.

De igual manera, con este coeficiente se elaboró una matriz que tiene la capacidad de ser evaluada mediante métodos estadísticos que se van a explicar a continuación, sin embargo, en el Anexo 3 se encuentra esta matriz.

Estos códigos van ser fundamentales en el entendimiento de las figuras realizadas para el capítulo de análisis estadístico.

El análisis estadístico consiste en tres tipos de análisis:

- Interacción entre los factores y las acciones de la matriz.
- Correlaciones entre las acciones dentro de cada uno de los factores.
- Agrupación de las acciones teniendo en cuenta de las similitudes a partir euclidiana existente entre los conjuntos de puntos.

## **4.7 Diagrama de flujo del esquema de la Evaluación del Impacto**

Se realizó un esquema de diagrama de flujo de la evaluación del impacto, a partir de los factores y acciones identificados, así como de su análisis en función del peso, correlación y agrupación, partiendo de la matriz de impactos. Esto permitió establecer algunos parámetros que indican posibles asociaciones de acciones que se dan entre procesos geológicos, así como su importancia en la afectación de los factores preexistentes en el territorio. A partir del entendimiento de estas interacciones se propusieron lineamientos de manejo enfocados en el análisis físico del territorio que a futuro pueden ser parte de un plan de manejo integral.

## **4.8 Discusión de resultados y lineamientos de manejo desde el punto de vista físico**

Finalmente, con la información de la matriz de impacto ambiental en función de los factores y acciones, se hicieron análisis que permitieron establecer la correlación, la agrupación y el peso de los diferentes procesos geológicos, climáticos y oceanográficos, determinando su incidencia en el área de estudio, que permitieron identificar sectores con mayor inestabilidad física, sobre los cuales se proponen una serie de recomendaciones para su uso.



## **5 RESULTADOS**

### **5.1 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE TRABAJO**

En este capítulo se hace una descripción de los 72 factores que se encuentran localizados dentro del área de trabajo y los cuales se agrupan en seis componentes: abiótico, biótico, paisajístico, social, económico y cultural, referidos en el Capítulo 4 de metodología (Tabla 4.1).

Igualmente, se describen las 35 acciones que aparecen dentro del área de trabajos y las cuales se distribuyen en 9 grupos, como se presentó en el Capítulo 4 de metodología (Tabla 4.2).

#### **5.1.1 Factores**

##### **5.1.1.1 Componente abiótico de los sistemas**

Este componente está compuesto de todos los factores abióticos que se encuentran dentro del área de estudio, sin embargo, este componente maneja factores que tienen diversos enfoques, ya que pueden desarrollarse en el aire, en el agua o en la tierra, por esta razón para una mejor caracterización del medio este Subcomponente Abiótico, se ha subdividido a su vez en tres componentes denominados como Componente Terrestre, Subcomponente Hídrico y Subcomponente Atmosférico, de los cuales, a su vez cada uno de ellos tendrá una serie de factores que caracterizarán el área de estudio desde el punto de vista físico.

##### **5.1.1.1.1 Subcomponente terrestre**

En este subcomponente se describen las estructuras geológicas de superficie de fondo marino, las características per se de las rocas, las condiciones naturales del sedimento y la distribución de pendientes que se encuentran dentro del área de estudio.

##### **5.1.1.1.1.1 Estructuras geológicas de superficie de fondo**

Son rasgos en la roca que están representadas en las características geométricas distintivas como es el caso de la forma o tamaño relacionales sus límites, su orientación,

así como su distribución geográfica. Estas estructuras dependiendo de su origen pueden clasificarse como primarias y secundarias (Davis *et al.*, 2002). Las primarias hacen referencia a las estructuras formadas en el mismo momento en que se forman las rocas siendo el resultado de los procesos de depositación o emplazamiento. Por otro lado, las estructuras secundarias se generan en un momento posterior al origen de la roca, ya que es el resultado de un esfuerzo externo que produce cambios en la roca, siendo las más reconocidas como pliegues, fallas fracturas y foliación (Davis *et al.*, 2002).

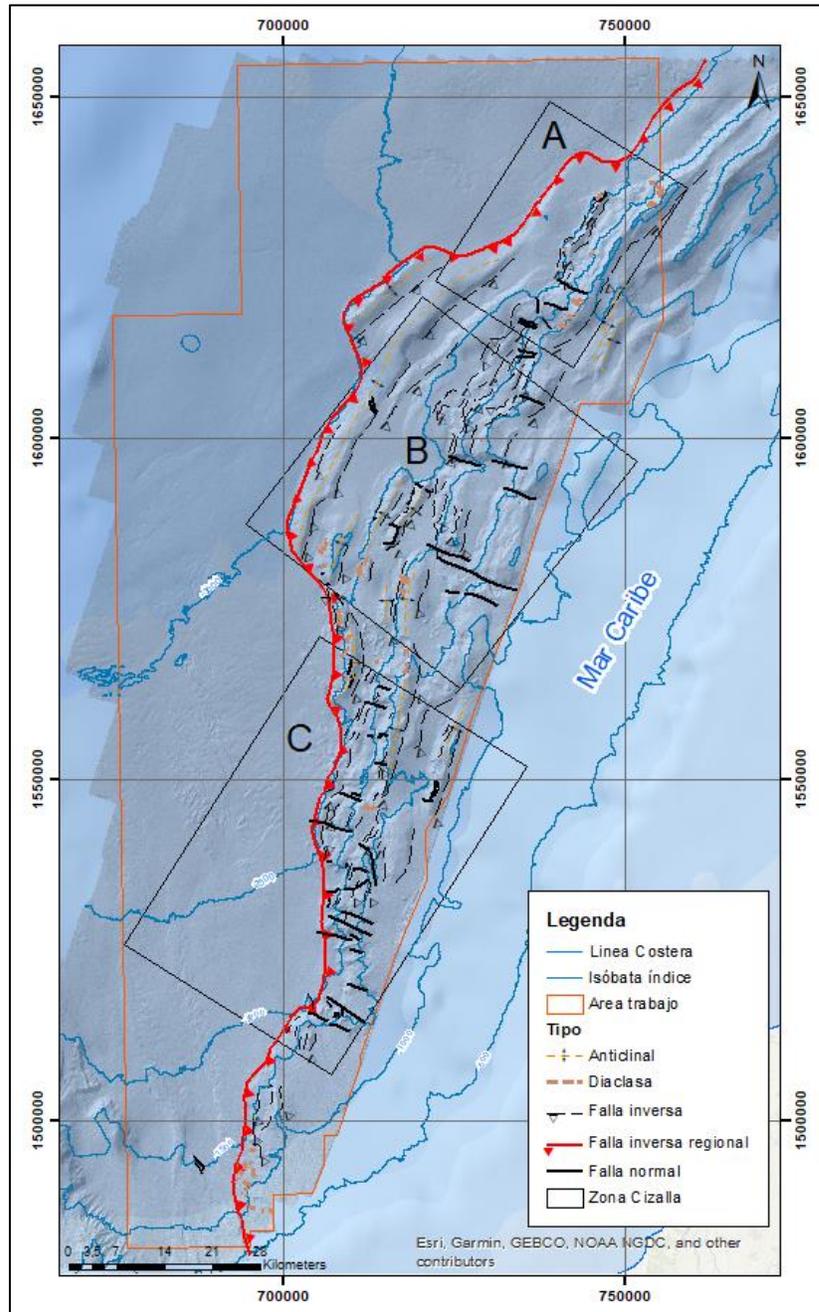
Dentro del área de estudio se han reconocido un total de 7 estructuras geológicas, las cuales han sido formadas por los esfuerzos regionales que se asocian a la manera en cómo interactúan las placas Caribe y suramericana.

#### **5.1.1.1.1.1 Zona de cizalla de carácter regional**

Se definen como amplias zonas de deformación generadas a partir de condiciones frágiles dúctiles que ocasionan tanto áreas de fracturamiento como áreas de deformación (Sibson, 1977). En cuanto al área de estudio esta zona se encuentra localizada en el sector oriental y se originó a partir de la interacción entre la Placa Caribe y la Placa Sudamericana produciendo una serie de esfuerzos comprensivos creando una estructura regional conocida como el Cinturón Plegado del Sinú que se compone a su vez de imbricaciones del Eoceno y el Oligoceno suprayacidos por cuencas tipo Piggyback (Garzón-Varón, 2012).

Es por esta razón que en esta porción oriental del área de estudio se encuentran expresiones de estilo comprensivo como son fallas inversas, normales, plegamientos elevados en los cuales se observan estratos sedimentarios de tipo arcilloso altamente deformados (Vinnels *et al.*, 2010). En esta zona oriental así se pueden observar 3 grandes franjas con una fuerte expresión de deformación pliegues y fallamiento (Figura 5.1).

Figura 5.1 Mapa de las principales estructuras geológicas del área de estudio (Anexo 4).



Fuente: El autor.

La primera zona (Zona A), se encuentra localizada en el sector norte del área oriental en donde se puede observar una serie de fallas inversas que presentan una dirección preferencial de N30E buzando hacia el NW y son producto del intenso sistema compresivo que se genera a partir del contacto entre la Placa Caribe y la Placa Suramericana, así mismo esta interacción es la responsable en darle el patrón de rumbo y buzamiento a estas fallas de carácter inverso. En esta misma zona de cizalla también se observan una serie

de fallas normales que están dirección perpendicular al sistema de fallas inversas. Por último, en esta zona también se han observado estructuras de diaclasas que presentan una dirección preferencial de WE y que se inclinan hacia el S (Figura 5.1).

La segunda zona de cizalla (Zona B), se encuentra en el sector central del área de influencia en donde se percibe una serie de fallas inversas en dirección N10E inclinándose hacia el NW y advierten una fuerte componente de carácter comprensivo en sentido EW dando como resultado en la superficie un alargamiento en los estratos más resistentes generando una serie de colinas paralelas al rumbo de esta serie de fallas inversas. En esta misma zona también se observaron una serie de fallas normales que se comportan en dirección perpendicular a las fallas inversas y que han generado un rompimiento en estas colinas fragmentándolas en una serie de bloques. En esta zona de cizalla también se observa un fuerte desclasamiento que presenta una dirección preferencial de noroeste sureste y en menor proporción en dirección noreste suroeste (Figura 5.1).

Como resultado en esta zona de cizallas se encuentran una serie de fenómenos de remoción en masa que se asocian al comportamiento de estas estructuras geológicas (fallas inversas, fallas normales y las diaclasas) y a la elevada dinámica erosiva que se desarrolla en esta zona por efectos de corrientes marinas.

La última zona de cizalla (Zona C) se localiza inmediatamente al sur de la zona anterior presentando un patrón similar de fallas inversas con una dirección N5E y también una serie de fallas normales con dirección preferencial de N85W. En cuanto a las diaclasas esta zona de cizalla tiene menos cantidad de estas estructuras.

En esta zona de cizalla se han encontrado menos estructuras tanto de fallas como de diaclasas y no se observa una diferenciación tan marcada de las colinas dando a entender que es una zona geológicamente más estable o es que los patrones de transporte y erosivos han sido más marcados dando como resultado que estas estructuras no se puedan analizar (Figura 5.1).

#### **5.1.1.1.1.2 Fallas regionales**

Es una fractura o una zona de fracturas a lo largo de la cual se ha generado un desplazamiento relativo de los bloques cercanos a la fractura (Bates & Jackson, 1980). En términos de fallas regionales la definición más acertada es una zona de fracturas que presentan un movimiento relativo ya que en estos lugares se observan una serie de fallas que presentan características similares en términos de dirección y esfuerzos.

En el área de estudio se encuentra una falla regional conocida como el Cinturón de deformación del Sur del Caribe y se comporta como una falla de cabalgamiento que presenta una extensión de 677 km, tiene un rumbo promedio de N26E y un buzamiento promedio bajo, hacia el SE-S. Así mismo esta falla presenta una tasa de movimiento de 10 a 20 mm por año para los segmentos septentrionales, por lo que es considerada como una falla potencialmente activa (Paris *et al.*, 2000).

Específicamente en el área de estudio esta estructura se localiza en la parte central y tiene una extensión de 208 km. Así mismo, se le asocian estructuras del fondo marino como fallas locales, fracturas, emanaderos y las zonas de cizalla, que son el resultado de la intensa deformación de características frágiles y dúctiles que esta estructura regional produce.

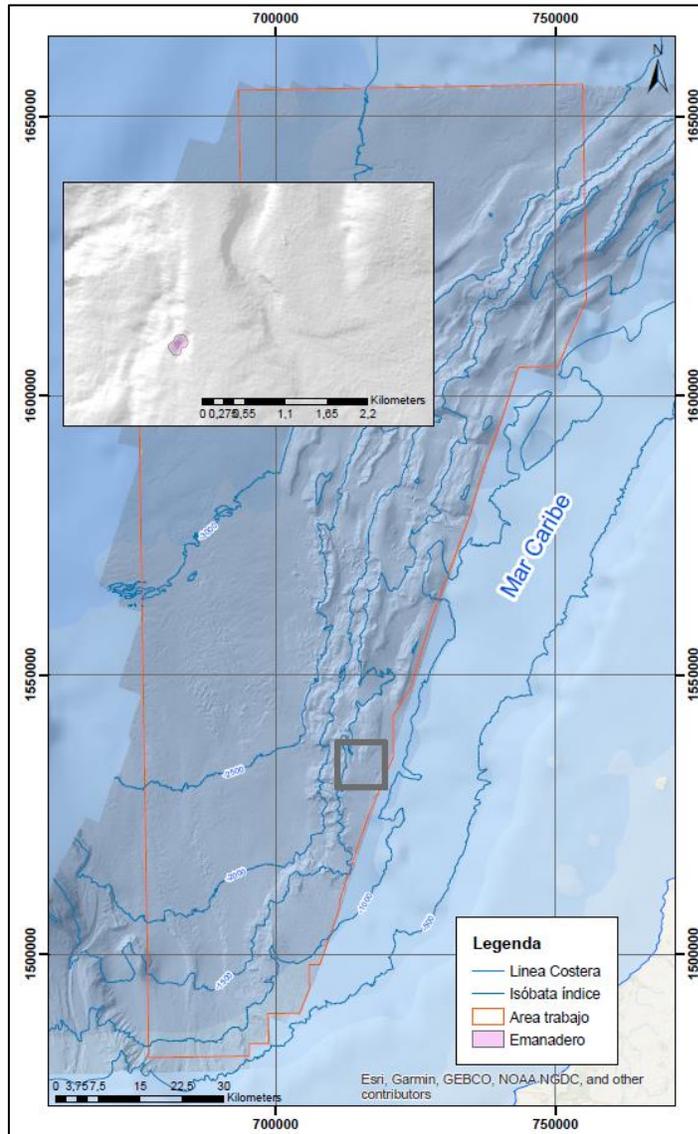
#### **5.1.1.1.1.3 Emanaderos**

Son escapes de fluidos y gas de variable composición que llegan a la superficie del fondo marino debido a la presencia de planos de debilidad ya sean fracturas o fallas en los estratos superficiales (Hovland *et al.*, 2012). Estas estructuras del fondo marino tienen diversas formas de expresión ya sean en forma radial o lineal y en la mayoría de casos se asocian al fenómeno de diapirismo que se suscita en el Caribe.

En cuanto al área de estudio, los emanaderos se encuentran localizados principalmente en el área oriental y están asociados a una serie de colinas abisales las cuales son el producto la deformación ocasionada por el contacto entre la placa Caribe y la placa Sudamericana. No obstante, algunos de estos emanaderos se encuentran en el sector occidental asociados con la Cuenca Colombia.

En total en el área de influencia se encuentran en total tan solo un emanadero y presenta una extensión de 0,04 km<sup>2</sup> (Figura 5.2). Este hecho se debe a que su geometría es muy similar a otras geoformas en el terreno por lo que se deben hacer estudios más detallados de tipo geoquímico y de condiciones físicas del fondo marino, para identificar la existencia de otras estructuras de este tipo que no son tan evidentes en el territorio.

Figura 5.2 Localización de emanaderos dentro del área del estudio (Anexo).



Fuente: El autor.

#### 5.1.1.1.1.4 Pliegues

Son estructuras generadas a partir de diferentes esfuerzos generando cambios en sus estructuras primarias cambiando ya sea su buzamiento y en algunos casos su rumbo (Bates & Jackson, 1980). En el caso del área de influencia estos pliegues se asocian al contacto entre la Placa Caribe y Sudamericana ocasionando esfuerzos comprensivos que ocasionaron la formación del Cinturón Plegado del Sinú que está compuesto a su vez por una serie de pliegues y en algunos casos estas estructuras dan como resultado en superficie una serie de colinas y valles estructurales que presentan una orientación N28E para el área de estudio (Figura 5.1).

En el área de estudio se han encontrado un total de 23 estructuras plegadas de tipo anticlinal las cuales van variando de dirección ya que en el sector sur presentan una dirección de norte sur mientras que en el sector central su dirección varía a N20E y en la parte septentrional su rumbo ha cambiado a N30E. Este cambio de dirección de los pliegues se origina a raíz de la variación de esfuerzos y ángulos que se dan en el contacto entre la placa Caribe y la Placa Sudamericana a medida que se desplaza en localización al norte del área.

#### **5.1.1.1.1.5 Diaclasas**

Es un plano de ruptura de la roca que no presenta un movimiento transversal, sin embargo, en algunas ocasiones si presenta uno extensional (Bates & Jackson, 1980). Esta estructura puede aparecer en cualquier tipo de roca. En cuanto al área de estudio estas estructuras pueden presentarse tanto en la zona de colinas como en las zonas relativamente planas, sin embargo, la mayor cantidad de fracturas se encuentran asociadas a las tres zonas de cizalla regional y esto se debe a que son los lugares que han sufrido tanto de efectos de deformación frágil como dúctil generando en las rocas fallas ya sean de carácter normal o inversos y numerosas diaclasas (Figura 5.1).

#### **5.1.1.1.1.6 Fallas (locales)**

Son planos de ruptura de la roca que presentan movimientos relativos entre bloques (Bates & Jackson, 1980). Estas estructuras se pueden clasificar en tres tipos, en función de los esfuerzos que las originan y en función de los movimientos relativos de los bloques (fallas normales, inversas y transformantes).

Estas estructuras para el área de estudio se encuentran principalmente en la zona de colinas que se localizan en central y oriental, así mismo se han encontrado principalmente de dos tipos de estructuras. Las primeras son las fallas inversas que se presentan en dirección N30E y se asocian al sistema comprensivo de cuñas sedimentarias adosadas de manera oblicua al margen septentrional de la Placa Suramericana (López & Barrero, 2003). La otra clase de fallas activas que se encuentran en el área de estudio son las fallas normales que tienen una dirección N80W y buzan al SE, siendo estructuras que rompen de manera perpendicular los ejes de los anticlinales y han generado rompimiento y desplazamiento de estos pliegues (Figura 5.2).

Tanto en los sitios en donde se manifiestan las fallas normales como en las fallas inversas se han encontrado depósitos de transporte masivo reciente debido a que son un factor que conlleva a la generación de fenómenos de remoción en masa.

#### **5.1.1.1.1.7 Falla inactiva**

Son planos de ruptura de la roca que presentan movimientos relativos entre bloques (Bates & Jackson, 1980), sin embargo, se diferencian de las fallas activas debido a su carácter estable de poco movimiento y es por esta razón vez estas estructuras no se observan patrones de movimiento que sean relativamente recientes.

Estas estructuras para el área de estudio se encuentran principalmente en la zona de colinas que se localizan en la parte oriental y se caracterizan por tener una dirección N30E y en algunos casos han producido depósitos de transporte masivo en laderas de las colinas ya que se observan deslizamientos con sus respectivas zonas de depositación, aunque estos patrones. La respuesta en terreno de estos rasgos no es tan clara debido a que estos depósitos no son recientes y la erosión o depositación han logrado remover estos rasgos en la superficie del fondo marino.

#### **5.1.1.1.2 Rocas superficiales**

Dentro de este grupo de factores se describen las características que presentan las rocas en estos ambientes marinos profundos, siendo analizada la temperatura, la presión y la disolución de las rocas.

##### **5.1.1.1.2.1 Temperatura en las rocas**

En el área de estudio se estima que la temperatura existente en la superficie del fondo marino oscila entre los 2,5 y 5°C (Gerard, 1962) y estos datos se han inferido a partir de trabajos de sedimentos superficiales realizados en diferentes lugares del Golfo de México en donde las condiciones de profundidad se asemejan a las condiciones que tienen en este sector.

En cuanto a sedimentos y rocas más profundas teóricamente se ha estimado que el flujo de calor para esta región del Caribe es de 34,7 mW/m<sup>2</sup> según López & Ojeada (2006). Este valor está asociado principalmente con el contacto que se presenta entre la Placa Caribe y la Placa Sudamericana dando como resultado la conformación del Cinturón de Deformación del Sur del Caribe que su vez en este sector es representado por un prisma de acreción. En general en estas áreas el régimen térmico es controlado por varios procesos tales como la edad de la placa de subducción, el calentamiento por fricción basal, las propiedades térmico mecánico de los sedimentos y el patrón de deformación del prisma (Wang *et al.*, 1993).

##### **5.1.1.1.2.2 Presión en las rocas**

Para el área de estudio las rocas están expuestas a una serie de condiciones de presión, las cuales se clasifican en presión litostática, presión de estrés y presión dirigida o de estrés (Felrt *et al.*, 1976). El primero hace referencia a la presión causada por el peso de los estratos suprayacentes o sedimentos en todas las rocas infrayacentes (Felrt *et al.*, 1976). En esta parte de la región del Caribe colombiano esta presión es ejercida tanto el peso de los estratos superficiales como el peso que se le atribuye a la gran cantidad de sedimentos que se establecen tanto como en la cuenca como en la llanura abisal.

El segundo tipo de presión es el ocasionado por los movimientos tectónicos ya sean colisiones continentales, zonas de subducción (Felrt *et al.*, 1976). Este tipo de presión se observa en el área de influencia debido a la acción de los esfuerzos que ocasiona el contacto de la Placa Caribe con la Placa Sudamericana dando como resultado el Cinturón

de Deformación del Sur del Caribe (Paris *et al.*, 2000). En la Figura 5.1, se manifiestan estos rasgos de presión sobre la roca, ya que se aprecian una serie de pliegues, fallas y zonas de cizalla que son producto diferentes esfuerzos generados en el área.

El tercer tipo de presión el ejercido por los posibles fluidos que pueden ser hidrocarburos, gases o soluciones minerales que se encuentren dentro del poro de la roca ocasionando un desequilibrio dentro de las condiciones predeterminadas de la misma (Felrt *et al.*, 1976). Para el área de influencia este tipo de presión la generan gases y en algunos casos hidrocarburos.

#### **5.1.1.1.2.3 Disolución de rocas**

El proceso de disolución de rocas ocurre a partir de la infiltración de agua rica en diversos minerales en estratos permeables (Ford, 1988; Loucks, 1999). Este proceso genera a su vez un intercambio químico entre los minerales presentes en la roca y los iones que van siendo transportados por el agua, ocasionando en muchos casos procesos de disolución en la roca, de los cuales el más común es el proceso que de disolución de rocas de carbonatos de calcio, no obstante, este fenómeno también puede ocurrir en otro tipo de rocas sedimentarias con elevada permeabilidad en donde el agua pueda generar mayores impactos en la roca (Ford, 1988; Loucks, 1999).

Este proceso ha sido estudiado por diversos autores en condiciones de ambiente tanto continental como marino somero, no obstante, el entendimiento del proceso del transporte y descarga de agua subterráneas en alta mar siguen siendo poco conocido. Sin embargo, se tienen sabe que el intercambio de agua subterránea entre tierra y mar se produce en muchos niveles y se propicia desde la plataforma continental (Kohout *et al.*, 1988).

Centrándonos, en el proceso de descarga es observado en acuíferos superficiales para sectores cercanos a la costa (Bear *et al.*, 1999), mientras que el flujo de descarga de agua en acuíferos profundos se da principalmente en las zonas del talud del continental y es de menor caudal (Rob, 1984), lugar donde se localiza el área de estudio debido a que en el sector oriental se encuentra el Talud Caribaná del cual se desprenden una serie de colinas.

Al relacionar este proceso de descarga de agua de escorrentía superficial proveniente de los ríos que vienen del continente y al agua marina que circula en sustratos marinos permeables que al llegar a un sustrato calcáreo se origina una mezcla entre esta agua marina y el agua subterránea que produce una diferencia en las concentraciones de iones entre ambos fluidos que puede ocasionar a su vez el proceso de disolución de carbonato siempre y cuando ambos fluidos estén saturados (Moore *et al.*, 2002; Evans & Lizarralde, 2003).

Por lo anteriormente explicado en el área de estudio existen todas condiciones para que se produzcan este tipo de procesos, ya que el área se localiza en el quiebre de la plataforma continental y está influenciada de una manera importante por la dinámica fluvial de los ríos Sinú y parte del rio Magdalena.

### **5.1.1.1.3 Condiciones naturales del suelo**

Dentro de este grupo de factores se caracterizan algunas de los principales rasgos que presenta el suelo en esta clase de ambientes marinos profundos como es el caso de la naturaleza del fondo marino, rugosidad del fondo marino, temperatura, presión y la caracterización fisicoquímica de los sedimentos.

#### **5.1.1.1.3.1 Naturaleza del fondo marino**

En el fondo marino congenian diversos tipos de sedimentos los cuales se han clasificado en dos grupos principales, el primero denominado sedimentos blandos o móviles y el segundo nombrado como fondo. Esta clasificación se da a partir del tamaño de grano ya que los sedimentos con un tamaño de grano superior a 50 mm se les consideraran sedimentos duros y lo que tengan menor tamaño de grano se les considerara sedimentos móviles o blandos (Guzman & Ardila, 2004; Giraldo *et al.*, 2017).

#### **Fondos blandos**

Este tipo de fondo está formado por partículas de arcilla, limo, lodo y arenas, las cuales tienden a ser movilizadas con facilidad por la dinámica marina (Guzman & Ardila, 2004). En cuanto al área de estudio los sedimentos blandos tienen una amplia distribución ya que a partir de profundidades superiores a los 1.700 m las partículas finas pueden tener un porcentaje de 95% (Cortes *et al.*, 2014). Del mismo modo, el transporte y sedimentación de esta clase de sedimentos de tipo biogénico o terrígeno se da a través de procesos gravitacionales a través de la columna de agua o por procesos de corrientes de turbidez que provienen de la margen continental (Chester, 1990).

Para el área de estudio, este tipo de sedimentos se pueden asociar principalmente a algunas unidades geomorfológicas como la llanura abisal, en la llanura abisal con ondulaciones, en la falda regular, falda disectada, cima plana de colina, mesetas y valles estructurales en donde se generan principalmente procesos de depositación de baja energía siendo propicios para la acumulación de sedimentos de tamaño de grano de tipo arcilloso, limoso y lodoso en mayor proporción, aunque se pueden encontrar algunos sedimentos de tamaño arena que no tienden a ser representativos.

#### **Fondos duros**

Están compuestos por sedimentos de tamaño de grano grueso como bloques y cantos e incluso rocas. Este tipo de fondo se puede producir a partir de dos maneras, la primera se debe a un proceso tectónico el cual saca estratos competentes a la superficie produciendo colinas. La segunda forma de generar un fondo duro es a partir de la presencia de un emanadero, el cual produce una serie de gases como el metano y sulfuro los cuales son consumidos por bacterias generando la precipitación de carbonato antigénico en el fondo marino produciendo a su vez una especie de costra, no obstante, la conformación de esta estructura no se produce en todos los casos en donde exista emanaciones de gases (Bienhold *et al.*, 2013).

Para el área de estudio se pueden encontrar los dos tipos de fondo duro. El primero asociado a estratos duros por acción tectónica se encuentra en el sector oriental en donde se encuentran las laderas escarpadas de colina, laderas bisectadas de colina y las paredes de los cañones submarinos.

El otro tipo de fondo duro posiblemente se encuentra en los lugares en donde se localizan tanto los diapiros como emanaderos, sin embargo, se necesitarían estudios más detallados para constatar que en estas zonas se puedan encontrar este tipo de estructura en la superficie del fondo marino.

#### 5.1.1.1.3.2 Caracterización fisicoquímica del sedimento

Para evaluar las características del sedimento del fondo marino en el área de estudio es necesario tener en cuenta los parámetros de metales pesados, materia orgánica, ph, hidrocarburos totales, aceites y grasas. Esta serie de datos han sido obtenidos a partir del estudio de línea base elaborado por Anadarko y Aquabiosfera para el Bloque Purple Angel denominado “Caracterización ambiental del bloque Purple Angel, Caribe Colombiano” realizado en el año 2015; este bloque se ubica dentro del área del presente estudio.

#### Metales

En la naturaleza los metales pesados poseen ciertas concentraciones, no obstante, el ser humana ha provocado cambios en la concentración de estos metales ya que los metales se movilizan desde la parte continental hasta la parte marina en donde viajan por la columna de agua en forma de partículas en suspensión para finalmente por procesos gravitacionales depositarse en los sedimentos del fondo marino. En el área de estudio se tiene un muestreo hecho por Anadarko & Aquabiosfera (2015), en donde tomaron las concentraciones promedio de los diferentes metales y se comparan con los valores obtenidos diversos estudios realizados en el Océano Atlántico como el Gran Caribe y otras partes del Caribe colombiano como en la Guajira (Cortes *et al.*, 2014) (Tabla 5.1).

**Tabla 5.1 Valores de los metales en los sedimentos en distintas partes del Caribe y su comparación con los valores obtenidos en el área de estudio. (Valores expresados en  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  y datos tomados a una profundidad de 0,5m).**

Metales/ Lugares	Bloque Purple Angel1	Bloque Gua Off 12	Gran Caribe1	Océano Atlántico1
<b>Cd</b>	<0,0015	0,8 (0,2-1,3)	0,04-2,12	0,23
<b>Cu</b>	41,4 (27,6-53,4)	23,8 (17,3-31,5)	0,06-15,9	200
<b>Pb</b>	<0,03	16,9 (10,0-23,8)	0,3-20,91	9
<b>Ni</b>	<0,039	51,2 (32,4-71,6)	2,4-30,5	35
<b>Zn</b>	89,1 (54,5-131,8)	101,2 (92,4-115,8)	0,10-39,29	120
<b>Fe(mg/g)</b>	38,1 (26,0-64,6)	29,8 (24,3-36,1)	12,4-29,5	60
<b>Hg</b>	<0,003	0,07 (0,06-0,08)	0,02-10,3	--
<b>V</b>	< 0,12	--	6,6-112	--
<b>Ba</b>	< 0,24	--	--	7,0-900
<b>Cr</b>	<0,021	23,8 (37,8-56,1)	3,1-42,8	100

Fuente: Modificado de Anadarko & Aquabiosfera (2015), Cortes *et al.*, (2014).

Al comparar los diversos datos asociados a los composición química de los metales pesados asociados al sedimento superficial en las zonas de offshore, que se plasman en la Tabla 5.1, se puede observar que las concentraciones de los niveles de Mercurio (Hg), Vanadio (H), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Níquel (Ni) y Cromo (Cr) están muy por debajo de los valores encontrados en otras regiones del Caribe como la Guajira, el Gran Caribe y el Océano Atlántico. No obstante, los datos de las concentraciones de metales como Cobre (Cu) e Hierro (Fe) estuvieron un poco elevadas con respecto a lugares como la Guajira e incluso con el Gran Caribe. En cuanto al Zinc (Zn), sus concentraciones tuvieron por debajo de los niveles obtenidos la Guajira, sin embargo, tienen una concentración elevada si se relaciona con los datos obtenidos en el Gran Caribe. Empero, para estos tres metales las concentraciones están dentro de los niveles para el Océano Atlántico y así mismo para los límites de referencia que propone la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

En cuanto a estas importantes concentraciones de Cobre, Hierro y Zinc se pueden explicar a partir de la influencia del aporte de sedimentos continentales producto de la desembocadura de tres importantes ríos el Atrato, el Sinú y la bifurcación del río Magdalena con el Canal del Dique, que sería coherente con la dinámica que transcurre en la región y señalada por los trabajos de Vinnels *et al.*, (2010) y Romero *et al.*, (2015).

### **Materia orgánica**

En el área de estudio la concentración de materia orgánica tiene un valor promedio de  $23,7 \pm 3,7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  (Anadarko & Aquabiosfera, 2015), sin embargo, no es homogéneo para todo el territorio, ya que este valor cambia dependiendo de su influencia a procesos de margen costero como el aporte de sedimentos provenientes de las desembocaduras de los ríos Mulatos y Sinú que aumentan la cantidad de materia orgánica en el territorio.

### **pH**

Las condiciones de pH en el sedimento pueden ser afectados por dos variables, la primera es la concentración de dióxido de carbono en la columna de agua que puede reaccionar con la roca de caja y con los minerales en suspensión y la segunda es el contenido de materia orgánica en el sedimento. Si existe un incremento en estas dos variables puede ocasionar a su vez una disminución del pH (Chester, 1990).

En el territorio el valor promedio del pH es de 8,46 (Anadarko & Aquabiosfera, 2015) siendo un valor ligeramente elevado si se compara con los datos obtenidos en otros lugares del mundo como Australia en donde el valor osciló entre 7,8 y 8,2 (Atkinson *et al.*, 2007). Este comportamiento hacia valores de pH más alcalinos en el área de estudio se puede explicar por principalmente por la precipitación o disolución de carbonato de calcio, o la presencia de actividades quimioautótrofas (Stahl *et al.*, 2006).

#### 5.1.1.1.3.3 Rugosidad del fondo marino

En términos geológicos, la rugosidad del fondo marino es el desarrollo de formas en la superficie marina y se da a partir de la interacción entre las corrientes marinas con el material del fondo que no está consolidado, estableciendo una interacción dinámica inestable entre el fluido y los sedimentos de fondo (Aliotta *et al.*, 2000).

En el área de estudio se han identificado cuatro formas en la superficie las cuales son producto de la unión de los diferentes procesos depositacionales y erosivos ocasionados por las condiciones del flujo de agua en el fondo marino. La primera forma se denomina crestas de arena (sand ridge) las cuales presentan formas elongadas con diámetros mayores entre 5 y 10 km mientras que sus diámetros menores se encuentran entre 0,5 y 2km de amplitud (Goff *et al.*, 1999). Estas estructuras observan en el sector suroccidental como occidental del área de estudio y tienen una dirección preferencial N10W, asociándose a un medio de depósito de alta energía que está relacionado a la dinámica de los ríos Mulatos y Sinú.

La segunda forma del fondo marino que se reconoce se le denomina cintas de arena (sand ribbon) las cuales son estructuras altamente lineales que se desarrollan a partir de un flujo paralelo y son más pequeñas que las crestas de arenas ya que miden de largo entre 50 y 500 m y de ancho entre 10 y 50 m (Goff *et al.*, 1999). Estas estructuras se encuentran principalmente en el sector occidental y estarían asociadas a la dinámica marina que se afecta por las épocas del año.

La tercera forma del fondo marino según Goff *et al.*, (1999) se describe como megaondulitas (megaripples), las cuales son estructuras formadas a partir de flujos transversales de media a baja energía y tienen generalmente una extensión menor a 1km de largo y su altura no es mayor a 10 m, sin embargo, se diferencian de las cintas de arena porque esta estructura no presenta continuidad. Estas estructuras se encuentran ampliamente distribuidas en la franja occidental del área de estudio y están asociadas principalmente, a la dinámica de corrientes de profundidad que se encuentra en la parte de la llanura abisal que corresponde al inicio de la Cuenca Colombia.

#### 5.1.1.1.3.4 Temperatura en los sedimentos

Para el área de estudio no se tienen registros disponibles de la temperatura de los sedimentos marinos, sin embargo, se infiere que los valores en la superficie del fondo marino oscilan entre los 2,5 y 5°C teniendo en cuenta trabajos realizados por Gerard (1972) y Müller *et al.*, (2016) en diferentes lugares del Golfo de México en donde las condiciones de profundidad se asemejan a las condiciones que se tienen en este sector.

En cuanto a los sedimentos se ha estimado que el aumento progresivo de la temperatura a razón del incremento de la carga litostática se da en órdenes de 0,02 a 0,04 grados celsius por cada 100 m (Gerard, 1972), esto indica que el valor de la temperatura es constante para los sedimentos en superficie en el fondo del marino.

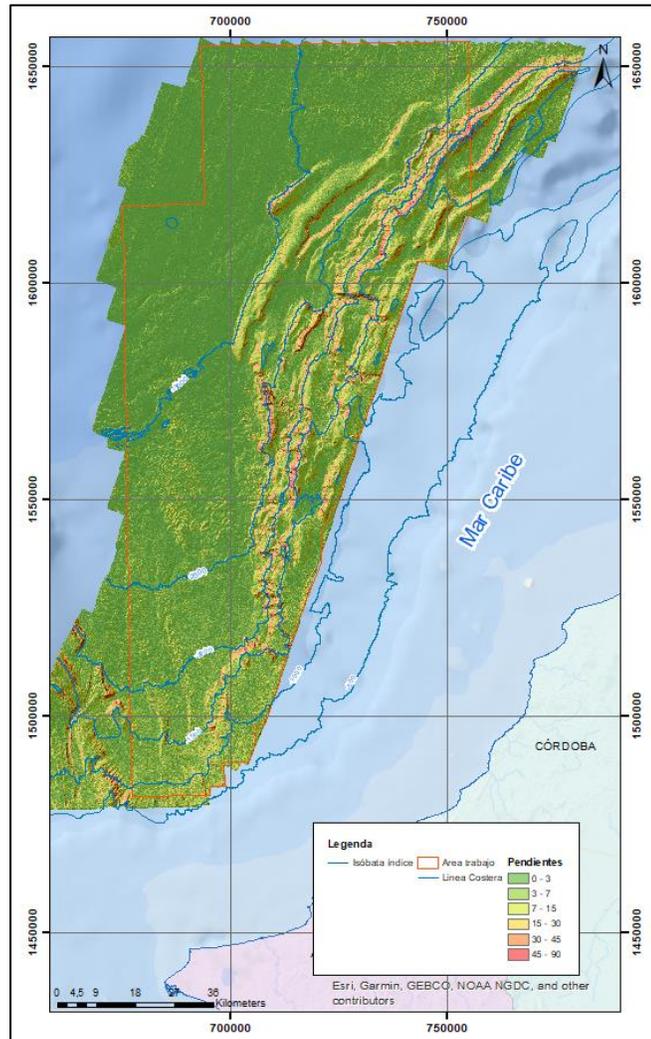
#### **5.1.1.1.3.5 Presión**

Los sedimentos superficiales se encuentran sometidos principalmente a la presión hidrostática debido a que no presentan peso ejercido por la carga litostática, ni tampoco efectos de presión de estrés ni dirigida. Por lo anterior, la presión de los sedimentos en el intersticio columna de agua-sedimento, se vincula directamente con la presión hidrostática, la cual varía por el fluido asociado al grosor de la columna de agua directamente vinculado a la profundidad efectiva (Chilingar *et al.*, 2002). Esta presión se genera en toda la superficie del fondo marino con la aparición de fuerzas perpendiculares a la roca basal. El cálculo de la presión hidrostática en el área de estudio es igual producto de la densidad del fluido en este caso es la densidad del océano, por la gravedad y por la profundidad que se toma desde la superficie del agua hasta superficie del fondo marino (Chilingar *et al.*, 2002). Cabe resaltar que la densidad del agua marina puede variar por el cambio de la salinidad a lo largo de la columna de agua.

#### **5.1.1.1.4 Pendientes**

Es el grado de inclinación de terreno con respecto a la horizontal y este grupo se dividió en cinco factores a razón del grado de criticidad de las pendientes reconocidas en cortes longitudinales realizados sobre los Modelo Digitales de Terreno (MDT). Estas categorías están enmarcadas en función de los rasgos morfológicos predominantes y su extensión en el terreno (SGC, 2012) (Figura 5.3).

Figura 5.3 Mapa de pendientes del área de estudio (Anexo 6).



Fuente: El autor.

#### 5.1.1.1.4.1 Pendientes entre 0° y 7°

Son rangos de pendientes que oscilan entre horizontales y ligeramente inclinadas que se encuentran asociadas principalmente a las unidades geomorfológicas de llanura abisal y llanura abisal con ondulaciones, las cuales se localizan en el sector occidental siendo relacionadas a la Cuenca Colombia. No obstante, en menor proporción estas pendientes suaves también aparecen en el sector oriental relacionándose con las unidades geomorfológicas de cima plana de colina, cuenca, valles estructurales, y en algunas partes de las faldas (Figura 5.3).

#### **5.1.1.1.4.2 Pendientes entre 7° y 15°**

Son pendientes moderadamente inclinadas que se asocian principalmente a las unidades geomorfológicas de faldas regulares e irregulares y en menor proporción a las unidades de ladera suave de colina, meseta suavemente ondulada, y algunos surcos (Figura 5.3).

#### **5.1.1.1.4.3 Pendientes entre 15° y 30°**

Son pendientes ligeramente escarpadas o ligeramente empinadas que se localizan en los sectores de principalmente en las laderas disectadas, en menor cobertura se encuentra en unidades geomorfológicas como las laderas escarpadas, canales, faldas irregulares, hundimientos y cañones submarinos (Figura 5.3).

#### **5.1.1.1.4.4 Pendientes entre 30 y 45°**

Se clasifican como pendientes fuertemente escarpadas o fuertemente empinadas que se encuentran ligadas con las unidades geomorfológicas de ladera escarpada de colina y en menor proporción a los cañones submarinos y hundimientos (Figura 5.3).

#### **5.1.1.1.4.5 Pendientes entre 45 y 90°**

Son denominadas pendientes totalmente escarpadas que se encuentran relacionadas con las unidades geomorfológicas de laderas escarpadas de colina, cañones submarinos y hundimientos. Sin embargo, la cobertura de estas pendientes en estas unidades es de baja representatividad cartográfica, ya que no permite ser cartográficas a las escalas de trabajo actual (Figura 5.3).

### **5.1.1.1.2 Subcomponente hídrico**

Debido a que el área de estudio se localiza en el mar Caribe es necesario entender los diferentes parámetros generales que tiene esta masa de agua, por ende, es importante caracterizarla. Por esta razón se describen dos subgrupos, uno de ellos relacionado con la columna de agua y el segundo corresponde a la as aguas cercana a la superficie.

#### **5.1.1.1.2.1 Columna de agua**

Es la masa de agua ubicada sobre la superficie del fondo marino y que tiene un espesor variable dependiendo de la profundidad, que para el caso del mar Caribe se incrementa desde el Talud Caribaná hasta la Cuenca Colombia. Por esta razón estas masas tienen características fisicoquímicas particulares que se describen a continuación.

##### **5.1.1.1.2.1.1 Caracterización química**

Para entender el comportamiento de las características fisicoquímicas a través de la columna de agua es necesario introducir el concepto de “masas de agua” definido por Boltovskoy (1981) como un volumen de agua importante en un área determinada del

océano que presenta características físicas, químicas y biológicas homogéneas durante un largo periodo de tiempo. Cabe resaltar, que los aspectos que determinan estas masas de agua están determinados por sus propiedades en cuanto a temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes.

Según lo descrito en los trabajos de Lozano-Duque *et al.*, (2010), Emery (2001) y Urbano (1993) se presentan las siguientes masas de agua: Agua superficial del Caribe (CSW), Agua subtropical subsuperficial del Caribe (ASS), Agua intermedia subantártica (SAIW) y Agua profunda del Atlántico Norte (NADW). En la Tabla 5.2, se describen las características de estas masas de agua.

Tabla 5.2 Características de las masas de aguas en el mar Caribe.

Masas de agua	1-5 m (CSW)	150m ASS	550m (SAIW)	>1.500m (NADW)
<b>Temperatura (°C)</b>				
<b>Características generales del Caribe</b>	28,0-30,0 <sup>2</sup>	22,0 <sup>3</sup>	3,0-9,0 <sup>4</sup>	1,5-4,0 <sup>4</sup>
<b>Información de línea base generada para área de trabajo<sup>1</sup></b>	29,0 ± 0,8 <sup>1</sup>	22 ± 0,6 <sup>1</sup>	8,05 ± 0,2 <sup>1</sup>	4,2± 0,3 <sup>1</sup>
<b>Salinidad (UPS)</b>				
<b>Características generales del Caribe</b>	34,5-36,0 <sup>2</sup>	37,02 <sup>3</sup>	34,0-35,1 <sup>4</sup>	34,8-35,0 <sup>4</sup>
<b>Información de línea base generada para área de trabajo<sup>1</sup></b>	34,7 <sup>1</sup>	36,8 ± 0,8 <sup>1</sup>	34,9± 0,9 <sup>1</sup>	35,0 ± 0,0 <sup>1</sup>
<b>Oxígeno disuelto y saturación</b>				
<b>Características generales del Caribe</b>	>6 <sup>5</sup>	--	< 4.5 <sup>5</sup>	>6 <sup>5</sup>
<b>Información de línea base generada para área de trabajo<sup>1</sup></b>	6,4 ± 0,1 <sup>1</sup>	4,65 ± 0,1 <sup>1</sup>	3,9 ± 0,0 <sup>1</sup>	6,7± 0,0 <sup>1</sup>

Fuente: 1: Anadarko & Aquabiosfera (2015), 2. Giraldo (1994), 3. Hernandez-Guerra & Joyce (2000), 4. Emery & Meincke (1986); Emery (2003), 5. Chesrer & Jickells (2012).

#### 5.1.1.1.2.1.2 Temperatura

En esta región del Caribe las aguas oceánicas tienden a generar una estratificación vertical, a raíz de la diferencia de densidades entre cada una de estas capas. Así mismo, estas aguas oceánicas por estar en latitudes cercanas al Ecuador tienen una mayor temperatura superficial por el mayor tiempo de exposición a la radiación solar.

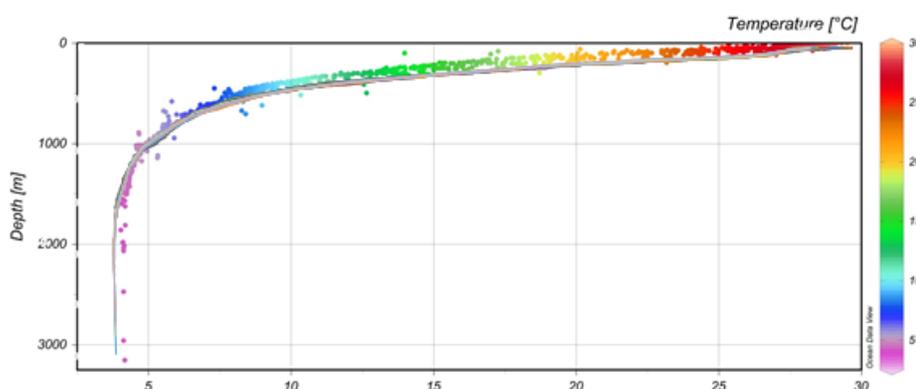
En la Tabla 5.2, se puede observar que los valores de temperatura en el área de trabajo para la primera capa (CSW) están órdenes de los 29°C, siendo la capa más cálida y menos densa respecto a las otras tres capas. La segunda capa denominada ASS que se enmarca entre valores de profundidad no mayores a 150 m, tiene una temperatura significativamente menor con respecto a la primera capa, debido a que la exposición a la radiación solar es menor.

A partir de los 150 m hasta los 550 m se extiende la masa de agua conocida como SAIW, la cual tiene valores de temperatura de 8°C generando masas de aguas más densas respecto a las otras dos capas superiores. La última capa está enmarcada en valores de

profundidad superiores a 1500 m y se le conoce como NADW, en esta zona profundidad los valores de temperatura son de 4,2°C. La Tabla 5.2 muestra que estos valores de temperatura están dentro de los parámetros regionales para el Caribe.

Para observar mejor, el compartimiento de la temperatura en función de la profundidad se ha recogido un perfil de temperatura realizado en el informe de línea base de Anadarko & Aquabiosfera (2015). En la Figura 5.4, se observa que la temperatura en los primeros metros de profundidad oscila entre los 30°C y 25°C; sin embargo, desde los 100 m de profundidad la temperatura comienza a descender drásticamente. Este comportamiento se conoce como el valor de índice de la termoclina que para esta zona es de 100m, a partir de esta profundidad los valores de esta temperatura bajan hasta alrededor de los 4°C para profundidades a los 1500m permaneciendo estable.

**Figura 5.4 Perfil vertical de temperatura para la región del Caribe.**



Fuente: Anadarko & Aquabiosfera (2015).

### 5.1.1.1.2.1.3 Salinidad

La salinidad en estudios cercanos al área de trabajo se comporta de manera homogénea para las masas de agua más profundas como SAIW y NADW, debido a que sus valores de Unidades Prácticas de Salinidad (UPS) están en el orden de los 35 UPS. No obstante, el comportamiento de la salinidad cambia a partir de los 500m de profundidad, donde aparece un aumento a 37 UPS para las masas de agua de ASS.

En cuanto al comportamiento de la salinidad en las masas de aguas superficiales, se ha observado una importante disminución de la salinidad arrojando valores de UPS entre 24 y 25 según lo reportado por Anadarko & Aquabiosfera (2015). Estos niveles de salinidad fueron reportados en estaciones que se localizaron frente a la costa del departamento de Antioquia, siendo un sitio donde hay gran influencia de aguas continentales producto de la desembocadura de los ríos Sinú y Atrato, dando como resultado una pequeña disminución en los valores de salinidad. No obstante, en las demás estaciones del trabajo de Anadarko & Aquabiosfera (2015) los de datos de salinidad en masas de agua superficiales fueron más elevados y estarían enmarcados con los datos de referencia dados para el Caribe (Tabla 5.2).

#### 5.1.1.1.2.1.4 pH

Las condiciones de pH en el océano pueden ser afectado por tres factores, el primero es la configuración química existente en la masa de agua, la segunda es la actividad biológica que se genera produciendo compuesto que a su vez afectan la composición del agua, y la tercera es la toxicidad de los diversos metales que circulan en el océano y se van así mismo acumulando (Santana-Casiano & González-Dávila, 2011).

Los valores de pH observados en la Tabla 5.3, revelan en estudios cercanos al área de trabajo, un comportamiento similar al del oxígeno disuelto, debido a que en los océanos en la primera masa superficial de agua, se desarrollan los principales procesos biológicos generando una disminución del dióxido de carbono, produciendo a su vez un aumento en las concentraciones de hidrogeno (Chester, 1990). Por esta razón, el valor de pH para las masas de aguas superficiales es de 8,19 (Tabla 5.3), mientras que en aguas profundas como en el NADW, se producen procesos oxidativos a consecuencia de la degradación de materia orgánica, como resultado de las menores concentraciones de oxígeno disuelto y el proceso de disolución de carbonatos dan como resultado la disminución de pH a valores de 7,98 en el NADW (Chester & Jickells, 2012).

**Tabla 5.3 pH promedio en las diferentes masas de aguas.**

Masas de agua	1-5 m (CSW)	150m ASS	550m (SAIW)	>1.500m (NADW)
<b>pH</b>				
<b>Características generales del Caribe</b>	(8,14-8,20) <sup>2</sup>	(7,99-8,01) <sup>2</sup>	(7,66-7,88) <sup>2</sup>	(7,59-7,95) <sup>2</sup>
<b>Información de línea base generada para área de trabajo<sup>1</sup></b>	8,19 ± 0,031	8,10 ± 0,031	7,88 ± 0,031	7,98 ± 0,041

Fuente: 1. Anadarko & Aquabiosfera (2015), 2. Ben-Yankov & Kaplan (1968), Nakano *et al.*, (2006).

#### 5.1.1.1.2.1.5 Turbidez

Es el grado de afectación de la transmisividad de la luz en un medio acuoso por cualquier tipo de material en suspensión ya sea de tipo orgánico (algas y plancton) y de tipo inorgánico como solidos suspendidos (arcilla, limos, arenas entre otros) (Weiner, 2013). En cuanto al área de trabajo, el estudio realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015) manifiesta que no existe una variación en el comportamiento en los sólidos dispuestos en la columna de agua, y asegura que los valores de turbidez tomados oscilaron entre los 0,06 NTU (Unidad Nefelométricas de Turbidez) y 0,36 NTU, los cuales están dentro de los valores normales para aguas oceánicas claras con niveles bajos de concentración de sólidos en suspensión (Lalli & Parsons, 1997). Sin embargo, en el mismo estudio indican que existe que los registros más elevados de turbidez estuvieron localizados en la región sur, lo cual se explica por la influencia de material proveniente del continente a partir de los diferentes ríos que llegan al mar Caribe como el Atrato y el Sinú.

#### **5.1.1.1.2.1.6 Comportamiento de nutrientes y metales y su variabilidad en la columna de agua**

Es de aclarar que todos los parámetros que se evalúan en la matriz asociadas a la profundidad efectiva (pH, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y demás), realizan modificaciones en la composición química de la columna de agua en mayor o menor proporción, por lo que se han analizado previamente en alguno de los factores evaluados anteriormente. A continuación, se analiza la composición química de los nutrientes y metales presentes en función del ambiente y sus posibles afectaciones:

##### **Nutrientes**

La composición química del agua puede verse afectada por la disponibilidad de nutrientes como fosfatos, nitritos, nitratos y silicatos, los cuales se presentan diluidos dentro de la masa de agua; del mismo modo son la base para el desarrollo de actividades biológicas que suscitan ligeras transformaciones en la composición química de la columna de agua (Papush & Danielsson, 2006). Según Chester & Jickells (2012), las concentraciones de los diferentes nutrientes como fosfatos, nitritos y silicatos aumentan en función de la profundidad como consecuencia de la sedimentación de la materia orgánica en suspensión que luego al ser descompuesta por la actividad química y la acción de bacteriana quedan disponibles en la masa de agua (Cognetti & Magazzu, 2001).

##### **Amonio**

La disponibilidad de este nutriente en el área de trabajo presenta niveles de detección bajos entre 3,0 ug/L y 7,1 ug/L según lo reportado por Anadarko & Aquabiosfera (2015). Estas concentraciones inferiores de amonio obedecen a tres factores principales, el primero al consumo de este en la cadena trófica (Lali & Parson, 1997), el segundo a la acción fotoquímica y química unido con la acción bacteriana que generan un proceso de oxidación del amonio a nitrito y nitrato respectivamente (Benitez, 2000; Riley & Skirrow, 1965). El último factor que cambia la concentración de amonio en las masas de agua es la radiación solar, debido a que, en la ausencia de intensidad lumínica, los procesos de fotosíntesis en el fitoplancton disminuyen, generando a su vez una mayor disponibilidad de estos iones disueltos en la masa de agua, como consecuencia del menor consumo biológico (Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

##### **Nitritos y nitratos**

Ambos nutrientes son esenciales para el desarrollo de procesos biológicos, sin embargo, en concentraciones elevadas los nitritos y nitratos muestran procesos de contaminación importante en el ambiente. Para el área de trabajo los niveles de nitritos son homogéneos y oscilaron entre 4,6 ug/l y 21, ug/l según lo reportado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), estando estos valores dentro de los parámetros permitidos.

De acuerdo con el estudio de Anadarko & Aquabiosfera (2015) las concentraciones de nitratos oscilaron entre los 75 y 998, 3 ug/l, siendo mayores en la noche debido al descenso

de la actividad fotosintética dejando libres estos nutrientes en la masa de agua. A diferencia de los nitritos, los nitratos presentan una variación en la columna de agua puesto que en las masas de agua tipo NADW y SAIW las concentraciones de nitrato son 2 veces mayores a las encontradas en masas de aguas superficiales y subsuperficiales, lo cual se explicaría por la disolución de las partículas que se están sedimentando desde la superficie, o por el transporte de otros sedimentos provenientes de otras latitudes a través de las masas de aguas superficiales (Chester, 1990); los valores encontrados a estos niveles de profundidad son comparables con los valores obtenidos en aguas profundas en el Atlántico Norte con concentraciones entre 800 y 1.200 ug/l (Karl & Michael, 2001 En: Andarko & Aquabiosfera, 2015).

### **Fosfatos**

Los fosfatos son importantes para el desarrollo fitoplancton al usarlo en procesos fotosintéticos, sin embargo, factores antropogénicos pueden afectar su concentración a niveles nocivos. En cuanto a la disponibilidad de este nutriente en el área trabajo se han encontrado niveles que oscilan entre <20 ug/l y 136,9 ug/l (Anadarko & Aquabiosfera, 2015). No obstante, estos niveles no se distribuyen de manera homogénea si no que cambian dependiendo de la profundidad en la columna de agua.

En masas de aguas superficiales y subsuperficiales en donde el rango de profundidad oscila entre 0 y 150 m se detectan valores muy bajos según Anadarko & Aquabiosfera, (2015), a diferencia de las masas de aguas profundas (NADW) y (SAIW) en donde se estiman datos entre 22,5 y 136,9 ug/l. Este comportamiento se debe a las mismas causas expresadas en los nutrientes como amonio, nitratos y nitritos, en donde la menor actividad de organismos fotótrofos genera un aumento en la concentración de iones disueltos en la masa agua, a causa de las condiciones dadas en los procesos de surgencia (Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

### **Metales**

La mayoría de metales que se encuentran en la naturaleza se presentan en bajas concentraciones, no obstante, por procesos antrópicos esta concentración ha ido en aumento conforme pasan los años (Lango-Reunoso *et al.*, 2010).

En el ambiente marino residen varios metales que han sido movilizados desde la parte continental y se han ido acumulando tanto en el océano como en los organismos. Entre los metales que tienen efectos adversos para los organismos se encuentran el mercurio, estaño, cadmio, cromo y plomo, los cuales tienen propiedades bioacumulativas y tóxicas y en la mayoría de los casos con concentraciones moderadas ya estarían alterando de una manera importante las comunidades marinas (Lango-Reunoso *et al.*, 2010). No obstante, existen otros metales como el hierro, zinc, cobre y vanadio que son necesarios producir reacciones bioquímicas en ciertos organismos (Janaki-Raman *et al.*, 2007); sin embargo, estos metales no deben sobrepasar la capacidad de carga del medio porque generaría ciertas afectaciones metabólicas y morfológicas en los organismos (Wells *et al.*, 1995).

En la Tabla 5.4 se pueden notar los valores de ciertos metales que se encuentran tanto en el bloque Purple Angel como en el bloque Fuerte Norte hacen parte del área de estudio y sus niveles de referencia en contraste con los niveles base que se encuentran para el Océano Atlántico. Si se compara los datos obtenidos por los dos estudios realizados dentro del área de trabajo se deduce que no existen diferencias entre las concentraciones de los metales analizados.

En cuanto a las concentraciones encontradas en el área de trabajo si se analizan todas ellas se encuentran dentro de los parámetros normales establecidos para el océano Atlántico, siendo el hierro el que presenta los mayores rangos de concentración entre 21 y 98,5 ug/l (Anadarko & Aquabiosfera, 2015). Es importante aclarar que en los datos tomados de la tabla si los valores tienen el símbolo < quiere decir que están en concentraciones menores a los límites detectables por el método de medición.

**Tabla 5.4 Concentración de metales en estudios de referencia cercanos al área de trabajo.**

Metales/ Lugares	Bloque Angel1	Purple Fuerte Norte 2	Océano Atlántico1
Cd	<1,51	<1,52	0,043
Cu	<21,01	--	0,1904
Pb	<30,01	--	0,0024
Ni	<39,01	--	0,474
Zn	<21,01	<21,02	0,314
Fe(mg/g)	<21,0-98,51	<21,02	0,033-136,05
Hg	<3,01	<3,02	0,00023
V	<120,01	--	1,834
Ba	<240,01	<2402	6,0-19,06
Cr	<21,01	<21,02	0,34
Cr hexavalente	<5,01	--	--

Fuente: 1. Anadarko & Aquabiosfera (2015), 2. Anadarko & Aquabiosfera (2015), 3. Millward & Turner (2001), 4. Chester & Jickells (2012), 5. Wu & Luther (1994), 6. Reid et al., (1993).

#### 5.1.1.1.2.1.7 Presión en la columna de agua

La presión existente en la columna de agua puede verse afectada por tres principales factores, el primero es la temperatura la cual cambia en función de la profundidad generando una variabilidad en la presión; cabe aclarar que el contraste entre la temperatura superficial y la temperatura del fondo marino distorsiona el comportamiento de la presión produciendo una heterogeneidad a lo largo de la columna de agua (Hughes *et al.*, 2018).

El segundo factor es la condición climática general en el océano Atlántico que de manera indirecta produce cambios en la columna de agua ya que la temporalidad climática genera el traslado de las diferentes masas de aguas producto de las corrientes oceánicas cambiando las condiciones fisicoquímicas de la columna de agua. El tercer factor que es determinante en la presión en la masa de agua del territorio es la topografía del fondo

marino puesto que en regiones como las zonas del talud existe una variabilidad en la pendiente que genera su vez una variación en la profundidad (Hughes *et al.*, 2018).

En cuanto al área de trabajo, se estimó en el marco del presente estudio, que la presión en la columna de agua tiene dos comportamientos: el primero está dado para el sector oriental enmarcado dentro del Talud Caribaná en donde la batimetría oscila entre los 800 m y los 3.000 m de profundidad, generando que los datos estimados de presión oscilen entre 8,05 MPa y 30,193 MPa respectivamente. El segundo comportamiento se presenta en la zona occidental, donde la batimetría tiene valores entre 3.000 y 3.200 m que corresponden a la región de la Cuenca Colombia compuesta de diferentes tipos de llanuras abisales. En esta zona, la presión tiende a ser más homogénea a causa de que no existen fuertes cambios de topografía y los valores estimados están en un rango entre 30,19 MPa para una profundidad de 3.000 m, mientras que a 3.200 m de profundidad la presión tiene un valor estimado de 32,20 MPa (Estos datos de presión fueron estimados a partir de la variación de las profundidades a lo largo del área de trabajo).

#### **5.1.1.1.2.1.8 Profundidad efectiva de la columna de agua**

El concepto de profundidad efectiva hace referencia a la masa de agua existente entre la superficie del fondo marino y el nivel del mar (NOAA, 2018). Esta cantidad de masa de agua dependerá de dos factores primordiales, el primero es la topografía del fondo marino ya que existen variaciones a partir de cambios en la pendiente o en aspectos geomorfológicos regionales como la presencia de la plataforma continental, talud continental y la llanura abisal, que producen importantes cambios en la batimetría regional. El segundo factor que produce cambios en la profundidad efectiva de la columna de agua es el desarrollo de procesos que afecten los niveles superficiales de la misma, como por el ejemplo el desarrollo de procesos de mareas y en algunos casos eventos extremos como el desarrollo de huracanes y tsunamis.

En cuanto al área de trabajo la profundidad efectiva de la columna de agua puede verse afectada por el cambio de pendiente ya que en el sector oriental se presenta una profundidad de 800 m, pero se comienza a profundizar hacia el occidente dando un dato máximo en este sector de 3.000 m, esto se debe a la presencia del Talud Caribaná en esta zona del área de trabajo, dando como resultado un aumento importante en la profundidad efectiva de la columna de agua. En la parte occidental del área de estudio el cambio en la pendiente no es abrupto sino de manera moderada, sin embargo, sigue aumentando a una profundidad de 3.200m, esto se debe por el desarrollo de la llanura abisal que tiene una morfología suave dando un aumento de 200 m en la profundidad efectiva de la columna de agua.

En el nivel del mar para el área de trabajo este nivel cambia por el efecto de las mareas en términos de 1,5 m en promedio siendo más significativo para el sector oriental, mientras que en el sector occidental este efecto decae a 1 m en promedio (CIOH, 2019). Estos valores pueden ser afectados por la época del año y por la alteración climática del territorio si se generan huracanes.

#### **5.1.1.1.2.2 Agua de las formaciones (superficiales)**

El agua de las formaciones superficiales se refiere al volumen de agua que se encuentra en las capas más cercanas de roca en contacto con la superficie del fondo marino y que se vinculan a las aguas connatas, es de aclarar que estos sistemas están regidos por las propiedades en sistemas de aguas subterráneas de equilibrio (Knee & Paytan, 2011; Gordon-Smith & Greenaway, 2019). En este componente se evaluó únicamente la Capacidad sellante de las capas superficiales.

##### **5.1.1.1.2.2.1 Capacidad sellante de las capas superficiales**

Es la propiedad que manejan algunas rocas para evitar el paso de fluidos a niveles superiores en este un contacto con la superficie del fondo marino los sedimentos de base. Esta capacidad sellante puede verse afectada por varios factores. El primero es la composición del sedimento que se encuentra en la superficie del fondo marino; si el sedimento tiende a ser de tamaños de grano fino a muy fino, genera un nivel impermeable que no permite el intercambio de agua procedente de la superficie hacia niveles más profundos, en cambio sí en la superficie del fondo marino se presentan tamaños de grano tipo arena, este tipo de material actúa de manera permeable permitiendo el ingreso de agua hacia capas inferiores (Evans, 2003).

El segundo factor tiene que ver con elementos estructurales como fallas, fracturas o en algunos casos, los pliegues también generan cambios en la capacidad sellante de las rocas cercanas a la superficie. El último factor, hace énfasis en los procesos geoquímicos, los cuales se producen a partir de disolución de carbonatos en capas someras que generan espacios efectivos donde el agua puede movilizarse, ya sea a niveles inferiores o en la misma capa (Evans, 2003).

En el área de trabajo, existen los tres tipos de procesos que pueden afectar la capacidad sellante de las rocas. El primero de ellos, se produce principalmente en la parte oriental asociada a las colinas abisales en donde se presentan estratos competentes que tienden a ser permeables, generando un mayor ingreso de agua hacia niveles inferiores en la roca.

El segundo proceso ocurre por la presencia de pliegues y fallas con direcciones predominantes N25E localizadas en la franja oriental del área de trabajo, asociadas al Cinturón de Deformación del Sur del Caribe formada a su vez por el contacto entre la Placa Suramericana y la Placa Caribe. Esta serie de pliegues y fallas aumentan la capacidad de infiltración efectiva en el terreno produciendo mayor flujo en las capas más profundas.

En cuanto al factor dado por procesos químicos como la disolución de carbonato, la manifestación del mismo en superficie no se han encontrado ejemplo de estudios en el Caribe. Sin embargo, este proceso es relevante y en estudios en regiones como el Mediterráneo y en Estados Unidos, se evidencian casos de desarrollo de formación de unidades geomorfológicas como respuesta a los procesos geoquímicos que se desarrollan a cierta profundidad en el sustrato, dando a origen a dolinas (Evans, 2003; Taviani, 2012). Este hecho implica una mayor infiltración efectiva en los sustratos más superficiales

generando mayor infiltración desde la superficie del fondo marino hasta estratos relativamente más profundos y a su vez una disolución lateral en la capa produciendo mayores espacios efectivos donde circulara el agua.

### **5.1.1.1.3 Subcomponente atmosférico**

El mar Caribe colombiano se encuentra localizado en la zona tropical de América, siendo influenciada por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual es una cinta de baja presión continua alrededor del ecuador terrestre, que controla los principales cambios del clima en particular los regímenes de vientos y precipitaciones (Andrade, 2001). Al encontrarse el área de trabajo en el mar Caribe, es importante describir estos parámetros atmosféricos para el entendimiento de sus condiciones climáticas.

#### **5.1.1.1.3.1 Clima y océano del territorio**

En estos grupos se describen los factores que condicionan los parámetros climáticos del área de trabajo.

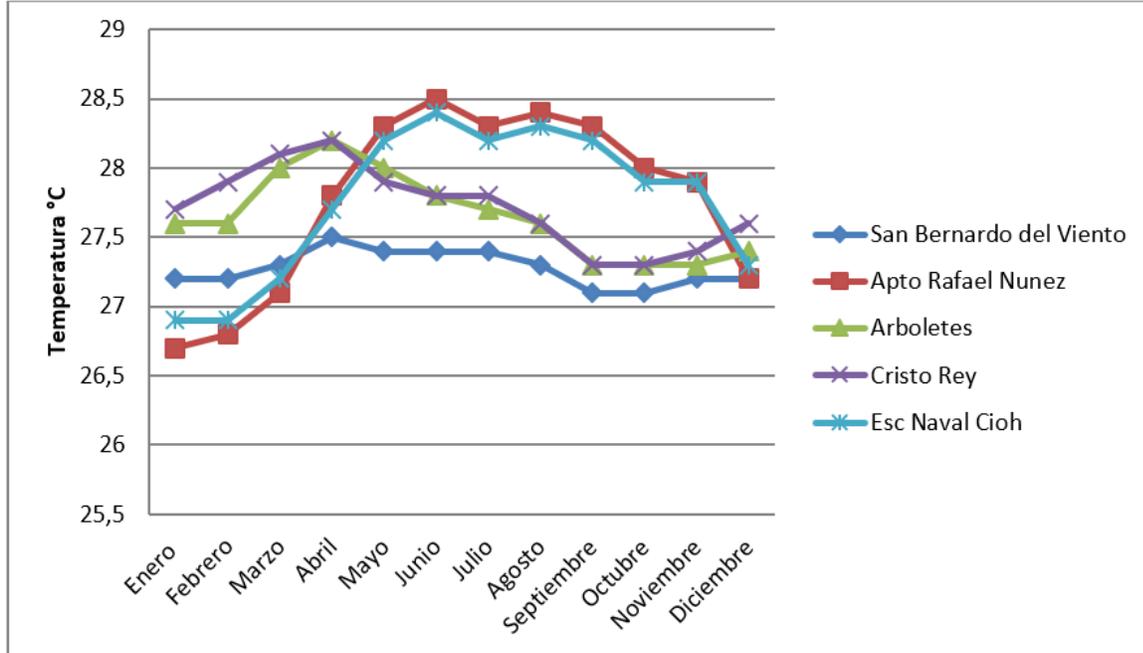
##### **5.1.1.1.3.1.1 Temperatura**

En cuanto a las condiciones de temperatura del aire en el área de trabajo IDEAM (1981-2010) describe dos comportamientos bien diferenciados, uno enclavado en la zona norte monitoreada por las estaciones de Escuela Naval CIOH y el Aeropuerto Rafael Núñez, donde se observa un comportamiento unimodal con mínimos en los meses de diciembre a marzo (26,7 y 27,1 °C) y máximos entre mayo y septiembre (28,3 y 28, 4°C).

El comportamiento de bajas de temperatura en el primer trimestre del año es debido a los efectos colaterales del invierno en las altas latitudes en Norteamérica (IDEAM, 2018). En la zona sur monitoreada por las estaciones de Arboletes, Cristo Rey y San Bernardo del Viento, se replica un comportamiento unimodal; no obstante, se diferencia de la zona norte porque el efecto es inverso ya que los meses con mayor temperatura promedio abarcan desde febrero a mayo (27,9 y 28,2°C), mientras que las menores temperaturas abarcan los meses de septiembre, octubre y noviembre (27,3 y 27,4°C), este fenómeno climático se vincula a procesos de movimientos de aguas locales.

En la zona norte se presenta el patrón regional de clima del caribe con los fuertes vientos de las Norte-Noreste y escasas precipitaciones que se dan por el desplazamiento ZCIT. Por lo tanto, en la zona sur se observa una anomalía local asociada al comportamiento climático local de Golfo de Urabá (Figura 5.5).

Figura 5.5 Temperatura promedio mensual de las estaciones cercanas al área de trabajo.



Fuente: Datos tomados de <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Promedios-Precipitacion-y-Temperatura-media-Promed/nsxu-h2dh/data>

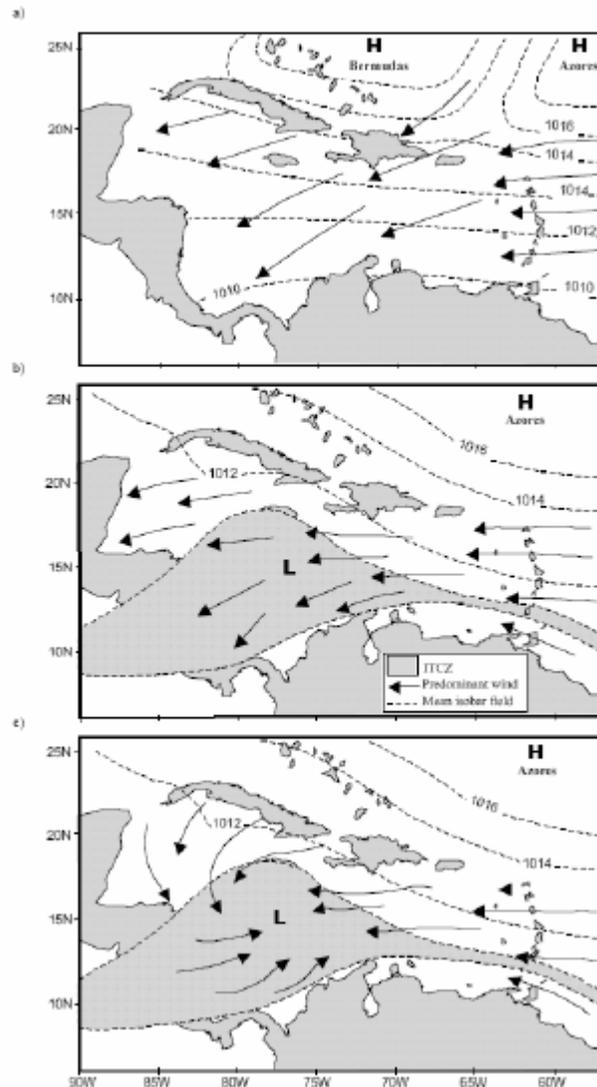
### 5.1.1.1.3.1.2 Regímenes de vientos

La variabilidad climática y atmosférica que existe en el Caribe colombiano se ve afectada por dos importantes fenómenos atmosféricos, el primero está dado por la dinámica de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual se configura por la convergencia de los vientos Alisios del noreste y los alisios del sudeste. El segundo es fenómeno es generado por la influencia del Sistema del Monzón Americano, el cual es un sistema de vientos que se producen a partir del desplazamiento del cinturón ecuatorial (Andrade, 2001).

El desplazamiento de la ZCIT a lo largo de las diferentes latitudes, es la causante de las tres épocas climáticas en el Caribe colombiano y la dirección en la que se encuentran los vientos (Andrade, 2001).

Las tres épocas climáticas se distribuyen a lo largo de un año con rasgos muy definidos para cada una de ellas. La primera época es conocida como época seca o verano, la cual transcurre entre los meses de diciembre a marzo. En este lapso de tiempo el ZCIT se localiza en la parte más meridional entre las latitudes de 4° y 8° N, produciendo un descenso en los niveles de precipitación con valores incluso menores a los 50 mm; otro efecto que se genera es la baja nubosidad y niveles elevados de humedad relativa. En esta misma época existe un descenso en el sistema de altas presiones de las Azores, dando como resultado una mayor influencia de los vientos Alisios del norte (Figura 5.6).

Figura 5.6 Localización de la Zona de Convergencia Intertropical para diferentes épocas del año. a) Época Seca, b) Época de transición y c) Época de lluvias.



Fuente: Andrade (2001).

No obstante, en la parte suroccidental del litoral del Caribe colombiano las condiciones climáticas se ven alteradas, debido a la presencia de una zona de baja presión conocida como la baja presión del Darién (Anadarko & Aquabiosfera, 2015), produciendo un comportamiento distintivo para esta región del Caribe, ya que se presenta una mayor nubosidad y la pluviosidad promedio.

La siguiente época que transcurre en el Caribe es la época de transición, que abarca los meses entre abril y julio y se caracteriza por una disminución en la influencia de los vientos Alisios del Noreste produciendo a su vez que el fenómeno de presión baja en el Darién se expanda y llegue hasta el sur del departamento de Bolívar, dando como resultado lluvias aisladas en los meses marzo y abril (CIOH, 2019). En cuanto a los niveles de

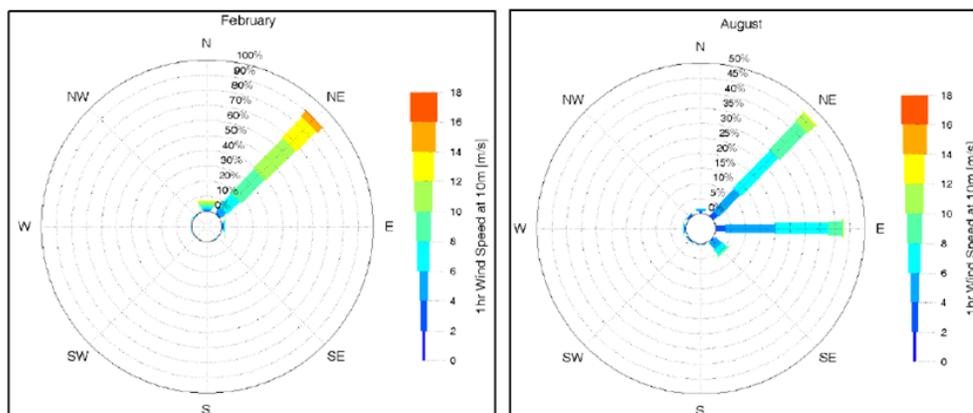
precipitaciones estos están en el orden de los 100 mm dando como resultado niveles intermedios en humedad relativa y nubosidad. Para el mes de junio empieza a generarse un aumento en la velocidad del viento ocasionando a su vez un aumento en la altura del oleaje; este fenómeno se da por el gradiente de presión que se origina al bajar la alta presión en el triángulo de las Bermudas con respecto ZCIT, lo que marca el comienzo del “Veranillo de San Juan”, que permite que la Contracorriente del Darién llegue hasta el departamento de la Guajira (Figura 5.6) (Andrade, 2001; Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

La última época se denomina época húmeda, la cual se suscita entre los meses de agosto y noviembre. Esta época se determina por el movimiento de la ZCIT hacia el norte provocando una disminución en la intensidad de los vientos y una orientación variable (Figura 5.6); igualmente, un aumento en el régimen de lluvias con precipitaciones promedio entre 120 y 160 mm. Otro efecto generado por esta configuración climática, es la presencia de huracanes, los cuales aumentan los niveles de precipitación en todo el contexto regional del Caribe. En cuanto a la nubosidad, ésta se relaciona con el movimiento de la ZCIT por lo que también migra hacia regiones más septentrionales como Santa Marta y La Guajira. En esta época del año, se observa una disminución en la intensidad de los vientos de manera considerable a niveles entre los 2 y 5 nudos, dando como resultado un descenso en la altura del oleaje, ya que no supera los 2,5 m (Andrade, 2001; Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

#### 5.1.1.1.3.1.3 Intensidad del viento

Es un parámetro que permite medir la más alta sostenibilidad de la velocidad media en un determinado tiempo (Camille & Andrew, 1992). En términos prácticos permite estimar la dirección y velocidad de una corriente de aire para una época del año. Para el área de trabajo Fugro (2014) realizó una estimación de los patrones de intensidad en los vientos para la época seca (febrero) y la época húmeda (agosto) (Figura 5.7).

**Figura 5.7 Dirección e intensidad de vientos dentro del área de trabajo para dos épocas distintas. a) Época seca (febrero) (izquierda), b) Época Húmeda (agosto) (derecha).**



Fuente: Fugro (2014).

En la Figura 5.7, se observa que la época seca se presenta los niveles más elevados de intensidad con un valor superior a los de 14 m/s y una dirección predominante de N40E producto del desplazamiento del ZCIT, así como el incremento de los vientos del noreste. En contraste, en la época húmeda los vientos disminuyen su velocidad a valores máximos de 12 m/s y un cambio con la inclusión de nuevas direcciones este-oeste añadidas a las anteriormente expuestas. Este cambio en el comportamiento es explicado por la posición central que ocupa el ZCIT para esta parte del año (Andrade, 2001) (Figura 5.7).

#### 5.1.1.1.3.1.4 Mareas

Es un fenómeno producido por la interacción gravitacional de los diferentes astros, ya sea el sol o luna con el planeta Tierra. En cuanto a la región del Caribe la marea presenta un comportamiento de tipo semidiurno con una amplitud promedio de menos de 0,4 m, sin embargo, es observable un incremento de la variación del nivel medio del mar de 3,58 mm por año en un tiempo 41 años de observación (Torres *et al.*, 2006).

En la .

Tabla 5.5, se observan los datos de marea para diferentes sectores en el Caribe colombiano, en donde los valores mayores entre el valor máximo y el mínimo están en el sector septentrional en Riohacha con un rango de 0,60 m, mientras que los mayores rangos de mareas para el Caribe se encuentran en los sectores de Cartagena y Barranquilla con un rango de 1 m.

**Tabla 5.5 Características de la marea meteorológica en diferentes lugares del Caribe colombiano.**

Marea						
Datos Mareas/Sectores litorales del Caribe	Urabá	Morrosquillo	Cartagena	Barranquilla	Santa Marta	Riohacha
Mínimo	-0,4	-0,45	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3
Máximo	0,4	0,45	0,5	0,5	0,5	0,3
Ciclo Min	-0,15	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2	0,15
Ciclo Max	-0,2	-0,2	0,25	-0,3	0,2	0,1
Moda de la serie	0	0	0	0	0	0
Rango	-0,1-0,1	-0,2- 0,2	-0,1 – 01	0,2 a 0,2	(-0,4 a 0,2)y (0,2 a 0,4)	-0,1 a 0,1
Mínimo mes	Agosto	Abril	Mayo	Abril	Enero	Diciembre
Máximo mes	Enero	Diciembre	Diciembre	Diciembre	Diciembre	Mayo

Fuente: Martínez (2010).

En el golfo de Morrosquillo, siendo el lugar más próximo al área de trabajo se tienen registros de variaciones en los valores mínimos y máximos de las mareas entre -0,45 m y 0,45 m respectivamente, dando un rango de 0,90 m. En esta zona del Caribe colombiano, el comportamiento varía de modo que, en los meses de marzo y abril, se presenta los niveles de mareas mínimas, mientras que en los meses de agosto y octubre se exhiben los valores máximos de mareas (Martínez, 2010) (Tabla 5.5).

### **5.1.1.2 Componente biótico de los sistemas**

En este componente se caracterizan todos los diversos organismos que residen en un sitio determinado. El área de estudio se encuentra localizada dentro del mar Caribe, siendo está considerada como una de las regiones más biodiversas del planeta (INVEMAR, 2010), por esta razón se hace fundamental la caracterización de las diferentes especies que aparecen en el territorio.

#### **5.1.1.2.1 Subcomponente de biota**

El área de estudio tiene una serie de características especiales que son fuente para el desarrollo de toda clase de nichos ecológicos. Así mismo, existe una caracterización muy avanzada de los organismos que viven a una profundidad somera e intermedia dentro de la columna de agua, ya que entidades como INVEMAR, han realizado diversos estudios acerca de las rutas de migración de las diferentes especies que transitan el mar Caribe colombiano.

Por otro lado, el conocimiento de las especies que habitan los ambientes marinos profundos han sido poco estudiados, debido a que son zonas de difícil acceso por parte del ser humano; sin embargo, con el avance tecnológico y por el interés de algunas organizaciones científicas, se han realizado estudios recientes en donde se señala una gran variedad de comunidades bióticas que residen en este tipo de ambientes (INVEMAR, 2010).

##### **5.1.1.2.1.1 Biota en sistemas marinos**

Con el objetivo de realizar una caracterización integral del área de estudio, se realizó una descripción de los organismos a partir de información secundaria, dividiéndolos en tres tipos de comunidades: sistemas plantónicos, nectónicos y bentónicos, de los cuales se hablará a continuación.

###### **5.1.1.2.1.1.1 Comunidades plantónicas**

Según Sherr *et al.*, (1986), la comunidad plantónica es un conjunto de diferentes grupos de individuos localizados en la columna de agua. Así mismo, esta serie de comunidades se pueden clasificar principalmente del tamaño de las diferentes especies, sin embargo, existen tres grupos principales los cuales son fitoplancton, zooplancton e ictioplancton.

###### **Fitoplancton**

Es el conjunto de diferentes especies de algas unicelulares, que son la base de la cadena alimentaria, debido a que son los productores primarios, puesto que son organismos que se alimentan a partir de la luz solar y de los nutrientes, que se encuentra en la zona fótica a una distancia entre el nivel del mar y 200 m de profundidad; otra característica importante en estos organismos es que la mayoría de ellos fluctúan entre tamaños de 0,4 a 200  $\mu\text{m}$  (Sáenz *et al.*, 2013).

El fitoplancton se puede dividir en dos grupos principales, que son conocidos como diatomeas y dinoflagelados, los cuales están ampliamente distribuidos en los océanos del mundo y en el Caribe colombiano (Anadarko & Aquabiosfera, 2015). En ambientes más profundos las cianofíceas toman mayor importancia, debido a que pueden tomar directamente el nitrógeno atmosférico, gracias a la especialización de sus células (heterocistos), siendo la base de las redes tróficas, en este tipo de ambientes gracias a esa cualidad (Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

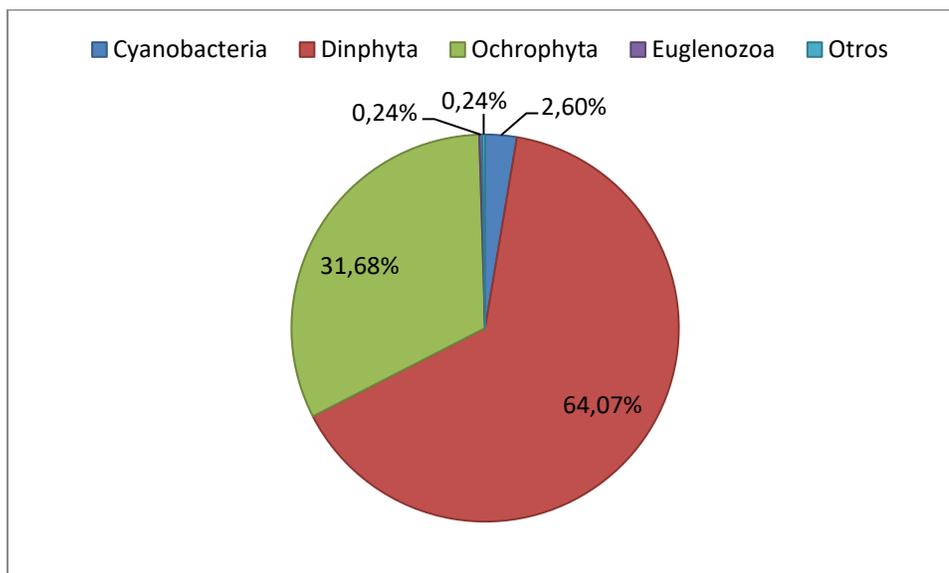
En cuanto a la distribución y proporción de organismos encontrados en el área de trabajo, se tomará como fuente de información el trabajo realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), ya que hacen un estudio de los diferentes organismos encontrados para el bloque Purple Angel, el cual hace parte en su totalidad del área de trabajo del presente estudio (2.200 km<sup>2</sup> que equivalen al 25% del área de estudio).

En el monitoreo realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), se recopiló información en 16 estaciones en un lapso de dos meses entre julio-agosto del año 2014, entre profundidades de 200 a 3.000m, dando como resultado una identificación total del 418 especies, de las cuales se destacan las siguientes especies: 11 Cyanobacterias, 134 Ochrophyta (diatomeas), 271 Dinophyta (dinoflagelados), una Euglenooza y una morfoespecié sin identificación (Anadarko & Aquabiosfera, 2015) (Figura 5.8).

De estas especies nombradas, la que presenta mayor representatividad es la especie de dinoflagelados, y es gracias a dos factores fundamentales; el primero de ellos es que están adaptados a estas condiciones de aguas profundas o de tipo oceánico, en las cuales el aporte de nutrientes y sedimentos continentales es bajo (Margalef, 1991; Gomez *et al.*, 2008). El segundo factor, está vinculado con su amplia distribución en los océanos del mundo produciendo comunidades en diversos ambientes como lo son los tropicales, subtropicales y templados (Gómez, 2013).

El segundo grupo en número de especies encontrado en el área de estudio, es el conocido como diatomeas, las cuales tienen una amplia distribución tanto en los océanos como en los diferentes hábitats acuáticos, ya sean desde el ártico hasta en regiones tropicales (Tomas, 1996).

**Figura 5.8 Porcentaje del número de especies de fitoplancton identificadas dentro del área de estudio.**



Fuente: Anadarko & Aquabiosfera (2015).

### **Zooplancton**

Es un conjunto de organismos que tienen tamaños entre 2 y 200  $\mu\text{m}$  y se alimentan de otros organismos (heterótrofos), aunque la mayoría de estos organismos se desplazan a partir de las corrientes algunos presentan movimientos propios (Boltovskov, 1981). Este grupo presenta diversas clasificaciones dependiendo de la distribución, ecología y dimensión, sin embargo, la clasificación más utilizada está en función del tiempo de vida de estos organismos, haciendo parte del plancton, siendo uno de los casos más icónicos, el que se presenta en organismos holoplanctónicos, como el caso de los copéodos que están ampliamente distribuidos en el océano y son fuente de alimento para peces (Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

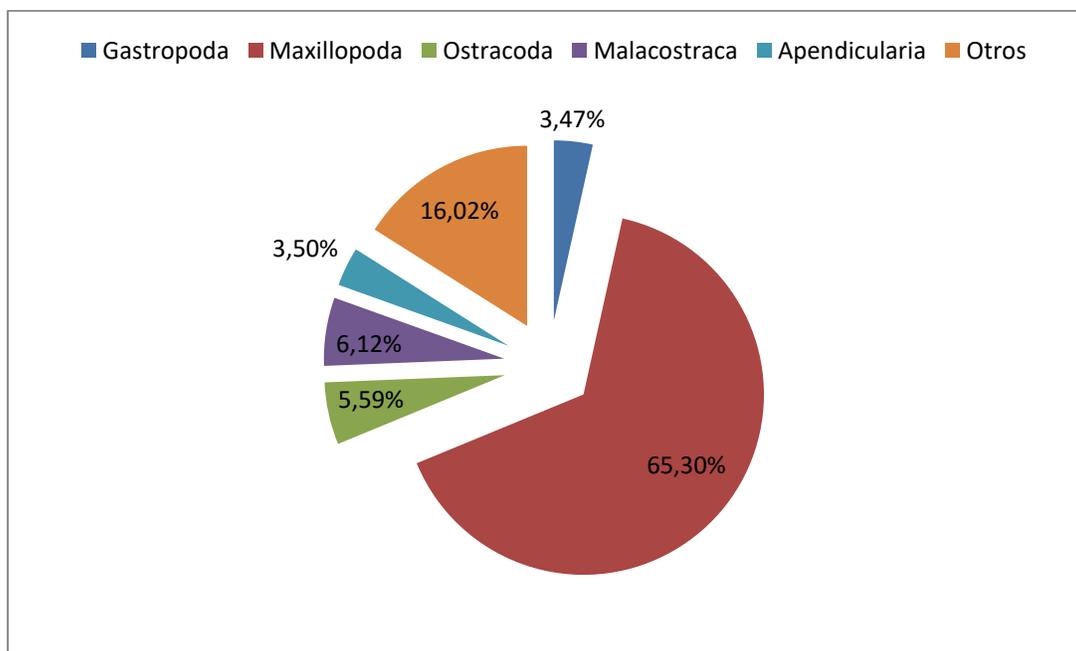
De estas clasificaciones, la mayoría divide el zooplancton en dos grupos principales, el primero es el holoplancton que hace referencia al grupo de especies que pasan toda su vida haciendo parte del plancton, mientras que el segundo grupo nombrado, como meroplancton hace acotación a individuos que en sus etapas tempranas hacen parte del plancton, sin embargo, en etapas posteriores pueden hacer parte de otros grupos como necton o bentos (Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

En cuanto a la distribución y proporción de los organismos encontrados en el área de trabajo, se tomará como fuente de información el trabajo realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), ya que hacen un estudio de los diferentes organismos encontrados para el bloque Purple Angel, el cual hace parte área de trabajo del presente estudio.

En el monitoreo realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), se establecieron un total de 86 de familias situadas en 40 órdenes, 18 clases y 10 phylum. En los muestreos realizados en el día, se destaca la predominancia de Maxillopoda con un 65%, de los cuales se desprenden 24 familias, de las cuales se destacan los copépodos calanoideos, poecilostomatoides y harpacticoides. En orden de importancia en el muestreo, la siguiente clase es la Malacostraca con un porcentaje del 6,12%, de la cual se compone 19 familias registradas en la zona de muestreo, siendo la más predominante las del orden Decápoda. Otras familias encontradas son las Ostrácoda, Apendicularia y Gastrópoda, las cuales tienen un porcentaje de 5,59, 3,50 y 3,47% respectivamente (Figura 5.9).

De la clase Gastrópoda se encontraron tres familias, mientras que de las otras dos solo se registró un solo tipo de familia. El otro 16 % está distribuido entre las clases Poythalamea, Gymnolaemata, Sipunculidea, Pokychaeta, Bivalvia, Hydrozoa, Asteroidea, Sagittoidea, Actinopterugiiy Branchiopoda de las cuales ninguna supera el 3% del muestreo (Anadarko & Aquabiosfera, 2015) (Figura 5.9).

**Figura 5.9: Porcentaje de las clases predominantes durante el muestreo en la jordana diurna localizada dentro del área de estudio.**

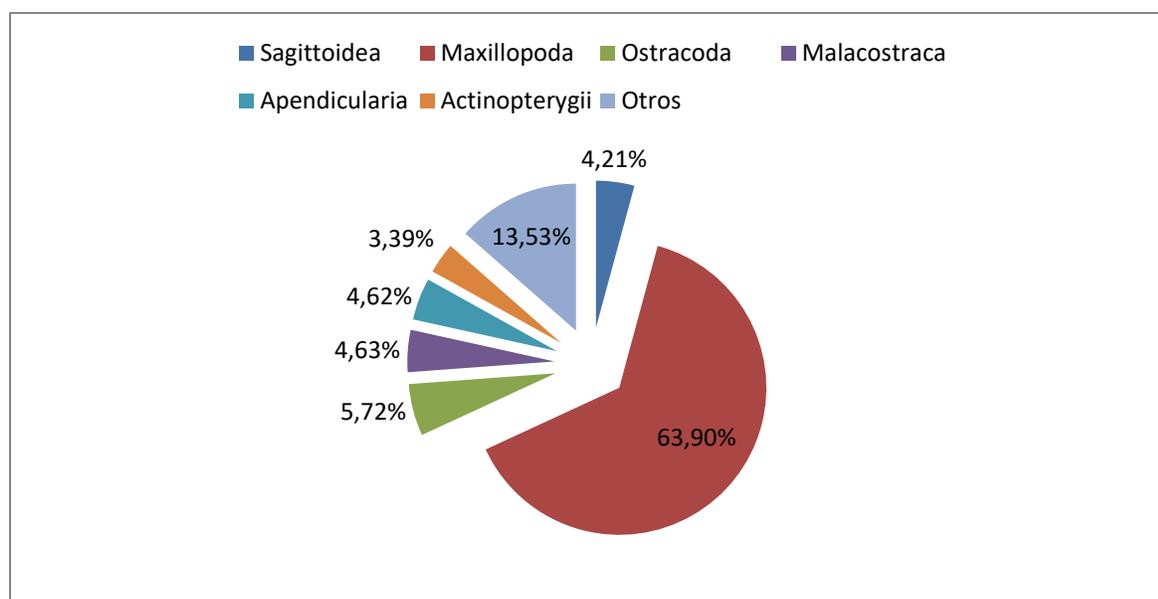


Fuente: Anadarko & Aquabiosfera (2015).

En los muestreos nocturnos realizados por Anadarko & Aquabiosfera (2015), se observó una tendencia similar en cuanto a la dominancia de la clase Maxillopoda con un 63,90%, no obstante, existe una disminución con respecto al porcentaje registrado en el día, sin embargo, no hay disminución en la cantidad de familias encontradas. La segunda clase registrada es la Malacostraca con el mismo porcentaje registrado en el muestreo diurno y preservando el mismo número de familias.

En cuanto a las clases Ostrácoda y Apendicularia, no se reportaron grandes cambios con respecto al muestreo diurno con un porcentaje de 5,72% y 4,62% respectivamente. Los cambios más significativos del muestreo diurno con el nocturno, se dan en las clases Sagittoidea y Actinopterygii, en las cuales, su porcentaje fue de 4,21% y de 3,39 % respectivamente. Este cambio en la distribución llevó consigo una disminución en la clase Gastropoda quedando relegada a un porcentaje menor del 3%, por lo que, quedó dentro de la categoría de otros, donde también se encuentran las clases de Thaliacea, Branchiopoda, Bivalvia, Cephalopoda, Polythamea, Gymnolaemata, Sipunculidea, Polythamea, Hydrozoa, Polychaeta y Ophiuroidea (Anadarko & Aquabiosfera,2015) (Figura 5.10).

**Figura 5.10 Porcentaje de las clases predominantes durante el muestreo en la jordana diurna localizada dentro del área de estudio.**



Fuente: Anadarko & Aquabiosfera (2015).

### Ictioplancton

Es la parte del componente de las comunidades plantónicas que hace alusión a los huevos y sus diferentes estados larvales, así como juveniles de los peces (Köster *et al.*, 2001). Estos organismos hacen parte del componente estructural y funcional de los sistemas acuáticos, siendo fundamentales para el entendimiento de la dinámica de ecosistemas acuáticos (Flores-Coto *et al.*, 2009). Es importante resaltar, que la estructura de la comunidad de ictioplancton, al igual que el de las comunidades plantónicas, presenta variaciones tanto espaciales como temporales que van de la mano con los diversos factores físico químicos y biológicos del área donde se localicen (Boltovskoy, 1981).

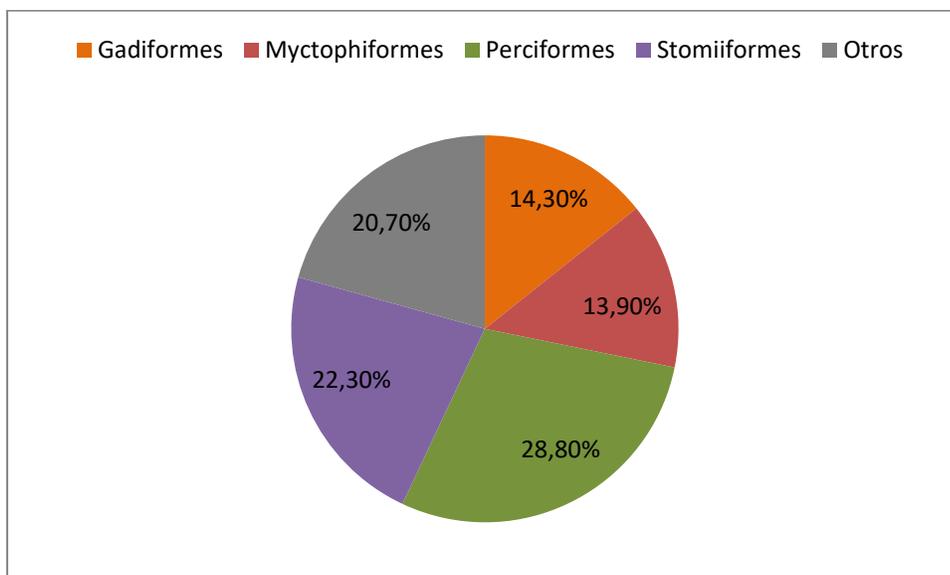
La distribución y proporción de organismos encontrados en el área de trabajo, se tomará como fuente de información el trabajo realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), ya

que hacen un estudio de los diferentes organismos encontrados para el Bloque Purple Angel, el cual hace parte área de trabajo del presente estudio.

Para el área de trabajo, los datos recopilados por Anadarko & Aquabiosfera (2015) a partir de un muestreo diurno y nocturno en 16 estaciones usando redes de arrastre durante un tiempo de 30 minutos entre profundidades de 50 a 250 m. En términos generales, se recolectaron un total de 14 órdenes, de los cuales se desprenden 43 familias, sin embargo, existe una variación respecto a la recolección de muestras en el día, ya que aparecieron 13 órdenes siendo el más representativo el Perciformes (28,8%), a su vez de este orden las dos familias más importantes son Gobiidae con 8,8% y Eleotridae con 7,5%. El orden Stomiiformes tiene una representatividad importante con un 22,3%, del cual se desprenden cinco familias destacando la presencia de Phosichthyidae con un porcentaje del 13,7%.

Los siguientes órdenes en importancia en el muestreo fueron los Myctophiformes y Gadiformes con porcentajes de 13,90 y 14,30 % (Anadarko & Aquabiosfera, 2015). En este muestreo de Anadarko & Aquabiosfera (2015), utilizaron la categoría de otros para congeniar órdenes en los cuales la contribución no supera un porcentaje del 5%, en este porcentaje, se encuentran Alguilliformes, Aulopiformes, Beryciformes, Clupeiformes, Mugiliformes, Ophidiiformes, Pleuronectiformes, Scorpaeniformes y Tetraodontiformes (Figura 5.11) (Anadarko & Aquabiosfera, 2015).

**Figura 5.11 Porcentaje de órdenes identificados en la jordana diurna dentro del área de trabajo.**



Fuente: Anadarko & Aquabiosfera (2015).

En cuanto a las muestras recolectadas durante la noche, se encontraron un total de 14 órdenes siendo predominante Perciforme con un 34,2% que a su vez está conformado por 16 familias, de las cuales tres de ellas conocidas como Eleotriade, Gobiidae y Scariadae tienen porcentajes de 8,7%, 7,7% y 5,2% respectivamente dando un total del 21,6%.El

segundo orden en importancia dentro de este muestreo es Stomiiformes con un 21,1% y está compuesto de cinco familias, de las cuales tiene mayor relevancia Gonostomatidae con 6,7% y Phosichthyidae con el 10,8%. En un tercer nivel de representatividad se encuentran los órdenes de Gadiformes con 13,0% y Myctophiformes con un 14,5%.

En el trabajo de Anadarko & Aquabiosfera (2015) en la categoría denominada Otros, se recolectaron los órdenes de Alguilliformes, Aulopiformes, Beryciformes, Clupeiformes, Lophiiformes, Muugiliformes, Ophidiiformes, Pleuronectiformes, Scorpaeniformes y Tetraodontiformes, de los cuales ninguno sobrepasa un porcentaje del 5% de representatividad (Aquabiosfera & Anadarko, 2015) (Figura 5.11).

#### **5.1.1.2.1.2 Sistemas nectónicos**

Es el conjunto de organismos que poseen la facultad de tener movimiento dentro de la masa de agua, en este tipo de asociación ecológica hacen parte diversos grupos, como peces, moluscos, mamíferos, tortugas entre otros. Este tipo de organismos móviles, presentan una amplia distribución espacial, siendo difícil la manera de espacializarlos en términos de espacio tiempo, debido a, su elevada movilidad en los cuerpos de agua, ya sea por efectos en la cadena trófica, efectos migratorios o estacionalidad climática (Willis & Percy, 1982; Sinclair & Stabeno, 2001).

#### **Mamíferos**

Animales como los mamíferos marinos, se han ido reportando en la región del Caribe, así mismo Reid (1997) menciona la presencia 32 especies de mamíferos en las aguas del Caribe, de las cuales, se destaca el avistamiento de 24 especies de ballenas dentadas, así como delfines y un manatí de las Indias Occidentales (Saenz *et al.*, 2010).

En estudios realizados en los Bloques Purple Angel (PA), Fuerte Norte (FN), Fuerte Sur (FS) que son más cernos al área de trabajo, se registraron 20 avistamientos de mamíferos marinos, de los cuales, se identificaron *Stenella attenuata* (delfín manchado pantropical), *Stenella frontalis* (delfín manchado del Atlántico), *Stenella clymene* (Delfín Clymene), *Stenella coeruleoalba* (Delfín Listado), *Stenella longirostris* (Delfín Moteado), *Stenella sp.*, *Tursiops truncatus* (Delfín Nariz de Botella), *Delphinidae*, *Physeter macrocephalus* (cachalote), *Kogia sp* (Cachalote Enano), *Globicephala macrorhynchus* (Ballena Piloto), *Orcinus orca* (Orca) y *Pseudorca crassidens* (Falsa Orca).

#### **Peces**

Son los organismos vertebrados marinos más abundantes, en cuanto al número de especies, así como, el número de individuos, constituyendo aproximadamente más del 40% de todos los vertebrados conocidos en la actualidad (Nelson, 2006). Debido a que, el área de trabajo presenta una amplia de profundidad, se pueden encontrar peces pelágicos como peces que habitan a gran profundidad.

En cuanto a los peces pelágicos, el estudio realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015) encuentra cerca de 12 familias y 29 especies, de las cuales, las más representativa son *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla), *Thunnus obesus* (atún de ojos grandes), *Carcharinus obscurus* (tiburón oscuro) y *Alepisaurus ferox* (Lanzones de nariz larga).

Para peces que habitan en grandes profundidades existen pocos estudios, no obstante, Saavedra-Díaz *et al.*, (2004) y Paramo *et al.*, (2012) reconocen cerca de 19 especies de los órdenes Albuliformes, Anguiliformes, Ateleopodiformes, Aulopiformes, Osmeriformes, Pleuronectiformes y Stomiiformes.

En el área de trabajo el estudio realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), recolectó dos especies de peces asociados a ambientes de profundos, los cuales describen como *Gymnothorax ocellatus* (morena de margen moteado) y *Pristipomoides aquilonaris* (Panchito Vóraz).

### **Reptiles marinos**

En el Caribe colombiano se han reportado siete especies de reptiles marinos, de los cuales seis son tortugas y la séptima especie restante hace referencia a *Crocodylus actus* (Cocodrilo Americano) (AECOM & ANADARKO, 2015). Las tortugas marinas son especies que presentan un tiempo de vida larga y tiene migraciones extensas, que cubren gran parte del Caribe, es por esta razón, que pueden transitar a lo largo del área de trabajo. Las especies que han sido encontradas en el Caribe colombiano son la *Chelonia mydas* (Tortuga verde), *Caretta caretta* (Tortuga Caguama), *Eretmochelys imbricata* (Tortuga Carey), *Demochelys coriacea* (Tortuga Laúd) *Lepidochelys kempii* (Tortuga lora), y *Lepidochelys olivacea* (Tortuga Golfina).

#### **5.1.1.2.1.1.3 Sistemas bentónicos**

Son el conjunto de organismos que habitan en la superficie del fondo marino, debido a que realizan ciertas actividades, como fijarse en el sustrato, o excavar para asentarse dentro del sedimento, realizar actividades como desplazarse en la superficie para cazar o protegerse de sus depredadores (Pohle & Thomas, 2001).

Estos organismos se han discriminado en cuatro grupos importantes denominados Microbiota, Meiofauna, Macrofauna y Megafauna.

### **Microbiota béntica**

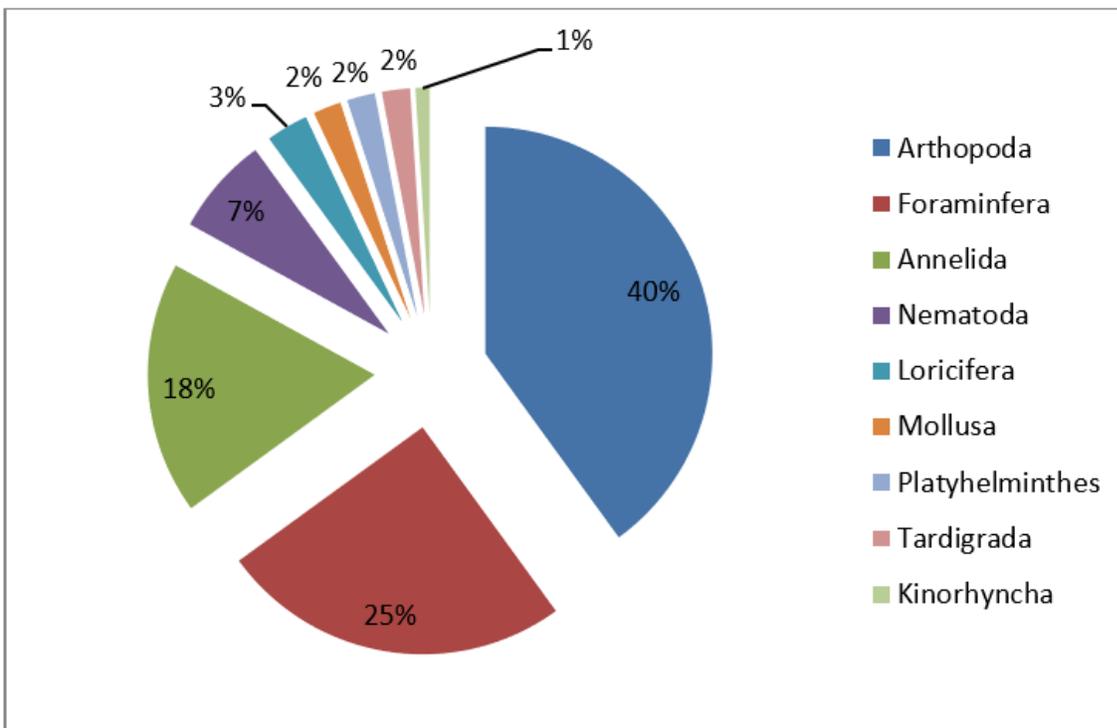
En esta categoría entran los microorganismos más pequeños como bacterias y protozoarios, así mismo, no existe un registro de trabajos realizados en el área de estudio, así como en lugares aledaños a la misma, siendo el estudio más cercano el hecho por Baird & White (1985) en la Cuenca de Venezuela, mediante un análisis de fosfolípidos en sedimentos, encontrando que la mayoría de individuos son procarióticos.

## Meiofauna

Esta parte del bentos, está compuesta grandes por protozoarios, así como de pequeños invertebrados, que pueden pasar a través de una selección en el tamiz de 300  $\mu\text{m}$  y caer dentro de un tamiz de 63  $\mu\text{m}$ , en esta categoría los organismos más comunes son los copépodos harpaticoides y nematodos (AECOM & ANADARKO,2015).

El estudio realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), revela la existencia de alrededor de 5.100 organismos meiobentónicos divididos en nueve phyla distribuidos en Annelida, Arthropoda, Foraminifera, Kinorhyncha, Loricifera, Mollusca, Nematoda, Tardigrada y Platyhelminthes. De estos phyla los más representativos fueron Arthropoda con un 40%, le sigue Formanifera con un 25%, por último, se encontró Annelida con un 18%. El resto de los phyla, se distribuyen dentro de un 18%, siendo los más importantes los Nematoda (Figura 5.12).

**Figura 5.12 Distribución porcentual de los diferentes phyla encontrados para el área de trabajo.**



Fuente: Anadarko & Aquabiosfera (2015).

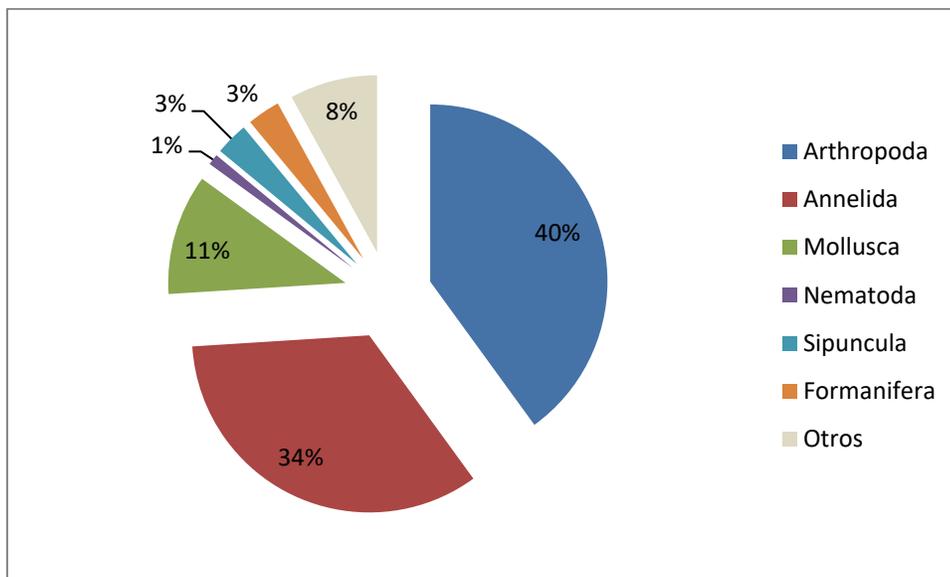
## Macrofauna

En esta categoría, se incluyen los organismos de tamaños superiores a los 450  $\mu\text{m}$ , teniendo una amplia diversidad, ya que se pueden encontrar moluscos, equinodermos, crustáceos, poliquetos entre otros. La macrofauna en ambientes marinos profundos tiene una de las mayores diversidades en especies del planeta, sin embargo, aún faltan estudios

en estas regiones para el entendimiento de la riqueza, que se encuentra en estos parajes (Grassie & Maciolek, 1992).

Un trabajo realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), en una región que hace parte del área de trabajo, ha encontrado un total de nueve phyla distribuidos en Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Equinodermata, Formanifera, Sipuncula, Nematoda y Nermetea. De estos phyla sobresalen Arthropoda con un 40%, le sigue Annelida con un 34% y Mollusca con un 11%. En menor rango menor, se encuentran los phyla Nematoda con un 1%, Sipuncula con el 3% y Forminifera con 3%. El resto de los phyla como Equinodermata, Nermetea, Bryozoa se distribuyen dentro del 8 % restante (Figura 5.13).

**Figura 5.13 Distribución porcentual de los diferentes phyla encontrados para el área de trabajo.**



Fuente: Aquabiosfera & Anadarko (2015).

### Megafauna

Son organismos que tienen tamaños superiores a los 2 mm, siendo representativos organismos como los equinodermos, cnidarios y crustáceos, los cuales se mueven en la superficie del suelo marino dejando marcas de movimiento ya sean en forma de montículos, madrigueras o simplemente huellas (INVEMAR, 2010).

El estudio realizado por INVEMAR-ANH (2010), recopiló datos biológicos en ambientes profundos y semiprofundos (20-940 m) en el Caribe colombiano, dando como resultado un reporte de diferentes phyla como Bryozoa, Annelida, Equinodermata, Cnidaria, Mollusca entre otras.

En cuanto a la megafauna encontrada para el área del proyecto, el muestreo realizado por Anadarko & Aquabiosfera (2015), para un área localizada dentro de la misma destaca la presencia de cuatro phyla distribuidos en Arthropoda, Cnidaria, Equinodermata y Porfiera.

### **Comunidades quimiosintéticas**

Son organismos que se encuentran en la superficie del fondo marino y se alimentan del metano producido, a partir de las filtraciones de gas o hidrocarburo. Este tipo de filtraciones o cold seeps tienden a producirse en los márgenes continentales, en donde por efecto de la carga litostática, los diferentes gases atrapados en los estratos migran hacia la superficie marina generando los cold seeps (Levin, 2005). Esta clase de comunidades se compone de grupos de bacterias quimiosintéticas, así como algunos invertebrados entre los que se destacan bivalvos y poliquetos (Levin, 2005).

En el Caribe se han realizado diferentes estudios, acerca de las características que presentan estas comunidades, como es el caso de García *et al.*, (2010), en donde explica la composición de algunas comunidades en zonas en donde, se generan filtraciones y manifiesta el ejemplo de caso en la región sur del Caribe colombiano, exactamente, en los deltas profundos de los ríos Magdalena y Sinú, en donde encontró una serie de organismos quimiosintéticos, como es el caso de bivalvos, caracoles de tipo *Cataegis meroglypta* y gusanos vestimentíferos relacionados con *Siboglinidae*.

Dentro del área de trabajo existe un trabajo realizado por AICON & ANADARKO (2015) en un área a fin a la zona de estudio, señalando la presencia de tres comunidades localizadas en la parte centro oriental. La metodología diseñada para la localización de estas comunidades, se hace a partir de un método indirecto, por lo que no se tiene un registro del tipo de fauna que, se encuentra en estos sitios, ya que no se ha hecho un reconocimiento visual.

#### **5.1.1.3 Componente paisajístico**

En este componente se evalúa la evolución tanto de la topografía como la batimetría, así como de los procesos que han dado la configuración paisajística actual en los territorios, en este caso para la región del margen continental del Caribe colombiano.

##### **5.1.1.3.1 Subcomponente de Paisaje**

El paisaje del fondo marino en el Caribe colombiano se puede dividir en tres grandes unidades identificadas, como la Plataforma Continental, el Talud Caribaná y la Cuenca Colombia. En cuanto a las características observables, la Plataforma Continental presenta una inclinación general de 1.5° hacia el noroeste y se extiende en profundidad hasta los -100 m siendo variable su cobertura en superficie. Así mismo, esta unidad se caracteriza por tener pocas irregularidades en su superficie, sin embargo, existen algunos canales que atraviesan esta zona, producto de la dinámica de los diferentes ríos como el Atrato, el Sinú y el Magdalena, ya que en esta región actúan como mecanismo erosivo y de transporte de materiales de sedimentos provenientes de la parte terrestre. El límite exterior de la Plataforma Continental se da por el incremento de la pendiente ya que pasa de valores de 1.5° a 4 y 18° en su parte más distal (BHP Billiton Petroleum Corporation y Ecopetrol S.A., 2006) (Figura 5.14).



profundiza dirección norte-noroeste con un ángulo regional aproximado de 15° para el Caribe (Figura 5.14) (INVEMAR-ANH, 2010).

La unidad más distal respecto a la costa, se denomina Cuenca Colombia y se identifica como una extensa planicie abisal con una pendiente no mayor a los 3°, con algunas ondulaciones que no superan los 150 m de altura. Debido a estas características generalmente esta unidad, se compone de algunos abanicos y llanuras abisales, aunque en algunas partes pueden aparecer domos o hundimientos. Esta unidad se encuentra en profundidades superiores a los 3.000 m, sin embargo, en algunas partes se puede localizar en profundidades 2.500 m (INVEMAR-ANH, 2010) (Figura 5.14).

Aunque la Cuenca Colombia, se sitúe en la parte más distal respecto a la línea de costa colombiana tiene alguna influencia de procesos sedimentarios, producto de la gran influencia de los diferentes ríos que desembocan en el Caribe, de los cuales, se destaca el río Magdalena que ha tenido cambios en su dinámica, dando como resultado una amplia distribución de estos sedimentos en la parte marina, llegando incluso a la parte proximal de la Cuenca Colombia, generando la aparición de algunos canales (INVEMAR-ANH, 2010).

#### **5.1.1.3.1.1 Geomorfología**

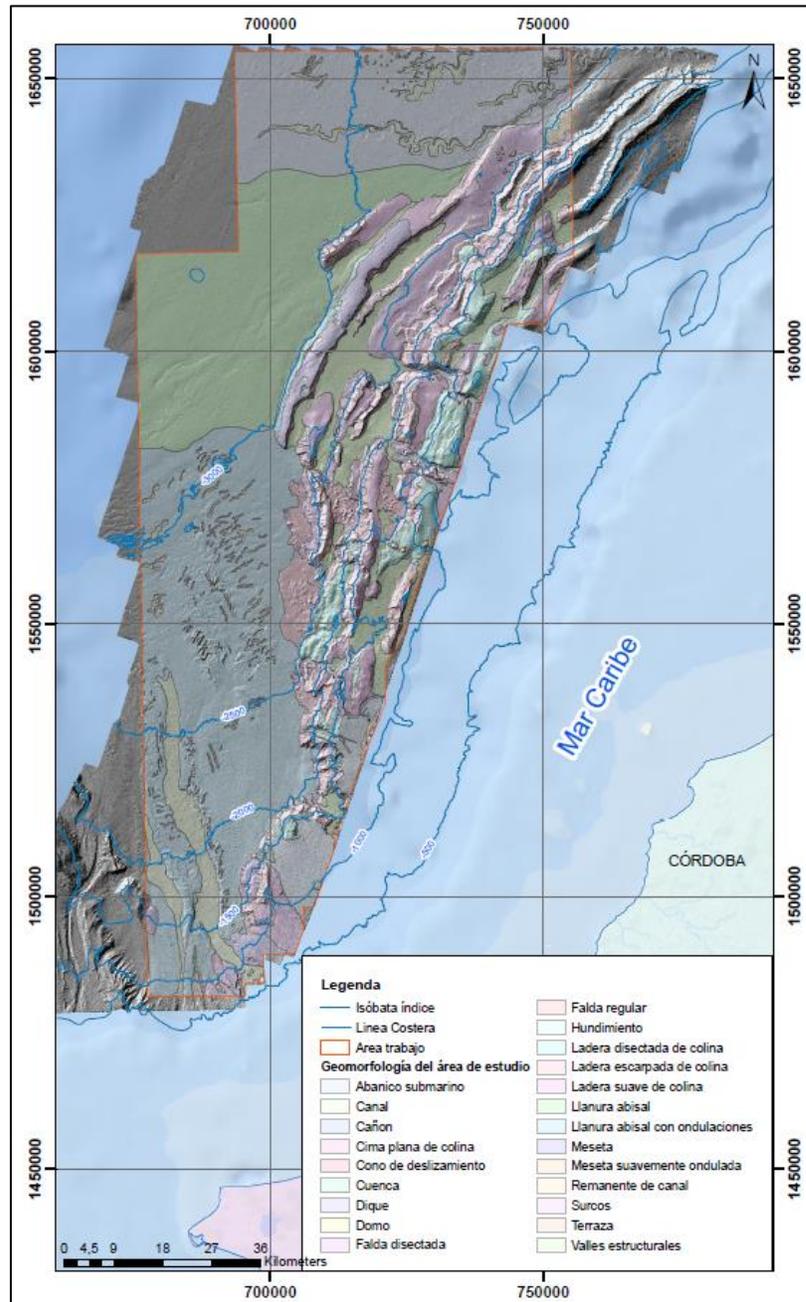
El área de trabajo se localiza entre dos unidades geomorfológicas regionales, la primera de ellas se localiza en la parte oriental y hace relación al Talud Caribaná, la cual es la unidad de transición entre la Plataforma Continental y la Cuenca Colombia. Específicamente en la zona de estudio este talud, se profundiza en dirección sureste noroccidente con una topografía altamente variable, debido a la presencia de una serie de colinas abisales que tienen una dirección preferencial de N40E. Así mismo, transversalmente a estas colinas aparecen una serie de canales y cañones que son producto de la intensa dinámica erosiva que se suscita en esta región del Caribe producto de las corrientes generadas por los distintos ríos, que desembocan en el Caribe y que en profundidad generan tanto cañones, como canales y una serie de depósitos como algunos abanicos submarinos. En estas mismas colinas se producen fenómenos de remoción en masa que a su vez generan conos de deslizamiento localizados en las diferentes faldas o valles estructurales.

La segunda unidad regional, que se encuentra en el área de trabajo, es la Cuenca Colombia, la cual se localiza en el sector occidental y está compuesta de llanuras abisales a las cuales les llega sedimentos provenientes de la parte distal de los canales, produciendo en algunos casos amplios abanicos submarinos. El relieve característico para esta parte de la zona de trabajo es suave, en donde las elevaciones no superan los 100 m de altura.

A continuación, se describirán las distintas unidades de paisaje partir de un enfoque físico, haciendo una caracterización geomorfológica del área de trabajo y representadas en la Figura 5.15.

Las unidades descritas en el presente documento están basadas en los estudios de Organización Hidrográfica Internacional (2001), y Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia realizado en convenio por el IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. Sinchi e IIAP en el año 2007.

Figura 5.15 Mapa de unidades geomorfológicas del área de trabajo (Anexo 8).



Fuente: El autor.

#### **5.1.1.3.1.1 Domos**

Son estructuras con formas circulares a semicirculares con extensiones variables y presentan diversos orígenes, sin embargo, estas unidades pueden asociarse a una deformación superficial provocada por el ascenso de un material menos denso, en este caso sería una mezcla de material como lodo y gas. Es importante mencionar que estas estructuras en la región del Caribe pueden verse asociado al límite de la Placa Caribe con la Suramericana, así mismo también el desarrollo de deltas activos que propician, a su vez una elevada carga de sedimentos que generan un aumento en la carga litostática, aumentando la posibilidad del ascenso de agua, gas y rocas menos densas hacia la superficie (Harding & Lowell, 1983).

En el área de trabajo los domos se localizan principalmente en la parte oriental asociándose principalmente a la región del Talud Caribaná, exactamente en las crestas de las colinas abisales, así como en los valles estructurales, ya que son los sitios más deformados (Figura 5.15). Otro sitio en donde, se pueden encontrar los domos dentro del Talud Caribaná, es en la parte proximal de un antiguo abanico submarino en donde la carga de sedimentos ha propiciado la generación de esta unidad geomorfológica.

En la parte occidental del área de trabajo, exactamente dentro de la Cuenca Colombia, se pueden formar algunos domos a raíz del abanico submarino localizado en la parte septentrional y que se deposita sobre la llanura abisal produciendo la carga sedimentaria necesaria para que se produzcan este tipo de unidades.

Estos domos se caracterizan por tener unos diámetros mayores de 1 a 2 km en algunos casos se pueden observar que tienen geometrías más simétricas y en otras ocasiones tienen formas alargadas. En cuanto a su extensión dentro del área de estudio tienen una cobertura de 16,25 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.2 Abanico submarino**

Son un cuerpo de sedimentos en forma preferiblemente cónica o triangular, sin embargo, también se pueden encontrar en formas lobulares. Se originan, a partir de la apertura de un cañón o de un sistema de cañones produciendo, en términos generales una variación en la sedimentología de los materiales que se van depositando a lo largo del abanico, ya que en la parte proximal de esta unidad los sedimentos tienen a ser de tamaños de grano medio a grueso mientras en la parte distal del abanico los sedimentos son de tamaños más finos y este rasgo es debido a la proximidad con el cañón que alimenta esta estructura.

Esta unidad se encuentra en varias partes a lo largo del Talud Caribaná en el Caribe Colombiano y se genera gracias al aporte producido de diferentes ríos como el Sinú, el Atrato y el Magdalena, los cuales a mar abierto sus corrientes siguen depositando material a lo largo de la Plataforma Continental y en el Talud Caribana (Vinnels *et al.*, 2010). Debido, a las características de relieve abrupto que posee el talud esta serie de sedimentos socaban en el quiebre de pendiente y se depositan los sedimentos de carácter más grueso

en la parte proximal del talud generando un gran abanico submarino alimentando por diversos cañones submarinos (Vinnels *et al.*, 2010).

En la Cuenca Colombia también se encuentran abanicos submarinos, debido que la inferencia del río Magdalena en este sector del Caribe, genera abanicos incluso entre el contacto externo del Talud Caribaná con la Cuenca Colombia. En cuanto, a la morfología de estos abanicos submarinos distales se puede concluir que presentan relieves mucho más suaves si se comparan con los abanicos presentes a lo largo del talud, esto se debe al tipo de material del que se componen.

En el área de trabajo se encuentran dos abanicos submarinos, el primero se localiza en el sector oriental y se asocia a los abanicos generados por el quiebre de pendiente entre la plataforma continental con el Talud Caribaná y se encuentra limitado hacia el occidente por las colinas abisales (Figura 5.15). El abanico que se encuentra en el área de trabajo es alimentado principalmente por los cañones asociados con la corriente submarina generada por la desembocadura del río Sinú.

El otro abanico submarino que se encuentra en el área de trabajo se localiza en el sector nororiental y está ligado con los abanicos distales, los cuales se generan entre el Talud Caribaná con la parte proximal de la Cuenca Colombia, produciendo un abanico con una morfología suave, aunque heterogénea. Este abanico, se relaciona con el paleocauce del río Magdalena, el cual produjo una serie de cañones que a su vez erosionaron algunas de las colinas abisales en el talud, dando como resultado la generación de un inmenso abanico submarino que está tapando los sedimentos característicos de la Cuenca Colombia que corresponderían a llanuras abisales (Figura 5.15).

En el área de estudio los abanicos tienen una representatividad del 13,9%, con una extensión de 1.247,66 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.1.3 Canal**

Son geoformas que han sido generadas por los diferentes flujos de sedimentos, que van socavando la superficie del fondo marino, produciendo un conducto de manera continua que dependerá su extensión, así como su grosor de la dinámica por la cual, se generó esta unidad. Los canales submarinos, se pueden producir en tanto en la Plataforma Continental, en Talud Caribaná como en la Cuenca Colombia y dependerá exclusivamente de los flujos que se susciten a lo largo desde la línea de costa hasta sectores profundos en el océano.

En el área de trabajo esta unidad, se puede encontrar en el sector septentrional en una serie de canales que hacen parte de un gran abanico submarino. En este sector, se pueden observar dos canales principales que tienen dirección predominante este-oeste y están ligados a la dinámica erosiva correspondiente al río Magdalena que incluso tiene incidencias en esta parte tan distal en la Cuenca Colombia (Figura 5.15).

Otro sector en donde se encuentra la unidad de canal es en el sector suroccidental de la zona de trabajo, siendo observado allí un amplio canal con dirección sur-norte que proviene

de la dinámica que tiene el río Atrato, a diferencia de los canales vistos en el sector septentrional, este canal es amplio y generó un cambio en la morfología suave de la llanura abisal ya que trajo consigo la sedimentación de materiales de tamaño intermedio.

El resto de canales se localizan entre las diferentes colinas abisales localizadas en la parte oriental de la zona de estudio y la mayoría tienen una dirección N60W asociándose a patrones estructuras como fallas y plegamientos.

En total los canales tienen una amplia distribución dentro del terreno, aunque su representatividad sea 3,93%, ya que tienen una cobertura de 352,42 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.1.4 Cañón submarino**

Se caracteriza por tener depresiones profundas, muy angostas de forma alargada y está limitada por pendientes elevadas y se encuentran principalmente expuestas en la zona del Talud Caribaná, en donde se forman a partir de las corrientes de los ríos que desembocan en el mar, que al profundizarse en el talud genera en la mayoría de los casos erosión sobre la superficie del fondo marino, dando como resultado final un encañonamiento de la corriente, como es el caso del conocido Cañón Agujas en el Caribe colombiano.

En el área de trabajo los cañones, se encuentran restringidos a la parte oriental, teniendo una dirección preferencial sureste noroeste, debido a que atraviesan las colinas abisales que hacen parte del talud. Es importante mencionar que estos cañones submarinos tienen una asociación con algunos lineamientos estructurales, como fallas, ya que estas estructuras actúan, como superficie de debilidad, en donde se da con mayor facilidad la filtración de agua en la roca, formando surcos y canales que terminarán creando los cañones submarinos.

Esta unidad tiene una cobertura de 58,32 km<sup>2</sup> dentro del área de estudio teniendo una representatividad baja, sin embargo, son estructuras que deben tener atención debido a que pueden interactuar con diferentes procesos en la zona y generar algunas amenazas de gran impacto como es el caso de generación de flujos de alta velocidad o desarrollo de deslizamientos (Figura 5.15).

#### **5.1.1.3.1.1.5 Conos de deslizamientos**

Son unidades creadas, a partir de la sedimentación de materiales heterogéneos, que se originan por el desarrollo de fenómenos de remoción en masa, como deslizamientos o caídas de rocas. Esta serie de depósitos, se producen a lo largo del Talud Caribaná, debido a la presencia de las colinas abisales, en las cuales, se producen las condiciones de inestabilidad como el desarrollo de fallas o la intensa interacción entre la columna de agua y la superficie del fondo marino, todas estas necesarias para el desarrollo de fenómenos de remoción en masa que dan como resultado esta serie de depósitos.

En la Cuenca Colombia se pueden presentar este tipo de unidades debido a su proximidad con algunas colinas abisales que hacen parte del talud y que en algunos casos los

fenómenos de remoción en masa que se producen en esas colinas terminan depositándose en algunos sectores de la cuenca.

En el área de trabajo la mayoría de conos de deslizamiento se localizan en el sector central y se encuentran descansando sobre valles estructurales cambiando la morfología del relieve ya que se presentaban valles de sedimentos con tamaños de grano fino medio, mientras que en estos depósitos se encuentran relieves irregulares en donde se aprecian incluso bloques desprendidos de las colinas. Es importante resaltar, que la mayoría de los conos de deslizamiento, se encuentran en el Talud Caribaná, sin embargo, algunos de ellos, se encuentran en el sector de la Cuenca Colombia, a raíz del desarrollo de fenómenos de remoción en masa provenientes de las colinas, que hacen parte del sector distal del talud (Figura 5.15).

En el área de trabajo los conos de deslizamiento tienen una extensión de 358,02 km<sup>2</sup>, asignándole una representatividad baja.

#### **5.1.1.3.1.1.6 Cima plana de colina**

Es la parte superior de las colinas abisales, en donde se genera una superficie relativamente plana, ya que sus pendientes no superan los 7°. Esta unidad se encuentra restringida a la presencia de colinas abisales y para el Caribe colombiano, estaría solamente dentro de la unidad regional del Talud Caribaná. Es importante mencionar, que esta unidad no tiene demasiada representatividad, debido a que no todas las colinas se pueden presentar este tipo de características.

En el área de trabajo esta unidad, se encuentra en la parte oriental a lo largo de la mayoría de colinas abisales, caracterizándose por tener un relieve suave con pendientes menores a 7° aunque en algunas ocasiones pueden presentar irregularidades en su superficie (Figura 5.15).

Por las características de esta unidad presenta una baja representatividad dentro de la zona trabajo, ya que tiene una extensión de 27,95 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.1.7 Cuenca de sedimentación**

Se define como las depresiones en el fondo marino, que pueden tener extensión variable y en donde, se acumulan sedimentos transportados, ya sea por corrientes turbidíticas, por procesos gravitacionales o por corrientes submarinas. Este tipo de unidades, tienen un carácter independiente y no presenta algún vínculo con unidades cercanas, debido a que sus patrones de sedimentación, difieren con los patrones que se pueden encontrar en el resto del área de trabajo.

Las cuencas de sedimentación se encuentran restringida a ciertas partes dentro del Talud Caribaná, asociándose a procesos estructurales relacionados con la configuración y los esfuerzos generados a partir del límite entre las placas Caribe con Suramericana, dando como resultado depresiones de variable extensión, sin embargo, se diferencian de los

valles estructurales ya que estos últimos presentan más interconexión con las unidades presentes en la zona de trabajo.

En el área de trabajo, esta unidad se encuentra localizada en la parte oriental en medio de una serie de colinas abisales, además presenta una morfología suave con pendientes menores a 4° y se encuentra limitada por una serie de paredes de laderas escarpadas (Figura 5.15).

Las cuencas de sedimentación tienen una representatividad baja debido a que solo tiene una extensión de 20,45 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.1.8 Diques (asociado a la formación de márgenes de canal)**

Son estructuras generalmente localizadas al borde de un valle o un canal y se producen a partir del desbordamiento de los cauces, produciendo a su vez que, al poco tiempo de inundación, la energía del medio disminuya, generando depositación de material grueso en el canal, dando como resultado una especie de dique natural a lo largo de la trayectoria del río (INVEMAR, 2012).

En el Caribe colombiano esta unidad ha sido ampliamente observada en el sector marino profundo en el sistema de los deltas y paleodeltas desarrollados por el río Magdalena que está ampliamente distribuidos a lo largo del Talud Caribaná, debido a la migración que ha tenido este sistema de deltas y que al mismo tiempo erosionó gran parte de las colinas que se encontraban a lo largo del talud.

En cuanto al área de trabajo estos diques se pueden encontrar principalmente en el norte y se asocian al abanico submarino desarrollado por la influencia final del delta del río Magdalena en el sector marino profundo en el Caribe colombiano. Estos diques estarían compuestos de materiales un poco más resistentes respecto a los sedimentos encontrados en parte de la llanura abisal o en los mismos abanicos. Actualmente, los diques presentan elevados niveles de erosión debido a la intensa dinámica causada por las corrientes y la inactividad que se está presentando por parte de los canales que se localizan en esta parte (Figura 5.15).

Esta unidad tiene una extensión de 16,26 km<sup>2</sup>, siendo una representatividad baja para el área de trabajo.

#### **5.1.1.3.1.1.9 Falda regular**

Es la unidad de transición, entre las diferentes laderas de colina y las zonas bajas, en este caso particular, la falda regular presenta un relieve homogéneo, siendo el resultado de las pendientes que pueden oscilar entre 3° y 12° en las partes más empinadas de la unidad.

En cuanto a la distribución geográfica de esta unidad a lo largo del Caribe colombiano se puede decir que esta unidad, se encuentra principalmente en el Talud Caribaná y se asocia a la serie de colinas abisales que allí se forman.

Para el área de trabajo las faldas regulares se encuentran distribuidas a lo largo de las diferentes colinas abisales, que se encuentran en la parte central y oriental. Por esta razón, esta unidad presenta una representatividad intermedia a baja, ya que posee una cobertura de 42,15 km<sup>2</sup> para el área de trabajo (Figura 5.15).

#### **5.1.1.3.1.10 Falda disectada**

Es la unidad de transición, entre las diferentes laderas de colina y las zonas bajas, en este caso particular, la falda regular presenta un relieve heterogéneo, las pendientes pueden oscilar entre 3° y 12° en las partes más empinadas. Se diferencia de la falda regular, debido a que presenta irregularidades en la superficie de la unidad, como resultado de la forma en que esta unidad se distribuye en el terreno, ya que en superficie tendría un aspecto más rugoso.

La distribución geográfica de esta unidad a lo largo del Caribe colombiano, se puede decir que esta unidad se encuentra principalmente en el Talud Caribaná y se asocia a la serie de colinas abisales que allí se forman.

Las faldas regulares se encuentran distribuidas a lo largo de las diferentes colinas abisales que se encuentran en la parte central y oriental de la zona de trabajo. Es por esta razón que esta unidad presenta una representatividad intermedia a baja, ya que posee una cobertura de 529,71 km<sup>2</sup> para el área de trabajo (Figura 5.15).

#### **5.1.1.3.1.11 Hundimiento**

Están descritas en la mayoría de los casos, como depresiones locales y pequeñas del fondo marino de tipo asimétrico, que se pueden formar de diversas maneras, ya que en algunos casos, se da a partir de cambios en la presión de la superficie submarina, en otros casos se puede formar a partir de disolución de diferentes rocas en profundidad por acción química ocasionando algunos espacios que pueden ceder ante la presión y formar así mismos otro tipo de hundimientos. La tercera manera en generar este tipo de geoformas es con el desarrollo de procesos erosivos generados en el fondo marino como es el caso de fuertes corrientes que como primera medida forman ondulaciones en la superficie y a partir de la sedimentación estas ondulaciones pueden taparse dando como resultado pequeños hundimientos en la superficie.

Esta unidad comúnmente se encuentra a lo largo de las tres unidades geomorfológicas regionales para el Caribe y en gran parte de estos hundimientos se asocian a cambios en la presión en los estratos superficiales.

En el área de trabajo se han encontrado depresiones pequeñas e irregulares tanto en la zona del Talud Caribaná como en la Cuenca Colombia, no obstante, para la conocer los procesos que dieron origen a estos hundimientos registrados en la zona es necesario tener estudios más específicos con la finalidad de entender los procesos causantes ya que a partir de las herramientas que se tienen para este estudio no es posible identificar la manera en que se crearon.

En el área trabajo los hundimientos presentan muy baja representatividad, ya que solo presentan una extensión de 12,7 km<sup>2</sup> (Figura 5.15).

### **Colinas abisales**

Las colinas abisales se definen, como elevaciones del terreno siendo unidades no compactas, debido a que pueden presentar diferencias morfológicas (pendientes, con heterogeneidades en la disposición de las laderas, siendo necesario dividir esta unidad en tres, las cuales son ladera escarpada de colina, la disectada de colina y suave de colina.

#### **5.1.1.3.1.1.12 Ladera escarpada de colina**

Es la sección de la colina abisal donde se presentan pendientes mayores a 30°, se asocian a los materiales más resistentes de la colina, dando como resultado áreas con expresiones críticas como paredes o sectores encañonados si se encuentra cercana otra ladera escarpada.

En el Caribe colombiano las laderas escarpadas de colina, se restringen principalmente a la zona del Talud Caribaná, ya que en la Plataforma continental del Caribe como en la Cuenca Colombia, no se encuentran este tipo de topografía escarpada, siendo restringida esta unidad a algunas partes del talud en donde se han generado estas colinas abisales.

En el área de trabajo las laderas escarpadas se localizan en una franja amplia que se restringe al sector oriental asociándose a la unidad regional del talud. Así mismo se observan grandes franjas alargadas que van en dirección S50W a N40E compuestas de materiales resistentes, en donde se observan intervalos de pendientes superiores a los 30° (Figura 5.15).

Las laderas escarpadas de colina tienen una representatividad intermedia en el terreno con una extensión de 760,44 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.1.13 Ladera disectada de colina**

Es la sección de la colina abisal donde se pueden mezclar tanto las pendientes elevadas (mayores a 30°) con pendientes suaves (menores a 8°) siendo difícil su diferenciación, dando como resultado un relieve heterogéneo a lo largo de este tipo de ladera. En la mayoría de los casos esta unidad sirve como una unidad de transición entre las zonas de laderas escarpadas y las laderas suaves.

En el Caribe colombiano las laderas disectadas de colina se encuentran principalmente en la zona del Talud Caribaná, ya que en la Plataforma Continental del Caribe como en la Cuenca Colombia no se forman este tipo de formas, siendo restringida a algunas partes del talud en donde se han generado estas colinas abisales.

En el área de trabajo las laderas disectadas aparecen en una franja amplia que se restringe al sector oriental asociándose a la unidad regional del talud. Así mismo se observan grandes fracciones alargadas que van en dirección S50W a N40E compuestas de

materiales medianamente resistentes, en donde se observan una gran variación de pendientes (Figura 5.15).

Esta unidad se encuentra en una proporción intermedia dentro del área de trabajo ya que tiene una extensión de 492,40 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.1.14 Ladera suave de colina**

Es la sección de la colina abisal, donde se presentan las menores pendientes (menores a 8°), se asocian a los materiales menos resistentes de la colina, dando como resultado áreas con relieves homogéneos y muy estables.

En el Caribe colombiano las laderas suaves de colina se encuentran principalmente en la zona del Talud Caribaná, debido a que en la Plataforma continental del Caribe como en la Cuenca Colombia, no se presentan este tipo de formas, siendo restringida a algunas partes del talud en donde se han generado estas colinas abisales.

Para el área de trabajo las laderas suaves de colinas se encuentran restringidas al sector oriental y se caracterizan por tener pendientes menores a 8°, siendo relieves homogéneos. En diversas ocasiones esta unidad es la sección que conecta la colina abisal con secciones llanas ya sean valles estructurales o llanuras abisales (Figura 5.15).

Las laderas suaves de colina tienen una extensión de 527,91 km<sup>2</sup> expresando una representatividad intermedia dentro del área de trabajo.

#### **5.1.1.3.1.1.15 Llanura abisal**

Son extensas zonas abisales con una topografía muy suave, dado que no presentan pendientes superiores a los 8°. En estas extensas planicies, se deposita todo el material procedente del sector costero, así como de la plataforma continental y finalmente del talud continental. Como consecuencia, al recorrido que los diferentes materiales hacen desde la línea de costa a este sector generalmente los materiales que llegan hasta allí son de tipo fino y generalmente se dan depositan a partir de procesos gravitacionales.

En cuanto al aspecto de geomorfología regional la llanura abisal es una de las principales unidades, que hacen parte de la Cuenca Colombia. En cuanto a la distribución geográfica de esta unidad en la mayoría de las partes a lo largo del Caribe colombiano, se puede encontrar a partir del límite externo del Talud Caribaná a una profundidad promedio de 2.800m, no obstante, en algunos sectores cambiará, si hay elementos que afecten su exposición en superficie, como es el caso de los abanicos submarinos procedentes de la desembocadura del río Magdalena, en donde estos sedimentos cubren estos depósitos siendo expuestos en profundidades superiores.

En el área de trabajo la llanura abisal se encuentra localizada en la parte occidental a una profundidad superior de los 2.800 m. En esta unidad se observa un relieve muy suave con pendientes menores a los 8°, en algunas partes se pueden observar pequeñas ondulaciones generadas por las corrientes submarinas (Figura 5.15).

Esta unidad presenta una extensión de 1.444,23 km<sup>2</sup> dentro del área de trabajo, dándole una representatividad intermedia.

#### **5.1.1.3.1.16 Llanura abisal con ondulaciones**

Son extensas zonas abisales con una topografía muy suave porque no presentan pendientes superiores a los 8°, sin embargo, se diferencia de la llanura abisal, ya que presentan una serie de irregularidades en su superficie; esto se debe a efectos erosivos ya sea por las corrientes submarinas o la injerencia de abanicos, así como canales que generan cambios en la superficie del fondo marino. Esta unidad se compone de sedimentos finos que han logrado transitar desde la plataforma continental y que llegan a esta parte profunda del océano a partir de procesos gravitacionales.

Esta unidad aparece en la parte suroccidental del área de trabajo y se caracteriza por tener un relieve suave con pendientes menores a 8°, sin embargo, se observan algunas ondulaciones producto principalmente de las corrientes submarinas que modelan el paisaje de fondo (Figura 5.15).

Su extensión en el área de trabajo la llanura abisal ocupa un 2.175,6 km<sup>2</sup>, presentando una representatividad intermedia.

#### **5.1.1.3.1.17 Meseta**

Se caracteriza por ser zonas llanas o semillas de extensión importante limitadas, por un cambio brusco en las pendientes, en la mayoría de ocasiones estas estructuras se encuentran aisladas.

Se encuentra principalmente a lo largo del Talud Caribaná, en donde se aprecian la mayor diversidad en el relieve submarino, producto de que el talud para esta región, se caracteriza por tener niveles, en donde se pueden generar diferentes unidades geomorfológicas.

Para el área de trabajo, las mesetas se encuentran localizadas en el sector oriental teniendo una dirección preferencial de S50W a N40E, así mismo, se caracterizan por tener un relieve llano a semi-llano, ya que presenta pendientes que oscilan entre los 0 y 10° y se encuentra dispuesta en la parte superior de la colina y está limitada en la mayoría de los casos por cambios en las pendientes que estarían asociadas a las diferentes laderas de colina (Figura 5.15).

Las mesetas tienen una extensión de 25,986 km<sup>2</sup>, teniendo una representatividad baja dentro del área de trabajo.

#### **5.1.1.3.1.18 Mesetas suavemente onduladas**

Se caracteriza por tener zonas llanas o semillas de extensión importante limitadas por un cambio brusco en las pendientes, en la mayoría de ocasiones, estas estructuras se encuentran aisladas, por su parte, se diferencian de las mesetas normales, debido a que

presenta irregularidades en su superficie, que pueden deberse a efectos estructurales o a procesos de erosión por corrientes.

Las mesetas suavemente onduladas, se encuentran principalmente a lo largo del Talud Caribaná en donde, se aprecian la mayor diversidad en el relieve submarino, producto de que el talud para esta región se caracteriza por tener niveles, en donde se pueden generar diferentes unidades geomorfológicas.

Para la zona de trabajo las mesetas se encuentran localizadas en el sector oriental teniendo una dirección preferencial de S50W a N40E, así mismo se caracterizan por tener un relieve semi-llano, aunque presenta algunas irregularidades por efectos estructurales o por acción erosiva de las corrientes submarinas, en estas mesetas se pueden establecer un rango de pendientes entre los 0 y 12°. Esta unidad se encuentra dispuesta en la parte superior de la colina y está limitada en la mayoría de los casos por cambios en las pendientes que estarían asociadas a las diferentes laderas de colina.

Las mesetas suavemente onduladas tienen una extensión de 18,9 km<sup>2</sup>, teniendo una representatividad baja dentro del área de trabajo.

#### **5.1.1.3.1.19 Plataforma plana regular**

Es una amplia región de la Plataforma Continental del Caribe que no presenta ondulaciones y está compuesta predominantemente de arenas bioclásticas, así como arenitas lodosas. Esta unidad, se caracteriza por tener una inclinación general de 1.5° en dirección noroeste, así mismo la plataforma se extiende desde la línea de costa hasta los 100 m siendo variable en su cobertura en superficie.

Esta unidad no se encuentra dentro de la zona de trabajo, sin embargo, por su extensión dentro de configuración geomorfológica es necesaria tenerla en cuenta como unidad base para que sea analizada en otros estudios.

#### **5.1.1.3.1.20 Plataforma plana irregular**

Es una amplia región de la Plataforma Continental del Caribe presenta ondulaciones generadas por procesos de sedimentación y transporte, a lo largo de la superficie de la superficie del fondo marino como es el caso de las corrientes submarinas. Esta unidad presenta las mismas características descritas en la plataforma regular, ya que hacen parte de la misma unidad regional, como es el caso de tener una inclinación general de 1.5° en dirección noroeste, así mismo la plataforma se extiende desde la línea de costa hasta los 100 m siendo variable en su cobertura en superficie.

Esta unidad no se encuentra dentro de la zona de trabajo, sin embargo, por su extensión dentro de configuración geomorfológica es necesaria tenerla en cuenta como unidad base para que sea analizada en otros estudios.

#### **5.1.1.3.1.1.21 Remanente de canal**

Estas estructuras se han formado a partir de un canal activo que por el cambio en las dinámicas tanto regionales, como locales han sufrido la pérdida de su energía, dando como resultado la erosión de estos canales o que se sedimenten, a partir de los sedimentos que por gravedad, principalmente llegan a este sector y tapan estos antiguos canal, lo que origina que en algunos sectores, se observen partes de canales en los cuales se observan que estuvieran conectados en algún momento.

Los remanentes de canal están relacionados con los canales submarinos, los cuales se pueden producir tanto en la Plataforma Continental, en Talud Caribaná como en la Cuenca Colombia y dependerán exclusivamente de los flujos que se susciten a lo largo desde la línea de costa hasta sectores profundos en el océano.

En la zona de trabajo esta unidad se puede encontrar en el sector septentrional asociada a una serie de canales que hacen parte de un gran abanico submarino. En este sector se pueden observar varios canales erosionados o rellenados por la misma dinámica del abanico submarinos dando como resultado solo algunos partes de lo que eran canales activos (Figura 5.15).

Esta unidad presenta una extensión de 72,24 Km<sup>2</sup> siendo catalogada como una unidad poco representativa dentro del área de trabajo.

#### **5.1.1.3.1.1.22 Surcos**

Son depresiones irregulares, que no son continuas y se manifiestan sobre las topografías, en ocasiones son segmentadas al no tener la profundidad de un canal submarino. Estos surcos se han formado, a partir de corrientes estacionales que general alteraciones lineales en superficie.

Estas estructuras no presentan alguna asociación específica respecto a las unidades geomorfológicas regionales, ya que su origen está asociado a procesos en la superficie y no a otros procesos, como si ocurre con algunas unidades presentes en el Talud Caribaná.

Los surcos se observan con mayor importancia en el sector occidental de la zona trabajo y se debe a que en esta parte las corrientes submarinas locales han ejercido un mayor efecto erosivo sobre la superficie del fondo marino (Figura 5.15).

En el área de trabajo estos surcos tienen una extensión de 25,986 km<sup>2</sup>, teniendo una representatividad baja.

#### **5.1.1.3.1.1.23 Valles estructurales**

Son depresiones generalmente alargadas, las cuales se encuentran ubicadas entre dos o más colinas, caracterizándose por tener pendientes entre 0 y 10°, dando un relieve suave. Generalmente, en estos valles estructurales, se sedimenta gran parte de los materiales que se genera de las colinas u otras partes circundantes.

En el Caribe colombiano los valles estructurales aparecen principalmente en la zona del Talud Caribaná, ya que en esta zona se genera una deformación que a su vez causa que el talud no sea homogéneo si no que forme varias elevaciones y entre cada elevación se formen valles.

Estos valles estructurales, se encuentran en el sector oriental de la zona de trabajo exactamente en medio de una serie de colinas abisales. Esta unidad posee un relieve muy suave, ya que sus pendientes no superan los 10° y se les considera áreas de descarga de los sedimentos, procedentes tanto de las colinas abisales circundantes como de los cañones y canales que a su vez traen sedimentos de áreas más cercanas a la costa (Figura 5.15).

En el área de trabajo los valles estructurales tienen una representatividad intermedia ya que tienen una cobertura el 586,2 km<sup>2</sup>.

#### **5.1.1.3.1.1.24 Terrazas**

Son acumulaciones de materiales como gravas, arenas y limos que se forman, a lo largo de los canales y en algunos de los casos cañones. Estas unidades no necesariamente son continuas, ya que presentan disectaciones en sus tramos. Generalmente, estas unidades presentan un relieve suave ya que tienen pendientes entre 0 y 10°, sin embargo, pueden presentar irregularidades en su superficie, debido al material del cual se componen.

Esta unidad no presenta restricciones en cuanto a unidades geomorfológicas regionales, ya que su formación, se debe estrictamente al desarrollo de dinámicas de corrientes submarinas en este caso al desarrollo de canales submarinos, abanicos y cañones.

En el área de estudio esta unidad, se encuentra actualmente al pie de unos canales submarinos que han erosionado una serie de colinas abisales. Estas terrazas se encuentran formadas a lo largo de la dirección del cauce actual del canal y se caracteriza por ser una plataforma elevada con respecto al nivel de cauce actual que presenta unas pendientes suaves generando a su vez un relieve suave (Figura 5.15).

Las terrazas presentan una extensión de 8,19 km<sup>2</sup> dentro del área de trabajo, teniendo una representatividad muy baja.

#### **5.1.1.3.1.2 Paleotopografía**

Son antiguos relieves conservados con sutiles modificaciones, pero que siguen mostrando su génesis en sus rasgos morfológicos reconocibles. En la mayoría de los casos, estos relieves se encuentran relacionados con procesos de erosión. En este tipo de relieves se han considerado dos unidades básicas fuertemente reconocibles en el área de trabajo, las cuales son los paleocanales y los paleoabanicos.

#### **5.1.1.3.1.2.1 Paleocanales**

Son antiguos canales submarino que han demostrado dinámicas de corrientes de fondo, sin embargo, en la actualidad tienen un grado elevado de erosión. Este tipo de relieve demuestra la dinámica de las corrientes que se producen en el fondo marino, ya que en algunos casos se observan las marcas en la superficie de las diferentes migraciones que se han generado en el territorio.

En el Caribe colombiano, las dinámicas tanto costeras como en las mismas corrientes locales, han producido un sinnúmero de canales que provienen desde la línea de costa pasan por la Plataforma Continental, continúan en el Talud Caribaná y llegan incluso a la Cuenca Colombia. Este tipo de dinámicas sufren grandes afectaciones por los procesos de transporte que se dan en las desembocaduras de los principales ríos como el Magdalena, el Mulatos y el Sinú, produciendo una asociación entre los procesos que se dan tanto en la parte enteramente continental, como en los sectores transicionales, dado que cambios en el aporte como en la energía de estos ríos producirá afectaciones en el sector marino, para citar un ejemplo específico es la migración de la desembocadura del río Magdalena que produjo como resultado una fuerte erosión de gran parte del Prisma de Acreción del Sinú, creando a su vez un gran abanico con una serie de canales y cañones que van lo alimentaron por un largo periodo de tiempo (Vinnels *et al.*, 2010).

En el área de estudio, se han observado varios paleocanales localizados en el sector septentrional, que provienen principalmente de la corriente submarina generada por el río el Magdalena (Vinnels *et al.*, 2010). En este sector, se observa un gran canal activo con diferentes sedimentos distribuidos a lo largo del mismo, además, de posibles paleocanales que han sido el resultado de los posibles cambios que ha sufrido la corriente del río a lo largo de los años. Estos paleocanales, se encuentran con elevados niveles de erosión debido, a la gran tasa de aportes de sedimentos producto del canal activo y de la posible dinámica que se genera en el fondo marino.

En el sector sur occidental también se han observado una serie de paleocanales, que están asociados a un gran canal, que actualmente presenta dirección sur norte que proviene del río Mulatos (Vinnels *et al.*, 2010), ya que guarda cierta congruencia con el comportamiento del río en el sector continental. A diferencia, de lo observado en la parte norte, el canal que se encuentra en este sector sur tiene mayor amplitud, además de tener un comportamiento más estable en la dirección de la corriente, ya que no se observan grandes migraciones en la superficie del fondo marino.

#### **5.1.1.3.1.2.2 Paleoabanicos**

Son un cuerpo de sedimentos con formas cónicas o triangulares, que se generaron a raíz, de la desembocadura de los canales o cañones, formando una dispersión de los materiales a lo largo de la región baja y extensa que en este caso sería la llanura abisal. Estos paleoabanicos, presentan una disposición de sedimentos grueso granulares, en su sector proximal al ápice, mientras que en su sector distal el tipo de material tiende a ser fino.

Este tipo de geoforma tiene una amplia distribución a lo largo del Talud Caribaná en la región Caribe colombiana, debido a que el río Magdalena, ha generado en varios periodos de tiempo abanicos submarinos, que han ido migrando, al mismo tiempo que ha ido cambiando la desembocadura de este río en la región litoral (Romero *et al.*, 2015).

Según Romero *et al.*, (2015), uno de los primeros sitios de desembocadura del río Magdalena se produce en el sector del Canal del Dique, generando un abanico que erosionó gran parte del Prisma de Acreeción del Sinú y que inclusive llegó hasta la zona abisal en la Cuenca Colombia. Actualmente, el río Magdalena ha cambiado su desembocadura principal para el sector conocido como Puerto Colombia, dando como resultado una fuerte erosión del talud en esta zona dando paso a los depósitos de abanicos submarinos.

En el sector septentrional del área de trabajo, se observa la estructura distal que hace parte del abanico submarino conformado, por la corriente del río Magdalena, cuando este desembocaba en el Canal Dique, ya que su ubicación, se asociaría más con el comportamiento antiguo de este río que con el comportamiento actual, ya que se encuentra erosionado un sector más septentrional.

#### **5.1.1.4 Componente social**

Para un entendimiento integral del área de estudio es necesario tener en cuenta al ser humano, ya que este interactúa con los otros componentes de la matriz. Es imperativo mencionar que dentro del área de estudio no se establecen poblaciones de manera permanente, sin embargo, si hay desarrollo de actividades humanas dentro del territorio o cercano al mismo por estas razones se caracterizó este componente.

##### **5.1.1.4.1 Subcomponente ámbito social o formativo**

En este subcomponente se plantean cuatro grupos de factores fundamentales, los cuales son Población, Conocimiento de la sensibilidad de los elementos ante las amenazas, Legislación Temática y Comunidad Científica. Estos cuatro grupos tienen como objetivo, establecer la relación que tiene la población con su entorno, tanto desde la connotación de los fenómenos naturales, así como la percepción de las comunidades frente al riesgo.

La potencialidad de afectación de los procesos bióticos y abióticos, evaluados positiva o negativamente en la importancia de impacto tendría mayor relevancia en las comunidades localizadas en las líneas de costa que estarían bajo el área de influencia de las zonas analizadas.

Es importante mencionar que la información descrita en este estudio en el Componente Social tiende a ser principalmente de carácter secundario, suministrado por las bases del gobierno y otras organizaciones.

#### 5.1.1.4.1.1 Población

El área de estudio, se localiza en el sector sur occidental del mar Caribe colombiano, siendo asociada, su parte poblacional al sector costero de la región Caribe. Esta región en cuanto, a su estructura poblacional, se caracteriza por una elevada concentración de habitantes en las ciudades capitales, así como en sus cabeceras, ya que el 72% de la población, se localiza en los centros urbanos, de los cuales las capitales costeras tienen mayor relevancia, como es el caso de Cartagena, Barranquilla, Montería, Santa Marta, Valledupar y Riohacha, esto para el tiempo transcurrido entre los años 2005 y 2011, según los datos tomados por el DANE (2019).

##### 5.1.1.4.1.1.1 Civil

En este aspecto, se tienen en cuenta todas las comunidades localizadas en la línea de costa que presentaría alguna afectación de manera directa o indirecta, por los diferentes procesos bióticos y abióticos, que se realicen en el marco del área de trabajo. Es por esta razón, que las poblaciones a analizar se encuentran entre el municipio de Turbo y la ciudad de Cartagena.

De lo anteriormente descrito, las poblaciones que se encuentran dentro del rango de influencia al área de trabajo, se encuentran los municipios de Turbo, Necoclí, San Juan De Urabá, Arboletes, Puerto Escondido, Moñitos, San Bernardo del Viento, San Antero, Coveñas, Santiago de Tolú, San Onofre y Cartagena (Tabla 5.6). De estos municipios la que presenta mayor población es Cartagena con 994.894 representando el 81,91% de la población total registrada para este sector del Caribe, le siguen los municipios de Turbo con 69.010 habitantes, Santiago de Tolú con 28.977 y San Onofre con 28.310 teniendo un porcentaje de 5,68%, 2,39% y 2,33% respectivamente (Tabla 5.6). En cuanto, al resto de municipios costeros su población no excede los 103.538 habitantes, representando un 8,45% del total de habitantes (DANE, 2019).

**Tabla 5.6 Poblaciones costeras cercanas a la zona de trabajo.**

Municipios	2018	Porcentajes
Turbo	69.010	5,68
Necoclí	16.703	1,38
San Juan de Urabá	8.567	0,71
Arboletes	18.411	1,52
Los Córdoba	5.076	0,42
Puerto Escondido	5.379	0,44
Moñitos	7.236	0,60
San Bernardo del Viento	9.506	0,78
San Antero	18.526	1,53
Coveñas	4.041	0,33
Santiago de Tolú	28.977	2,39
San Onofre	28.310	2,33
Cartagena	994.894	81,91

Municipios	2018	Porcentajes
Total	1,224.729	100%

Fuente: El autor a partir de los datos registrados por el DANE.

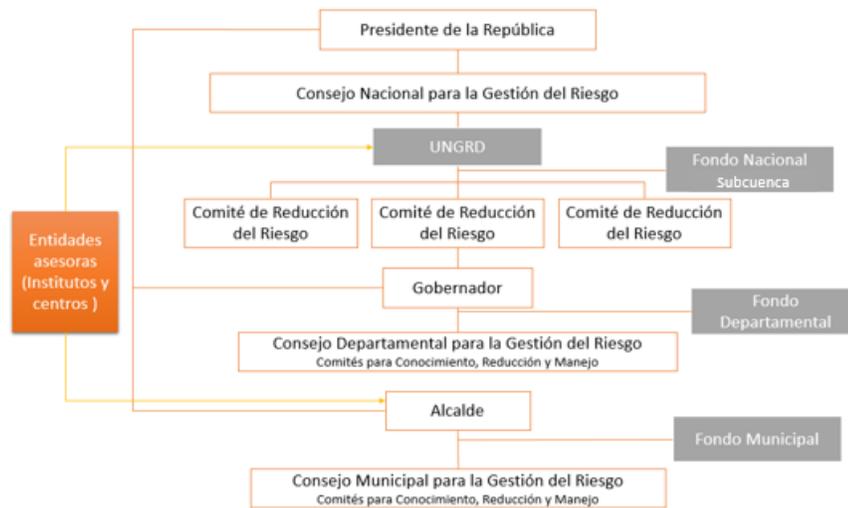
#### 5.1.1.4.1.2 Conocimiento de la sensibilidad de los elementos

Este grupo de factores tiene como finalidad representar el nivel de conocimiento que tienen las poblaciones tanto locales como regionales e inclusive nacionales, acerca de las amenazas geológicas existentes dentro de la región litoral del Caribe, para ello se plantean los factores de conocimiento de riesgos, conocimiento de la amenaza y las socializaciones.

##### 5.1.1.4.1.2.1 Conocimiento de la amenaza

Los lineamientos de las amenazas potenciales se dan a partir del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). Ambas se articulan con el fin de generar lineamientos necesarios para la gestión y el entendimiento de las diferentes amenazas que se puedan producir a lo largo del territorio colombiano (DNP, 2012) (Figura 5.16).

Figura 5.16 Estructura de las entidades para el tratamiento del riesgo en el país.



Fuente: Modificado de <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Estructura.aspx>.

Específicamente, en la región Caribe sitio donde se localiza el área de trabajo la UNGRD, brinda una serie de objetivos estratégicos acerca de las amenazas inherentes en la región, de las cuales se han estipulado principalmente en:

- Amenaza por tsunami para los municipios de la costa Caribe y sus áreas insulares.

- Efectos de la variabilidad climática sobre las amenazas por fenómenos hidrometeorológicos y meteomarineros extremos.
- Procesos de inundaciones lentas o rápidas en sectores transicionales a causa de procesos fluviales o transicionales.
- Amenazas por el desarrollo de procesos de fenómenos de movimientos de remoción en masa.
- Amenaza sísmica que se pueda producir a lo largo del sector marino y costero.
- Amenazas asociadas al cambio climático.
- Amenazas por diapirismo

El conocimiento de este tipo de eventos es proporcionado por los institutos como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), INVEMAR, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Servicio Geológico Colombiano (SGC), centros de investigación de las universidades públicas y privadas, así como los estudios técnicos realizados por las autoridades ambientales regionales y Parques Nacionales Naturales de Colombia.

#### **5.1.1.4.1.2.2 Conocimiento del riesgo**

El riesgo relaciona las variables de amenaza y de la vulnerabilidad para un territorio en particular (DNP, 2012). En cuanto al conocimiento del riesgo en el territorio colombiano el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE), así como la UNGRD desarrollan estrategias generales con la finalidad de dar lineamientos generales acerca de cómo disminuir los riesgos que se puedan generar por las distintas amenazas.

Estos parámetros, que brindan estas entidades tienen la finalidad de reducir el riesgo, mediante tres actividades principales, las cuales son prevenir los impactos, adaptación al cambio y mitigar los posibles efectos, transversalmente a ellas se debe producir conocimiento de la amenaza y generar sensibilización en la comunidad a todos los niveles (UNGRD, 2016).

Es importante mencionar que las entidades como el MINAMBIENTE y el UNGRD, únicamente brindarán lineamientos y gestionan políticas que den herramientas para que estas entidades locales, puedan superar las diferentes emergencias que en su territorio transcurran, en realidad son las entidades locales quienes deben lidiar con este tipo de riesgos a partir de los planes de manejo ambiental u otra información suministrada por los diferentes institutos y centros de investigación.

Como un caso puntual, la UNGRD plantea en su Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres cinco objetivos generales encamados dentro de lo anteriormente mencionado. El primer objetivo estratégico es:

*“mejorar el conocimiento del riesgo de desastres en el territorio nacional”, el segundo es “reducir la construcción de nuevas condiciones de riesgo en el desarrollo territorial, sectorial y ambiental sostenible”, el tercer objetivo es “reducir las condiciones existentes de riesgo de desastres”, el cuarto es “garantizar un oportuno eficaz y adecuado manejo de desastres”, y el quinto objetivo es “fortalecer la Gobernanza, la educación y comunicación social en la gestión del riesgo con enfoque diferencial, de diversidad cultural y de género”.*

En la región Caribe lugar donde se localiza el área de trabajo, se han reconocido ampliamente los riesgos, que tienen las comunidades, a raíz del desarrollo de fenómenos físicos, como es la erosión costera, eventos hidrometeorológicos marinos extremos, tsunamis, diapirismo de lodo, sismos, e inundaciones.

Un ejemplo de caso es el riesgo por erosión costera ha ido en aumento a raíz de diversas situaciones, la primera de ellas es el aumento poblacional que se localiza en las zonas cercanas a la línea de costa, la segunda situación se da porque la implementación de políticas que generen medidas de mitigación estructural no se da a la misma tasa de desarrollo del evento de amenaza, la tercera se da a partir del desarrollo económico que tienen las comunidades cercanas a línea de costa. Todas estas situaciones contribuyen al aumento del riesgo que se da por la erosión costera en el Caribe.

#### **5.1.1.4.1.2.3 Socializaciones**

Es una medida implementada, principalmente por las entidades locales, con el apoyo de institutos y centros de investigación, con el objetivo de disminuir el riesgo, a través de proveer herramientas a la comunidad para proceder en el caso de un posible evento de amenaza. Estas socializaciones, se desprenden desde un marco conceptual principal hasta medidas, que deberá tomar la comunidad para reducir las posibles afectaciones tanto materiales como humanas que se susciten en la zona donde se situó la misma.

En el Caribe colombiano, las socializaciones van priorizadas a problemas inherentes al territorio y su afectación directa en la línea costera. Un caso concreto, fue la socialización realizada en el año del 2016, en el sector conocido como Isla Grande, que hace parte del Parque Nacional Natural Corales del Rosario, que contó con la gestión de la entidad de Gestión del Riesgo con la ayuda del Servicio Geológico Colombiano y tenía como objetivo realizar un taller de conocimiento sobre la geoamenazas en el sector Caribe, entre las que se destacan movimientos en masa, amenaza sísmica, diapirismo de lodo, erosión costera entre otras, y los posibles planes de emergencia así como las contingencias que se deberían tomar para cada evento que se pueda generar (Parques Nacionales, 2018).

#### **5.1.1.4.1.3 Legislación temática**

Esta parte del eje de ámbito social y normativo, se refiere a las leyes, estatutos y procedimientos vigentes, que rigen las actividades que se ejercen en el territorio, y el manejo de los recursos naturales bióticos y abióticos, que se presentan en este. Así mismo,

estas normas generan pautas de actuación frente al uso de los recursos en términos de procedimientos que sean acordes con la sostenibilidad del medio ambiente; así mismo, determina elementos para su conservación y recuperación y para el manejo de amenazas y la forma como estas deben ser abordadas de la gobernabilidad y la gobernanza (Camou, 2001; Celedón & Orellana 2003). Además, pueden aportar elementos para el control y seguimiento.

#### **5.1.1.4.1.3.1 Normatividad**

Caso específico, hace referencia a la delimitación de áreas, lo cual se relaciona con la definición de espacios específicos, para su ordenamiento y manejo. Se cuentan en estas, las unidades ambientales costeras, cuencas hidrográficas, áreas marinas protegidas, sitios prioritarios de conservación de la biodiversidad, áreas significativas de la biodiversidad; en todas estas se busca la conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

Específicamente sobre normas ambientales, Colombia cuenta con el Decreto Ley 2811 de 1974, Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, así como normas particulares a cuencas hidrográficas, biodiversidad, áreas protegidas, manejo integrado de zonas costeras, gestión del riesgo, cambio climático, entre otras. En particular para el sector ambiente, el Decreto 1076 de 2015, compila la normatividad ambiental en un decreto único reglamentario para el sector (MINAMBIENTE, 2018).

Respecto a la gestión del riesgo las normas primordiales que existen hasta el momento son (UNGRD, 2018):

- Decreto 2157 de 2017. Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012.

Es importante mencionar que en el año 2015 se establecieron unos descritos que compilan todas las leyes y normas para este sector. Para la gestión del riesgo se implementó el Decreto Único 1081 de 2015 del Sector Presidencia, compila normas como (UNGRD, 2018):

- Ley 1523 - 24 de abril del 2012. Por el cual se adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Decreto 2157 de 2017. Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012.
- Decreto 1807 del 19 de septiembre del 2014. Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.

- Decreto 2672 - 20 de noviembre del 2013. Por el cual se modifica parcialmente la estructura de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Decreto 1974 - 11 de septiembre de 2013. Por el cual se establece el procedimiento para la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo.
- Decreto 4147 - 3 de noviembre 2011. Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura.
- Respecto a las regulaciones al sector pesquero las normas más importantes son (MINAGRICULTURA, 2018):
- Ley 1851 – 19 de julio de 2017. Por medio de la cual se establecen medidas en contra de la pesca ilegal y el delito de ilícita actividad de pesca en el territorio marítimo colombiano.

Es importante mencionar que en este sector también se hizo un decreto único que se llama Decreto Único 1071 de 2015 del Sector Presidencia, el cual compila todas las regulaciones al sector pesquero (MINAGRICULTURA, 2018):

- Decreto 1124 del 2013. Por el cual se adopta el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia – PAN Tiburones Colombia.
- Decreto 4181 del 2011. En el cual se crea la Autoridad Nacional de Agricultura y Pesca (AUNAP).
- Ley 13 de 1990. Por el cual se produce un Estatuto General de Pesca que brinda todas las actividades que se pueden producir en este sector en el país.
- Decreto 2256 de 1991. Por el medio del cual se reglamenta todas y cada una de las actividades descritas en la Ley 13.
- Decreto 662 de 1977. Reglamenta las actividades de pesca en los Parques Nacionales Naturales.

Respecto a las regulaciones al sector de ambiente y desarrollo sostenible existen las siguientes las normas (MINAMBIENTE, 2018):

- Decreto 50 - 16 de enero de 2018. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de las Macrocuencas (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2245 – 29 diciembre de 2017. Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 150 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015. Decreto Único

Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas.

- Decreto 1155- 7 de julio de 2017. Por el cual se modifican los artículos 2.2.9.6.1.9., 2.2.9.6.1.12, del Libro 2, Parte 2, Título 9, Capítulo 6, Sección 1, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Tasa por Utilización de Aguas y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 870- 25 de mayo de 2017. Por el cual se establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos a la conservación.

En este sector también se generó un decreto único que se denomina Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible que establece como Decreto único 1076 de 2015 del Sector Presidencia y compila las diferentes normas que se han producido hasta esa fecha (MINAMBIENTE, 2018):

- Resolución 2090 de 2014. Por medio de la cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- Ley 1454 de 2011. Por el cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones.
- Ley 1450 de 2011. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014.
- Decreto-Ley 3573 de 2011. Por medio del cual se crea la Agencia Nacional de Licencias Ambientales.
- Decreto 2829 de 2010. Por el cual se reglamentan las licencias ambientales.
- Decreto 2372 2010. Por el medio del cual se regula el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).
- Ley 1333 de 2009. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1252 de 2008. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1242 de 2008. Por el cual se establece el Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1200 de 2004. Por el cual se determinan los Instrumentos de Planificación Ambiental.
- Decreto 302 de 2003. Por medio del cual se reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica.

- Ley 611 de 2000. Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática.
- Decreto 879 de 1998. Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial.
- Decreto 1329 de 1998. Por el cual se reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales dentro de su territorio.
- Decreto de 1768 de 1994. Por el cual se desarrolla lo relacionado con el establecimiento, organización o reforma de las Corporaciones Autónomas Regionales.
- Ley 143 de 1994. Por la cual se establece Ley Orgánica del Plan de Desarrollo.
- Ley 141 de 1994. Por la cual se crean el Fondo Nacional de Regalías, la Comisión Nacional de Regalías, se regula el derecho del Estado a percibir regalías por la explotación de recursos naturales no renovables, se establecen las reglas para su liquidación y distribución y se dictan otras disposiciones.
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
- Respecto a las regulaciones al sector de hidrocarburos las normas que lo rigen son las siguientes (MINMINAS, 2018):
- Resolución 135 de 2018. Por medio de la cual se expide el Regalemento Maritimo colombiano (Remac).
- Resolución 40687 de 2017. Por la cual se establecen los criterios técnicos para proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos costa afuera en Colombia.
- Resolución 41251 de 2016. Por la cual se reglamenta la medición del volumen y la determinación de la calidad de los hidrocarburos producidos en el país para la adecuada liquidación de las regalías y contraprestaciones económicas en favor del Estado.
- Resolución 40048 de 2015. Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa fuera.

Debido a que el área de hidrocarburos hace parte del Sector de Minas y Energía, así mismo este presenta un Decreto Único 1073 de 2015 realizado por el Sector Presidencia, el cual compila las regulaciones del para este tipo de actividades:

- Resolución 90341 de 2014. Por la cual se establecen requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
- Decreto 1616 de 2014. Por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera.
- Decreto 3004 de 2013. Por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.
- Resolución 181495 de 2009. Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos.
- Decreto 1994 – 04 de septiembre de 1989. Por el cual se reglamenta el artículo 1 de la Ley 20 de 1969 en materia de hidrocarburos.
- Ley 55 de 1989. Por la cual se aprueba el Convenio Internacional sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos de 1969 y su protocolo de 1976.
- Ley 20 de 1969. Por la cual se dictan algunas disposiciones sobre minas e hidrocarburos.
- Decreto 1348 de 1961. Por el cual se reglamenta la Ley 10 de 16 de marzo de 1961.
- Ley 10- 16 de marzo de 1961. Por el cual se dictan disposiciones en el ramo de petróleos.

La entidad encargada de las diferentes actividades que se realicen a nivel marino es la Dirección General Marítima (DIMAR), eso incluye por supuesto el tránsito de las embarcaciones. En el reglamento más reciente se encuentran las siguientes normas (DIMAR, 2018):

- Resolución 425 de 2018. Por medio de la cual se incorpora la Resolución DIMAR 257 del 09 de abril de 2018 al Reglamento Marítimo Colombiano modificando parcialmente el artículo 2.3.1.1.3 dispuesto en el Capítulo 1 del Título 1 de la Parte 3 del REMAC 2: “Generalidades”, en lo concerniente a la ampliación y delimitación de áreas restringidas a en aguas jurisdiccionales de Colombia.
- Resolución 654 de 2016. Por medio de la cual se adopta la Agenda de Investigación Científica 1026-2030 de la Dirección General Marítima.
- Resolución 782 de 2016. Por medio de la cual se emiten oficialmente a la Comunidad Marítima Nacional e Internacional, las Cartas Náuticas Oficiales elaborados por la Dirección General Marítima.

En cuanto a la normatividad existente sobre estas actividades se encuentra en el Decreto Único 1070 del 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa, el cual compila todas estas leyes (DIMAR, 2018):

- Decretos 2127 de 2015. Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 88 de Ley 1617 de 2013 sobre la Declaratoria de Recursos Turísticos en los Distritos Especiales y se adicionan unas disposiciones al Decreto 1074 de 2015, Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo.
- Decreto 2682 de 2014. Por el cual se establecen condiciones y requisitos para la declaratoria de existencia de Zonas Francas Permanentes Costa Afuera.
- Resolución 576 de 2013. Mediante la cual se establecen los criterios para la delegación de funciones en las sociedades de clasificación de naves y artefactos navales.
- Decreto 1946 de 2013. Por medio del cual se reglamentan los artículos 1, 2, 3, 4, 5,6 y 9 de la Ley10 de 1978 y 2 y 3 de la Ley 47 de 1993 en lo concerniente al mar territorial, la zona contigua, algunos aspectos de la plataforma continental de los territorios insulares colombianos en el mar Caribe occidental y a la integridad del departamento del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
- Resolución 674 de 2012. Mediante la cual se determinan y establecen las condiciones, los procedimientos y medidas de seguridad para el desarrollo de las operaciones de unidades móviles, buques de apoyo y buques de suministro que se realicen costa afuera.
- Resolución 711 de 2011. Por la cual se adoptan a nivel nacional las especificaciones técnicas para las boyas o ayudas flotantes especiales, utilizadas en jurisdicción de la Dirección General Marítima.
- Resolución 665 de 2011. Por la cual se delegan algunas funciones a las Capitanías de Puerto de la Dirección General Marítima.
- Resolución 2134 de 2010. Por el cual se crean y organizan los grupos internos de trabajo en la Dirección General Marítima del Ministerio de Defensa Nacional y se determinan sus funciones.
- Decreto número 5057 de 2009. Por el cual se modifica parcialmente la estructura del Ministerio de Defensa Nacional – Dirección General Marítima y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2061 de 1996. Por el cual se reglamentan las telecomunicaciones del servicio móvil marítimo.
- Decreto 1753 de 1991. Por el cual se reglamentan parcialmente el Decreto Ley 2324 de 1984 y el Código de Comercio sobre corredores de contratos de fletamento marítimo, libertad de acceso a la carga originada y destinada por vía marítima.

- Ley 17 de 1991. Por la cual se aprueba el Convenio para facilitar el tráfico marítimo internacional 1965 en su forma enmendada.
- Decreto-Ley 2324- 18 de septiembre de 1984. Por el cual se reorganiza la Dirección General Marítima y Portuaria.

En actividades submarinas como es el desarrollo de redes submarinas se han establecidos las siguientes normas (DIMAR, 2018):

- Resolución 602 de 2015. Por la cual se establece el trámite y procedimientos de las solicitudes para realizar tendidos de cables submarinos de fibra óptica en los espacios marítimos jurisdiccionales colombianos.
- Resolución 204- 23 de abril de 2012. Por la cual se establecen áreas de seguridad a lo largo de los tendidos de cables submarinos en aguas jurisdiccionales colombianas.
- Decreto número 5057 de 2009. Por el cual se establece como función de la Dirección General Marítima dictar la reglamentación técnica relacionada con las actividades marítimas y la seguridad de la vida humana en el mar.
- Decreto-Ley 2324- 18 de septiembre de 1984. Por el cual se reorganiza la Dirección General Marítima y Portuaria.
- En cuanto a la normatividad para patrimonio arqueológico se encuentran las siguientes normas (DIMAR, 2018; MINCULTURA, 2018):
- Ley 1675 de 2013. Por medio de la cual se reglamentan los artículos 63, 70 y 72 de la Constitución Política de Colombia en lo relativo al Patrimonio Cultural Sumergido.
- Decreto 2941 de 2009. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 modificada por la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al patrimonio cultural de la nación de naturaleza inmaterial.
- Decreto 763 de 2009. Por el cual se reglamentan parcialmente las leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material.
- Decreto 1313 de 2008. Por el cual, se reglamenta el artículo 7° de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 4° de la Ley 1185 de 2008, relativo al Consejo Nacional de Patrimonio Cultural.
- Ley 1185 de 2008. Por la cual, se modifica y adiciona Ley 397 de 1997- Ley General de Cultura – y se dictan otras disposiciones al actualizar la definición de patrimonio cultural de la nación de Ley 397 de 1997.

- Ley 397 de 1997. Por la cual, se establece la Ley General de Cultura, en donde establece los lineamientos generales para la gestión y la protección del patrimonio cultural de la nación.
- Ley 26 de 1986. Por la cual, se conceden autorizaciones al Gobierno Nacional para celebrar contratos administrativos de investigación histórica y de recuperación y/o conservación de antigüedades y valores náufragos y se dictan otras disposiciones.

#### **5.1.1.4.1.3.2 Delimitación de áreas**

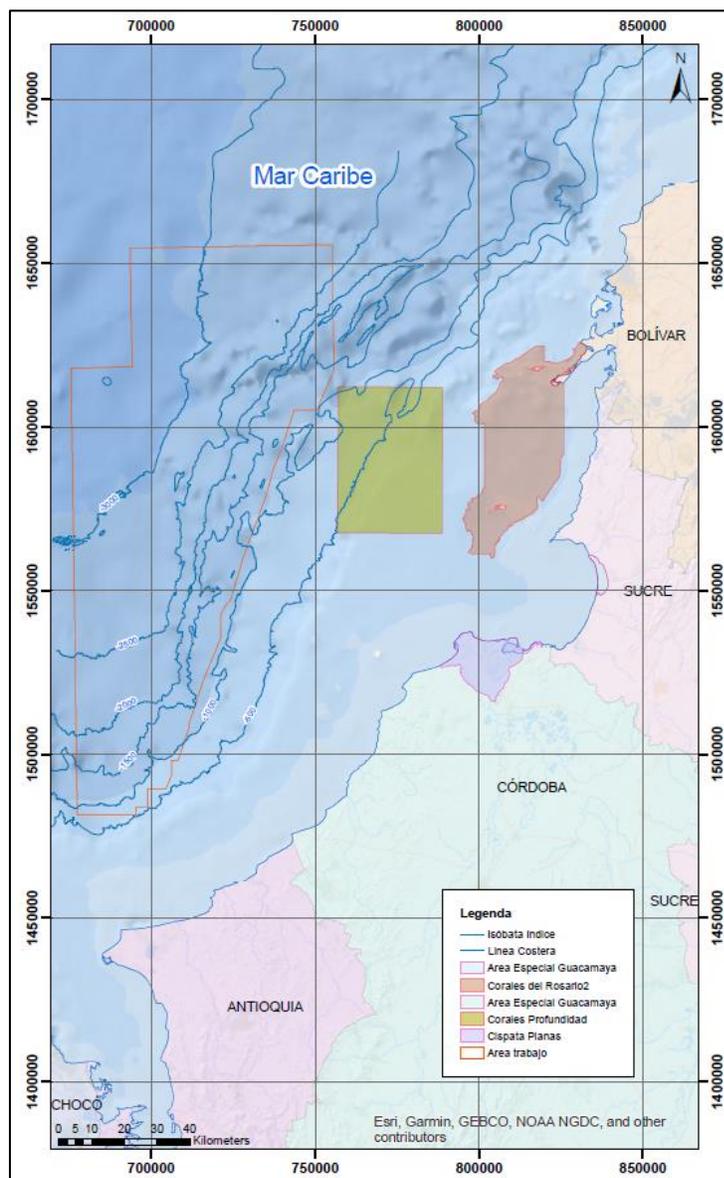
En Colombia, se han establecido una serie áreas con diversos estatutos, que implican restricciones a las diferentes actividades antrópicas, por esta razón y en el marco del convenio de Diversidad Biológica por medio de la Ley 165 de 1994, con la cual se dio origen una Política Nacional de Biodiversidad, que, a su vez, adquirió el compromiso de crear un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) (PNN DE COLOMBIA, 2018).

Es por esta razón, que en Colombia existen ocho categorías, para el manejo de áreas protegidas, que hacen parte del SINAP (PPN, 2018). Estas categorías se dan en orden de importancia de esta manera:

- 1) Áreas Protegidas Públicas.
- 2) Sistema de Parques Nacionales Naturales.
- 3) Reservas Forestales Protectoras.
- 4) Parques Nacionales Regionales.
- 5) Distritos de Manejo Integrado.
- 6) Distritos de Conservación de Suelos.
- 7) Áreas de Recreación.
- 8) Áreas Protegidas Privadas – Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC).

En cuanto, a las cercanías de la zona del presente estudio se encuentran localizadas 2 áreas protegidas con el estatus de conservación de Parque Nacional Natural y se denominan como Parque Nacional Natural Corales de Profundidad y Parque Nacional Natural Los Corales del Rosario y de San Bernardo, las cuales se encuentran 45 y 3,5 km de distancia respectivamente del área de estudio (Figura 5.17).

Figura 5.17 Mapa de localización de Parques Nacionales Naturales en zonas de influencia del área de investigación (Anexo 9).



Fuente: El autor a partir del Parque Naturales (2018).

El Parque Nacional Natural Corales de Profundidad tiene una extensión de 1.421 km<sup>2</sup> y adquirió su estatus de parque nacional, a raíz de la abundancia significativa de corales de profundos, así como la presencia de una gran cantidad de especies de invertebrados (Parques Naturales, 2018). Se ha estimado que este parque alberga al menos el 40% de la biodiversidad que se encuentra entre la Plataforma Continental del Caribe colombiano, además, de guardar una importante muestra de las formaciones coralinas en el país, por último, alberga una especie conocida como *Madracis myriaster*, que tiene la capacidad de formar estructuras y hábitat en el fondo marino (Alonso *et al.*, 2015).

El Parque Nacional Natural Los Corales del Rosario y de San Bernardo, tiene una cobertura de 1.234 km<sup>2</sup>, siendo un área en donde confluyen los diferentes ecosistemas submarinos con una importante biodiversidad, que hacen parte de una plataforma coralina extensa del Caribe colombiano. En la parte más superficial del parque también coexisten una serie de formaciones arrecifales, bosques costeros de manglar, que son exclusivos de la zona, así mismo, aparecen extensos pastos marinos que colindan las islas y gran diversidad de invertebrados, así como de peces arrecifales (Parques Nacionales, 2018).

Es importante mencionar que, en el área de estudio, no se encuentran ninguna de estas áreas previamente señaladas. No obstante, si existen algunas delimitaciones enmarcadas dentro de otro régimen de protección, siendo catalogadas dichas zonas como áreas Significativas para la Biodiversidad en los ambientes marinos profundos del Caribe colombiano.

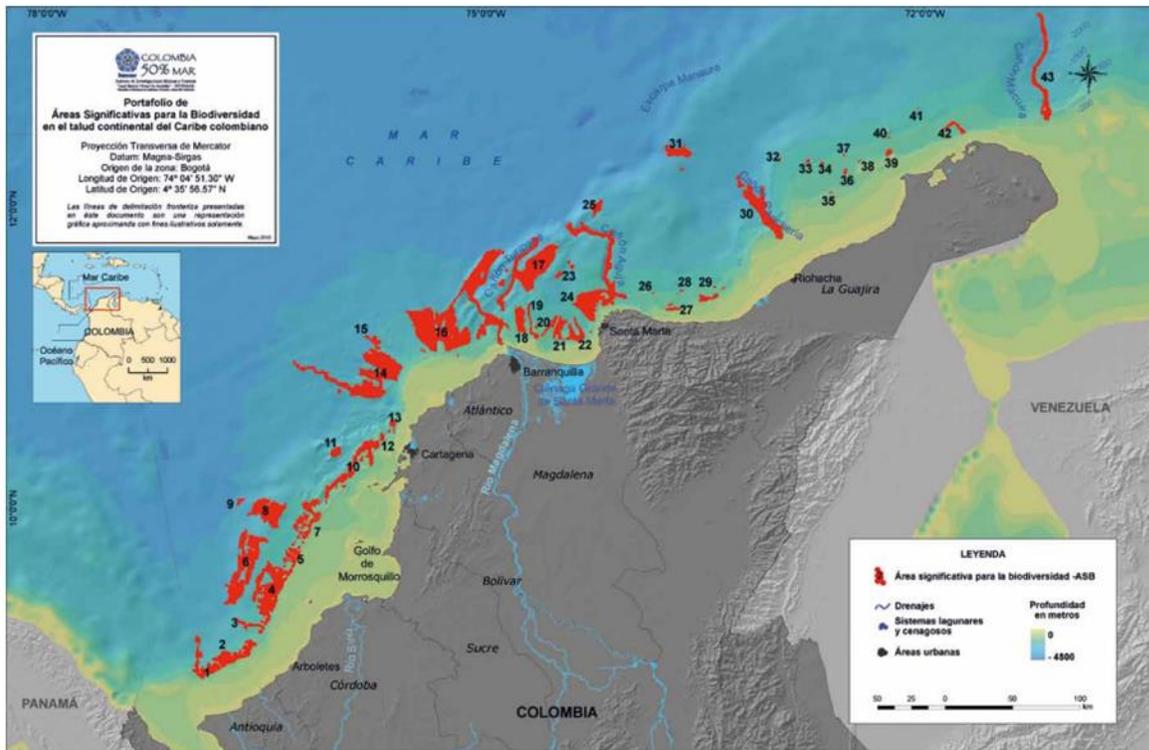
### **Áreas significativas para la biodiversidad**

A raíz del incremento de posibles actividades antrópicas enfatizadas en la búsqueda de recursos energéticos para el país en el sector costa marino de aguas profundas del Caribe colombiano, es de vital importancia conocer las diferentes especies y lugares en donde habitan para que no sea afectados por posibles actividades antrópicas en estas regiones, es por esta razón que en el año 2010 INVEMAR, lanzó una primera caracterización de esta parte del Caribe e identificó Áreas Significativas para la Biodiversidad (ASB) (INVEMAR, 2010).

Las ASB son áreas de interés especial en términos de biodiversidad, que se localizan principalmente a lo largo del Caribe colombiano a partir de una profundidad de los 170m abarcando las unidades regionales de Talud Caribaná y Cuenca Colombia (Figura 5.18). Presentan procesos geológicos que favorecen el asentamiento de diferentes comunidades biológicas, las cuales tienen formas de vida diferentes a las presentes en aguas someras, como su baja tasa de crecimiento y reproducción y su flujo genético (Alonso *et al.*, 2010). Estos ambientes han tendido poco conocimiento en cuanto a su ecología y función; sin embargo, su diversidad biológica podría verse afectada por actividades como la minería de aguas profundas, los cables submarinos, la exploración y explotación de hidrocarburos y la pesca comercial de arrastre (Davies *et al.*, 2007 En: Alonso *et al.*, 2010).

Así mismo, en estas zonas se tienen dos tipos de objetos sensibles, el primero es el paisajístico en donde es considerado que en términos de importancia para la biodiversidad los cañones submarinos, canales, colinas, lomas, colinas alargadas y montes juegan un papel esencial para el asentamiento de las distintas comunidades (Alonso *et al.*, 2010). El segundo es objeto está en función de diversidad de especies que puedan localizar en estas ASB como es el caso de corales de profundidad, especies de ambientes reductores, especies bioconstructoras, especies de interés en bioprospección, especies susceptibles a explotación, especies amenazadas y especies de distribución restringida (Alonso *et al.*, 2010).

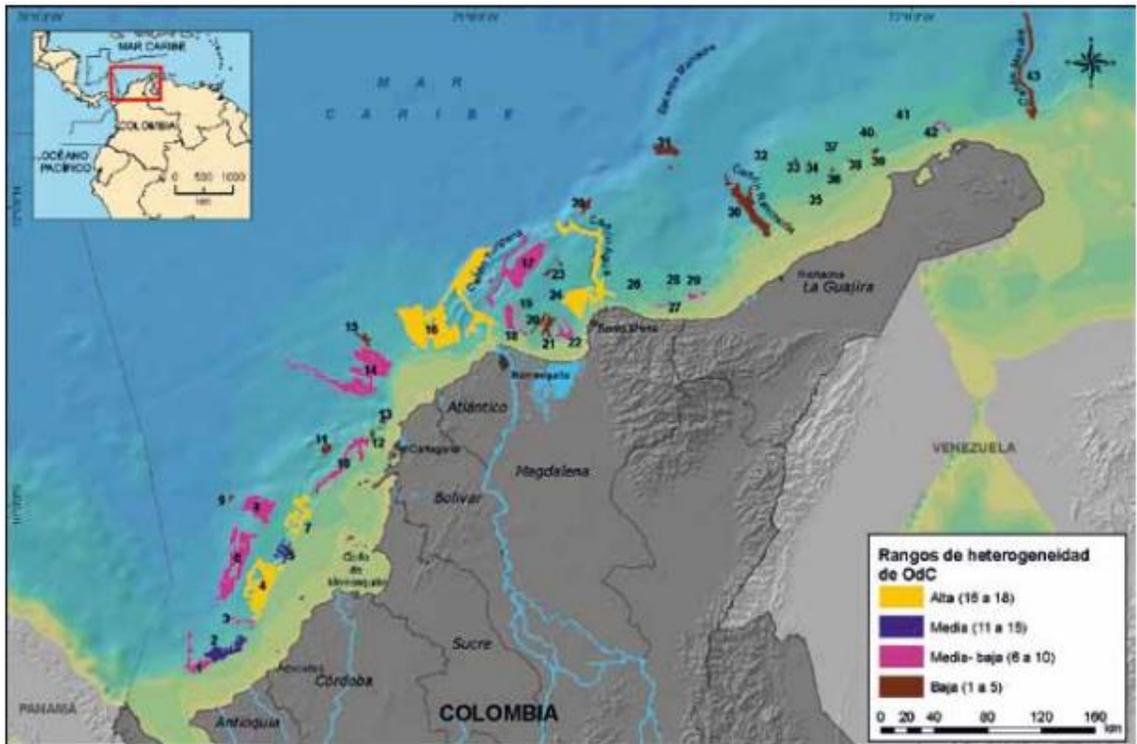
Figura 5.18. Localización de las diferentes Áreas Significativas para la Biodiversidad (ASB) en el Margen Continental del Caribe colombiano.



Fuente: INVEMAR, (2010).

De lo anteriormente descrito, es importante mencionar que las diferentes ASB se encuentran categorizadas en términos de la heterogeneidad de objetos sensibles ó de conservación en cuatro rangos principales que son Alta (18-16), Media (15-11), Media-Baja (10-6) y Baja (5-1) (Alonso *et al.*, 2010). En otros términos, las ASB más sensibles son aquellas en las que se encuentren un mayor número de objetos de conservación como se observa en la Figura 5.18; las áreas más sensibles son la 4 y 7 las cuales se encuentran al norte del golfo de Morrosquillo, así como el área 16 que se localiza sobre el cañón Turipaná y la 24 que corresponde al sector conocido como el Cañón Agujas, el cual cuenta con mayor heterogeneidad de objetos (Alonso *et al.*, 2010) (Figura 5.19).

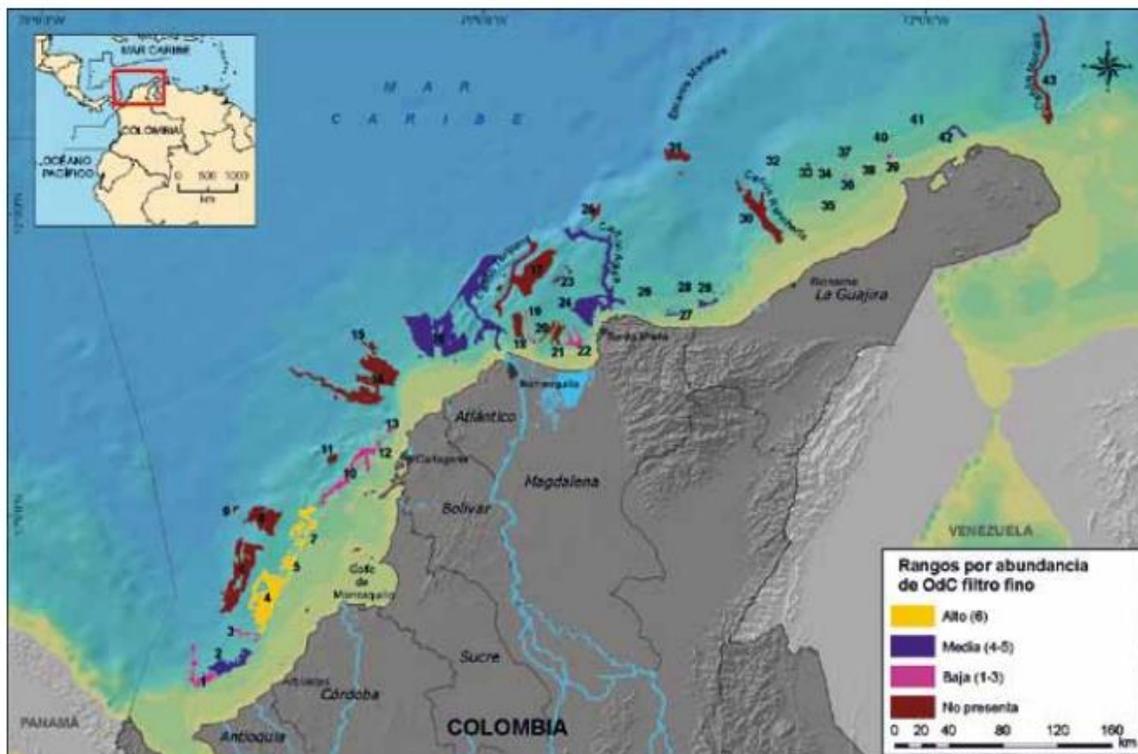
Figura 5.19 Clasificación de las diferentes ASB, a partir de la heterogeneidad de los objetos de conservación que se encuentran en cada área.



Fuente: INVEMAR, (2010).

Existe otra manera de clasificar estas ASB y es a partir de la abundancia de especies que se encuentran en cada una de estas áreas. Para esta categorización se han tenido en cuenta cuatro rangos que oscilan entre Alta (6), Media (5-4), Baja (3-1) y No Presencia (Alonso *et al.*, 2010). De acuerdo a este tipo de clasificación las ASB más importantes son la 4, 5 y 7 que se encuentran al noroccidente del Golfo de Morrosquillo (Figura 5.20) (Alonso *et al.*, 2010).

Figura 5.20 Clasificación de las diferentes ASB, por abundancia de ODC de filtro fino.



Fuente: INVEMAR (2010).

En el área de trabajo, se tiene el registro de 5 ASB, de las cuales se destaca la presencia de la ASB 2, a raíz de la ocurrencia de la mayoría de grupos de especies como es el caso de corales de profundidad, especies susceptibles a explotación, especies amenazadas, especies de distribución restringida en Colombia, especies de ambientes reductores y especies bioconstrutoras (Figura 5.19) (Alonso *et al.*, 2010).

Entre las ASB catalogadas con baja presencia de grupos de especies en el área de trabajo, se encuentran las 1 y 3, en las que solo se detectaron especies de ambientes reductores; este tipo de nichos tienden a ser muy sensibles a cambios en el ambiente por lo que deben se les debe tratar con cuidado (Figura 5.19) (CDB, 2008; Alonso *et al.*, 2010).

En cuanto a las ASB 8 y 9 no se han encontrado hasta el momento evidencias de comunidades típicas de este tipo de ambiente; sin embargo, se les ha otorgado el estatus de ASB, debido a la gran variedad de paisajes presentes que podrían ser propicios para el asentamiento de este tipo de comunidades (Figura 5.19) (Alonso *et al.*, 2010).

#### 5.1.1.4.1.4 Comunidad científica

Esta parte del subcomponente de ámbito social y normativo, se refiere a la generación de conocimiento sobre este tipo de ambientes marinos profundos; que contribuyen a entender cómo se han formado y las posibles dinámicas que estén dando actualmente.

#### 5.1.1.4.1.4.1 Investigaciones

El origen de las investigaciones marinas en Colombia, se da a partir del año 1969, cuando la Dirección Marina Mercante Colombiana (DMMC) realizó el primer crucero cuyo nombre tenía Océano I, el cual se desempeñó en el mar Caribe y tenía la meta de adquirir información sobre las condiciones físicas de la región (CIOH, 2018). No obstante, la investigación en estos cruceros se centraba en el entendimiento de las condiciones océano-atmosféricas, ya que recopilaban datos de carácter químico, físico y meteorológico con el fin de poder entender el comportamiento del mar Caribe. Estos mismos cruceros fueron fuente primaria para el estudio del componente biótico que se encuentra en esta región, y sirvieron para el avistamiento de las diferentes rutas de los animales marinos y para la recolección de nuevos ejemplares disponibles en estos sectores.

En cuanto a los estudios geológicos realizados en los cruceros entre las décadas de los 70, 80 y 90, estos han estado muy limitados, a raíz de la falta de instrumentación necesaria para conocer tanto la superficie del fondo marino como el subsuelo. Sin embargo, se han hecho algunos trabajos por autores reconocidos como George Vernet y Jose Hermann Duque que tenían como objetivo principal el entendimiento de los diferentes procesos que ocurren en la esquina noroccidental de Suramérica, y su relación con el desarrollo del diapirismo de lodo que se produce a lo largo del Caribe (CIOH, 2018).

Esta dinámica cambió a partir del año 2005 debido a la necesidad del conocimiento en esta parte del país con fines de mejorar las reservas de gas e hidrocarburos, generando que tanto el sector público como el sector privado tuviera la necesidad de invertir en trabajos que entendieran el contexto geológico tanto regional como local en el Caribe colombiano, dando como resultado final la generación de conocimiento tanto en el ámbito científico como en el ámbito privado donde existen ciertas restricciones en su divulgación ya que pueden comprometer la geología económica del territorio (Ramirez, 2015; Castellanos *et al.*, 2017).

Es por esta razón que se han dado nuevos trabajos que permiten entender la morfología, así las dinámicas que ocurren en el fondo marino como es el caso del trabajo realizado por Vinnels *et al.*, (2010) denominado "Depositional processes across the Sinú Accretionary Prism, offshore Colombia", también se encuentra el trabajo de Alfaro & Holz (2014) que tiene por nombre "Stratigraphic relationships between the Colombian, Sinú Offshore and Sinú-San Jacinto basins based on seismic stratigraphy", otro documento es "Seismic Geomorphological Analysis of Deepwater Gravity-driven Deposits on a Slope System of the southern Colombian Caribbean Margin", realizado por Alfaro & Holz (2014), otro trabajo es el realizado por Ortiz-Karp *et al.*, (2015) cuyo nombre es "The role of mass-transport complexes in controlling channel avulsion and the subsequent sediment dispersal patterns on an active margin: The Magdalena Fan, offshore Colombia" y por último el trabajo de Leslie & Mann (2016) el cual tiene por nombre "Giant submarine landslides on the Colombian margin and tsunami risk in the Caribbean Sea". Con relación al conocimiento y entendimiento de las comunidades biológicas que habitan los fondos marinos en aguas profundas los estudios se iniciaron en 1995 y los más destacados han

sido realizados por el INVEMAR mediante el trabajo conjunto con entidades como el CIOH, Smithsonian, Corpoguajira y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH); se destacan: Macroinfauna I, II y III, Marcoral, Corpoguajira y ANH I y II, Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano y Corales de Profundidad (INVEMAR, 2010; Alonso *et al.*, 2015).

Esta muestra de los múltiples trabajos que se han venido realizando en el sector profundo del mar Caribe colombiano y que han sido producto de los múltiples avances a lo largo de estos últimos años tanto en materia de tecnología como en recursos humanos.

### **5.1.1.5 Componente económico**

El área marina tiene una gran importancia no solo desde el punto de vista ecológico y científico, sino que en ellas se desarrollan múltiples actividades de carácter económico que son necesarias tanto para el desarrollo nacional como el de las comunidades locales.

#### **5.1.1.5.1 Subcomponente de actividad económicas relevantes**

Este subcomponente este compuesto de un total de 3 grupos de factores, que están vinculados con 3 tipos de actividades económicas relevantes, como son la pesca, la presencia de obras antrópicas y zonas potenciales de exploración.

##### **5.1.1.5.1.1 Actividad de pesca industrial**

El Decreto 2256 de 1991, establece que la pesca industrial, se caracteriza por el uso intensivo de embarcaciones de gran autonomía, con la ayuda de arte y métodos mayores de pesca que permiten operar en un amplio radio de acción y obtener grandes volúmenes de captura. Así mismo, indica que en Colombia existe la pesca marina, que para el caso del área de trabajo, corresponde a pesca de altura que lleva a cabo a más de 12 millas de la costa.

##### **5.1.1.5.1.1.1 Actividades de pesca industrial (explotación)**

Se caracteriza por tener tiempos de duración en la realización de la faena entre 15 a 45 días, así como, recorrer amplias distancias ya que sus sitios de pesca están a una distancia no mayor de 100 mn, de los lugares en donde hacen sus respectivos desembarcos (Castilla & Defeo, 2001). Generalmente, este tipo de embarcaciones cuenta con sistemas de posicionamiento, que les permiten tener autonomía, el uso de aparejos, también motores con gran capacidad y la logística suficiente para guardar todo lo obtenido en sus diferentes recorridos a lo largo del tiempo en altamar, todas esas características previamente descrita las diferencian de la pesca artesanal (Rueda *et al.*, 2011).

Según los datos otorgados por Rueda *et al.*, (2011) en el Caribe colombiano, se reportan cinco tipos de pesquerías industriales distribuidos en pesca blanca que tiene sus puertos bases tanto en San Andrés como en Cartagena, camarón somero que considera a Cartagena, así como Santiago de Tolú para ser su lugar base, langosta que tiene su sitio

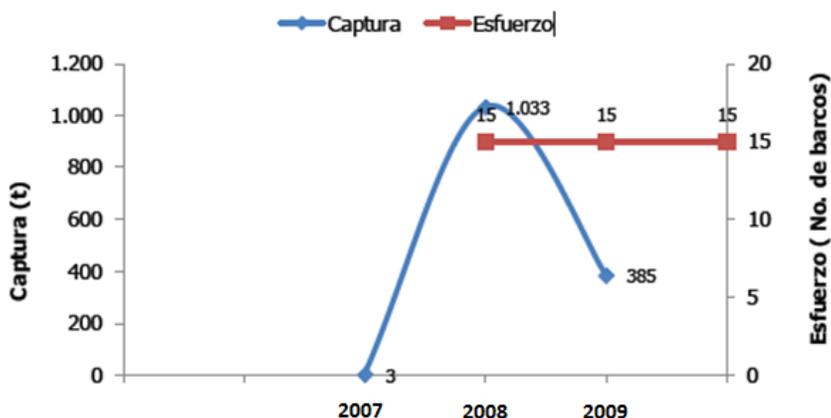
base en San Andrés y por último pero no menos importante esta la pesca de atún que tiene su puerto base en las ciudades de Cartagena y Barranquilla.

En Colombia, la pesquería de atún cuenta con una flota conformada con 16 embarcaciones en total, que están equipadas con un casco de acero y en algunos casos de fibra de vidrio. Este tipo de naves manejan palangre horizontal que puede llegar hasta profundidades intermedias, así mismo su línea principal se despliega entre los 1.000 y 140.000 m de longitud y con 20 líneas secundarias (Rueda *et al.*, 2012).

Es importante mencionar, que las especies capturadas por las embarcaciones atuneras en Colombia son *Coryphaena hippurus*, *Makaira nigricans*, *Katsuwonus pelamis* y *Thunnus obesus*, *Thunnus albacares* (ICA, 2009).

En cuanto al número de capturas solo han reportado datos históricos a partir del año 2007 en los cuales se observa niveles bajos con un total de 3 t, siendo un dato poco confiable ya que al año siguiente se reporta un total de 1.033 t en capturas mientras que en el año 2009 el aporte fue de 385 t (Rueda *et al.*, 2012) (Figura 5.21).

**Figura 5.21 Captura y esfuerzo de las embarcaciones atuneras en el Caribe colombiano.**



Fuente: Rueda *et al.*, (2012).

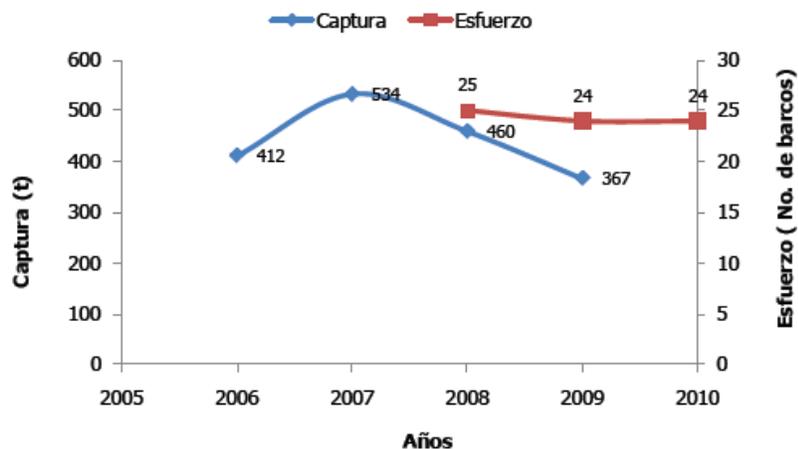
En las pesquerías de camarón de aguas someras las embarcaciones tienen cascos en forma de "V" compuestos de acero o fibra de vidrio, además de una eslora entre 13 a 26 m y sus motores cuentan con una potencia de mínima de 165 HP. Estos navíos hacen sus operaciones, mediante dos redes de arrastre que pueden incrementarse a cuatro, que tienen una relinga superior entre 11 a 14 m, así mismo presenta un tamaño de malla de 50,8 mm para el cuerpo y 38,1 mm en el copo (Zúñiga *et al.*, 2004).

Entre las principales especies capturadas por los navíos de arrastre industrial de camarón se encuentran *Farfantepenaeus brasiliensis*, *Farfantepenaeus notalis*, *Farfantepenaeus subtilis*, *Litopenaeus schmitti* y *Xiphopenaeus kroyeri* (Rueda *et al.*, 2012).

Según Rueda *et al.*, (2012) se ha reportado una disminución importante en cuanto a los reportes de capturas de camarón de aguas someras en el Caribe ya que para el año 2007

se tenía un total de 534 t, mientras que en el año 2008 y 2009 sus valores descendieron a 460t y 367t correspondientemente (Figura 5.22).

Figura 5.22 Campañas de camarón de aguas someras para el mar Caribe colombiano.



Fuente: Rueda *et al.*, (2012).

Para la pesquería de caracol en Colombia, se tiene registro de cuatro embarcaciones que presentan cascos de fibra de vidrio o de acero, además de una eslora de 19 a 30 m y una potencia en el motor de 300 a 450 HP (Rueda *et al.*, 2012). Este tipo de pesca, se realiza utilizando una nave principal con seis lanchas a su alrededor en las que dos a tres buzos dependientes de cada lancha, se desplazan a las zonas de pesca de manera manual recolectando el caracol. Existen diversas especies que se capturan en este tipo de actividad, no obstante, la más importante es la *Strombus gigas*; para la pesca de caracol no se han encontrado datos consolidados acerca de las capturas realizadas en la región del Caribe colombiano (Rueda *et al.*, 2012).

La flota que maneja la pesca blanca en Colombia tiene un total de 18 embarcaciones que cuentan con cascos en acero y fibra de vidrio, con una eslora de 12 a 40 m y motores con potencia entre 240 y 500 HP. Estos navíos hacen sus operaciones mediante el método de palangre, al usar una línea principal que tiene una longitud variable entre 3.500 y 10.500 m y con una red de 1.000 a 2.000 líneas secundarias (Rueda *et al.*, 2012).

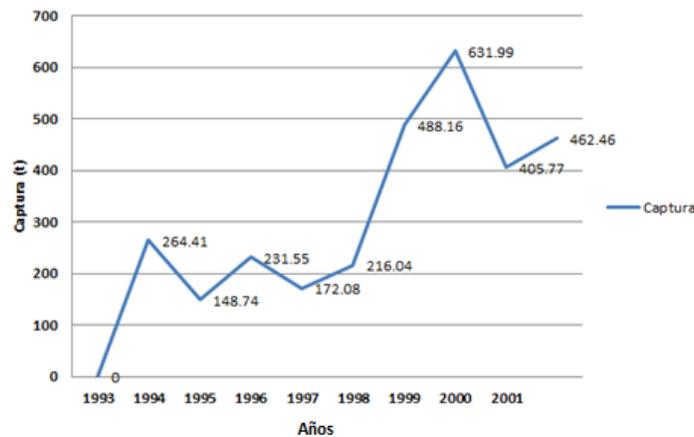
Entre las especies más importantes que son objetivo de la pesca blanca se encuentran: *Apsilus dentatus*, *Epinephelus* sp., *Etelis oculata*, *Lutjanus bucanella*, *Lutjanus analis*, *Lutjanus vovamus*, *Mycteroperca venenosa*, *Mycteroperca bonaci* y *Ocyurus chrysurus*; por la extensa diversidad de especies que confluyen en este rango, no se han podido obtener datos globales acerca del número de capturas para el mar Caribe colombiano (Rueda *et al.*, 2012).

Por el último, se encuentra la pesquería de langosta la cual se ejecuta mediante una flota pesquera constituida por 14 navíos activos, que están equipados con cascos de fibra de vidrio o de acero, equipados con una eslora que varía en dimensiones entre 13 a 30 m y

un motor entre 240 y 3.412 HP (Rueda *et al.*, 2012). El método más usado es ejecutando 2.000 a 3.000 trampas de madera que están caladas a su vez en grupos de a 25 trampas; existen diversas especies capturadas en esta práctica, sin embargo, la especie de langosta más representativa es la *Panulirus argus* (Rueda *et al.*, 2012).

En cuanto a los datos históricos Barreto & Mosquera (2001) reportan que ha existido un aumento en el número de toneladas por capturas reportadas en el año 1993 fue de 264,4 t mientras que el pico de capturas se encuentra en año 1999 con 631,9 t (Figura 5.23).

**Figura 5.23 Captura de langosta espinosa en la región insular del Archipiélago de San y Providencia.**



Fuente: Barreto & Mosquera (2001).

### Sitios de pesca industrial

En términos generales la distribución espacial de la pesca industrial en Colombia se presenta a lo largo de todos los departamentos con línea de costa; sin embargo, en términos más específico esta práctica se restringe a profundidades entre los 5 a 400 m, así como a distancias no mayores a la línea de costa en términos generales de 55 mn náuticas (mn) para la mayoría de los departamentos, exceptuando San Andrés, Providencia y Santa Catalina que llega a una distancia de 80 mn.

En cuanto a la pesca de atún se realiza principalmente en las aguas oceánicas que están comprendidas entre Bolívar y Magdalena, así como en las costas de La Guajira. Es por esto, que se tienen registradas dos rutas de navegación principales, las cuales partiendo de Cartagena una se dirige al sector nororiental paralela a la línea de costa, mientras que la otra ruta tiene como rumbo el sector suroccidental. En cuanto a la pesca de atún con el método de palangre, esta actividad tiene mayor importancia en el golfo Morrosquillo a una distancia cercana a los 20 mn (Rueda *et al.*, 2012).

La actividad de pesca blanca tiene tres rutas de las cuales dos parten de Cartagena, una de ellas se dirige hacia la isla de San Andrés y la otra tiene dirección al suroccidente con destino al frente del golfo de Morrosquillo, la tercera ruta se hace partiendo de San Andrés

para llegar a los bancos y cayos situados en la parte septentrional del complejo insular (Rueda *et al.*, 2012).

Generalmente la actividad de pesca de camarón de aguas someras se realiza en dos áreas principales, la primera se encuentra al frente de línea de costa de La Guajira y la segunda se localiza en la franja que comprende las áreas frente al golfo de Morrosquillo y al golfo de Urabá. Es por esta disposición que existen dos rutas de navegación que parten desde Cartagena hacia el golfo de Morrosquillo y La Guajira, mientras que la otra ruta tiene como sitio de inicio Santiago de Tolú y se dirige al frente del golfo de Morrosquillo (Rueda *et al.*, 2012).

La localización de la pesquería de caracol se encuentra restringida en la parte insular de San Andrés, teniendo la mayor actividad en los bancos Serrana y Quitasueño con profundidades menores a los 18 m (Rueda *et al.*, 2012).

La pesca de langosta también se encuentra restringida al sector insular de San Andrés contando tres rutas que se dirigen a los bancos, así como cayos del norte, entre los que se destaca Quitasueño, Serrana y Roncador (Rueda *et al.*, 2012).

En cuanto al área de trabajo del presente estudio, según lo reportado por AICON (2014) y Rueda *et al.*, (2012) únicamente se presenta una ruta de navegación que transita a lo largo del sector septentrional con rumbo hacia el occidente, proveniente de Cartagena.

#### **5.1.1.5.1.2 Presencia de obras antrópicas**

Son todas aquellas estructuras construidas por el hombre y que se establecen de manera permanente en el ambiente, generando a su vez cambios paisajísticos en la región. En cuanto a la zona costa fuera del mar Caribe colombiano, la principal infraestructura que se instaura son las redes submarinas, las cuales tienen como función aumentar la capacidad de transmisión de datos a nivel intercontinental.

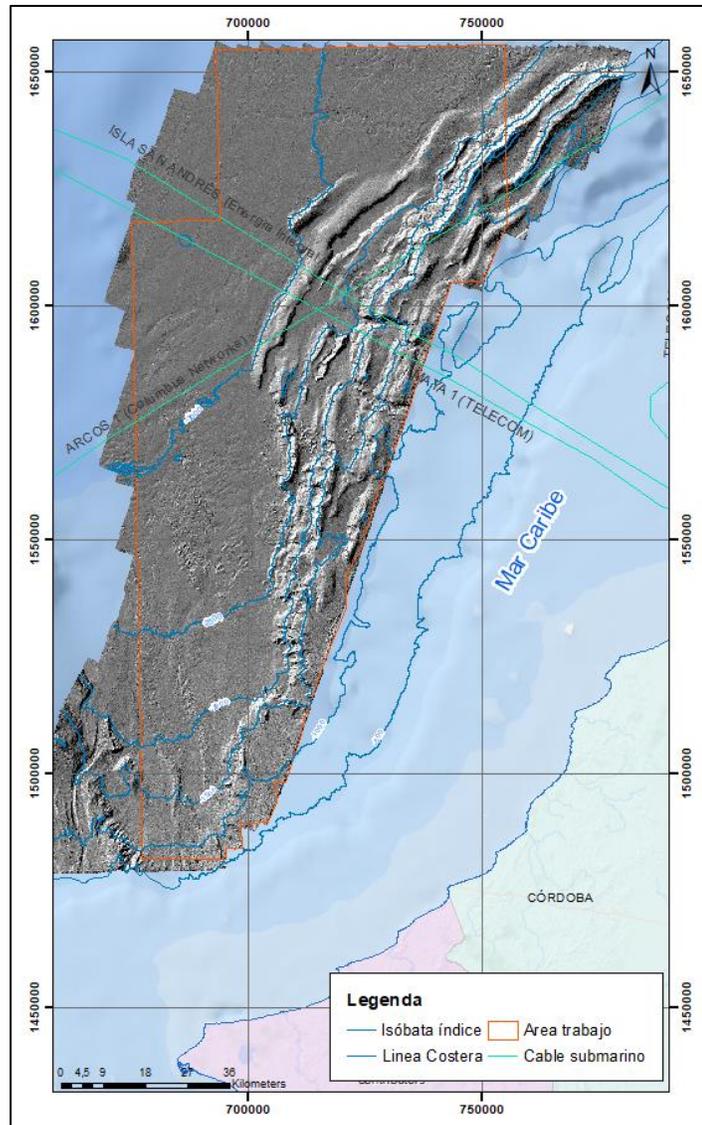
##### **5.1.1.5.1.2.1 Redes submarinas**

Una red submarina es un cable compuesto de cobre o de fibra óptica que se ha instalado sobre la superficie del fondo y que tiene como función principal la transmisión de datos a elevadas velocidades. Debido a que Colombia es un país localizado en lugar estratégico en términos de conectividad, se han venido estableciendo este tipo de estructuras a lo largo y ancho del sector marino. Es por esta razón, que se han establecido ciertas normas como es el caso de la resolución 602 de 2015, la cual establece los tramites y procedimientos necesarios para realizar tendidos de cables submarinos de fibra óptica en los espacios marítimos jurisdiccionales, así como la resolución 204 de 2012 que estipula las áreas de seguridad que deben tener estos tendidos (DIMAR, 2018).

En la Figura 5.24, se observa la localización de los distintos cables submarinos dispuestos a lo largo del mar Caribe colombiano, resaltando cinco puntos estratégicos para la conectividad ubicados en: Cartagena, Barranquilla, Riohacha, Santiago de Tolú y San

Andrés. En lo referente al área de trabajo se han reportado un total de tres cables submarinos.

Figura 5.24 Mapa de localización de los cables submarinos en el área de trabajo (Anexo 10).



Fuente: Modificado de ANLA (2015).

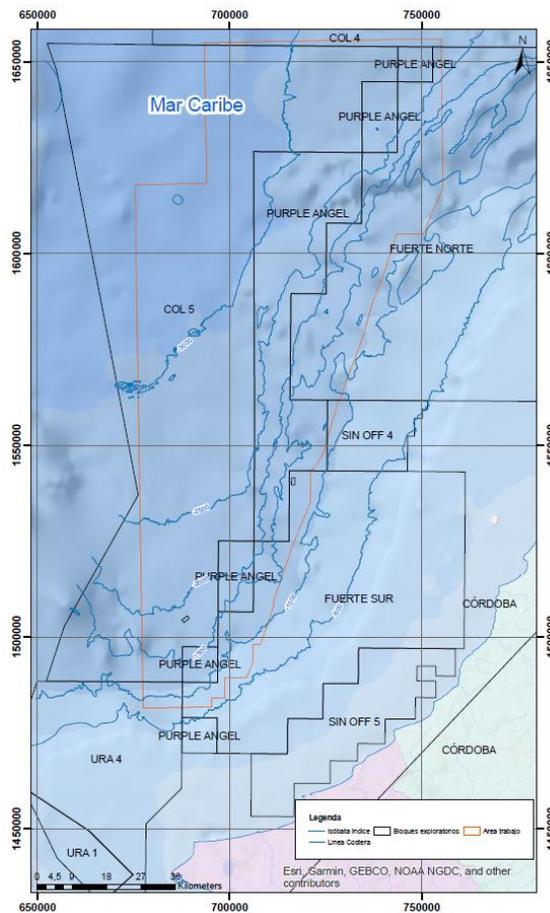
### 5.1.1.5.1.3 Zonas potenciales de exploración (áreas de interés)

Colombia es un país que basa gran parte de su economía en la exportación materias primas como es el caso del sector de hidrocarburos, es por esta razón que se habían hecho grandes descubrimientos en la parte continental; no obstante, a inicios del siglo XXI el hallazgo de nuevos campos petroleros fue decreciendo por lo que se ponía en riesgo tanto el abastecimiento de estos recursos para el país como para la economía ya que se verían afectadas las exportaciones de estos recursos (Solano, 2013).

Es por esta razón, que a mediados del año 2003 el gobierno comienza a contemplar las actividades de exploración, así como de explotación en zonas tipo offshore, con el fin de poder estabilizar e incrementar las reservas de hidrocarburos en el país. Sin embargo, no sería hasta años posteriores que se da inicio a las actividades relacionadas con la exploración, ya que existían varios factores de incertidumbre como es el caso del desconocimiento tanto de los rasgos geológicos como de la posible riqueza ecológica de la región, la falta de normativa que regulará las actividades permitidas en estas zonas y por último la tecnología existente en ese momento no permita realizar perforaciones a profundidades superiores a los 1.500 m (Ramírez, 2015). Todas estas circunstancias alejaban a las diferentes empresas en iniciar con la carrera de exploración en el país.

En el sector marino colombiano, según los datos suministrados por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en la ronda del año 2014, se dieron a disposición un total de 95 lotes de los cuales 26 fueron suscritos inicialmente; no obstante, al final quedaron dispuestos un total de 24 lotes que se encuentran adjudicados a compañías como Anadarko, Exxon, Petrobras, Repsol y Shell (ANH, 2014). Según lo reportado por la ANH hasta el año 2018, en el sector marino profundo del mar Caribe, 15 lotes se encuentran en una fase de exploración, mientras que uno solo aparece en etapa de explotación (ANH, 2018) (Figura 5.25).

Figura 5.25 Mapa de tierras relacionadas con el área de trabajo (Anexo 11).



Fuente: ANH (2014).

### 5.1.1.6 Componente cultural

Se refiere al conjunto de rasgos distintivos, espirituales, materiales, intelectuales y prácticas que caracterizan a una sociedad (UNESCO, 1982), que para el caso del área de trabajo se relaciona con las comunidades tradicionales.

#### 5.1.1.6.1 Tradición y patrimonio cultural

Para el área de trabajo se identificaron dos grupos de factores asociados a la cultural, que se relacionan arqueológico sumergido y con las prácticas de pesca artesanales que desarrollan las comunidades tradicionales, que habitan zonas costeñas aledañas al área.

##### 5.1.1.6.1.1 Arqueología

En este grupo de factores se evalúa principalmente el aspecto relacionado a Patrimonio Arqueológico Colombiano que en este caso se entiende como la preservación y la protección de áreas que sean consideradas de interés cultural (ICANH, 2018). En el caso

particular del área de trabajo, se tiene en cuenta como una posible zona con importancia cultural, debido a que en el pasado fue utilizada para el tránsito de embarcaciones comerciales en la época de la Colonia por parte de la corona española dando como origen la posibilidad de existencia de naufragios en la zona de estudio.

#### **5.1.1.6.1.1.1 Arqueología en aguas profundas**

En cuanto al concepto de patrimonio arqueológico en profundidad Westerdhal (1980) propone la pertinencia de un paisaje marítimo que presenta a su vez evidencias de cultura material terrestre y subacuática. En otros términos, esta definición hace referencia a la utilización humana del espacio marítimo que dejan huellas, a partir de la existencia de yacimientos potenciales, así como el desarrollo de actividades culturales vinculadas con la pesca y tránsito marino, como un elemento contemporáneo cultural (Westerdhal, 1992).

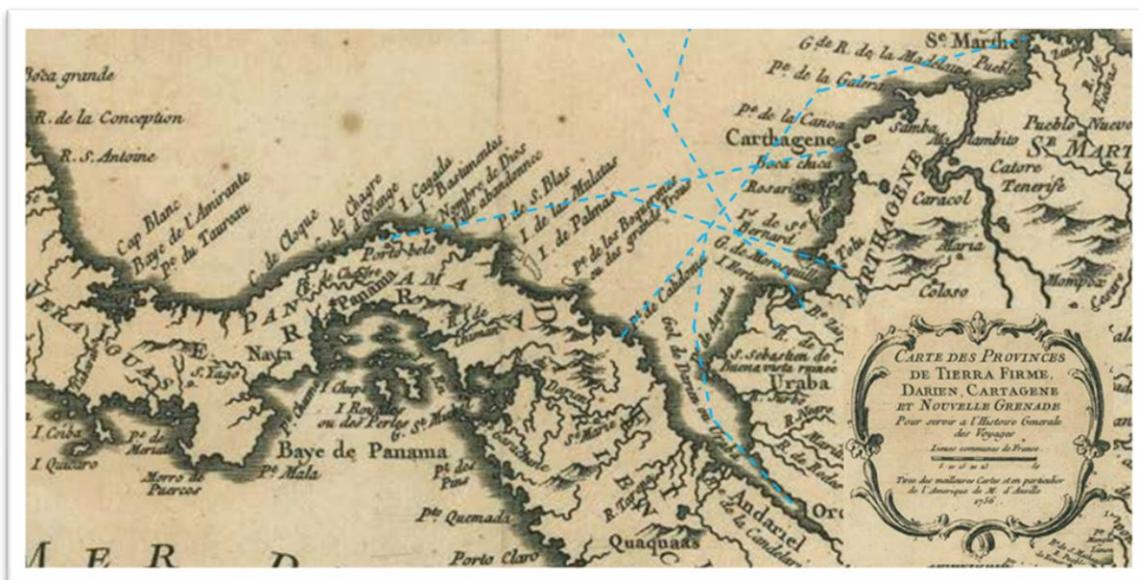
Desde el punto de vista legal, en Colombia la entidad que se encarga de brindar lineamientos que permitan la preservación y la protección del patrimonio cultural es el Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). En cuanto a las leyes existentes para su protección se encuentran la Ley 26 de 1986, Ley 397 de 1997, la Ley 1185 de 2008, el Decreto 1313 de 2008, el Decreto 763 de 2009 y el Decreto 2941 de 2009.

En el sector marino no fue sino hasta el año 2013 que se empezaron a emitir normas como la Ley 1675 de 2013 en sus artículos 8 y 9, así como el Decreto 1698 de 2014 que daban protección al Patrimonio Cultural Sumergido.

En cuanto a la posible existencia de Patrimonio Cultural Sumergido dentro del área de trabajo, cabe señalar que en la época de la Colonia, exactamente entre los siglos XVI y XVIII, en esta zona existía un amplio tráfico de embarcaciones por el paso de las mismas desde el puerto de Cartagena de Indias, el más conocido de la entonces Nueva Granada, hacia otros sitios estratégicos como el caso de Portobelo que a su vez era un puerto vital dado que era la ruta más cercana para llegar al Océano Pacífico; o la ruta desde Cartagena de Indias, al sector conocido como golfo de Urabá que antiguamente era parte del golfo del Darién; así mismo la ruta que se practicaba desde Puerto Caledonia hasta Cartagena de Indias (Pérez, 1863; Borrego, 1983).

Otras rutas importantes que circulaban en donde hoy se sitúa el área de trabajo, son las que provenían de Jamaica y La Habana, cuyo destino principal en la mayoría de los casos era Cartagena de Indias; no obstante, en algunos casos estas rutas también llegaban a otros puertos como son el caso de Santiago de Tolú y la bahía de Cispata, en donde por obligación debían transitar el área del presente trabajo. Es importante mencionar que estos puertos, también tenían rutas hacia el sitio de Portobelo por lo que era necesario su tránsito (Lynch, 2005) (Figura 5.26).

Figura 5.26 Principales rutas marítimas que transitaban el suroccidente del mar Caribe.



Fuente: Fuentes (2015).

Por lo anteriormente expuesto, la zona del presente estudio maneja un potencial arqueológico intermedio a bajo, destacando una intensa actividad de navíos tanto comerciales como de embarcaciones de corsarios piratas que transitaron la zona entre los siglos XVI y XVIII, dando la posibilidad de encontrar algún yacimiento arqueológico ya sean naufragios u otro tipo de material arqueológico que se considere patrimonio. Es importante mencionar, que hasta el momento del presente estudio la mayoría de yacimientos arqueológicos de carácter submarino se han encontrado en zonas cercanas a la línea costa en la región Caribe.

Es por este estatus que se maneja en la zona de trabajo y en el marco de las leyes colombianas que cualquier actividad antrópica que genere una alteración en la superficie del fondo marino, tendrá que realizar previamente un estudio arqueológico de detalle que despeje cualquier duda acerca de la existencia o no de yacimientos arqueológicos en la superficie del fondo marino en el sector.

#### **5.1.1.6.1.2 Actividades de pesca en un ámbito cultural**

Para esta parte del componente cultural, se caracteriza la pesca artesanal como una actividad que maneja, tanto un desempeño de conocimiento y tradición, así como base de sustento para varias comunidades que se localizan a lo largo de la línea de costa del Caribe colombiano.

### 5.1.1.6.1.2.1 Pesca artesanal

Según Galarza & Kamiche (2014), la pesca artesanal es la actividad realizada por personas naturales o jurídicas y tiene como objetivo principal la extracción de recursos hidrobiológicos para permitir el sustento a sus propias comunidades. Para ello, se usan embarcaciones que no superan los 32 metros cúbicos de capacidad en su bodega y una dimensión no mayor de 15 m en su eslora; no obstante, el uso de embarcaciones no se da en todos los tipos de pesca puesto que se pueden utilizar otros tipos tecnologías que no usan estas especificaciones (Galarza & Kamiche, 2014).

La pesca artesanal abarca la pesca necesaria para la subsistencia hasta el desarrollo de una actividad económica importante para las comunidades, ya que en la mayoría de poblaciones cercanas a la línea de costa este tipo de actividades brindan la mayor fuente de ingresos para su subsistencia (Galarza & Kamiche, 2014).

En el Caribe colombiano según lo señalado por Rueda *et al.*, (2012) existen principalmente 10 grupos de pesca artesanal a partir del tipo de tecnología usada y las cuales corresponden a: redes de enmalle, trampas, redes de cerco, líneas y anzuelos (línea de mano y palangre), redes de tiro (chinchorro y chinchorro camarero), redes de arrastre, artefactos para atrapar y herir y redes de caída (Tabla 5.7).

**Tabla 5.7 Características de las principales artes de pesca en la región del Caribe colombiano.**

Tipos de pesca	Uso	Características	Tipo y forma
<b>Redes de caída (atarraya)</b>	Se arroja a partir de una embarcación desde la superficie del suelo y esta malla encierra los peces a medida que cae. Este tipo de arte se emplea en aguas someras	Su longitud fluctúa entre 2 y 6 m. En cuanto al tamaño de la malla varía entre 12, 7 y 88,9 mm. Generalmente se compone de poliamida monofilamento o multifilamento	Red de caída que tiene formas circulares, en la parte distal presenta plomos
<b>Artefactos para atrapar y herir (Buceo)</b>	El pescador se sumerge en el agua usando instrumentos con el que pueda atrapar o herir la diferente fauna marina circundante.	En los implementos de trabajo el individuo lleva generalmente arpó, gancho, red, careta, aletas y esnórquel.	Existen diferentes diseños para los arpones usados en esta práctica.
<b>Redes de arrastre (changa)</b>	Se opera a partir de una embarcación sobre el fondo y mantenida abierta, así como horizontalmente mediante puertas.	En cuanto a sus dimensiones estándar presenta una longitud entre 6 y 24 m, el tamaño de la malla y cuerpo oscila entre 12, 7 y 25,4 mm, mientras que el tamaño de malla y copo varía entre 12, 7 y 25,4 mm. Estas mallas se componen de poliamida multifilamento.	Es una red de arrastre modificada en forma de semi cono cerrada por un copo que se agranda en la boca ya que presenta alas.
<b>Redes de tiro (Chinchorro camarero)</b>	Se maniobra desde tierra ya que se realiza un enrejado con una malla que impide	La malla tiene una longitud entre 50 y 180 m, en cuanto al tamaño de la malla de cuerpo varía entre 12, 7 y	Esta red se forma por un paño largo que tiene la parte central más

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Tipos de pesca	Uso	Características	Tipo y forma
	cercando la fauna que se encuentre en la playa.	50,8 mm mientras que la malla en el centro oscila entre 6,35 y 25,4 mm. Esta malla se compone de poliamida de multifilamento.	pequeña que en sus extremos.
<b>Red de tiro (chinchorro)</b>	El método de implementación se hace desde tierra produciendo un enrejado a partir de una malla sujeta a los extremos por los pescadores.	La malla tiene unas dimensiones de longitud entre 80 y 800 m, así mismo tamaño de malla de cuerpo oscila entre 25,4 y 533,4 mm mientras que el tamaño de malla a capo varía entre 6,35 y 76,2 mm. La composición del material de la malla generalmente es de poliamida de multifilamento.	La red se forma por un paño largo con un copo en el centro lo que le da una forma de barrera.
<b>Líneas y anzuelos (línea de mano)</b>	Se utilizan anzuelos que generalmente llevan un cebo de tipo natural o artificial que sirve para atraer a los organismos que quedan enganchados al tratar de retirar el cebo.	Existe una relación entre 1 a 20 en cuanto al número de anzuelos por línea. El calibre de la línea generalmente oscila entre 5 y 500lb. Los anzuelos están constituidos por materiales hechos de acero, mientras que las líneas se fabrican con materiales de poliamida de monofilamento y en algunos casos guayas.	Los anzuelos tienen formas "J" y en algunos casos circulares. El sedal se compone por diferentes anzuelos fijados a los extremos.
<b>Líneas y anzuelos (Palangre)</b>	Se implementa una línea principal que se encuentra de manera horizontal en la superficie del mar, mientras que en su base tiene unos puntos de apoyo fijo en el sustrato del fondo marino. A partir de esta línea principal se desprenden otras líneas en las cuales están sujetos una serie de anzuelos.	La longitud total puede variar entre 120 y 8.000 m, mientras que el número de anzuelos oscila entre 15 y 4.000 m. Los anzuelos están fabricados con materiales de acero, en cambio las líneas se componen de poliamida tanto de tipo monofilamento como de multifilamento.	Los anzuelos presentan formas tipo "J" o circulares. En cuanto a la forma de la disposición la línea principal es de gran longitud de la cual se desprenden unas líneas secundarias a intervalos regulares que tienen a su vez un número de anzuelos con cebos generalmente
<b>Red de cerco</b>	Este método se realiza en aguas someras ya que se utiliza un cerco con relinga superior en la superficie del mar mientras que plomos en el parte fondo marino dando como resultado una cerca dando la oportunidad de atrapar los diferentes ejemplares.	La longitud de esta red oscila entre los 100 y 180m, mientras que los números de paños o barreras puede fluctuar entre 2 y 6. En cuanto al tamaño de la malla tiene un rango entre 63,5 y 101,6 mm. Estas mallas se componen de poliamida de monofilamento o de multifilamento.	Esta red tiene una serie de paños que forman una barrera.
<b>Red de enmalle</b>	Se pueden implementar de diferentes maneras dependiendo del diseño que se maneje, ya que dependiendo del tamaño de	La longitud de la malla varía entre 20 y 13 m mientras que el número de paños oscila entre 1 y 45, el tamaño de la	Esta red se compone de paños que forman una barrera.

Tipos de pesca	Uso	Características	Tipo y forma
	la malla se determina el objeto de captura.	malla tiene un rango entre 25,4 y 76,2 mm. La malla se compone de poliamida monofilamento o de multifilamento.	
<b>Trampa</b>	Se coloca un artefacto o una serie de artefactos en la superficie del fondo marino que están sujetos con cabo a una boya en la superficie y que en su interior guardan una especie de cebo	Se disponen entre 1 y 100 trampas de las cuales tienen dimensiones entre 25,4 y 88,9 mm. Las trampas están hechas de madera, hierro o polietileno.	Es un artefacto en forma cubica o rectangular compuesto de un armazón rígido que está hecho de diversos materiales. Este artefacto tiene una serie de aberturas que permiten la entrada, pero no la salida de los ejemplares.

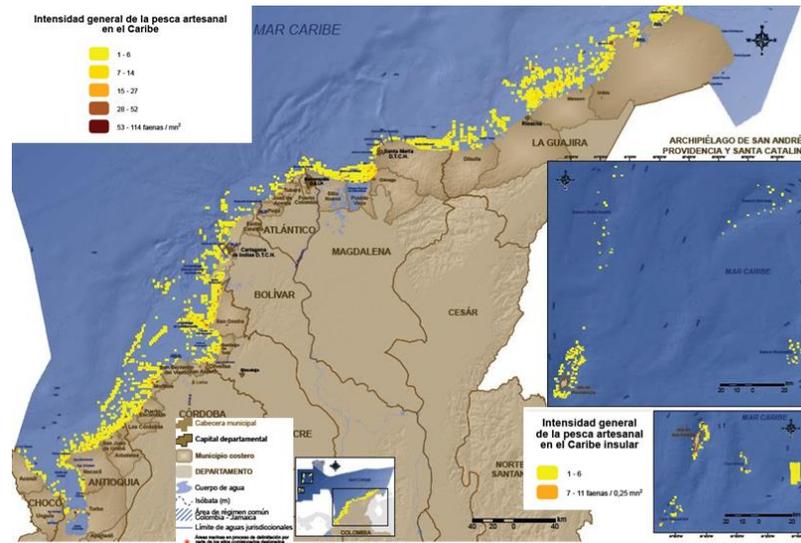
Fuente: El autor a partir de los datos suministrados en Rueda *et al.*, (2012).

### Sitios de pesca artesanal

En cuanto a los lugares de pesca artesanal para la región del Caribe colombiano según lo reportado por Rueda *et al.*, (2010), presentan una distribución enmarcada dentro de unas características distintivas como es el caso de la profundidad, ya que en la mayoría de los casos los caladeros oscilan entre profundidades de 5 y 400 m, así como una distancia máxima a la línea de costa de 80 mn.

En términos de jerarquización de los mayores sitios en donde se realiza este tipo de actividad Rueda *et al.*, (2012) introduce el termino intensidad de pesca, el cual se explica como el esfuerzo de pesca efectivo por unidad de superficie (Numero de faenas/mn<sup>2</sup>). Dicho esto, según lo reportado por Rueda *et al.*, (2012) las mayores intensidades de pesca se han localizado en los sectores de Moñitos en punta Broqueles, San Onofre en punta Rincón y punta San Bernardo, en el golfo de Urabá en bahía Coco Grande, bahía El Rotico y punta Yarumal, en la costa cercan a la Ciénaga Grande de Santa Marta, en el sector norte de la Guajira en el área insular que hace parte de las islas de Andrés y Providencia (Figura 5.27).

Figura 5.27 Distribución de la intensidad de pesca artesanal a lo largo del Caribe colombiano.



Fuente: Rueda *et al.*, (2012).

En cuanto a la distribución espacial por tipo de pesca en el Caribe colombiano, según Rueda *et al.*, (2012), la atarraya cuenta con poca representatividad en lugares cercanos a línea de costa ya que no superan las 2 mn y entre 1 a 15 m de profundidad, siendo el lugar más representativo Ciénaga, municipio de Magdalena.

La pesca con chinchorro camaronero se da con mayor intensidad en los sectores de Manaure y Riohacha para el departamento de La Guajira, y en el municipio de Pueblo Viejo que hace parte del departamento del Magdalena. Sin embargo, en términos generales este tipo de actividad pesquera se manifiesta con poca intensidad tanto en su distribución espacial como en el número de faenas, debido a que presenta características muy específicas como una profundidad entre 2 y 8 m, así como una distancia máxima de la línea de costa de 1 mn (Rueda *et al.*, 2012).

La pesca con chinchorro a diferencia de la camaronera tiene una amplia distribución en el Caribe, siendo los lugares más importantes localizados en el sector de San Onofre y Santiago de Tolú en el departamento de Córdoba y Cartagena de Indias D. T y C, mientras que en menor proporción se encuentra sitios como la parte costera de la Ciénaga Grande de Santa Marta en el departamento del Magdalena. Este tipo de actividad se realiza a una distancia cercana a la línea de costa ya que no supera las 2 mn mientras que su profundidad oscila entre los 2 y 8 m (Rueda *et al.*, 2012).

La distribución de la pesca de arrastre en el Caribe colombiano es muy baja ya se restringe al sector septentrional del municipio de Ciénaga y una distancia a la línea de costa no mayor a las 30 mn, en cuanto a la profundidad de este tipo de actividad no supera los 20 m (Rueda *et al.*, 2012).

El tipo de pesca conocido como palangre tiene amplia distribución a lo largo del Caribe ya que se realiza entre las costas de los departamentos de Antioquia y La Guajira, así como en el sector insular del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Los sitios considerados con mayor intensidad de pesca son Ballenas localizado en el departamento de La Guajira, una franja que se sitúa entre Don Diego y Guachaca en el Magdalena, y Moñitos en Córdoba. Esta actividad se realiza entre profundidades de 3 a 400 m, mientras que la distancia de costa en el sector insular se ubica entre los 2 y 80 mn a diferencia que en el sector continental se maneja a distancia de la costa no mayor a los 4 mn (Rueda *et al.*, 2012).

En cuanto el arte de pesca de buceo, se realiza a profundidades no mayores a los 20 m y a una distancia de la línea de costa entre 1 y 3 mn. En cuanto a la distribución espacial, este tipo de actividad tiene una mayor relevancia en los departamentos de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Sucre y La Guajira, mientras que Antioquia, Córdoba y Magdalena se da con una intensidad muy baja (Rueda *et al.*, 2012).

La red de acero se encuentra con distribución moderada a lo largo del Caribe colombiano ya que se encuentra en departamentos como Bolívar, Magdalena y Sucre, mientras que en La Guajira tiene una elevada intensidad sobre todo en los municipios de Riohacha y Pueblo Viejo. En cuanto a las características de esta actividad, la mayoría se realiza a una profundidad entre 4 y 50 m y a una distancia no mayor a los 12 mn con respecto a la línea de costa (Rueda *et al.*, 2012).

En cuanto a la intensidad de pesca usando redes de enmalle, en términos generales se registra una actividad importante, desde el sur del departamento del Choco-Caribe, hasta la parte septentrional en el departamento de La Guajira (Rueda *et al.*, 2012).

La pesca con trampas tiene una amplia distribución a lo largo del Caribe colombiano, realizándose en diferentes departamentos como el Atlántico, el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Magdalena, Sucre y La Guajira, de los cuales en el que se presenta mayor intensidad es en La Guajira. En cuanto a sus características principales, este tipo de pesca se realiza a una distancia no mayor a la línea de costa de 10 mn, mientras que las profundidades tomadas oscilaron entre los 4 a 260 m (Rueda *et al.*, 2012).

Según Rueda *et al.*, (2012) la actividad de pesca con línea mano tiene una amplia distribución a lo largo del Caribe; sin embargo, tiene mayor importancia en el departamento de Bolívar específicamente en Cartagena de Indias D.T y C, así como en Sucre en los sectores conocidos como San Onofre y Santiago de Tolú. Es importante mencionar que este tipo de actividad se realiza a una distancia no mayor a los 74 mn de la línea de costa y no supera una profundidad de 400 m.

Para el área de la zona del presente estudio según lo reportado por Rueda *et al.*, (2012) no se han observado prácticas de pesca artesanal, y esto se debe a que a estas prácticas en el Caribe tienen una distancia máxima de 45 mn de la línea de costa (Figura 5.27).

## 5.1.2 Acciones

### 5.1.2.1 Manifestación de procesos

En este tipo de acciones, se evaluó si los diferentes procesos geológicos que se dan en la zona tienen una manifestación de carácter regional o local. De esta misma forma, con la ayuda del modelo de profundidad, así como de información secundaria se han establecido rasgos que marcan el desarrollo de procesos que tienen una escala local ya que son observables entre escalas 1:10.000 a 1:100.000, mientras, que los procesos regionales tienen rasgos que puede destacarse desde escalas superiores a 1:100.000 hasta llegar a escalas 1:2'500.000.

#### 5.1.2.1.1 Manifestación de procesos de carácter regional

Esta acción hace referencia a los diferentes procesos, que se producen en el área de trabajo o en lugares cercanos a la misma, pero que han tenido afectación en el desarrollo de los diferentes paisajes del fondo marino. En esta categoría, se incluyen todos los procesos geológicos, climáticos y oceanográficos, que tengan una escala de manifestación superior a la escala 1:100.000, de los cuales se han contemplado tanto en la sección de factores y de acciones de los cuales se destacan los siguientes (Tabla 5.8; Tabla 5.9):

**Tabla 5.8 Factores que presentan una manifestación de proceso regional.**

Factores		Escala	
Subcomponente terrestre	Estructuras geológicas de superficie de fondo marino	Zonas de cizalla regional	Observable en escalas 1:100.000 hasta incluso escalas 1:2'500.000.
		Fallas regionales	Observable en escalas 1:100.000 hasta incluso escalas 1:2'500.000.
		Pliegues	Observable en escalas 1:100.000 hasta incluso escalas 1:2'500.000.
	Rocas Superficiales	Temperatura en las formaciones litológicas superficiales	Observable en escala 1:2'500.000.
		Presión en las formaciones litológicas superficiales	Observable a escala 1:2'500.000.
	Condiciones naturales del suelo	Naturaleza de la roca aflorante	Observable a partir de la escala 1:100.000.
		Temperatura	Observable en escala 1:2'500.000.
		Presión	Observable en escala 1:2'500.000.
	Pendientes	No aplica	
	Subcomponente hídrico	Columna de agua	Temperatura
Turbidez			Observable a partir de las escalas 1:100.000 hasta 1:2,5'000.000.
Concentraciones en la columna de agua			Observable en escala 1:2'500.000.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Factores		Escala	
		en relación a las sales.	
		Presión columna de agua	
	Agua de las formaciones (superficiales)	Capacidad sellante de capas superficiales	
<b>Subcomponente atmosférico</b>	Clima y océano del territorio	Temperatura	
		Regímenes de viento	
		Intensidad de viento	
		Mareas	
<b>Subcomponente de Paisaje</b>	Geomorfología	Abanico submarino	
		Canales	
		Cañón submarino	
		Conos de deslizamiento	
		Ladera escarpada de colina	
		Ladera disectada de colina	
		Ladera suave de colina	
		Llanura abisal	
		Llanura con ondulaciones	
		Plataforma plana regular	
		Plataforma plana irregular	
		Valles estructurales	
		Paleotopografía	Paleocanales
			Paleoabanicos

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Factores		Escala	
<b>Sub componente de Ámbito social y formativo</b>	Población	Civil	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Conocimiento de la sensibilidad de los elementos	Conocimiento de la amenaza	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
		Conocimiento del riesgo	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
		Socializaciones	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Legislación temática	Normativa	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
		Delimitación de áreas	Observable en escala 1:2'500.000.
Comunidad científica	Investigaciones	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.	
<b>Sub componente de Actividades económicas relevantes</b>	Actividades de pesca	Pesca industrial	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Presencia de obras antrópicas	Redes submarinas	Observable en escala 1:2'500.000.
	Zonas potenciales de exploración	Áreas de interés	Observable en escala 1:2'500.000.
<b>Subcomponente de tradición y patrimonio Tradición y patrimonio cultural</b>	No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: El autor.

**Tabla 5.9 Acciones con una manifestación de proceso regional.**

Acciones		Escala
<b>Fenómenos de remoción en masa</b>	Deslizamientos	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
<b>Diapirismo</b>	No aplica	
<b>Dinámicas sedimentarias</b>	Zonas erosivas	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Zonas de transporte	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Acciones		Escala
	Zonas de depositación	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
<b>Actividad tectónica</b>	Movimiento de falla	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Deformación plástica	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Deformación rígida	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Contacto de placa	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
<b>Actividad sísmica</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0, y profundidad menor a 50km.	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50-100km.	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0.	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
<b>Corrientes submarinas</b>	Corriente	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Corriente turbidítica	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Tendencia e inversión de las dinámicas	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Zona con corrientes de baja intensidad	Observable en escala 1:1'100.000 hasta connotaciones de 1:2'500.000.
<b>Modelamiento de paisaje</b>	Densidad de elementos paisajísticos	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Intensidad del modelamiento del paisaje	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Alteración estructural en el paisaje	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
	Cambios de la zona litoral	Observable en escala 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
<b>Variabilidad climática del territorio</b>	Estacionalidad del clima	Observable en escala 1:2'500.000.
	Estacionalidad del evento	Observable en escala 1:2'500.000.
	Fenómeno ENSO	Observable en escala 1:2'500.000.

Fuente: El autor.

Es importante mencionar dos aspectos fundamentales, el primero está relacionado con la escala máxima, que presenta el área de estudio, que a su vez estaría en términos de la escala 1:2'500.000. El segundo aspecto, está en función de los elementos mencionados

en las Tabla 5.8 y Tabla 5.9 que hacen parte de la matriz, ya sean acciones o factores que pueden generar una manifestación netamente regional.

En cuanto a los factores, que tienen un contexto regional, se han observado que en el componente terrestre en el grupo de estructuras geológicas se encuentran tres factores que tienen un contexto netamente regional, como es el caso de las zonas de cizalla, las fallas regionales y los pliegues. En el mismo subcomponente dentro del grupo de factores identificado, como rocas superficiales aparecen los factores de presión y temperatura que presenta de una manifestación regional. Otro grupo de factores, dentro del componente terrestre que maneja aspectos de manifestación regional es el grupo de condiciones naturales del suelo, ya que las condiciones de temperatura y presión se manejan de manera regional, así como a grandes rasgos la naturaleza de la roca aflorante (Tabla 5.8).

En el subcomponente hídrico, se ha señalado que la mayoría de sus factores están enmarcados dentro de un contexto regional, como es el caso de los diferentes factores evaluados en la columna de agua, así como en el agua de las formaciones (superficiales).

En el subcomponente atmosférico todos los factores se relacionan con una manifestación de proceso de carácter regional, debido a que los parámetros atmosféricos se expresan en grandes extensiones de territorio (Tabla 5.8).

Para el subcomponente paisajístico, existen algunas unidades geomorfológicas que están relacionadas con una manifestación de proceso regional, como es el caso de los abanicos submarinos, canales, cañones submarinos, conos de deslizamiento, ladera escarpada de colina, ladera disectada de colina, ladera suave de colina, llanura abisal, llanura con ondulaciones, plataforma continental plana regular, plataforma continental plana irregular y valles estructurales. Dentro del mismo subcomponente, pero en el grupo de factores de paleotopografía tiene una manifestación de proceso regional (Tabla 5.8).

El subcomponente social y formativo tienen 2 grupos de factores, que están relacionados con un contexto regional, el primero de ellos es la legislación temática, ya que los lineamientos en términos de leyes, delimitación de áreas se hacen en términos tanto departamentales como nacionales. Dentro del mismo subcomponente, el grupo de factores de comunidad científica tiene un carácter regional, debido a que varios estudios tienen una sede que se centran en un entendimiento regional del Caribe colombiano (Tabla 5.9).

En el subcomponente de actividades económicas relevantes existen 3 grupos que tienen un contexto regional, los cuales son las actividades de pesca industrial, las redes submarinas y las áreas de interés, en todos estos factores la escala es superior a la 1:100.000, por eso aparecen en esta categoría (Tabla 5.8).

En el caso de las acciones relacionadas con la variabilidad climática, el modelamiento del paisaje, las corrientes submarinas y la actividad tectónica, tienen en la mayoría de los casos una expresión de carácter regional. Por otro lado, las acciones de transporte, erosión y depositación y algunos fenómenos de remoción en masa como deslizamientos y flujos

de sedimentos pueden tener una expresión en el territorio a una escala regional, aunque de menor extensión si se compara con las anteriores (Tabla 5.9).

### 5.1.2.1.2 Manifestación de procesos locales

Esta acción hace alusión a los diferentes procesos, que transcurren en el área de trabajo o en lugares cercanos a la misma, pero que sus efectos en el territorio o cerca del mismo son de carácter puntual. En esta acción se incluyen todos los procesos geológicos, climáticos y oceanográficos que tengan una escala de manifestación inferior a la escala 1:100.000, de los cuales se han contemplado tanto en la sección de factores y de acciones de los cuales se destacan las Tabla 5.10 y Tabla 5.11.

**Tabla 5.10 Factores que presentan una manifestación proceso local**

Factores		Escala	
Subcomponente terrestre	Estructuras geológicas de superficie de fondo marino	Emanaderos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
		Diaclasamiento	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 y 1:50.000.
		Falla activa (local)	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 e incluso 1:50.000.
		Falla inactiva	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 e incluso 1:50.000.
	Rocas superficiales	Estructuras de disolución de roca	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 e incluso 1:50.000.
	Condiciones naturales del suelo	Rugosidad del fondo marino	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Pendientes	45°-90°	Observable en escala 1:25.000, 1:50.000 hasta 1:100.000.
		30°-45°	Observable en escalas 1:25.000, 1:50.000 hasta 1:100.000.
		15°-30°	Observable en escalas 1:25.000, 1:50.000 hasta 1:100.000.
		7°-15°	Observable en escalas 1:25.000, 1:50.000 hasta 1:100.000.
0°-7°		Observable en escalas 1:25.000, 1:50.000 hasta 1:100.000.	
Subcomponente hídrico	Columna de agua	Caracterización química	Observable en escala 1:10.000, 1:25.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Factores		Escala	
		Turbidez	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Agua de las formaciones (superficiales)	No aplica	
<b>Subcomponente atmosférico</b>	Clima y océano del territorio	No aplica	
<b>Subcomponente de Biota</b>	Biota en sistemas marinos	Sistemas planctónicos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Sistemas nectónicos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Sistemas bentónicos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
<b>Subcomponente de Paisaje</b>	Geomorfología	Domos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, hasta 1:50.000.
		Abanico submarino	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Canal	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Cañón submarino	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Conos de deslizamiento	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Cima plana de colina	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Cuenca	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Diques (Asociado a la formación de márgenes de canal)	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Falda regular	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000,

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Factores		Escala
		1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Falda disectada (irregular)	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Hundimiento y/o pockmark	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, hasta 1:50.000.
	Ladera escarpada de colina	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Ladera disectada de colina	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Ladera suave de colina	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Meseta	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Meseta suavemente ondulada	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Plataforma plana regular	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Plataforma plana irregular	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Remanente de canal	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, hasta 1:50.000.
	Surcos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, hasta 1:50.000.
	Valles estructurales	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Terrazas	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, hasta 1:50.000.
	Paleotopografía	Paleocanales Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Factores		Escala	
		Paleoabánicos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
<b>Ambito social y formativo</b>	Conocimiento de la sensibilidad de los elementos ante las amenazas	Conocimiento del riesgo	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Conocimiento de la amenaza	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Socializaciones	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Legislación temática	Normativa	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
		Delimitación de áreas	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
	Comunidad científica	Investigaciones	Observable en escalas 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
<b>Actividades económicas relevantes</b>	Actividades de pesca	Explotación	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.
<b>Tradición y patrimonio cultural</b>	Arqueología	Todo tipo de naufragios	Observable en escala 1:10.000.
	Actividades de pesca	Tradición	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 hasta escalas superiores a 1:100.000.

Fuente: El autor.

**Tabla 5.11 Acciones que presentan una manifestación de proceso local.**

Acciones		Escala
<b>Fenómenos de remoción en masa</b>	Deslizamientos	Observable en escala 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Reptación	Observable en escala 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Sofusión	Observable en escala 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Solifluxión	Observable en escala 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Colapsamiento o hundimiento	Observable en escala 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Acciones		Escala
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
<b>Diapirismo</b>	Lodo	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Hidrocarburos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Ígneo	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
	Sales	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 hasta 1:100.000.
<b>Erosión, transporte y depositación</b>	Zonas erosivas	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Zonas de transporte	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Zonas de depositación	Observable en escalas 1:1'100.000 o incluso menores hasta connotaciones de 1:2'500.000.
<b>Actividad tectónica</b>	Movimiento de falla	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Deformación plástica	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Deformación rígida	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Contacto de placa	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
<b>Actividad sísmica</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0, y profundidad menor a 50km.	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50-100km.	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0.	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Acciones		Escala
<b>Corrientes submarinas</b>	Corriente turbidítica	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Zona con corrientes de baja intensidad	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
<b>Modelamiento de paisaje</b>	Densidad de elementos paisajísticos	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Intensidad del modelamiento del paisaje	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Alteración estructural en el paisaje	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
	Cambios de la zona litoral	Observable en escalas 1:10.000, 1:25.000 o 1:100.000, sin embargo, en algunos casos se pueden encontrar a escalas superiores.
<b>Variabilidad climática del territorio</b>	Estacionalidad del clima	No aplica.
	Estacionalidad del evento	No aplica.
	Fenómeno ENSO	No aplica.

Fuente: El autor.

Los procesos que se desarrollan en un contexto local, se tienen en cuenta que varios de ellos están relacionados con actividades que se generan dentro de un marco regional, es por esta razón, que varios de los factores y acciones evaluados en la matriz, pueden manifestarse de ambas maneras, siendo evaluados en ambos contextos.

Los grupos factores que se encuentran principalmente en un contexto local, dentro del subcomponente terrestre son las estructuras geológicas de superficie (diaclasas, fallas), el grupo de pendientes (todos sus factores), las rocas superficiales (estructuras de disolución) y condiciones del suelo (rugosidad) (Tabla 5.10).

En el subcomponente hídrico dentro del grupo de factores de columna de agua (caracterización química y turbidez). En el subcomponente biológico, en el grupo de biota los facetas sistemas bentónicos, nectónicos y planctónicos tienen primordialmente se desarrollan en un contexto local (Tabla 5.10).

Para el subcomponente paisajístico existen algunas unidades geomorfológicas que están relacionadas con manifestación de proceso local como es el caso de los domos, abanicos submarinos, canales, cañones submarinos, conos de deslizamiento, cima plana de colina, cuenca, diques (asociados a canales), falda regular, falda disectada, hundimiento, ladera escarpada de colina, ladera disectada de colina, ladera suave de colina, meseta, meseta suavemente ondulada, plataforma plana regular, plataforma plana irregular, remanente de

canal, surcos, valles estructurales y terrazas. En el mismo subcomponente, en el grupo de factores de paleotopografía sus factores tienen a tener una manifestación de proceso local (Tabla 5.10).

Para el subcomponente social y formativo están presentes la mayoría de factores correspondientes a las casillas de conocimiento de la sensibilidad de los elementos, legislación temática y comunidad científica. Los grupos de factores de conocimiento a la amenaza y las socializaciones tienen efecto de carácter local. En la legislación temática se encuentran los dos factores que aparecen como la parte normativa y la delimitación de áreas que tienen un contexto local, ya que para el primero existen varias normas que tienen una jurisprudencia muy específica, mientras que en el segundo hay delimitación de áreas que tienen un contexto nacional sin embargo su carácter local se basa en las características que presentan las mismas y su relación con el entorno. En cuanto la comunidad científica tiene un factor denominando investigación, en el cual se señala que varios de los trabajos realizados en la zona tienen una escala muy variable ya que pueden fluctuar entre 1:10.000 hasta 1:2'500.000 o superior (Tabla 5.10).

En el subcomponente de actividades económicas relevantes, aparece solamente un factor que se enmarca dentro de un comportamiento local y está relacionado con el grupo de factores de actividades de pesca que tiene a su vez el factor de pesca industrial (Tabla 5.10).

El subcomponente de tradición y patrimonio cultural, tiene dos grupos de factores que tienen una manifestación de proceso local, uno de ellos es la actividad de pesca artesanal que tiene un contexto en relación a las comunidades de manera local, mientras que el segundo factor son los naufragios, los cuales tienen un efecto muy local (Tabla 5.10).

Las acciones que presentan una mayor evidencia de manifestación de proceso local son el diapirismo y la mayoría de fenómenos de remoción en masa, sin embargo, no se descartan acciones como las zonas de erosivas, las zonas de transporte y las zonas de depositación.

La actividad tectónica en sus acciones de movimiento de falla, deformación plástica, deformación rígida como contacto de placa, tiene un efecto de tipo local. La actividad sísmica manifiesta procesos tanto en escala local como regional.

En cuanto a las corrientes submarinas en sus ítems de corriente turbidítica y zonas con corriente de baja intensidad pueden tener en algunos casos una manifestación de procesos locales. Los tipos de acciones de modelamiento de paisaje con la densidad de elementos paisajísticos, la intensidad del modelamiento paisajístico, alteración estructural del paisaje, así como cambios en la zona litoral tienen una manifestación en escalas 1:10.000, 1:25.000 incluso superiores a la 1:100.000, dándole un contexto local y regional (Tabla 5.11).

### **5.1.2.2 Fenómenos de remoción en masa**

Los fenómenos en remoción en masa según Crudden (1991), son procesos, por los cuales cierto volumen determinado de material compuesto por suelo, escombros o rocas se desplazan por efectos de la gravedad a lo largo de una superficie inclinada.

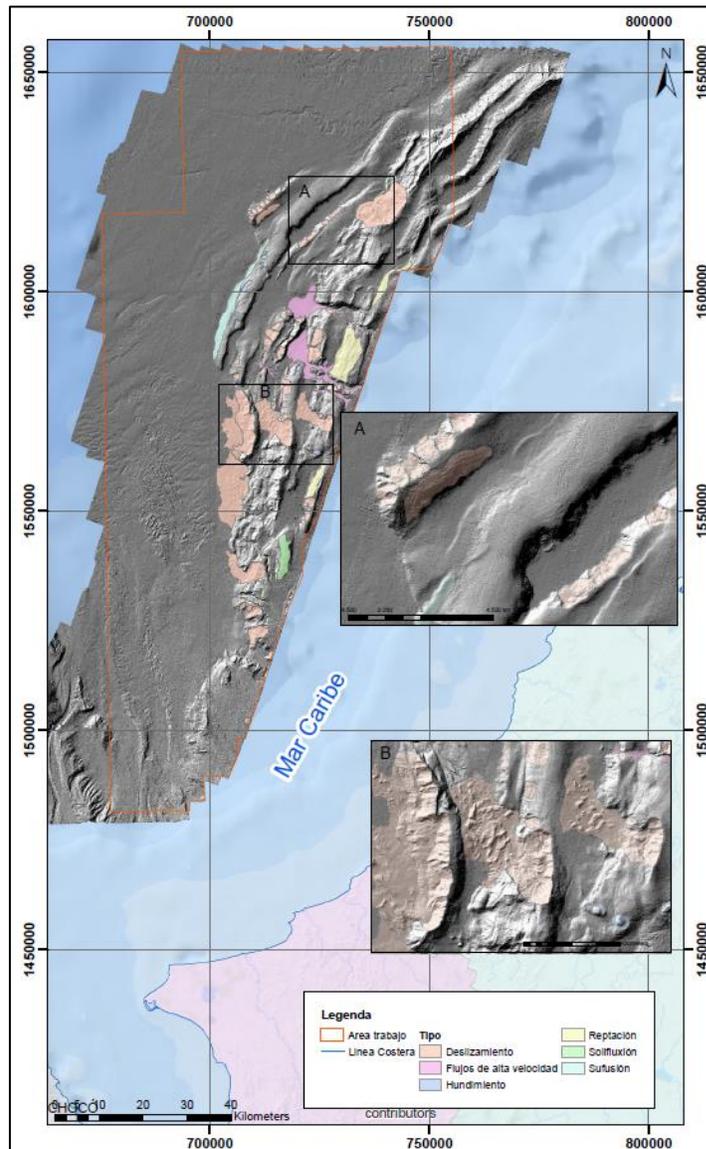
Para efectos de este trabajo, se han caracterizado los diversos fenómenos de remoción en masa: deslizamientos, reptaciones, sofusiones, solifluxiones, colapsamientos y flujos de sedimentos de alta velocidad, los cuales se encuentran dentro del área de trabajo.

#### **5.1.2.2.1 Deslizamientos**

Según GEMMA (2007), los deslizamientos son un movimiento de una masa compuesta de suelo y/o roca, que se produce fundamentalmente en una zona en donde se genera una gran deformación cortante o a lo largo de una superficie de falla.

En el área de trabajo, se han encontrado evidencias de este tipo de movimientos de remoción en masa, en el sector oriental en algunas colinas abisales, que hacen parte del Talud Caribaná, ya que se observan cortes en las laderas en forma de corona y en muchos casos aparecen con su respectivo cono de deslizamiento, producto de la movilización de material localizado en la parte superior de la ladera, que se desplaza hacia la pata de la misma. En otros casos, el cono ha sido erosionado, a partir de la elevada dinámica, que se encuentra en el área de trabajo, a raíz de los canales y cañones que forman parte del sistema del gran abanico submarino que desarrolla el río Magdalena en profundidad (Figura 5.28).

Figura 5.28 Mapa de deslizamientos dentro del área de estudio, siendo la zona oriental en la que se desarrollan la mayor cantidad de procesos de este tipo (Anexo 12).



Fuente: El autor.

Estos deslizamientos en el área de trabajo, se forman a partir de diversas causas, una de ellas, es el efecto de un patrón de fallas, que se encuentran localizadas principalmente en la parte central y que presenta una dirección N50W, así mismo, estas estructuras son perpendiculares a la estructura del Talud Caribaná para el sector suroccidental del Caribe colombiano. Este tipo de deslizamientos, se caracterizan por abarcar grandes extensiones de tierra, ya que pueden ser reconocidos en escalas 1:100.000 o 1:500.000, igualmente por su extensión a partir del modelo de elevación, se observa que el arrastre grandes bloques de rocas y tierra producto de este fenómeno en el territorio.

La segunda causa que produce esta clase de fenómenos de remoción en masa, son los canales y cañones submarinos, que erosionan las colinas abisales, que se encuentran a lo largo del área de estudio, dando como resultado que se produzcan una serie de deslizamientos en los costados laterales de los cauces. En cuanto, a la extensión de esta clase de procesos es apreciable en escalas 1:10.000, 1:20.000 y 1:25.000.

La tercera causa que produce esta serie de movimientos de remoción en masa, es la actividad sísmica que tiene efecto un efecto en la configuración geológica regional, producto del límite de las placas Suramericana y Caribe, dando como resultado varios el volcanismo de lodo y la liberación de estrés de esfuerzos que trae como consecuencia, la manifestación de sismos a lo largo del Caribe colombiano.

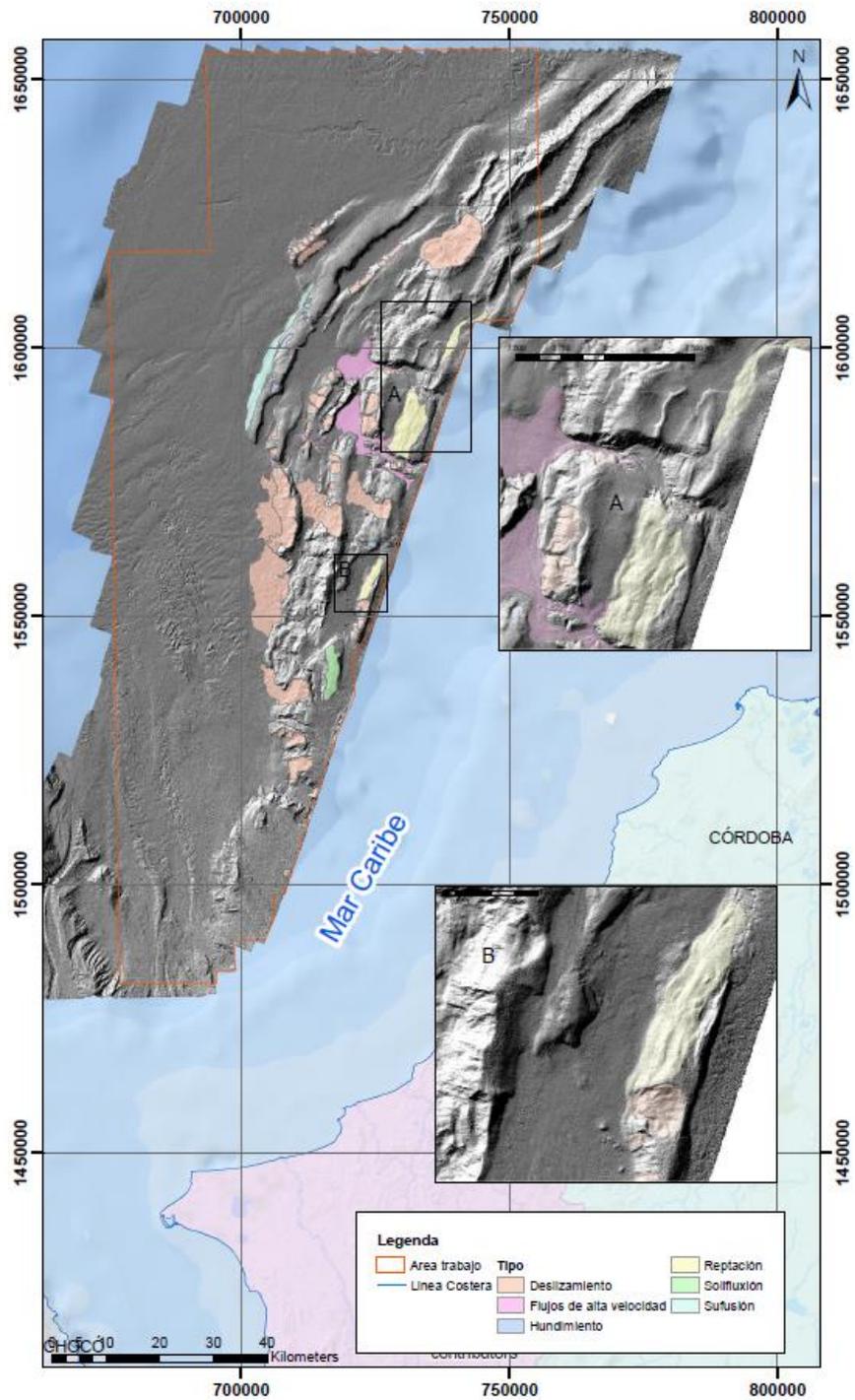
Es por estas causas previamente mencionadas, que los deslizamientos se localizan principalmente en el sector oriental del área de estudio, aunque tienen diferentes orígenes; los deslizamientos de mayores tamaños estarían relacionados con movimientos de fallas, mientras que los de menor de tamaño se encuentran asociados a procesos erosivos, producto de los canales y submarinos que atraviesan el Talud Caribaná ya que proceden de la dinámica del río Magdalena en profundidad (Figura 5.28).

#### **5.1.2.2 Reptación**

Es el movimiento lento que se produce a lo largo de las capas más superficiales de carácter arcilloso y que genera en la ladera una redistribución del suelo a favor de la pendiente a partir de los efectos gravitacionales que apoyados por otros factores incrementan la acción de este proceso sobre la superficie afectada (GEMMA, 2007). Entre otros factores que inciden en la propagación de esta acción a lo largo de las laderas se encuentran las superficies de debilidad como es el caso de fracturas o fallas y la humedad que se desarrolla en los primeros estratos de la ladera de colina.

En el área de estudio este fenómeno se manifiesta netamente en el sector oriental en las diferentes colinas abisales en donde se establece la zona del Talud Caribaná. No obstante, este tipo de fenómenos se encuentran restringidos a ciertas partes de las laderas de colina o algunas laderas de colina en donde se dan las características necesarias para su desarrollo como es el caso del sector observado en la Figura 5.29, en donde esa colina tiene una reptación a lo largo de la pendiente y ha ido erosionando parte de la misma dando como resultado que la ladera tenga una serie de niveles a medida que llega a su base.

Figura 5.29 Mapa de localización de las reptaciones en el área de trabajo Sofusión o sufusión.



Fuente: El autor.

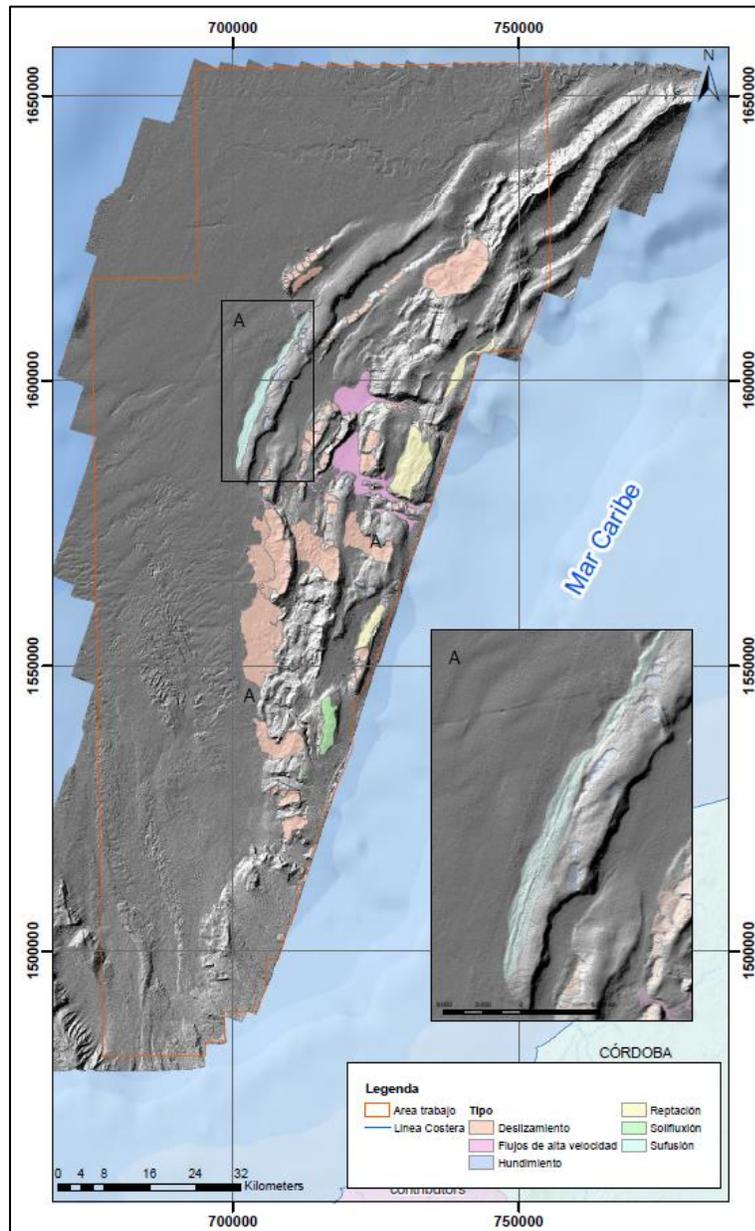
### 5.1.2.2.3 Sofusión

Según Verachtert (2011), este proceso se define como la migración gradual de materiales finos a través de una matriz gruesa por superficies de debilidad, como es el caso de fallas, dando como resultado el desarrollo de una serie de drenajes sub-superficiales, que tienden a producir colapsamientos. En términos exactos, la sofusión resulta en la pérdida de la estabilidad en la estructura general de la roca, dando como resultado movilización de los elementos de la matriz al mismo tiempo conllevan a una elevada filtración que da como resultado, final una serie de colapsamientos a lo largo de ladera (Verachtert, 2011).

Este proceso tiende a generarse en un lapso de tiempo corto si se compara con otros procesos de filtración como es el caso de la solifluxión, ya que el mismo se origina por canales que a su vez ocasionan desplomes en sus paredes, así como techos hasta ponerlos a la superficie (Verachtert, 2011; Ibáñez, 2013).

En cuanto a la ocurrencia de este fenómeno dentro del área de trabajo, se ha inferido a partir del modelo digital de profundidad que los lugares con mayor probabilidad de ocurrencia se encuentran en la parte nororiental y oriental de la misma. Este proceso se da en estas áreas ya que existe primero una enorme cantidad de humedad a raíz de la enorme columna de agua que existe a partir de la localización de la zona de estudio, además de la gran cantidad de canales y cañones que atraviesan esta serie de colinas abisales, por último, este hecho de la variación de material tiende a ser importante para la generación de canales sub superficiales que producirán eventos de movilización rápida (Figura 5.30).

Figura 5.30 Mapa de localización de las posibles zonas en donde se generan procesos de sofusión dentro del área de trabajo (Anexo 13).



Fuente: El autor.

#### 5.1.2.2.4 Solifluxión

Es el desplazamiento masivo de materiales de carácter fino granular como es el caso de arcillas e incluso lodos de manera, lenta producto del incremento de la humedad en estos materiales, cambiando la densidad, peso y volumen, que da pie a un desplazamiento del material a lo largo de la pendiente (GEMMA, 2007).

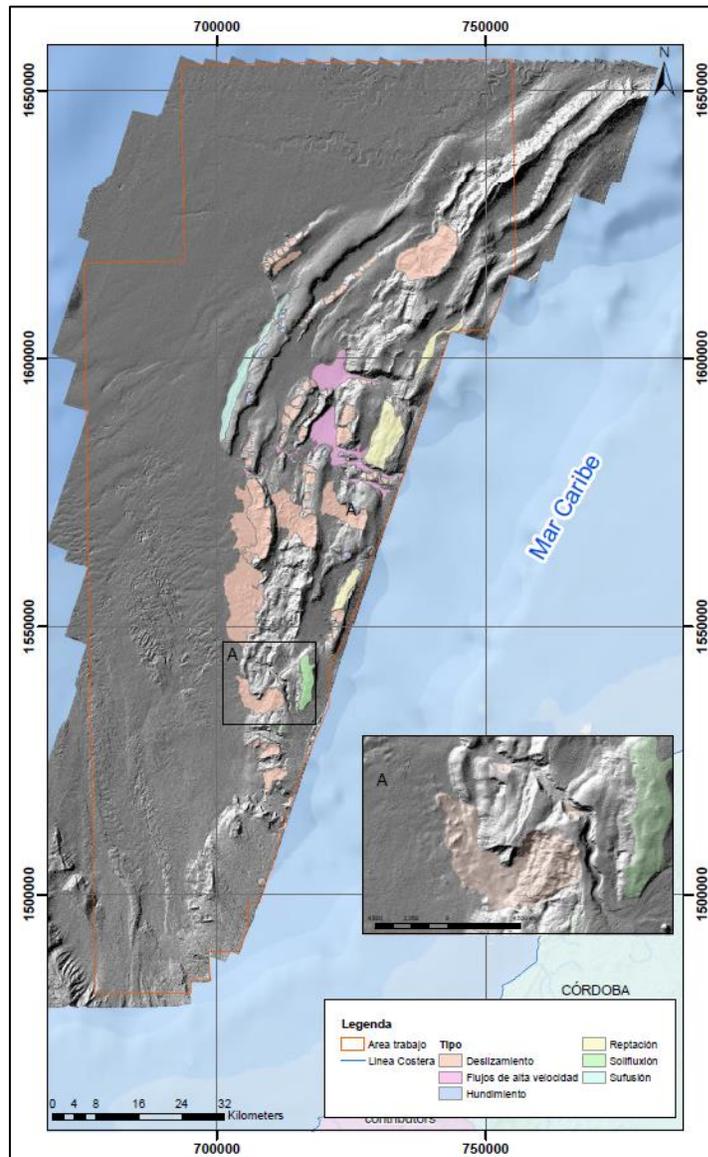
Se puede decir que el material movilizado de esta manera tiende, a generar una especie de lámina que termina desplazándose, a favor de la pendiente, logrando suavizar o tapar las irregularidades propias de la ladera, siendo a su vez una superficie más susceptible al desplazamiento, lo que implicaría que en el momento que se alcance un límite de fluidez en la parte superficial o subsuperficial del terreno se produce un plano de discontinuidad hídrica, que actúa como un plano de cizalla, dando como resultado final el desplazamiento lento del material (Ibáñez, 2008).

Este tipo de procesos se da en lugares con elevada humedad ya que se necesita fuertes infiltraciones, desbordamientos de mantos freáticos o constantes precipitaciones en la zona para producir cambios en las condiciones de la roca en superficie (Ibáñez, 2008).

En el área de trabajo, se puede generar estos procesos a raíz de la elevada humedad, producto de la existencia de una importante cantidad de agua, que se encuentra por encima de la superficie del terreno. Este hecho sumado a que en gran parte de la superficie del fondo marino del área de trabajo este compuesto de material de tamaño de grano, así como la existencia de colinas abisales, producen las condiciones necesarias para el desarrollo de estos fenómenos.

En la Figura 5.31, se observan los lugares en donde posiblemente se generen estos procesos puesto que la morfología tiende a ser compatible con la que, se genera en zonas de soliflucción. Es importante mencionar, que estos procesos se restringen a la zona oriental del área sobre todo en los lugares en donde se considera una predominancia de material fino granular unido con la presencia de colinas abisales (Ibáñez, 2008).

Figura 5.31 Mapa de localización de los procesos de solifluxión dentro del área de trabajo (Anexo 14).



Fuente: El autor.

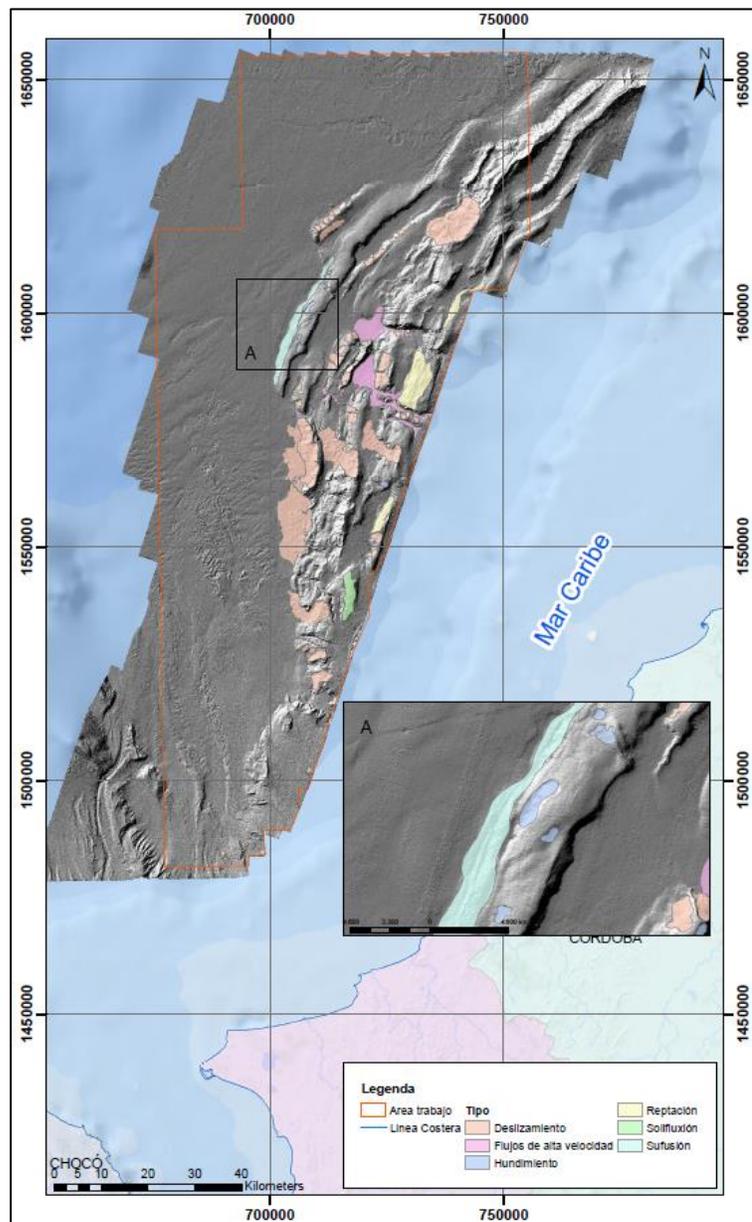
#### 5.1.2.2.5 Colapsamiento o hundimiento

Son movimientos de tipo vertical, que se producen en la superficie del suelo, se desarrollan sobre cualquier tipo de morfología (CVC, 2015), teniendo una gran variabilidad en los procesos de génesis, como lo son las disoluciones de rocas, por corrientes, que permiten el lavado diferencial de estratos subyacentes; otros procesos reconocidos son el vaciado de material que alimenta la estructura de las diferentes cámaras de volcanismo de lodo submarino y un último proceso hasta ahora reconocible, que son los hundimientos

vinculados a ligeras deformaciones negativas de terreno asociadas a la pérdida de presiones en los sistemas tipo pockmarks.

En el área de estudio se han reconocido estas estructuras principalmente en el sector oriental ya que varias de estos hundimientos estarían asociados a la formación de pockmarks y diapiros que a su vez están relacionados con la deformación producida en el Talud Caribaná a raíz del contacto entre las placas Suramericana y Caribe (Figura 5.32).

**Figura 5.32** Mapa de localización de los diferentes hundimientos que se producen dentro del área de estudio (Anexo 15).



Fuente: El autor.

En el mismo sector oriental también se observaron otros hundimientos que estarían asociados a procesos de tipo de lavado de material producto de las corrientes dando como resultado este tipo de estructuras sobre algunas colinas abisales (Figura 5.32).

#### **5.1.2.2.6 Flujos de sedimentos de alta velocidad**

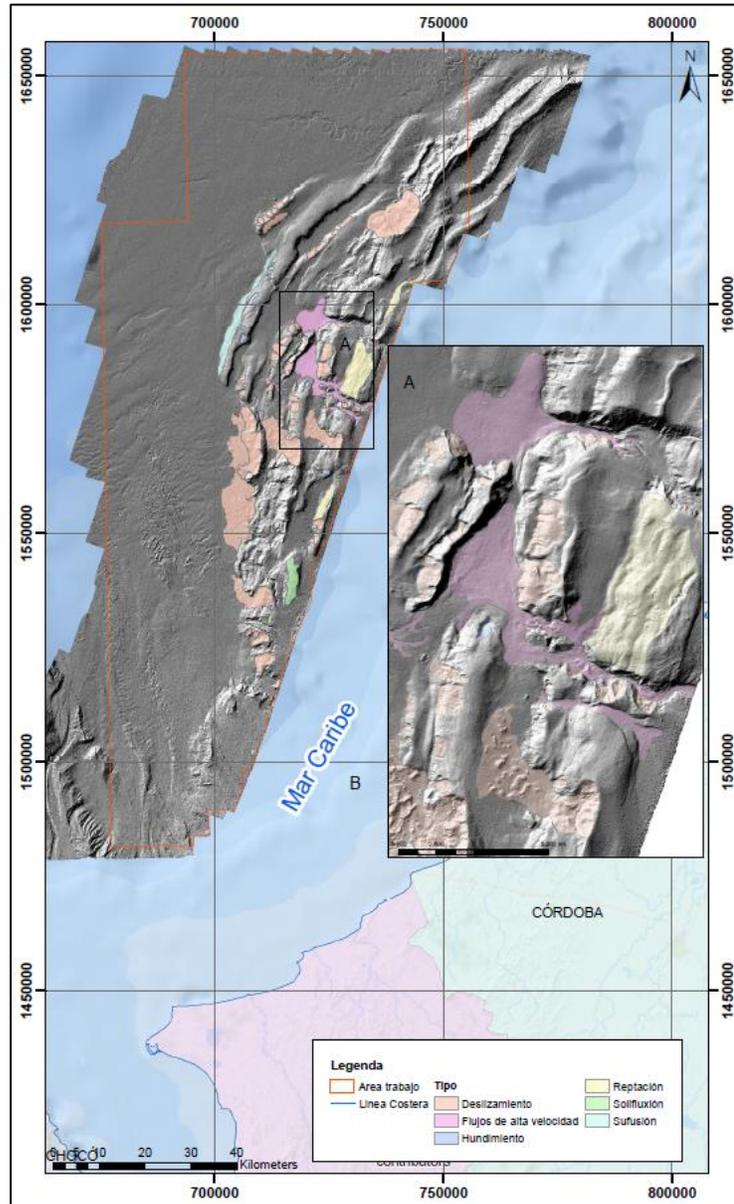
Es la agrupación de diferentes movimientos de ladera que tienen como característica principal la deformación interna, así como continua de los materiales y la ausencia de una superficie real neta de desplazamiento (Varnes, 1978). Existen varios trabajos, en los cuales, se puede hacer una diferenciación acerca del tipo de flujo del material, ya que dependiendo del tipo del material, se les otorga un nombre como es el caso de flujos de detritos, avalancha de detritos, flujos de lodo entre otros; sin embargo, por las herramientas con las que cuenta este trabajo, no se puede hacer una diferenciación de esta clase de movimientos de remoción en masa, por esta razón, no se les pudo clasificar en esas categorías previamente mencionadas.

Este tipo de fenómeno de remoción en masa, se localiza en el sector oriental y específicamente en lugares donde la fuerte corriente de fondo produce, en ciertos lapsos de tiempo, el desarrollo de flujos de alta velocidad, como se observa en las zonas donde se desarrollan algunos canales submarinos o cañones submarinos.

En la Figura 5.33, se muestra la ubicación donde hay evidencias morfológicas de la presencia de flujos de alta velocidad, cabe recalcar que la intensa erosión presente en la región ha retrabajado el paisaje de estos flujos, dejando solamente algunos indicios de las acciones de los procesos a los cuales se haya sometido.

Actualmente, solo se cuenta con casos puntuales; sin embargo, por el efecto de los canales y cañones submarinos presentes que direccionan estos flujos, muchos de ellos se encuentran asociadas a las zonas de menor energía donde ellos descargan.

Figura 5.33 Mapa de localización de los flujos de alta velocidad dentro del área de trabajo (Anexo 16).



Fuente: El autor.

### 5.1.2.3 Anomalías paisajísticas asociadas a la aparición de formas cónicas y domicas

Dentro de este tipo de acciones, se incluyeron dos tipos de procesos, que generan alteraciones, en la superficie del fondo marino, cambiando por consiguiente la configuración paisajística del territorio. El primer tipo de acciones, se encuentra asociado a un fenómeno conocido dentro del Caribe y es el diapirismo, que consiste en el ascenso de material con menor densidad hacia la superficie, dando como resultado la deformación

de los estratos más superficiales (Koff, 2002). La segunda acción esta vincula a los procesos intrusivos que también pueden generar cambios en la superficie del fondo marino, sin embargo, esta clase de procesos no han sido evidenciados en el Caribe, pero este hecho no quiere que puedan encontrarse en la región.

#### **5.1.2.3.1 Diapirismo**

En términos generales, el diapirismo es un proceso por el cual rocas de menor densidad ascienden a través de rocas con mayor densidad (Carvajal *et al.*, 2010). Existen diversos tipos de diapirismo, en función del carácter del material, que asciende a estratos superficiales, sin embargo, para efectos de este trabajo se han tenido, en cuenta el diapirismo de lodo y el diapirismo salino.

##### **Diapirismo de lodo**

Este tipo de fenómeno se genera a partir del desplazamiento hacia la superficie terrestre de material arcilloso que presentan características plásticas, así como algunos gases, que se encuentran confinados en sistemas de elevadas presiones (Kopf, 2002). Estos materiales se movilizan, por efectos de diferencias de densidad y estarían direccionados por las diferentes zonas de debilidad, como es el caso de fallas o fracturas, que permiten con mayor facilidad el ascenso de estos materiales, que a su vez propician levantamientos, así como fracturamientos en los estratos más superficiales e incluso en la misma superficie terrestre (Carvajal & Mendivelso, 2017).

En el Caribe colombiano este tipo de fenómenos se presentan principalmente en un sector que se extiende desde el golfo de Urabá, hasta el municipio de Barranquilla, y se amplía desde la misma línea de costa hasta unos 100 km en su punto más lejano, abarcando tanto la Plataforma Continental, el Talud Caribaná, y el sector proximal de la Cuenca Colombia.

En cuanto, a la génesis de este proceso en este sector del Caribe, sabe que existen dos factores fundamentales, el primero de ellos está relacionado con la complejidad tectónica, que se configura en esta zona del Caribe que se relaciona con la configuración y movimiento de las placas Caribe, Suramericana y en menor medida la placa de Nazca (Vernette, 1986). El segundo factor, está relacionado con la elevada carga sedimentaria producto de la acción de los diversos ríos, que desembocan en el mar Caribe como es el caso del Magdalena, Sinú, así como Ranchería (Vernette, 1986).

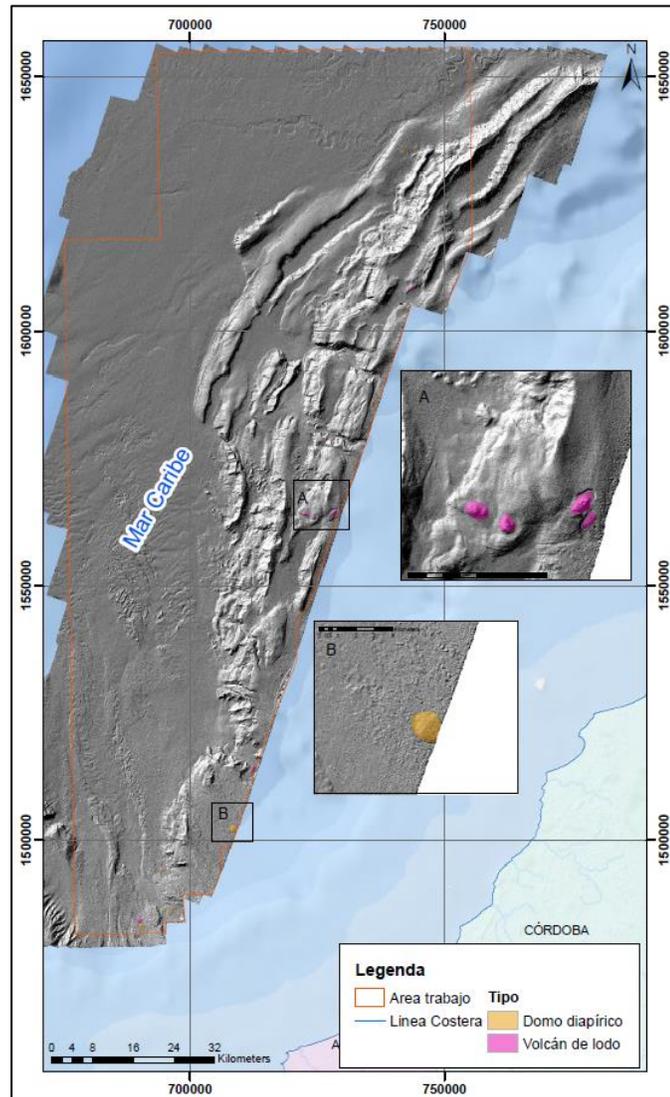
Existen diversos tipos de morfologías causadas por el fenómeno de diapirismo, sin embargo, para efectos de este trabajo únicamente se han tomado en cuenta la clasificación descrita por Vernet (1986), teniendo en cuenta: domos diapíricos y los volcanes de lodo, los cuales se explicarán en los siguientes títulos.

##### **5.1.2.3.1.1 Domos diapíricos**

Son estructuras de carácter cónico que pueden estar aislados y que en la mayoría de los casos logran observarse en superficie (Vernet, 1986). Este tipo de estructura es

generada por la intensa deformación que se ha producido en la zona dando como resultado que los diferentes materiales de carácter arcilloso migren a la superficie y queden confinado en los estratos superficiales dando como resultado en superficie la estructura semi circular (Carvajal & Mendivelso, 2017) (Figura 5.34).

Figura 5.34 Mapa de localización de los domos diapíricos y volcanes de lodo (Anexo 17).



Fuente: El autor.

En cuanto al área de estudio, los domos diapíricos se encuentran ampliamente distribuidos en el sector oriental, no obstante, se han registrado en algunas pequeñas áreas del sector occidental. Generalmente, estas estructuras tienen principalmente geoformas circulares, alargadas que podrían observarse como una especie de montículos de carácter circular o elongados (Figura 5.34).

En cuanto a las dimensiones de los domos la mayoría de ellos, se encuentran entre los 500 m y los 2 km de diámetro, mientras que su altura oscila entre los 100 m y 500 m (Vernette, 1986), aunque es posible encontrar ciertos casos en los que se excede de estas dimensiones (Figura 5.34).

#### **5.1.2.3.1.2 Volcanes de lodo**

Se definen como estructuras cónicas que tienen en su parte superior un cráter, sitio por donde se expulsan materiales como lodos y algunos gases (Carvajal & Mendivelso, 2017). En cuanto, al origen de esta estructura se presenta a partir del ascenso de material menos denso que por efectos de esfuerzos comprensivos y a través de fallas o fracturas llega a la superficie terrestre (Carvajal & Mendivelso, 2017).

En el área de trabajo, los volcanes de lodo se distribuyen principalmente en el sector oriental, ya que se encuentran asociados a una serie de colinas abisales, que su vez son el producto de la deformación generada por la configuración tectónica regional que en este punto se da, por el contacto entre las placas Caribe y Suramericana (Figura 5.34).

En la Figura 5.34, aparece la geoforma característica de los volcanes de lodo, ya que presenta una estructura circular a elipsoidal y un cráter en la parte central de la estructura, además en algunos volcanes tienen marcas, que permiten inferir colapsamientos de la estructura que posteriormente volvió a formarse a medida que se fue produciendo nuevo material.

En cuanto, a las dimensiones de los volcanes de lodo la mayoría de ellos presentan un diámetro mayor entre 500 m y 2 km, aunque existen algunos con longitudes superiores, mientras que en su altura oscila entre los 100 m y los 500 m (Vernette, 1986).

#### **5.1.2.3.1.3 Domos salinos**

Este tipo de fenómeno, se genera a partir del desplazamiento hacia la superficie terrestre de material salino, que presenta características dúctiles que se encuentran confinados en sistemas de elevadas presiones (Kopf, 2002). Este material, se moviliza por efectos de las diferencias de densidad entre el material y la roca que la suprayace, así mismo este material se direcciona por las diferentes zonas de debilidad, como es el caso de fallas o fracturas, que permiten con mayor facilidad el ascenso de estos materiales, que a su vez propician levantamientos, así como fracturamientos en los estratos más superficiales e incluso en la misma superficie terrestre (Carvajal & Mendivelso, 2017).

En cuanto a la existencia de este tipo de procesos de diapiros salinos dentro del área de trabajo, hasta el momento no se observaron rasgos, que hayan permitido establecer su desarrollo en esta zona del Caribe colombiano, no obstante, Alfaro & Holz (2014) señala que durante dos lapsos en el jurásico, se generaron depósitos evaporíticos, siendo asociados a la etapa de rift, que generó un sistema de depositación de tipo transicional entre el continente y la región marina superficial, que a su vez sería la fuente para el desarrollo de diapiros salinos a lo largo del Caribe.

Sin embargo, es importante enfatizar, que se necesitan realizar estudios con mayor detalle en estas zonas, con el fin de tener certeza acerca de la existencia o no, de este tipo de fenómeno en esta región.

#### **5.1.2.3.2 Procesos de naturaleza intrusiva**

En este tipo de acciones se encuentran los procesos asociados con el ascenso de material ígneo a la superficie o a niveles subsuperficiales, generando como consecuencia cambios en la configuración paisajística del territorio.

##### **5.1.2.3.2.1 Plutones o intrusiones ígneas**

En cuanto a la existencia de rocas de origen ígneo en la región del Caribe, existe una Gran Provincia Ígnea del Caribe (CLIP), la cual Burke *et al.*, (1978) la caracteriza como una provincia de corteza oceánica anómala, debido a que posee un espesor entre los 15 y 20 km, así mismo, perforaciones en varios sitios localizados en las regiones abisales del mar Caribe, han encontrado que el fondo marino, se compone de rocas basálticas, principalmente tobas y algunos intrusivos interestratificados con sedimentos pelágicos de hace 80 Ma. Estas grandes extensiones de rocas ígneas han sido relacionadas con un importante evento de inundación basáltica, que se desarrolló durante el cretáceo tardío, de la misma manera este evento generó la mayor parte del plateu oceánico (Boshman, 2014).

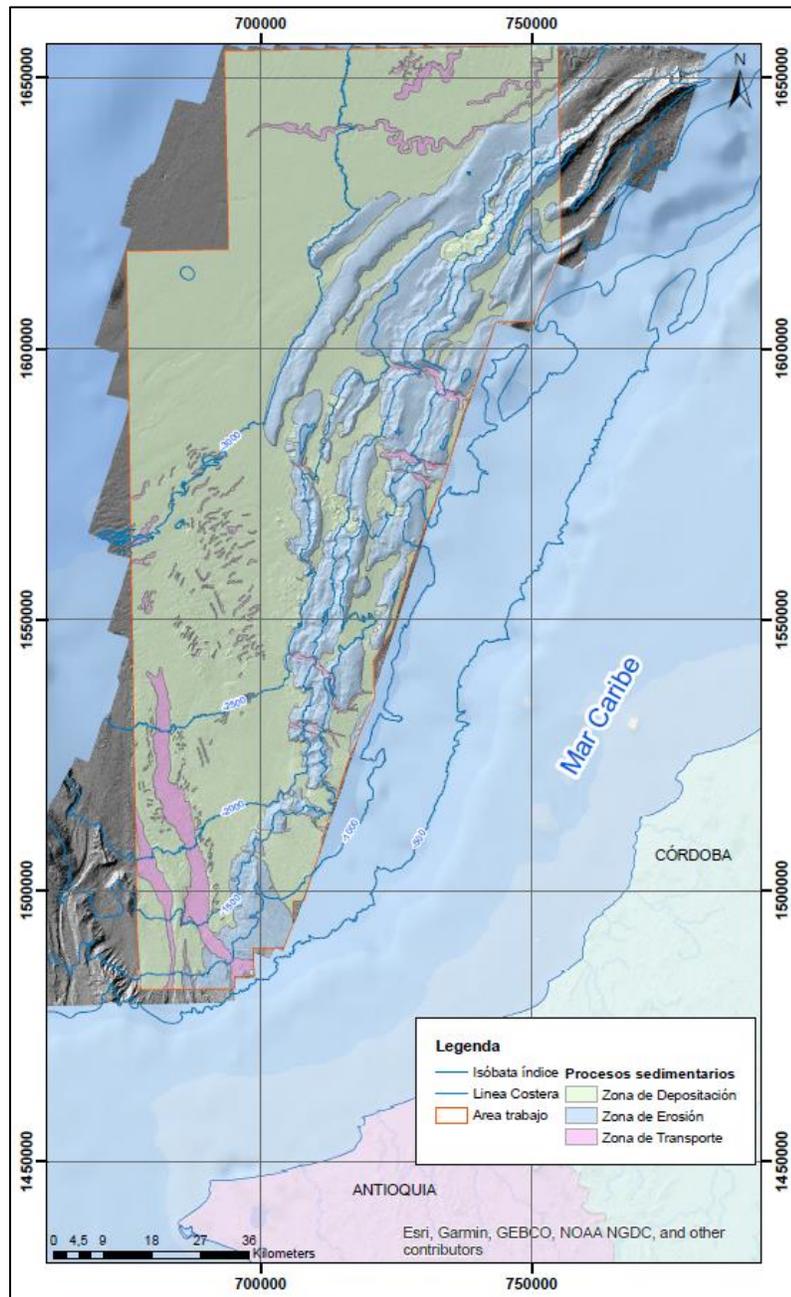
Este tipo de material a fin, se ha localizado en varias perforaciones en los sectores de costa fuera en Venezuela, en la Cuenca Colombia y en la Cordillera Beata (Boshman, 2014).

Es por lo anteriormente mencionado, que existe la posibilidad que dentro del área de estudio, se encuentre algún tipo de roca aflorante de carácter ígneo, no obstante, se necesitan mayores estudios que permitan generar un mapa geológico en el sector marino con el que se pueda establecer el carácter de las rocas en superficie, así como sus relaciones.

#### **5.1.2.4 Dinámicas sedimentarias**

En el área de trabajo existe una constante dinámica, que produce a su vez una serie de procesos en la superficie del fondo marino, que dan como resultado un permanente modelamiento en el territorio. Es por esta circunstancia, que se han dividido algunas zonas en función del proceso predominante en estas áreas, siendo nombradas como zonas erosivas, zonas de transporte o zonas de depositación (Figura 5.35).

Figura 5.35 Dinámicas sedimentarias a lo largo del área de trabajo (Anexo 18).



Fuente: El autor.

#### 5.1.2.4.1 Zonas de erosión

Las principales zonas de erosión, se localizan en el sector oriental del área de trabajo y se asocian al desarrollo de las colinas abisales, que son las mayores elevaciones en el territorio, siendo las áreas más susceptibles a desarrollar fenómenos de remoción en masa.

Estas zonas esencialmente, se encuentran asociadas a las unidades de geomorfológicas de laderas escarpadas, laderas disectadas, laderas suaves, domos, mesetas, mesetas suavemente onduladas, faldas, faldas suavemente onduladas y cima plana de colina. Las tres primeras unidades, son a las susceptibles a la erosión, debido a que presentan elevadas pendientes, siendo afectadas tanto por las corrientes submarinas, como por el efecto de estructuras geológicas dando como resultado que en estas unidades se disgregue el material.

En cuanto a las demás unidades, aunque no posean elevadas pendientes en el caso de las faldas, si hacen parte de las colinas abisales y terminan siendo parte del material que se disgrega y que depara en las zonas bajas. Para las mesetas y cimas planas de colina, estas unidades se consideran como un estado avanzado de erosión, por el cual las colinas han perdido el material, dando como resultado en su parte superior áreas relativamente planas (Figura 5.35).

#### **5.1.2.4.2 Zonas de transporte**

Son las áreas en donde, se producen la mayor movilización de material, a lo largo del territorio, siendo influenciados por tres importantes afluentes, que provienen desde de la parte continental. La primera zona, se encuentra localizada en la parte suroccidental del área de trabajo y está asociada con una corriente, que proviene en dirección sur-norte que se relaciona con la desembocadura en la costa del río Mulatos. Esta zona de transporte se caracteriza, por tener un mono canal en donde se observan algunos remanentes de canal, en lugares cercanos producto de algunas migraciones del mismo, en épocas en donde el afluente ha aumentado su incidencia en el área de trabajo, así mismo, este canal ha ido cambiando la morfología en superficie del fondo marino por causa de la depositación que se genera en los lugares cercanos al canal (Figura 5.35).

La segunda zona, se encuentra localizada entre las colinas abisales en la parte oriental del área de trabajo, así mismo estas zonas de transporte se caracterizan por tener una serie de canales y cañones que van en dirección perpendicular a la dirección de las colinas y se vinculan con la dinámica del río Sinú. Estos canales y cañones atraviesan todo el Prisma de Acreción del Sinú, sin embargo, se encuentran segmentados, ya que en algunas partes estas unidades desaparecen y reaparecen, en sectores más centrales cercanos al límite entre las colinas abisales que hacen parte del Talud Caribaná y las llanuras abisales que son parte de la Cuenca Colombia (Figura 5.35).

La tercera zona de transporte aparece en la región septentrional del área de trabajo y se caracteriza por tener una serie de canales orientados en dirección este-oeste, que se encuentran asociados a la dinámica submarina que produce el río el Magdalena, que así mismo, dispone sus sedimentos a lo largo de la región marina generando un gigantesco abanico submarino (Figura 5.35).

#### 5.1.2.4.3 Zonas de depositación

Son zonas horizontales a subhorizontales, en donde reside el material transportado por los canales o cañones submarinos, que recogen el material proveniente de la erosión, que se suscita desde la parte costera, así como las partes elevadas de las colinas abisales.

Estas zonas de depositación se localizan en tres partes a lo largo del área de trabajo. La primera zona, se encuentra en los niveles bajos que se sitúan entre las colinas abisales, en lo que se denomina como valles estructurales, caracterizándose por ser los lugares de descanso, tanto de los sedimentos transportados por los canales y cañones submarinos, como los materiales que se han desprendido de las mismas colinas. Estas zonas de depósito, tienen una extensión variable, ya que se encuentran supeditadas a la dirección regional del Prisma de Acreción del Sinú, que en este sector estaría con una dirección N40E, sin embargo, en algunas partes estos valles estructurales aumentan su extensión mientras, que en otras partes se reduce considerablemente.

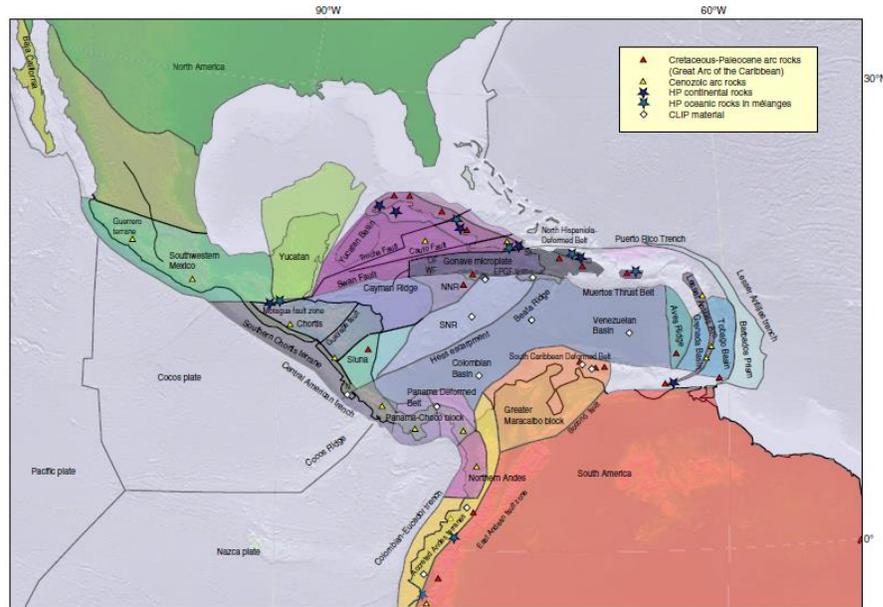
La segunda zona de depósito, se encuentra a lo largo del sector occidental, siendo atribuida a una extensa región abisal, que se compone tanto de llanuras abisales como los depósitos distales de los diferentes abanicos submarinos, que van aportando material a estas grandes extensiones horizontales a subhorizontales (Figura 5.35).

#### 5.1.2.5 Actividad tectónica

El área de estudio, se enmarca dentro de un contexto estructural compresivo que se desarrolla por la interacción, entre la Placa continental Suramericana, así como las placas oceánicas Nazca y Caribe (Taboada *et al.*, 2000; Audemard, 2000; Trenkamp *et al.*, 2002; Cortes & Angelier, 2005) (Figura 3.2). Así mismo, Cediel *et al.*, (2003) argumenta que la interacción entre las placas Caribe y Suramericana, es una colisión en donde una de ellas se superpone de manera forzada sobre la otra produciendo una estructura de cabalgamiento forzado, no obstante otros autores asumen la existencia de un bloque denominado Bloque Norandino, que se conforma a su vez por una parte de los Andes septentrionales, así como el Caribe colombiano y presenta una dirección relativa de movimiento es nororiente con respecto a Suramérica (Taboada *et al.*, 2000).

Este segundo modelo, ha ido evolucionando ya que Boschman *et al.*, (2014), plantea la fragmentación de la esquina noroccidental de Suramérica en varios bloques haciendo referencia al Bloque Maracaibo, que se encuentra limitado al occidente por el denominado Bloque de los Andes Septentrionales, al suroriente por la placa Suramericana y al norte por la conformación de la Placa Caribe, que a su vez estaría compuesta de varios bloques; sin embargo, el límite en Colombia estaría dado por la Cuenca Colombia y al nororiente por la Cuenca de Venezuela. Es importante resaltar, que estos modelos actualmente se encuentran en discusión, debido a que se necesita información que permita acoplar de mejor manera los patrones regionales (Figura 5.36).

Figura 5.36 Mapa tectónica de la región Caribe, en donde se observa la distribución de los bloques.



Fuente: Boschman *et al.*, (2014).

Esta serie de interacciones entre las placas, ha producido una extensa estructura regional conocida como el Frente de Deformación del Sur del Caribe (de dirección SO-NE), el cual generó en el sector suroccidental de Caribe colombiano, una serie de plegamientos, que hacen parte de una gran zona, denominada como el Prisma de Acreción del Sinú, la cual se compone de una serie de cuñas sedimentarias adosadas de manera oblicua al margen norte de la placa Suramericana (López & Barrero, 2003), que conllevan unas espesas cuencas denominadas a ellas piggy back basins (Ingeominas & Friedrich-Schiller, 2002).

Este Frente de Deformación del Sur del Caribe separa el Prisma de Acreción del Sinú de la Cuenca Colombia, la cual es una extensa planicie abisal que presenta una serie de sedimentos de fondo marino que originaron a partir del Cretáceo hasta el Cenozoico y recubren el basamento, el cual Burke *et al.*, (1978), le otorga el nombre de Provincia del Gran Caribe Ígneo (CLIP) a una corteza de origen oceánico que presenta un espesor entre los 15 y 20 km compuesto de rocas basálticas, tobas así como algunos granitos intrusivos interestratificados con sedimentos pelágicos de hace 80 Ma.

En cuanto a la ubicación específica dentro del contexto tectónico regional, la parte oriental del área de estudio se ubica dentro del Prisma de Acreción del Sinú que tiene una extensión aproximada, es por esta razón que en superficie se observa una serie de colinas abisales intercaladas con una serie de valles estructurales (Figura 5.3). En contraste el sector occidental aparece la Cuenca Colombia, la cual tiene una expresión en superficie de grandes planicies abisales (Figura 5.3).

#### 5.1.2.5.1 Movimiento de falla

Para analizar esta acción dentro del área de trabajo, es necesario tener en cuenta tanto el contexto estructural regional, las estructuras geológicas de superficie (fallas, fracturas, zonas de cizalla entre otros) y el patrón de los eventos sísmicos registrados. Para el primero, se tiene en consideración que existen dos unidades de las cuales el Prisma de Acreción del Sinú tiene una mayor importancia para el desarrollo de procesos de deformación plástica o rígida en donde último es fuente para la generación de movimientos de falla.

El segundo elemento, a analizar son las estructuras geológicas que se han encontrado dentro del área de trabajo, en donde se observó que la mayoría de ellas, se localizan en el sector oriental teniendo una relación importante con el desarrollo del Prisma de Acreción del Sinú. En un análisis más detallado de este sector se han encontrado una serie de estructuras geológicas como es el caso de fallas (locales y regionales), fracturas y una importante zona de cizalla. En cuanto a las fallas, que se han registrado dentro de la zona de trabajo, se ha podido analizar que existen dos grupos principales, el primero hace referencia a un patrón de fallas que tienen una dirección suroeste-noreste y un comportamiento de carácter inverso que se asocia a la deformación principal que se ha producido a lo largo de este prisma. El segundo grupo de fallas que se observa en el área de trabajo, tiene una dirección preferencial noroeste-sureste y su comportamiento es de tipo normal, así mismo estas estructuras rompen de manera perpendicular los ejes de los anticlinales y han producido a su vez el rompimiento y desplazamiento de estos pliegues.

El tercer elemento, que se necesita para entender las dinámicas de las fallas dentro del área de trabajo, está relacionado con los sismos que se han generado en este sector marino, teniendo en cuenta el parámetro de la profundidad, donde se produjo el evento, diferenciando a su vez que los sismos superficiales tienen profundidades no mayores de los 70km, mientras los sismos profundos generan a partir de los 70 km (Houston, 2015). Los sismos profundos, se asocian a procesos relacionados con la zona de transición manto corteza, mientras que los sismos superficiales se relacionan con el comportamiento que pueden presentar las diferentes estructuras como de las cuales se destaca la presencia de fallas, que se encuentran a lo largo del área de trabajo (Houston, 2015). En cuanto a los sismos registrados en el área de trabajo se encontró que la mayoría de ellos se encuentran en un rango entre los 5 y los 45km de profundidad encasillándolos como sismos superficiales.

Al analizar, estos tres elementos en el área de trabajo, se puede concluir que existe una importante actividad, en cuanto a los movimientos de falla se refiere, ya que se han encontrado estructuras geológicas que presentan actividad, creando estructuras como lineamientos de fallas, fracturas o zonas de cizalla que se enmarcan dentro del comportamiento del Prisma de Acreción del Sinú, así mismo, se observan algunos deslizamientos asociados posiblemente al conjunto de fallas normales, que se encuentran atravesando esta serie de colinas abisales. Otra manifestación, de esta acción en el territorio son los sismos registrados ya que en la mayoría de los casos son sismos

superficiales que estarían explicando los movimientos de falla que se han ido produciendo en la zona.

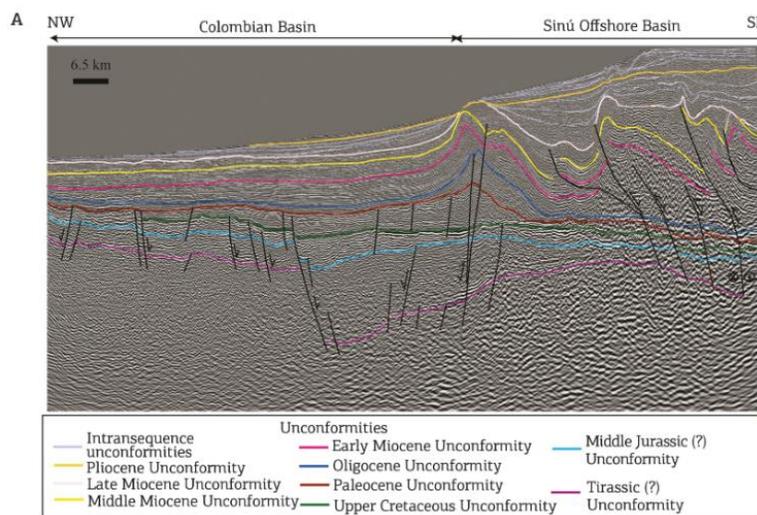
#### **5.1.2.5.2 Deformación plástica**

Este concepto trae a colación a las deformaciones que se mantienen después de producirse el esfuerzo, causando en la roca que se genere una reorientación tanto de los minerales como de las posibles estructuras que se puedan encontrar en la misma (Choubin, 2019). Así mismo, este cambio en las estructuras internas de las rocas se ve reflejado en su parte externa por la formación principalmente de pliegues, los cuales se pueden clasificar dependiendo de los diversos autores.

En el área de estudio, este tipo de deformación plástica, es producto del contexto regional ya que las implicaciones entre la interacción de las placas Caribe y Suramericana han formado la estructura del Frente de Deformación del Sur del Caribe (de dirección SO-NE), el cual ha producido una serie de pliegues que se enmarcan dentro del Prisma de Acreción del Sinú. Es por esta razón, que en la Figura 5.37 que es tomada a partir del estudio realizado por Alfaro & Holz (2014), se pueden observar una serie de pliegues de tipo anticlinal, los cuales se encuentra ligeramente montados en dirección noroeste y se vinculan a una serie de fallas inversas que a su vez han ido reduciendo el espacio de los sinclinales.

La Figura 5.37 realizada por Alfaro & Holz (2014), se encuentra localizada entre el Talud Caribaná y la Cuenca colombiana, siendo de gran utilidad para efectos de este trabajo. De la misma manera, este gráfico valida la configuración estructural del área de trabajo, ya que en el sector este sureste para la línea sísmica y oriente en el área de trabajo se encuentran las colinas abisales, que son el producto de esta deformación en este sector del Caribe, mientras que en el sector noroccidental del corte se localiza la Cuenca Colombia, en donde no se observan las estructuras plegadas.

Figura 5.37 Línea sísmica que atraviesa tanto el Prisma de Acreción del Sinú como la Cuenca Colombia.



Fuente: Tomado de Alfaro & Holz (2014).

### 5.1.2.5.3 Deformación rígida

Es la aplicación de un esfuerzo que supera la capacidad de deformación del material dando como resultado que la roca se fracture, así mismo por este efecto se considera una deformación irreversible ya que no se pueden recuperar las condiciones iniciales (Suppe, 1985). Generalmente, el producto de esta acción sobre el material es el desarrollo tanto de fallas como de fracturas, las primeras se identifican por que se produce desplazamiento del material, mientras que las segundas se observan como una ruptura con ausencia de actividad. Es importante mencionar que las fallas se clasifican de acuerdo al movimiento aparente en normales, inversas, rumbo (siniestrales, dextrales), distales, compresionales y compuestas (Suppe, 1985).

En el área de estudio, la deformación rígida se asocia al sector oriental, en donde se encuentran una serie de colinas abisales, que son la expresión en superficie de una serie plegamientos que están enmarcados dentro del Prisma de Acreción del Sinú, produciendo a su vez una serie de fallas principales de carácter inverso, que tienen una dirección N30E concordantes con el lineamiento principal del prisma, sin embargo, dentro de las mismas colinas abisales se observan otro grupo de fallas que se encuentran perpendiculares con un comportamiento de fallas normales (Figura 5.1). En cuanto a las diaclasas encontradas en el área de estudio se encuentran principalmente en el sector oriental y están asociadas a la intensa deformación de la zona que genera tanto pliegues como fracturas. En el sector sur occidental se pueden apreciar algunas diaclasas que se encuentran en cercanías a un canal principal que tiene dirección norte sur (Ver numeral de estructuras de geológicas).

#### 5.1.2.5.4 Contacto de placa

En el área de estudio existe una interacción directa de las placas Caribe y Suramericana dando como resultado tanto el Frente de Deformación del Sur del Caribe y en este sector específico de las zonas offshore del Caribe, la estructura conocida como el Prisma Acrecional del Sinú que tiene una relación directa con los esfuerzos compresionales de la placa Caribe y los territorios septentrionales orogénicos del norte de Colombia, no obstante, la forma que presenta este prisma de acreción permite inferir que su eje principal halla oscilado dependiendo del ángulo de los esfuerzos que lo han generado (Vinnels *et al.*, 2010).

Lo que permite deducir de las geofomas actualmente reconocidas que los esfuerzos producto del contacto de placa es diferenciado y tiene varios componentes, ya que en el sector sur del prisma el esfuerzo que predomina tiene una dirección suroeste-noreste, mientras en que en la parte central del prisma el esfuerzo mayor proviene del noroeste-sureste.

Es importante mencionar que el prisma de acreción en los sectores tanto sur como norte tiene una mayor tasa de erosión, producto del desarrollo del delta del río Atrato y el transporte de sedimentos del río Mulatos para el sector sur, en cambio en el sector norte el agente erosivo principal es el abanico submarino del río Magdalena, dando como resultado que gran parte del prisma se haya erosionado (Vinnels *et al.*, 2010).

Otro posible efecto del contacto de placa en el sector del área de trabajo, es el desarrollo de eventos sísmicos, sin embargo, a partir de los datos obtenidos por el Servicio Geológico de Estados o USGS por su nombre en inglés y el SGC se ha analizado que la actividad en la zona es menor de la esperada, dando a entender dos opciones, la primera es que la región es relativamente estable a pesar de ser una zona de límites de placas. La segunda opción es relacionada con la falta de instrumentación que permita registrar el comportamiento de estas placas.

#### 5.1.2.6 Actividad sísmica

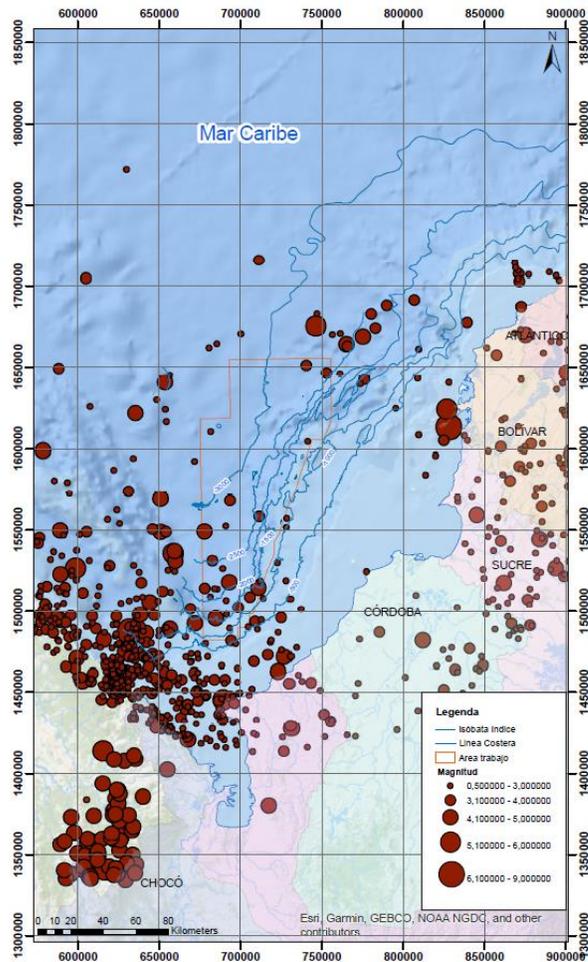
La actividad sísmica en este sector del Caribe colombiano, se encuentra relacionada con la convergencia de las placas Suramericana, Caribe y Nazca según Kellogg & Vega (1995), mientras que Cardona *et al.*, (2005) explica la posible formación de la Unión Triple del Darién, como consecuencia de la subducción parcial de la placa Nazca en la placa Caribe produciendo de un nido sísmico en este sector. No obstante, en ambas hipótesis por la complejidad del terreno no se han podido establecer de manera concreta los límites de placa, a partir de un análisis de sismos, debido a que los datos obtenidos, no muestran un patrón definido (Penington *et al.*, 1988).

En un análisis más detallado de los diferentes esfuerzos que se producen en esta esquina noroccidental de Suramérica, es necesario denotar que las placas Nazca y Caribe, tienen un comportamiento compresivo en sentido oeste-oeste y noroeste sureste para cada una

(Cardona *et al.*, 2005). Así mismo, convergen de manera específica tres bloques, el primero denominado Bloque Norandino que tiene un desplazamiento principal suroeste noreste, el segundo conocido como Bloque Panamá Costa Rica que se tiene una dirección preferencial oeste-este y el tercero que se conoce como Bloque Choco, el cual tiene un rumbo norte-sur (Guzmán & Ochoa, 2000).

Esta serie de esfuerzos ha producido dos nidos sísmicos importantes, el primero se encuentra localizado en el sector de Murindó a unos 261 km del área de trabajo, siendo relacionada con la interacción del Bloque Choco y el Bloque Norandino, mientras que el segundo se ubica a unos 60 km al suroccidente del área de trabajo exactamente a unos 200 km al noroccidente del Golfo de Urabá y está asociado al límite oriental de lo que se conoce como el Cinturón Deformado del Norte de Panamá, la cual en el sector sur de la estructura reporta una importante actividad causando una gran cantidad de sismos siendo consistente con los reportes observados en la Figura 5.38.

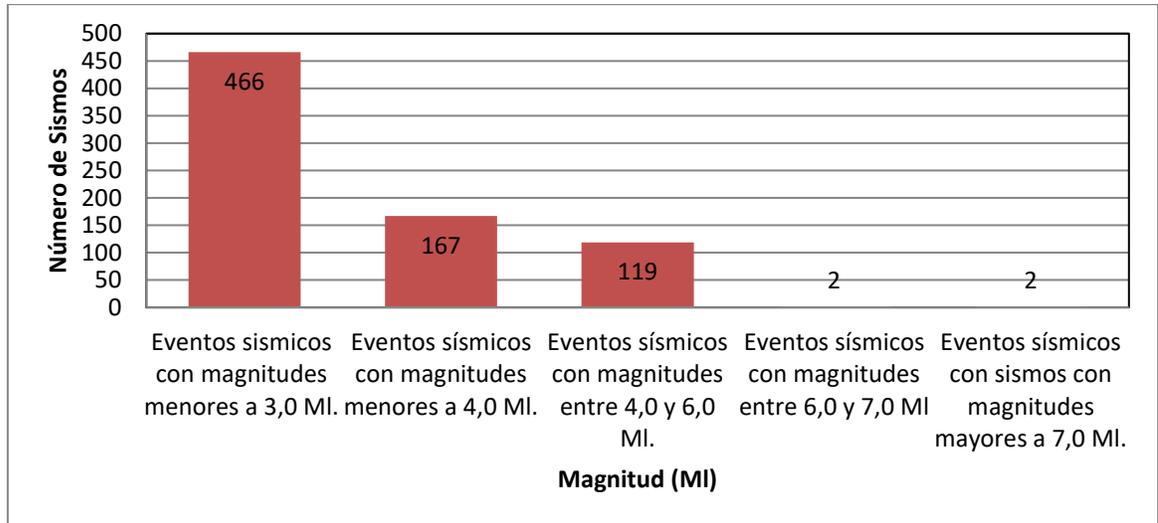
**Figura 5.38 Mapa de sismicidad cercana al área de trabajo (Anexo 19).**



Fuente: El autor a partir de datos tomados de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> y <http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>.

Estos reportes fueron obtenidos, a partir de las bases de datos disponibles tanto en la USGS como la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), así mismo con estos datos, se hizo un análisis estadístico de los diferentes sismos reportados, con el fin de observar los patrones y características que presentan estos eventos tanto dentro del área de trabajo, como en cercanías de la misma generando un diagrama que identifica el número de sismos reportados en función de la magnitud (MI) (Figura 5.39).

**Figura 5.39 Distribución de sismos en función de la magnitud (MI).**



Fuente: El autor a partir de los datos obtenidos de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> y <http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>.

Estas categorías hacen referencia a la clasificación, que se encuentra en la matriz de impactos, de los cuales se hablarán a continuación en los siguientes numerales de la categoría de actividad sísmica.

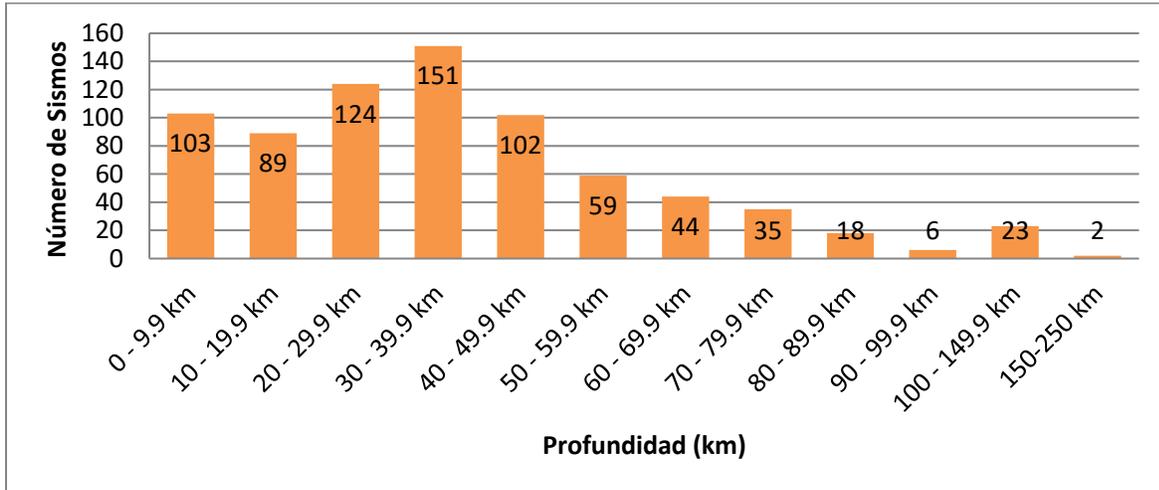
En cuanto a un análisis general, se registraron un total de 756 sismos, de los cuales en la Figura 5.39 se observa que la categoría denominada Eventos sísmicos con magnitudes menores a 3,0 MI alcanzó un dato de 466 esto en términos porcentuales es más del 61% de todo el total de sismos reportados. A este porcentaje le siguen los Eventos sísmicos con magnitudes entre 3 y 4 MI y Eventos sísmicos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI de los cuales se reportaron un total de 167 y 119 sismos respectivamente.

En cuanto, a los eventos sísmicos de mayor importancia como es el caso de las categorías de eventos sísmicos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI, así como eventos sísmicos con magnitudes mayores a 7,0 MI tienen muy bajos reportes en las cercanías del área de trabajo ya que solamente hay 2 registros, para cada una de estas categorías. Este hecho implica que siendo las categorías con posibles mayores efectos son los que presentan la menor frecuencia de aparición en esta región.

Otra característica, que nos permite analizar la sismicidad en la región son los datos de profundidad de cada uno de los sismos reportados en las áreas cercanas a la zona de

trabajo. Por esta razón, en la Figura 5.40, se percibe la distribución de los sismos en función de la profundidad, de los cuales se analiza que la mayoría de los sismos se encuentran en una profundidad entre los 30 y 39 km ya que se registraron unos 151 eventos sísmicos representando el 19,9 % del total.

**Figura 5.40 Distribución de sismos en función de la profundidad (km).**



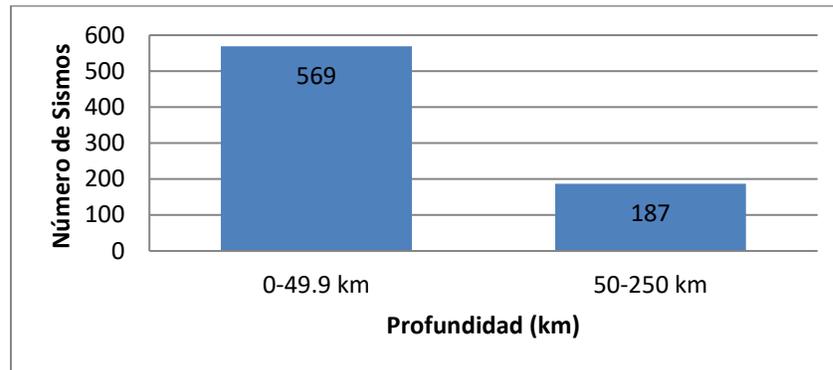
Fuente: El autor a partir de los datos obtenidos de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> y <http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>.

En órdenes de menor cantidad de sismos reportados existen los rangos entre 20 y 29,9 km con 124 registros con un porcentaje del 16,4%, mientras que el rango de profundidad entre 0 y 9,9 km tiene un total de 103 sismos registrados, siendo la tercera en orden de importancia con un porcentaje del 13,62.

En cuanto a las profundidades con menores registros de sismicidad se encuentran los rangos entre los 90 y 99 km, así como el rango entre 150 y 250 km en donde se registraron 6 y 2 sismos respectivamente. Al sumar ambos rangos de profundidad su representatividad dentro del total no supera el 1%.

Es importante mencionar, que la mayor distribución de sismos se encuentra localizados entre las profundidades de 0 a 50 km, ya que al sumar sus diferentes porcentajes alcanzan a tener un 75,2% con un total de 569 registros (Figura 5.41). Este tipo de sismos, se caracterizan como sismos superficiales, asociados con el comportamiento que pueden presentar las diferentes estructuras como es el caso de fallas o el desarrollo de deslizamientos importantes en la zona (Houston, 2015) (Figura 5.41).

**Figura 5.41 Frecuencia acumulada de los sismos registrados en función de la profundidad (Sismos superficiales y sismos profundos).**



Fuente: El autor a partir de los datos obtenidos de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> y <http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>.

Los sismos restantes se encuentran a una profundidad superior a los 50 km con porcentaje del 24,7% que equivale a un total de 187 sismos registrados (Figura 5.41). Este tipo de sismos se denominan sismos profundos y se asocian a los procesos relacionados con la actividad de las placas en este caso Caribe y sus límites con los diferentes bloques cercanos.

En cuanto a un análisis más detallado de la actividad sísmica, es necesario hablar de cada una de las categorías observadas en la Figura 5.39, que hacen parte de las categorías establecidas dentro de la matriz general.

#### **5.1.2.6.1 Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI**

En los sismos reportados dentro del área de trabajo, ninguno de ellos tiene una magnitud superior a los 7,0 MI, ya que los únicos eventos sísmicos reportados se encuentran a unos 200 km, asociados a un nido sísmico que se produce entre Urabá y Panamá. Así mismo, estos reportes corresponden a dos sismos de magnitud 7,3 MI y 7,2 MI que se han generado durante el año de 1974.

De lo anteriormente mencionado, se puede concluir que la frecuencia de esta clase de sismos dentro del área de trabajo es muy baja, aunque en el caso en que se produzca un evento de esta magnitud su grado de afectación en todo el territorio puede ser amplio (Richter, 1935; Gutenberg & Richter, 1956).

#### **5.1.2.6.2 Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI**

A partir de la revisión de los datos históricos dentro del área de trabajo, no se han encontrado reportes de sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI. Es importante mencionar, que los sismos más cercanos al área de trabajo con este tipo características, se encuentran localizados alrededor de unos 200 km al suroccidente del área de trabajo. En cuanto a las características de estos sismos reportados, uno de ellos se originó en el

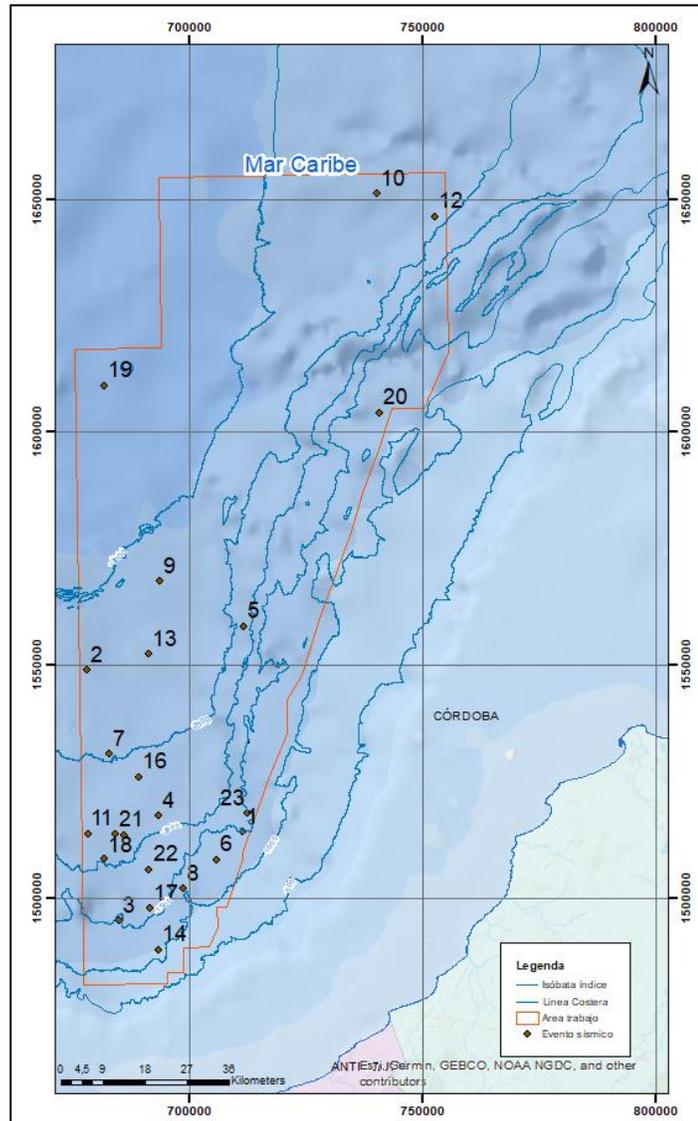
año de 1975 con una magnitud 6,1 MI y una profundidad de 46,4km, mientras que el otro sismo, se produjo en el año de 1985 con una magnitud de 6,3 y una profundidad de 30,2 km.

Se concluye que la aparición de esta clase de sismos dentro de la zona de trabajo es muy baja, aunque su grado de afectación en el momento que se desarrollen puede ser devastado (Richter, 1935; Gutenberg & Richter, 1956).

#### **5.1.2.6.3 Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI**

En esta categoría se han reportado cuatro sismos dentro del área de trabajo localizándose en el sector sur (Figura 5.42). En cuanto a las características de estos sismos cabe mencionar que tres, de ellos se encuentran a una profundidad intermedia entre los 40 y 55 km, así mismo, presentan unas magnitudes entre los 4,5 MI y 4,1 MI, siendo asociadas a movimientos de fallas en profundidad o incluso alguna interacción de placas.

Figura 5.42 Sismos localizados dentro del área de estudio (Anexo 20).



Fuente: el autor.

A diferencia de los sismos anteriores, en el área de estudio se produjo uno a una profundidad de 0 km con una magnitud 4,3 MI siendo considerado como un sismo superficial que se puede asociar a efectos de movimientos de falla o un deslizamiento.

Es importante señalar que esta clase de sismos pueden tener tantos efectos en la superficie del fondo marino a nivel paisajístico o pueden ser agentes generadores de fenómenos de remoción en masa. Por estas razones y por la evidencia de varios sismos dentro del área de estudio se considera que esta clase de sismos representan un nivel de importancia intermedia (Richter, 1935; Gutenberg & Richter, 1956).

#### 5.1.2.6.4 Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI

En esta categoría se han reportado un total de nueve sismos de los cuales dos se presentan en profundidades mayores a los 50 km siendo relacionados con procesos de estructuras internas o por procesos de movimiento de placa, no obstante, el sismo número 13 que presenta una magnitud de 3,0 MI tiene una profundidad de 149,6 km, asociándose a procesos profundos como es el caso de interacciones de placa (Tabla 5.12). El resto de los sismos están localizados entre profundidades de 0 a 40 km y pueden ser causados por movimientos de estructuras geológicas como fallas (Figura 5.42).

**Tabla 5.12 Sismos localizados dentro del área de estudio con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Los números son los eventos localizados en la Figura 5.42.**

Número	Magnitud (MI)	Profundidad (km)
5	3,9	27,4
6	3,8	26,8
7	3,7	0
8	3,7	32,4
9	3,6	40,2
10	3,6	78
11	3,4	23,8
12	3,2	84
13	3,0	149,6

Fuente: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>  
<http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>

#### 5.1.2.6.5 Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI

Para esta categoría, se han obtenido un total de diez sismos, de los cuales cuatro, se generaron en profundidades superiores a los 50 km, así mismo, se asocian a procesos relacionados con estructuras internas como es el caso de fallas o por la interacción de las placas que en ciertos momentos liberan energía (Tabla 5.13). Los otros eventos se han producido entre profundidades de 3,5 a 42,5 km y son ocasionados por movimientos de estructuras geológicas como fallas (Figura 5.42).

**Tabla 5.13 Sismos localizados dentro del área de estudio con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI.**

Número	Magnitud (MI)	Profundidad (km)
15	2,7	62,3
66	2,7	31,2
17	2,6	54,7
18	2,5	24
19	2,5	42,5
20	2,4	80
21	2,3	71,1
22	2,3	3,5

Número	Magnitud (MI)	Profundidad (km)
23	1,9	32,1
24	1,7	29,7

Fuente:<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>;  
<http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>

En relación a los posibles efectos, que esta clase de sismos ocasionarían en el territorio, hay que enfatizar, que debido a su baja magnitud no producirán grandes efectos en las estructuras geológicas presentes, aunque sean los eventos sísmicos con mayor ocurrencia (Richter, 1935; Gutenberg & Richter, 1956).

### 5.1.2.7 Corrientes marinas

Son el movimiento grandes masas de aguas, a través de las grandes cuencas oceánicas, así mismo estas corrientes se ven afectadas por diferentes parametros como es el caso de la temperatura, la salinidad, los vientos, la rotación de la tierra, entre otros. Por estas razones las corrientes marinas se establecen de manera permanente, semi permanente o estacionales (Maury, 1855; Sandström, 1908).

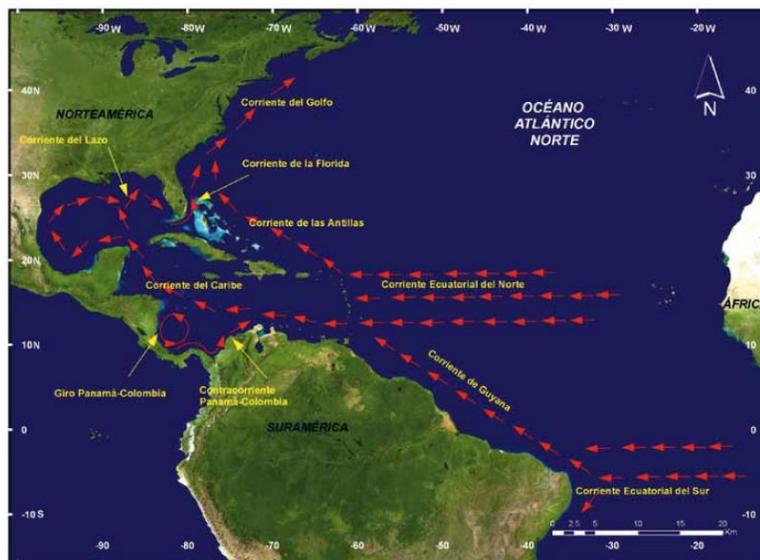
En la región del Caribe se han establecido una serie de corrientes marinas tanto de tipo superficial como de tipo profundo y que tienen una gran incidencia en los procesos que se han producido en este sector.

#### 5.1.2.7.1 Corrientes superficiales

En cuanto al mar Caribe sus corrientes se enmarcan dentro de lo que se conoce como giro del Atlántico Norte, el cual a su vez se conforma por la Corriente del Golfo y la Corriente Ecuatorial del Norte (INVEMAR, 2010). Esta última corriente tiene una dirección este-oeste que proviene desde la costa africana y se deriva hasta las costas de Suramérica, en donde confluye con la Corriente de Guayana, la cual se forma al frente de las costas brasileñas a partir de la división de la Corriente Ecuatorial Sur, direccionándose estas dos corrientes principales hacia el mar Caribe, que a su vez al entrar en los límites del mar Caribe está corriente se divide en la Corriente del Caribe y la Corriente de las Antillas (Gordon, 1967; Molinari *et al.*, 1981; Roemmich, 1981; INVEMAR, 2010) (Figura 5.43).

La Corriente Caribe desplaza a su vez grandes volúmenes de agua a través del mar Caribe hasta llegar al canal de Yucatán que es la vía de conexión con el Golfo de México y lugar donde se conecta con la Corriente de las Antillas para llegar a la Corriente del Golfo, la cual es una corriente compuesta de aguas cálidas y que tiene una dirección suroeste noreste hasta llegar al océano del Atlántico Norte (Gordon, 1967; Molinari *et al.*, 1981; Roemmich, 1981; INVEMAR, 2010) (Figura 5.43).

Figura 5.43 Sistema general de corrientes marinas superficiales para el mar Caribe.



Fuente: INVEMAR, (2010).

El comportamiento circulatorio del mar Caribe, se basa por la entrada y salida de agua, a través de varios pasajes localizados en el arco de las Antillas, que se observa entre Suramérica y Cuba, así mismo, las Antillas Menores, generan una especie de barrera que impide el intercambio de aguas procedentes del Océano Atlántico, ya que solo pueden acceder las aguas superiores e intermedias transportadas por las corrientes de Guayana y Ecuatorial del Norte. Al cruzar, por estas barreras de arcos de islas la velocidad en que estas corrientes atraviesan estas zonas es relativamente alta (Figura 5.43) (Roemmich, 1981; Johns *et al.*, 2002; INVEMAR, 2010).

En el contexto local, el mar Caribe colombiano presenta la Corriente del Caribe, la Contracorriente Panamá- Colombia y la Corriente profundidad del Caribe (Andrade *et al.*, 2003). La primera de ellas se desarrolla de manera importante en los sectores de la Sierra Nevada de Santa Marta y en La Guajira, unida con la presencia de vientos alisios, y unida con la dirección nororiente-suroccidente de la línea costera propicia la generación de áreas de surgencia de aguas superficiales (Pujos *et al.*, 1986; Corpes, 1992; Andrade *et al.*, 2003). El comportamiento de esta corriente, es muy variable y conlleva el desarrollo de remolinos que giran de manera ciclónica y anticiclónica, así mismo sus dimensiones varían entre decenas de kilómetros y los 300 km de extensión (Andrade & Barton, 2000).

Estudios más recientes señalan, que esta corriente ejerce una gran influencia sobre las aguas superficiales de la Cuenca Colombia (Rangel *et al.*, 2015), ya que transporta el 60% de las aguas que derivan en el mar Caimán y un 40%, se recircula hacia el Caribe suroccidental.

En la región sur del mar Caribe Colombiano en donde se encuentra el área de trabajo las corrientes que dominan la circulación marina son el Giro Panamá-Colombia, la

Contracorriente Panamá-Colombia y la Corriente Profunda del Caribe (Andrade *et al.*, 2003).

Precisamente, Mooers & Gao (1998) afirma que la Cuenca Colombia está sujeta a la dinámica que produce el giro Panamá-Colombia, el cual tiene un movimiento de carácter ciclónico que va orientado en contrasentido a las manecillas del reloj y que a partir de este flujo se desprende la Contracorriente Panamá- Colombia, la cual es una corriente superficial que presenta una dirección de flujo noroeste sureste, sin embargo la intensidad de la corriente varía dependiendo de la época del año, ya que en la época seca se percibe este fenómeno desde el golfo del Darién hasta la región en donde desemboca el río Magdalena. En la época de lluvia su efecto sobre la región marina del Caribe colombiano, aumenta a raíz de la disminución de los vientos Alisios, dando como resultado que esta corriente llegue incluso hasta la península de La Guajira (INVEMAR, 2010).

La tercera corriente en orden de importancia es la Corriente Profunda del Caribe, la cual se comporta de manera similar a la Corriente Caribe, en cuanto a sus direcciones de flujo, sin embargo, se diferencian entre sí, ya que la primera presenta una intensidad de flujo mucho menor, dando como resultado que esta corriente tenga patrones de movimientos lentos (Andrade, 2001).

#### **5.1.2.7.2 Corriente turbidítica**

Son todos los flujos gravitatorios de sedimentos, ya sean de carácter turbulento o pasivo que incluyen los flujos newtonianos y los flujos no, enmarcados dentro de esta categoría (Mutti *et al.*, 1999). Es importante mencionar, que los flujos gravitatorios de sedimentos son todos aquellos flujos, en los cuales el motor fundamental lo constituye la fuerza de la gravedad actuando sobre los sedimentos y donde el agua intersticial actúa como un lubricante facilitando el movimiento del mismo (Middleton & Hampton, 1973).

Los primeros trabajos realizados acerca de este objeto de estudio se dan, a partir por problemas generados en la construcción de cables submarinos en diferentes partes del mundo, el primer caso, en documentarse esta registrado en el río Congo donde sus frecuentes crecidas dañaron una serie de cables creando un interés en el comportamiento de estas dinámicas en profundidad (Heezen *et al.*, 1964). Otro de los primeros casos de estudio reconocidos a nivel mundo es el señalado como Grand Banks, el cual fue un terremoto de importante magnitud, localizado en la región marina oriental de Canadá en el año de 1929 y originó a su vez un evento principal de tsunami y su vez en el fondo marino una serie de corrientes turbidíticas, que ocasionaron la distribución de diversos cables submarinos, se ha registrado que su impacto en el sustrato se dio al menos en un radio de 560 km al sur del evento, ya que se constató con registros de perforación en donde se caracterizó una capa de 1 m de espesor compuesta de material de limo y estaría siendo asociada con el evento (Heezen & Ewing, 1952).

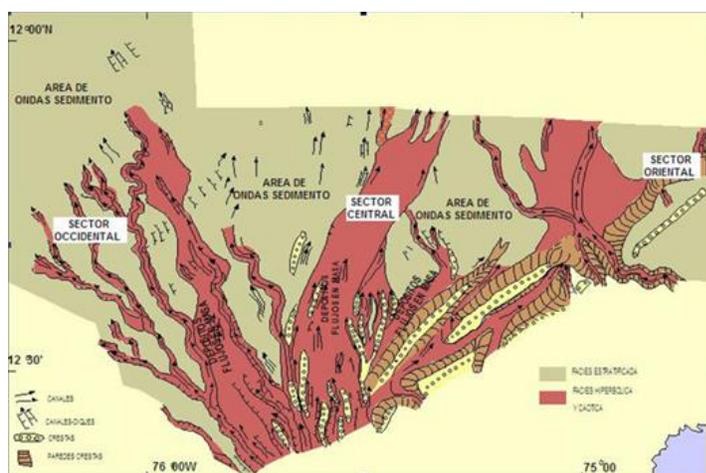
En el mar Caribe colombiano se presenta un caso muy reconocido de corrientes de turbidez, relacionado con la dinámica marina que presenta la corriente del río Magdalena, el cual tiene como nombre el Sistema Turbidítico del Magdalena (Ercilla *et al.*, 2000). Este

sistema de corrientes turbidíticas ha sido ampliamente estudiado, a partir de los años 50 debido a la implementación de cables submarinos en esta región del Caribe, por motivos de conectividad. No obstante, en la construcción de estas estructuras se presentaron varios inconvenientes que en su momento no tenían una explicación y que comenzaron a ser estudiadas por Heezen, quien publicó dos trabajos, el primero denominado Corrientes de Turbidez del Río Magdalena en el año de 1956 y el segundo se publicó en el año de 1968 con el nombre de Magdalena turbidites in deep –sea sediments. Ambos trabajos dieron los primeros acercamientos acerca de las características que presentan estas series de procesos en este sector y sus posibles implicaciones.

Actualmente, lo que se conoce sobre el Sistema Turbidítico del Magdalena es que exhiben una serie de depósitos con la carga sedimentaria que se transporta desde el sector continental, produciendo cambios en esta serie de depósitos, si se generan cambios en la dinámica continental del río Magdalena (Heezen *et al.*, 1964; Mutti *et al.*, 1996).

Los procesos de sedimentación que se realizan en este sector Ercilla *et al.*, (2000) señala que, este sistema turbidítico alimenta un gran abanico submarino, que actualmente presenta una importante actividad sedimentaria puesto que se realizan diferentes pulsos de sedimentos que se han suscitado en diferentes lapsos de tiempo. Esta clase de procesos sedimentarios están asociados a procesos flujo-gravitacionales, que a su vez se han caracterizado en flujos en masa, flujos turbidíticos y deslizamientos (Figura 5.44).

**Figura 5.44 Distribución de los diferentes tipos de depósitos que se han producido dentro del Abanico Submarino del Río Magdalena.**



Fuente: Ercilla *et al.*, (2000).

Es importante mencionar que tanto los flujos turbidíticos y los flujos de masa, se producen dentro de las paredes de las cárcavas, así como a lo largo de los cañones submarinos ocasionando, un aumento en su frente de erosión que a su vez profundiza de estas estructuras (Ercilla *et al.*, 2000). Esta serie de flujos a su vez, se depositan en las diferentes zonas bajas que en este caso están conformadas por subcuencas que se encuentra

confinadas en el medio de algunas elevaciones, dando como resultado que estos flujos al depositarse formen una serie de cuerpos lenticulares.

En otras ocasiones cuando estos flujos en masa cuando la actividad procedente del río Magdalena es tan elevada que ocasiona una serie de depósitos de tipo radial que recubren grandes áreas del Talud Caribaná e incluso de la Cuenca Colombia (Figura 5.44) (Ercilla *et al.*, 2000). No obstante, la actividad hídrica del río en la parte marina no es la única fuente para el desarrollo de estos flujos de masa, ya que otro factor importante es la morfología del talud, presentando una serie pendientes entre los 3 y 15° que tienden a facilitar la generación de estos flujos; por último, pero no menos importante para la generación de los mismos, es la actividad sísmica que se produce en la zona (Ercilla *et al.*, 2000).

En cuanto a los procesos generados por corrientes de fondo, se han observado la formación de campos de ondas de sedimentos, que se desarrollan a lo largo de las partes elevadas de las colinas abisales que hacen parte del talud o en las zonas abisales pertenecientes a la Cuenca Colombia y que tienden a ser sectores, en donde la corriente presenta menor velocidad, sin embargo, sus afectaciones se observan en grandes áreas de este sector marino (Ercilla *et al.*, 2000) (Figura 5.44).

En el área de trabajo, se observa que el sector septentrional hay un marcado desarrollo del sector occidental del Sistema Turbidítico del Río Magdalena, ya que se observa la presencia tanto de canales submarinos, como de algunos depósitos que presentan una textura diferente con respecto a los sedimentos característicos de la llanura abisal. Sin embargo, este sistema turbidítico se encuentra en una zona distal con respecto a la fuente principal, ocasionando que la granulometría de estos depósitos sea de carácter más fino con respecto a los sedimentos observados en el trabajo de Ercilla *et al.*, (2000).

En el sector occidental del área de influencia, se observa en algunas partes el desarrollo de campos de sedimentos que están asociados a las corrientes de fondo que van cambiando la superficie del fondo marino, no obstante, en la misma zona se han encontrado parches que estarían asociada a una sedimentación de mayor energía que proviene de un monocanal submarino de amplio recorrido que se encuentra relacionado con la posible actividad del río Mulatos. En esta serie de parches se observan remanentes de canal, que han ido cubriéndose por los pulsos de sedimentación que proceden de los flujos de masa o de flujos turbidíticos.

En el sector sur y en mayor proporción el sector suroccidental, se observan los depósitos asociados al flujo que produce el monocanal que se asocia con la corriente que proviene del río Mulatos, así mismo se encuentran una serie de sedimentos que se han depositado en forma de abanico submarino que a su vez se distinguen una serie de flujos de masa que han ido erosionando a su vez una serie de antiguos canales así como una serie de colinas abisales que se han formado en esta parte de la zona de estudio.

En la parte oriental se han producido una serie de canales y cañones submarinos por donde transitan corrientes, que han ido erosionando algunas colinas abisales, así mismo

esta serie de flujos depositan sus materiales en los valles submarinos, que se encuentran en medio de las diferentes colinas abisales. Esta serie de flujos también pueden estar relacionados con algunos desprendimientos o deslizamientos que se han formado en esta parte de la zona de estudio, debido a su permanente acción sobre las colinas lo que produce caídas de material, que a su vez desencadenan en otros procesos de flujos de masa y flujos turbidíticos (Figura 5.44).

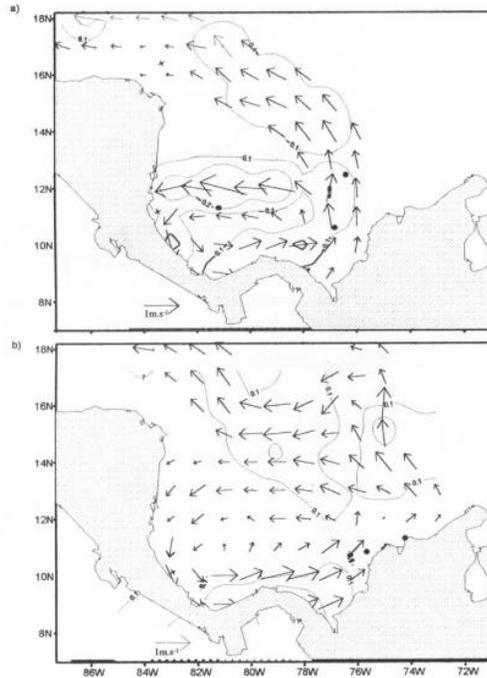
#### **5.1.2.7.3 Tendencia e Inversión de las Dinámicas de las Corrientes Marinas**

Como se ha explicado en los títulos anteriores, el mar Caribe presenta una gran actividad en cuanto a la movilidad de sus aguas, ya que transitan diferentes corrientes marinas tanto en superficie como en profundidad. Sin embargo, estas corrientes de tipo superficial pueden alterarse ya que varían de dirección o disminuyen su intensidad dependiendo de los vientos, los cuales a su vez cambian dependiendo de la época del año (Andrade, 2001; INVEMAR, 2010).

Los vientos Alisios llegan desde el oriente y nororiente, produciendo un impacto en las corrientes superficiales, siendo un motor que imprime fuerza por unidad de área en la superficie marina, determinando los movimientos en las masas de aguas someras hasta aguas intermedias, ya que se ha determinado que su impacto se produce hasta los 300 m de profundidad (Gordon, 1967; Herrera *et al.*, 1980).

Esta serie de vientos afectan las dos corrientes principales, que se generan en el sector suroccidental del Caribe denominadas el Giro Panamá-Colombia y la Contracorriente Panamá-Colombia, produciendo en la época seca que esta contracorriente se extienda desde el golfo del Darién hasta la desembocadura del río Magdalena, mientras que en la época de lluvias su efecto aumenta hasta notarse sobre la Península de la Guajira (Figura 5.45) (Pujos *et al.*, 1986; Corpes, 1992; Andrade & Barton, 2000; Bernal *et al.*, 2006; INVEMAR, 2010).

Figura 5.45 Disposición de las corrientes superficiales para el Caribe suroccidental para diferentes épocas del año. A) Agosto a Diciembre, B) Julio a Noviembre.



Fuentes: Andrade (2001).

#### 5.1.2.7.4 Zonas con Corrientes de baja intensidad

Como se ha analizado en los títulos anteriores el mar Caribe presenta una gran dinámica debido a las diferentes corrientes marinas que circulan en la región, por lo cual no se han documentado áreas en donde existan corrientes muy con baja intensidad.

En cuanto a las corrientes profundas se conoce la existencia de la Corriente Profunda del Caribe, la cual presenta menores velocidades registradas con las corrientes superficiales, ya que a partir de los 200 m de profundidad existe un descenso importante con valores que no superan los 10 m/s (AECOM & ANADARKO, 2015). Sin embargo, estos valores pueden verse afectados por las corrientes turbidíticas que circulan a lo largo de la zona del presente estudio y se asocian con la dinámica en profundidad de los ríos Magdalena y Mulatos (Ercilla *et al.*, 2000).

#### 5.1.2.8 Modelamiento de paisaje

Es el resultado de la interacción de los procesos de transporte, erosión y depositación en la superficie del fondo marino, así como la repercusión de los mismos en las diferentes geoformas del paisaje que serán importantes, a su vez para la conformación en conjunto del paisaje tanto local como regional (Harris, 2012).

En el caso del presente estudio se han evaluado una serie de cuatro aspectos que se han denominado como Densidad de elementos paisajísticos, Intensidad del Modelamiento del Paisaje, Alteración Estructural en el Paisaje y Efectos de los Cambios de la Zona Litoral en el territorio.

Las unidades de paisaje que se han tomado para efectos del presente trabajos se encuentran caracterizadas desde el punto de vista geomorfológico, por lo cual las unidades de paisaje son las unidades que están mencionadas, en el capítulo de factores en el subgrupo de geomorfología que a su vez hace parte del componente paisajístico.

#### 5.1.2.8.1 Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)

A partir de la caracterización de las unidades geomorfológicas dentro del área de trabajo se realizó un análisis que permita entender la importancia de cada de estas unidades dentro del territorio (Figura 5.15). Es por esta razón, que en la Tabla 5.14, se disponen tanto las unidades geomorfológicas como su extensión en km<sup>2</sup> y su porcentaje equivalente dentro del área de trabajo (Tabla 5.14).

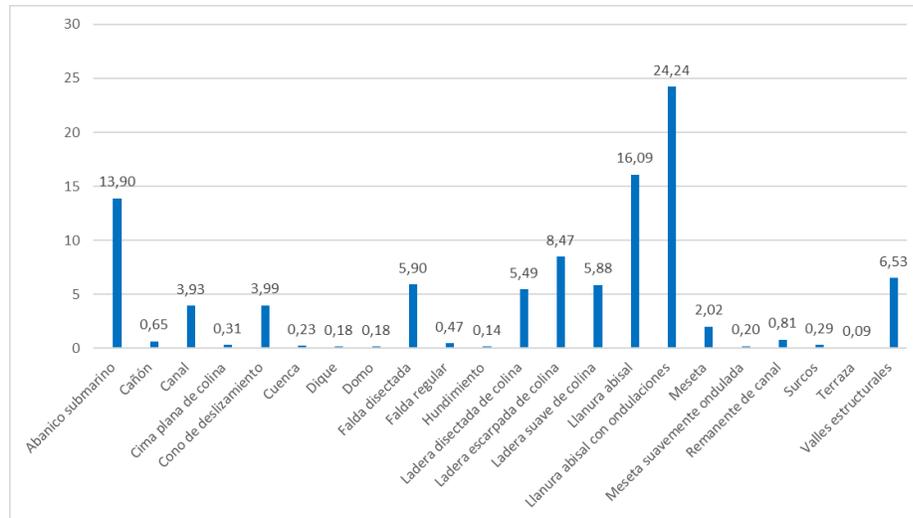
**Tabla 5.14 Unidades geomorfológicas del área de trabajo.**

Unidad geomorfológica	Área km	Porcentajes	Número de elementos
Abanico submarino	1.247,66	13,90	7
Cañón	58,32	0,65	8
Canal	352,42	3,93	10
Cima plana de colina	27,96	0,31	10
Cono de deslizamiento	358,02	3,99	60
Cuenca	20,45	0,23	5
Dique	16,26	0,18	15
Domo	16,25	0,18	47
Falda disectada	529,71	5,90	21
Falda regular	42,14	0,47	17
Hundimiento	12,72	0,14	31
Ladera disectada de colina	492,40	5,49	23
Ladera escarpada de colina	760,45	8,47	87
Ladera suave de colina	527,91	5,88	52
Llanura abisal	1.444,23	16,09	1
Llanura abisal con ondulaciones	2.175,61	24,24	12
Meseta	180,95	2,02	3
Meseta suavemente ondulada	18,28	0,20	1
Remanente de canal	72,24	0,81	114

Unidad geomorfológica	Área km	Porcentajes	Número de elementos
<b>Surcos</b>	25,99	0,29	116
<b>Terraza</b>	8,20	0,09	4
<b>Valles estructurales</b>	586,24	6,53	7
<b>Total, general</b>	8.974,44	<b>100</b>	<b>651</b>

Fuente: El autor.

**Figura 5.46 Porcentaje de las diferentes unidades dentro del área de estudio.**



Fuente: El autor.

Según la Tabla 5.14 y la Figura 5.46, las unidades más representativas dentro de la zona de trabajo son la llanura abisal con ondulaciones, la llanura abisal, así como el abanico submarino, ya que cuentan con una extensión de 2.175,61 km<sup>2</sup>, 1.444,23 km<sup>2</sup> y 1.247,66 km<sup>2</sup> respectivamente y sumados sus valores de extensión ocupan un total de 4.867,50 km<sup>2</sup> lo que equivale a un porcentaje del 54,23% del área. La distribución espacial de estas unidades se encuentra restringida al sector occidental del área de estudio, en donde se observan grandes extensiones con pendientes suaves a moderadamente suaves en donde se depositan los diferentes materiales que proceden tanto del río Magdalena para el sector septentrional como el río Mulatos para el sector suroccidental.

A estas unidades de importante representatividad le siguen cinco unidades conocidas como ladera escarpada de colina, valles estructurales, falda disectada, ladera suave de colina, y ladera disectada de colina, las cuales ocupan 760,45 km<sup>2</sup>, 586,24 km<sup>2</sup>, 529,71 km<sup>2</sup>, 527,91 km<sup>2</sup> y 492,4 km<sup>2</sup> respectivamente, así mismo la sumatoria de estas áreas equivalen a una extensión de 2.896,13 km<sup>2</sup> que a su vez les corresponden un porcentaje del 32,27% (Tabla 5.14) (Figura 5.46). Estas unidades se encuentran localizadas principalmente en el sector oriental del área de estudio, siendo las unidades de las cuales se componen las colinas abisales que a su vez hacen parte del paisaje que hace parte del Talud Caribaná. Es importante mencionar, que en estas unidades se producen gran variedad de procesos de tipo erosivo que están relacionados con diversos factores de tipo estructural, actividad

sísmica, procesos de corrientes y corrientes de fondo entre otros procesos descritos en los diferentes numerales del presente estudio.

El resto de unidades dispuestas dentro del área de estudio presentan una baja representatividad, ya que al sumar el porcentaje de cada una de las 14 unidades restantes su valor no supera el 13%, que a su vez en términos de extensión areal equivale a unos 1.210,22 km<sup>2</sup> (Tabla 5.14) (Figura 5.46). Así mismo, esta serie de unidades se encuentran ampliamente distribuidas dentro de la zona de trabajo, ya que el origen de las mismas es ampliamente diverso.

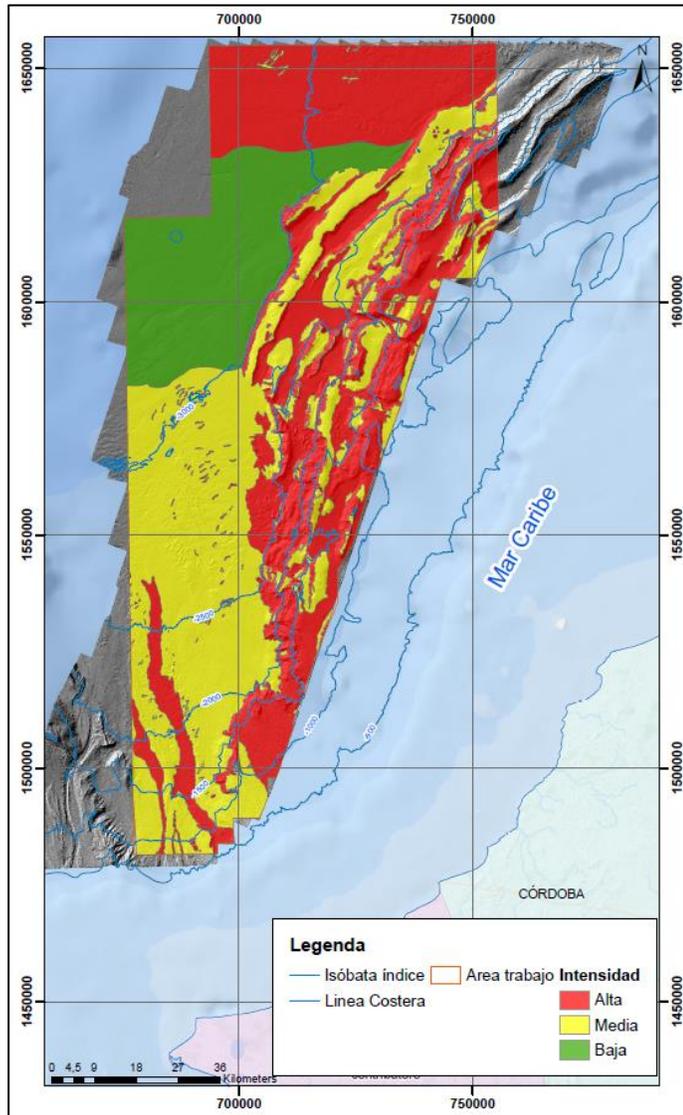
En términos generales al analizar la disposición de todas las unidades de paisaje dentro del área de trabajo se concluye que en el sector oriental se presenta una mayor densidad de unidades, producto de la variabilidad morfológica del territorio que se expresa en la formación de las diferentes colinas abisales, valles estructurales, canales submarinos, conos de deslizamiento, domos entre otros, que se ven afectados por los diferentes procesos que ocurren en la superficie. A diferencia del sector oriental el occidental se compone de morfologías suaves producto de una amplia planicie abisal, de la cual a su vez se compone de algunas llanuras abisales como de abanicos submarinos, dando como resultado unidades de paisaje con grandes extensiones siendo un territorio menos variabilidad paisajística (Figura 5.15).

#### **5.1.2.8.2 Intensidad del Modelamiento del Paisaje**

Se analiza el paisaje del fondo marino en función de la dinámica y los cambios que se generan sobre las diferentes unidades que se encuentran dentro del área de trabajo. La intensidad del modelamiento, está dada en función de las características inherentes de cada unidad paisajística como es el caso de pendientes, formas, estructuras, así como el origen de las mismas y su relación con los diferentes procesos que ocurren en el área, como es el caso de las diferentes corrientes, la actividad sísmica, el desarrollo del diapirismo, la actividad tectónica y fenómenos de remoción en masa.

Es por esta razón que se han organizado las diferentes unidades geomorfológicas en tres categorías principales denominadas como Alta, Media y Baja, las cuales a su vez están definidas a partir del grado de intensidad que presente cada una de ellas dentro del territorio. Esta categorización permitió conformar un mapa indicando cuales son las áreas con los mayores cambios paisajísticos dentro del territorio (Figura 5.47).

Figura 5.47 Intensidad de modelamiento del paisaje dentro del área de influencia (Anexo ).



Fuente: El autor.

En la Figura 5.47, se reconocen de color rojo los abanicos submarinos, las laderas escarpadas de colina, las laderas disectadas de colina, los canales, los cañones, los conos de deslizamiento, las cuencas de sedimentación, los diques, los domos, los hundimientos, los surcos y los valles estructurales, como unidades de paisaje con una intensidad de modelamiento de elevada a partir de diferentes efectos que se producen en ellas, por tal motivo se realizó en la Tabla 5.15 una descripción de las características de cada una de estas unidades con el objetivo de explicar su nivel de intensidad de modelamiento dentro del territorio.

Las áreas amarillas en la Figura 5.47 corresponden a las cimas planas de colina, faldas disectadas, faldas regulares, llanuras abisales con ondulaciones, laderas suaves de colina,

mesetas, mesetas suavemente onduladas, remanentes de canal, mesetas suavemente onduladas y terrazas, como unidades de paisaje con una moderada intensidad de modelamiento. En la Tabla 5.15 se explican las características que permitieron clasificar estas unidades dentro de esta categoría.

En cuanto al área de color verde se encuentra caracterizado por la unidad de paisaje conocida como llanura abisal y su calificación se da a partir de las características descritas en la Tabla 5.15.

**Tabla 5.15 Unidades de paisaje en función de la intensidad de modelamiento para la zona de trabajo.**

<b>Intensidad</b>	<b>Unidades de Paisaje</b>	<b>Características</b>
<b>Alta</b>	Ladera escarpada de colina	Esta unidad presenta una intensidad elevada debido a que presenta importantes pendientes en donde se producen fenómenos de remoción en masa, así como una importante afectación ya sea por los corrientes submarinos, como las corrientes turbidíticas. Igual manera, también puede verse afectada esta unidad por la generación de sismos lo que a su vez desencadenaría en la desestabilización del talud.
	Valles estructurales	Los valles estructurales tienen una intensidad elevada del paisaje ya que son áreas en donde se presenta un elevado tránsito de sedimentos ya que son los sitios de descarga de canales y cañones submarinas. En estas áreas son los lugares de descarga de los diferentes fenómenos de remoción en masa procedentes de las laderas cercanas.
	Ladera disectada de colina	La ladera disectada tiene una intensidad elevada en vista que presenta importantes pendientes en donde se producen fenómenos de remoción en masa, así como una importante afectación ya sea por las corrientes submarinas, como las corrientes turbidíticas. Así mismo, también puede verse afectada esta unidad por la generación de sismos lo que a su vez desencadenaría en la desestabilización del talud.
	Canal	Los canales submarinos se consideran como una unidad de paisaje con una elevada intensidad de modelamiento debido a su gran dinámica que está relacionada con los posibles cambios en las corrientes submarinas creando a su vez cambios en la carga sedimentaria que afecta tanto los lugares de descarga como de depositación.
	Cono de deslizamiento	Esta unidad tiene una elevada intensidad de paisaje ya que son geoformas producidos por los deslizamientos, siendo considerados estos conos como fenómenos recientes de material poco consolidado que tienden a ser disgregados por las corrientes submarinas que se establecen en la zona de estudio.
	Cañón	Los cañones submarinos tienen una intensidad elevada de modelamiento de paisaje ya que presentan una gran dinámica que se relaciona con las corrientes submarinas de gran energía ya que permiten atravesar las colinas abisales generando a su vez procesos de fenómenos de remoción en masa a lo largo del cañón, del mismo modo estas unidades pueden aumentar o no su influencia en el

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intensidad	Unidades de Paisaje	Características
		territorio por los procesos generados en sectores más cercanos a la costa en este en caso específico el Sistema del Abanico Submarino del río Magdalena el cual genera importantes corrientes turbidíticas que llevan sedimentos desde la costa que inclusive pueden depositarse en la llanura abisal.
	Surcos	Es una unidad asociada con los procesos de fondo en este caso con corrientes submarinas que generan alteraciones lineales en la superficie. Se consideran con una intensidad de modelamiento de paisaje elevado debido a que se forma de manera estacional y cambiante, ya que está condicionada con la dinámica de fondo que a su vez produce que esta unidad se erosione con facilidad cambiando rápidamente la configuración paisajística del territorio.
	Cuenca de sedimentación	Esta unidad tiene una elevada modelación del paisaje ya que en estas áreas se depositan grandes cantidades de sedimento que a su vez van la extensión como la superficie cambiando la disposición paisajística del territorio.
	Dique	Esta unidad presenta una elevada intensidad de modelamiento de paisaje en vista a que se asocia a los procesos de sedimentarios que se relacionan a su vez a los cambios que se producen a lo largo de los canales submarinos, por ende, es una unidad que puede tanto generarse o erosionarse a partir del cambio en el régimen de corrientes que cambian a la disposición de los canales en el territorio.
	Domo	Esta unidad tiene una elevada intensidad de modelamiento debido a que es afectada tanto por procesos internos en este caso el desarrollo de fallas, pliegues o fracturas que son necesarias para su desarrollo, pero también pueden generar colapsamiento de esta estructura en superficie. En cuanto a los procesos externos esta unidad puede verse afectada por las corrientes submarinas ya que por composición la mayoría de estas unidades se componen de lodos haciéndolas susceptibles a la erosión. Otro elemento que hace que esta unidad tenga una intensidad de modelamiento de paisaje es la actividad sísmica, ya que eventos sísmicos importantes pueden ocasionar colapsamientos en la estructura interna de esta unidad.
	Hundimientos	Son depresiones locales, así como pequeñas del fondo marino que presentan diversos orígenes, ya que son por acumulación de gases, efectos químicos de disolución de estratos internos o por el desarrollo de procesos en la superficie de carácter abrasivo sobre el sustrato. Debido a sus diversos orígenes se les considera a los hundimientos como una unidad que presenta una alta intensidad de modelación del paisaje ya que pueden ser fácilmente alterados tanto por procesos externos como es el caso de procesos de depositación y en el caso de los procesos internos se alteran fácilmente por la actividad de fallas que producen una alteración en las presiones internas generando colapsamientos en la unidad.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intensidad	Unidades de Paisaje	Características
	Abanico submarino	Los abanicos submarinos presentan una intensidad elevada en el modelamiento del paisaje, ya que causan cambios en el paisaje de la llanura abisal a razón de la gran cantidad de depósitos que generan cambios en la morfología suave de estas zonas llanas. Los abanicos se encuentran asociados al desarrollo de canales que tienen una gran dinámica que obedece a los diferentes patrones que se generan en los sectores proximales del abanico submarino. Ambas unidades producen cambios en las unidades de paisaje más antiguas cambiando la configuración del paisaje.
<b>Media</b>	Llanura abisal con ondulaciones	Se considera la llanura abisal con ondulaciones con una intensidad de paisaje moderada debido a que presenta una serie de marcas de ondulaciones producto de las corrientes turbidíticas que son indicadores de una constante alteración en el paisaje del fondo marino.
	Ladera suave de colina	Las laderas moderadas tienen una intensidad elevada en vista que presentan pendientes intermedias en donde se producen algunos fenómenos de remoción en masa. En estas unidades de paisaje también se generan una serie de afectaciones por las corrientes submarinas que van erosionando y modelando de manera gradual esta unidad. Otra acción que genera una afectación sobre las laderas moderadas son los eventos sísmicos que a su desencadenarían en la desestabilización del talud.
	Falda disectada	Las faldas disectadas son las zonas de transición entre las partes llanas y los diferentes tipos de laderas que se disponen dentro del área de estudio, siendo lugares de tránsito de procesos que se suscitan en las laderas como es el caso de fenómenos de remoción generando en estas faldas que se deposite parte del material removido cambiando su disposición en la superficie. Otra acción que afecta este tipo de unidades son los eventos sísmicos ya que pueden desestabilizar tanto su estructura como el talud de las laderas proximales que provocan a fenómenos de remoción en masa.
	Meseta	Esta unidad presenta un desgaste importante por las corrientes submarinas que han ido erosionando la parte superior de la colina, sin embargo, en la actualidad no se han observado grandes cambios en la geoforma de la unidad por lo que se consideró con una intensidad de modelamiento intermedio.
	Remanente de canal	Los remanentes de canal se le considera como una unidad de paisaje que presenta una intensidad de modelamiento intermedia ya que son los brazos abandonados de los canales submarinos, siendo considerados áreas en donde no existe una acción permanente de la corriente de fondo, no obstante, en ciertos lapsos de tiempo estos remanentes de canal pueden volverse activar generando procesos erosivos.
	Falda regular	Son las zonas de transición entre las partes llanas y los diferentes tipos de laderas que se disponen dentro del área de estudio, siendo lugares de tránsito de procesos que se suscitan en las laderas como es el caso de fenómenos de

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intensidad	Unidades de Paisaje	Características
		remoción generando en estas faldas que se deposite parte del material removido cambiando su disposición en la superficie. Otra acción que afecta este tipo de unidades son los eventos sísmicos ya que pueden desestabilizar tanto su estructura como el talud de las laderas proximales que provocan a fenómenos de remoción en masa. En términos de intensidad de modelamiento de paisaje tiene efectos similares en los dos tipos de faldas estudiadas.
	Cima plana de colina	La cima plana de colina tiene un desgaste importante por las corrientes submarinas que han ido erosionando la parte superior de la colina, sin embargo, en la actualidad no se han observado grandes cambios en la geoforma de la unidad por lo que se consideró con una intensidad de modelamiento intermedio. La exposición areal de esta unidad a la erosión en términos generales es menor a la expuesta por las diferentes mesetas.
	Meseta suavemente ondulada	Esta unidad presenta un desgaste importante por las corrientes submarinas que han ido erosionando la parte superior de la colina, sin embargo, en la actualidad se han observado algunos cambios en la geoforma ya que en su superficie se observan ondulaciones a partir del efecto de la corriente, no obstante esta característica no ha producido grandes cambios en la configuración paisajística de la unidad dentro del territorio por lo que se le consideró con una intensidad de modelamiento de paisaje intermedio.
	Terraza	Son acumulaciones de materiales como gravas, arenas y limos que se forman a lo largo de los canales y en algunos de los cañones casos cañones, no necesariamente continuas ya que presentan disectaciones en sus tramos. Esta unidad presenta algunos cambios dependiendo de la dinámica que se genere en los canales circundantes, sin embargo, estas variaciones no representan una alteración importante por lo que se le consideró como una unidad con una intensidad de modelación de tipo intermedia para el área de estudio.
<b>Baja</b>	Llanura abisal	Se considera la Llanura abisal con una intensidad de paisaje baja debido a que no presenta grandes variaciones a partir de procesos de externos por lo que se considera como una zona relativamente estable.

Fuente: El autor.

En conclusión, el área de estudio se encuentra distribuido con un 43,86 % para una intensidad de modelamiento alta, un 39,97 % con una intensidad de modelamiento intermedia y finalmente se encuentra la intensidad de modelamiento baja con 16,16%.

### 5.1.2.8.3 Alteración estructural del paisaje

Se analizan los efectos que se han producido en el territorio a partir de la dinámica del subsuelo (procesos comprensionales y distensionales, teniendo en cuenta que en algunos de ellos puedan generar cambios en la configuración paisajística del territorio.

Es por esta razón, que se analizan los elementos estructurales que se han reportado dentro del área de estudio en función de sus implicaciones dentro de la evolución paisajística del área de trabajo.

Uno de los procesos estructurales de impacto dentro del área de trabajo es el desarrollo de las deformaciones que han dado como resultado la formación de pliegues que han sido el resultado del esfuerzo, que se produce por la interacción entre las placas Caribe y Suramericana produciendo en la superficie del fondo marino en el sector oriental del área de estudio la manifestación de una serie de colinas abisales así como en el medio de estas unidades de paisaje el desarrollo de valles estructurales.

Otro efecto relacionado con procesos estructurales el desarrollo de las fallas y en menor medida las diaclasas, las cuales son agentes que propician el desarrollo de algunos conos de deslizamientos que se encuentran dispuestos a lo largo de la zona oriental cambiando la configuración paisajística en algunos sectores de las colinas abisales.

La presencia de domos y hundimientos que se encuentran asociados a los efectos compresionales de carácter regional, asociado a un fracturamiento de similar connotación dando como resultado la ascensión de fluidos y gases que producen a su vez la generación de domos de carácter diapírico así como hundimientos de tipo pockmark. Es importante mencionar que la aparición de estas unidades cambia la relación de los componentes paisajísticos en este sector, ya que, al desarrollarse en una etapa posterior a la formación de la colinas y valles estructurales, generan cambios en la disposición de las unidades en el territorio.

#### **5.1.2.8.4 Cambios de la zona litoral**

Esta acción tiene como objetivo evaluar la incidencia de los procesos que se generan en el sector litoral del mar Caribe colombiano sobre el área de trabajo, que se encuentran a unos 75 km con respecto a la costa, ya que existen algunos procesos de carácter periódico como por ejemplo fenómenos climáticos importantes que pueden alterar los patrones de sedimentación de los ríos que desembocan en el mar Caribe, ya que en las épocas de lluvias con largos periodos de duración la carga sedimentaria que se dirige a las distintas desembocaduras aumenta, produciendo a su vez la formación canales y abanicos submarinos de mayores tamaños a los anteriores.

Otro cambio en la configuración de la línea de costa se da a partir de las glaciaciones, ya que durante estos periodos de tiempo se generan cambios globales en el nivel del mar, dando como resultado durante una época de fuerte glaciación que la línea de costa retroceda generando cambios en la dinámica de sedimentación sobre la costa, ya que cambian los patrones de depositación, así como de depositación.

Un tercer cambio que puede afectar la disposición de la zona litoral está relacionado con los procesos estructurales que se generan tanto en el territorio continental como en el sector marino dando como resultado que existan cambios importantes tanto en la configuración paleográfica como en la dinámica de los procesos preexistentes en la zona.

En la zona de influencia del bloque y en la particular en el noreste del territorio, se reconoce el Abanico Submarino del río Magdalena, el cual manifiesta en su morfología diferentes etapas de formación que se han generado durante los últimos 5 Ma (Hay *et al.*, 1988; Bordine, 1974; Duque-Caro, 1984). Los cambios comenzaron a partir del Mioceno tardío e inicios del Plioceno, sin embargo, sus características en superficie han sido cubiertas por etapas de sedimentación posteriores (Figura 5.48) (Romero-Otero *et al.*, 2015).

Durante el Pleistoceno temprano la desembocadura del río Magdalena se localiza en un sitio cercano a Puerto Colombia generando una serie de depósitos vinculados a unos sistemas complejos de canales y diques (Romero-Otero *et al.*, 2015). Es importante mencionar que esta es la etapa más antigua del abanico en la cual tiene una expresión morfológica en superficie (Romero-Otero *et al.*, 2015). A partir del Pleistoceno medio, la desembocadura del río migró hacia el suroeste hacia el sitio conocido como Galerazamba, generando a su paso una serie de complejos sistemas de canales y diques (Figura 5.48) (Romero-Otero *et al.*, 2015).

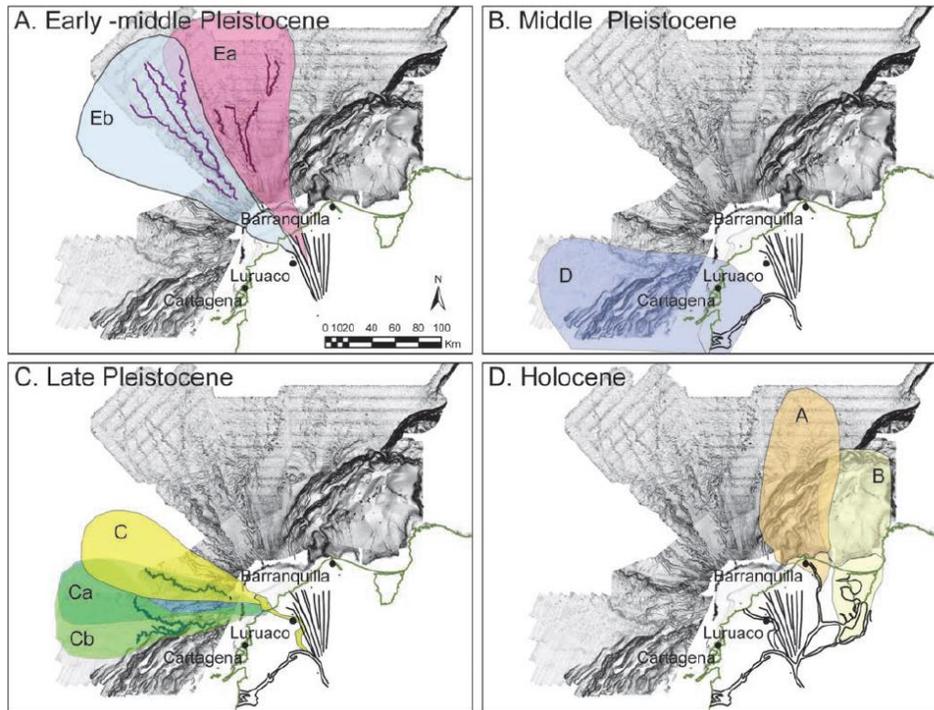
En la misma época, el río prosiguió con una migración hacia el suroeste para localizarse en el sector conocido como el Canal del Dique, siendo la posición más austral alcanzada por el río. Producto de esta migración los sedimentos que se han depositado en esta región han sufrido una fuerte deformación a causa de la incidencia del Cinturón de Deformación del Sinú (Figura 5.48) (Romero-Otero *et al.*, 2015).

Para el Pleistoceno tardío el río desemboca al norte de Cartagena generando una serie de abanicos que están alimentados por una serie de complejos sistemas de canales y diques que van recubriendo los abanicos más antiguos que han sido generados previamente. De igual manera, estos depósitos posteriores se distinguen por tener una interacción entre los procesos sedimentación y de deformación, causando cambios en la orientación y patrones de los canales volviéndolos de tipo sinuoso (Figura 5.48) (Pirmez *et al.*, 2000; Deptuck *et al.*, 2007; Romero-Otero *et al.*, 2015).

Al mismo tiempo que se producían esta serie de depósitos durante el Pleistoceno tardío se generaba un levantamiento de algunos cerros localizados en el territorio de Turbaco, produciendo a su vez una nueva migración en el río que trajo consigo que el abanico se depositara hacia el oriente creando la configuración actual de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Esta serie de depósitos expandieron la plataforma continental al mismo tiempo que iban erosionando el Prisma de Acreción (Figura 5.48) (Vinnels *et al.*, 2010).

En el Holoceno, el río volvió a migrar hacia el occidente primero pasando en el sector de Boca Vieja y Sabanilla para finalmente quedarse en su posición actual (Heezen, 1956). En este periodo de tiempo la depositación estuvo dominada por el desarrollo de flujos de escombros y caídas que son el resultado de la dinámica que se produce por las fuertes corrientes turbidíticas que allí se generan, que a su vez van erosionando los canales y diques previamente formados (Heezen, 1956) (Figura 5.48).

Figura 5.48 Evolución del Abanico Submarino del Magdalena.



Fuente: Romero *et al.*, (2015).

Específicamente, en el área de trabajo se observa en el sector nororiental una gran influencia a partir del desarrollo de los sistemas complejos de canales y diques que se encuentran vinculados a la dinámica del Abanico Submarino del Magdalena que se produjo durante el Pleistoceno medio ya que fue el periodo donde la migración del río generó la pluma de sedimentos más suroccidental. En cuanto a las características apreciables de este sistema sobre el territorio, se observa que actualmente la mayoría de canales no se encuentran activos dado que la influencia del abanico es menor, ya que actualmente el sistema recibe menos sedimentos por parte de la desembocadura del río.

Otro fenómeno, que actualmente produce cambios sobre la dinámica costera del territorio está relacionado con algunos fenómenos climáticos, de los cuales se resalta el Fenómeno ENSO, el cual puede generar cambios en la tasa de sedimentación de algunos ríos que desembocan en el mar Caribe. Según Restrepo & Kjerfve (2000) existen cambios en la dinámica del río Magdalena a raíz de la aparición del Fenómeno ENSO en el territorio colombiano, ya que se ha establecido un aumento de la tasa de sedimentación que maneja el río durante la aparición del Fenómeno de la Niña, mientras que la tasa disminuye cuando se manifiesta un fuerte Fenómeno del Niño, demostrando una variabilidad de alrededor del 54% en la tasa de transporte de sedimentos.

Esta alteración en el sistema genera cambios en los procesos de sedimentación que transcurren en la desembocadura del río, así como en la extensión de los sedimentos que llegan en algunos casos hasta la Cuenca Colombia.

En cuanto al río Mulatos que desarrolla una serie de canales y depósitos importantes que se localizan en el sector austral del área de trabajo, también presenta una gran variabilidad en su tasa de transporte de sedimentos que estaría vinculada por la aparición del Fenómeno ENSO, generando pulsos de sedimentación que se ven reflejados en niveles de mayor erosión para esta parte del territorio (Restrepo *et al.*, 2014).

En ambos casos la dinámica de los ríos Magdalena y Mulatos juegan un papel fundamental en el desarrollo paisajístico de la zona de trabajo, ya que erosionan las colinas abisales para generar depósitos de abanicos submarinos, canales, diques y cañones submarinos que van cambiando el paisaje del territorio a través del tiempo. Así mismo se ha observado que los fenómenos climáticos como el caso del Fenómeno ENSO pueden afectar el comportamiento de estos dos ríos, dando como resultado que en algunos periodos de tiempo se manifieste una mayor progradación de sedimentos generando pulsos de ampliación de los abanicos submarinos en el territorio.

En conclusión, se han registrado afectaciones dentro de la zona de trabajo producto de los diferentes procesos que transcurren en la superficie como es el caso de la migración del río Magdalena durante los 5 Ma causando cambios paisajísticos en el sector costero, mientras en la parte marina generó el Abanico Submarino del río Magdalena, el cual cambió la localización de su frente de progradación correspondiendo con los puntos de desembocadura del río y las corrientes marinas por donde estos sedimentos se desplazan en el territorio (Romero *et al.*, 2015).

#### **5.1.2.9 Variabilidad climática del territorio**

Es la variación del comportamiento de los valores climáticos como es el caso de la temperatura, humedad, precipitación entre otros, con respecto a los valores promedio establecidos para un territorio en específico en un determinado tiempo (Montealegre, 2009; IDEAM - UNAL, 2018).

Por lo anteriormente expuesto el presente trabajo en el componente de variabilidad climática aborda los diferentes temas relacionados con los eventos o fenómenos climáticos que pueden alterar las condiciones climáticas del territorio, siendo representados en tres fundamentales:

- Épocas climáticas para el Caribe.
- Variabilidad climática (Escala intra-anual, anual e inter-decadal).
- Fenómeno ENSO

##### **5.1.2.9.1 Épocas climáticas**

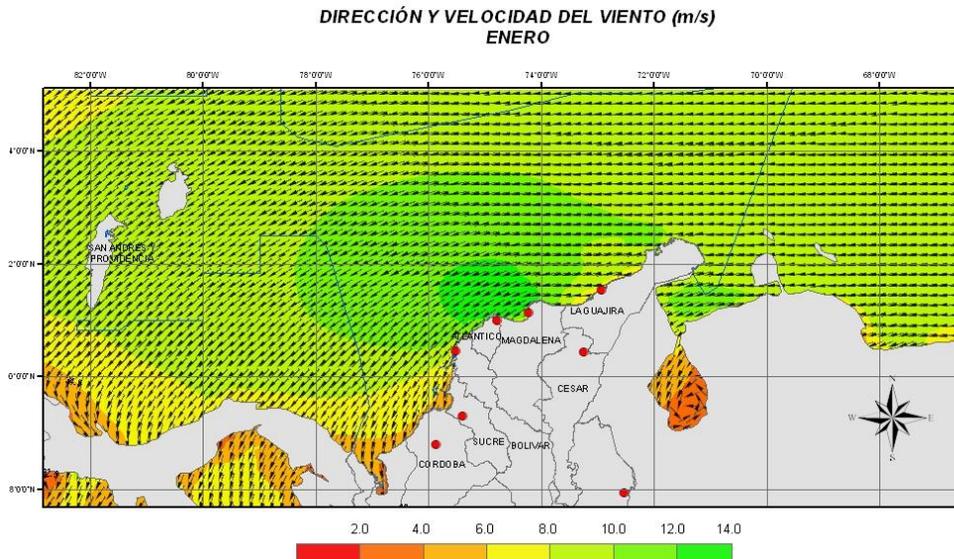
Según Rangel *et al.*, (2015), el comportamiento climático en el Caribe presenta cuatro épocas climáticas que tienen un periodo de tiempo de varios meses y se distribuyen de la

siguiente manera: época seca (diciembre a marzo), época de transición (abril a mayo), época de verano (junio a agosto) y la época de lluvias (septiembre- noviembre).

#### 5.1.2.9.1.1 *Época seca*

Se caracteriza por presentar vientos fuertes que provienen del sector norte-noreste, así como algunos escasos eventos de precipitación. Este comportamiento se produce a partir del avance de los frentes fríos, que viajan desde las Antillas mayores y la península de Yucatán para situarse en el centro del mar Caribe, dando como resultado la aparición de vientos y de la disminución en la temperatura (Andrade, 2000). Es importante señalar que el incremento en los vientos que se genera durante los primeros días de la temporada se produce a partir de la posición de dos sistemas de alta presión que se sitúan sobre aguas del Atlántico Norte exactamente en Azores, mientras que el segundo sistema se localiza sobre el norte del Caribe colombiano. Al avanzar en la época seca el flujo sinóptico de los vientos alisios del noreste tienen una amplia injerencia sobre el litoral Caribe colombiano produciendo los mayores valores de intensidad de vientos, ya que se han estimado valores máximos de 18 m/s (Figura 5.49) (Andrade, 2000).

**Figura 5.49 Presión atmosférica, dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar. Presión Atmosférica (hPa), Velocidad (m/s) y Dirección (°) del Viento 1011, Líneas iguales de Presión (isobaras) cada 0.5 hPa Vector de Velocidad del Viento: ↑ -0.1 m/s; ↑ - 8 m/s.**



Fuente: IDEAM (2018)

Otro proceso que se genera durante este lapso de tiempo es la incursión de Frentes Polares que provienen del hemisferio norte que se van situando sobre las aguas del mar Caribe, dando como resultado la generación del Mar de Leva a lo largo de las costas (CIOH, 2019).

En cuanto al comportamiento de la nubosidad en el mar Caribe durante esta época del año, cabe mencionar que tiene poca importancia, sin embargo, a partir de marzo la Zona

de Convergencia Intertropical se sitúa sobre los 8° N, produciendo un aumento en la nubosidad sobre las áreas australes y centrales del litoral Caribe.

A diferencia del comportamiento observado en el régimen de nubosidad que se presenta en el mar Caribe, en la región del Darién se produce un sistema de baja presión que repercute de manera importante en el golfo de Urabá, generando un incremento en la nubosidad, así como algunas precipitaciones (CIOH, 2019).

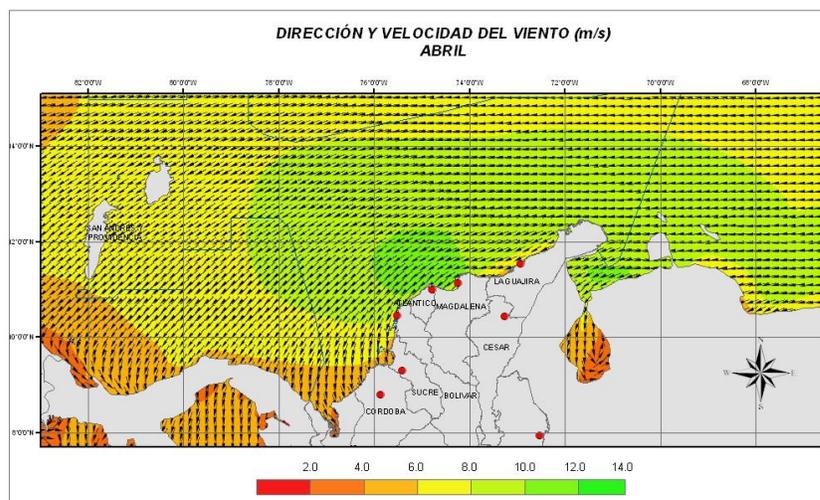
#### 5.1.2.9.1.2 *Época de transición*

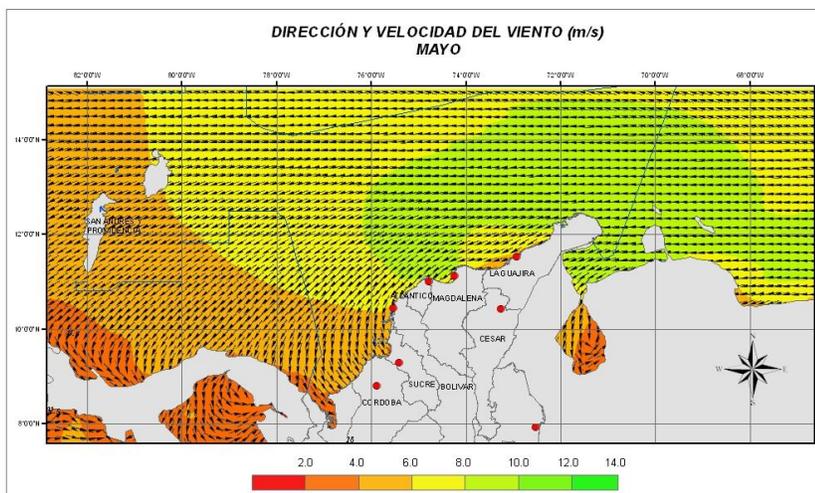
Es una época que tiene una duración de dos meses ya que se presenta entre los meses de abril a mayo, durante este lapso de tiempo se genera un importante régimen de lluvias que a su vez se asocia con una disminución en la intensidad de los vientos que tampoco presentan una orientación preferencial.

El aumento en el régimen de lluvias se debe a dos movimientos en el patrón climático regional, el primero es producto del ascenso paulatino de la Zona de Convergencia Intertropical sobre los 8° N, el segundo se encuentra relacionado con la reactivación de la baja presión anclada de Panamá (CIOH,2019). En el sector suroccidental del Caribe colombiano exactamente sobre el golfo de Urabá se registran las mayores precipitaciones durante el transcurso de esta época (CIOH, 2019).

En cuanto, al régimen de vientos durante esta época se generan rangos de intensidad de vientos entre los 5,1 y 7,72 m/s, siendo valores inferiores con respecto a los registrados durante la época anterior. Este comportamiento es producto del desplazamiento de la alta presión del atlántico norte hacia la región de Azores (Figura 5.50) (CIOH, 2019).

**Figura 5.50 Dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar en el mar Caribe colombiano durante los meses de abril y mayo.**





Fuente: IDEAM (2018).

En la época de transición la nubosidad maneja dos patrones distintivos, el patrón regional que se mantiene en gran parte del litoral Caribe, en donde se registra un cielo semi cubierto ha despejado y un segundo patrón de carácter local que se manifiesta en el sector del golfo de Urabá con una elevada concentración de nubes (CIOH, 2019). No obstante, a medida que avanza esta época se produce un aumento en la nubosidad, así como en las precipitaciones en todo el litoral del Caribe a partir del avance del sistema de bajas presiones de la ZCIT y el paso de gran cantidad de ondas tropicales.

### 5.1.2.9.1.3 Época de veranillo

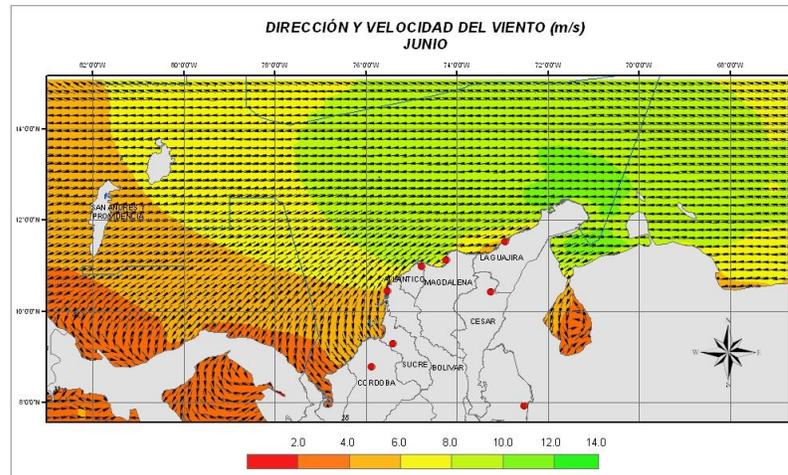
Conocida esta época con el nombre de Veranillo de San Juan, la cual tiene lugar entre los meses de junio y agosto. En este lapso de tiempo se produce un incremento en la temperatura ambientes, intensidad lumínica, humedad relativa, así como la abundancia de cielos despejados (CIOH, 2019). Otro rasgo característico de esta época del año es la aparición de huracanes en el océano Atlántico, golfo de México, así como en el mar Caribe.

En cuanto a la nubosidad presente en esta época del año, cabe resaltar que existe una estrecha relación con el paso de las ondas tropicales del este, que traen consigo núcleos nubosos conectivos provenientes de la ZCIT. Al inicio de este periodo en el sector occidental del mar Caribe durante los primeros días de la temporada se presenta una mayor nubosidad debido a la intensificación gradual de la baja presión del Darién y al ascenso de la ZCIT. Sin embargo, al ir avanzando en esta época del año se va incrementando la nubosidad sobre el sector oriental del mar Caribe a partir del desarrollo de una corriente de aire seco que surge de la alta presión de las Bermudas. En cuanto al sector occidental del mar Caribe no se observan grandes cambios en los patrones de nubosidad con respecto al inicio de la temporada (CIOH, 2019).

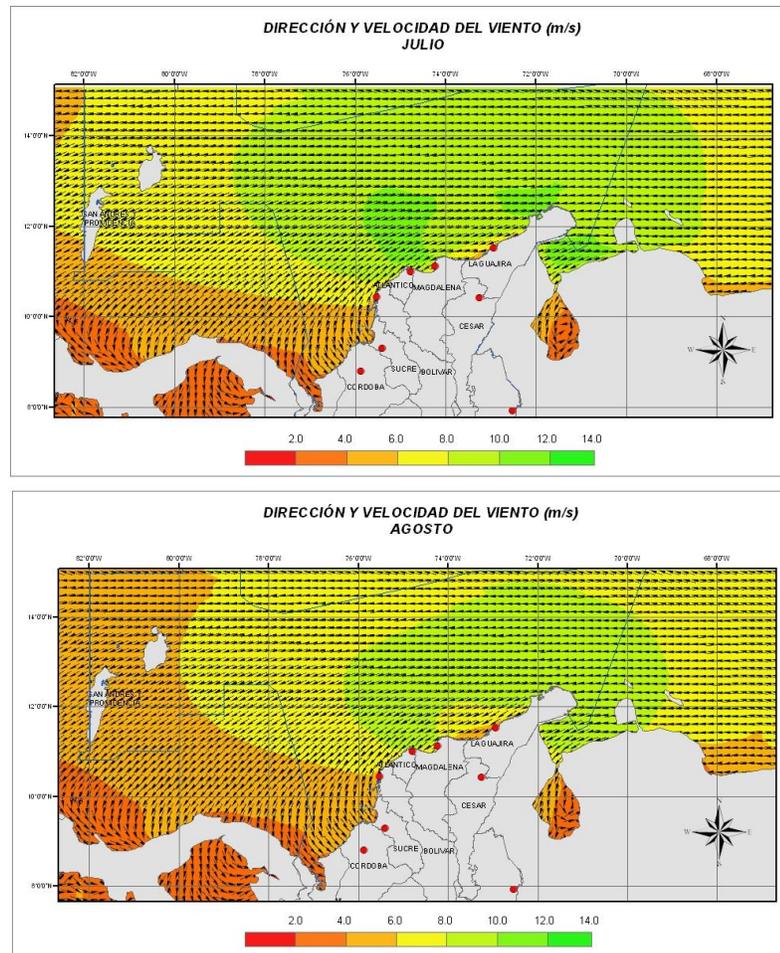
El comportamiento de los vientos durante esta época del año presenta un pequeño incremento en la intensidad ya que se encuentran valores entre los 8 y 10 m/s con una dirección preferencial hacia el occidente, sin embargo, en el sector occidental del mar

Caribe se observa una dirección noreste-suroeste (Figura 5.51) (IDEAM, 2018). Es importante mencionar que durante el mes de agosto se empieza a evidenciar una pequeña disminución en la velocidad de los vientos con respecto a los meses de junio y julio, a raíz del cambio nuevamente del ZCIT que conllevaría al inicio de la época de lluvias en la región del mar Caribe (Figura 5.51) (IDEAM, 2018).

**Figura 5.51 Dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar en el mar Caribe colombiano durante los meses de junio, julio y agosto, de los cuales se compone la Época de veranillo.**



## Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso



Fuente: IDEAM (2018).

### 5.1.2.9.1.4 Época de llluvias

Esta época comienza en los primeros días de septiembre y culmina en los últimos días de noviembre (Rangel *et al.*, 2015), aunque puede durar hasta los primeros días del mes de diciembre (Bernal *et al.*, 2006), en donde la ZCIT comienza a ascender de manera gradual, por causa de un sistema de baja presión que se establece sobre la zona central del litoral Caribe y en menor proporción sobre el mar Caribe. La ZCIT continua con su movimiento situándose sobre los 9°N, dando como resultado un incremento en las precipitaciones que tienden a relacionarse con el desarrollo de tormentas eléctricas (CIOH, 2010).

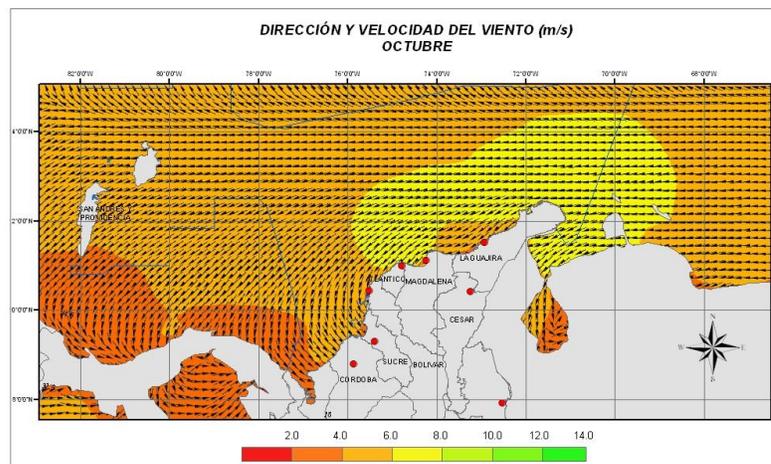
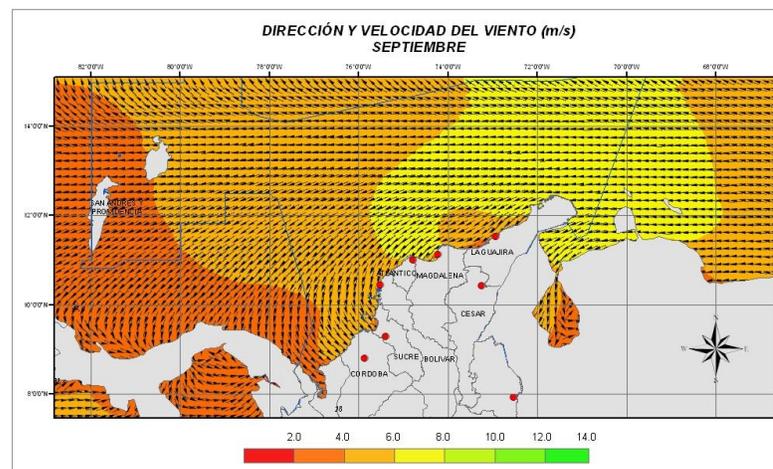
Por otro lado, la temperatura superficial en las masas de agua aumenta conforme transcurre la época de lluvias, ocasionando que los sistemas tropicales se fortalezcan incrementando el número de precipitaciones, así como en el nivel de nubosidad (CIOH, 2010).

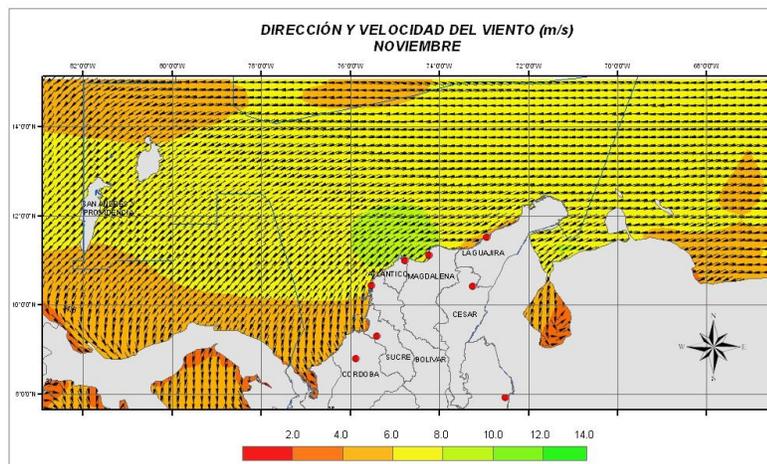
En un análisis más detallado acerca del comportamiento de la nubosidad durante este lapso de tiempo, se puede observar que en la región del Caribe se evidencia un aumento

en los patrones de nubosidad, que estaría relacionado con la interacción que se produce entre las ondas del este con la ZCIT, generando un aumento en el número de precipitaciones en gran parte de la región Caribe colombiana (CIOH, 2010).

En cuanto al comportamiento de los vientos durante esta época del año, se observa una notable disminución en su intensidad, siendo la principal causa de este comportamiento el ascenso de la presión de Azores hacia los 30° norte, generando una reducción en la incidencia de los vientos alisios, dando como resultado la formación de núcleos convectivos sobre el litoral Caribe que se encuentran relacionados con la ZCIT, los cuales presentan menor intensidad así como una dirección predominante de tipo oeste suroeste (Figura 5.52) (CIOH, 2010). En la Figura 5.52, se puede observar que los valores de intensidad de viento no superan los 6 m/s, incluso en algunas regiones como en el golfo de Urabá los valores de intensidad no llegan ni a los 2 m/s.

**Figura 5.52 Dirección y velocidad del viento sobre el nivel del mar en el mar Caribe colombiano durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, de los cuales se compone la Época de Lluvias.**





Fuente: IDEAM (2018).

### 5.1.2.9.2 Estacionalidad del evento

En este ítem se caracterizarán las escalas de variabilidad climática de tipo Intra-estacional, anual e interdecadal sobre el margen Caribe colombiano. Es importante mencionar, que la variabilidad climática de carácter inter-anual será abordada en el siguiente numeral, ya que esta última tiene grandes implicaciones sobre la dinámica climática del territorio.

#### 5.1.2.9.2.1 Fenómenos de variabilidad climática de carácter intraestacional

Son las oscilaciones que transcurren en un lapso de tiempo de decenas de días a un par de meses e influyen cambios en la actividad de los sistemas que generan las condiciones climáticas en el territorio (IDEAM-UNAL, 2018). De las oscilaciones intraestacionales se destaca una señal de carácter ondulatorio, la cual tiene por nombre Oscilación Interestacional de 30 a 60 o también conocida como Oscilación Madden-Julian.

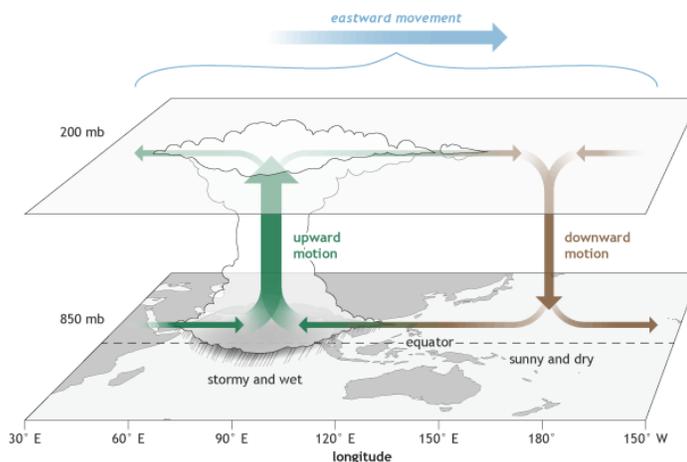
##### 5.1.2.9.2.1.1 Oscilación Madden-Julian

Es un ciclo de 30 a 60 días duración que genera cambios en la actividad conectiva en el Pacífico Tropical Oriental, así como en la presión atmosférica, en las anomalías de vientos en altura y finalmente en las precipitaciones en esta región y en gran parte de la América Tropical (Madden & Julian, 1971; Montealegre, 2002; IDEAM-UNAL, 2018).

Según Madden & Julian (1971), esta oscilación tiene como una de sus características fundamentales la propagación hacia el este desde el océano Índico, así como su escala temporal radica en un periodo entre los 40 y 55 días. Sin embargo, el comportamiento de este tipo de oscilaciones tiene diferentes repercusiones para cada región del planeta, como es el caso de la India en donde este fenómeno varía la precipitación durante tiempo entre 20 y 45 días (Poleo *et al.*, 2014), en cambio en la China esta variabilidad interestacional fluctúa los valores de precipitación en un periodo de 21 a 43 días.

Cabe mencionar que la OMJ genera grandes cambios en el comportamiento de la precipitación, como es caso del desarrollo de algunas anomalías tanto positivas como negativas (Donald *et al.*, 2006), así mismo la OMJ puede generar en una misma fase un comportamiento ciclónico en el océano Índico produciendo un aumento en el nivel de precipitaciones, mientras en el océano Atlántico y gran parte del mar Caribe se establece un comportamiento anticiclónico que ocasiona a su vez un descenso en el número de precipitaciones durante la misma fase (Torres-Pineda, 2012) (Figura 5.53).

**Figura 5.53 Estructura de la Oscilación Madden-Julian.**



Fuente: Gottschalk *et al.*, (2010).

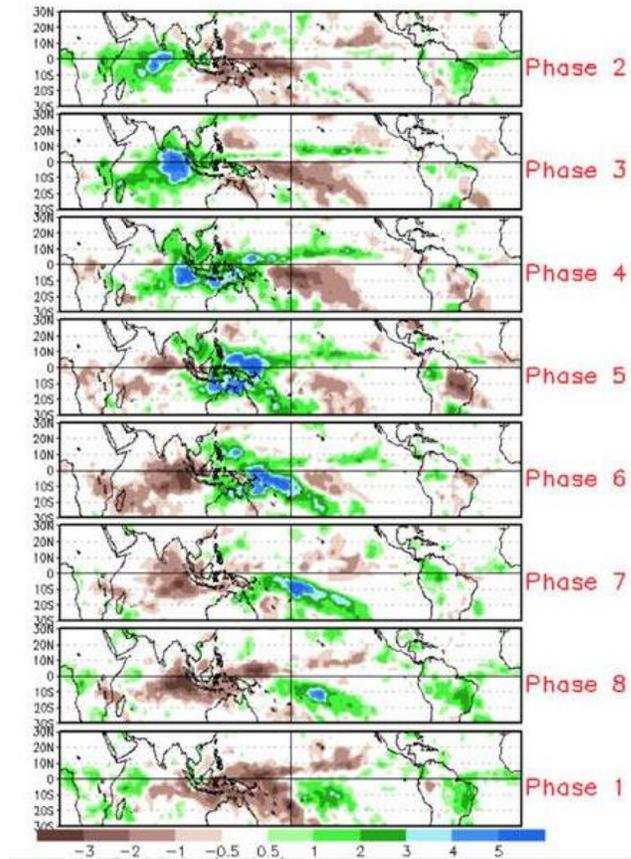
Otros efectos importantes de la OMJ, sobre actividad climática global es el desarrollo de algunos ciclones tropicales que se generan en diferentes lugares del planeta como es el caso en específico de las cuencas del océano Pacífico en su parte occidental y el océano Índico, en donde se señala una relación entre algunas fases de la MJO con el aumento en la actividad ciclónica (Nakazawa, 1986; Liebman *et al.*, 1994; Camargo *et al.*, 2009). En otras regiones del mundo se han observado parámetros similares de comportamiento en el golfo de México, en el océano Pacífico Oriental (Maloney & Hartman, 2001), también en la región australiana (Hall *et al.*, 2006) y en el sector sur del océano Índico (Bessafi & Wheeler, 2006).

Esta oscilación tiene una gran relación con la generación de tormentas tropicales en la cuenca del Atlántico Norte (Klotzbach, 2008), la actividad lluviosa convectiva en los trópicos y la Oscilación del Sur.

En el caso específico para la región del Caribe el comportamiento de la OMJ en sus diferentes fases repercute de manera importante, ya que en las fases 1, 2, 7 y 8 se observa un comportamiento ciclónico para esta parte del mundo, produciendo un aumento en los niveles de precipitación, no obstante, en las fases 1 y 2 es donde es evidencia de manera más relevante la actividad ciclónica en esta región, ya que se han observado el aumento de las precipitaciones hasta en un 50% del valor estándar (Martin & Schumacher, 2011) (Figura 5.54).

En cuanto a las fases 3, 4,5 y 6 el comportamiento de la OMJ tiende a ser anticiclónico, siendo las fases 5 y 6 en donde se observa una disminución en el número de precipitaciones (Martin & Schumacher, 2011) (Figura 5.54).

**Figura 5.54 Comportamiento de la OMJ a lo largo del planeta, a través de sus diferentes fases.**



Fuente: NOAA (2010).

Otro efecto importante que presenta la OMJ sobre la variabilidad climática en el caribe es su estrecha relación con la ZCIT, ya que modula su intensidad que se traduce en la aparición de precipitaciones abundantes con una duración de más de tres días (Carvalho & Jones, 2004). La OMJ también produce cambios en la actividad del Chorro del Caribe de bajo Nivel ya que se establecen ciertas variaciones cuando se presenta la OMJ presentando (Torres-Pineda & Pabón-Caicedo, 2017).

Es importante mencionar que la relación entre la OMJ y el Fenómeno de Oscilación Sur mejor conocido como el Fenómeno del Niño/Niña será abordado en el siguiente numeral.

#### **5.1.2.9.2.2 Variabilidad climática a escala anual**

Este tipo de variabilidad climática corresponde a fluctuaciones que se expresan en un rango de tiempo anual (IDEAM-UNAL, 2018). En Colombia a esta escala de tiempo se encuentra dominado por varios fenómenos como es el caso de la migración de la Zona de

Convergencia Intertropical (ZCIT), la actividad del Chorro de Bajo Nivel del Caribe, así como el Chorro del Chocó y los Sistemas Convectivos de Mesoescala (Poveda, 1998; Poveda & Mesa, 1999; Amador & Magaña, 1999; Mejía *et al.*, 1999; Álvarez *et al.*, 2011). De todos estos fenómenos los que manejan una mayor injerencia sobre el Caribe colombiano, así como el área de trabajo son la ZCIT, el Chorro de bajo Nivel del Caribe y los Sistemas Convectivos de Mesoescala, los cuales serán abordados próximamente en este título.

#### **5.1.2.9.2.2.1 Variabilidad geográfica de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)**

La ZCIT es una banda que proviene del resultado de la convergencia de las masas de aire de los hemisferios norte y sur, que a su vez este fenómeno se expresa por medio del desarrollo de cúmulos de nubes, con vientos débiles, así como variable y una elevada pluviosidad (Devis *et al.*, 2002; Villegas *et al.*, 2012).

Es importante mencionar que la ZCIT migra latitudinalmente siguiendo el desplazamiento aparente del sol en relación a la Tierra, con una diferencia aproximada de dos meses. Por este motivo la ZCIT alcanza su posición más extrema meridional en los 2 grados de latitud norte durante los meses de enero y febrero, sin embargo su posición se va desplazando hacia el norte situándose para los meses de marzo, abril y mayo entre los 2 y 7 grados de latitud norte, mientras que en los meses de junio, julio y agosto la ZCIT se localiza sobre los 10 grados de latitud norte, dando como resultado ciclos anuales y semianuales de precipitación (Andrade, 2001; Jiang *et al.*, 2015).

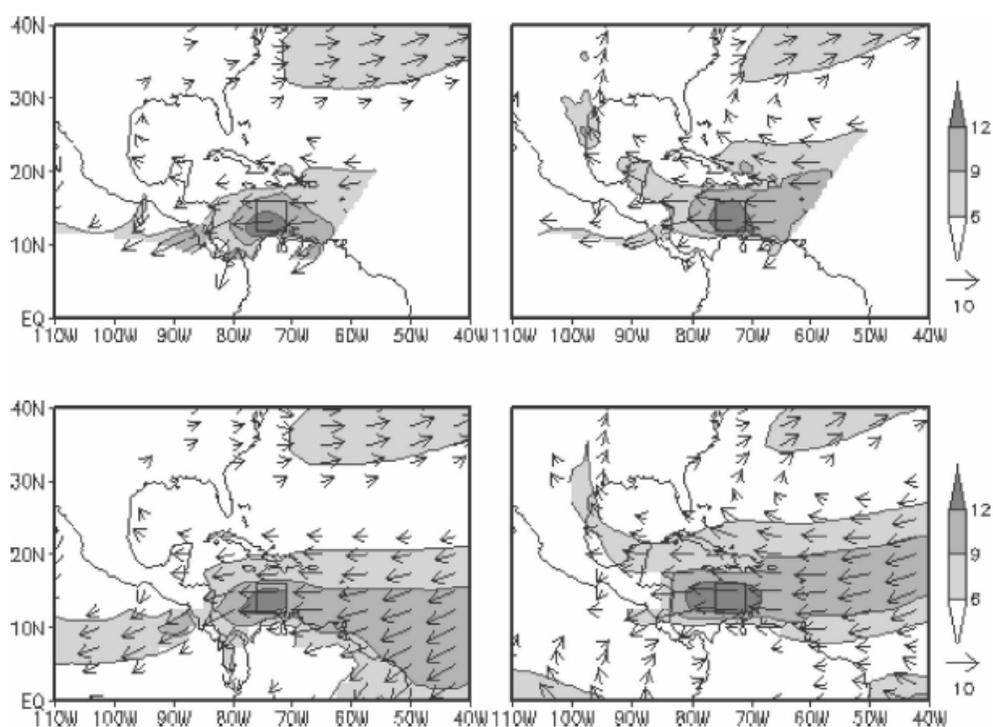
Por causa de este proceso de migración se explica el ciclo anual o semi anual de la climatología en el país, entendiéndose que en la región central se maneja un ciclo bimodal que consta de dos temporadas lluviosas, la primera se establece en los meses de abril a mayo mientras la segunda aparece entre los meses de octubre y noviembre. En medio de cada una de estas temporadas lluviosas aparecen dos temporadas secas, la primera se ubica entre los meses de diciembre y febrero, y la segunda se produce entre los meses de junio a agosto (Poveda, 2004).

Por lo anteriormente mencionado, es que el comportamiento de la ZCIT genera grandes implicaciones en la configuración climática del Caribe, ya que desempeña un papel fundamental en las condiciones de temperatura, presión atmosférica, comportamiento del régimen de lluvias entre otras, para cada una de las épocas del año, ya que en el área en donde se desarrolla el ZCIT se crean unas condiciones que favorecen la convergencia superficial de los vientos alisios, con bajas presiones atmosféricas superficiales, el ascenso de vientos húmedos, la generación de mecanismos de convección profunda, una divergencia en la alta atmósfera y una elevada nubosidad. Por estas razones diferentes autores como Mesa *et al.*, (1997), Andrade *et al.*, (2000) Poveda (2004), Velázquez *et al.*, (2018) entre otros, han estudiado las causas que generan la migración del ZCIT, de las cuales se establece que una de las más importantes es ciclo anual de temperaturas superficiales.

### 5.1.2.9.2.2 Chorro de bajo nivel del Caribe

Los chorros son flujos de aire rápido, y estrecho que se localizan en la atmosfera generan algunas manifestaciones en la variación climática terrestre. En el caso específico para el área de trabajo interviene un fenómeno que cuenta con una extensión de 500 km de ancho con fuertes vientos zonales que tienen una velocidad entre los 12 y 14 m/s, extendiéndose desde la región del Caribe occidental hasta las Antillas menores, en donde se han observado valores de presión atmosférica de 925 hPa (Figura 5.55) (Amador, 1998; Hidalgo *et al.*, 2015).

**Figura 5.55 Climatología de los meses febrero (izquierda) y julio (derecha) en donde se observa la dirección del viento y teniendo en cuenta que los cuadros señalados en la gráfica reflejan las mayores velocidades en el área (mayores a 11 m/s).**



Fuente: Muñoz *et al.*, (2008).

En cuanto al comportamiento climático en la región se ha observado que, durante el mes de julio y febrero, el Chorro de bajo nivel del Caribe es una manifestación regional de los vientos del este del Atlántico norte tropical.

Esta serie de vientos se encuentran asociados con un anticiclón que se sitúa sobre el Atlántico Norte tropical exactamente a la altura de las Bermudas (Muñoz *et al.*, 2008) y al pasar por las Antillas Menores se fortalecen sobre el mar Caribe central, sin embargo esta serie de vientos se encuentran limitados por unas barreras naturales que se localizan al norte sobre las Antillas Mayores, mientras que en el sur se sitúan en las montañas del norte de América del sur, generando en el mar Caribe una especie de valle en donde se

observan las mayores velocidades de viento (valores superiores a los 12 m/s) (Figura 5.55) (Muñoz *et al.*, 2008).

En cuanto esta serie de vientos de mayor velocidad se mezclan con una serie de vientos más débiles provenientes de la región sur y norte del Caribe, forman una estructura de chorro horizontal que a su vez presenta un movimiento de cizalla horizontal (Muñoz *et al.*, 2008).

Una vez que el Chorro de Bajo nivel del Caribe alcanza la región occidental del mar Caribe, el flujo comienza a dividirse en dos brazos uno hacia el noroeste y el otro hacia el suroeste. En el límite occidental del mar Caribe, los vientos del este se encuentran con las montañas de América central generando que la velocidad de los vientos disminuya, con excepción de los valles del lago de Nicaragua y de Panamá (Figura 5.55) (Amador, 1998; Muñoz *et al.*, 2008).

En cuanto al comportamiento de esta serie de brazos de los que se compone el chorro, se ha observado que el brazo noreste es más fuerte durante el mes de febrero que en Julio y se extiende hacia el noreste del Pacífico tropical como el Chorro de Panamá y el Papagayo (Xie *et al.*, 2005). El brazo sureste se dirige al Cañón de Yucatán y sobre la Península de Yucatán hacia el Golfo de México, actuando de manera contraria con respecto al brazo nororiental, ya que en julio este brazo tiene una mayor velocidad que la estimada durante el mes de febrero, de igual modo este brazo se une con el flujo del sur para llegar al sector septentrional del Golfo de México y el Chorro de Bajo nivel de la Gran Planicie (Figura 5.55) (Muñoz *et al.*, 2008).

Esta serie de comportamientos en distintas épocas del año trae consigo implicaciones importantes en la variabilidad climática de la región, ya que El Chorro de bajo nivel del Caribe se asocia con las precipitaciones veraniegas en el sector de Centroamérica (Amador, 1998; Muñoz *et al.*, 2008). Así mismo este chorro parece ser responsable de la generación de ondas del este en el Pacífico o el refuerzo de las ondas del este que se propagan desde África (Amador & Magaña, 1999), también se encontró una posible relación entre las zonas divergentes o convergentes del chorro con los niveles máximos o mínimos de precipitación (Amador & Magaña, 1999).

Es importante mencionar que la actividad del Chorro de bajo nivel del Caribe puede verse afectada por la intensidad de la actividad convectiva de la ZCIT, ya que fluctuaciones en la intensidad de la ZCIT traen consigo cambios en la fuerza del chorro, así como en la precipitación en la zona (Amador & Magaña, 1999). Otro efecto climático que ha traído consigo cambios en el chorro es la OMJ ya que Torres-Pineda (2012) señala que la magnitud de este chorro varía dependiendo de la fase de la OMJ, observando fluctuaciones de las precipitaciones producto de la interacción de estos fenómenos en la zona. Por último, a escala de tiempo interanuales, la magnitud del chorro tiene una estrecha relación con los ciclos de El Niño y La Niña, ya que durante los años en donde se presente El Niño el chorro de bajo nivel del Caribe es más intenso y la actividad transitoria en el Pacífico aumenta, mientras que el efecto es el contrario cuando se establece el fenómeno de La Niña (Amador & Magaña, 1999).

#### **5.1.2.9.2.3 Sistemas Convectivos de Mesoescala**

Son sistemas de nubes asociadas a conjuntos de tormentas que presentan áreas de precipitación contiguas, con una extensión que oscila entre los 10 a 100 km y pueden tener una duración aproximada de pocas horas a dos o tres días (Maddox, 1980; Maddox *et al.*, 1986). La importancia de estos sistemas convectivos es la generación de una parte importante de las precipitaciones en las regiones tropicales y en algunos casos se relacionan con la aparición de condiciones climáticas extremas en algunos lugares del planeta.

En Colombia esta clase de sistemas tienen una elevada probabilidad de formarse en la región pacífica tanto en su parte marina como en su sector terrestre, otras regiones en donde se presenta una alta frecuencia de Sistemas Convectivos de Meso-escala son la Cuenca Amazónica y la región del Orinoco (Poveda, 2004). En cuanto a la región Andina, se han observado algunas áreas con una elevada frecuencia de Sistemas Convectivos de Meso-escala como es el caso del norte de Antioquia y el valle del río Magdalena (Poveda, 2004).

En el caso de la región Caribe, diferentes autores como Velasco (1994) y Poveda (2004) han señalado que existe una baja frecuencia en la ocurrencia de estos fenómenos tanto en la parte continental como marina, sin embargo, Poveda (2004) manifiesta una mayor formación de Sistemas Convectivos de Meso-escala en las regiones del golfo de Urabá y el sector marino que se encuentra cercano a la plataforma continental de Panamá.

#### **5.1.2.9.2.3 Variabilidad climática a escala interanual**

Son las fluctuaciones con ciclos de un lapso de tiempo mayor a un año, pero menores a cuatros (IDEAM- UNAL, 2018). En esta escala de tiempo se han observado importantes variaciones sobre la precipitación generando la alternancia de años con mayores números de precipitaciones y años con bajos niveles de precipitaciones con respecto a los valores estándar. Diversos autores han estudiado esta clase de fenómenos climáticos ya que tiene grandes implicaciones de carácter biológico, social, así como económico, y han identificado dos tipos de señales, la primera se encuentra asociada a la influencia de los fenómenos de La Niña y El Niño, mientras que la segunda se encuentra relacionada con un periodo de casi dos años a la cual le han asignado el nombre de Oscilación Cuasi-Bienal (IDEAM-UNAL, 2018).

Para efectos de este trabajo se separó en otro numeral los fenómenos de El Niño y La Niña debido a las grandes implicaciones que producen ellos sobre los demás fenómenos climáticos en Colombia y específicamente en el Caribe colombiano en donde se encuentra el área de estudio.

##### **5.1.2.9.2.3.1 La Oscilación Cuasi bienal**

Es un fenómeno macro climático que consiste en una alternancia entre los regímenes de viento del este y oeste localizados en la estratosfera exactamente sobre las latitudes

ecuatoriales con un periodo de duración 24 a 30 meses (Villate, 2004). Entre las principales características de la QBO se encuentra el patrón de alternancia entre vientos de dirección este y oeste, además de una oscilación con una relación simétrica cercanos al ecuador con una amplitud máxima de 20 m/s, así como una distribución gaussiana en latitud con un ancho medio de 12 grados, por último el régimen de vientos se configura en el techo de la baja estratosfera, extendiéndose hacia niveles inferiores con una velocidad promedio de 1 km/mes que se disipa al situarse en la tropopausa tropical (Mesa *et al.*, 1997).

Este fenómeno tiene implicaciones en algunas condiciones climáticas en la región ecuatorial como es el caso de la temperatura atmosférica y el transporte atmosférico (Villate, 2004). Específicamente el QBO genera un incremento del ozono, ya que cerca del 90 % del ozono total se encuentra en la estratosfera, lugar donde este fenómeno tiene grandes implicaciones (Amador *et al.*, 2006). Otros efectos importantes de este fenómeno sobre la configuración climática en el planeta son el cambio en la circulación estratosférica del viento del hemisferio norte y algunas modificaciones en las precipitaciones de los monzones (Villate, 2004).

En el mar Caribe el QBO tiene algunas implicaciones tanto directas como indirectas, ya que este fenómeno tiene una relación con el desarrollo de ciclones tropicales (Amador *et al.*, 2006; Diaz & Villegas, 2015; c7), no obstante, se necesitan estudios más concluyentes que evidencien de una manera más cuantitativa la influencia del QBO sobre la configuración climática de esta región (Amador *et al.*, 2006).

#### **5.1.2.9.2.4 Variabilidad climática a escala Inter-decadal**

En este tipo de escala se encuentran los eventos climáticos que registran un periodo de tiempo superior a los diez años (IDEAM-UNAL, 2018). En cuanto a las causas de este tipo de variabilidad diversos autores han señalado a procesos planetarios como es el caso del ciclo lunar que tiene una periodicidad de 18,6 años o la actividad solar ya que la generación de las manchas solares tiene implicaciones en la aparición de ciertas oscilaciones decadales en el planeta como es el caso de la Oscilación Decadal del Pacífico (IDEAM-UNAL, 2018).

En la región septentrional colombiana los principales fenómenos que generan variabilidad climática a escala interdecadal son la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) (Poveda *et al.*, 1998).

##### **5.1.2.9.2.4.1 Oscilación del Atlántico Norte (NAO)**

Es un fenómeno macro-climático que se conforma por la alteración de la masa atmosférica entre las regiones subpolar y subtropical del océano Atlántico Norte (Walker, 1924; Poveda *et al.*, 1998). La NAO tiene cambios en cuanto al gradiente de presiones al nivel del mar a escalas estacional y mensual, además en las temperaturas superficiales del mar, así como en las implicaciones en los vientos del oeste de las latitudes medias y en el clima de las regiones continentales cercanas (Poveda *et al.*, 1998). En términos espaciales la NAO

ejerce una variabilidad de presión en distintos sitios clave, de los cuales hay dos ampliamente estudiados, el primero se encuentra localizado sobre las Islas Azores en donde se ejerce una influencia del centro de alta presión subtropical, el segundo sitio se encuentra en Islandia en donde se configura una zona de bajas presiones atmosféricas sobre el nivel del mar para todo el año (Poveda *et al.*, 1998).

Diferentes autores han descrito que la NAO presenta dos fases, una fase positiva que se configura cuando la presión en las islas Azores es muy elevada y al mismo tiempo se generan bajas presiones sobre la región de Islandia (Poveda *et al.*, 1998). Este efecto tiene importantes repercusiones sobre la región septentrional del océano Atlántico ya que aumenta la intensidad de vientos procedentes del oeste, así como el número de tormentas que transitan en esta parte del planeta. Otro efecto importante de esta fase positiva es el desarrollo de inviernos menos intensos y más húmedos sobre la parte norte de Europa a diferencia de lo que ocurre en Groenlandia como en Canadá en donde se registran inviernos más fríos. Por último, en la región de la península Ibérica se registra una disminución en la precipitación invernal (Poveda *et al.*, 1998; Villate, 2004).

La fase negativa de la NAO se configura en el momento en que la presión tanto en Islandia como en las islas Azores son muy bajas, dando como resultado un desplazamiento de algunas corrientes más cálidas hacia el este que trae consigo una disminución en la frecuencia e intensidad de las tormentas, además se registran un aumento en el número de precipitaciones sobre el Mediterráneo mientras en el norte de Europa se presenta una disminución en la temperatura (Poveda *et al.*, 1998).

Para la región del Caribe diferentes autores como Rogers (1988), Poveda *et al.*, (1998), Poveda *et al.*, (2002) y Jury *et al.*, (2007) señalan que no se observa una correlación elevada, aunque si es estadísticamente significativa. En cuanto al tipo de correlación Poveda *et al.*, (2002) han afirmado que relación de la NAO de los meses marzo a mayo y la precipitación de los meses de diciembre a febrero es de carácter negativo, mientras que las correlaciones positivas se dan en algunos lugares entre la NAO de junio a agosto y la precipitación de diciembre a febrero.

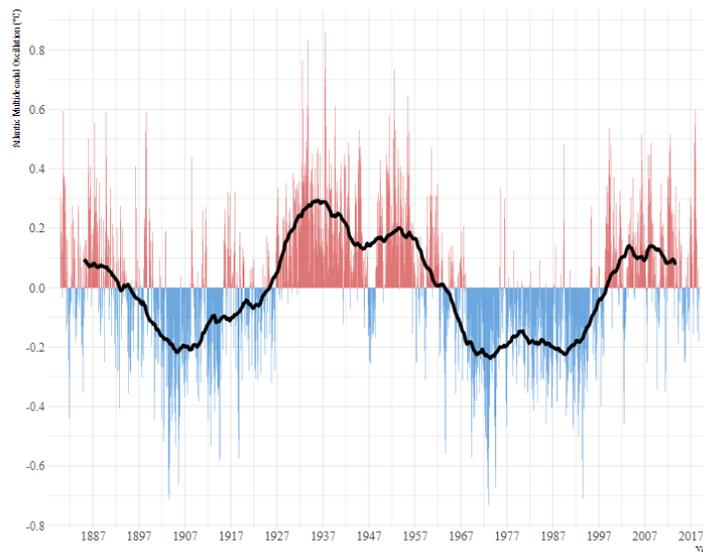
#### **5.1.2.9.2.4.2 Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO)**

Es la variación en la temperatura superficial marina en el Atlántico Norte durante un periodo de cambio entre 20 y 40 aunque existen reportes de oscilaciones superiores a los 50 años (Kerr, 2000; Villamayor & Mohino, 2012). Esta variabilidad climática se encuentra relacionada con la posición anomalía de la temperatura superficial ya que si se observan alteraciones positivas en el sector septentrional del Atlántico Norte se está configurando una fase positiva o cálida del AMO, mientras si la alteración de la temperatura superficial se ejerce en el sector austral del Atlántico Norte se producirá una fase negativa o una fase negativa (Figura 5.56) (Villamayor & Mohino, 2012).

En la fase cálida del AMO, se producen cambios en el viento zonal con respecto al comportamiento típico en la región, por causa del efecto del gradiente térmico meridional entre el Atlántico Norte y el Sur, dando como resultado un desplazamiento anómalo de la

ZCIT situándose en una zona más septentrional. Este cambio en la ubicación de la ZCIT trae consigo un aumento en las precipitaciones asociadas a los monzones desarrollados en la India y Sahel (Zhang & Delworth, 2006; Zhang & Delworth, 2006), mientras que en la zona nororiental de Brasil se registra un descenso en las precipitaciones (Knight *et al.*, 2006). Así mismo, durante la fase positiva de la AMO se registran anomalías cálidas en el campo de la temperatura del aire en la superficie para la zona central de Europa y la parte oriental de los Estados Unidos, mientras en el mar Mediterráneo se evidencia un aumento en la temperatura superficial del mar (Sutton & Hodson, 2005; Ting *et al.*, 2011).

**Figura 5.56 Comportamiento de la AMO durante el siglo XX e inicios del siglo XXI.**



Fuente: NOAA, (2019).

Es importante mencionar que de todos estos efectos mencionados que presenta el AMO sobre la variabilidad climática en el planeta, no se ha mencionado la directa relación que tiene la fase positiva del AMO con el aumento de eventos de ciclones tropicales, así como huracanes con mayor intensidad y con mayores tiempos de duración (Klotzbach & Gray, 2008).

Específicamente en la región Caribe en donde se localiza el área de estudio la AMO genera importantes cambios en los patrones climatológicos, ya que produce cambios en las temperaturas de la superficie del mar, la convergencia de bajo nivel, los vientos verticales y el desplazamiento de la ZCIT (Klotzbach & Gray, 2008; Grossmann & Klotzbach, 2010; Klotzbach, 2011).

Así mismo, Klotzbach (2011) evaluó los impactos que presenta la AMO en la actividad climática en la Cuenca Colombia a partir del análisis de los cuatro periodos registrados durante el siglo XX e inicios del siglo XXI. El primer periodo se establece entre los años 1900 y 1925, caracterizándose por una fase positiva de la AMO, el segundo periodo está identificado como una fase negativa del AMO con una duración de 43 años, ya que inicia

en el año de 1926 y culmina en 1969. El tercer periodo se produce entre los años 1970 a 1994 siendo catalogado como una fase negativa de la AMO, mientras el cuarto periodo se ha configurado entre los años 1995 y 2008 en donde la AMO tiene una fase positiva (Tabla 5.16).

De los cuatro periodos registrados de la AMO el que maneja mayores implicaciones en el Caribe es el periodo más reciente que comprende entre los 1995 y 2008, ya que durante este lapso de tiempo se han desarrollado un mayor número de ciclones tropicales si se compara con los registros obtenidos desde los primeros años del siglo XX (Tabla 5.16) (Figura 5.57) (Klotzbach, 2011).

**Tabla 5.16 Actividad ciclónica en el Caribe en función por año desde 1900 hasta el 2008. Son estadísticas del número de Tormentas Tropicales (TT), No días para adquirir la condición de tormenta (NTC), Huracanes (H), No de días para adquirir la condición de huracán (NCH), Grandes Huracanes (GH), No de días para adquirir la condición de huracán (NCGH) y Energía Acumulada de ciclones (EAC).**

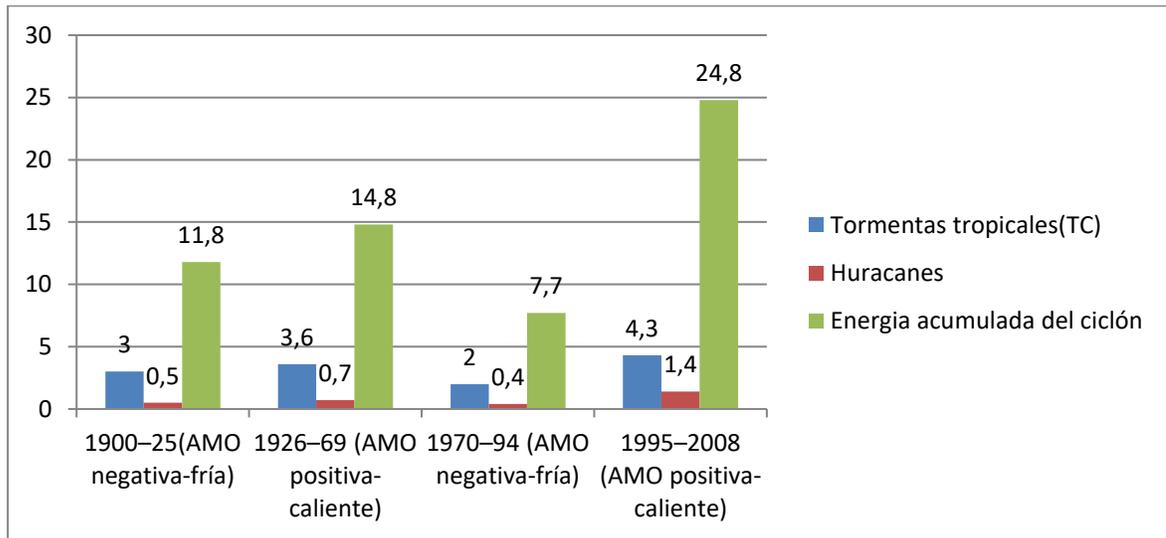
	<b>Tt</b>	<b>NTC</b>	<b>H</b>	<b>NCH</b>	<b>GH</b>	<b>NCGH</b>	<b>EAC</b>
<b>1900–25(AMO negativa-fría)</b>	3	1.3	0.5	7.6	2.8	0.6	11.8
<b>1926–69 (AMO positiva- caliente)</b>	3.6	1.7	0.7	8.2	3.3	1.1	14.8
<b>1970–94 (AMO negativa-fría)</b>	2	0.8	0.4	4	1.3	0.7	7.7
<b>1995–2008 (AMO positiva- caliente)</b>	4.3	2.5	1.4	10.2	4.7	2.3	24.8
<b>Ratio (1926–69/1900–25)</b>	1.2	1.3	1.5	1.1	1.2	1.9	1.3
<b>Ratio (1995–2008/1970–94)</b>	2.1	3.3	3.8	2.6	3.5	3.4	3.2

Fuente: Modificado de Klotzbach, (2011).

En la Tabla 5.16, se registran el número de eventos de tormentas tropicales y de huracanes para el Caribe, siendo los periodos concernientes a las fases positivas de la AMO como los lapsos de tiempo en donde más se registran fenómenos ciclónicos, mientras en las fases negativas de la AMO se evidencia una disminución en la frecuencia en esta clase de eventos. Así mismo es importante resaltar que el último evento de la fase positiva del AMO refleja un dramático aumento en la frecuencia de ciclones tropicales, así como huracanes, que pueden estar asociados con los efectos de la actividad antrópica en el planeta (Klotzbach, 2008).

De acuerdo con lo anteriormente descrito, en la Figura 5.57 se observa el comportamiento de los huracanes, así como las tormentas en los distintos periodos de las fases AMO, mostrando que en el último periodo de la fase positiva de la AMO se disparó la actividad ciclónica pasando de un indicador de 14,8 en un periodo anterior de fase positiva de la AMO a un 24,8 para el periodo más reciente, demostrando un incremento importante que se abstrae de las dinámicas climatológicas normales.

**Figura 5.57 Efecto AMO en la frecuencia de tormentas tropicales y huracanes en el Caribe desde comienzos de siglo XX.**



Fuente: Modificado de Klotzbach, (2011).

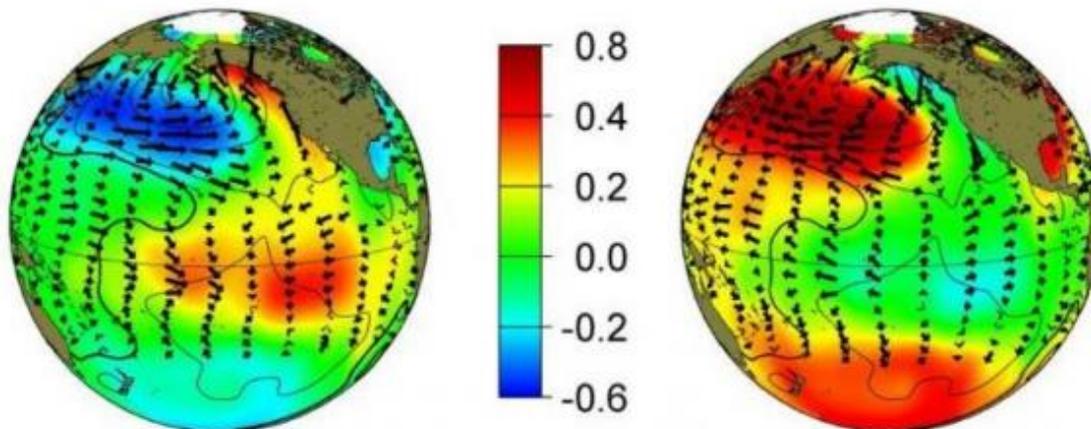
Por último, es importante señalar que la AMO puede verse afectada por otros fenómenos climáticos de los cuales quizás el más estudiado es El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), el cual produce grandes alteraciones en la fase positiva o cálida de la AMO generando inclusive una mayor cantidad de tormentas tropicales y huracanes (Klotzbach, 2011). No obstante, el comportamiento del ENSO, así como sus implicaciones sobre la variabilidad climática en la región Caribe serán abordados en otro numeral.

#### 5.1.2.9.2.4.3 Oscilación Decadal del Pacífico (PDO)

Es una variabilidad climática a escala interdecadal que consiste en las anomalías presentes en la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico, siendo como principal punto de inicio el desarrollo de un dipolo de la temperatura superficial del mar en una región que comprende el océano Pacífico ecuatorial tropical y el océano Pacífico norte durante periodos de tiempo de 20 a 30 años, teniendo importantes implicaciones en la variación climática planetaria (Mantua *et al.*, 1997).

Así como otros fenómenos climáticos la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) maneja dos fases, la fase cálida y la fase fría. La fase cálida se caracteriza por un incremento en la temperatura superficial del mar en la costa occidental de Norteamérica, Centroamérica y Suramérica, mientras en la región norte central del Pacífico se observa un descenso anómalo en la temperatura superficial del mar (Figura 5.55) (Trenberth & Hurrell, 1994; Mantua *et al.*, 1997). Este efecto conlleva un aumento en las presiones bajas sobre el Pacífico Subtropical, generando que los vientos fluyan en la misma dirección que las manecillas del reloj, en cambio se establece una disminución en las presiones bajas sobre el Pacífico Norte, dando como resultado que la dirección predominante en los vientos sea contraria a las manecillas del reloj (Mantua *et al.*, 1997).

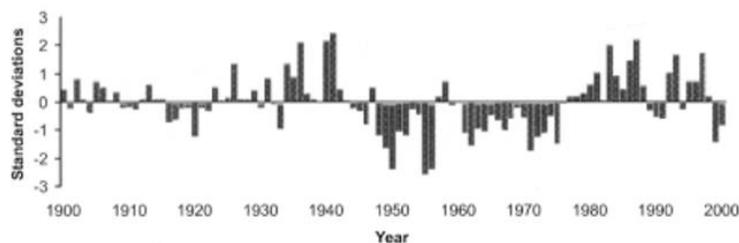
**Figura 5.58** Condiciones climáticas anómalas que se encuentran asociadas con las fases de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO). Al costado izquierdo se observa la fase positiva mientras en el costado derecho se encuentra la fase negativa.



Fuente: Mantua & Hare (2002).

En la Figura 5.59, se observa el comportamiento de la PDO a través del siglo XX, observándose un total de 3 periodos con fases cálidas o positivas, siendo el último periodo de la fase cálida el más relevante, así mismo en medio de estos periodos cálidos se registran una serie de periodos con fases frías de la PDO (Mantua *et al.*, 1997).

**Figura 5.59** Comportamiento de la PDO durante el siglo XX.



Fuente: Mantua & Hare (2002).

Es importante mencionar que hasta el momento no se ha establecido la magnitud del efecto directo de la PDO sobre la región del mar Caribe colombiano; no obstante, su interacción con otros fenómenos de variabilidad climática como es el caso del ENSO, trae consigo un aumento significativo tanto en su extensión como en las alteraciones en las condiciones climáticas, lo cual se amplifica cuando ambas fases cálidas coinciden, produciendo cambios en la configuración meteo-oceanográfica del Caribe (Mantua & Hare, 2002; Lee *et al.*, 2012).

### 5.1.2.9.3 El Niño Oscilación del Sur (ENSO)

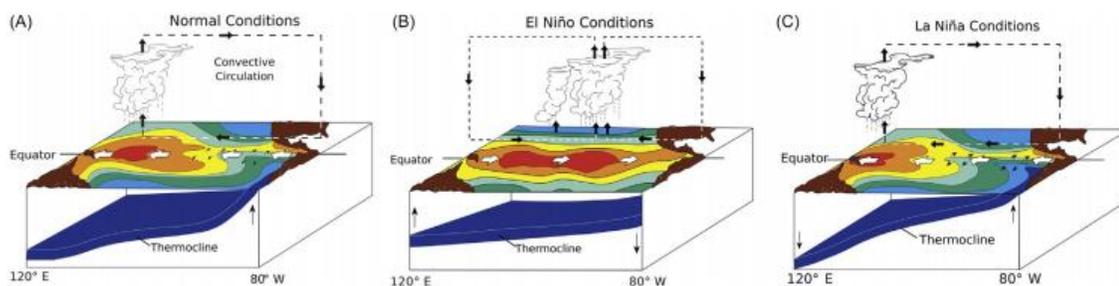
El fenómeno del ENSO se asignó como una acción individual dentro del desarrollo de la matriz, a partir de la importancia e implicaciones que maneja este fenómeno en la configuración climática de la región Caribe, por lo que en este ítem se abordaran los cambios que implica la aparición de este fenómeno en las condiciones climáticas estándar y en los otros fenómenos de variabilidad climática que se estén generando en el territorio.

El Niño-Oscilación del sur (ENSO) es un fenómeno que se produce a partir de la interacción océano-atmósfera sobre la región del Océano Pacífico ecuatorial, en una escala de tiempo interanual que se manifiesta de manera no periódica, con intervalos de duración entre 2 a 7 años (Rasmusson & Carpenter, 1982, Trenberth, 1991; Battisti & Sarachick, 1995; Neelin *et al.*, 1998; Chan & Xu, 2000).

A diferencia de otros fenómenos de variabilidad climática el ENSO maneja dos componentes importantes, el componente oceánico que se encuentra caracterizado por los fenómenos de El Niño y La Niña, mientras el componente atmosférico se le atribuye al desarrollo de la Oscilación del Sur (Trenberth, 1997; Chen *et al.*, 2018).

Durante El Niño se genera un calentamiento anormal de la temperatura de las aguas superficiales que se localizan en la parte central y oriental del Océano Pacífico tropical, produciendo una profundización de la termoclina oceánica que a su vez se vincula con la disminución en la intensidad de los vientos alisios del este, así como el desplazamiento del centro de convección del oeste a la región central del Pacífico (Figura 5.60) (Trenberth, 1997; Chen *et al.*, 2018; Trenberth, 2018). De manera contraria, La Niña se establece cuando se presenta un régimen de fuerte en la intensidad de los vientos alisios, además de una disminución en la temperatura superficial de las aguas superficiales en la región oriental y central del Océano Pacífico tropical (Figura 5.60) (Trenberth, 1997; Chen *et al.*, 2018; Trenberth, 2018).

**Figura 5.60 Representación esquemática de las diferentes condiciones climáticas que se producen en el Océano Pacífico. A) Condiciones normales, b) Condiciones durante El Niño y c) Condiciones durante La Niña.**



Fuente: Chen *et al.*, 2018.

Con el fin de poder estudiar y predecir las diferentes situaciones generadas por las características del fenómeno El Niño diferentes autores han segmentado el océano

Pacífico tropical en cuatro regiones con la siguiente denominación: Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 (NOAA, 2018) (Tabla 5.17). Así mismo el estudio de estas regiones permite establecer una serie de posibles pronósticos acerca de la intensidad con la que se va a producir el fenómeno.

**Tabla 5.17 Coordenadas de las diferentes regiones El Niño.**

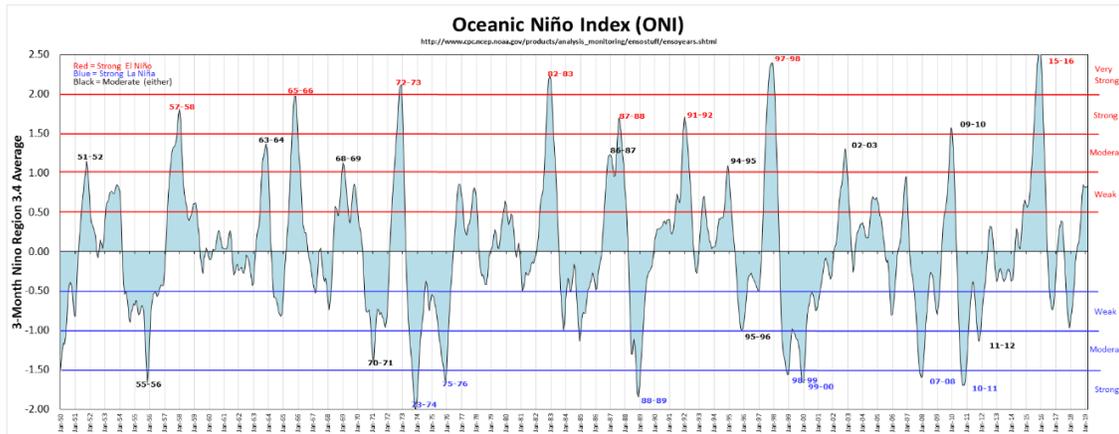
Regiones	Longitud	Latitud
Niño 1+2	90°O y 80°O	0° y 10°S
Niño 3	150°O y 90°O	5°N y 5°S
Niño 3.4	170°O y 120°O	5°N y 5°S
Niño 4	150°O y 160°E	5°N y 5°S

Fuente: NOAA, (2018).

Por lo anteriormente mencionado, el estudio del comportamiento de estas regiones ha permitido establecer un parámetro denominado como Índice de Niño Oceánico (ONI), el cual sirve para identificar los eventos de La Niña y El Niño, teniendo como condición la aparición de una anomalía media durante tres meses en la temperatura superficial del mar en la región del Niño 3.4, de la misma manera los eventos están dados a partir de cinco periodos consecutivos con tres meses que se superponen o se encuentran por encima de la anomalía de +0,5° para eventos catalogados como El Niño o también denominadas las fases cálidas del fenómeno, mientras que La Niña se presentara cuando los valores del ONI estén por debajo de -0,5° (Golden Gate Weather Services, 2019).

Así mismo la escala de intensidad esta jerarquiza en cuatro rangos, los cuales están distribuidos en eventos débiles para un rango de valores entre 0,5 a 0,9, los eventos moderados oscilan entre 1,0 a 1,4, los eventos fuertes tienen valores entre 1,5 y 1,9, por el últimos los eventos más fuertes están catalogados con valores superiores a 2,0, para el evento de El Niño (Tabla 5.17) (Golden Gate Weather Services, 2019). Para el evento de La Niña la distribución, así como la amplitud de los rangos se conserva con diferencia que los valores están en términos negativos (Tabla 5.17) (Golden Gate Weather Services, 2019).

Figura 5.61 Índice Oceánico del Niño entre los años de 1950 y 2019.



Fuente: Golden Gate Weather Services, (2019).

Después de entender el componente oceánico del ENSO, es necesario hablar del componente atmosférico, el cual está caracterizado por la Oscilación del Sur. Esta oscilación corresponde a una variación interanual del campo de presión atmosférica que produce un gradiente de presiones entre la región occidental y oriental en el Océano Pacífico tropical, específicamente estas diferencias de presión se concentran en dos lugares puntuales, uno de ellos se encuentra localizado en el sector de Tahití, el segundo lugar se encuentra situado sobre Darwin un sitio que se encuentra al noroccidente de Australia y al suroriente de Indonesia, la variación de la presión en estos dos sitios produce el fenómeno atmosférico de la Oscilación del Sur (SOI) (Rasmusson, 1984).

En cuanto a la relación que presenta la SOI con los eventos de La Niña o Niño, se ha demostrado por diversos autores como Rasmusson (1984) y Trenberth (2018) que la magnitud de esta oscilación se encuentra relacionada con el desarrollo e intensidad de los eventos La Niña y El Niño, ya que si el Índice de la Oscilación del Sur presenta valores negativos menores a -8 en la diferencial no normalizada de las presiones se estaría formando un evento de El Niño, mientras los valores positivos superiores a 8 se asocian con la formación de un evento de La Niña (Golden Gate Weather Services, 2019). Cabe mencionar, que estos valores de diferencias de presión no se encuentran normalizados, ya que si estos valores se normalizan los límites serían acotados entre -0,5 y 0,5 (Golden Gate Weather Services, 2019).

### Efectos del ENSO sobre la variabilidad climática del territorio

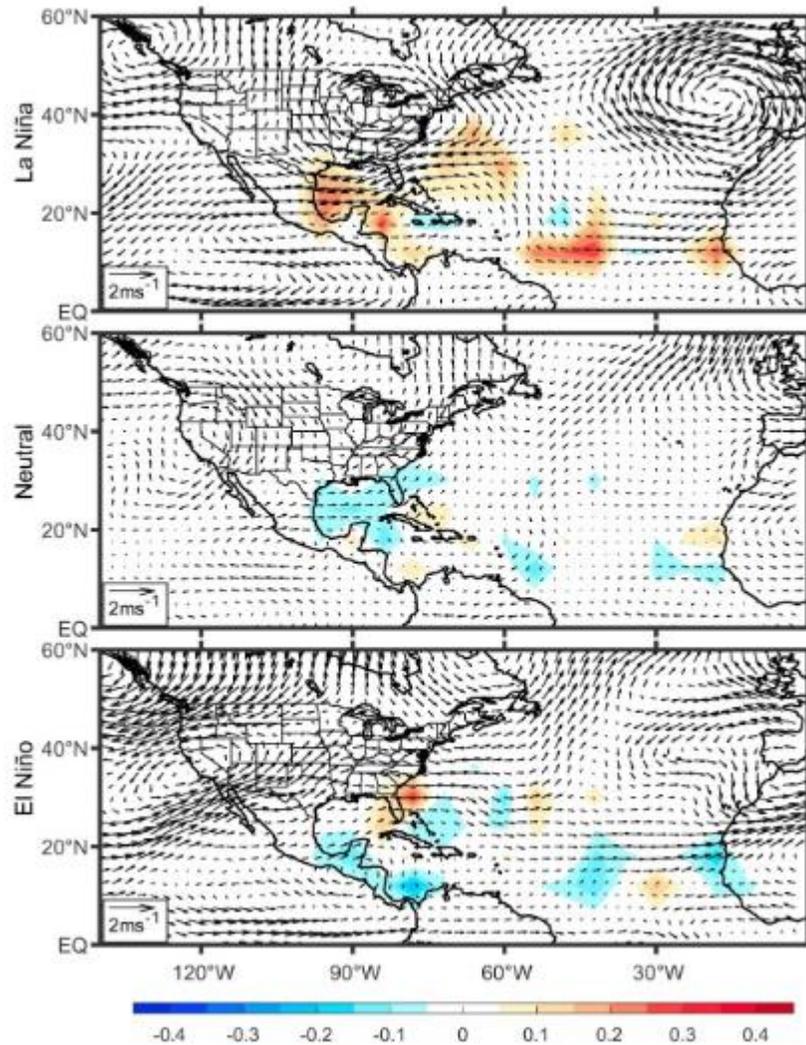
El fenómeno del ENSO maneja múltiples implicaciones en los procesos climáticos globales, ya que afecta otros fenómenos de variabilidad climática de diferentes escalas de tiempo, que a su vez alteran los patrones climáticos en los distintos territorios (Días & Kiladis, 1992, Rasmusson & Carpenter, 1982). Por esta razón en este documento se explicarán algunas de las implicaciones que este fenómeno genera en la configuración climática de la región del Caribe.

Entre los principales cambios en la configuración climática de la región Caribe por causa del desarrollo del fenómeno ENSO se encuentra la migración de la ZCIT hacia el suroccidente con respecto a su posición natural, que va relacionado con la generación de una celda de Hadley anómala que se localiza sobre el trópico Americano (Poveda, 2004). Este cambio en la localización de la ZCIT tiene como resultado una disminución en la precipitación en gran parte del territorio colombiano incluido la región Caribe (Poveda, 2004; Puertas & Carvajal, 2008).

Así mismo varios autores como Ropelewski & Halpert, (1987), Enfield & Alfaro (1999), Poveda & Mesa (1999) entre otros han encontrado cambios en los patrones de precipitación en la región del Caribe vinculados con la aparición de las fases frías o calientes del fenómeno ENSO, así como una serie de conexiones entre la configuración climática del Caribe y la precipitación en la Cuenca del Pacífico (Montoya, 2014; Hidalgo *et al.*, 2015;).

Otro efecto del ENSO en la región del Caribe es la actividad de tormentas tropicales, ya que su interacción con otros fenómenos de variabilidad climática como la AMO o la NAO incrementan o disminuyen la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos (Landsea, 2000; Murakami *et al.*, 2016a; Aryal *et al.*, 2018). En el caso concreto la NAO y el ENSO tienen un gran impacto en la actividad ciclónica en la región del Caribe, ya que en ambos casos se afecta la probabilidad de ciclones tropicales al inducir precipitaciones extremas, así como generar cambios en la frecuencia ciclogénica a través de cambios en los vientos verticales de cizalla y en el nivel más bajo de vorticidad troposférica (Landsea, 2000; Aryal *et al.*, 2018). Así mismo, la frecuencia de los ciclones tropicales se incrementará o disminuirá dependiendo de la fase de cada uno de estos fenómenos climáticos (Aryal *et al.*, 2018). En la Figura 5.62 se observa que durante EL Niño la frecuencia de ciclones tropicales disminuye, a diferencia de lo que se observa en el evento de La Niña en donde se registra un aumento en la frecuencia de ciclones tropicales.

Figura 5.62 Anomalías de dirección de flujo (m/s) y anomalías del origen de los ciclones tropicales durante las diferentes fases del evento ENSO.



Fuente: Aryal *et al.*, (2018).

Después de discutir la interacción entre el ENSO y la NAO, es necesario analizar la relación que existe entre el ENSO y la AMO, así como los impactos que producen en la región del Caribe. Como anteriormente se ha mencionado la relación entre La Niña y el aumento de la actividad ciclónica en el Caribe, a diferencia de El Niño que disminuye la frecuencia de tormentas, y huracanes en la región (Gray, 1984; Klotzbach, 2011). En relación con la AMO con la actividad ciclónica se ve afectada, ya que la fase positiva muestra un aumento significativo en el número de tormentas, mientras que en la fase negativa de la AMO se observa una disminución en la frecuencia de ciclones tropicales (Klotzbach, 2011). No obstante, la existencia de ambos fenómenos dentro del sistema puede generar en un incremento importante en la magnitud de ambos eventos o alguno de los eventos puede afectar de manera negativa al otro. En la Tabla 5.18, se observa una relación entre las

fases de ambos y la manera en que ellas pueden verse afectadas, ya que durante las fase positiva o cálida del ENSO con la fase positiva o negativa de la AMO se observa una importante reducción en la actividad ciclónica, así como en la generación de tormentas y huracanes en el Caribe (Klotzbach, 2011).

**Tabla 5.18 Actividad ciclónica en el Caribe en relación con la aparición de los fenómenos ENSO y AMO.**

	<b>Tt</b>	<b>NTC</b>	<b>H</b>	<b>NCH</b>	<b>GH</b>	<b>NCGH</b>	<b>EAC</b>
<b>10 ENSO más fríos+ AMO positivo</b>	5.6	14.7	2.9	6.5	1.4	2.8	32
<b>10 ENSO más cálidos + AMO positivo</b>	1.9	5.2	1.4	2.9	0.7	1.4	14
<b>10 ENSO más fríos + AMO negativo</b>	4.1	11.3	2.2	4.4	0.7	0.8	18.9
<b>10 ENSO más cálidos+ AMO negativo</b>	1.4	2.2	0.2	0.2	0.1	0.1	1.9

Fuente: Klotzbach, (2011).

En conclusión, ambas fases del fenómeno ENSO tienen implicaciones sobre la configuración climática del Caribe, ya que se involucran en los procesos de variaciones estacionales, interestacionales, interanuales e inter-decadales, así como en la actividad ciclónica ya que el ENSO puede incrementar o disminuir las condiciones favorables para la generación de esta clase de eventos en el Caribe.

## 5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES

A partir de la valoración del Índice de Cuantificación de Impacto (ICI), índice creado por el autor y el grupo en investigación en estadística de la Escuela de Estadística de la Universidad Nacional de Medellín, se generó una serie de relaciones y correlaciones con el objetivo de medir tres aspectos fundamentales, el primero de ellos es medir la interacción que existe entre los factores y la acciones de la matriz, el segundo de los análisis radica en medir las diferentes correlaciones que existen entre las acciones dentro de cada uno de los factores, el tercer análisis se enfocó en agrupar las acciones teniendo en cuenta las similitudes teniendo a partir de la distancia Euclidiana existente entre los conjuntos de puntos.

### 5.2.1 Análisis de los factores y acciones con base en el Índice de Cuantificación de Impacto

Al reorganizar el ICI de cada una de las 33 acciones en términos de porcentajes, se obtuvieron una serie de histogramas de salida (plots) de tipo tornado, que han permitido establecer el peso real de cada una de las acciones con relación a todos los factores y componentes evaluados en las interacciones, esto permitió la generación de una serie de intervalos que muestran la jerarquización del ICI (Tabla 5.19).

Tabla 5.19 Escala de valoración del ICI.

ICI	Intervalo de valoración Índice (+/-)
<1	Irrelevante
1-1,9	Bajo
2-2,9	Moderado
3,0-4,5	Significativo
>4,5	Alto impacto

Fuente: El autor.

A partir de las interacciones con base en el ICI se ha permitido establecer una serie de análisis vinculantes entre factores y acciones de la matriz de impacto con el fin de cuantificar la jerarquización de diferentes los procesos evaluados, por esta razón los diferentes análisis se han segmentado de la siguiente manera:

- 1) Análisis de las acciones teniendo en cuenta todos los factores.
- 2) Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Abiótico de los factores.
- 3) Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Biótico de los factores.

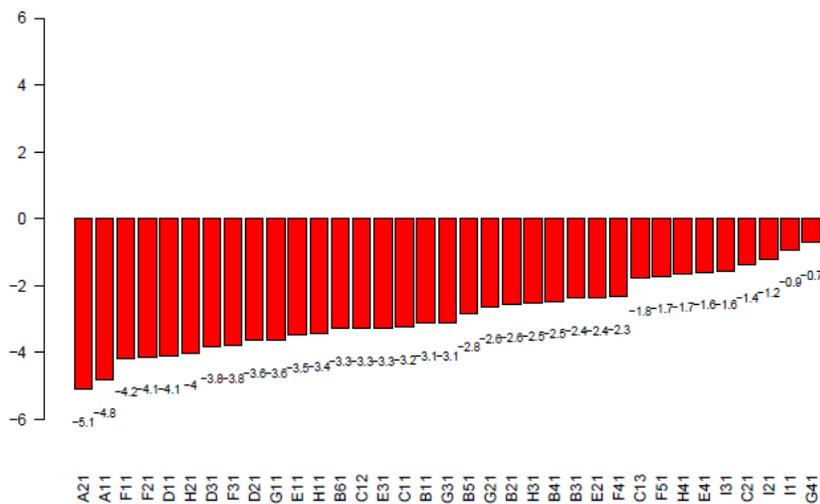
- 4) Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Paisajístico de los factores.
- 5) Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Social de los factores.
- 6) Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Económico de los factores.
- 7) Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Cultural de los factores.

A continuación, se explicará cada uno de los ítems previamente señalados.

### 5.2.1.1 Análisis de las acciones teniendo en cuenta todos los factores

En este análisis se incluyen todos los factores que hacen parte de los componentes abiótico, biótico, social, económico y cultural, con el fin de poder establecer las acciones que tienen un mayor peso en el territorio. En la Figura 5.63, se observa el peso de las diferentes acciones en relación con cada uno de los componentes que hacen parte de la matriz de impactos, siendo las acciones más importantes las asociadas al grupo de Manifestación del Proceso.

**Figura 5.63 El peso de las 35 acciones en relación con todos los componentes de los factores de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

Así mismo, en la Tabla 5.20 se describe de mejor manera la importancia de las diferentes acciones evaluadas en el territorio. En el caso específico del análisis de las acciones en relación con todos los factores evaluados ha permitido establecer que todas las acciones manejan un impacto negativo dentro del territorio, de las cuales un total de 2 acciones se

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

encuentran dentro de la categoría de Alto Impacto, mientras que en la categoría de Significativo aparecen 16 acciones, por su parte dentro de la categoría de moderados se encuentran un total de 8 acciones, en cuanto a la categoría de bajos se han asociado un total de 7 acciones, mientras que dentro de la categoría de irrelevante se encuentran solamente 2 acciones.

**Tabla 5.20 Importancia del Impacto de las diferentes acciones en relación todos los factores evaluados en el territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
Alto Impacto	Local	El análisis de matriz de la importancia de impacto y el de coeficiente de impactos demuestra que la manifestación de procesos locales y regionales tiene el mismo peso ambiental, siendo ambos de valores extremos, ya que en ellos se evaluaron todas las interacciones matriciales (factor/acción). Por lo tanto, debe leerse con cuidado, ya que esta acción vincula el aspecto de territorialidad de los factores.
	Regional	
Significativo	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	<p>Se han agrupado un total de 7 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Actividad Sísmica (MI 4,0-6,0; MI 6,0-7,0; y mayor de 7,0MI).</li> <li>2) Dinámica Sedimentaria (Zonas erosivas, zonas de transporte y zonas depositación).</li> <li>3) Modelamiento de Paisaje (intensidad de modelamiento de paisaje y densidad de elementos paisajísticos).</li> <li>4) Corrientes Submarinas (corriente y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas).</li> <li>5) Actividad Tectónica (movimiento de falla y deformación rígida).</li> <li>6) Fenómenos de Remoción en Masa (flujos de sedimentos de alta velocidad y deslizamientos).</li> <li>7) Anomalías Paisajísticas asociadas a formas cónicas y cóncavas (Volcanes de lodo y Dómos diapíricos).</li> </ol> <p>Estas acciones son las más relevantes a nivel de la importancia de impacto, como lo demuestran su transformación a Índice de Cuantificación de impacto, que permitió establecer una comparación equitativa de una cada una de las interacciones evaluadas en la matriz, que es la base de estudio.</p> <p>Sin embargo, de todos los grupos de acciones constituidos en este intervalo se ha establecido que la Actividad Sísmica es la que tiene mayor relevancia. Este hecho se explica ya que los sismos superiores a 6.0 MI implican una gran afectación en el territorio, que se expresa en una sinergia elevada en otras interacciones.</p> <p>Las zonas de erosión, transporte y sedimentación que hacen parte del grupo de Dinámica Sedimentaria tienen un gran impacto sobre los diferentes factores que se encuentran en el territorio, siendo destacable su peso en los componentes abiótico, paisajístico y cultural. Después de la Actividad Sísmica la Dinámica Sedimentaria tiene un peso importante con relación a los diferentes componentes que hacen parte de los factores de la matriz, ya que tiene grandes interacciones en los componentes abiótico, biótico y paisajístico. El movimiento de falla y la deformación rígida son las acciones del grupo de Actividad Tectónica que tienen mayor impacto dentro del territorio, ya que en tienen un gran peso dentro de los componentes abiótico, biótico y social. La intensidad de modelamiento de paisaje y densidad de elementos son las acciones de Modelamiento de Paisaje que presentan mayor impacto en el territorio, ya que tienen un gran peso dentro de los componentes abiótico, biótico y paisajístico.</p>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50km.	
	Zonas erosivas	
	Intensidad del Modelamiento del paisaje	
	Zonas de depositación	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 - 100km.	
	Zonas de transporte	
	Corriente	
	Movimiento de falla	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	La corriente y tendencia e inversión que corresponden al grupo de Corrientes Submarinas son las acciones que manejan mayor impacto en los diferentes componentes de los factores, destacando su relación con los componentes abiótico, biótico, paisajístico y social.
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	Los fenómenos de remoción en masa que demuestran un mayor impacto en los diferentes componentes de los factores de la matriz son los flujos de alta velocidad y los deslizamientos. Siendo los componentes abiótico, paisajístico, económico y cultural los que presentan mayor impacto.
	Volcanes de lodo	Los volcanes de lodo y domos diapíricos son las acciones de Anomalías Paisajísticas Asociadas a formas Cónicas y Dómicas que manejan un mayor impacto dentro del territorio, ya que tienen un gran peso en los componentes abiótico, biótico, social y cultural.
	Deformación Rígida	
	Domos diapíricos	
	Deslizamientos	
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina	
<b>Moderado</b>	Colapsamiento o hundimiento	Se han agrupado un total de 5 categorías de acciones, de las cuales en orden de importancia se encuentran: 1) Fenómenos de Remoción en Masa (Colapsamiento, reptación, solifluxión y sufusión). 2) Corrientes Submarinas (Corriente turbidítica). 3) Modelamiento de Paisaje (Alteración estructural en el paisaje). 3) Actividad tectónica (Deformación plástica). 4) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0).
	Corriente turbidítica	Los colapsamientos, las reptaciones, las solifluxiones y las sofusiones son las acciones de los Fenómenos de Remoción en Masa que tienen una moderada afectación en el territorio, teniendo una gran afectación sobre los componentes sociales y económicos, mientras en los componentes abiótico, biótico y paisajístico maneja una afectación de carácter moderado en el territorio.
	Reptación	La corriente turbidítica es la acción correspondiente a Corrientes Submarinas que maneja un impacto moderado en el territorio, teniendo una mayor afectación en los componentes paisajísticos y sociales, a diferencia de los demás componentes que manejan una afectación moderada.
	Alteración estructural en el paisaje	La alteración estructural es la acción de Modelamiento de Paisaje que maneja un impacto moderado sobre el territorio, ya que tiene afectaciones moderadas en los componentes abióticos y paisajísticos, mientras en el económico maneja un impacto significativo.
	Solifluxión	La deformación plástica es la acción de Actividad Tectónica que maneja un impacto moderado en el territorio, ya que maneja afectaciones moderadas en los componentes abiótico, paisajístico y social.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<p style="text-align: center;"><b>Alto</b></p>	Sufusión	<p>La probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI es la acción de Actividad Sísmica que tiene un impacto moderado en el territorio, ya que tiene afectaciones significativas en los componentes biótico y social, mientras en los componentes abiótico, paisajístico, económico y cultural tiene afectaciones moderadas en el territorio.</p>
	Deformación plástica	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI.	
<p style="text-align: center;"><b>Bajo</b></p>	Domos salinos	<p>En este intervalo se encuentran un total de 5 grupos de acciones dispuestos en:            1) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (domos salinos).            2) Actividad sísmica (probabilidad de sismos menores a 3,0).            3) Modelamiento de paisaje (cambios de la zona litoral).            4) Actividad tectónica (contacto de placa, procesos de naturaleza intrusiva).            5) Variabilidad climática (Fenómeno ENSO, estacionalidad del evento)</p> <p>Los domos salinos, así como los procesos de naturaleza intrusiva (ígneo) son las acciones de Anomalías Paisajísticas Asociadas a Formas Cónicas y Dómicas que tiene un impacto bajo en el territorio, teniendo un mayor impacto en los componentes abióticos y paisajístico, mientras en los componentes biótico, social, económico y cultural sus afectaciones son bajas.</p> <p>La probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI es una acción de Actividad Sísmica que tiene un impacto bajo sobre el territorio, ya que maneja afectaciones menores en los componentes abióticos, paisajísticos y económicos.</p> <p>El cambio de la zona litoral es una acción de Modelamiento de Paisaje que maneja bajas afectaciones en el territorio, siendo los componentes biótico y social los que presentan mayor afectación por esta acción, mientras en los componentes abiótico y paisajístico su peso es bajo.</p> <p>El contacto de placa es una acción de Actividad Tectónica que presenta un impacto bajo en el territorio, ya que no posee interacciones en los componentes económicos, culturales y bióticos, mientras en los componentes abióticos, sociales maneja una serie de afectaciones moderadas en el territorio.</p> <p>El Fenómeno ENSO y la estacionalidad del evento son acciones de la Variabilidad Climática del territorio que presentan un impacto bajo en el territorio, ya que, en los componentes social, económico se manejan una serie de interacciones positivas que compensan una serie de afectaciones negativas en el resto de los componentes que hacen parte de los factores de la matriz.</p>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.	
	Cambios de la zona litoral	
	Contacto de Placa	
	Fenómeno ENSO	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

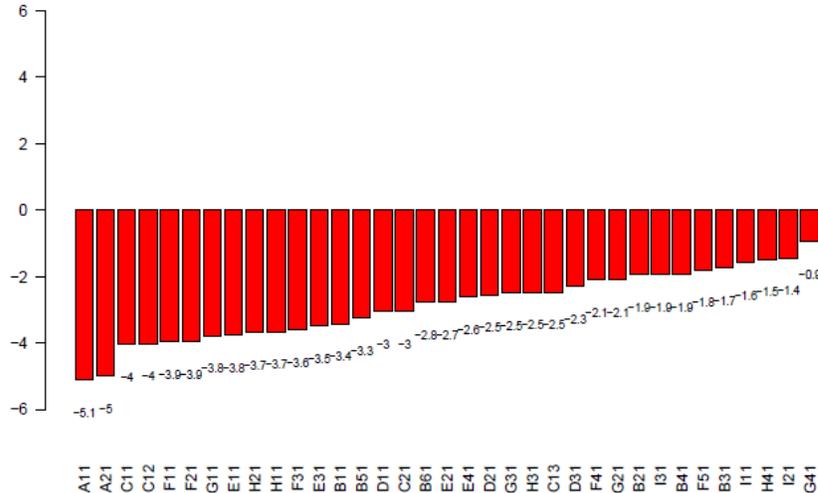
Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Ígneo	
	Estacionalidad de evento	
Irrelevante	Estacionalidad del clima	<p>Se han agrupado un total de 2 grupos de categorías de acciones, de las cuales se distribuyen:</p> <p>1) Variabilidad climática del territorio (estacionalidad del clima).</p> <p>2) Corrientes submarinas (Zona con corrientes de baja intensidad).</p> <p>La estacionalidad del clima es una acción de Variabilidad Climática que se ha catalogado dentro de un impacto irrelevante en el territorio, como resultado de una equivalencia entre interacciones positivas y negativas que se dan en el territorio, ya que en los componentes social, económico y biótico se manejan una serie de interacciones positivas que compensan una serie de afectaciones negativas en los componentes abióticos, paisajísticos y culturales que hacen parte de los factores de la matriz.</p> <p>La zona con corrientes de baja intensidad es una acción de Corrientes Submarinas que tiene un impacto irrelevante, ya que tiene impactos positivos bajos en los componentes bióticos, y sociales, que se contraponen a impactos negativos bajos en los componentes abióticos y paisajísticos, mientras en los demás componentes no presenta interacciones.</p>
	Zona con corrientes de baja intensidad	

Fuente: El autor.

### 5.2.1.2 Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Abiótico de los factores

Dentro de este análisis se incluyen todos los factores que hacen parte del componente abiótico, con el fin de poder establecer las acciones que tienen un mayor impacto en el territorio. En la Figura 5.64, se observa el peso de las diferentes acciones en relación con todos los factores del Componente Abiótico que a su vez está dividido en cuatro subcomponentes importantes: el componente terrestre, el componente hídrico y el componente atmosférico. Cabe mencionar que las acciones más relevantes para serie de factores son las manifestaciones de proceso de carácter local y regional.

**Figura 5.64 El peso de las 35 acciones en relación con el componente abiótico de los factores de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

En la Tabla 5.21, se describe de mejor manera la importancia de las diferentes acciones evaluadas en el territorio. En el caso específico del análisis de las acciones en relación con todos los factores que hacen parte únicamente del Componente Abiótico se ha establecido que todas las acciones manejan un impacto negativo dentro de este componente en el territorio, de las cuales cabe mencionar que un total de 2 acciones se hacen parte de la categoría de Alto Impacto, mientras que en la categoría de Significativo aparecen un total de 14 acciones, por su parte dentro de la categoría de moderados se encuentran un total de 10 de acciones, por otro lado en la categoría de Bajo aparecen un total de 7 acciones, por último, en la categoría de Irrelevante tan solo se encuentra una acción.

**Tabla 5.21 Importancia del Impacto negativo de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados del Componente Abiótico del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
Alto Impacto	Regional	El ICI que se observa en la XX, indica que las acciones que presentan una mayor incidencia en el área de trabajo son las manifestaciones de procesos locales y regionales. Este hecho se a que en el análisis estadístico de la matriz de importancia del impacto y el de coeficiente de impactos, demuestra que la manifestación de procesos locales y regionales tienen incidencia en territorio, siendo ambos de valores extremos, ya que en ellos se evaluaron todas las interacciones matriciales (factor/acción). Por lo tanto, debe leerse con cuidado, ya que esta acción vincula el aspecto de territorialidad de los factores.
	Local	
Significativo	Domos diapíricos	Se han agrupado un total de 7 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados): 1) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (domos diapíricos, volcanes de lodo e intrusiones ígneas).

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Volcanes de lodo	2) Actividad Sísmica (Mayor de 7,0 MI; 7,0 -6,0 MI y 4,0-6,0 MI). 3) Corrientes submarinas (corriente) 4) Actividad tectónica (movimiento de falla, deformación rígida). 5) Modelamiento del Paisaje (intensidad del modelamiento de paisaje, densidad de elementos paisajísticos).
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	6) Fenómenos de Remoción en Masa (deslizamientos, colapsamientos o hundimientos). 7) Dinámica Sedimentaria (zonas erosivas).
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50km.	Las acciones que tienen mayor relevancia dentro de este intervalo teniendo en cuenta solamente el componente abiótico de los factores son los domos diapíricos, volcanes de lodo, sismos mayores de 7, sismos con magnitud entre 6,0 y 7,0 MI, corrientes, y movimientos de falla. Las dos primeras acciones se encuentran relacionadas con la actividad diapírica en la región del Caribe siendo acciones que afectan la superficie del fondo marino, generando numerosas interacciones negativas en el componente terrestre y sobre todo en sus ítems de estructuras geológicas de superficie haciendo énfasis en el desarrollo de emanaderos, pliegues y fallas locales. Así mismo la aparición de estas acciones genera cambios en las rocas superficiales y en las condiciones naturales del suelo.
	Corriente	
	Movimiento de falla	Después en orden de importancia aparecen los sismos con magnitudes mayores a 6,0 MI que pueden generar grandes afectaciones en la estabilidad de las estructuras geológicas en superficie (sinérgico en otras interacciones), en las rocas superficiales y en las condiciones naturales del suelo.
	Intensidad del Modelamiento del paisaje	Otras acciones que tienen implicaciones importantes en el territorio son las corrientes submarinas, intensidad de modelamiento, densidad de elementos paisajísticos y zonas erosivas, las cuales afectan el componente hídrico en cuanto a las condiciones de la columna y en el componente terrestre con cambios en la modelación de las pendientes, algunas estructuras geológicas y en las condiciones naturales del suelo con el desarrollo de la rugosidad y cambios en la sedimentación.
	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 - 100km.	En cuanto a los deslizamientos y hundimientos, que son fenómenos de remoción en masa, sus afectaciones en el territorio en el componente abiótico se dan en mayor medida en las interacciones con las estructuras geológicas en superficie y con la disposición de las pendientes en ciertas áreas como en las colinas abisales.
	Deformación Rígida	
	Deslizamientos	
	Colapsamiento o hundimiento	
	Zonas erosivas	
Ígnea		

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Moderado</b>	Flujos de sedimentos de alta velocidad	Se han agrupado un total de 7 categorías de acciones, de las cuales en orden de importancia se encuentran:
	Deformación plástica	1) Fenómenos de Remoción en Masa (flujos de sedimentos de alta velocidad).
	Contacto de Placa	2) Actividad Tectónica (deformación plástica y contacto de placa)
	Zonas de transporte	3) Dinámicas Sedimentarias (zonas de transporte, zonas de depositación).
	tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina	4) Corrientes Submarinos (tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes, corriente turbidítica).
	Alteración estructural en el paisaje	5) Modelamiento de Paisaje (alteración estructural en el paisaje).
	Domos salinos	6) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y cóncavas (domos salinos).
	Zonas de depositación	7) Actividad Sísmica (probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0 MI).
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0.	Dentro de este intervalo la acción que implica mayores afectaciones en el componente abiótico son los flujos de sedimentos de alta velocidad, ya que puede afectar la rugosidad del fondo, así como la estabilidad de algunas estructuras geológicas, generando problemas de erosión.
	Corriente turbidítica	La deformación plástica, el contacto de placa y menor medida la alteración estructural del paisaje genera importantes afectaciones en estructuras geológicas como fallas regionales, grandes zonas de cizalla, fallas locales y diaclasamiento. Además de producir cambios en las condiciones temperatura y presión en las rocas superficiales, así como variaciones en las condiciones del suelo.
<b>Bajo</b>	Reptación	Se han agrupado un total de 4 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):
	Fenómeno ENSO	1) Fenómeno de Remoción en Masa (reptación, soliflucción, sofusión).
	Soliflucción	2) Variabilidad Climática (Fenómeno ENSO, estacionalidad del clima, estacionalidad del evento).
		3) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI).
		4) Modelamiento del Paisaje (Cambios en la zona litoral)

## Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0.	En este intervalo aparecen dos grupos destacados, uno de ellos está relacionado con los fenómenos de remoción en masa, ya que se encuentran establecidas acciones como reptación, soliflucción y sofusión. Esta serie de acciones tienen interacciones en la superficie del fondo marino, generando cambios en la rugosidad.  El segundo grupo de acciones se encuentra constituido por el Fenómeno ENSO, estacionalidad del clima y estacionalidad del evento que hacen parte del grupo de Variabilidad Climática. Esta serie de acciones afecta la condición climática y en la columna de agua. En el primero cambia las condiciones estándar de temperatura, regímenes viento, mareas entre otros. En cuanto a la columna de agua, esta serie de variaciones climáticas pueden afectar la temperatura superficial, la turbidez y la composición química.  La probabilidad de afectaciones por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI tiene una serie de afectaciones muy puntuales inherentes al desarrollo del evento, aunque si genera afectaciones leves en algunas estructuras geológicas, así como en las condiciones naturales del suelo.
	Sofusión	
	Estacionalidad del clima	
	Cambios de la zona litoral	
	Estacionalidad de evento	
Irrelevante	Zona con corrientes de baja intensidad	La zona con corrientes de baja intensidad tiene poca importancia para el componente abiótico debido a que genera mínimas interacciones en el componente hídrico y atmosférico, por estas razones su peso es irrelevante en el territorio.

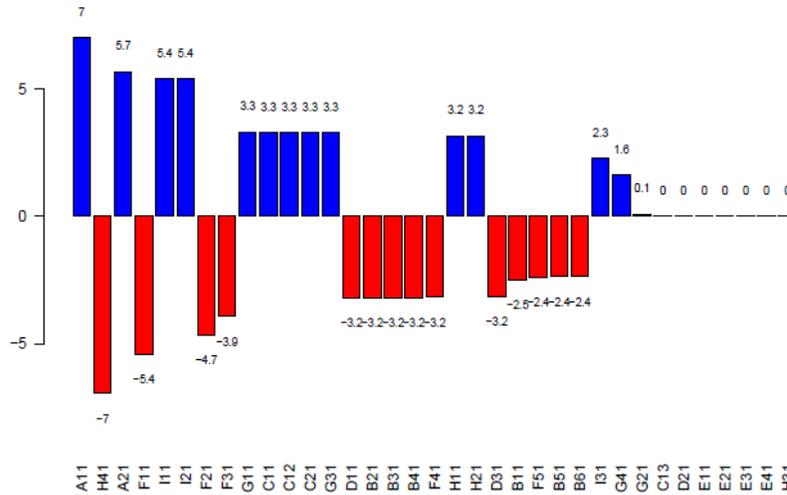
Fuente: El autor.

### 5.2.1.3 Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Biótico de los factores

Dentro de este análisis se incluyen todos los factores que hacen parte del Componente Biótico, con el fin de poder establecer las acciones que tienen un mayor impacto en las comunidades bióticas que establecen dentro del territorio. En la Figura 5.65, se observa el peso de las diferentes acciones en relación con todos los factores que hacen parte de este componente, siendo las acciones más relevantes la manifestación de proceso de carácter local y los cambios en la zona litoral, siendo uno de carácter negativo mientras el segundo está asociado con una interacción positiva dentro del territorio.

A diferencia del componente abiótico en este componente se observa una serie de impactos de tipo positivos, así como negativos por parte de las diferentes acciones que se han establecido para el territorio (Figura 5.65).

**Figura 5.65 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Biótico de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

En la Tabla 5.22 y la Tabla 5.23 se describe de mejor manera la importancia de las diferentes acciones evaluadas dentro de las comunidades que se encuentran vinculadas al territorio. En el caso específico del análisis de las acciones en relación con todos los factores que hacen parte únicamente del Componente Biótico se ha establecido que todas las acciones manejan impactos negativos y positivos dentro de este componente para el territorio.

En cuanto a las acciones que presentan un impacto negativo en relación con los factores bióticos en el territorio se han contabilizado un total de 14, de las cuales tres se encuentran en la categoría de Alto Impacto, 7 en la categoría de Significativo y 4 en la categoría de Moderado (Tabla 5.22).

En cuanto a los impactos positivos en relación con los factores bióticos se disponen un total de 14 acciones, siendo distribuidos 4 en la categoría de Alto Impacto, 7 en la categoría de Significativo, 1 en la categoría de Moderado, 1 en la categoría de Bajo y por último 1 en la categoría de Irrelevante (Tabla 5.23).

Finalmente, es importante mencionar que las acciones de domos salinos, zonas de transporte, movimientos de falla, deformación plástica, deformación rígida, contacto de placa y alteración estructural del paisaje no tienen interacción con los factores que hacen parte de este componente.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

**Tabla 5.22 Importancia de los impactos positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados en el Componente Biótico del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
Alto impacto	Cambios de la zona litoral	<p>Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Modelamiento de Paisaje (Cambios de la zona litoral)</li> <li>2) Actividad Sísmica (Probabilidad de sismo entre 6,0 y 7,0 MI; mayores a 7,0 MI).</li> </ol>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	<p>Las acciones con mayor peso en cuanto a la interacción con el componente abiótico son los cambios en la zona litoral y la probabilidad de sismos entre 6,0 a 7,0 MI, así como sismos superiores a 7,0 MI. La acción de cambios en la zona litoral produce afectaciones en los sistemas bentónicos a partir de la variación de la profundidad en la columna de agua, así como en la disposición de playa generando cambios en la configuración de los sistemas bentónicos, migrando su localización.</p>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50km.	<p>Los sismos de magnitud superior a 7,0 MI afectan los sistemas bentónicos, ya que producen afectaciones directas en la superficie del fondo marino. Así forma en sinérgica estos sismos disparan otros procesos que afectan el relieve de fondo marino generando una sumatoria mayor de afectaciones, ya que pueden ocasionar inestabilidades en la superficie del fondo marino que a su vez pueden ocasionar deslizamientos o flujos de sedimentos de alta velocidad que ponen en peligro a las comunidades bentónicas que se encuentran sobre la superficie del fondo marino.</p>
Significativo	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 - 100km.	<p>Se han agrupado un total de 3 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Actividad sísmica (Probabilidad de sismos entre 6,0 y 4,0 MI con profundidades entre 50 y 100 km; probabilidad de sismos entre 3,0 y 4,0 MI).</li> </ol>
	Zonas erosivas	<ol style="list-style-type: none"> <li>2) Dinámicas sedimentarias (zonas erosivas, zonas de depositación).</li> <li>3) Fenómenos de Remoción en Masa (reptación, sofusión, soliflucción).</li> </ol>
	Reptación	<p>En este intervalo siguen teniendo peso las acciones relacionadas con la actividad sísmica siendo los sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre 50 y 100 km los que producen mayores afectaciones en el componente biótico sobre todo en los sistemas bentónicos, ya que al situarse sobre el sustrato tiende a verse afectado por el movimiento de las ondas. Además, el carácter sinérgico de esta acción podría ocasionar que si disparen otros fenómenos en la superficie del fondo marino como sería el caso de deslizamientos, flujos de alta velocidad entre otros.</p>
	Sofusión	<p>En cuanto a los sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI el efecto que generan tiende a ser de carácter local así como su efecto sinérgico con otros procesos en la zona es menor, sin embargo si el evento sísmico se produce en cercanías a una comunidad biótica puede ocasionar afectaciones en la misma.</p>
	Soliflucción	<p>En cuanto a las zonas erosivas y zonas de depositación su impacto sobre las comunidades bióticas se debe a que son lugares en donde el asentamiento de las comunidades bentónicas se dificulta, ya que por un lado en las zonas erosivas se generan tasas importantes de enterramiento, dificultando el establecimiento de estos organismos en</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0.	<p>estas áreas, en contraste las zonas erosivas tienden a ser áreas en donde el asentamiento de estas comunidades se dificulte a raíz del constante movimiento del material.</p> <p>Finalmente, las acciones de reptación, solifluxión, sufusión generan afectaciones en la superficie del fondo marino, produciendo un efecto importante y en muchos casos constante sobre las comunidades bentónicas en el área.</p>
	Zonas de depositación	
<b>Moderado</b>	Deslizamientos	<p>Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, de las cuales en orden de importancia se encuentran:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Fenómenos de remoción en masa (deslizamientos, colapsamientos o hundimientos y flujos de alta velocidad)</li> <li>2) Actividad sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI).</li> </ol> <p>Las tres acciones que hacen parte del grupo de fenómenos de remoción en masa pueden afectar algunos sistemas bentónicos, ya que alteran la estructura de la superficie del fondo marino, sin embargo, su grado de afectación es menor, ya que son fenómenos de poca duración, permitiendo que estos organismos puedan poblar estas áreas.</p> <p>En cuanto a la probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI en relación con las comunidades bióticas, se ha establecido que el efecto es de tipo puntual y en algunos casos su afectación se debe en mayor medida a la sinergia que tiene esta acción con otros procesos que se pueden ocasionar en la superficie del fondo marino y que afectarían las posibles comunidades ya establecidas en esas áreas.</p>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0.	
	Colapsamiento o hundimiento	
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	

Fuente: El autor.

**Tabla 5.23 Importancia del Impacto positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados en el Componente Biótico del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Alto impacto</b>	Regional	<p>Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Manifestación del Proceso (regional, local)</li> <li>2) Variabilidad climática del territorio (estacionalidad del clima, estacionalidad del evento).</li> </ol>
	Local	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Estacionalidad del clima	<p>Los aspectos regionales y locales del territorio inciden en la generación de condiciones apropiadas para el desarrollo de una gran diversidad de comunidades tanto nectónicas, plantónicas y bentónicas; por un lado los aspectos regionales inciden en la distribución espacial de estas comunidades a lo largo del margen del Talud caribana, mientras condiciones locales son especiales permiten la especificidad en el desarrollo de nichos ecológicos, como por ejemplo el desarrollo de comunidades quimiosintéticas.</p> <p>Así mismo el gran número de elementos paisajísticos permiten el establecimiento de diferentes tipos de comunidades biológicas a lo largo del área de estudio, como es referido en el estudio de Biodiversidad del Margen Continental del Caribe Colombiano (INVEMAR. 2010b), donde identifican comunidades de crustáceos, moluscos, equinodermos, briozoos y peces.</p> <p>En concordancia con lo anterior las acciones relacionadas con la variabilidad climática como son los casos de estacionalidad del clima y estacionalidad del evento, producen importantes cambios en las condiciones de los recursos en el sistema, generando cambios de distribución de las comunidades en función de las épocas del año o eventos de variabilidad climática anuales, inter-anales o inter-decadales.</p>
	Estacionalidad del evento	
Significativo	Corriente	Se han agrupado un total de 3 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):
	Domos diapíricos	1) Corrientes submarinas (corriente, tendencia e inversión de corrientes)
	Volcanes de lodo	2) Anomalías Paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (Domos Diapíricos, volcanes de lodo, domos salinos).
	Ígneo	3) Modelamiento de Paisaje (densidad de elementos paisajísticos, intensidad de modelamiento de paisaje).
	Tendencia e inversión de las corrientes	<p>Las acciones como corriente, tendencia e inversión de las mismas generan cambios en la dinámica de las comunidades nectónicas. Este hecho se debe a que en las corrientes se distribuyen una gran cantidad de nutrientes que provienen de diversas partes del Caribe e inclusive del Atlántico. Otro efecto importante es que las corrientes se asocian con las variaciones climáticas que a su vez producen cambios en las condiciones de la columna de agua dando como resultado migración de las comunidades nectónicas.</p> <p>En cuanto a las acciones relacionadas con las anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas se encuentran en este intervalo los domos diapíricos y los volcanes de lodo, ya que estas estructuras generan una serie de condiciones favorables para el desarrollo de comunidades que asimilan los diferentes elementos que se desprenden de ellos.</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

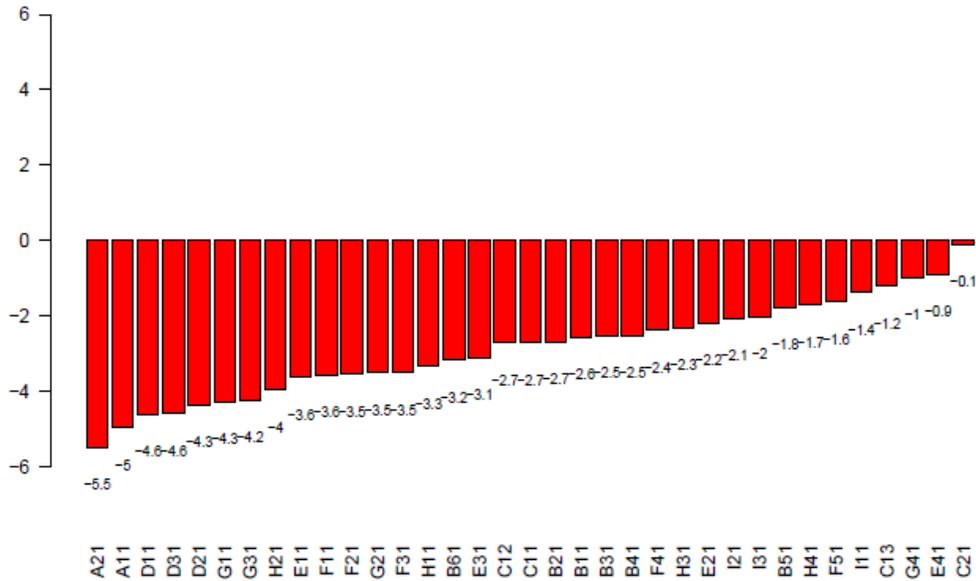
Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	<p>Densidad de elementos paisajísticos</p> <p>Intensidad del Modelamiento del Paisaje</p>	<p>Por este hecho las estructuras diapíricas y esta clase de comunidades están estrechamente relacionadas.</p> <p>Por último, en este intervalo se encuentran las acciones de densidad de elementos paisajísticos e intensidad del modelamiento de paisaje que tienen importantes implicaciones sobre manifestación de las comunidades bióticas en el territorio, ya que el primero está en relación con la cantidad de elementos paisajísticos dentro de un área determinada, siendo las zonas más densas los lugares con mayor oferta de unidades para el asentamiento de las diferentes comunidades en el área. La segunda acción hace referencia a la generación de nuevas unidades que permitan el asentamiento de diferentes grupos de comunidades.</p>
<b>Moderado</b>	<b>Fenómeno ENSO</b>	<p>El Fenómeno ENSO genera cambios en las condiciones climáticas del Caribe, trayendo consigo posibles variaciones en la distribución de algunas comunidades de carácter neotónico. Otro efecto importante de este fenómeno es el cambio en la tasa de sedimentación procedente de los ríos más importantes como el Magdalena que amplía o disminuye la extensión del abanico submarino. Este efecto trae consigo una redistribución espacial de los sedimentos y nutrientes transportados, generando cambios en la distribución de los diferentes organismos dependiendo de la disponibilidad de recursos en la zona.</p>
<b>Bajo</b>	Zona con corrientes de baja intensidad	<p>Las zonas con corrientes de baja intensidad fueron asignadas dentro de esta categoría a raíz del efecto de esta acción sobre el territorio, ya que las velocidades de las corrientes a 2,500 m de profundidad son bajas, siendo las condiciones en donde se han establecidos los diferentes organismos en el territorio.</p>
<b>Irrelevante</b>	Corriente turbidítica	<p>En cuanto a la calificación de esta acción con su interacción con las diferentes comunidades presentes en el territorio, se ha observado que sus interacciones son de carácter puntual, así como su poca duración ya que en muchos casos estas corrientes pueden actuar por lapsos de tiempo.</p>
<b>Sin interacción</b>	<p>Domos salinos</p> <p>Zonas de transporte</p> <p>Movimiento de falla</p> <p>Deformación rígida</p> <p>Contacto de placa</p> <p>Intensidad de modelamiento de paisaje</p>	<p>Esta serie de acciones no demostró en el análisis matricial y en el análisis de indicadores interacción alguna con los factores bióticos.</p>

Fuente: el autor

#### 5.2.1.4 Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Paisajístico de los factores.

Dentro de este análisis se incluyen todos los factores que hacen parte del Componente Paisajístico, con el fin de poder establecer las acciones que tienen un mayor impacto en las unidades de paisaje que establecen dentro del territorio. En la Figura 5.66, se observa el peso de las diferentes acciones en relación con todos los factores que hacen parte de este componente, siendo las acciones más relevantes la manifestación de proceso de carácter local, regional, así como las zonas erosivas y las zonas de depositación.

Figura 5.66 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Paisajístico de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.



Fuente: El autor.

En la Tabla 5.24, se describe de mejor manera la importancia de las unidades de paisajes que se encuentran localizadas en el territorio. En el caso específico del análisis de las acciones en relación con todos los factores que hacen parte del Componente Paisajístico se ha establecido que todas las acciones manejan un impacto negativo dentro del territorio, de las cuales un total de 4 acciones se encuentran dentro de la categoría de Alto Impacto, en la categoría de Significativo aparecen 12 acciones, por su parte dentro de la categoría de moderados se encuentran un total de 11 acciones, en cuanto a la categoría de Bajo se han asociado un total de 6 acciones, mientras en la categoría de Irrelevante se encuentran solamente 2 acciones.

Tabla 5.24 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Paisajístico del territorio.

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
Alto Impacto	Local	Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Regional	<p>1) Manifestación del Proceso (local, regional).</p> <p>2) Dinámicas Sedimentarias (zonas erosivas, zonas de depositación).</p> <p>Las dos primeras acciones en orden de importancia están relacionadas con la disposición de las unidades de paisaje dentro del territorio. En cuanto al carácter local su importancia se debe a la densidad de unidades en el territorio, siendo el sector oriental del área de estudio el lugar con mayor número de unidades, ya que en este lugar existen diversos procesos de carácter puntual que han permitido generar una diversidad de unidades en el territorio. En la manifestación de proceso de carácter regional en el área de estudio se encuentra asociada por la expresión de dos unidades regionales, el Talud Caribaná y la Cuenca Colombia.</p> <p>La primera unidad se localiza en el sector oriental y se encuentra caracterizada por una serie de morfologías abruptas que tienen relación la generación de una serie de colinas abisales. La segunda unidad se localiza en el sector occidental y está relacionada con una morfología suave de amplias llanuras con la aparición de algunos canales submarinos en ciertas partes del área de estudio. La unión de estas dos unidades crea la configuración paisajística de la zona por ende su importancia.</p> <p>En cuanto a las otras dos unidades se encuentran asociadas con acciones que intervienen en la transformación del territorio como son los casos de las zonas erosivas y las zonas de depositación.</p> <p>En las zonas erosivas se produce una acción constante en la transformación de algunas unidades de paisaje como es el caso de la disección de algunos cañones submarinos en las colinas abisales. En las zonas de depositación se produce un cambio paulatino en las áreas bajas como es el caso de las llanuras abisales que viven cambiando a partir de la depositación de sedimentos recientes, generando una constante inestabilidad en las unidades de paisaje.</p>
	Zonas erosivas	
	Zonas de depositación	
<b>Significativo</b>	Zonas de transporte	Se han agrupado un total de 6 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:
	Corriente	1) Dinámicas Sedimentarias (zonas de transporte,)
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina	2) Corrientes submarinas (corriente, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes, corriente turbiditca)
	Intensidad del Modelamiento del paisaje	3) Modelamiento de Paisaje (intensidad del modelamiento del paisaje, densidad de elementos paisajísticos) 4) Actividad Tectónica (Movimiento de falla, deformación rígida).

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Movimiento de falla	5) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos mayores a 7,0MI, sismos entre 6,0 y 7,0 MI y sismos entre 4,0 y 6,0MI).
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	6) Fenómenos de Remoción en Masa (flujos de sedimentos de alta velocidad).
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50km.	La acción con mayor peso en este intervalo se denomina zonas de transporte y su importa se debe a la transformación que presenta este proceso en las unidades de paisaje, ya que esta acción tiene un efecto sinérgico con las zonas de erosión e inclusive siendo efecto de disparo de algunos procesos de remoción en masa que van cambiando la configuración paisajística del territorio.
	Corriente turbidítica	Las acciones relacionadas con corrientes submarinas en este caso corriente, corriente turbidítica y tendencia e inversión de las mismas, tienen un peso importante en el desarrollo paisajístico, ya que van moldeando el territorio a partir del efecto de estas acciones sobre la superficie del fondo marino y en concreto en algunas unidades de paisaje como las colinas, los canales, las laderas, los hundimientos entre otros, dando como resultado la alteración de unidades preexistente o la creación de nuevas.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 - 100km.	En cuanto a las acciones relacionadas con modelamiento de paisaje en este intervalo aparecen por su peso intensidad de modelamiento y densidad de elementos, los cuales son muy importantes, ya que el primero se relaciona con los diferentes procesos de carácter erosivo, algunas zonas de transporte, o los fenómenos de remoción en masa, que a su vez van cambiando la forma de algunas unidades en el área. La densidad de elementos hace referencia a la configuración paisajística en términos tanto local como regional que va encaminada a entender la configuración del paisaje en el territorio.
	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	La actividad tectónica genera importantes cambios en el desarrollo paisajístico en el territorio, ya que en este caso la deformación rígida produce el movimiento de fallas que pueden cambiar algunos rasgos de las unidades de paisaje o incluso cambiarlas por completo, por causa del efecto sinérgico que presentan estas acciones con otros procesos como los fenómenos de remoción en masa, que en este caso podrían cambiar la morfología de la unidad cambiando del mismo modo el paisaje.
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	Las acciones relacionadas con la actividad sísmica tienen un gran peso en cuanto al componente paisajístico, ya que los sismos mayores de 7,0 MI y sismos entre 6,0 y 7,0 producen grandes afectaciones en las unidades paisajísticas, ya que por su efecto sinérgico con otros fenómenos pueden repercutir en la generación de nuevas unidades de paisaje como es la aparición de nuevos domos diapíricos por el efecto de sismos importantes.
	Deformación Rígida	Otro efecto sinérgico la reactivación de sistemas de fallas que pueden alterar las condiciones de algunas unidades localizadas en las colinas, o producir nuevos fenómenos de remoción en masa en diferentes lugares del territorio. En cuanto a los sismos

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
		<p>con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI su impacto es importante, sin embargo, no tienen las connotaciones espaciales que los otros sismos previamente explicados, aunque los procesos sinérgicos asociados a ellos son similares.</p> <p>Los flujos de sedimentos de alta velocidad tienen una interacción importante en relación con la componente paisajística, debido a que esta clase de fenómeno erosiona algunas unidades localizadas en las colinas y así mismo deposita el material sobre las llanuras abisales localizadas en el sector occidental, siendo un proceso que modela grandes sectores del territorio.</p>
<b>Moderado</b>	<p>Volcanes de lodo</p> <hr/> <p>Domos diapíricos</p> <hr/> <p>Reptación</p> <hr/> <p>Deslizamientos</p> <hr/> <p>Sofusión</p> <hr/> <p>Soliflucción</p> <hr/> <p>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0.</p> <hr/> <p>Alteración estructural en el paisaje</p>	<p>Se han agrupado un total de 6 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Anomalías Paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (volcanes de lodo, domos diapíricos).</li> <li>2) Fenómenos de Remoción en Masa (reptación, deslizamientos, sofusión, soliflucción).</li> <li>3) Actividad sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0).</li> <li>4) Modelamiento del Paisaje (alteración estructural en el paisaje).</li> <li>5) Actividad Tectónica (deformación plástica).</li> <li>6) Variabilidad Climática del Territorio (estacionalidad del evento, fenómeno ENSO).</li> </ol> <p>Los volcanes de lodo y los domos diapíricos que hacen parte de las anomalías paisajísticas asociadas formas cónicas y dómicas son las acciones que manejan el mayor peso en esta categoría producto de los cambios que generan en medio de las colinas abisales, ya que al desarrollarse pueden generar nuevas fallas y diaclasas que alteran el paisaje. Así mismo su proceso de ascenso deforma las capas superficiales generando cambios en las unidades de paisaje aledañas. Por último, la inestabilidad de estas unidades puede producir otros fenómenos como colapsamientos o hundimientos dentro de la estructura o en áreas cercanas a la misma.</p> <p>Los fenómenos de remoción en masa que se encuentra en esta categoría son los deslizamientos, las reptaciones, sofusiones y soliflucciones, que cambian de manera de manera puntual algunas unidades de paisaje relacionadas con las colinas abisales. Esta clase de fenómenos de remoción en masa al ir erosionando las colinas dan pie a nuevas unidades paisajísticas por ende su importancia.</p> <p>Los sismos con magnitudes entre los 3,0 y 4,0 MI generando algunas afectaciones de carácter de índole local sobre algunas unidades de paisaje, así mismo el grado de afectación del sismo dependerá de la cercanía del mismo con el territorio. Sin embargo, si se registra un sismo cercano o dentro del área de trabajo puede producir un efecto sinérgico, que implica el</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Deformación plástica	<p>desarrollo de fenómenos de remoción en masa, o la aparición de nuevas estructuras geológicas en superficie que traerían consigo una alteración de algunas unidades de paisaje.</p> <p>En cuanto al modelamiento de paisaje en esta categoría aparece una acción que se denomina alteración estructural del paisaje, la cual genera cambios en el paisaje a partir del desarrollo de otros efectos como la deformación rígida y el movimiento de fallas que repercuten a su vez en la generación de unidades de paisaje nuevas.</p> <p>La deformación plástica incide en el desarrollo del paisaje de manera importante, ya que genera las deformaciones que derivan en la creación de las colinas abisales, así mismo en el desarrollo del diapirismo que desencadena en la generación de nuevas unidades como los domos y los volcanes de lodo.</p> <p>Por último, en esta categoría se encuentran las acciones de estacionalidad del evento y fenómeno ENSO, que desarrollan un efecto de manera indirecta ya que la variación climática incide en los cambios de la tasa de sedimentación de importantes ríos en Colombia, como es el caso del río Magdalena que lleva gran cantidad de sedimentos y los deposita sobre la región del talud e incluso llegan a la Cuenca Colombia. Esta acción del río ha generado cambios de carácter regional sobre el talud al ir erosionándolo en ciertas partes, por esta razón la fuerza o la cantidad de sedimentos estará en función del aporte de los diferentes caudales que estarán conectados con el número de precipitaciones sobre el continente.</p>
	Estacionalidad de evento	
	Fenómeno ENSO	
<b>Bajo</b>	Colapsamiento o hundimiento	<p>Se han agrupado un total de 6 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 1)Fenómenos de Remoción en Masa (colapsamiento o hundimiento)</li> <li>2) Modelamiento de Paisaje (cambios de la zona litoral).</li> <li>3) Actividad sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI).</li> <li>4) Variabilidad Climática del Territorio (estacionalidad del clima).</li> <li>5) Anomalías Paisajísticas asociadas a formas cónicas y cóncavas (domos salinos).</li> <li>6) Corrientes submarinas (zonas con corrientes de baja intensidad).</li> </ol> <p>Los colapsamientos generan alteraciones locales dentro del desarrollo paisajístico del territorio, ya que al formarse alteran las unidades de paisaje.</p> <p>Los cambios de la zona litoral está relacionado con los cambios en los niveles de transgresión y regresión del mar que a su vez</p>
	Cambios de la zona litoral	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.	
	Estacionalidad del clima	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Domos salinos	<p>está unido con cambios en los lugares de desembocadura de los diferentes ríos, trae resultado que la dinámica sedimentaria cambie y por consiguiente en el área de estudio se observan pulsos de mayor sedimentación que trae consigo erosión y depositación que se producen simultáneamente en el territorio dando como resultado cambios en la configuración paisajística del área de estudio.</p>
	Zona con corrientes de baja intensidad	<p>Los sismos con magnitudes menores a 3,0 MI generan pocas alteraciones muy puntuales en ciertos lugares, aunque su efecto dependerá de la cercanía del evento.</p> <p>La estacionalidad del clima en este contexto está relacionada con la variación de épocas en el año. Esta acción tiene una interacción de manera indirecta ya que la variación climática tiene repercusiones en la tasa de sedimentaria de los diferentes ríos que desembocan en el litoral Caribe, generando un aumento o una disminución en el impacto que tienen estos ríos sobre la región del Talud y la cuenca Colombia. No obstante, su variación podría no ser tan significativa por lo tanto el efecto dentro del área de estudio es bajo.</p> <p>Los domos salinos tienen un efecto similar a los domos de carácter diapírico sobre el paisaje en el territorio, no obstante, su baja aparición dentro del territorio, los hace tener como una acción que no incide mayores cambios paisajísticos en el territorio.</p> <p>Las zonas con corrientes de baja intensidad generan cambios paulatinos en la configuración de las unidades en el territorio, sin embargo, su efecto es a largo plazo por ende se encuentra dentro de estas categorías.</p>
Irrelevante	Contacto de Placa	<p>El contacto de placa maneja implicaciones de carácter principalmente indirecto al desarrollar otros procesos como la deformación rígida principalmente, sin embargo, actualmente en la configuración paisajística actual sus efectos no serían relevantes.</p> <p>Las anomalías de paisaje asociadas formas cónicas y dómicas relacionadas con procesos de carácter ígneo dentro del área no se han podido establecer de manera verídica si existen ya que es necesario tener más herramientas que permitan conocer en profundidad el carácter del material en el subsuelo.</p>

Fuente: El autor.

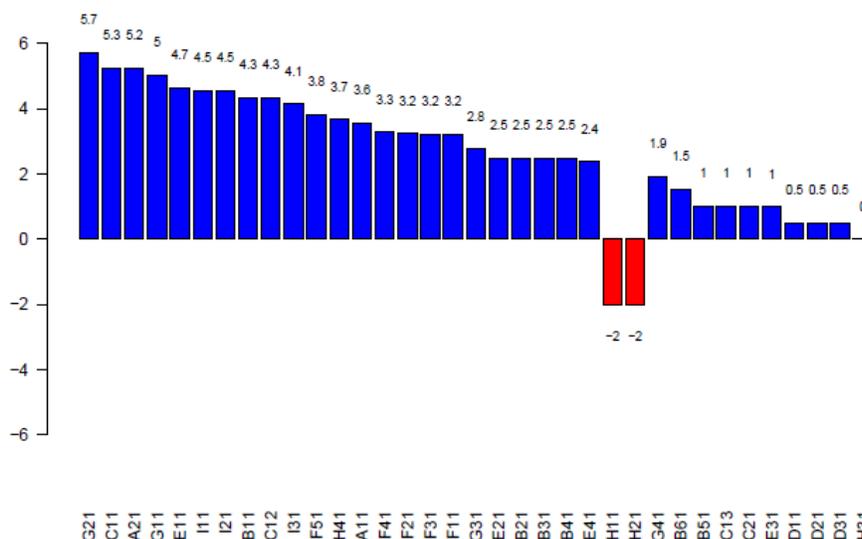
### 5.2.1.5 Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Social de los factores

Dentro de este análisis se incluyen todos los factores que hacen parte del Componente Social, con el fin de poder establecer las acciones que tienen un mayor impacto en el contexto del ámbito social y formativo de las comunidades cercanas al área de estudio. En la Figura 5.67, se observa el peso de las diferentes acciones en relación con todos los factores que hacen parte de este componente, siendo las acciones más relevantes las

corrientes turbidíticas, la manifestación del proceso de carácter local, los domos diapíricos y las corrientes.

Es importante mencionar que a diferencia de los otros componentes evaluados en la matriz en este componente se observa principalmente una serie de impactos positivos (Figura 5.67).

**Figura 5.67 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Social de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

Así mismo, en la Tabla 5.25 y la Tabla 5.26 se describe de mejor manera la importancia de las diferentes acciones evaluadas en el contexto de ámbito social y formativo de las comunidades vinculadas al área de estudio. En el caso específico del análisis de las acciones en relación con todos los factores que hacen parte únicamente del Componente Social se ha establecido que las diferentes acciones manejan principalmente impactos positivos y positivos dentro de este componente para el territorio. En cuanto a las acciones que presentan un impacto negativo en relación con los factores sociales en el territorio se han contabilizado un total de 2, de las cuales ambas se encuentran en la categoría de Moderado Tabla 5.25.

En cuanto a los impactos positivos en relación con los factores sociales se disponen un total de 32 acciones, las cuales se distribuyeron 7 en la categoría de Alto Impacto, 10 en la categoría de Significativo, 6 en la categoría de Moderado, 6 en la categoría de Bajo y por último 3 en la categoría de Irrelevante (Tabla 5.26). Por último, es importante mencionar que la acción de alteración estructural del paisaje no tiene interacción con los factores que hacen parte de este componente.

**Tabla 5.25 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Moderado</b>	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	En esta categoría solamente dos acciones que están relacionadas con el Modelamiento de Paisaje. Una de ellas es la densidad de elementos paisajísticos que tiene relación con las variaciones en la dinámica costera a partir de los cambios en el nivel del mar, generando que las diferentes poblaciones se reubiquen o construyan medidas para afrontar esta problemática.
	Intensidad del Modelamiento del paisaje	En cuanto a la intensidad del modelamiento en este caso tiene que ver con la constante acción del oleaje sobre las unidades de paisaje en la costa, ocasionando problemas de erosión costera que afectan la población civil y el desarrollo de actividades económicas como la turística y la portuaria. En el ambiente marino profundo esta acción puede generar problemas en la estabilidad de la estructuras que residan en el fondo marino como es el caso de redes submarinas y pozos.

Fuente: El autor.

**Tabla 5.26 Importancia de los impactos positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Alto Impacto</b>	Corriente turbidítica	Se han agrupado un total de 5 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:  1) Corrientes submarinas (corriente turbidítica, corriente). 2) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (Domos diapíricos). 3) Manifestación del proceso (local). 4) Actividad tectónica (movimiento de falla) 5) Variabilidad climática (estacionalidad del clima, estacionalidad del evento).
	Domos diapíricos	
	Local	
	Corriente	
	Las acciones de corrientes turbidítica, así como corrientes tienen un impacto positivo en relación con el componente social de la matriz debido al conocimiento de la acción en términos de posibles riesgos y amenazas de estas acciones sobre el mar, lo cual permite tomar mejores decisiones frente al manejo de estas amenazas, la gestión del riesgo de las mismas y la delimitación de áreas de importancia de ambiental. Estas acciones han sido fuente de amplias investigaciones que han servido para el entendimiento de los patrones ambientales en el mar Caribe; todos estos impactos evaluados en la matriz	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Movimiento de falla	Los domos diapiros manejan un peso importante en relación con el componente social, debido a que son procesos que han sido discutidos ampliamente por la comunidad científica, generando diferentes investigaciones acerca de sus génesis en el Caribe. Así mismo a partir de esta serie de investigaciones se conoce tanto su amenaza, así como los riesgos que afrontan las autoridades acerca d este fenómeno.
	Estacionalidad del clima	En cuanto a la manifestación de procesos locales tiene una interacción positiva debido al interés científico por conocer y entender los diferentes fenómenos que se dan en el Caribe. Este conocimiento de los diferentes fenómenos ha permitido generar una idea de las diferentes amenazas que existen en el Caribe desde el punto de vista local, permitiendo que cada comunidad pueda afrontar los riesgos cercanos.
	Estacionalidad de evento	<p>El movimiento de falla se ha establecido en la matriz como una interacción que genera impactos negativos sobre la población civil; sin embargo, presenta una interacción positiva en la mayoría de factores, resaltando el conocimiento de la amenaza, lo que permite entender su dinámica, los niveles de riesgo, delimitar áreas y proponer medidas para su mitigación.</p> <p>En cuanto a la estacionalidad del evento, así como la estacionalidad del clima tiene implicaciones importantes sobre las diferentes poblaciones que viven sobre el litoral, ya que la variación climática está relacionada con la migración de comunidades bióticas que son la fuente de alimento y trabajo de varias poblaciones sobre el litoral. Así mismo, en cuanto al entendimiento de la hidro-climatología del Caribe existen diversas investigaciones que han permitido entender sus variaciones y su relación con los fenómenos climáticos extremos para permitir entender mejor la amenaza para disminuir el riesgo sobre las poblaciones.</p>
<b>Significativo</b>	Deslizamientos	Se han agrupado un total de 6 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:
	Volcanes de lodo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Fenómenos de Remoción en Masa (deslizamientos).</li> <li>2) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (volcanes de lodo).</li> </ol>
	Fenómeno ENSO	<ol style="list-style-type: none"> <li>3) Variabilidad climática del territorio (fenómeno ENSO)</li> <li>4) Actividad Sísmica (sismos menores a 3,0 MI; sismo entre 4,0 y 3,0 MI, sismos entre 4,0 y 6,0 MI; sismos entre 6,0 y 7,0; sismos mayores a 7,0 MI).</li> </ol>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Actividad tectónica (movimiento de falla)</li> <li>5) Modelamiento del Paisaje (cambios en la zona litoral).</li> <li>6) Manifestación del Proceso (local)</li> </ol>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	<p>Cambios de la zona litoral</p> <p>Regional</p> <p>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0.</p>	<p>Los deslizamientos presentan una interacción positiva debido al conocimiento que representa el fenómeno, lo que ha sido fuente para entender las amenazas y sus niveles de riesgo, lo que ha permitido generar lineamientos, así como normas por las entientes encargadas con el objetivo de limitar las actividades en estas áreas.</p> <p>Los volcanes de lodo manejan un peso importante en relación con el componente social, debido a que son procesos que han sido discutidos ampliamente por la comunidad científica, lo que ha permitido establecer líneas de investigación acerca de esta clase de fenómenos sobre el Caribe. Así mismo a partir de esta serie de investigaciones se conoce tanto su amenaza, así como los riesgos que afrontan las autoridades acerca d este fenómeno.</p>
	<p>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50 km.</p> <p>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 - 100km.</p> <p>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.</p>	<p>En esta categoría se encuentra todo el grupo de acciones relacionadas con la actividad sísmica en la región. Es importante mencionar que este grupo de acciones maneja un impacto sumamente negativo en cuanto a la interacción con el factor poblacional, no obstante, presenta una interacción positiva debido al conocimiento que representa el fenómeno lo que permite entender las amenazas y sus niveles de riesgo. Dando como resultado normativas que permiten establecer áreas con mayores niveles de riesgo en el litoral Caribe. En cuanto a la investigación, la actividad sísmica en la región del Caribe ha sido ampliamente estudiada por la comunidad científica.</p> <p>Los cambios en la zona litoral tienen una interacción negativa en las diferentes comunidades asentadas sobre el litoral Caribe, no obstante, se ha evaluado en los demás factores tiene una interacción positiva ya que el conocimiento de este fenómeno ha permitido establecer las áreas de mayor amenaza, así como riesgo. Así mismo el interés mundial por conocer los cambios que implica fenómeno del calentamiento global en las zonas litorales a nivel mundial ha permitido generar diferentes líneas de investigación con la finalidad de entender las nuevas dinámicas en el comportamiento de la zona litoral.</p> <p>En cuanto a la manifestación de procesos regionales tiene una interacción positiva debido al interés científico por conocer y entender los diferentes fenómenos que se dan en el Caribe. Este conocimiento de los diferentes fenómenos ha permitido generar una idea de las diferentes amenazas que existen en el Caribe desde el punto de vista regional, con el objetivo de que el gobierno pueda establecer pautas para disminuir amenazas de gran importancia como es el caso de la erosión costera en la región Caribe.</p>
<b>Moderado</b>	<p>Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina</p> <p>Deformación plástica</p>	<p>Se han agrupado un total de 3 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:</p> <p>1) Corrientes submarinas (tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas).</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Reptación	2) Actividad tectónica (deformación plástica, contacto de placa).
	Sofusión	3) Fenómenos de Remoción en Masa (reptación, sofusión, soliflucción).
	Soliflucción	<p>La tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas tiene una interacción positiva en relación con el componente social, condicionado por el conocimiento de la comunidad científica en sus investigaciones, que a su vez ha permitido mejorar las posibles amenazas y riesgos que presenta este fenómeno sobre las comunidades que transitan sobre el mar Caribe.</p> <p>En cuanto a las acciones relacionadas con la actividad tectónica dentro esta categoría se encuentran la deformación plástica y el contacto de placa que manejan una interacción positiva debido al interés científico por entender la configuración tectónica en el sector septentrional en el Caribe.</p>
	Contacto de Placa	<p>En cuanto a la deformación plástica su interés tiene relación con el desarrollo de los procesos de diapirismo en el Caribe por ende su interés en la comunidad científica. En ambos casos el entendimiento del contexto regional permite entender los procesos que se asocian por un lado en el contacto de placa con el desarrollo de actividad sísmica y por el otro el diapirismo y otros fenómenos plásticos, que a su vez permiten establecer los riesgos y las amenazas asociadas a la aparición de estas acciones.</p> <p>La reptación, la sofusión y la soliflucción presentan una interacción positiva debido al conocimiento que representa el fenómeno, lo que ha sido fuente para entender las amenazas y sus niveles de riesgo, lo que ha permitido generar lineamientos, así como normas por las entidades encargadas con el objetivo de limitar las actividades en estas áreas.</p>
<b>Bajo</b>	Zona con corrientes de baja intensidad	Se han agrupado un total de 4 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Corrientes submarinas (zonas con corrientes de baja intensidad).</li> <li>2) Fenómenos de remoción en masa (flujos de sedimentos de alta velocidad, colapsamientos o hundimientos).</li> <li>3) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (Domos salinos, ígneos)</li> </ol>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Colapsamiento o hundimiento	Las zonas con corrientes de baja intensidad únicamente tienen una interacción con el componente social, en el factor de investigación. Su relación se debe al entendimiento de las corrientes que se encuentran en la región del Caribe.
	Domos salinos	Los flujos de alta velocidad presentan una interacción positiva debido al conocimiento que representa el fenómeno, lo que ha sido fuente para entender las amenazas y sus niveles de riesgo, lo que ha permitido generar lineamientos, así como normas por las entidades encargadas con el objetivo de limitar las actividades en estas áreas.
	Ígneo	Los hundimientos manejan una interacción positiva debido a que en la matriz maneja tres interacciones positivas, la primera está en función del conocimiento de la amenaza que esta representa, la segunda se encuentra asociada con la noción de riesgo que se tiene acerca de este fenómeno y la tercera interacción está vinculada con los diferentes trabajos científicos, con el fin de poder entender la manera en que este fenómeno actúa en el terreno.
	Deformación Rígida	Los domos salinos, así como la caracterización de rocas de tipo ígneo en la región tienen una interacción positiva con el componente social en la matriz, a raíz de su relación con el factor de investigaciones de carácter científico.  En cuanto a la deformación rígida tiene una interacción positiva por causa del conocimiento científico a raíz de las investigaciones, así como el conocimiento de la amenaza y el riesgo. Sin embargo, es importante mencionar que esta interacción con el componente social tiene una interacción negativa con el factor poblacional, que disminuye las otras interacciones positivas.
<b>Irrelevante</b>	Zonas erosivas	Se han agrupado un total de una categoría de acciones:  1) Dinámicas Sedimentarias (zonas erosivas, zonas de transporte, zonas de depositación).
	Zonas de transporte	Las tres acciones que hacen parte del grupo de Dinámicas Sedimentarias manejan una fuerte interacción negativa con el factor poblacional a raíz de los efectos que estas acciones manejan sobre la población civil.
	Zonas de depositación	No obstante, en términos generales su relación con el componente social es positivo debido a que maneja cuatro interacciones positivas con los otros factores de este componente, siendo observable interacciones positivas con el conocimiento del riesgo y la amenaza, así como las socializaciones acerca del tema y por último el desarrollo del conocimiento científico acerca de la dinámica sedimentaria en el litoral Caribe y sus posibles efectos en las comunidades que habitan estos sectores.
<b>Sin interacción</b>	Alteración estructural en el paisaje	Esta acción no presenta interacción con alguno de los factores asociados al componente social de la matriz.

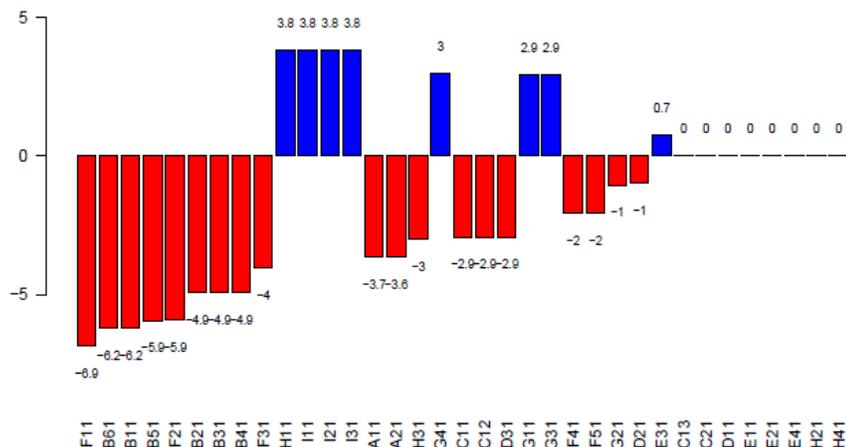
Fuente: El autor.

### 5.2.1.6 Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Económico de los factores

En este análisis se incluyen todos los factores que hacen parte del Componente Económico, con el fin de poder establecer las acciones que tienen un mayor impacto en las actividades económicas vinculadas con el área de estudio. En la Figura 5.68, se observa el peso de las diferentes acciones en relación con todos los factores que hacen parte de este componente, siendo las acciones más relevantes la probabilidad de afectación por sismos superiores a 7,0 MI, los flujos de sedimentos de alta velocidad, los deslizamientos y los hundimientos.

Es importante mencionar que a diferencia del componente abiótico y el paisajístico en este componente se observa una serie de impactos de tipo positivos, así como negativos por parte de las diferentes acciones que se han establecido para el territorio (Figura 5.68).

**Figura 5.68 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Económico de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

Así mismo, en la Tabla 5.27 y la Tabla 5.28 se describe de mejor manera la importancia de las diferentes acciones evaluadas en las actividades económicas vinculadas al área de estudio. En el caso específico del análisis de las acciones en relación con todos los factores que hacen parte únicamente del Componente Económico se ha establecido que las diferentes acciones manejan impactos positivos y positivos dentro de este componente para el territorio. En cuanto a las acciones que presentan un impacto negativo en relación con los factores económicos en el territorio se han contabilizado un total de 19, de las cuales 8 se encuentran en la categoría de Alto Impacto, 4 en la categoría de Significativo, 5 en la categoría de Moderado y 2 acciones pertenecen a la categoría de Bajo (Tabla 5.27).

En cuanto a los impactos positivos en relación con los factores económicos se disponen un total de 8 acciones, las cuales se distribuyeron 5 en la categoría de Significativo, 2 en la categoría de Moderado y una en la categoría de Irrelevante (Tabla 5.28).

Por último, es importante mencionar que las acciones de domos salinos, procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo), zonas erosivas, movimiento de falla, contacto de placa, intensidad de modelamiento de paisaje y cambios en la zona litoral no tienen interacción con los factores que hacen parte de este componente.

**Tabla 5.27 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con los factores evaluados para el Componente Económico del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Alto Impacto</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:
	Flujos de sedimentos de alta velocidad	
	Deslizamientos	2) Fenómenos de Remoción en Masa (flujos de sedimentos de alta velocidad, deslizamientos, colapsamientos, reptación, sofusión, solifluxión).
	Colapsamiento o hundimiento	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50 km.	Los sismos con magnitudes mayores 6,0 MI liberan grandes cantidades de energía que viajan a través de la superficie del fondo marino afectándola e impactando en gran medida las estructuras que se encuentran emplazadas sobre el suelo, generando daños importantes. Así mismo el efecto sinérgico de esta clase de sismos implica que otros procesos en el área se disparen como el desarrollo de movimientos de falla y los fenómenos de remoción en masa, provocando mayores afectaciones sobre las estructuras.
	Reptación	
	Sofusión	Todos los fenómenos de remoción en masa tienen afectaciones sobre los factores del componente económico, siendo los efectos más notorios en las redes submarinas y en las actividades asociadas a las zonas potenciales de exploración.
	Solifluxión	
<b>Significativo</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 -100km.	Se han agrupado un total de 3 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Regional	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidad entre 50-100km).</li> <li>2) Manifestación de procesos (local, regional).</li> </ol>
	Local	<ol style="list-style-type: none"> <li>3) Modelamiento de Paisaje (alteración estructural en el paisaje).</li> </ol> <p>Los sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI liberan importantes cantidades de energía que viajan a través de la superficie del fondo marino afectándola e impactando en gran medida las estructuras que se encuentran emplazadas sobre el suelo, generando daños importantes. Así mismo el efecto sinérgico de esta clase de sismos implica que otros procesos en el área se disparen como el desarrollo de movimientos de falla y los fenómenos de remoción en masa, provocando mayores afectaciones sobre las estructuras. No obstante, los efectos sinérgicos, así como su rango de afectación es menor comparándolo con sismos de magnitudes mayores a 6,0 MI.</p>
	Alteración estructural en el paisaje	<p>En este caso las manifestaciones de los procesos geológicos de carácter local y regional impactan tanto en las actividades de pesca de explotación, obras antrópicas y zonas potenciales de exploración. En el caso afectaciones regionales en las actividades de pesca se observa que la variabilidad climática indica de manera importante el cronograma de tus actividades. En cuanto a los procesos locales los fenómenos de remoción en masa pueden impactan las estructuras antrópicas que se encuentren en el territorio.</p> <p>Por último, la alteración estructural del paisaje puede afectar algunas estructuras antrópicas que se localicen en la superficie del fondo marino.</p>
<b>Moderado</b>	Domos diapíricos	<p>Se han agrupado un total de 3 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (domos diapíricos, volcanes de lodo).</li> </ol>
	Volcanes de lodo	<ol style="list-style-type: none"> <li>2) Dinámicas sedimentarias (zonas de depositación)</li> <li>3) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI; Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes de 3,0 MI).</li> </ol>
	Zonas de depositación	<p>Los domos diapíricos, así como los volcanes de lodo pueden impactar de manera importante sobre las estructuras antrópicas, ya que son estructuras altamente sensibles que pueden afectar la estabilidad del suelo, así mismo el efecto de los domos y diapiros con algunos fenómenos de remoción, el</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0.	desarrollo de pliegues en los estratos superiores y posibles movimientos de fallas superficiales, sin embargo, sus afectaciones son de carácter muy puntual.  En las zonas de depositación se pueden generar afectaciones importantes sobre estructuras antrópicas que residan en la superficie del fondo marino, ya que una elevada tasa de enterramiento podría generar condiciones inestables en las condiciones del suelo o afectar directamente la estructura antrópica.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0.	Los sismos con magnitudes menores 4,0 MI generan una afectación puntual sobre el terreno, sin embargo, un sismo cercano a la localización de una estructura antrópica podría conllevar impactos en la estructura, así mismo el efecto sinérgico sobre otros procesos de fondo puede generar afectaciones mayores en este tipo de estructuras.
<b>Bajo</b>	Corriente turbidítica	Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:  1) Corriente submarina (corriente turbidítica).  2) Dinámicas sedimentarias (zonas de transporte).
	Zonas de transporte	Las corrientes turbidíticas se generan sobre la superficie del fondo marino, afectando estructuras antrópicas que se encuentren dispuestas en estos sectores.  Las zonas de transporte como son los canales y cañones constantemente llevan constantemente sedimentos a partir de corrientes submarinas, siendo áreas poco estables para el desarrollo de estructuras antrópicas.

Fuente: El autor.

**Tabla 5.28 Importancia de los impactos positivos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Económico del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Significativo</b>	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	Se han agrupado un total de 3 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:  1) Modelamiento de Paisaje (Densidad de elementos paisajísticos).  2) Variabilidad Climática del Territorio (estacionalidad del clima, estacionalidad del clima, estacionalidad del evento, fenómeno ENSO).

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Estacionalidad del clima	<p>3) Corrientes Submarinas (zona con corrientes de baja intensidad)</p> <p>La densidad de elementos paisajísticos tiene una interacción positiva con la actividad de pesca de carácter industrial, debido a que en un mayor número de unidades paisajísticas mayor será el número de nichos ecosistémicos disponibles en el territorio, aumentando la oferta de comunidades explotables en la zona.</p>
	Estacionalidad de evento	<p>Las acciones relacionadas con la variabilidad climática del territorio como son en este caso la estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y el fenómeno ENSO tiene un impacto en la disponibilidad de comunidades nectónicas y plantónicas en el territorio, generando patrones de temporalidad en cuanto a las actividades de pesca.</p> <p>Por ultimo las corrientes de baja intensidad se relacionan con condiciones favorables para el desarrollo de actividades de pesca industrial en la zona.</p>
	Fenómeno ENSO	
	Zona con corrientes de baja intensidad	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
Moderado	Corriente	Para esta categoría se encuentra únicamente relacionado el grupo de Corrientes Submarinas con dos acciones, corrientes y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, las cuales están vinculadas con la actividad de pesca industrial, ya que estas corrientes transportan diferentes nutrientes de distintos lugares, así mismo son fuente de movilidad de las comunidades plantónicas y áreas de recursos de algunas comunidades nectónicas, que son la fuente principal de sustento para la pesca de carácter industrial.
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina	
Irrelevante	Deformación Rígida	La deformación rígida tiene una interacción negativa con el desarrollo de estructuras antrópicas dispuestas en la superficie del fondo marino, sin embargo, el entendimiento de las fallas puede ser vital para la evolución de alguna zona de interés económica para el país. Por su doble connotación es que el indicador de coeficiente la valoró en esta categoría.
Sin interacción	Domos salinos	La mayoría de estas acciones no manejan interacciones con el componente económico del matriz de impactos, no obstante, la acción de movimientos de fallas tiene una connotación negativa con el mismo valor de la positiva por ende el resultado total de esta acción en el componente fue nula, pero sus efectos no lo fueron en las interacciones, ya que el movimiento de falla si maneja afectaciones negativas en las estructuras antrópicas de fondo, y por el contrario maneja interacciones positivas con el componente de exploración de áreas de importancia económica para el país.

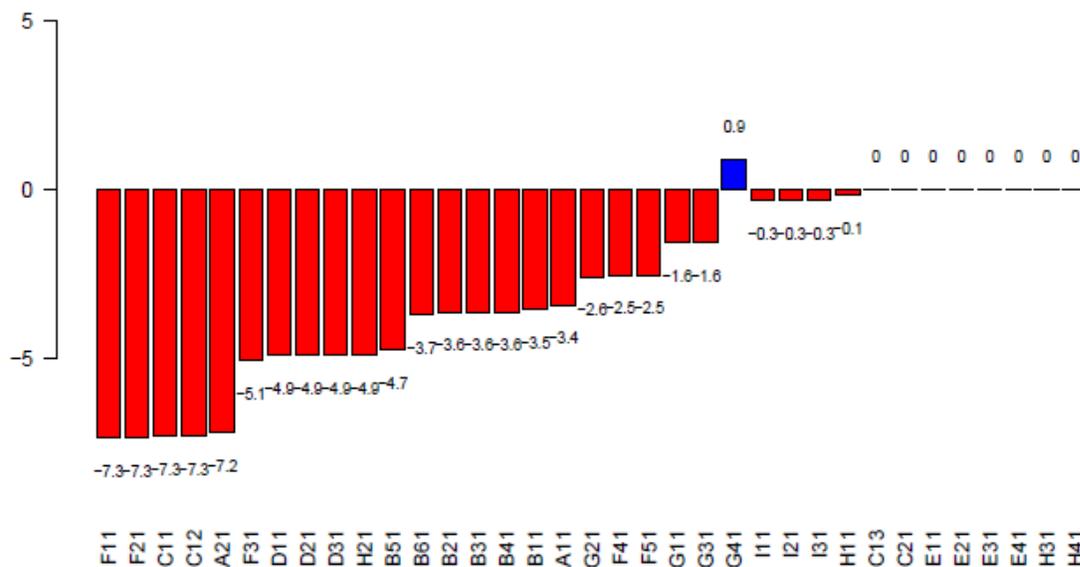
Fuente: El autor.

### 5.2.1.7 Análisis de las acciones teniendo en cuenta el Componente Cultural de los factores

En este análisis se incluyen todos los factores que hacen parte del Componente Cultural, con el fin de poder establecer las acciones que tienen un mayor impacto en las actividades de tradición y patrimonio cultural vinculadas con el área de estudio. En la Figura 5.69, se observa el peso de las diferentes acciones en relación con todos los factores que hacen parte de este componente, siendo las acciones más relevantes la probabilidad de afectación por sismos superiores a 7,0 MI, la probabilidad de afectación por sismos entre 6,0 y 7,0 MI, los domos diapíricos y los volcanes de lodo.

Es importante mencionar que a diferencia de los otros componentes evaluados en la matriz en este componente se observa principalmente una serie de impactos negativos en el territorio (Figura 5.69).

**Figura 5.69 El peso de las 35 acciones en relación con todos los factores del Componente Cultural de la matriz impactos. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

Así mismo, en la Tabla 5.29 y la Tabla 5.30 se describe de mejor manera la importancia de las diferentes acciones evaluadas en las actividades de tradición y de patrimonio cultural vinculadas al área de estudio. En el caso específico del análisis de las acciones en relación con todos los factores que hacen parte únicamente del Componente Cultural se ha establecido que 26 acciones manejan un impacto negativo en este componente, de las cuales 11 se encuentran en la categoría de Alto Impacto, 6 en la categoría de Significativo, 3 en la categoría de Moderado, 2 en Bajo y 4 en la categoría de Irrelevante (Tabla 5.29).

En cuanto a los impactos positivos de las acciones en relación con los factores culturales solamente se encuentra una acción que fue catalogada en Irrelevante (Tabla 5.30).

Por último, es importante mencionar que las acciones de domos salinos, procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo), zonas erosivas, movimiento de falla, deformación plástica, deformación rígida, contacto de placa alteración estructural del paisaje y cambios en la zona litoral no tienen interacción con los factores que hacen parte de este componente.

**Tabla 5.29 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Alto Impacto</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	Se han agrupado un total de 6 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50 km.	1) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI; sismos entre 6,0 y 7,0 MI; sismos entre magnitudes de 4,0 y 6,0 MI).
	Domos diapíricos	2) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (domos diapíricos, volcanes de lodo).
	Volcanes de lodo	3) Manifestación del proceso (local)
	Local	4) Dinámicas Sedimentarias (zonas erosivas, zonas de transporte, zonas de depositación).
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 - 100km.	5) Modelamiento de Paisaje (intensidad del modelamiento del paisaje).
	Zonas erosivas	6) Fenómenos de Remoción en Masa (colapsamiento o hundimientos).
	Zonas de transporte	Las acciones relacionadas con la actividad sísmica tienen un gran peso en cuanto al componente cultural, ya que los sismos mayores de 7,0MI, sismos 6,0 y 7,0 MI, así como sismos entre 4,0 y 6,0 MI producen importantes afectaciones en la infraestructura asociada a la actividad de pesca artesanal. Así mismo, esta clase de sismos pueden afectar a los naufragios antiguos que residen sobre la superficie del fondo marino.  Los domos diapíricos, así como los volcanes de lodo pueden afectar de manera importante a los naufragios, ya que los volcanes de lodo pueden sacar material que podría dañar esta clase de estructuras antiguas. En cuanto a la actividad de pesca artesanal esta acción puede afectar de manera en ciertas partes en donde estas expulsan material y generen una dispersión en las comunidades biológicas que residían en el sector.  Las acciones asociadas a las dinámicas sedimentarias del territorio afectan de manera importante los naufragios en la región, ya que las zonas de depositación van enterrando paulatinamente estas estructuras a medida que se dispone

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Zonas de depositación	material encima. Las zonas de transporte constantemente van golpeando permanente estas estructuras que residen sobre la superficie del fondo marino. Por ultimo las zonas erosión están asociadas de transporte o a zonas en donde se pueden generar desprendimientos de materiales que generarían daños sobre la estructura.
	Intensidad del Modelamiento del paisaje	Los procesos de carácter local implican posibles afectaciones en la superficie del fondo marino, lugar donde residen los naufragios. En cuanto a la actividad de pesca algunos procesos locales pueden alterar la disponibilidad de comunidades bióticas en el territorio, generando afectaciones sobre las actividades de pesca artesanal en la zona.
	Colapsamiento o hundimiento	<p>La intensidad de modelamiento va de la mano con los procesos sedimentarios, siendo zonas de transporte y erosión muy activas, lugares en donde no se conservará esta clase de estructuras antrópicas.</p> <p>En este caso el desarrollo de colapsamientos o hundimientos en un área cercana a la localización de un naufragio puede producir que la estructura tenga importantes daños debido a los efectos que generan esta clase de fenómenos sobre los suelos y la superficie del fondo marino.</p>
<b>Significativo</b>	Flujos de sedimentos de alta velocidad	Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:
	Reptación	1) Fenómenos de Remoción en Masa (flujos de sedimentos de alta velocidad, reptación, sofusión, soliflucción, deslizamientos, regional).
	Sofusión	2) Manifestación del Proceso (regional).
	Soliflucción	Los flujos de sedimentos de alta velocidad, las reptaciones, las sofusiones, las soliflucciones pueden afectar de manera importante la superficie del fondo marino, generando en algunos movimientos de masa que pueden afectar cualquier estructura antrópica en este caso los naufragios que se localizan sobre los sedimentos marinos.
	Deslizamientos	En este caso las manifestaciones de los procesos geológicos de carácter regional impactan tanto en la pesca de pesca artesanal como en los naufragios. En el caso de la pesca artesanal se observa que la variabilidad climática indica de manera importante
	Regional	En el caso afectaciones regionales en las actividades de pesca se observa que la variabilidad climática indica de manera importante la variabilidad migratoria de las diferentes comunidades bióticas en la región. En el caso de los naufragios la dinámica sedimentaria en la región puede afectar erosionar de manera más rápida esta clase de estructuras antrópicas.
<b>Moderado</b>	Corriente turbidítica	Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0.	1) Corrientes Submarinas (corriente turbidítica). 2) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI; Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI).
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0.	<p>Las corrientes turbidíticas están relacionadas con los procesos de transporte y depositación sobre la superficie del fondo marino, generando afectaciones sobre estructuras antrópicas, en este caso los naufragios.</p> <p>Los sismos menores 4,0 MI tienen afectaciones puntuales en los lugares cercanos al epicentro del mismo, ya que dispersión de energía afecta cualquier elemento que resida sobre la superficie del fondo marino en este caso los naufragios. Así mismo el carácter sinérgico de estas acciones conlleva a disparar algunos fenómenos que se generen sobre el subsuelo o en la superficie como es el caso de los movimientos de fallas o activación de fenómenos como deslizamientos o flujos de alta velocidad.</p>
<b>Bajo</b>	Corriente	<p>Para esta categoría se encuentra únicamente relacionado el grupo de Corrientes Submarinas con dos acciones, corrientes y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, las cuales están vinculadas con la actividad de pesca artesanal, ya que estas corrientes transportan diferentes nutrientes de distintos lugares, así mismo son fuente de movilidad de las comunidades plantónicas y áreas de recursos de algunas comunidades nectónicas, que son la fuente principal de sustento para la pesca de carácter artesanal, siendo para ambos casos una interacción positiva. No obstante, su carácter de impacto negativo se debe a la intensa afectación que conlleva estos procesos de corrientes en la erosión de estructuras antrópicas situadas sobre el sedimento del fondo marino.</p>
	tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina	
<b>Irrelevante</b>	Estacionalidad del clima	<p>Se han agrupado un total de 2 categorías de acciones, siendo jerarquizadas en este orden de importancia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Variabilidad Climática del Territorio (estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y fenómeno ENSO).</li> <li>2) Modelamiento del Paisaje (Densidad de elementos paisajísticos).</li> </ol> <p>Las acciones relacionadas con la Variabilidad Climática del Territorio como son en este caso la estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO manejan una interacción positiva con el factor de actividad de pesca artesanal, ya que manejan un impacto en la disponibilidad de comunidades nectónicas y plantónicas en el territorio, generando patrones de temporalidad en cuanto a las actividades de pesca. En contraposición a esta serie de interacciones positivas las acciones de Variabilidad Climática del Territorio tienen un efecto negativo en relación con los naufragios, ya que la variabilidad en los patrones climáticos tiene implicaciones en la dinámica sedimentaria fluctuando la tasa de sedimentación incluso en estas regiones, dando como resultado que exista una mayor tasa de sedimentación, ocasionando una mayor afectación en estas estructuras que residen en el sedimento.</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto negativo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
		<p>La acción de densidad de elementos paisajísticos tiene una connotación negativa con un valor similar de la positiva por ende el resultado total de esta acción en el componente fue casi nula,</p> <p>Este resultado se generó ya que la densidad de elementos paisajísticos maneja afectaciones negativas en los naufragios, ya que un número mayor de elementos implica una mayor dinámica sedimentaria que conlleva a que esta clase de estructuras se erosione a mayor velocidad.</p> <p>En contraste la densidad de elementos paisajísticos con la actividad de pesca artesanal tiene una interacción de carácter positiva, ya que, en una mayor variedad de unidades paisajísticas en la zona, mayor será el número de nichos ecosistémicos disponibles en el territorio, aumentando la oferta de comunidades explotables en la zona.</p>

Fuente: El autor.

**Tabla 5.30 Importancia de los impactos negativos de las diferentes acciones en relación con todos los factores evaluados para el Componente Social del territorio.**

Intervalo del Coeficiente de Impacto positivo	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación
<b>Irrelevante</b>	Zona con corrientes de baja intensidad	<p>Este resultado se generó ya que las zonas con corrientes de baja intensidad manejan afectaciones negativas en los naufragios, ya que estas corrientes ejercen un efecto permanente sobre estas estructuras que residen en el fondo marino.</p> <p>Lo contrario ocurre con la pesca artesanal, ya que tiene un impacto positivo sobre esta actividad, ya que este tipo de corrientes brindan condiciones favorables, en cuanto al desarrollo de la actividad por parte de las poblaciones.</p>
<b>Sin Interacción</b>	Domos salinos	Estas acciones no manejan ninguna interacción con el componente cultural de la matriz.
	Ígneo	
	Movimiento de falla	
	Deformación plástica	
	Deformación Rígida	

Fuente: El autor.

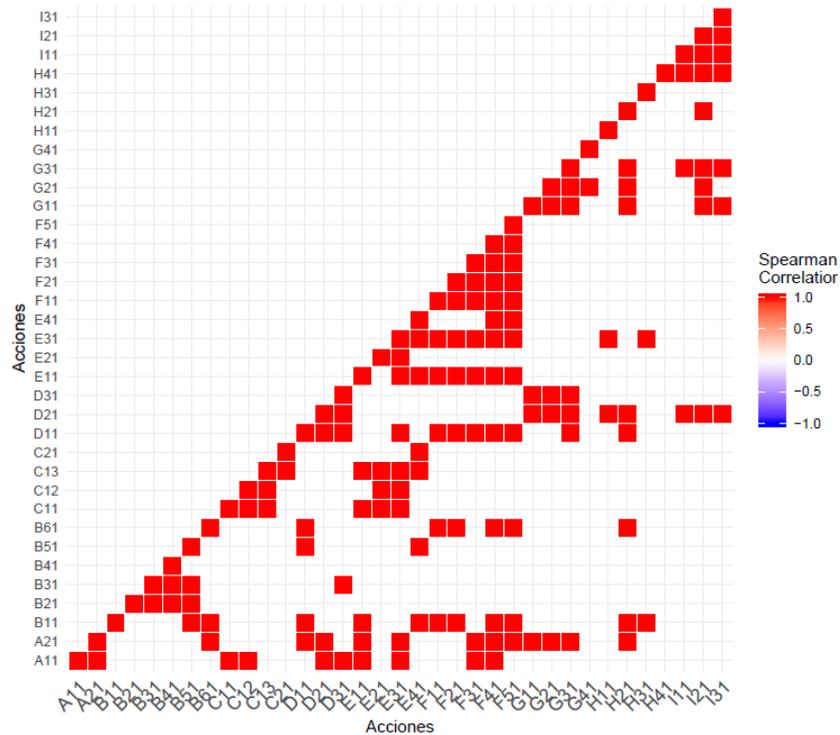
### 5.2.2 Análisis de correlación entre las acciones en función de los factores

Este análisis radica en establecer las posibles relaciones existentes entre las acciones dentro de cada uno de los factores de la matriz, para ello se usaron diagramas de correlación de tipo Spearman que permiten establecer el carácter de correlación, ya que con los colores rojos se establece una correlación positiva, con el color blanco se observa una

correlación débil o no concluyente, mientras los colores azules estarán asociados correlaciones negativas (Figura 5.70).

De la misma manera en que se desarrolló el análisis de peso de las acciones en este caso se analizó la correlación de las distintas acciones dependiendo de cada componente y uno en donde se compone todos los factores.

**Figura 5.70 Correlación entre las acciones teniendo en cuenta todos los componentes de los factores de la matriz. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**

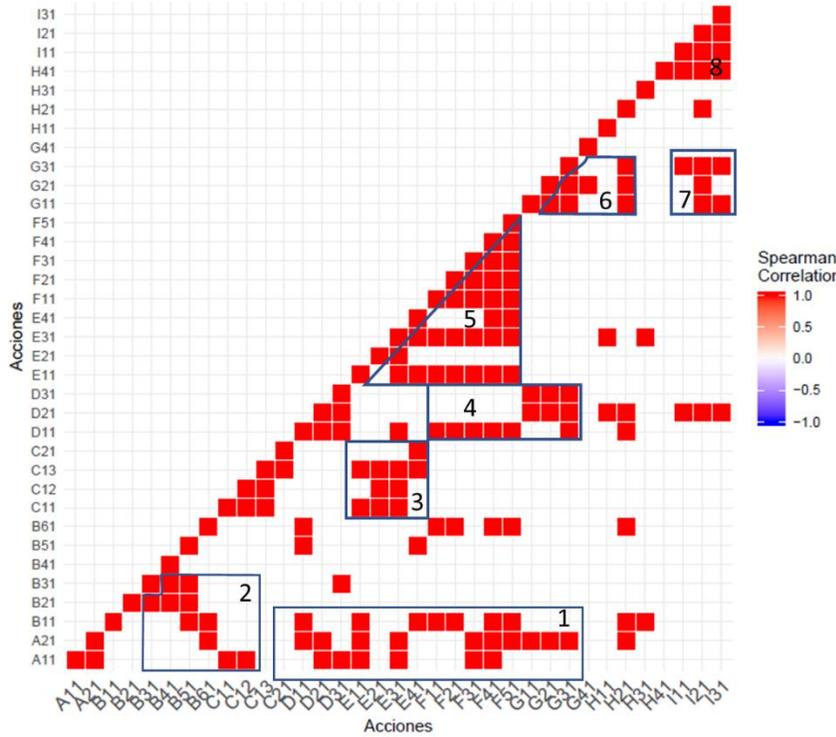


Fuente: El autor.

### 5.2.2.1 Análisis de correlación entre las acciones en función de todos los componentes de los factores

Con este tipo de análisis se identificaron un total de 8 grupos importantes, de los cuales cada uno representa una serie de acciones que presentan una correlación de carácter positivo, evidenciando en este caso que la aparición de una acción puede incrementar la aparición de las otras acciones que hacen parte del grupo (Figura 5.71).

Figura 5.71 Correlación entre las acciones teniendo en cuenta todos los componentes de los factores de la matriz con sus diferentes agrupaciones. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.



Fuente: El autor.

En el Grupo 1 tiene un total de 3 acciones de las cuales dos hacen parte de la manifestación de los procesos de carácter local y regional, mientras la tercera se relaciona con los deslizamientos que hacen parte de los Fenómenos de Remoción en Masa. En la Tabla 5.31, se observan las diferentes asociaciones de las cuales se destacan que los deslizamientos, los procesos de carácter local y regional están vinculados con los movimientos de falla, las zonas erosivas y la probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI hasta sismos con magnitudes superiores a los 7,0 MI (Tabla 5.31).

Tabla 5.31. Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 1.

Grupo 1	Relación con otras acciones
<b>Manifestación de Proceso</b>	
<b>Regional</b>	Zonas erosivas Zonas de depositación Movimiento de falla Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI, con profundidades entre 50 y 100km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

<b>Local</b>	Zonas erosivas Zonas de transporte Movimiento de falla Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI, con profundidades entre 50 y 100 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI. Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas.
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Zonas erosivas Movimiento de falla Contacto de placa Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.

Fuente: El autor.

En el Grupo 2 aparecen las acciones de manifestación de proceso local, regional, los deslizamientos, las reptaciones y las sofusiones, siendo un total 5 acciones. En este grupo se destaca la relación entre la manifestación de procesos locales con la aparición de domos diapíricos y volcanes de lodo. Por su parte los deslizamientos, las reptaciones y las sofusiones tienen un vínculo con la aparición de otros fenómenos de remoción en masa como es el caso de los colapsamientos, los flujos de sedimentos de alta velocidad y las solifluxiones (Tabla 5.32).

**Tabla 5.32 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 2.**

<b>Grupo 2</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Manifestación de Proceso</b>	
<b>Local</b>	Domos diapíricos Volcanes de lodo
<b>Regional</b>	Flujos de sedimentos de alta velocidad
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Colapsamiento o hundimiento Flujos de sedimentos de alta velocidad
<b>Reptación</b>	Sofusión Solifluxión Colapsamiento o hundimiento
<b>Sofusión</b>	Solifluxión Colapsamiento o hundimiento

Fuente: El autor.

En el Grupo 3, se caracteriza tener únicamente las acciones de domos diapíricos, los volcanes de lodo, los domos salinos y los posibles procesos de naturaleza con sus vínculos en el territorio con acciones como los movimientos de falla, la deformación plástica, la deformación rígida y el contacto de placa (Tabla 5.33).

**Tabla 5.33 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 3.**

<b>Grupo 3</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Anomalías Paisajísticas asociadas a formas cónicas y domicas</b>	
<b>Domos diapíricos</b>	Movimiento de falla Deformación plástica Deformación rígida
<b>Volcanes de lodo</b>	Deformación plástica Deformación rígida
<b>Domos salinos</b>	Movimiento de falla Deformación plástica Deformación rígida Contacto de placa
<b>Procesos de Naturaleza intrusiva (Ígneo).</b>	Contacto de placa

Fuente: El autor.

En el Grupo 4 aparecen las acciones de zonas erosivas, zonas de transporte y zonas de depositación siendo un total de 3 acciones, siendo las dos últimas vinculadas más con la dinámica de las Corrientes Submarinas entre las que se destacan las corrientes, corrientes turbidíticas y la tendencia e inversión de las mismas. Por su parte las zonas erosivas están asociadas con la aparición de cualquier tipo de evento sísmico en la región (Tabla 5.34).

**Tabla 5.34 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 4.**

<b>Grupo 4</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Dinámicas Sedimentarias</b>	
<b>Zonas erosivas</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI, con profundidades entre 50 y 100 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI. Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas
<b>Zonas de transporte</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas.
<b>Zonas de depositación</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas.

Fuente: El autor.

En el Grupo 5 se encuentran 2 grupos principales de acciones, en el primero aparecen las acciones de movimiento de falla, la deformación rígida, y el contacto de placa, los cuales están supeditados a la Actividad Tectónica. Estas acciones se encuentran relacionadas con acciones pertenecientes a su mismo grupo de acciones como son los casos de deformación rígida y contacto placa, así como acciones relacionadas al grupo de Actividad Sísmica en donde se observa que existe una relación entre la aparición de un evento sísmico con el desarrollo de este tipo de actividades en la zona.

El segundo grupo de acciones está caracterizado por la aparición de las acciones supeditadas a la Actividad Sísmica, ejerciendo un vínculo sinérgico entre ellas mismas, ya que los sismos de mayor magnitud podrían generar otros eventos sísmicos de menor índole en la zona (Tabla 5.35).

**Tabla 5.35 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 5.**

<b>Grupo 5</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Actividad tectónica</b>	
<b>Movimiento de falla</b>	Deformación rígida Contacto de placa Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI, con profundidades entre 50 y 100km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.
<b>Deformación plástica</b>	Deformación rígida
<b>Deformación rígida</b>	Contacto de placa Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI, con profundidades entre 50 y 100km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.
<b>Contacto de placa</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.
<b>Actividad Sísmica</b>	
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI.</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI, con profundidades entre 50 y 100 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI.

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Grupo 5	Relación con otras acciones
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km.</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI, con profundidades entre 50 y 100 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI, con profundidades entre 50 y 100km.</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI.</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.

Fuente: El autor.

En el Grupo 6 aparecen las acciones de corrientes submarinas, corriente, corriente turbidítica, y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes, las cuales hacen parte al grupo de acciones de corrientes submarinas. Esta serie de acciones interactúan entre sí, ya que, en la Tabla 5.36, se observa que las corrientes se vinculan con las corrientes turbidíticas, evidenciando conexiones de estas acciones a lo largo del océano.

**Tabla 5.36 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 6.**

Grupo 6	Relación con otras acciones
<b>Corrientes submarinas</b>	
<b>Corriente</b>	Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Corriente turbidítica</b>	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas. Zonas con corrientes de baja intensidad Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas.</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje

Fuente: El autor.

El Grupo 7 se vincula las acciones de corrientes, corrientes turbidíticas y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, con las acciones relacionadas con Variabilidad Climática como son los casos de estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO. Este hecho se debe a que las variaciones en las condiciones climáticas influyen cambios en la dinámica de las corrientes que pueden reflejadas en el cambio de orientación o velocidad de las mismas sobre el territorio (Tabla 5.37).

Tabla 5.37 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 7.

<b>Grupo 7</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Corrientes submarinas</b>	
<b>Corriente</b>	Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Corriente turbidítica</b>	Estacionalidad del evento
<b>Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas.</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO

Fuente: El autor.

El Grupo 8 se compone a su vez de 2 grupos de acciones, el primero está enfocado en la relación entre la acción de cambios de la zona litoral con las acciones asociadas a la variabilidad climática como son la estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO. Este hecho se debe a las afectaciones que genera ya sean eventos climáticos sobre las condiciones de sedimentación sobre el litoral de la costa. El segundo grupo de acciones está relacionado con los vínculos que se manejan entre los eventos climáticos y la estacionalidad del clima en el territorio, ya que como se ha descrito anteriormente pueden coexistir varios eventos durante un mismo lapso de tiempo lo que puede ocasionar un incremento o disminución de esos efectos sobre las diferentes condiciones climáticas del territorio (Tabla 5.38).

**Tabla 5.38 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 8.**

<b>Grupo 8</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Modelamiento de Paisaje</b>	
<b>Cambios de la zona litoral</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Variabilidad Climática del Territorio</b>	
<b>Estacionalidad del clima</b>	Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Estacionalidad del evento</b>	Fenómeno ENSO

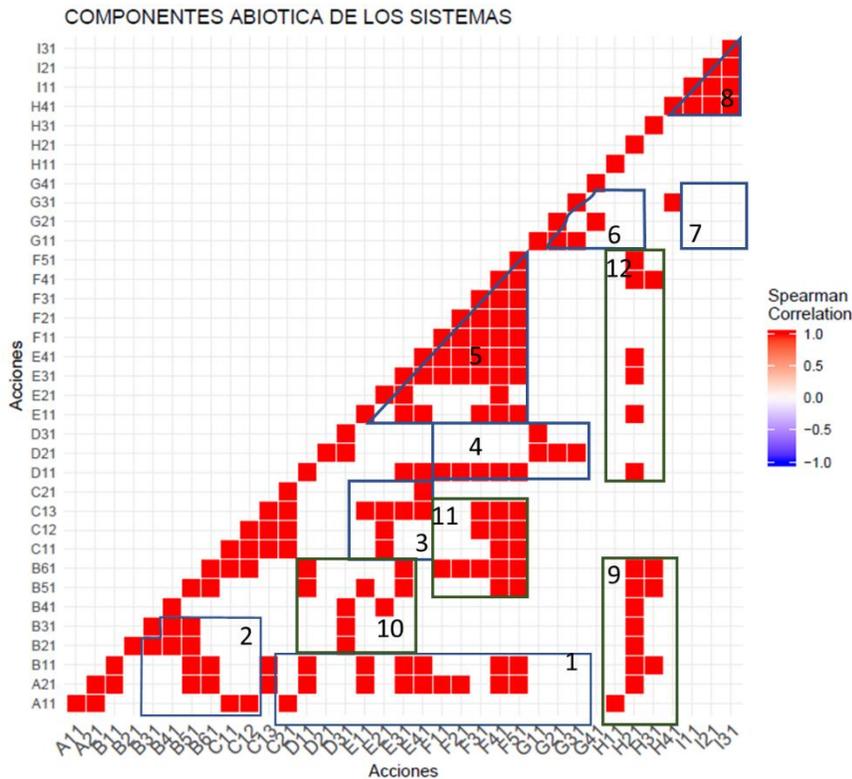
Fuente: El autor.

En cuanto a las manifestaciones de procesos en ambos casos tienen una relación con 3 grupos de acciones principales, los cuales son las Dinámicas Sedimentarias (zonas erosivas, zonas de depositación y zonas de transporte), Actividad Tectónica (movimiento de falla y deformación rígida) y la Actividad Sísmica (probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI, con profundidades entre 50 y 100 km, la probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI, la probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI) (Tabla 5.38). Los deslizamientos por su parte tienen relación con las Dinámicas sedimentarias (zonas erosivas), la Actividad Tectónica (movimiento de falla y contacto de placa) y la Actividad Sísmica (probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI, la probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km, la probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI y la probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI).

### 5.2.2.2 Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Abiótico

A raíz del comportamiento similar entre las correlaciones del componente abiótico y el componente total, no se repitió la descripción de los mismos grupos previamente señalados en el anterior numeral, si no se enfatizó en analizar algunos grupos nuevos con el fin de observar la manera en que se encuentran vinculadas esta serie de grupos de acciones (Figura 5.72).

Figura 5.72 Correlación entre las acciones teniendo en cuenta el Componente Abiótico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.



Fuente: El autor.

El Grupo 9 se compone a su vez de 2 grupos de acciones, el primero está enfocado en la relación entre las acciones de manifestación de procesos de carácter regional y local con la densidad de elementos paisajísticos y la intensidad modelamiento de paisaje. En este caso la correlación puede estar dada por el desarrollo de los diferentes procesos de tipo local y regional que implican una evolución de paisaje que trae consigo nuevas unidades de paisaje en el territorio, así como van modelando las unidades preexistentes.

El segundo grupo de acciones está relacionado con los vínculos que se manejan entre los diferentes fenómenos de remoción en masa como deslizamientos, reptaciones,

sofusiones, solifluxiones, colapsamientos y flujos de sedimentos de alta velocidad con la intensidad de modelamiento y la alteración estructural del paisaje. Estas acciones tienen un vínculo debido a que los fenómenos de remoción en masa van generando cambios en las unidades de paisaje siendo catalizadores para una elevada intensidad de modelamiento de paisaje (Tabla 5.39).

**Tabla 5.39 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 9.**

<b>Grupo 9</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Manifestación de Proceso</b>	
<b>Regional</b>	Densidad de elementos paisajísticos
<b>Local</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje Alteración estructural del paisaje
<b>Reptación</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Sofusión</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Solifluxión</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Colapsamientos</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje Alteración estructural del paisaje
<b>Flujos de sedimentos de alta velocidad</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje Alteración estructural del paisaje

Fuente: El autor.

En el Grupo 10 hay dos tipos de asociaciones en función de los diferentes fenómenos de remoción en masa, la primera asociación hace referencia a los efectos en la dinámica sedimentaria de la zona ya que algunos de los fenómenos de remoción en masa generan o zonas erosivas o zonas de depositación. La segunda asociación está en función del desarrollo de estos fenómenos de remoción en masa con la actividad tectónica ya sea por la deformación rígida o por los movimientos de falla (Tabla 5.40).

**Tabla 5.40 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 10.**

<b>Grupo 10</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Colapsamientos</b>	Zonas erosivas Movimiento de falla Deformación rígida
<b>Flujos de sedimentos de alta velocidad</b>	Zonas erosivas Deformación rígida
<b>Reptación</b>	Zonas de depositación
<b>Sofusión</b>	Zonas de depositación
<b>Solifluxión</b>	Zonas de depositación Deformación plástica

Fuente: El autor.

El Grupo 11 se compone a su vez de 2 grupos de acciones, el primero está enfocado en la relación entre algunos fenómenos de remoción en masa como son los colapsamientos

y flujos de sedimentos de alta velocidad con la actividad sísmica en zona, siendo los flujos de sedimentos los que tienen mayor número de acciones vinculadas a los eventos sísmicos. Esta correlación se debe a que los sismos de mayor intensidad pueden generar eventos de flujos de sedimentos de mayor intensidad en el territorio.

El segundo grupo está enfocado en la interacción de algunas anomalías paisajísticas como son los casos de los domos diapíricos, volcanes de lodo y domos salinos con la posible afectación de estas estructuras con la aparición de eventos sísmicos entre los cuales se destacan los sismos menores de 6,0 MI hasta sismos de 3,9 MI o incluso menores (Tabla 5.41).

**Tabla 5.41 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 11.**

<b>Grupo 11</b>	<b>Relación con otras acciones</b>
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Colapsamientos</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.
<b>Flujos de sedimentos de alta velocidad</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI, con profundidades entre 50 y 100 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.
<b>Anomalías paisajísticas asociadas con formas cónicas y domicas</b>	
<b>Domos diapíricos</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.
<b>Volcanes de lodo</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI, con profundidades entre 50 y 100 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI
<b>Domos salinos</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI, con profundidades entre 50 y 100 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.

Fuente: El autor.

En el Grupo 12 aparecen 3 tipos de asociaciones en función del modelamiento del paisaje, el primero establece con las zonas de transporte en relación con la intensidad de modelamiento de paisaje, el segundo está en función de los movimientos de falla, la deformación rígida y los contactos de placa con la intensidad de modelamiento de paisaje.

La tercera asociación se reconoce entre la aparición de eventos sísmicos con magnitudes menores a 4,0 MI con la alteración estructural del paisaje y la intensidad del modelamiento de la misma (Tabla 5.42).

En el primer caso las zonas de transporte son sitios en donde se genera un permanente cambio de las unidades a raíz del efecto constante de las diferentes corrientes que por allí circulan generando cambios en las unidades de paisaje. En el segundo caso esta relación se establece a partir de la generación de movimientos en el relieve submarino a partir de la presencia de fallas, dando como resultado que otros procesos se activen generando un aumento en la intensidad del modelamiento ocasionando que la configuración del paisaje cambie. Por último, los eventos sísmicos al ser una acción de carácter sinérgica pueden ocasionar que otras estructuras aparezcan o que se reactiven antiguas fallas, dando como resultado posibles fenómenos de remoción en masa que traen consigo una elevada intensidad en el modelamiento del paisaje.

**Tabla 5.42 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 12.**

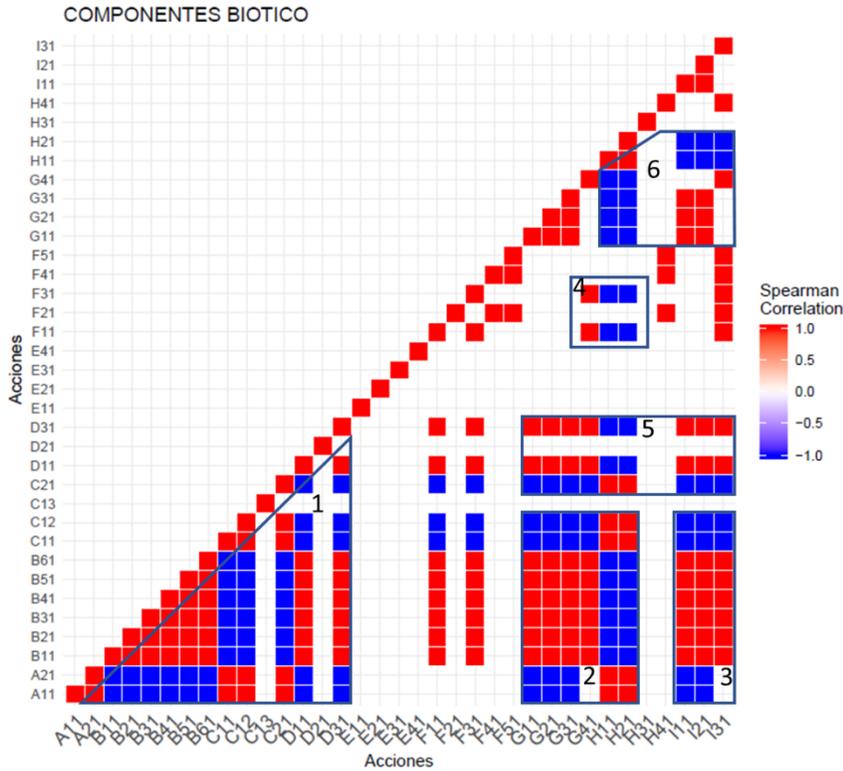
<b>Grupo 12</b>	<b>Relación con otras acciones. (Correlación positiva)</b>
<b>Dinámicas sedimentarias</b>	
<b>Zonas de transporte</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje.
<b>Actividad tectónica</b>	
<b>Movimiento de falla</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje.
<b>Deformación rígida</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje.
<b>Contacto de placa</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje.
<b>Actividad sísmica</b>	
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 3,0 y 4,0 MI.</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje. Alteración estructural del paisaje.
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI.</b>	Intensidad de modelamiento de paisaje.

Fuente: El autor.

### **5.2.2.3 Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Biótico**

A diferencia del Componente Abiótico el Componente Biótico presenta un comportamiento muy diferente en relación con el análisis de todos los componentes de los factores que hacen parte de la matriz de impacto, ya que en la Figura 5.73, se observa un total de 6 grupos de los cuales varios de ellos presentan correlaciones negativas por esta razón los grupos que serán analizados a continuación no tienen relación con los grupos previamente señalados.

Figura 5.73 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Biótico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.



Fuente: El autor.

En el Grupo 1 aparecen 4 tipos de asociaciones en relación con el componente biótico de las cuales la primera de ellas está en función de las manifestaciones de carácter local y regional teniendo una correlación positiva de afectación con los domos diapíricos, volcanes de lodo y procesos de naturaleza intrusiva, ya que la aparición de esta clase de estructuras puede incidir en la aparición de comunidades que se alimentan de los nutrientes que salen por estas estructuras. A diferencia de las acciones anteriores los deslizamientos, las reptaciones, las sofusiones, las solifluxiones, los colapsamientos, los flujos de sedimentos, las zonas erosivas y las zonas de depositación tiene una correlación negativa con el asentamiento de comunidades bentónicas en el territorio, ya que la mayoría de estos procesos afectan la superficie del fondo marino, afectando por consiguiente la formación de estas comunidades (Tabla 5.43).

La segunda asociación esta generada entre los fenómenos de remoción con otras acciones que se producen sobre la superficie del fondo marino, teniendo correlación negativa de esta serie de fenómenos de remoción en masa con los domos diapíricos, los volcanes de lodo y los procesos de naturaleza intrusiva. El carácter negativo de esta correlación se da a partir del impacto que tienen todos estos fenómenos de remoción en masa en la estabilidad de los domos y volcanes lodo, afectando por consiguiente el asentamiento de

las comunidades que se encuentran en la superficie del fondo marino. En cuanto a la correlación positiva de este grupo de asociaciones están dadas en la relación entre los diferentes procesos que se dan sobre la superficie del fondo marino como son los casos de la zonas erosivas, las zonas de depositación y los fenómenos de remoción en masa, ya que la aparición de varios de ellos en una misma zona aumenta la inestabilidad en el terreno, generando como se observó anteriormente afectaciones en zonas como los diapiros que a su vez afectan el asentamiento de las diversas comunidades en el territorio (Tabla 5.43).

La tercera asociación está en función de los domos diapíricos, volcanes de lodo y procesos de naturaleza intrusiva, siendo de carácter positiva entre la aparición de las mismas acciones, ya que por lo menos entre los domos y los volcanes de lodo existe una asociación genética, teniendo como origen el fenómeno del diapirismo en el Caribe, que a su vez incide en la aparición de comunidades que se establecen sobre esta clase de estructuras. La correlación de carácter negativa que se genera entre los domos, diapíricos, los volcanes de lodo y los procesos de naturaleza intrusiva está enfocada en que esta clase de procesos pueden afectar la estabilidad de esta clase de estructuras afectando a su vez el asentamiento de las posibles comunidades que se encuentren en estas áreas (Tabla 5.43).

La cuarta asociación se genera entre las zonas erosivas y las zonas de depositación, siendo ambas áreas incompatibles para su desarrollo por lo cual tienen una correlación negativa dentro de las interacciones de la matriz.

**Tabla 5.43 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 1 que hace parte del Componente Biótico.**

<b>Grupo 1</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
<b>Manifestación del proceso</b>		
<b>Regional</b>	Local Domos diapíricos Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)	Deslizamientos Reptación Sofusión Soliflucción Colapsamiento Flujos de sedimentos de alta velocidad Zonas erosivas Zonas de depositación
<b>Local</b>	Domos diapíricos Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)	Deslizamientos Reptación Sofusión Soliflucción Colapsamiento Flujos de sedimentos de alta velocidad Zonas erosivas Zonas de depositación
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>		
<b>Deslizamientos</b>	Reptación Sofusión Soliflucción	Domos diapíricos Volcanes de lodo

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

<b>Grupo 1</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
	Colapsamiento Flujos de sedimentos de alta velocidad Zonas erosivas Zonas de depositación	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
<b>Reptación</b>	Sofusión Soliflucción Colapsamiento Flujos de sedimentos de alta velocidad	Domos diapíricos Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
<b>Sofusión</b>	Soliflucción Colapsamiento Flujos de sedimentos de alta velocidad Zonas erosivas Zonas de depositación	Domos diapíricos Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
<b>Soliflucción</b>	Colapsamiento Flujos de sedimentos de alta velocidad Zonas erosivas Zonas de depositación	Domos diapíricos Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
<b>Colapsamiento</b>	Flujos de sedimentos de alta velocidad Zonas erosivas Zonas de depositación	Domos diapíricos Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
<b>Flujos de sedimentos de alta velocidad</b>	Zonas erosivas Zonas de depositación	Domos diapíricos Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
<b>Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y domicas</b>		
<b>Domos diapíricos</b>	Volcanes de lodo Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)	Zonas erosivas Zonas de transporte
<b>Volcanes de lodo</b>	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)	Zonas erosivas Zonas de transporte
<b>Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)</b>		Zonas erosivas Zonas de transporte
<b>Dinámicas sedimentarias</b>		
<b>Zonas erosivas</b>		Zonas de depositación.

Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta únicamente los factores que hacen parte del componente biótico el Grupo 2 revela 3 tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas está en función de las manifestaciones de carácter local y regional, siendo de carácter positiva con la densidad de elementos paisajísticos, así como la intensidad de modelamiento de paisaje. Su carácter positivo dentro del componente biótico se debe a que en un mayor número de elementos de paisaje mayor será la disponibilidad de recursos, así como lugares con la capacidad de albergar las diferentes comunidades bióticas. A diferencia de las acciones anteriores las corrientes, las corrientes turbidíticas y la tendencia e inversión de las corrientes marinas tienen una correlación negativa en función del componente biótico (Tabla 5.44).

El segundo tipo de asociaciones están en función de los fenómenos de remoción en masa con las corrientes, corrientes turbidíticas, tendencia e inversión de los corrientes y zonas con corrientes de baja intensidad, teniendo entre ellas una correlación positiva producto de la relación que tienen las corrientes en el desarrollo de los diversos fenómenos de remoción en masa, siendo áreas poco estables para el asentamiento de comunidades bióticas. En contraste la correlación negativa desde el punto de vista del componente biótico se genera entre los fenómenos de remoción en masas y las acciones de densidad de elementos e intensidad de modelamiento de paisaje, ya que los fenómenos de remoción en masa pueden afectar unidades con mayor capacidad de asentamiento de comunidades bentónicas en la zona.

El tercer tipo de asociaciones tiene una correlación positiva entre los domos diapíricos, los volcanes de lodo con la densidad y la intensidad de los elementos paisajísticos, ya que la aparición del fenómeno de diapiroismo genera un mayor número de tipos de unidades de paisaje en el territorio que a su vez este comportamiento incrementa la disponibilidad de recursos para las comunidades bióticas en el territorio.

La correlación negativa aparece entre las acciones de domos diapíricos y volcanes de lodo con las acciones de corrientes, corrientes turbidíticas y tendencia e inversión de corrientes, por causa de la erosión de estas acciones en esta clase de estructuras causando inestabilidad y destruyéndolas a largo plazo. Este hecho a su vez genera un impacto negativo sobre las comunidades que se establecen sobre estas áreas.

**Tabla 5.44 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hacen parte del Componente Biótico.**

<b>Grupo 2</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
<b>Manifestación del proceso</b>		
<b>Regional</b>	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas
<b>Local</b>	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>		
<b>Deslizamientos</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Reptación</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

<b>Grupo 2</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
<b>Sofusión</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Soliflucción</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Colapsamiento</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Flujos de sedimentos de alta velocidad</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y domicas</b>		
<b>Domos diapíricos</b>	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas
<b>Volcanes de lodo</b>	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad de modelamiento de paisaje	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las corrientes marinas

Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta únicamente los factores que hacen parte del componente biótico el Grupo 3 revela 3 tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas está en función de las manifestaciones de carácter local y regional, siendo de carácter negativa con la estacionalidad del clima y con la estacionalidad del evento (Tabla 5.45).

El segundo tipo de asociaciones están en función de los fenómenos de remoción en masa con las acciones de estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO, teniendo entre ellas una correlación positiva producto de la relación que tienen los cambios en la condiciones climáticas, generando un efecto sinérgico con el incremento de corrientes submarinas que desarrollaran un efecto erosivo sobre las unidades de paisaje existentes siendo un factor catalizador para el desarrollo de fenómenos de remoción en masa.

El tercer tipo de asociaciones se encuentra vinculado entre las acciones de domos diapíricos y volcanes de lodo con la estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO, siendo esta correlación de carácter negativa producto de los efectos sinérgicos que tienen la variación de las condiciones climáticas incrementando la intensidad de las corrientes, dando como resultado mayor erosión sobre los domos y los volcanes de lodo, afectando por consiguiente las comunidades bióticas que se encuentran asociadas a estas estructuras (Tabla 5.45).

**Tabla 5.45 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 3 que hacen parte del Componente Biótico.**

<b>Grupo 3</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
<b>Manifestación del proceso</b>		
<b>Regional</b>		Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento
<b>Local</b>		Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>		
<b>Deslizamientos</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	
<b>Reptación</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	
<b>Sofusión</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	
<b>Soliflucción</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	
<b>Colapsamiento</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	
<b>Flujos de sedimentos de alta velocidad</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	
<b>Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y domicas</b>		
<b>Domos diapíricos</b>		Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Volcanes de lodo</b>		Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO

Fuente: El autor.

El Grupo 4 se vincula las acciones de probabilidad afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI y sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con las acciones relacionadas con Modelamiento de Paisaje, teniendo una correlación positiva con las zonas con corriente de baja intensidad. No obstante, estas mismas acciones relacionadas con la

actividad sísmica tienen una correlación negativa con las acciones de densidad de elementos paisajísticos e intensidad del modelamiento producto del efecto de la onda sísmica en las unidades de paisaje dando como resultado importantes cambios en las mismas incluso en algunos casos afectaciones muy graves (Tabla 5.46).

**Tabla 5.46 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 4 que hace parte del Componente Biótico.**

<b>Grupo 4</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
<b>Actividad sísmica</b>		
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI.</b>	Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad del Modelamiento de paisaje
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre 50-100 km.</b>	Zona con corrientes de baja intensidad	Densidad de elementos paisajísticos Intensidad del Modelamiento de paisaje

Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta únicamente los factores que hacen parte del componente biótico el Grupo 5 revelan 2 tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas está en función de los procesos de naturaleza intrusiva (ígneo), siendo de carácter positiva con las acciones de densidad de elementos paisajísticos e intensidad del modelamiento del paisaje, ya que la aparición de estas intrusiones puede generar nuevas unidades de paisaje en el área aumentando la densidad de unidades de paisaje, dando como resultado un incremento en la disponibilidad de recursos para las comunidades bióticas en el territorio. Sin embargo, los procesos de naturaleza intrusiva (ígneo) tienen una correlación negativa con las acciones de corriente, corriente turbidítico, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, zonas con corrientes de baja intensidad, estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y el Fenómeno ENSO, por causa de los efectos erosivos que tienen estas acciones sobre esta clase de estructuras si es encuentran en superficie, generando que las comunidades asociadas a ellas no puedan florecer en estas áreas (Tabla 5.47).

El segundo tipo de asociación se ha establecido entre las acciones de las zonas erosivas y zonas de transporte con la variabilidad climática del territorio, las corrientes submarinas y el modelamiento de paisaje, teniendo una correlación negativa con la densidad de elementos y la intensidad del modelamiento de paisaje, a razón de los efectos que tienen estos procesos en las unidades de paisaje.

Por otro lado, las zonas erosivas y las zonas de depositación manejan correlaciones positivas con las corrientes, corrientes turbidíticas, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, las zonas con corrientes de baja intensidad, la estacionalidad del clima, la estacionalidad del evento y el Fenómeno ENSO. Este hecho se debe a que varias de las acciones como las corrientes intensifican la erosión en algunas zonas, mientras la acción de zonas de corrientes de baja intensidad incrementan los lugares de

deposición, así mismo los procesos climáticos interfieren en la dinámica de los procesos sedimentarios, ya que eventos de prolongada sequía asociadas al Fenómeno ENSO por ejemplo causan disminución en los niveles de caudales de los ríos que llegan al mar Caribe como es el caso del Magdalena, dando como resultado una disminución en las tasas de sedimentación del río así como los efectos erosivos del mismo sobre la zona marina. Así mismo su relación con el componente biótico esta función de los nutrientes transportados por esta serie de acciones en el territorio, así como el efecto de variabilidad climática que permite una mayor diversidad de comunidades viajando en el territorio (Tabla 5.47).

**Tabla 5.47 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 5 que hace parte del Componente Biótico.**

<b>Grupo 5</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
<b>Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y domicas</b>		
<b>Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)</b>	Densidad de elementos de paisajísticos Intensidad del modelamiento de paisaje	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zonas con corrientes de baja intensidad Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Dinámicas sedimentarias</b>		
<b>Zonas erosivas</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zonas con corrientes de baja intensidad Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	Densidad de elementos de paisajísticos Intensidad del modelamiento de paisaje
<b>Zonas de deposición</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zonas con corrientes de baja intensidad Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO	Densidad de elementos de paisajísticos Intensidad del modelamiento de paisaje

Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta únicamente los factores que hacen parte del componente biótico, el Grupo 6 revela 3 tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas está en función de las corrientes, corrientes turbidítico, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas y las zonas de corriente de baja intensidad, siendo de carácter negativa con la densidad de elementos paisajísticos y con la intensidad del modelamiento, a partir

del efecto que producen las diferentes corrientes en las unidades de paisaje, generando inestabilidad en las comunidades localizadas sobre la superficie del fondo marino (Tabla 5.48). Por otro lado, las diferentes corrientes manejan una correlación positiva con la estacionalidad del clima y la estacionalidad del evento, ya que la variabilidad del clima afecta la intensidad de las corrientes y su dirección, siendo acciones que condicionan a su vez la diversidad de especies que son traídas por los recursos que traen consigo las corrientes marinas.

El segundo tipo de asociaciones se encuentra en función de la densidad de elementos paisajísticos y la intensidad del modelamiento de paisaje con los grupos de acciones de Variabilidad Climática del Territorio y Modelamiento del Paisaje, observando una correlación positiva entre la densidad de elementos con la intensidad del modelamiento. Este hecho se debe a que la intensidad de modelamiento genera nuevas unidades de paisaje aumentando a su vez la densidad de las mismas en el territorio, dando como resultado mayor disponibilidad de recursos para las comunidades bióticas en el territorio.

La densidad de elementos paisajísticos y la intensidad de modelamiento de paisaje con estacionalidad del clima, la estacionalidad del evento y el Fenómeno ENSO tienen una correlación negativa producto de la relación que tienen los cambios en las condiciones climáticas, con algunos pulsos erosivos causando la erosión de algunas unidades de paisaje, generando una disminución en la diversidad de lugares habitables en el territorio (Tabla 5.48).

**Tabla 5.48 Asociaciones de acciones pertenecientes al Grupo 6 que hace parte del Componente Biótico.**

<b>Grupo 6</b>	<b>Correlación positiva</b>	<b>Correlación negativa</b>
<b>Corrientes submarinas</b>		
<b>Corriente</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento	Densidad de elementos de paisajísticos Intensidad del modelamiento de paisaje
<b>Corrientes turbidíticas</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento	Densidad de elementos de paisajísticos Intensidad del modelamiento de paisaje
<b>Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento	Densidad de elementos de paisajísticos Intensidad del modelamiento de paisaje
<b>Zona con corrientes de baja intensidad</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento	Fenómeno ENSO
<b>Modelamiento de Paisaje</b>		
<b>Densidad de elementos paisajísticos</b>	Intensidad del modelamiento de paisaje	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Intensidad del modelamiento de paisaje</b>		Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO

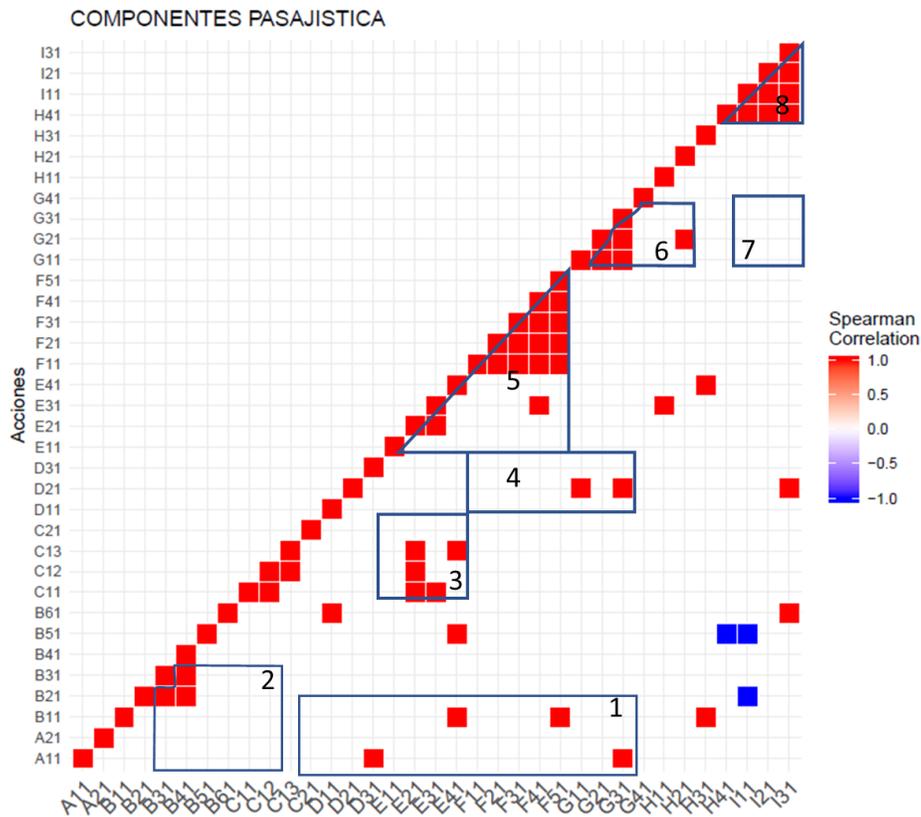
Fuente: El autor.

#### **5.2.2.4 Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Paisajístico**

El análisis de correlación en este componente presenta un comportamiento similar al estudiado en el análisis de correlación global, por esta razón no se han establecido grupos diferente a los ya anteriormente estudiados en esos numerales. En la Figura 5.74, se observa que los grupos 3, 5 ,6 y 8 tienen un comportamiento a los observados en los análisis del componente global, en contraste los grupos 1, 2, 4 y 7 reflejan un comportamiento distinto ya que en la mayoría de los casos el número de correlaciones en estos grupos es nulo o es muy baja.

Así mismo, es importante mencionar que el número de correlaciones entre acciones para este componente es significativamente bajo, sin embargo, llama la atención la correlación puntual de 3 interacciones. La primera interacción se genera entre las acciones de estacionalidad del clima y las reptaciones, siendo esta correlación de carácter negativo a raíz de los pocos efectos que genera la variabilidad del clima en el desarrollo de este fenómeno de remoción en masa en el territorio. La segunda interacción se ha generado entre los colapsamientos y los cambios en la zona litoral, siendo ambas acciones poco compatibles en su interacción. La última interacción está en función de los colapsamientos y la estacionalidad del clima, siendo una correlación de carácter negativa al ser procesos poco compatibles en su desarrollo (Figura 5.74).

Figura 5.74 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Paisajístico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.

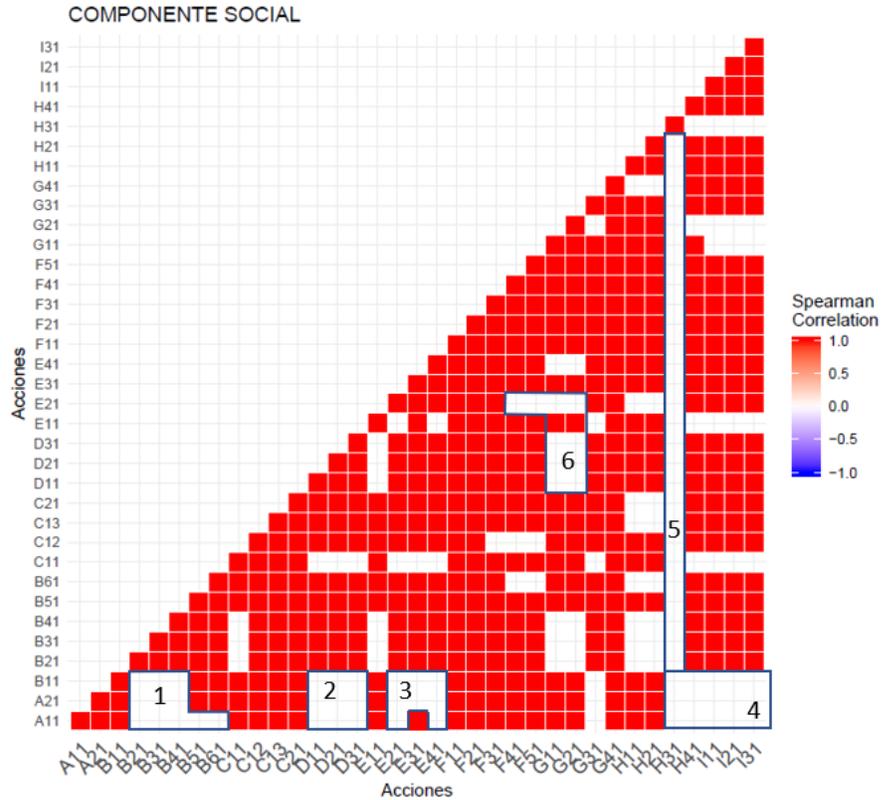


Fuente: El autor.

### 5.2.2.5 Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Social

La mayoría de las acciones presentan una correlación de carácter positiva dentro componente social, por lo tanto, se analizarán aquellas que no presentan interacción. En la Figura 5.75, se observan los diferentes grupos de no interacción siendo destacables un total de 6 que reflejan nulas interacciones dentro del componente.

**Figura 5.75 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Social. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5**



Fuente: El autor.

En las tablas se está interpretando las interacciones que no presentan correlación alguna en el componente social y que ameritan explicarse ya que el resto de las interacciones presentan una correlación de carácter positivo (Tabla 5.49, Tabla 5.50, Tabla 5.51, Tabla 5.52, Tabla 5.53 y Tabla 5.54). En estas agrupaciones se observa en varios casos que las manifestaciones de carácter regional y local no manejan interacciones en relación con el componente social con los grupos de acciones de Fenómenos de Remoción en Masa, Variabilidad Climática del Territorio, Dinámicas Sedimentarias, Actividad tectónica. En cuanto al Grupo 5 se observa que la acción de alteración estructural del paisaje no presenta interacción con los grupos de acciones de Anomalías Paisajísticas asociadas a formas cónicas y domicas, Dinámicas Sedimentarias, Actividad Tectónica, Actividad Sísmica, Corrientes Submarinas y Modelamiento de Paisaje.

**Tabla 5.49 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 1.**

<b>Grupo 1</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Manifestación de proceso</b>	
<b>Regional</b>	Reptación Sofusión Soliflucción Colapsamientos Flujos de sedimentos de alta velocidad
<b>Local</b>	Reptación Sofusión Soliflucción
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Reptación Sofusión Soliflucción

Fuente: El autor.

**Tabla 5.50 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 2.**

<b>Grupo 2</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Manifestación de proceso</b>	
<b>Regional</b>	Zonas erosivas Zonas de transporte Zonas de depositación
<b>Local</b>	Zonas erosivas Zonas de transporte Zonas de depositación
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Zonas erosivas Zonas de transporte Zonas de depositación

Fuente: El autor.

**Tabla 5.51 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 3.**

<b>Grupo 3</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Manifestación de proceso</b>	
<b>Regional</b>	Deformación plástica Contacto de placa
<b>Local</b>	Deformación plástica Deformación rígida Contacto de placa
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Deformación plástica Deformación rígida Contacto de placa

Fuente: El autor.

**Tabla 5.52 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 4.**

<b>Grupo 4</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Manifestación de proceso</b>	
<b>Regional</b>	Alteración estructural del paisaje Cambios de la zona litoral Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Local</b>	Alteración estructural del paisaje Cambios de la zona litoral Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Alteración estructural del paisaje Cambios de la zona litoral Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO

Fuente: El autor.

**Tabla 5.53 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 5.**

<b>Grupo 5</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Modelamiento de Paisaje</b>	
<b>Alteración estructural del paisaje</b>	Reptación, sofusión, solifluxión, colapsamiento, flujos de sedimento de alta velocidad, domos diapíricos, volcanes de lodo, procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo), zonas erosivas, zonas de transporte, zonas de depositación, movimiento de falla, deformación plástica, deformación rígida, contacto de placa, probabilidad de afectación por sismos mayores a 7,0 MI, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre 50-100 km, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI, corriente, corriente turbidítica, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, zonas con corrientes de baja intensidad, densidad de elementos paisajísticos e intensidad de modelamiento de paisaje

Fuente: El autor.

**Tabla 5.54 Correlaciones de la componente social que no manifiestan interacción correspondiente al Grupo 6.**

<b>Grupo 6</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Dinámicas sedimentarias</b>	
<b>Zonas erosivas</b>	Corriente Corriente turbidítica

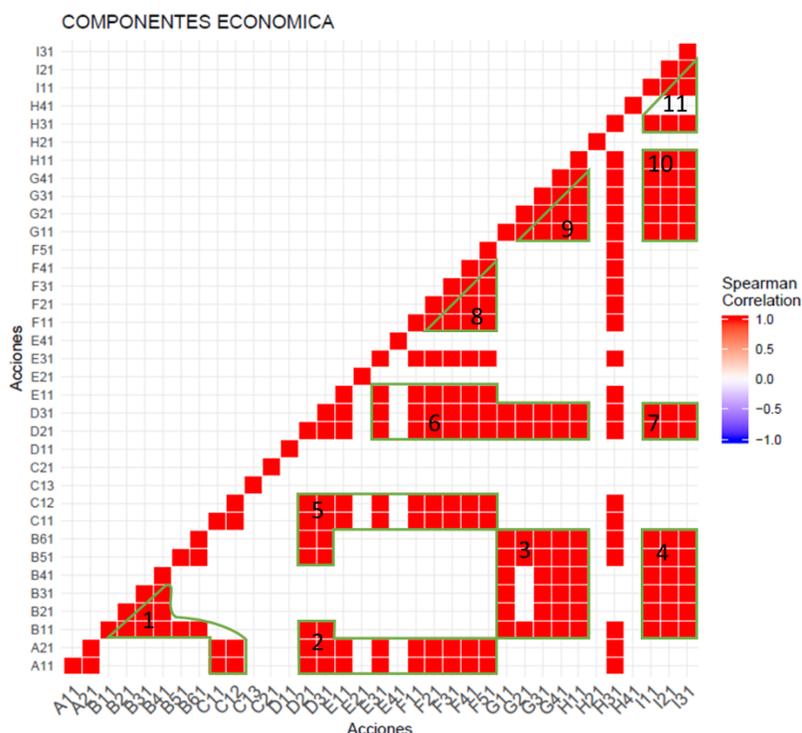
<b>Grupo 6</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Zonas de transporte</b>	Corriente Corriente turbidítica
<b>Zonas de deposición</b>	Corriente Corriente turbidítica
<b>Actividad tectónica</b>	
<b>Movimiento de falla</b>	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas
<b>Deformación plástica</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.

Fuente: El autor.

### **5.2.2.6 Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Económico**

El análisis de correlación para este componente presenta un comportamiento un poco dispar en relación con el análisis global de todos los componentes de los factores que hacen parte de la matriz, es por esta razón en la Figura 5.76, se observan un total de 11 grupos de los cuales el 3,4 y 5 no se encuentran reflejado en el análisis total de factores, mientras los demás grupos de este componente están en gran proporción representados en análisis global pero con algunas diferencias en algunas interacciones.

**Figura 5.76 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Económico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta únicamente los factores que hacen parte del componente económico, el Grupo 1 revela 2 tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas está en función de las manifestaciones regional y local con los domos diapíricos, así como los volcanes de lodo. Estas acciones tienen un vínculo, ya que el diapirismo del Caribe se ha manifestado es un fenómeno de carácter regional con exposiciones muy puntuales en ciertas partes en el territorio, así mismo desde el punto de vista económico en los factores evaluados el diapirismo puede estar asociado con algunas zonas de exploración estratégicas en el Caribe.

El segundo tipo de asociaciones se encuentra en función de los deslizamientos, reptaciones y sofusiones con los mismos fenómenos de remoción siendo altamente correlacionables entre sí. Estos efectos tienden a potenciarse entre sí por eso su carácter de correlación positivo porque aumentan la posibilidad de desarrollarse dentro de la misma área, generando a su vez una mayor probabilidad de afectaciones sobre el sustrato marino que a su vez afectarían posibles estructuras antrópicas que se encuentren allí (Tabla 5.55).

**Tabla 5.55 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 1 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 1</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Manifestación de Proceso</b>	
<b>Regional</b>	Domos diapíricos Volcanes de lodo
<b>Local</b>	Domos diapíricos Volcanes de lodo
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Reptación Sofusión Soliflucción Colapsamiento Flujos de sedimentos de alta velocidad
<b>Reptación</b>	Sofusión Soliflucción
<b>Sofusión</b>	Soliflucción

Fuente: El autor.

En el Grupo 2 aparecen dos tipos de asociaciones, siendo la primera de ellas entre las manifestaciones de procesos local y regional con las zonas de transporte, zonas de depositación, movimiento de falla, deformación rígida y cualquier probabilidad de algún evento sísmico. En este caso, los diferentes eventos se generan dentro de un contexto local o regional ya que los eventos sísmicos pueden afectar en sitios puntuales como amplias extensiones del territorio, lo mismo ocurre las zonas de transporte y las zonas de depositación que pueden generarse en sitios muy locales como en amplias regiones en el Caribe. En algunos casos estos eventos pueden disparar otros generando afectaciones tanto locales como regionales, por ende, pueden aumentar su probabilidad de ocurrencia, por ende, su correlación, aumentando las posibles afectaciones en las estructuras antrópicas en el territorio (Tabla 5.56).

**Tabla 5.56 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 2</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Manifestación de Proceso</b>	
<b>Regional</b>	Zonas de transporte Zonas de depositación Movimiento de falla Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100 km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.
<b>Local</b>	Zonas de transporte

<b>Grupo 2</b>	<b>Correlación positiva</b>
	Zonas de depositación Movimiento de falla Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100 km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Zonas de transporte Zonas de depositación

Fuente: El autor.

En el Grupo 3 aparece un solo tipo de asociación, la cual se encuentra en función de los diferentes fenómenos de remoción en masa con las acciones de corrientes, corrientes turbidíticas, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, zonas con corrientes de baja intensidad y densidad de elementos paisajísticos. Su correlación se explica a que los efectos de las diferentes corrientes pueden aumentar el desarrollo de los distintos fenómenos de remoción en masa sobre el territorio, dando como resultado que sean acciones correlacionables entre sí, dando como resultado mayores probabilidades de afectación en el relieve submarino, generando a su vez efectos negativos sobre las estructuras antrópicas que residan allí (Tabla 5.57).

**Tabla 5.57 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 3 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 3</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Reptación</b>	Corriente Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Sofusión</b>	Corriente Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Soliflucción</b>	Corriente Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Colapsamientos</b>	Corriente Corriente turbidítica

<b>Grupo 3</b>	<b>Correlación positiva</b>
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Flujos de sedimentos alta velocidad</b>	Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos

Fuente: El autor.

En el Grupo 4 aparece un solo tipo de asociación, la cual se encuentra en función de los diferentes fenómenos de remoción en masa con las acciones de estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO. En este caso, su correlación obedece a los efectos indirectos que implica los cambios en las condiciones climáticas, ya que el aumento o disminución en las precipitaciones puede generar cambios en los patrones de sedimentación de los ríos que llegan al mar, dando como resultado que aumente el efecto de las corrientes sobre la superficie del fondo marino aumentando su probabilidad de desarrollo en el territorio. Este efecto trae consigo mayores áreas de inestabilidad que traen a su vez mayores posibles áreas con mayor a las estructuras antrópicas que residan sobre la superficie del fondo marino (Tabla 5.58).

**Tabla 5.58 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 4 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 4</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Deslizamientos</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Reptación</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Sofusión</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Soliflucción</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Colapsamientos</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Flujos de sedimentos alta velocidad</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO

Fuente: El autor.

En el Grupo 5 surgen dos tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas se encuentra en función de los colapsamientos y flujos de sedimentos de alta velocidad con las zonas de transporte y depositación en el territorio. En este caso, su interacción se debe a que estos fenómenos de remoción pueden generar áreas en donde el material removido

sea depositado aumentando las áreas de depositación, mientras las zonas de transporte tienden a ser las áreas por donde pueden generarse los flujos de sedimentos de alta velocidad, en cuanto a los colapsamientos o hundimientos las zonas de transporte pueden afectar a su vez estas estructuras erosionándolas. Por lo dicho anteriormente, estas acciones tienen una gran correlación aumentando la probabilidad que se desarrollen en el territorio, dando como resultado que mayores áreas sean inestables afectando posiblemente el desarrollo de estructuras antrópicas en la zona (Tabla 5.59).

**Tabla 5.59 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 5 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 5</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Fenómenos de Remoción en Masa</b>	
<b>Colapsamientos</b>	Zonas de transporte Zonas de depositación
<b>Flujos de sedimentos de alta velocidad</b>	Zonas de transporte Zonas de depositación
<b>Anomalías Paisajísticas Asociadas a formas cónicas y domicas</b>	
<b>Domos diapíricos</b>	Zonas de transporte Zonas de depositación Movimiento de falla Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.
<b>Volcanes de lodo</b>	Zonas de transporte Zonas de depositación Movimiento de falla Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.

Fuente: El autor.

En el Grupo 6 surgen dos tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas se encuentra en función de las zonas de transporte y las zonas de depositación con la deformación rígida, cualquier probabilidad de algún evento sísmico ya sean mayores 7,0 MI hasta menores de 3,0 MI, corriente, corriente turbidítica, tendencia e inversión de las

dinámicas de las corrientes marinas, zonas con corrientes de baja intensidad y densidad de elementos. Su correlación se establece ya que todas estas acciones implican cambios en las dinámicas sedimentarias en el territorio aumentando o disminuyendo las zonas de depositación o las zonas de transporte. Así mismo la probabilidad de desarrollo zonas de transporte y depositación pueden afectar el asentamiento de estructuras antrópicas en el territorio (Tabla 5.60).

El segundo grupo de interacción de acciones aparece entre el movimiento de falla y las acciones asociadas deformación rígida y los eventos sísmicos con un amplio rango de magnitud ya sean mayores 7,0 MI hasta inferiores a 3,0 MI. Su correlación se explica ya que los eventos sísmicos pueden aumentar la probabilidad de movimiento de fallas, así como el desarrollo de nuevas fallas al producirse deformación rígida sobre la roca. En este caso su elevada sinergia puede generar que la probabilidad de ocurrencia de esta acción aumente, dando como resultado que se puedan afectar estructuras antrópicas en el territorio.

**Tabla 5.60 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 6 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 6</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Dinámicas Sedimentarias</b>	
<b>Zonas de transporte</b>	Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100 km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI. Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Zonas de depositación</b>	Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI. Corriente Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad

<b>Grupo 6</b>	<b>Correlación positiva</b>
	Densidad de elementos paisajísticos
<b>Actividad tectónica</b>	
<b>Movimiento de falla</b>	Deformación rígida Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0MI. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.

Fuente: El autor.

En el Grupo 7 aparece un solo tipo de asociación, la cual se encuentra en función de las zonas de transporte y las zonas de depositación con las acciones de estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO. En este caso, su correlación obedece a los efectos indirectos que implica los cambios en las condiciones climáticas, ya que el aumento o disminución en las precipitaciones puede generar cambios en los patrones de sedimentación de los ríos que llegan al mar, dando como resultado que se aumente o disminuya el desarrollo de zonas de transporte o de depositación en el territorio. Este efecto trae consigo mayores áreas de inestabilidad que traen a su vez mayores posibles áreas con mayor a las estructuras antrópicas que residan sobre la superficie del fondo marino (Tabla 5.61).

**Tabla 5.61 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 7 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 7</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Dinámicas sedimentarias</b>	
<b>Zonas de transporte</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Zonas de depositación</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO

Fuente: El autor.

En el Grupo 8 aparece un solo tipo de asociación, la cual se encuentra en función del desarrollo de los diferentes eventos sísmicos y la manera en que los sismos de magnitud generan otros eventos sísmicos con menor magnitud. Su correlación está en función de un vínculo sinérgico entre ellas mismas. El desarrollo de los diferentes sismos puede ocasionar afectaciones sobre la superficie del fondo marino, afectando a su vez las estructuras antrópicas que se encuentren allí (Tabla 5.62).

**Tabla 5.62 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 8 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 8</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Actividad Sísmica</b>	
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI.</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50 km. Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100 km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50km.</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100 km Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 con profundidades entre 50 y 100 km</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.
<b>Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI.

Fuente: El autor.

En el Grupo 9 surge un solo tipo de asociación, la cual se encuentra en función de las corrientes submarinas y la manera en que ellas se conectan entre sí. A raíz que la masa de agua presenta corrientes que a su vez pueden verse conectadas con otras generando cambios en las dinámicas de las mismas su efecto sinérgico es muy elevado. Por ende, el dinamismo de estas corrientes puede afectar la estabilidad de la superficie fondo, así como la estructuras que se encuentren sobre el mismo (Tabla 5.63).

**Tabla 5.63 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 9 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 9</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Corrientes submarinas</b>	
<b>Corriente</b>	Corriente turbidítica Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Corriente turbidítica</b>	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos
<b>Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas</b>	Zona con corrientes de baja intensidad Densidad de elementos paisajísticos

<b>Grupo 9</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Zona con corrientes de baja intensidad</b>	Densidad de elementos paisajísticos

Fuente: El autor.

El Grupo 10 presenta dos tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas se encuentra en función de las corrientes submarinas y la variabilidad climática del territorio ya sea con la estacionalidad del clima, la estacionalidad del evento y el Fenómeno ENSO. En este caso, su correlación obedece a los efectos directos que implica los cambios en las condiciones climáticas, en el comportamiento de las corrientes marinas, así como en todo el océano, generando cambios en la velocidad y temperaturas de las mismas. La variabilidad climática también genera cambios en la dinámica sedimentaria en la zona costera dando como resultado que las corrientes marinas de fondo afecten la superficie del fondo marino. Por estas razones, aumentando el desarrollo de las corrientes marinas pueden ocasionar afectaciones en las diferentes estructuras antrópicas que se dispongan en el territorio (Tabla 5.64).

La segunda asociación se encuentra supeditada a la interacción de las acciones de densidad de elementos paisajísticos con la estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y Fenómeno ENSO. Su correlación obedece a los efectos indirectos que implica los cambios en las condiciones climáticas, ya que el aumento o disminución en las precipitaciones puede generar cambios en los patrones de sedimentación de los ríos que llegan al mar, dando como resultado que aumente el efecto de las corrientes sobre la superficie del fondo marino aumentando su generando cambios en las unidades paisajísticas en el territorio. Así mismo un mayor dinamismo en la zona implica mayores áreas de inestabilidad que traen a su vez mayores posibles áreas con mayor a las estructuras antrópicas que residan sobre la superficie del fondo marino (Tabla 5.64).

**Tabla 5.64 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 10 que hace parte del Componente Económico.**

<b>Grupo 10</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Corrientes submarinas</b>	
<b>Corriente</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Corriente turbidítica</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Zona con corrientes de baja intensidad</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Modelamiento de Paisaje</b>	
<b>Densidad de elementos paisajísticos</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO

Fuente: El autor.

En el Grupo 11 presenta dos tipos de asociaciones, de las cuales la primera de ellas se encuentra en función de la alteración estructural del paisaje con la estacionalidad del clima, la estacionalidad del evento y el Fenómeno ENSO. En este caso, su correlación obedece a los efectos indirectos que implica los cambios en las condiciones climáticas que a su vez traen consigo cambios en la dinámica sedimentaria generando cambios paisajísticos en el territorio, por lo que se cataloga como una región dinámica que puede verse afectada por procesos de fondo que a su vez afectarían estructuras antrópicas que encuentren allí.

El segundo grupo de asociaciones está en función de la alteración de las condiciones climáticas a partir del desarrollo de los diferentes eventos climáticos siendo uno de los más estudiados el Fenómeno ENSO. Su correlación se debe a que la aparición de esta clase de eventos climáticos de tipo inter-anual, interdecadal e interestacional produce cambios en las condiciones del clima. Estos cambios en los patrones del clima pueden ocasionar efectos sobre la dinámica sedimentaria de los ríos que llegan al mar, dando como resultado se aumente o disminuya el desarrollo de zonas de transporte o de depositación en el territorio. Este efecto trae consigo mayores áreas de inestabilidad que traen a su vez mayores posibles áreas con mayor a las estructuras antrópicas que residan sobre la superficie del fondo marino (Tabla 5.65).

**Tabla 5.65 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 11 que hace parte del Componente Económico.**

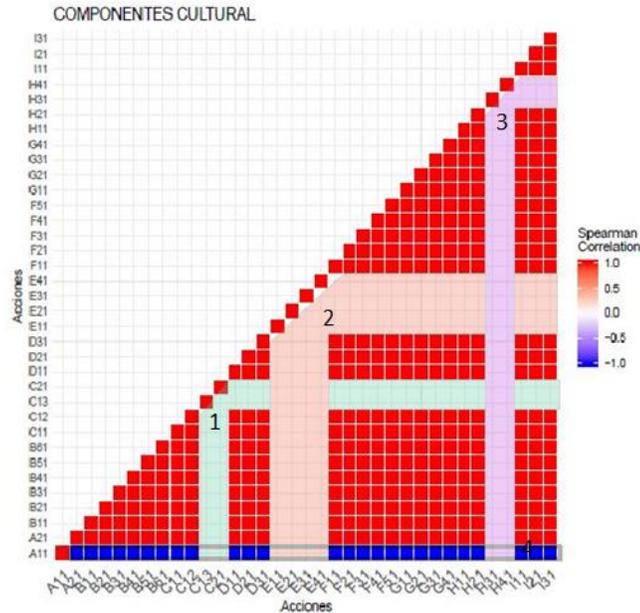
<b>Grupo 11</b>	<b>Correlación positiva</b>
<b>Modelamiento de Paisaje</b>	
<b>Alteración estructural en el paisaje</b>	Estacionalidad del clima Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Variabilidad Climática del Territorio</b>	
<b>Estacionalidad del clima</b>	Estacionalidad del evento Fenómeno ENSO
<b>Estacionalidad del evento</b>	Fenómeno ENSO

Fuente: El autor.

### 5.2.2.7 Análisis de correlación entre las acciones en función del Componente Cultural

La mayoría de las acciones presentan una correlación de carácter positiva dentro componente cultural, por lo tanto, se analizarán aquellas que no presentan interacción y un único grupo de interacciones de carácter negativo. En la Figura 5.77, se observan un total de cuatro agrupaciones de las cuales tres están basadas en acciones que no presentan interacción, mientras el grupo restante se ha generado por sus interacciones de carácter negativo.

**Figura 5.77 Correlación de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Cultural. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5**



Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta únicamente los factores que hacen parte del componente cultural, el Grupo 1 está compuesto por las acciones de domos salinos y procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo), de las cuales no presenta interacción con alguna otra acción dentro de la evaluación de la matriz (Tabla 5.66).

**Tabla 5.66 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 1 que hace parte del Componente Cultural.**

Grupo 1	No presenta correlación
<b>Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y cómica</b>	
<b>Domos salinos</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.
<b>Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.

Fuente: El autor.

En el Grupo 2 aparecen las acciones de movimiento de falla, deformación plástica, deformación rígida y contacto de placa, de las cuales no presentan interacción alguna con otra acción dentro de este componente (Tabla 5.67).

**Tabla 5.67 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hace parte del Componente Cultural.**

Grupo 2	No presenta correlación
<b>Actividad tectónica</b>	

<b>Grupo 2</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Movimiento de falla</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.
<b>Deformación plástica</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.
<b>Deformación rígida</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.
<b>Contacto de placa</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.

Fuente: El autor.

En el Grupo 3 aparecen las acciones de alteración estructural en el paisaje y cambios de la zona litoral, teniendo nulas interacciones con otras acciones dentro del componente cultural (Tabla 5.68).

**Tabla 5.68 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 2 que hace parte del Componente Cultural.**

<b>Grupo 3</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Modelamiento de paisaje</b>	
<b>Alteración estructural en el paisaje</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.
<b>Cambios de la zona litoral</b>	No maneja ninguna interacción con otras acciones dentro de este componente.

Fuente: El autor.

En el Grupo 4 aparece un solo tipo de asociación, la cual se encuentra en función de la acción de manifestación de proceso regional con la manifestación de proceso local, deslizamientos, reptación, sufusión, soliflucción, colapsamiento, flujos de sedimentos de alta velocidad, domos diapíricos, volcanes de lodo, zonas erosivas, zonas de transporte, zonas de depositación, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50 km, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre 50 y 100 km, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0 MI, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI, corriente, corriente turbidítica, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, zona con corrientes de baja intensidad, densidad de elementos paisajísticos, intensidad del modelamiento del paisaje, estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y fenómeno ENSO. En este caso su correlación de carácter negativa obedece que todas estas series de acciones impactan los distintos factores evaluados en la matriz que posiblemente se encuentren a lo largo del Caribe (Tabla 5.69).

**Tabla 5.69 Interacciones de acciones pertenecientes al Grupo 4 que hace parte del Componente Cultural.**

<b>Grupo 4</b>	<b>No presenta correlación</b>
<b>Manifestación de proceso</b>	
<b>Regional</b>	Manifestación de proceso local, deslizamientos, reptación, sufusión, soliflucción, colapsamiento, flujos de sedimentos de alta

Grupo 4	No presenta correlación
	velocidad, domos diapíricos, volcanes de lodo, zonas erosivas, zonas de transporte, zonas de depositación, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 con profundidad menor a 50 km, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre 50 y 100 km, probabilidad de afectación pos sismos con magnitudes menores a 4,0 MI, probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI, corriente, corriente turbiditica, tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas, zona con corrientes de baja intensidad, densidad de elementos paisajísticos, intensidad del modelamiento del paisaje, estacionalidad del clima, estacionalidad del evento y fenómeno ENSO.

Fuente: El autor.

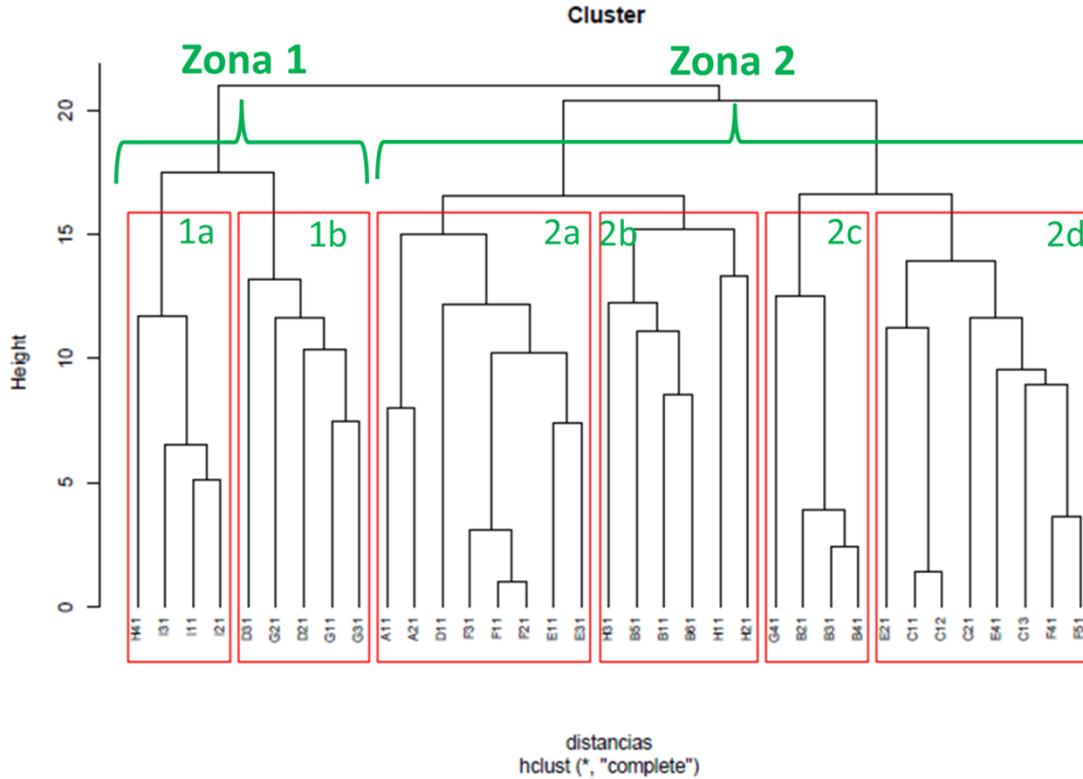
### 5.2.3 Análisis por agrupaciones en función de las similitudes teniendo en cuenta la distancia Euclidiana existente entre los conjuntos de puntos

El tercer análisis implica generar una serie acciones teniendo en cuenta las similitudes por la distancia Euclidiana existente entre los conjuntos de puntos, para ello se utilizó le método jerárquico de agrupación de las acciones para cada uno de los distintos factores considerados en la matriz de impactos.

Dicho lo anterior, se entiende que las acciones dentro de cada uno de los clústers reflejan una mayor relación entre ellas desde el punto de vista de la cercanía medida a partir de la distancia Euclidiana que a su vez dependerá de los componentes evaluados, por esta razón se realizaron un total de 7 análisis en función del componente global de los factores, así como de los componentes abiótico, biótico, paisajístico, social, económico y cultural.

A partir del dendograma realizado se han podido obtener un total de 2 zonas principales de las cuales a su vez se han dividido un total de 6 subzonas que presentan una serie de características importantes en cuanto a la asociación de las diferentes acciones que la componen, como a su relación con las otras zonas importantes (Figura 5.78).

Figura 5.78 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo todos los factores. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.



Fuente: El autor.

A continuación, se analizarán el comportamiento de las diferentes zonas y la manera en que ellas se relacionan con las demás zonas relevantes:

### Zona 1

Esta zona se compone de dos subzonas, la subzona 1a está representada por las acciones de cambios de la zona litoral, fenómeno ENSO, estacionalidad del clima y estacionalidad del evento. En esta subzona 1a hay un vínculo muy cercano entre las acciones de estacionalidad del clima y estacionalidad que a su vez están conectadas con fenómeno ENSO, así mismo todas estas acciones están conectadas con los cambios en la zona litoral. Esta serie de cercanías entre las acciones dentro de esta subzona van relación con la variabilidad climática como primera medida, ya que los eventos climáticos como las variaciones interdecadales, interestacionales, estacionales entre otras van a modificar las condiciones naturales del clima, además diferentes fenómenos climáticos pueden modificar los patrones climáticos de otros eventos si se generan simultáneamente. En cuanto a su vínculo con los cambios de la zona litoral, la variabilidad climática influye

mucho en las dinámicas sedimentarias tanto en una escala local como regional, modificando a su vez la configuración de la línea costera (Tabla 5.70).

La subzona 1b está compuesta por las acciones de zonas de depositación, corriente turbidítica, zonas de transporte, corriente y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas. En cuanto a la manera en que se establecen los vínculos en esta subzona se ha observado que las acciones de corrientes y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas tienen un vínculo muy cercano, así mismo estas dos acciones están conectadas con las zonas de transporte, después en menor cercanía con las acciones de corriente turbidítico y zonas de depositación, siendo todas estas acciones vinculadas entro de la subzona 1b. La manera en que se explican esta serie de vínculos cercanos entre las diferentes corrientes y su comportamiento con las acciones de zonas de sedimentación y zonas de transporte se debe a que las corrientes son condicionantes para el establecimiento de lugares con elevada erosión, así como áreas en donde hay una elevada circulación oceánica que alterar los patrones sedimentarios del área, por ende, su nivel elevado de cercanía (Tabla 5.70).

## **Zona 2**

La Zona 2 está dividida en 4 subzonas, la primera de ellas denominada Subzona 2a tiene un total de 8 acciones, siendo las más cercanas entre sí los sismos mayores (sismos con magnitudes mayores 7,0 MI, los sismos entre 6,0 y 7,0 MI y los sismos entre 4,0 y 6,0 MI) con las acciones de movimiento falla y deformación rígida. Esta cercanía entre acciones se explica en que los sismos pueden ser ocasionados por movimientos de falla, así como los efectos de la deformación rígida en el territorio. En un menor rango de cercanía se encuentra las zonas erosivas con las acciones previamente señaladas, no obstante, su carácter vinculante se debe a que estos sismos pueden ocasionar un efecto sinérgico y afectar las unidades de paisaje en el territorio generando que se disparen los fenómenos de remoción en masa, dando como resultado un aumento importante en las zonas erosivas en el área. Por otro, en el mismo grupo se encuentran vinculadas las acciones de manifestación de proceso local y regional que tienen un vínculo con las acciones de sismos mayores, las zonas erosivas, los movimientos de falla y la deformación rígida, siendo explicada esta conexión a partir de los efectos de todas estas acciones sobre el territorio tanto en lugares muy puntuales como en grandes áreas dentro de la región del Caribe.

La Subzona 2b tiene un total de 6 acciones, siendo las más cercanas entre sí, los fenómenos de remoción en masa como los flujos de sedimentos de alta velocidad, los deslizamientos y los colapsamientos, siendo todos estos fenómenos considerados de rápido desarrollo en el territorio. estas acciones están vinculadas con la alteración estructural del paisaje, siendo explicada su conexión por el efecto de esta clase fenómenos sobre el terreno alterando a su vez las unidades de paisaje. Por otro lado, dentro de la misma subzona se encuentran relacionadas las acciones de densidad de elementos paisajísticos e intensidad de modelamiento de paisaje que a su vez reciben un efecto importante ya que estos fenómenos de remoción en masa generan una mayor intensidad

en el modelamiento del paisaje, así como un mayor número de unidades paisajísticas en el territorio (Tabla 5.70).

La Subzona 2c tiene un total de 4 acciones, de las cuales las más cercanas entre sí, son las acciones de sufusión, solifluxión y reptaciones que se han entiendo como fenómenos de remoción de carácter lento, así mismo estas acciones se encuentran vinculadas con las zonas de corrientes de baja intensidad. Su relación se explica ya que estos fenómenos de remoción en masa de desarrollo lento están más relacionados con procesos de carácter gravitatorio ayudado por el efecto constante que se generan en estas zonas de corrientes de baja intensidad (Tabla 5.70).

En cuanto a la Subzona 2D está en función de 8 acciones, de las cuales los sismos con magnitudes menores 4,0 MI con los domos salinos tiene una importante cercanía. Estas acciones se encuentran relacionadas con la acción de contacto de placa y posteriormente con los procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo). Por otro lado, existe una cercanía importante entre los volcanes de lodo y los domos diapíricos con la deformación plástica. En cuanto a la explicación de la relación de esta acciones dentro de esta subzona se debe primero al efecto del contacto de placa en el desarrollo de la deformación plástica en el territorio que genera a su vez los procesos de naturaleza intrusiva y algunos procesos de diapirismo que constaría de dos tipos, uno de ellos estaría vinculado a la posible generación de domos salinos, mientras el segundo se encuentra relacionado con un proceso ampliamente conocido en la región del Caribe como el Diapirismo de lodo que ha sido explicado en esta matriz a través de las acciones de generación de domos diapíricos y volcanes de lodo (Tabla 5.70).

**Tabla 5.70 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores.**

	<b>Acciones vinculadas</b>
<b>Zona 1</b>	
<b>Subzona 1a</b>	Cambios de la zona litoral
	Fenómeno ENSO
	Estacionalidad del clima
	Estacionalidad del evento
<b>Subzona 1b</b>	Zonas de depositación
	Corriente turbidítica
	Zonas de transporte
	Corriente
	Tendencia e inversión de las dinamicas de las corrientes marinas
<b>Zona 2</b>	
<b>Subzona 2a</b>	Manifestación del proceso regional
	Manifestación del proceso local
	Zonas erosivas
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre los 50 y 100 km.

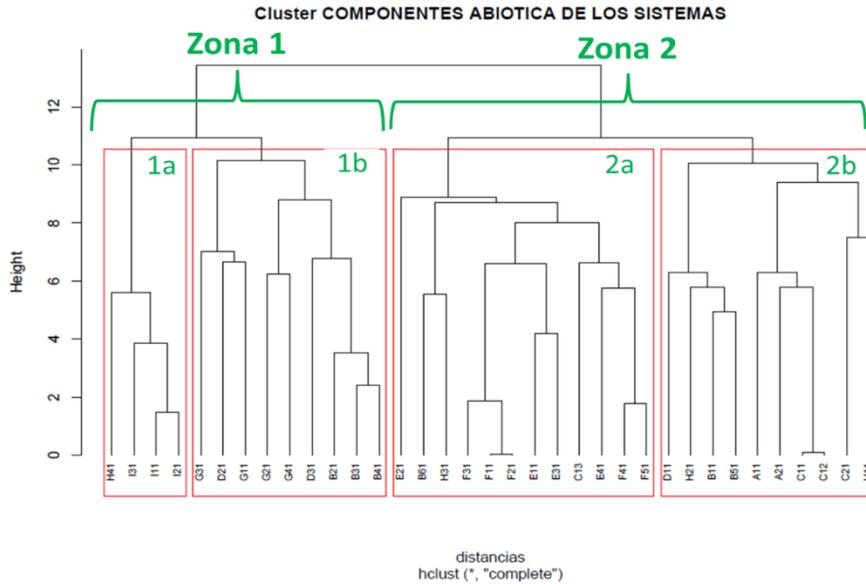
	<b>Acciones vinculadas</b>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50km.
	Movimiento de falla
	Deformación rígida
<b>Subzona 2b</b>	Alteración estructural en el paisaje
	Colapsamiento o hundimiento
	Deslizamientos
	Flujos de sedimentos de alta velocidad
	Densidad de elementos paisajísticos
	Intensidad del modelamiento de paisaje
<b>Subzona 2c</b>	Zona con corrientes de baja intensidad
	Reptación
	Sofusión
	Solifluxión
<b>Subzona 2d</b>	Deformación plástica
	Domos diapíricos
	Volcanes de lodo
	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
	Contacto de placa
	Domos salinos
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes menores a 3,0 MI

Fuente: El autor.

### 5.2.3.1 Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Abiótico

A partir del dendograma elaborado se han obtenido un total de 2 zonas principales de las cuales a su vez se han dividido un total de 4 subzonas que presentan una serie de características importantes en cuanto a la asociación de las diferentes acciones que la componen, como a su relación con las otras zonas importantes (Figura 5.78).

Tabla 5.71 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Abiótico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5



A continuación, se analizará el comportamiento de las diferentes zonas y la manera en que ellas se relacionan con las demás zonas relevantes:

### Zona 1

La Zona 1 está dividida en 2 subzonas, la primera de ellas denominada Subzona 1a tiene un total de 4 acciones, siendo las más cercanas entre sí las acciones de estacionalidad del clima y estacionalidad que a su vez están conectadas con fenómeno ENSO. Por su parte, esta serie de cercanías entre las acciones dentro de esta subzona van en relación con la variabilidad climática como primera medida, ya que los eventos climáticos como las variaciones interdecadales, interestacionales, estacionales entre otras van a modificar las condiciones naturales del clima, además diferentes fenómenos climáticos pueden modificar los patrones climáticos de otros eventos si se generan simultáneamente. En cuanto a su vínculo con los cambios de la zona litoral, la variabilidad climática influye mucho en las dinámicas sedimentarias tanto en una escala local como regional, modificando a su vez la configuración de la línea costera (Tabla 5.72).

La Subzona 1b está en función de 9 acciones, de las cuales las más cercanas entre sí, con las acciones de sufusión, soliflucción y reptaciones que se han entendido como fenómenos de remoción en masa de desarrollo lento, así mismo, estas acciones se encuentran relacionadas con las zonas de depositación, a su vez este grupo de acciones está vinculado con las corrientes turbidíticas y con zonas de corriente de baja intensidad. Esta clase de relación se explica ya que estos fenómenos de remoción en masa de desarrollo lento están más relacionados con procesos de carácter gravitatorio ayudado por

el efecto constante que se generan en estas zonas de corrientes de baja intensidad, así como en las corrientes turbidíticas, generando condiciones propicias a largo plazo para el desarrollo de esta clase de fenómenos de remoción en masa. Por otro lado, en la misma subzona se encuentran el vínculo entre las corrientes y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes submarinas, que podría explicarse a partir del efecto que tiene el accionar de estas corrientes sobre esta clase de estructuras. En esta subzona se destaca la relación entre la actividad de las corrientes submarinas con el desarrollo de fenómenos de remoción en masa de carácter lento con la afectación de posibles estructuras en superficie como lo son los domos salinos, por otro lado, así mismo las dinámicas de las corrientes marinas afectan la generación de zonas de depositación ya que los cambios en las corrientes pueden generar cambios en los lugares con mayor estabilidad para el asentamiento de sedimentos sobre la superficie del fondo marino (Tabla 5.72).

## **Zona 2**

La Zona 2 está dividida en 2 subzonas, la primera de ellas denominada Subzona 2a tiene un total de 12 acciones, siendo las más cercanas entre sí los sismos con magnitudes menores a 4,0 MI con la acción de contacto de placa, siendo a su vez estas acciones vinculadas con los domos salinos. Esta cercanía entre acciones se explica por los efectos que podría ocasionar el desarrollo de eventos sísmicos así sean de baja magnitud en la estabilidad de los domos salinos. Dentro de la misma rama, pero un sector más lejano a esta serie de acciones se encuentra por un lado los sismos de magnitudes mayores (sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI, sismos entre 6,0 y 7,0 MI, y los sismos entre 4,0 y 6,0 MI) con las acciones de movimiento de falla y deformación. Así mismo esta cercanía entre acciones se explica en que los sismos pueden ser ocasionados por movimientos de falla, así como los efectos de la deformación rígida en el territorio. Por otro lado, en la misma subzona se encuentran las acciones de alteración estructural y flujos de sedimentos que se encuentra relacionada de manera más lejana con las acciones de los sismos mayores y los movimientos de falla, siendo explicado este vínculo ya que los sismos pueden generar una mayor desestabilización en la superficie del fondo marino trayendo consigo la generación de los flujos de sedimentos de alta velocidad. En cuanto a la alteración estructural se observa en mayor medida una relación no tan cercana con los movimientos de falla y la deformación rígida. Es importante mencionar que la acción más lejana en la subzona se encuentra la deformación plástica que estaría ya relacionándose con los grupos de acciones de actividad sísmica y actividad de tectónica, sin embargo, su conexión es más débil (Tabla 5.72).

La Subzona 2b tiene un total 10 de acciones, siendo las más cercanas entre si los domos diapíricos y los volcanes de lodo, ya que ambas acciones se encuentran relacionada con los procesos de Diapairismo del Caribe. A este par de acciones se vinculan los efectos de la manifestación de procesos local y regional que sería interpretado como el efecto que tienen esas acciones sobre el territorio tanto en lugares muy puntuales como en grandes áreas dentro de la región del Caribe, ya que este fenómeno es ampliamente reconocido en esta región. En otra rama aparecen vinculadas las acciones de procesos de naturaleza

intrusiva con la densidad de elementos paisajísticos, siendo explicada esta relación a partir de la generación de nuevas estructuras en el territorio que afectan las unidades de paisaje preexistentes aumentando el número de unidades de paisaje, así por esta razón los domos y los volcanes de lodo también presentan un vínculo con la densidad de los elementos paisajísticos, ya que ellos generan el mismo efecto en el terreno. Por otro lado, en la misma subzona, pero en otra rama se encuentran asociadas las acciones de deslizamientos y colapsamientos de manera más cercana ya que son fenómenos de remoción de masa que tiene un desarrollo rápido. A este par de acciones se vinculan con una menor cercanía las acciones de intensidad de modelamientos y las zonas erosivas. Esta relación se explica ya que la intensidad de modelamiento es una expresión de los fenómenos de remoción en masa, ya que un mayor número de fenómenos de remoción implica que se ha producido una mayor intensidad de modelamiento en el territorio. Las zonas erosivas van de la mano con una mayor intensidad de modelamiento del paisaje, ya que en estos sitios se puede observar el verdadero impacto de los diferentes procesos sobre el territorio (Tabla 5.72).

**Tabla 5.72 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Abiótico.**

	<b>Acciones vinculadas</b>
<b>Zona 1</b>	
<b>Subzona 1a</b>	Cambios de la zona litoral
	Fenómeno ENSO
	Estacionalidad del clima
	Estacionalidad del evento
<b>Subzona 1b</b>	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes
	Zonas de transporte
	Corriente
	Corriente turbidítica
	Zonas con corrientes de baja intensidad
	Zonas de depositación
	Reptación
	Sofusión
Solifluxión	
<b>Zona 2</b>	
<b>Subzona 2a</b>	Deformación plástica
	Flujos de sedimentos de alta velocidad
	Alteración estructural en el paisaje
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre los 50 y 100 km
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km
	Movimiento de falla
	Deformación rígida

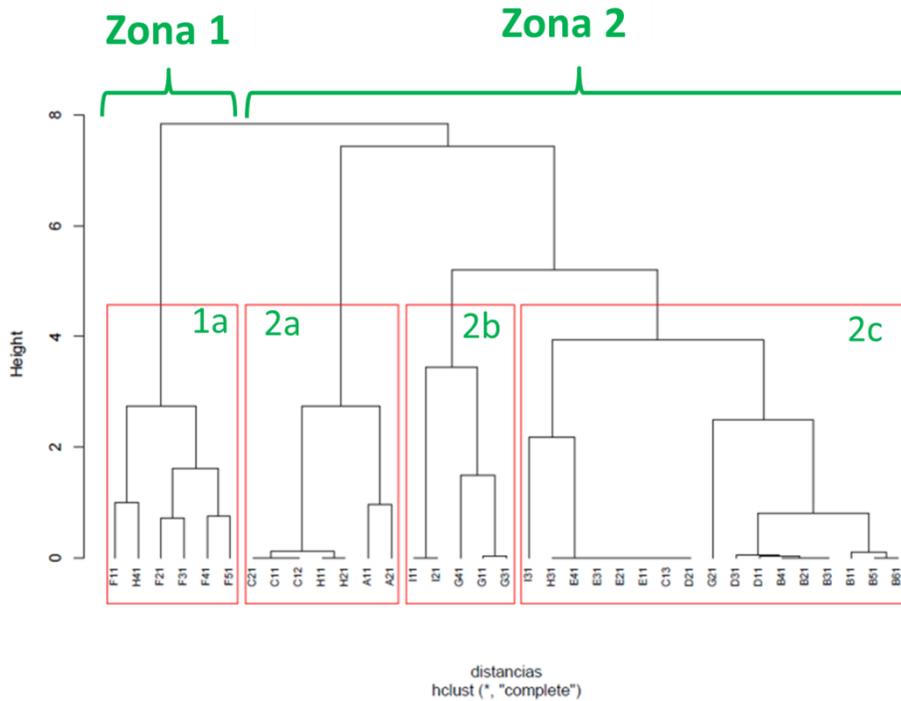
	<b>Acciones vinculadas</b>
	Domos salinos
	Contacto de placa
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes menores a 3,0 MI
<b>Subzona 2b</b>	Zonas erosivas
	Intensidad de modelamiento de paisaje
	Deslizamientos
	Colapsamientos
	Manifestación del proceso regional
	Manifestación del proceso local
	Domos diapíricos
	Volcanes de lodo
	Sofusión
	Soliflucción
	Deformación plástica
	Domos diapíricos
	Volcanes de lodo
	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
	Densidad de elementos paisajísticos

Fuente: El autor.

### 5.2.3.2 Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Biótico

A partir del dendograma elaborado se han obtenido un total de 2 zonas principales, de las cuales a su vez se han dividido en un total de 4 subzonas que presentan una serie de características importantes en cuanto a la asociación de las diferentes acciones que la componen, como a su relación con las otras zonas importantes (Figura 5.79).

Figura 5.79 Dendrograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo todos los factores. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.



Fuente: El autor.

En la Figura 5.79 se observan grandes cambios en la manera en que se han conformado las diferentes las subzonas, en comparación a las establecidas previamente dentro del análisis de todos los factores correspondientes a la matriz de impactos. A continuación, se analizará el comportamiento de las diferentes zonas y la manera en que ellas se relacionan con las demás zonas relevantes:

### Zona 1

La Zona 1 solamente presenta una subzona, la cual se denomina Subzona 1a y tiene un total de 6 acciones, siendo la mayoría de acciones asociadas a la actividad sísmica, mientras que la única acción que pertenece a otro grupo de acciones se denomina como la alteración estructural del paisaje, la cual hace parte del grupo de modelamiento de paisaje. En cuanto, al vínculo entre la actividad sísmica de diferente índole con la alteración estructural, cabe mencionar que su relación va enfocada en los efectos que producen los sismos en la variación de las estructuras que se encuentran en la superficie del fondo que están relacionadas con la configuración paisajística del territorio que a su vez afecta el desarrollo de las comunidades bióticas que se establecen en este sector (Tabla 5.73).

## Zona 2

Por su parte la Zona 2 está compuesta por un total de 3 subzonas, de las cuales la Subzona 2a se compone de un total de 7 acciones, siendo las acciones de procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo), los domos y los volcanes de lodo, las cuales a su vez se encuentran vinculadas con la densidad de elementos paisajísticos e intensidad de modelamiento de paisaje. Esta cercanía entre acciones se explica ya que la generación de esta serie de estructuras como domos o volcanes de lodo incrementan la diversidad de unidades de paisaje y así mismo generan un modelamiento de paisaje a mayor nivel que su vez tendrán una manifestación tanto de carácter local como regional., Así mismo todos estos cambios inciden de gran manera en la producción de áreas que puedan alojar diferentes clases de comunidades bióticas. Por otro lado, en la misma subzona se encuentran las acciones (Tabla 5.73).

La Subzona 2b tiene un total de 5 acciones, de las cuales la estacionalidad del clima y la estacionalidad del evento manejan un nivel cercano de relación, así mismo estas acciones están conectadas con las acciones de zonas de corrientes de baja intensidad, corrientes y la tendencia e inversión de las dinámicas de las mismas, ya que a partir de los eventos climáticos como las variaciones interdecadales, interestacionales, estacionales entre otras van a modificar las condiciones la dirección e intensidad de las corrientes en la zona, dando como resultado variaciones en las migraciones de las comunidades que se encuentren en el mar Caribe (Tabla 5.73).

La Subzona 2c está compuesta por un total de 17 acciones, de las cuales las más cercanas entre sí, son las zonas de transporte, los domos salinos, movimiento de falla, deformación plástica, deformación rígida y contacto de falla. Esta clase de relación se explica en relación desde el punto de vista biológico como acciones que generan cambios en la configuración paisajística del territorio, afectando a las comunidades que establezcan en este sector (Tabla 5.73). Así mismo estas acciones se encuentran relacionadas en una menor cercanía con el Fenómeno ENSO, entendiendo que esta acción puede también generar cambios en las tasas de sedimentación de los ríos que desembocan en el mar que a su implica cambios en las unidades de paisaje, impactando en las diferentes comunidades. Por otro lado, el Fenómeno ENSO y las zonas de transporte también se relacionan desde el punto de vista ecosistémico ya que son acciones que generan cambios en la distribución de nutrientes en el territorio (Tabla 5.73). En la otra rama de esta subzona se encuentran con una gran cercanía las acciones de fenómeno de remoción en masa de carácter lento como la sofusión, reptación y solifluxión con las zonas erosivas y las zonas de depositación. Esta clase de vinculo está dada en función del aporte de los fenómenos de remoción en masa de carácter lento a la dinámica sedimentaria removimiento material de un sector para depositarlo en otro. Así mismo, estas acciones están conectadas con las acciones de fenómenos de remoción en masa de carácter rápido como son los deslizamientos, los colapsamientos y hundimientos. Este vínculo entre las dinámicas sedimentarias de zonas erosivas y las zonas de depositación con los fenómenos de remoción en masa de carácter lento y rápido, obedece a que son acciones que cambian la

configuración de las unidades de paisaje del territorio, que a su vez trae impactos en la disposición de las comunidades que se encuentre sobre el territorio (Tabla 5.73).

**Tabla 5.73 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Abiótico.**

	<b>Acciones vinculadas</b>
<b>Zona 1</b>	
<b>Subzona 1a</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI
	Alteración estructural del paisaje
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50km
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI con profundidades entre los 50 y 100km
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes entre 4,0 y 3,0MI
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes menores a 3,0 MI
<b>Zona 2</b>	
<b>Subzona 2a</b>	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
	Domos diapíricos
	Volcanes de lodo
	Densidad de elementos paisajísticos
	Intensidad de modelamiento de paisaje
	Manifestación del proceso regional
	Manifestación del proceso local
<b>Subzona 2b</b>	Estacionalidad del clima
	Estacionalidad del evento
	Zona con corrientes de baja intensidad
	Corriente
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas
<b>Subzona 2c</b>	Fenómeno ENSO
	Alteración estructural del paisaje
	Contacto de placa
	Deformación rígida
	Deformación plástica
	Movimiento de falla
	Domos salinos
	Corriente turbidítica
	Zonas de depositación
	Zonas de transporte
	Corriente turbidítica
	Corriente

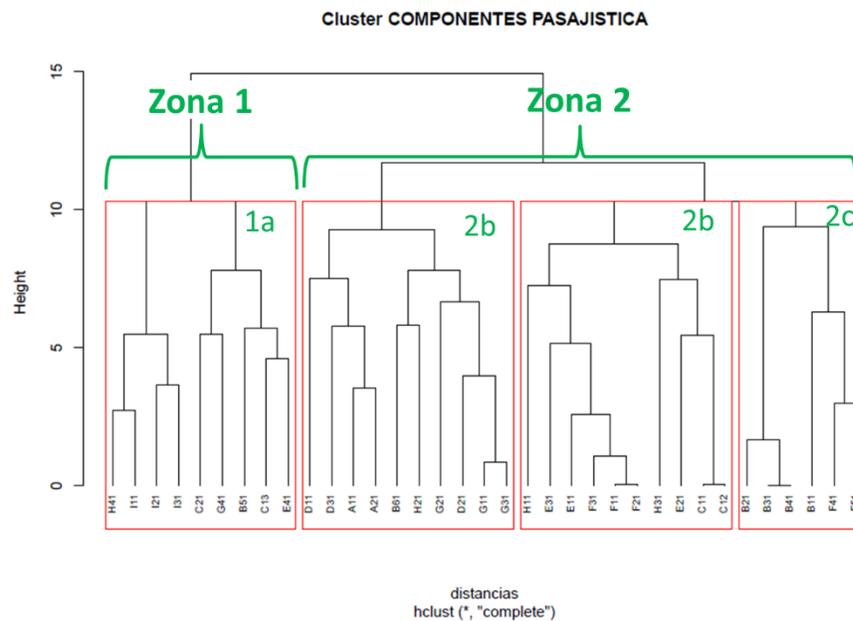
	Acciones vinculadas
	Soliflucción
	Reptación
	Sofusión
	Deslizamientos
	Colapsamientos
	Flujos de sedimentos de alta velocidad

Fuente: El autor.

### 5.2.3.3 Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Paisajístico

A partir del dendograma elaborado se han obtenido un total de 2 zonas principales de las cuales a su vez se han dividido un total de 4 subzonas que presentan una serie de características importantes en cuanto a la asociación de las diferentes acciones que la componen, como a su relación con las otras zonas importantes (Figura 5.80).

**Figura 5.80 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Paisajístico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.**



Fuente: El autor.

En la Figura 5.80, se observan grandes cambios en la manera en que se han conformado las diferentes las subzonas, en comparación a las establecidas previamente dentro del análisis de todos los factores correspondientes a la matriz de impactos. A continuación, se analizará el comportamiento de las diferentes zonas y la manera en que ellas se relacionan con las demás zonas relevantes:

## **Zona 1**

La Zona 1 solamente presenta una subzona, la cual se denomina Subzona 1a y tiene un total de 9 acciones, siendo las más cercanas entre sí, las acciones de estacionalidad del clima y estacionalidad del evento, que a su vez están conectadas con Fenómeno ENSO y con cambios en la zona litoral. Esta serie de cercanías entre las acciones dentro de esta subzona van en relación con la variabilidad climática como primera medida, ya que los eventos climáticos como las variaciones interdecadales, interestacionales, estacionales entre otras van a modificar las condiciones naturales del clima, además diferentes fenómenos climáticos pueden modificar los patrones climáticos de otros eventos si se generan simultáneamente. En cuanto a su vínculo con los cambios de la zona litoral, la variabilidad climática influye mucho en las dinámicas sedimentarias tanto en una escala local como regional, modificando a su vez la configuración de la línea costera. En cuanto a su conexión dentro del punto de vista paisajístico se observa claramente que estas acciones pueden afectar las corrientes, así como su comportamiento, generando cambios en las dinámicas sedimentarias en el territorio que genera a su vez cambios en las unidades del paisaje (Tabla 5.74).

En la otra ramificación de la Subzona 1a se encuentran relacionadas las acciones de domos salinos, colapsamientos y contacto de placa. Este vínculo se explica ya que desde el punto de vista paisajístico las acciones de colapsamientos y domos salinos tienden producir nuevas unidades de paisaje, mientras que el contacto de placa genero los parámetros para el establecimiento de una amplia plataforma continental, así como las colinas abisales del Talud Caribaná y una amplia zona abisal de la cual se ha definido la Cuenca Colombia (Tabla 5.74).

## **Zona 2**

La Zona 2 está compuesta por un total de 3 subzonas, de las cuales la Subzona 2a presenta un total de 10 acciones, siendo las más cercanas entre si las corrientes y la tendencia e inversión de las dinámicas de las mismas, las cuales a su vez están conectadas con zonas de transporte y las corrientes turbidíticas. Esta cercanía dentro del componente paisajístico se debe a que las corrientes marinas generan cambios en las zonas de transporte que a su vez impactan en la configuración paisajística del territorio. Por su parte la intensidad de modelamiento y los flujos de sedimentos de alta velocidad están conectados debido a que esta clase procesos generan importantes impactos en las unidades de paisaje evidenciando una elevada intensidad de modelamiento en el paisaje. De igual manera, tanto las corrientes como los flujos de alta velocidad son indicadores de una elevada intensidad en el modelamiento de las unidades del paisaje del territorio.

En la otra ramificación de la Subzona 2a se encuentran relacionadas las acciones de manifestación de procesos local y regional con las zonas erosivas, así como las zonas de depositación, siendo conectadas estas acciones debido a que las zonas de depositación y las zonas erosivas tienen un impacto relevante a nivel local y regional dentro de las unidades de paisaje (Tabla 5.74).

La Subzona 2b tiene un total de 10, de las cuales en una ramificación se encuentran con una alta relación los sismos mayores (sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI, sismos entre 6,0 y 7,0 MI, y los sismos entre 4,0 y 6,0 MI) con las acciones de deformación rígida y densidad de elementos paisajísticos. Su cercanía dentro de esta subzona al parecer está relacionada con los efectos sinérgicos que presentan esta serie de eventos sísmicos al generar nuevas estructuras geológicas en superficie como fallas o diaclasas, de igual modo, también pueden asociarse a la formación de nuevos fenómenos de remoción en masa, generando a su vez nuevas unidades de paisaje producto de estos procesos en la superficie del fondo, dando como resultado una mayor densidad de unidades de paisaje (Tabla 5.74).

La Subzona 2C se compone de un total de 6 acciones, siendo las más cercanas entre si los fenómenos de remoción de carácter lento como las reptaciones, las sofusiones y las solifluxiones. Esta relación en el componente paisajístico es explicada por los efectos de esta serie sobre la superficie del fondo marino afectando las unidades de paisaje preexistentes. Por su parte en la otra ramificación aparecen los deslizamientos y los sismos menores (sismos menores de 4,0 MI) que estarían vinculados siendo los sismos uno de los posibles causantes de los deslizamientos, que traen consigo a su vez impactos en las unidades de paisaje con la posible generación de nuevas unidades y la destrucción de las preexistentes (Tabla 5.74).

**Tabla 5.74 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Paisajístico.**

	<b>Acciones vinculadas</b>
<b>Zona 1</b>	
<b>Subzona 1a</b>	Cambios de la zona litoral
	Estacionalidad del clima
	Estacionalidad del evento
	Fenómeno ENSO
	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
	Zona con corrientes de baja intensidad
	Colapsamiento
	Domos salinos
	Contacto de placa
<b>Zona 2</b>	
<b>Subzona 2a</b>	Zonas erosivas
	Zonas de transporte
	Manifestación de proceso local
	Manifestación de proceso regional
	Flujos de sedimentos de alta velocidad
	Intensidad de modelamiento del paisaje
	Corriente turbidítica
	Zonas de transporte

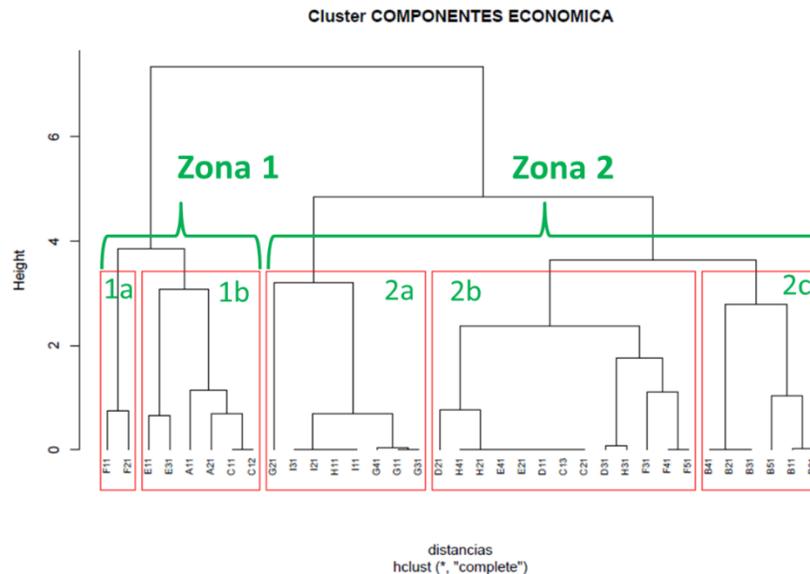
	<b>Acciones vinculadas</b>
	Corriente
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas
<b>Subzona 2b</b>	Densidad de elementos paisajísticos
	Deformación rígida
	Movimiento de falla
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0MI con profundidades entre los 50 y 100 km
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km
	Alteración estructural en el paisaje
	Deformación plástica
	Domos diapíricos
	Contacto de placa
	Volcanes de lodo
<b>Subzona 2c</b>	Reptación
	Sofusión
	Solifluxión
	Deslizamientos
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismo con magnitudes menores a 3,0 MI

Fuente: El autor.

#### **5.2.3.4 Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Social**

A partir del dendograma elaborado se han obtenido un total de 2 zonas principales, de las cuales a su vez se han dividido un total de 5 subzonas que presentan una serie de características importantes en cuanto a la asociación de las diferentes acciones que la componen, como a su relación con las otras zonas importantes (Figura 5.81).

Figura 5.81 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Social. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5.



Fuente: El autor.

En la Figura 5.81, se observan grandes cambios en la manera en que se han conformado las diferentes las subzonas, en comparación a las establecidas previamente dentro del análisis de todos los factores correspondientes a la matriz de impactos. A continuación, se analizará el comportamiento de las diferentes zonas y la manera en que ellas se relacionan con las demás zonas relevantes:

### Zona 1

La Zona 1 está dividida en 2 subzonas, de las cuales la Subzona 1a tiene un total de 7 acciones, siendo las más cercanas entre sí, las acciones de manifestación de proceso local y domos diapíricos, que a su vez se encuentran vinculados con las corrientes turbidíticas, y los deslizamientos. Este vínculo se explica por la relación desde el punto de vista del componente social como las acciones que pueden incidir a algunos de los factores descritos en la matriz como es el caso del conocimiento del riesgo y la amenaza así como los efectos en la población y creación de investigaciones en estos temas, por esta razón el conocimiento a nivel local por la afectación de los deslizamientos, los procesos de corrientes turbidíticas y los domos diapíricos puede generar cambios en la manera de ver estos fenómenos por parte de las comunidades. Por otra rama de la misma subzona se encuentran relacionados procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo) con los sismos menores (sismos menores a 4,0 MI) que también han generado impactos sobre la población.

La Subzona 1b tiene un total de 9 acciones, siendo las más cercanas entre sí, la reptación, sofusión y soliflujión, que así mismo se encuentran relacionados con una menor cercanía

la deformación plástica, los domos salinos, y los flujos de sedimentos de alta velocidad. Este vínculo se explica ya la mayoría se entienden como posibles amenazas sobre la población y por esta razón se han estudiado por parte de la comunidad científica (Tabla 5.75).

## **Zona 2**

La Zona 2 tiene un total de 3 subzonas, de las cuales la Subzona 2a presenta un total de 2 acciones que están vinculadas con los procesos de modelamiento de paisaje como es el caso de la densidad de elementos paisajísticos y la intensidad del modelamiento. Estas acciones están vinculadas con los posibles cambios que sufren las unidades de paisaje ya sea por efectos naturales o por el establecimiento de actividad antrópicas produciendo cambios en las unidades y por en la configuración paisajística del territorio (Tabla 5.75).

La Subzona 2b presenta un total de 6 acciones, siendo las más cercanas entre sí, las acciones de los sismos mayores (sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI, sismos entre 6,0 y 7,0 MI, y los sismos entre 4,0 y 6,0 MI) con la manifestación de proceso regional. Así mismo, estas acciones se encuentran relacionadas en una menor cercanía con los movimientos de falla y las corrientes. Esta relación se explica ya que los sismos mayores que están como conectados con los movimientos de falla pueden afectar gravemente desde un punto de vista regional las poblaciones que se encuentran a lo largo de la zona litoral del Caribe colombiano. En cuanto a las corrientes su afectación estaría más relacionada con algunas amenazas a las comunidades de pesca que se encuentren en el sector marino (Tabla 5.75).

La Subzona 2c presenta un total de 11 acciones, siendo distribuidas a su vez en dos ramificaciones principales, la primera ellas tienen unas acciones muy cercanas como son las zonas erosivas, zonas de transporte y zonas de depositación, que su vez están conectadas con la deformación rígida y los colapsamientos. Este tipo de asociación se explica a partir de los efectos de la dinámica sedimentaria en la posible migración de las comunidades que establecen en la zona litoral como medio de adaptación, mientras que las acciones de deformación rígida y los colapsamientos van en función del conocimiento del riesgo y la amenaza sobre estos procesos, así mismo la producción línea infestación que entiendan la amenaza.

En la otra ramificación de la Subzona 2c se encuentran relacionadas las acciones de manera muy cercana el Fenómeno ENSO, la estacionalidad del clima y la estacionalidad del evento, que a su vez están vinculadas con las acciones de cambios en la zona litoral, contacto de placa y la tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas. En términos generales este vínculo se ha generado por las afectaciones que producen en las poblacionales la aparición de épocas secas y de lluvias en el territorio o la variación de las mismas incrementando sus periodos de afectación, este hecho trae consigo afectaciones sobre la alimentación de las comunidades. Así mismo, el fenómeno ENSO puede asociarse centros eventos climáticos en la zona, generando un incremento o disminución de las tormentas tropicales del Caribe dependiendo de la fase del ENSO. Por

otro, los cambios en la zona litoral unidos a la variabilidad climática han generado migraciones de las poblaciones hacia otros sectores en la región del Caribe. En cuanto, al contacto de placa se entiende que los procesos tectónicos han generado la configuración paisajística actual por ende también es un proceso que ha incidido en la adaptación de las comunidades (Tabla 5.75).

**Tabla 5.75 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Social.**

	<b>Acciones vinculadas</b>
<b>Zona 1</b>	
<b>Subzona 1a</b>	Volcanes de lodo
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 MI y 3,0 MI.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI
	Deslizamientos
	Corriente turbidítica
	Manifestación del proceso local
	Domos diapíricos
<b>Subzona 1b</b>	Alteración estructural del paisaje
	Zonas con corrientes de baja intensidad
	Flujos de sedimentos de alta velocidad
	Domos salinos
	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
	Deformación plástica
	solifluxión
	Reptación
	Sofusión
<b>Zona 2</b>	
<b>Subzona 2a</b>	Densidad de elementos paisajísticos
	Intensidad de modelamiento de paisaje
<b>Subzona 2b</b>	Manifestación del proceso regional
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidades entre los 50 y 100 km
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km
	Movimiento de falla
	Corriente
<b>Subzona 2c</b>	Colapsamientos
	Deformación rígida
	Zonas de depositación
	Zonas erosivas

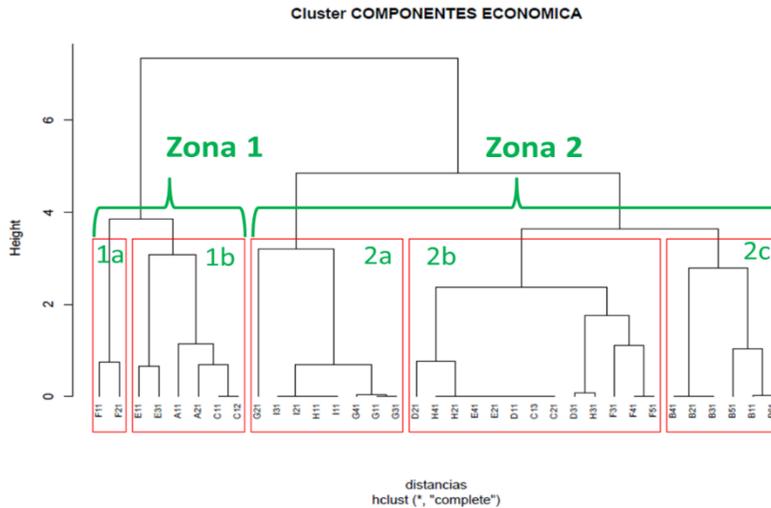
	<b>Acciones vinculadas</b>
	Zonas de transporte
	Fenómeno ENSO
	Estacionalidad del clima
	Estacionalidad del evento
	Cambios en la zona litoral
	Contacto de placa
	Tendencia e inversiones de las dinámicas de las corrientes marinas

Fuente: El autor.

### 5.2.3.5 Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Económico

A partir del dendograma elaborado se han obtenido un total de 2 zonas principales, de las cuales a su vez se han dividido un total de 5 subzonas que presentan una serie de características importantes en cuanto a la asociación de las diferentes acciones que la componen, como a su relación con las otras zonas importantes (Figura 5.82).

**Figura 5.82 Dendograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Económico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5**



En la Figura 5.82 se observan grandes cambios en la manera en que se han conformado las diferentes las subzonas, en comparación a las establecidas previamente dentro del análisis de todos los factores correspondientes a la matriz de impactos. A continuación, se analizará el comportamiento de las diferentes zonas y la manera en que ellas se relacionan con las demás zonas relevantes:

### **Zona 1**

La Zona 1 presenta solamente una subzona, la cual se denomina Subzona 1a está compuesta de un total de 2 acciones, siendo ambas relacionadas con los sismos de mayor magnitud en este caso los sismos con magnitudes superiores a 6,0 MI. En este caso su vinculación se presenta en que son acciones que pueden generar importantes afectaciones en las estructuras antrópicas que se posicionen en la superficie del fondo marino como es el caso de las redes submarinas (Tabla 5.76).

La Subzona 1b tiene un total de 6 acciones, siendo las más cercanas entre sí, los domos diapíricos y los volcanes de lodo, que a su vez se encuentran vinculados con la manifestación del proceso local y regional. Esta clase de relación se explica en que las estructuras de domos diapíricos y volcanes de lodo que a su vez obedecen a una manifestación regional de lo que se conoce como el diapirismo de lodo en la región Caribe y al efecto puntual en la aparición de estas estructuras en ciertos lugares del Caribe, que a su vez están muy relacionadas con procesos que pueden tener algún interés económico como es la ubicación de yacimientos de hidrocarburos.

### **Zona 2**

La Zona 2 tiene un total de 3 subzonas, de las cuales la Subzona 2ª tiene un total de 8 acciones, siendo las más cercanas entre sí el Fenómeno ENSO, estacionalidad del evento, densidad de elementos paisajísticos y estacionalidad del clima. Esta clase de relación se explica a partir de los cambios en la variación de la actividad de pesca industrial, producto de la variabilidad climática del territorio que obedece a las acciones del ENSO, la estacionalidad del clima, así como la estacionalidad del evento. Por otro lado, la densidad de elementos de paisaje puede también afectar la diversidad de comunidades que trae consigo un posible impacto en el desempeño de la actividad pesquera en la región.

En la otra ramificación de la Subzona 2a aparecen una serie de acciones asociadas con las corrientes, su tendencia e inversión en su dinámica y a las zonas con baja intensidad, siendo todas ellas relacionadas en el componente económico, por causa del efecto que estas acciones generan sobre la distribución de comunidades bióticas a lo largo del Caribe que son fuente para la actividad de pesca industrial.

Por otro en una rama independiente de este subgrupo aparece la acción de corriente turbidítica que también puede generar impactos en la actividad de pesca industrial en el territorio.

La Subzona 2b tiene un total de 13 acciones, siendo las más cercanas entre sí, la densidad de elementos, intensidad de modelamiento de paisaje, contacto de placa, deformación plástica, zonas erosivas, domos salinos, procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo), de igual manera, pero en menor cercanía se encuentra las zonas de transporte. Este vínculo se explica en dos partes, la primera de ellas está relacionada con el entendimiento de los procesos geológicos que dieron lugar para la formación de áreas con posibilidades de yacimientos de hidrocarburos dentro de este territorio. En cuanto al otro aspecto para

explicar el vínculo estaría relacionado a las zonas erosivas y las zonas de transporte como parámetros que pueden variar la disponibilidad nutriente necesarios para el sustento de comunidades bióticas en la zona, que a su vez son fuente para la producción de la actividad de pesca industrial.

En la otra ramificación de este subgrupo se encuentran las acciones de sismos menores (sismos menores de 4,0 MI) vinculadas con las zonas de depositación y la alteración estructural del paisaje, siendo asociadas las primeras con los posibles impactos de estas acciones en las estructuras antrópicas desarrolladas en la superficie del fondo marino como es el caso de pozos exploratorios y redes submarinos. En cuanto a las zonas de depositación y la alteración estructural del paisaje están vinculadas en parte a la actividad pesquera por la provisión de nutrientes para las comunidades bióticas del sector como la afectación de estructuras antrópicas que se generan sobre la superficie del fondo marino, como es el caso de las zonas de depositación generando posibles afectaciones en cables submarinos (Tabla 5.76).

La Subzona 2c tiene un total de 6 acciones repartidos en dos ramificaciones importantes, la primera de ellas se compone de las acciones de fenómenos de remoción de carácter lento como es el caso de reptaciones, solifluxiones y sofusiones, mientras la segunda ramificación consta de los fenómenos de remoción en masa de carácter rápido como son los deslizamientos, colapsamientos y flujos de sedimentos de alta velocidad, siendo todas estas acciones vinculadas a afectaciones sobre las estructuras antrópicas que se establezcan sobre la superficie del fondo marino, como es el caso de redes submarinas y pozos de exploración que pueden ser afectados en su estabilidad por el desarrollo de alguno de esta clase de acciones (Tabla 5.76).

**Tabla 5.76 Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Económica.**

	<b>Acciones vinculadas</b>
<b>Zona 1</b>	
<b>Subzona 1a</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km
<b>Subzona 1b</b>	Movimiento de falla
	Deformación rígida
	Manifestacion del proceso regional
	Manifestación del proceso local
	Domos diapíricos
	Volcanes de lodo
<b>Zona 2</b>	
<b>Subzona 2a</b>	Corriente turbidítica
	Fenómeno ENSO
	Estacionalidad del evento

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

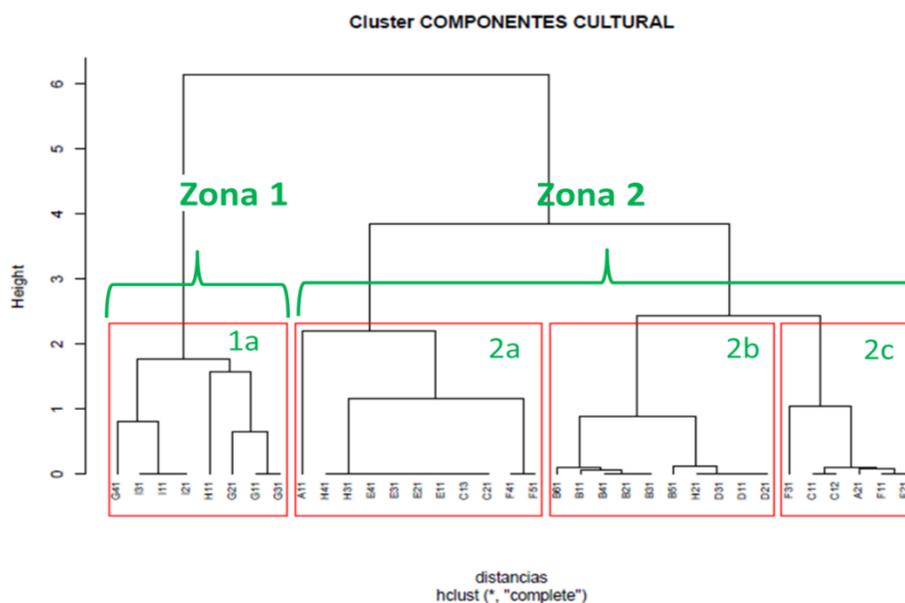
	Densidad de elementos paisajísticos
	Estacionalidad del clima
	Tendencia e inversion de las dinámicas de las corrientes marinas
	Corrientes
	Zonas con corrientes de baja intensidad
<b>Subzona 2b</b>	Zonas de transporte
	Cambios de la zona litoral
	Intensidad del modelamiento del paisaje
	Contacto de placa
	Deformación plástica
	Movimiento de falla
	Domos salinos
	Procesos de naturaleza (Ígneo)
	Zonas de depositación
	Alteración estructural del paisaje
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidad entre 50-100 km.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI
<b>Subzona 2b</b>	Soliflucción
	Reptación
	Sufusión
	Colapsamientos
	Deslizamientos
	Flujos de sedimentos de alta velocidad

Fuente: El autor.

### 5.2.3.6 Análisis de las agrupaciones de las acciones teniendo en cuenta los factores del Componente Cultural

A partir del dendograma elaborado se han obtenido un total de 2 zonas principales, de las cuales a su vez se han dividido un total de 4 subzonas que presentan una serie de características importantes en cuanto a la asociación de las diferentes acciones que la componen, como a su relación con las otras zonas importantes (Figura 5.83).

Figura 5.83 Dendrograma resultado del análisis clúster de acciones teniendo el Componente Económico. Cabe mencionar que los nombres de las acciones se encuentran consignados en la Tabla 4.5



Fuente: El autor.

En la Figura 5.83 se observan grandes cambios en la manera en que se han conformado las diferentes las subzonas, en comparación a las establecidas previamente dentro del análisis de todos los factores correspondientes a la matriz de impactos. A continuación, se analizará el comportamiento de las diferentes zonas y la manera en que ellas se relacionan con las demás zonas relevantes:

### Zona 1

La Zona 1 presenta solamente una subzona, la cual se denomina Subzona 1<sup>a</sup>, la cual está compuesta de un total de 8 acciones, siendo las más cercanas entre si el Fenómeno ENSO, la estacionalidad del clima y la estacionalidad del evento, así mismo estas acciones se relacionan con menor cercanía con las zonas de corriente de baja intensidad, las corrientes, las corrientes turbiditicas, tendencia e inversión de las corrientes marinas y con la densidad de elementos paisajísticos. En cuanto al vínculo de estas acciones se explica a partir de los cambios que se generan entre la aparición de eventos climáticos como es el caso del ENSO o la AMO en las condiciones naturales del clima en los periodos climáticos. Así mismo la variabilidad climática del territorio afecta la intensidad, así como la dirección de las corrientes y las corrientes turbiditica por ende se han agrupado en esta subzona. La incidencia de estas estas acciones sobre el componente cultural cabe mencionar que la variación de corrientes que dependerá a su vez de la variabilidad climática, generara cambios en los patrones de distribución de algunas comunidades bióticas que son fuente para la práctica de la actividad de pesca artesanal. Por otro lado,

las corrientes impactan sobre las estructuras antrópicas como los naufragios que se encuentren en la superficie del fondo marino generando erosión sobre estas estructuras (Tabla 5.77).

## **Zona 2**

La Zona 2 está dividida en 3 subzonas, la primera de ellas se denomina la Subzona 2a, la cual tiene un total de 11 acciones, siendo las más cercanas entre si los cambios de la zona litoral, alteración estructural del paisaje, contacto de placa, deformación rígida, deformación plástica, movimientos de falla, domos salinos y procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo). El vínculo cercano de estas acciones desde el punto de vista cultural obedece a las posibles afectaciones que tienen la deformación rígida, la deformación plástica, el contacto de placa, los domos salinos y los procesos de naturaleza intrusiva con la alteración de la superficie del fondo marino, generando impactos en la estructuras antrópicas en este caso los naufragios que se establecen en estos sectores. EL otro vínculo está relacionado los cambios en la zona litoral y la alteración estructural del paisaje que tienen impactos sobre la actividad de pesca artesanal que se realiza en el sector litoral. Desde otro punto vista, existen dos ramas independientes una de ellas se denomina como sismos menores (sismos menores a 4,0 MI), los cuales tienen implicaciones sobre la superficie del fondo marino, impactando los naufragios. La otra rama en consideración está basada en la acción de manifestación del proceso regional, la cual se refiere a los efectos de las mismas acciones de esta subzona en el desarrollo a nivel local como regional de la actividad de pesca artesanal en el Caribe colombiano (Tabla 5.77).

La subzona 2b tiene un total de 10 acciones, siendo las más cercanas entre sí, las zonas de erosivas, las zonas de transporte, las zonas de depositación y la intensidad de modelamiento del paisaje, las cuales pueden afectar la disponibilidad de recursos en el territorio, generando cambios en la aparición de comunidades bióticas que son fuente necesaria para el desarrollo de la actividad de la pesca artesanal. Por otro lado las dinámicas sedimentarias afectan la estabilidad de la estructuras antrópicas como es el caso de los naufragios que residen sobre la superficie del fondo marino. De igual manera, esta serie de acciones están conectadas con menor cercanía a los colapsamientos, siendo en este caso una acción que genere impactos en la estabilidad de estas mismas estructuras antrópicas.

En la otra ramificación de este subgrupo se encuentran las acciones sofusión, reptación, soliflucción, reptación, deslizamientos y flujos de sedimentos de alta velocidad, siendo todas estas acciones están vinculadas por sus efectos sobre la superficie del fondo marino, impactando a los posibles naufragios que se encuentren en estos sectores.

La subzona 2c tiene un total de 6 acciones, siendo las más cercanas entre sí, los domos diapíricos, los volcanes de lodo, la manifestación de procesos locales, los sismos con magnitudes superiores a 6,0 MI. Esta clase de vínculo se explica a partir de los efectos que tienen esta clase de sismos con los domos y los volcanes de lodo sobre la estabilidad de la superficie del fondo marino, generando afectaciones de carácter local o puntal en

cualquier tipo de estructura antrópica que se encuentre allí como en este caso los naufragios. Por otro lado, los sismos entre 4,0 y 6,0 MI tienen una conexión menos evidente entre los domos diapíricos y los volcanes de lodo en cuanto a la generación de impactos sobre las estructuras del fondo marino, a partir de la menor energía disipada que se traduce en menores afectaciones en la superficie del fondo marino (Tabla 5.77).

**Tabla 5.77: Zonas y subzonas generadas a partir del vínculo entre acciones en relación con todos los factores del Componente Cultural.**

	<b>Acciones vinculadas</b>
<b>Zona 1</b>	
<b>Subzona 1a</b>	Zonas con corrientes de baja intensidad
	Fenómeno ENSO
	Estacionalidad del clima
	Estacionalidad del evento
	Densidad de elementos paisajísticos
	Corriente turbidítica
	Corriente
Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas	
<b>Zona 2</b>	
<b>Subzona 2a</b>	Manifestación del proceso regional
	Cambios en la zona litoral
	Alteración estructural del paisaje
	Contacto de placa
	Deformación rígida
	Deformación plástica
	Movimiento de falla
	Zonas con corrientes de baja intensidad
	Domos salinos
	Procesos de naturaleza intrusiva (Ígneo)
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI
Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0 MI	
<b>Subzona 2b</b>	Flujos de sedimentos de alta velocidad
	Deslizamientos
	Soliflucción
	Reptación
	Sofusión
	Colapsamientos
	Intensidad de modelamiento de paisaje
	Zonas de depositación
Zonas erosivas	

	<b>Acciones vinculadas</b>
	Zonas de transporte
<b>Subzona 2c</b>	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0 MI con profundidad entre 50-100 km.
	Domos diapíricos
	Volcanes de lodo
	Manifestación del proceso regional
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0 MI
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0 MI con profundidades menores a 50 km

Fuente: El autor

### 5.2.3.7 Análisis del nivel de impacto de las acciones en el territorio

A partir del análisis del ICI (Numeral 6) se han establecido una jerarquización de las acciones evaluadas en función de los factores abiótico, biótico, paisajístico social, económico y cultural que se encuentran en el área de trabajo. Dentro esta jerarquización se evidencian las acciones mayor impacto dentro del territorio y una serie de posibles recomendaciones para la mitigación de sus efectos. A continuación, en la Tabla 5.78, se explicarán el nivel de impacto de las acciones en el área de trabajo.



Tabla 5.78 Jerarquización de las acciones en función del impacto en el área de trabajo.

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
Alto Impacto	Local	El análisis de matriz de la importancia de impacto y el de coeficiente de impactos demuestra que la manifestación de procesos locales y regionales tiene el mismo peso ambiental, siendo ambos de valores extremos, ya que en ellos se evaluaron todas las interacciones matriciales (factor/acción). Por lo tanto, debe leerse con cuidado, ya que esta acción vincula el aspecto de territorialidad de los factores.	Generar estudios que permitan comprender de mejor manera los diferentes procesos que se generan en este tipo de ambientes.  Establecer una guía de acciones permitidas en relación a los físicos que se generan en el área a trabajar.
	Regional		
Significativo	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes mayores a 7,0.	Se han agrupado un total de 7 categorías de acciones, en orden de importancia se encuentran (jerarquizados):  1) Actividad Sísmica (MI 4,0-6,0; MI 6,0-7,0; y mayor de 7,0 MI).  2) Dinámica Sedimentaria (Zonas erosivas, zonas de transporte y zonas depositación).  3) Modelamiento de Paisaje (intensidad de modelamiento de paisaje y densidad de elementos paisajísticos).  4) Corrientes Submarinas (corriente y tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marinas).  5) Actividad Tectónica (movimiento de falla y deformación rígida).  6) Fenómenos de Remoción en Masa (flujos de sedimentos de alta velocidad y deslizamientos).	Tener más fuentes primarias de información, como es el caso de instrumentación adecuada que permita entender comportamiento sísmico en estos ambientes marino profundos.  Realizar estudios detallados a escalas 1:10.000 o 1:20.000 con el objetivo de resolver faltantes de información.  Tener datos de manera confiable de las condiciones naturales de la roca y el suelo, con el objetivo de definir de mejor manera los niveles de estabilidad per se del territorio.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 6,0 y 7,0; profundidad menor a 50km.		
	Zonas erosivas		

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
	Intensidad del Modelamiento del paisaje	<p>7) Anomalías Paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómica (Volcanes de lodo y Domos diapíricos).</p> <p>Estas acciones son las más relevantes a nivel de la importancia de impacto, como lo demuestran su transformación a Índice de Cuantificación de impacto, que permitió establecer una comparación equitativa de una cada una de las interacciones evaluadas en la matriz, que es la base de estudio.</p>	<p>Generar mapas a escala detalla de los fenómenos de remoción en masa con el objetivo de definir las áreas de mayor sensibilidad en el territorio.</p>
	Zonas de depositación	<p>Sin embargo, de todos los grupos de acciones constituidos en este intervalo se ha establecido que la Actividad Sísmica es la que tiene mayor criticidad. Este hecho se explica ya que los sismos superiores a 6.0 MI implican una gran afectación en el territorio, ya que pueden impactar las unidades de paisaje, generar nuevas estructuras geológicas como fallas o fracturas, impactar en la estabilidad de las comunidades de carácter bentónico, alterar las condiciones de estabilidad de las rocas, así como en el suelo, generar daños importantes sobre las infraestructuras antrópicas dispuestas en el territorio como es el caso de redes submarinas, pozos y naufragios.</p>	<p>Ampliar el conocimiento de los procesos sedimentarios que se generan en estos ambientes marinos profundos.</p> <p>Realizar mapas de las estructuras geológicas más detallados con el objetivo de entender los procesos de deformación que actualmente se generan en el Caribe.</p>
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 6,0; profundidades entre 50 - 100km.	<p>Las zonas de erosión, transporte y sedimentación que hacen parte del grupo de Dinámica Sedimentaria tienen un gran impacto sobre los diferentes factores que se encuentran en el territorio, ya que afectan de manera importantes las unidades de paisaje, debido a que en las zonas erosivas se observa destrucción y evolución de ciertas zonas en el territorio como ocurren en la colina en donde se observa una serie de degaste y transformación de nuevas unidades. En cuanto al componente biótico las zonas de transporte afectan la dinámica de este tipo de poblacionales en el caribe, mientras que las zonas erosivas y de sedimentación afectan las poblaciones que se encuentran sobre la superficie del fondo marino. Otro impacto que tiene este tipo acciones sobre el territorio es el generado en la estabilidad de estructuras antrópicas como es el caso de redes submarinas, pozos y naufragios, ya que varios de estos procesos se generan sobre la superficie del fondo marino afectando cualquier estructura que resida allí.</p>	<p>Con los domos y volcanes de lodo se necesitan mejores métodos de instrumentación que permitan definir con mayor eficacia esta clase de geoformas en el terreno.</p>
	Zonas de transporte		<p>Realizar mapas de unidades de paisaje a escalas 1:25.000.</p>
Corriente		<p>Establecer una guía de acciones permitidas en relación a los físicos que se generan en el área a trabajar.</p>	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba,  
Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
	Movimiento de falla	<p>Las acciones intensidad y densidad de modelamiento impactan en la configuración paisajística del territorio, que a su vez tiene implicaciones en la oferta de nichos para las diferentes comunidades biológicas que se establezcan en estos ambientes.</p> <p>El movimiento de falla y la deformación rígida son las acciones del grupo de Actividad Tectónica que tienen mayor impacto dentro del territorio, ya que alteran la estabilidad de las estructuras geológicas en el territorio, ya que pueden generar mecanismos de reactivación de las estructuras o formación de unas nuevas. Otro impacto se genera en la estabilidad de las condiciones del suelo, la roca, así como las pendientes, ya que al liberar energía por el movimiento de falla ocasiona cambios en las condiciones de equilibrio de fondo marino. Otro impacto en el territorio por motivo de estas acciones es la inestabilidad que puedan ocasionar sobre las redes submarinas, pozos, y naufragios.</p>	
	Densidad de elementos paisajísticos (Número de elementos reconocidos de la misma naturaleza /área equivalente)	<p>La corriente y tendencia e inversión que corresponden al grupo de acciones de Corrientes Submarinas manejan un mayor impacto en los diferentes componentes de los factores, destacando su afectación en las condiciones naturales del suelo sobre todo en su rugosidad, en el modelamiento de las unidades de paisaje en el territorio. En el ámbito social, económico y cultural esta acción puede afectar la estabilidad de estructuras antrópicas, por otro lado, las mismas afectan la migración de comunidades biológicas que condicionan el desarrollo de la pesca de tipo artesanal e industrial.</p>	
	Flujos de sedimentos de alta velocidad		
	Volcanes de lodo	<p>Los volcanes de lodo y domos diapíricos son las acciones de Anomalías Paisajísticas Asociadas a formas Cónicas y Dómicas que manejan un mayor impacto dentro del territorio, ya que generan cambios en la estabilidad de la roca, el suelo, además pueden verse involucrados en el desarrollo de estructuras geológicas de superficie. En el componente biótico, los volcanes de lodo y domos diapíricos pueden influenciar el desarrollo de comunidades biológicas con elevada calificación ambiental como es el caso de comunidades quimiosintéticas y corales de profundidad. En el componente paisajístico estas unidades al generarse cambian</p>	
	Deformación Rígida		

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
Moderado	Domos diapíricos	<p>a la configuración paisajística preexistente, aumentando el modelamiento del mismo en el territorio.</p> <p>En los componentes económicos, social y cultural estas acciones afectan la estabilidad de estructuras antrópicas como redes submarinas, pozos y naufragios.</p>	
	Deslizamientos	<p>Por último, en esta categoría se encuentran las acciones de flujos de sedimentos y deslizamientos que hacen parte del grupo de acciones de fenómenos de remoción en masa. Estas acciones impactan en la estabilidad de las condiciones naturales del suelo, en la configuración de las pendientes. En el componente biótico generan afectaciones sobre las comunidades biológicas de fondo marino. En cuanto a la configuración paisajística del área de trabajo estas unidades generan una importante erosión en las colinas abisales producto del desprendimiento del material, dando como resultado que las colinas abisales cambien su estructura. En los componentes económicos, social y cultural estas acciones afectan la estabilidad de estructuras antrópicas como redes submarinas, pozos y naufragios.</p>	
	Tendencia e inversión de las dinámicas de las corrientes marina		
Moderado	Colapsamiento o hundimiento	<p>Se han agrupado un total de 5 categorías de acciones, de las cuales en orden de importancia se encuentran:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Fenómenos de Remoción en Masa (Colapsamiento, reptación, solifluxión y sufusión).</li> <li>2) Corrientes Submarinas (Corriente turbidítica).</li> </ol>	<p>Tener más fuentes primarias de información, como es el caso de instrumentación adecuada que permita entender</p> <p>Realizar estudios detallados a escalas 1:10.0000 o 1:20:000 con el</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba,  
Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
	Corriente turbidítica	<p>3) Modelamiento de Paisaje (Alteración estructural en el paisaje).</p> <p>3) Actividad tectónica (Deformación plástica).</p> <p>4) Actividad Sísmica (Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 4,0).</p>	<p>objetivo de resolver faltantes de información.</p> <p>Tener datos de manera confiable de las condiciones naturales de la roca y el suelo, con el objetivo de definir de mejor manera los niveles de estabilidad per se del territorio.</p>
	Reptación	<p>Los colapsamientos, las reptaciones, las solifluxiones y las sofusiones son las acciones de los Fenómenos de Remoción en Masa que tienen una moderada afectación en el territorio, siendo acciones que impactan en la estabilidad de las condiciones de la roca, el suelo y las pendientes</p> <p>Teniendo una gran afectación sobre los componentes sociales y económicos, mientras en los componentes abiótico, biótico y paisajístico maneja una afectación de carácter moderado en el territorio, debido a que en la mayoría de los casos su extensión es local.</p>	<p>Generar mapas a escala detalla de los fenómenos de remoción en masa con el objetivo de definir las áreas de mayor sensibilidad en el territorio.</p> <p>Ampliar el conocimiento de los procesos de las corrientes marinas de carácter profunda con el objetivo de generar modelos que sean confiables.</p>
	Alteración estructural en el paisaje	<p>La corriente turbidítica es la acción correspondiente a Corrientes Submarinas que maneja condiciona algunas de las características de la columna de agua. En las unidades paisajísticas genera impacto por la erosión sobre el fondo marino cambiando el paisaje. En el ámbito social, cultural y económico, esta clase de corrientes afectan la superficie del fondo marino generación impactos en estructuras antrópicas como cables submarinos, pozos y naufragios.</p>	<p>Establecer una guía de acciones permitidas en relación a los físicos que se generan en el área a trabajar.</p>
	Solifluxión	<p>La alteración estructural es la acción de Modelamiento de Paisaje genera cambios en las condiciones naturales del suelo y en la configuración de las pendientes En el ámbito paisajístico esta acción produce afectaciones sobre las unidades de paisaje, siendo una redistribución en el territorio. Esta acción afecta los componentes social, cultural y económico debido a los impactos en la estabilidad de estructuras que se encuentran sobre la superficie del fondo marino.</p>	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe  
Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
	Sufusión	<p>La deformación plástica es la acción de Actividad Tectónica maneja un impacto moderado en el territorio, ya que produce afectaciones sobre en el desarrollo de estructuras geológicas asociadas a ellas como pliegues o la aparición de fallas. Estas deformaciones pueden cambiar las condiciones preestablecidas del suelo y de la roca generando pliegues y otras estructuras en superficie. A nivel paisajístico el producto de esta acción en el área de trabajo ha generado las colinas abisales que se encuentran en el sector oriental, siendo un efecto importante sobre la configuración paisajística del territorio.</p>	
	Deformación plástica	<p>Generación las condiciones de la roca, del suelo y ha generado. Esta acción no tiene una relación tan evidente con las estructuras antrópicas en superficie, sin embargo, la deformación plástica en el caribe es el catalizador del diapirismo siendo un grupo de acciones que generan importantes impactos en la estabilidad de los cables submarinos, pozos y naufragios.</p>	
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI.	<p>La probabilidad de afectación por sismos con magnitudes entre 4,0 y 3,0 MI es la acción de Actividad Sísmica que tiene un impacto importante en la estabilidad de la roca, suelo y pendientes, ya que estos eventos producen cambios en los niveles de presión. En el componente paisajístico estas acciones pueden disparar otras clases de acciones como los deslizamientos que producen cambios en las unidades de paisaje, ya que se desprender material del fondo marino en las colinas abisales. En los componentes económico, cultural y social sus afectaciones van orientadas a daños en los cables submarinos, pozos y naufragios, sin embargo, el grado de afectación tiende a ser puntual.</p>	
Bajo	Domos salinos	<p>En este intervalo se encuentran un total de 5 grupos de acciones dispuestos en:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Anomalías paisajísticas asociadas a formas cónicas y dómicas (domos salinos).</li> <li>2) Actividad sísmica (probabilidad de sismos menores a 3,0MI).</li> <li>3) Modelamiento de paisaje (cambios de la zona litoral).</li> </ol>	<p>Generar mejores fuentes de información que permitan conocer a ciencia cierta los cuerpos de roca en el fondo marino</p>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba,  
Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
	Probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores a 3,0MI.	<p>4) Actividad tectónica (contacto de placa, procesos de naturaleza intrusiva).</p> <p>5) Variabilidad climática (Fenómeno ENSO, estacionalidad del evento)</p> <p>Los domos salinos, así como los procesos de naturaleza intrusiva (ígneo) son las acciones de Anomalías Paisajísticas Asociadas a Formas Cónicas y Dómicas que tiene un impacto bajo en el territorio, raíz de su poco desarrollo observable en el área de estudio, sin embargo, estas estructuras afectan las condiciones naturales del suelo de la roca, generan fallas y otras estructuras geológicas de fondo. A nivel de paisaje pueden generar unidades nuevas al producir deformación que ocasiona a su vez cambios en la superficie del fondo marino.</p>	<p>Tener más fuentes primarias de información, como es el caso de instrumentación adecuada que permita entender comportamiento sísmico en estos ambientes marino profundos.</p> <p>Ampliar el conocimiento acerca de los fenómenos climáticos en esta región del Caribe.</p> <p>Establecer modelos paleoambientales que permitan entender la evolución de la costa y sus efectos en las áreas marinas profundas.</p>
	Cambios de la zona litoral	<p>La probabilidad de afectación por sismos con magnitudes menores 3,0 MI es una acción de Actividad Sísmica que tiene un impacto bajo sobre el territorio, ya que maneja afectaciones menores en los componentes abióticos, paisajísticos y económicos. En el componente abiótico puede genera inestabilidades sobre el suelo y de la roca de carácter puntual, así mismo puede reactivar fallas inestables en el territorio. En el componente biótico puede generar algunas perturbaciones en las comunidades de fondo marino, aunque mínimas. En el componente social tienen afectaciones muy bajas sobre las estructuras antrópicas que se encuentran sobre el marino como es el caso de cables, pozos y naufragios.</p>	
	Contacto de Placa	<p>El cambio de la zona litoral es una acción de Modelamiento de Paisaje que maneja bajas afectaciones en el territorio, teniendo efectos importantes en el sector costero, incidiendo de manera indirecta al generar cambios sedimentarios que nacen en este sector y llegan a los ambientes marinos profundos.</p>	
	Fenómeno ENSO	<p>Siendo los componentes biótico y social los que presentan mayor afectación por esta acción, mientras en los componentes abiótico y paisajístico su peso es bajo.</p> <p>El contacto de placa es una acción de Actividad Tectónica que presenta un impacto bajo en el territorio, ya que no posee interacciones en los componentes económicos, culturales y bióticos,</p>	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
	Ígneo	<p>mientras en los componentes abióticos, sociales maneja una serie de afectaciones moderadas en el territorio, ya que esta acción produce cambios regionales que pueden afectar las condiciones de estabilidad de la roca, del suelo y de la configuración de pendientes en el territorio.</p> <p>El Fenómeno ENSO y la estacionalidad del evento son acciones de la Variabilidad Climática del territorio que presentan un impacto bajo en el territorio, ya que, en los componentes social, económico se manejan una serie de interacciones positivas que compensan una serie de afectaciones negativas en el resto de los componentes que hacen parte de los factores de la matriz, de igual manera como el de trabajo se localiza a grandes profundidades la afectación por cambios climáticos en el territorio no es evidente</p>	
	Estacionalidad de evento		
Irrelevante	Estacionalidad del clima	<p>Se han agrupado un total de 2 grupos de categorías de acciones, de las cuales se distribuyen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Variabilidad climática del territorio (estacionalidad del clima).</li> <li>2) Corrientes submarinos (Zona con corrientes de baja intensidad).</li> </ol> <p>Estas acciones tienen una manifestación muy baja en los factores presentes dentro del área de trabajo, siendo sus vínculos más importantes con el componente social y económico, ya tienen relación con el desarrollo de actividades de pesca industrial y pesca tradicional.</p>	<p>Ampliar el conocimiento de los procesos de las corrientes marinas de carácter profunda con el objetivo de generar modelos que sean confiables.</p> <p>Generar mejores fuentes de información que permitan conocer a ciencia cierta las masas de agua en el fondo marino</p>
	Zona con corrientes de baja intensidad	<p>La zona con corrientes de baja intensidad es una acción de Corrientes Submarinas que tiene un impacto irrelevante, ya que tiene impactos positivos bajos en los componentes bióticos, y sociales, que se contraponen a impactos negativos bajos en los componentes abióticos y paisajísticos, mientras en los demás componentes no presenta interacciones. Este hecho se</p>	

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba,  
Ejemplo De Caso

Intervalo del Coeficiente de Impacto	Jerarquización de las subcategorías evaluadas (mayor índice a menor índice)	Connotación	Recomendaciones de manejo para mitigar el efecto de estas acciones en el territorio.
		debe a que las zonas con corrientes de baja intensidad no tienen un efecto importante dentro del área de trabajo.	

Fuente: El autor.



### **5.3 MODELO ESQUEMÁTICO PARA UN POTENCIAL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

Lo planteado en el presente estudio propone un modelo esquemático que puede aplicarse para la elaboración de un Plan de Manejo para el área evaluada; este modelo se basa en algunos elementos de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y por su amplia escala, también incluye elementos considerados en las Evaluaciones Ambientales Estratégicas (EAE) (Figura 5.84); a estos elementos, como valor agregado, se ha adicionado un enfoque de carácter físico en donde, se incluyen una serie de elementos de índole geológico, climático y oceanográfico en función de las características per se (componentes abiótico, biótico, paisajístico, social, económico y cultural), con el objetivo de proponer recomendaciones de manejo relacionadas con los posibles modos de intervención del territorio.

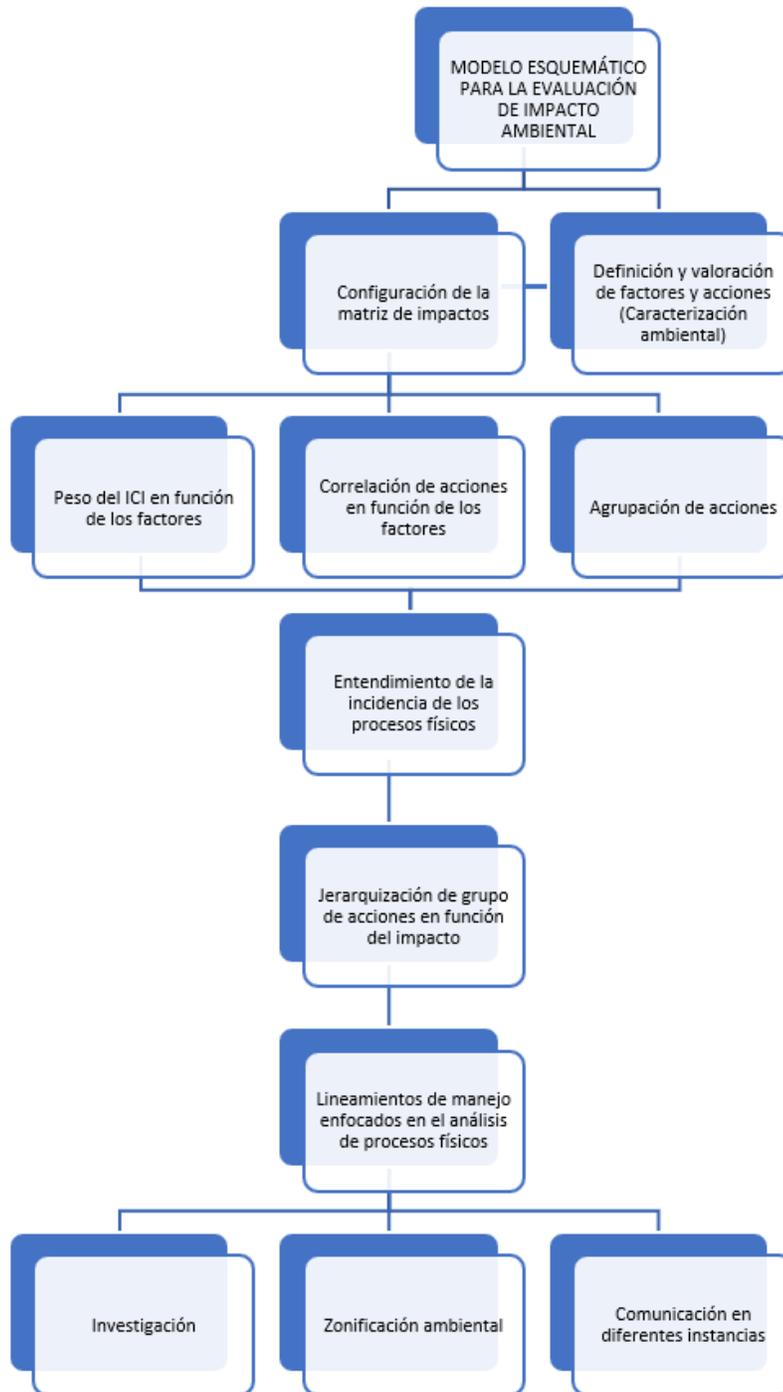
La primera etapa consistió en realizar una caracterización ambiental de las acciones y factores que inciden en el área de trabajo y en su área de influencia (Numeral 5), con insumos de la caracterización se realiza una matriz de impactos que va en función de los factores del territorio y sus posibles afectaciones a partir de las acciones (Numeral 6).

A continuación, se generó el análisis de la matriz para lo cual se utilizaron métodos estadísticos que establecen: 1) peso de las acciones en función de los factores; 2) correlación de las acciones en función de los factores; 3) agrupación de las acciones. A partir de los análisis anteriores en la siguiente etapa, se logra la comprensión de la incidencia de los procesos físicos (acciones) sobre los componentes que caracterizan el territorio.

Las acciones analizadas son priorizadas tomando como referente los resultados del Índice de Coeficiente de Impacto (ICI) desarrollado en el presente estudio en el cual se jerarquiza dichas acciones en función de la afectación (de mayor a menor) en el área de estudio. Esta jerarquización permite la definición de lineamientos de manejo enfocados en el análisis de los procesos físicos, los cuales se desarrollaron sobre tres ejes principales: investigación, zonificación ambiental y comunicación a diferentes niveles.

Para cada eje se definen una serie de recomendaciones de manejo que se presentan en la Tabla 5.79.

Figura 5.84 Diagrama de flujo del modelo para la evaluación de impacto ambiental.



Fuente: El autor.

**Tabla 5.79. Recomendaciones para el manejo de ambientes marinos profundos a partir del entendimiento de procesos físicos.**

Ejes	Recomendaciones
Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Estudios detallados del área de trabajo, en los cuales se permita cubrir los vacíos de información. Por ejemplo, se requiere de mayor conocimiento de los parámetros de estabilidad de la roca (presión, temperatura, entre otros), entendimiento de la dinámica de las corrientes profundas, incidencia de fenómenos meteo oceanográficos en el sur occidente del Caribe, información sobre sismos, etc.</li> <li>– Análisis cartográfico que permitan establecer a escalas detalladas (1:20.000, 1:10.000, 1:5.000) las características del fenómeno del diapirismo en el Caribe (volcanes de lodos y domos), acompañados de otros análisis como: medición de gases, características de los fondos marinos y fisicoquímicos.</li> <li>– Definir sitios específicos de ocurrencia de comunidades con alta importancia biológica y ecológica (p.e. comunidades quimiosintéticas y corales de profundidad).</li> <li>– Análisis de procesos sedimentarios de fondo con el objetivo de evitar zonas de alta sedimentación para definir la ubicación de cables submarinos.</li> <li>– Realizar estudios de carácter paleoambiental para entender la evolución climática del área y preveer posibles eventos extremos.</li> <li>– Definir sitios de patrimonio arqueológico.</li> <li>– Aplicación de herramientas tecnológicas para favorecer el desarrollo de estudios integrales (p.e. uso de drones, modelos digitales de terreno, sensores remotos, etc.).</li> </ul>
Zonificación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Recopilar y analizar información espacial de los diferentes componentes, que permitan generar una zonificación ambiental integral.</li> <li>– Reconocer zonas con alta sensibilidad ambiental, desde el punto de vista físico, que servirá como insumo para la definición de usos marinos.</li> <li>– Integración de capacidades entre diferentes disciplinas con el objetivo de introducir criterios específicos en la zonificación.</li> <li>– Elaborar un mapa marino de impactos ambientales, que considere el mapa de amenazas y riesgos geológicos. Este mapa servirá como insumo para apoyar las decisiones relacionadas con la determinación de usos en los espacios marinos.</li> <li>– Gestionar los resultados de la zonificación en las instancias de gobierno con competencias en el manejo de los espacios marinos del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección General Marítima - DIMAR, Ministerio de Transporte, Ministerio de Minas y Energía, Agencia Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, entre otros).</li> </ul>

Análisis de Impactos Ambientales en Regiones de Offshore del Caribe Colombiano, Frente al Litoral De Córdoba, Ejemplo De Caso

<b>Ejes</b>	<b>Recomendaciones</b>
Comunicación a diferentes niveles	<ul style="list-style-type: none"><li>- Socialización de la información a diferentes instancias institucionales a nivel Nacional desde la DIMAR como ente ejecutor de la norma.</li><li>- Establecimiento de políticas claras desde la ANLA que debe construir sobre esta base un lineamiento nacional de prospección en zonas de aguas marinas profundas (Manual de procesos).</li><li>- Socialización de la información con comunidades locales.</li><li>- Recibir insumos de las instituciones y comunidades locales acerca del riesgo.</li></ul>

Fuente: El autor

## 6 CONCLUSIONES

La matriz de chequeo realizada permitió establecer todas las acciones potenciales (35 acciones) que podrían afectar en el territorio y los factores que podrían verse afectados (72 factores) en cuanto a los procesos geológicos y meteo oceánicos que pueden incidir en el desarrollo de cualquier proyecto en zonas marinas de aguas profundas.

La caracterización de los factores de los componentes abiótico y biótico, mostró la connotación actual de la oferta ambiental de estos componentes, así como la afectación de comunidades desde la perspectiva sociocultural.

El análisis de las 35 acciones contra los 72 factores que tuvo como fin analizar la importancia del impacto de procesos en zona marinas de aguas profundas, permitió reconocer un total de 2.500 interacciones entre ellas, y realizar un análisis de las interacciones con el fin de definir los impactos positivos y negativos de cada factor.

A partir de la matriz de impactos se ha podido establecer que el subcomponente terrestre tiende a verse impactado de manera negativa por los tipos de acciones de fenómenos de remoción en masa, procesos de diapirismo, la actividad tectónica, las dinámicas sedimentarias, la actividad sísmica y el modelamiento de paisaje, debido a que estos grupos pueden ocasionar afectaciones en las condiciones de estabilidad de la roca y del suelo, así como la creación de nuevas estructuras geológicas como es el caso de fallas locales, fracturas y pliegues.

En cuanto al subcomponente hídrico, los tipos de acciones observados en la matriz que tienen mayor impacto en el territorio, son los grupos de actividad sísmica, corrientes submarinas, modelamiento de paisaje y variabilidad climática, los cuales afectan el comportamiento de las diferentes masas de agua, así como sus características fisicoquímicas.

Según lo observado en la matriz de impactos ambientales, el subcomponente atmosférico solamente está siendo afectado por el grupo de acciones de variabilidad climática del territorio; este hecho se debe a que los fenómenos climatológicos generan grandes cambios en las condiciones naturales del clima.

En la matriz de impactos, se observó que los mayores grupos de acciones que generaron un impacto negativo en el componente biótico fueron la actividad sísmica y los fenómenos de remoción en masa con la acción de flujos de sedimentos de alta velocidad. En ambos casos, estos grupos de acciones impactan en el desarrollo de comunidades que se

encuentran sobre la superficie del fondo marino. Por otro lado, la matriz mostró que los grupos de acciones de manifestación de proceso, corrientes submarinas, modelamiento de paisaje y variabilidad climática, tienen un impacto positivo en el desarrollo de las comunidades en el territorio.

Según lo registrado en la matriz de impacto, se concluye que los grupos de acciones que tienen un impacto negativo en el componente paisajístico, son los fenómenos de remoción en masa, los procesos de diapirismo, las dinámicas sedimentarias, la actividad sísmica, las corrientes de fondo y el modelamiento de paisaje, siendo consideradas acciones que afectan el desarrollo o estabilidad de las unidades de paisaje dentro del área de trabajo.

A partir de la serie de interacciones registradas en la matriz de impactos, se determinó que el componente social tiene una serie de impactos de positivos con los grupos de acciones de fenómenos de remoción en masa, procesos de diapirismo, actividad sísmica, corrientes submarinas, modelamiento de paisaje y variabilidad climática. Este hecho se explica a partir de los factores que fueron evaluados como son las investigaciones, el conocimiento del riesgo, y el conocimiento de la amenaza, los cuales han sido evaluados a partir del desarrollo de políticas asociadas a la prevención de esta serie de acciones. No obstante, al observar el efecto en el factor de población civil, todos estos grupos tendrían un impacto muy negativo.

El trabajo realizado pudo evidenciar, que el componente económico en la matriz de impactos, tiene una serie de impactos negativos con los grupos de acciones de fenómenos de remoción en masa, procesos asociados al diapirismo, y la actividad sísmica, originados por el efecto que tienen esta clase de acciones, sobre la estabilidad de las estructuras antrópicas de fondo, como es el caso de las redes submarinas, pozos y naufragios. Desde otra perspectiva, los impactos positivos encontrados en la matriz, se deben a la interacción entre el factor de la actividad de pesca con los grupos de acciones de corrientes submarinas, modelamiento de paisaje y variabilidad climática, debido a que son acciones que tienden a contribuir con el desarrollo de las comunidades bióticas en el territorio, que a su vez son fuente importante para el desarrollo de la pesca industrial.

De la matriz de impactos, se ha inferido que el componente cultural con el factor de naufragios presenta impactos negativos, originados por los grupos de acciones de fenómenos de remoción masa, dinámicas sedimentarias, actividad sísmica, corrientes submarinas y variabilidad climática, los cuales son procesos que impactan la superficie del fondo marino, afectando la estabilidad de estas estructuras antrópicas. Por otro lado, la interacción entre la pesca artesanal y los tipos de acciones de corrientes submarinas, modelamiento de paisaje y variabilidad climática, es de carácter positiva debido a que estas acciones tienden a generar las condiciones adecuadas para el desarrollo de las comunidades biológicas en el territorio que son fuente importante para el desarrollo de la actividad pesquera artesanal.

El ICI sirvió como una herramienta fundamental para la jerarquización de las diferentes acciones que impactan el territorio, resaltando las acciones con mayor peso en todos los

factores, así como una evaluación por cada uno de los componentes. Con esta información extraída del ICI, se ha podido observar que los grupos de acciones con mayores afectaciones en orden de importancia para el área de trabajo son: la actividad sísmica, la dinámica sedimentaria, la actividad tectónica, las corrientes submarinas y los fenómenos de remoción en masa.

Con el análisis de agrupación de las acciones en función de los factores a partir del ICI, se pueden realizar análisis a fondo sobre la sinergia que pueden tener las acciones entre sí en el territorio, siendo importante de evaluar a fondo en futuros trabajos, con el objetivo de establecer pautas para el desarrollo de actividades en el territorio.

Con la jerarquización de dichas acciones en función del grado de afectación, se han establecido una serie de lineamientos de manejo enfocados en el análisis de procesos físicos, proponiéndose 3 ejes fundamentales: investigación, zonificación ambiental y comunicación a diferentes niveles. Para estos ejes, se priorizan una serie de requerimientos para el desarrollo sostenible de posibles actividades antrópicas en el área de trabajo así como áreas semejantes, siendo importante en el eje de investigación, la realización de estudios detallados que permitan cubrir vacíos de información, el mejoramiento de las herramientas cartográficas para un mejor análisis de los procesos que suceden sobre el fondo marino y definir con una mayor precisión, sitios de alta sensibilidad en función los parámetros físicos, bióticos, económicos, culturales y sociales.

En cuanto al eje de zonificación, los lineamientos que se deben plantear para el desarrollo de actividades en ambientes marinos profundos son la recopilación y análisis de información espacial en función de los diferentes componentes, el reconocimiento de las zonas con alta sensibilidad ambiental desde el punto vista físico que servirá para la definición de usos marinos sostenibles. Otra acción importante es integrar capacidades de diferentes disciplinas con el objetivo de mejorar tanto los factores como las acciones evaluadas en esta matriz, para la generación de análisis integrales de impactos ambientales que será fuente fundamental en la zonificación.

A partir del desarrollo del presente trabajo se ha podido manifestar la importancia del tercer eje de lineamientos, que consiste en el acompañamiento y comunicación a las diferentes entidades, de los resultados de estudios de este tipo, lo cual es fundamental para el entendimiento de las amenazas que se pueden contemplar en este tipo de ambientes durante la fase previa al desarrollo de acciones antrópicas en el territorio. Así mismo, la comunicación a todo nivel es una herramienta fundamental para la mitigación del riesgo en las comunidades que estén sobre el área de influencia del presente trabajo.

En conclusión, el desarrollo de 3 ejes de lineamientos en su conjunto será de vital importancia para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales en el territorio, generando mayores niveles de confianza sobre la intervención humana en ambientes con valores ecológicos importantes.

La metodología empleada en el presente estudio puede considerarse como un insumo para el desarrollo de análisis en Estudios de Impacto Ambiental a nivel de proyectos, pero

también a nivel de Evaluaciones Ambientales Estratégicas, dado que aporta elementos que pueden evaluarse en una escala regional. En estos casos puede contribuir a resolver vacíos de información y proporcionar elementos para la construcción de futuros planes de manejo.

Es importante mencionar que algunas acciones como la manifestación de procesos locales o regionales, se propusieron para evaluar el alcance espacial de los procesos geológicos; sin embargo, no aportaron demasiado elementos distintivos como en un principio se creía, por lo cual es necesario mejorar estos conceptos para futuros estudios.

Es necesario enfatizar que en los componentes social, económico, cultural y biológico se podrían aumentar el nivel de factores a evaluar con el fin de tener un estudio que sea más robusto, para lo cual se requiere involucrar a otras disciplinas.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

AECOM & ANADARKO.2015. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el Proyecto de Perforación Exploratoria Costa Afuera Purple Angel en el Caribe Colombiano Capítulo 5. Caracterización del área de influencia. p. 69.

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS- ANLA. Rondas 2014. 2014.Recuperado de <http://ronda2014.anh.gov.co/rondacolombia2014/>

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS- ANLA. 2018. Recuperado de <http://www.anh.gov.co/Paginas/inicio/defaultANH.aspx>

ALIOTTA, S., SCHNACK, E.J., ISLA, F. I.; LIZASOAIN, G. O. 2001.Desarrollo secuencial de formas de fondo en un régimen macromareal; Asociación Argentina de Sedimentología; Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología; 7; 1-2; 12p. 95-107.

ALFARO, E., & HOLZ, M. 2014.Review of the Chronostratigraphic Charts in the Sinú- San Jacinto basin based on new Seismic Stratigraphic interpretations. En: Journal of South American Earth Sciences. vol. 56, p.139-169.

ALONSO D., SEGURA-QUINTERO C.2010. TORRES C., ROZO-GARZON D.M. ESPRIELLA J.L., BOLAÑOS J.A & LÓPEZ A.C .Áreas Significativas Para La Biodiversidad CAPITULO 12 En INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, Invemar No. 20 p. 4588.

ALONSO, D., VIDES, M., CEDEÑO, C., MARRUGO, M., HENAO, A., SANCHEZ, J.A., DUEÑAS, L., ANDRADE, J.C., GONZALEZ, F. & M. GOMEZ. 2015. Parque Nacional Natural Corales de Profundidad: descripción de comunidades coralinas y fauna asociada. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 88, Santa Marta. p 20.

ALVAREZ-VILLA, O. D., VÉLEZ, J. I., AND POVEDA, G. 2011.Improved long-termmean annual rainfall fields for Colombia. Int. J. Climatol. 31, 2194–2212.

Álvarez, M.S., Vera, C.S., Kiladis, G.N., Liebmann, B. 2016. Influence of the Madden-Julian Oscillation on precipitation and surface air temperature in South America. Climate Dynamic, 46.

AMADOR, J. A. A. 1998. climatic feature of the tropical Americas: The trade wind easterly jet. *Top. Meteorol. Oceanography.*, 5(2), 1-13, 91-102.

AMADOR, J. 2008. The Intra-Americas Sea Low-Level Jet: Overview and future research. *Ann. NY. Acad. Sci.*, 1146(1): 153-188.

AMADOR J & MAGAÑA V. 1999. Dynamics of the Low-Level Jet over the Caribbean Sea. In *Preprints of 23th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*, January 10-15, 1999. American Meteorological Society, 868-869.

AMADOR, J., ALFARO, E., LIZANO, O. & V. MAGAÑA. 2006. Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* Vol. 69: 101-142

ANADARKO y AQUABIÓSFERA. 2015. Caracterización ambiental del bloque Purple Angel, Caribe Colombiano. AQUABIÓSFERA S.A.S para ANADARKO COLOMBIA COMPANY SUCURSAL COLOMBIA Y ANADARKO PETROLEUM COMPANY. Bogotá, D.C. 353p + anexos.

ANDRADE, C.A. Y E.D. BARTON. 2000. Eddy development and motion in the Caribbean Sea. *Journal of Geophysical Research*. 115(C11): 26,191–26,201.

ANDRADE, C.A. 2001. Las corrientes superficiales en la cuenca de Colombia observadas con boyas de deriva. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 25 (96): 321-335.

ANDRADE, C.A.; BARTON, E.D. Y C.N.K. MOOERS. 2003. Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean coast. *Journal of Geophysical Research*. 108(C6): 3185.

ARYAL, Y. N., VILLARINI, G., ZHANG, W., & VECCHI, G. A. 2018. Long term changes in flooding and heavy rainfall associated with North Atlantic tropical cyclones: Roles of the North Atlantic Oscillation and El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Hydrology*, 559, 698–710.

ATKINSON, C.A., JOLLEY, D.F., SIMPSON, S.L. 2007. Effect of overlying water pH, dissolved oxygen, salinity and sediment disturbances on metal release and sequestration from metal contaminated marine sediments. *Chemosphere* 69 (9), p.1428–1437.

AUDEMARD, F., M. MACHETTE, J. COX, R. DART, AND K. HELLER. 2000. Map and database of Quaternary faults and folds in Venezuela and its offshore regions, U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 00-1018. (accessible from USGS webpage; open file reports ofr-00-0018).

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES- ANLA. 2015. <http://vital.anla.gov.co/SILPA/TESTSILPA/Security/Login.aspx>

BARRETO C. G. & MOSQUERA B. J. 2001. *Boletín Estadístico Pesquero*. Bogota D.C.

- BATES, R.L. & JACKSON, J.A. 1980. Glossary of Geology. 2nd Edition, American Geological Institute, Virginia.
- BATTISTI, D.S., & SARACHIK, E.S. 1995. Understanding and predicting ENSO, U.S. National Report to IUGG, 1991–1994, American Geophysical Union. Review of Geophysics, 33 Suppl.
- BEAR, J., A. H.-D. CHENG, S. SOREK, D. OUAZAR, AND I. HERRERA. 1999. Seawater Intrusion in Coastal Aquifers: Concepts, Methods, and Practices; Kluwer Acad., Norwell, Mass. 640 pp.
- BENIGUI, A., DEVILLE E. Y PAÉZ, A. 2004. Tectonic framework, kinematics of deformation and petroleum system evaluation of the offshore Sinú accretionary wedge. XII Congreso Venezolano de Geofísica.
- BENITEZ-NELSON, Claudia R. 2000. The biogeochemical cycling of phosphorus in marine systems. En: Earth-Science Reviews, vol., 51 no 1-4., p. 109–135.
- BEN-YAAKOV S. and I. R. KAPLAN. 1968. pH-temperature profiles in oceans and lakes using an in-situ probe. Limnology and Oceanography. 13, 688-693.
- BERNAL, G., G., POVEDA, P., ROLDÁN, Y C. ANDRADE. 2006. 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 30(115): 195-208.
- BESSAFI, M., AND M. C. WHEELER. 2006. Modulation of South Indian Ocean tropical cyclones by the Madden–Julian Oscillation and convectively coupled equatorial waves, Mon. Weather Rev., 134, 638–656.
- BIENHOLD, C., POP RISTOVA, P., WENZHÖFER, F., DITTMAR, T., & BOETIUS. 2013. A. How Deep-Sea Wood Falls Sustain Chemosynthetic Life. Plos ONE, 8(1), e53590.
- BHP BILLITON PETROLEUM CORPORATION y ECOPETROL S.A. 2006. Regional swath bathymetry and geochemical investigation Fuerte Norte Sur, offshore Colombia. En: Gardline Report 6856. p. 342.
- BOLTOVSKOY, D. (ed.). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata, Argentina. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. 936 p.
- BORDINE, B. W. 1974. Neogene biostratigraphy and paleoenvironments, lower Magdalena Basin, Colombia: Ph.D. Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, 295 p.
- BORREGO PLA, C. 1983. Cartagena de Indias en el siglo XVI, Sevilla. EEHH., p.6.

BOSCHMAN, L. M., VAN HINSBERGEN, D. J. J., TORSVIK, T. H., SPAKMAN, W., & PINDELL, J. L. Kinematic reconstruction of the Caribbean region since the Early Jurassic. *Earth-Science Reviews*, 138 2014. p.102–136.

BURKE, K., COOPER, C., DEWEY, J., MANN, P. & PINDELL, J. Caribbean tectonics and relative plate motions – In: Bonini, W., Hargraves, R. & Shagam, R. (ed.), *The Caribbean-South American plate boundary and regional tectonics*. Geological Society of America, Memoir 162. 1984.p.31-63.

CADDY, J.F.; DEFEO, O. 2001. Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 448. Rome, FAO. 2003. 159p.

CAMOU, A. 2001. *Los desafíos de la Gobernabilidad*. México: Flacso/IISUNAM/Plaza y Valdés.

CAMARGO, S. J., WHEELER, M. C., & SOBEL, A. H. 2009. Diagnosis of the MJO Modulation of Tropical Cyclogenesis Using an Empirical Index. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 66 (10), 3061–3074.

CARDONA, A., CORDANI, U. & MACDONALD, W. 2006. Tectonic correlations of pre-Mesozoic crust from the northern termination of the Colombian Andes, Caribbean region. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 21, pp 337-354. Elsevier.

CARO M. y SPRATT. 2003. Deborah. Tectonic Evolution of the San Jacinto Fold Belt, NW Colombia; Fold-Fault Research Project, University of Calgary. *CSEG Recorder*. p. 37-43.

CARVAJAL, J. H., MENDIVELSO, D., FORERO, H., CASTIBLANCO, C., PINZÓN, L. & PRADA, M. 2010. Investigación del diapirismo de lodos y evolución costera del Caribe colombiano. *Geomorfología Sector 1*. Informe INGEOMINAS inédito. Bogotá. 207 p.

CARVAJAL J.H. & MENDIVELSO D. 2017. Catálogo de “Volcanes de lodo”. Caribe Central colombiano. Informe Servicio Geológico Colombiano, en proceso de publicación. Bogotá: INGEOMINAS. 54 p.

CASTELLANOS A., LOMBANA J., ORTIZ M. 2017. Exploración y explotación de hidrocarburos aguas afuera (offshore): estrategia logística para Barranquilla, una ciudad en transformación. *Equidad & Desarrollo*, (28), 85-111pp.

CDB. 2008. Convention on Biological Diversity, Synthesis and review of the best available scientific studies on priority areas for biodiversity conservation in marine areas beyond the limits of national jurisdiction. 2008. Recuperado de UNEP/CBD/SBSTTA/13/INF/11. 52 p.

CEDIÉL, F., SHAW, R. P., y CÁCERES, C. 2003. Tectonic assembly of the Northern Andean Block. En: Bartolini, C., Buffler, R. T. y Blickwede, J. eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*: AAPG Memoir 79. p. 815–848.

CELEDÓN, CARMEN; ORELLANA, RENATO. "Gobernancia y participación ciudadana en la reforma de salud en Chile" .2003. <:www.top.org.ar/documentos/celedon%20carmen%20y%20orellana%20renato%20%20gobernancia%20y%20participacion%20ciudadana.pdf.

CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS DEL CARIBE. 2018. Recuperado de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/PreCaAltamar.php>.

CHAN, J. C. L., & XU J. 2000. Physical mechanisms responsible for the transition from a warm to a cold state of the El Niño–Southern Oscillation. *J. Climate*, 13, 2056–2071.

CHEN L., CHESTER, R., 2000. *Marine Geochemistry* Unwin Hyman Ltd., London. 1990.p.659.

CHESTER AND JICKELLS. 2012. Trace Elements in the Oceans, in *Marine Geochemistry*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. ch11.

CHILINGAR G.V., ROBERTSON J.O. 2002. RIEKE H.H. Origin of abnormal formation pressures. In: Chilingar GV, Serebryakov VA, Robertson JO (eds) *Origin and prediction of abnormal formation pressures*. Elsevier, Amsterdam, p 21–67.

CORPES. 1992. *EL Caribe colombiano realidad ambiental y desarrollo* Santa Marta. p163.

CORTÉS, F. A., GARCÍA, L., TIGREROS, P., MARTÍNEZ, P., CÁRDENAS, A., BOLAÑO, M., ZUBIRÍA, W., ORTÍZ, E. y MEJÍA L. 2014. Caracterización ambiental del área de influencia de la prospección sísmica 2d dentro del bloque Guajira Offshore 1, Caribe colombiano. Coordinación de Servicios Científicos. INVEMAR. Informe Técnico Final (ITF) para la empresa Repsol Exploración Colombia S.A. Santa Marta D.T.C.H. 390 p. + anexos.

COGNETTI, G., M. SARÀ Y G. MAGAZZÙ. 2001. *Biología marina*. Ariel, Barcelona. 619 p.

CONESA, V. 1993. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 276 p.

CONESA, V. 1997. *Guía Metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental*. (Tercera edición), Mundi- Prensa, Madrid, España. 412p.

CONESA, V. 2010. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, México. 371 p.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA – CGR. 2017. *El proceso administrativo de licenciamiento ambiental en Colombia*. Bogotá. 80 p.

CRUDEN, D.M. 1991. A simple definition of a landslide. *Bulletin International Association. Engineering Geology*. N° 43, p. 27-29.

DAVIS, G.H., REYNOLDS, S.J., KLUTH C. F. 2002. *Structural Geology of Rocks and Regions*. 2nd edition John Wiley & Sons, New York. Inc. pp. 531–533.

DAVIES A.J., J.M. ROBERTS Y J, HALL-SPENCER. 2007.Preserving deepsea natural heritage: emerging issues in offshore conservation and management. *Biological Conservation*. 138:299-312.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE.2019. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/52-espanol/noticias/noticias/4325-bases-de-datos-anonimizadas-disponibles-en-la-web>

DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN NACIONAL DNP. 2019. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/publicaciones/Paginas/2012.aspx>

DEVIS, A., I. GARCÍA, I. MÁLIKOV Y N. VILLEGAS. 2002.Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. CCCP, Bogotá.

DE LA MAZA, C.L.2007. Evaluación de Impactos Ambientales: En Manejo y Conservación de Recursos Forestales. Editorial Universitaria. P. 579-609.

DE LA MAZA, C.L. 2001.NEPA's Influences in Developing Countries: The Chilean Case. *Environmental Impact Assessment Review*. p.169-179.

DIAZ, H. F., AND G. N. KILADIS. 1992. Atmospheric teleconnections associated with the extreme phases of the Southern Oscillation. In *El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*, H. F. Diaz and V. Markgraf (Eds.), Cambridge University Press, 7-28.

DUQUE-CARO H. 1994.Structural style, diapirism, and accretionary episodes of the Sinú-San Jacinto terrane, southwestern Caribbean borderland. 303-316. En: Bonini W.E. y R.B. Hargraves (Eds.). *The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics*. Geological Society of America Memoir, 162.

DONALD A., H. MEINKE, B. POWER, A. DE H.N. MAIA, M.C. WHEELER, N. WHITE, R.C. STONE & J. RIBBE. 2006.Near-global impact of the Madden-Julian Oscillation on rainfall. *Geophys. Res. Lett.* 33, L09704.

ENFIELD D. AND ALFARO E. 1999.The dependence of Caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific oceans. *J. Climate*, 12., p. 2093-2103.

EL INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA- ICANH. 2018. Recuperado de <https://www.icanh.gov.co/index.php?idcategoria=15978>

EMERY W. AND MEINCKE J. 1986 "Global Water Masses: Summary and Review," *Oceanologica Acta*, Vol. 9, p. 383-391.

EMERY, W. 2003.*Water types and water masses*. Boulder, CO, University of Colorado: Copyright Academic Press.: 1556.

- ERCILLA, G., ALONSO, B., ESTRADA, F., CHIOCCI, F.L., BARAZA, J., FARRAN, M. 2000. El Sistema Turbidítico del Magdalena: Procesos geológicos recientes (Mar Caribe). In: Alonso, B., Ercilla, G. (Eds.), Valles Submarinos y Sistemas Turbidíticos Modernos. CSIC, Madrid, pp. 203–228.
- ERCILLA G., B. ALONSO, F. ESTRADA, F. GHIOCCI, J. BARAZA Y M. Farran. 2002. The Magdalena turbidite system (Caribbean Sea): present-day morphology and architecture model. *Marine Geology*, 185: 303-318.
- EVANS, R.L., LIZARRALDE, D., 2003. Geophysical evidence for karst formation associated with offshore groundwater transport: an example from North Carolina. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 4, 1069–1078.
- EVANS, D. J. A. 2003. Glacial Geology and Geomorphology. *Encyclopedia of Physical Science and Technology*. 719–751.
- FERTL, W. H., CHILINGARIAN, G.V., & RIEKE, H.H. 1976. Fertl, W.H., Chilingarian, G.V., & Rieke, H.H. (1976). *Abnormal Formation Pressures: Implications to Exploration, Drilling, and Production of Oil and Gas Resources*. Elsevier Scientific Publishing Company. p. 1-17.
- FLINCH, J. F. 2003. Structural evolution of the Sinú-Lower Magdalena area (Northern Colombia). En: BARTOLINI C., BUFFLER R. T., BLICKWEDE J. (eds) *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*, vol 79, AAPG Memoir. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa. p. 776–796.
- FLORES-COTO, CÉSAR, MARÍA LUISA ESPINOSA-FUENTES, FAUSTINO ZAVALA-GARCÍA Y LAURA SANVICENTE-AÑORVE 2009. "Ictioplancton del sur del Golfo de México. Un compendio". En *Hidrobiológica*, 9, pp. 49-76. García Leyton, L. *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*, Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 2004, p. 61.
- FORD, D. C., 1988, Characteristics of dissolutional cave systems in carbonate rocks, in N. P. James and P. W. Choquette, eds., *Paleokarst*: Berlin, Springer-Verlag, p. 25–57.
- FUENTES N. 2015. *Atlas Histórico Marítimo de Colombia: Siglos XVI – XVIII*.
- FUGRO. 2014. *Metocean criteria for blocks Fuerte Norte and Fuerte Sur, offshore Colombia*. Report Number C56473/8163/RO. 2014. Issue Date 13 January. 128 pp.
- GALAZAR & KÁMICHE. 2015. *Pesca artesanal: oportunidades para el desarrollo regional*. 1ª edición versión e-book: noviembre 2015.
- GARCÍA LEYTON, L. A. 2004. "Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales". Tesis doctoral, UPC, Departament de Projectes d'Enginyeria.
- GARCIA, A, N. RANGEL-BUJITRAGO AND J. SELLANES. 2010. Evidences of the presence of methane seeps in the Colombian Caribbean Sea. *EGU Research Abstracts*. 12: EGU2010-3632-3.

GARZÓN-VARÓN. 2012. Fernando. Modelamiento estructural de la zona límite entre la microplaca de Panamá y el bloque norandino a partir de la interpretación de imágenes de radar, cartografía geológica, anomalías de campos potenciales y líneas sísmicas. Universidad Nacional de Colombia. Maestría tesis. Bogotá.

GEMMA: PMA. 2007. Geociencias para las Comunidades Andinas. Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA). Publicación internacional.

GERARD, R., LANGSETH, M. G., & EWING, M. 1962. Thermal gradient measurements in the water and bottom sediment of the western Atlantic. *Journal of Geophysical* p 785–803.

GIRALDO, L. 1994. Análisis de las masas de agua y control de calidad de la información oceanográfica. En: *Boletín Científico Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe*. vol. 15: 19.

GIRALDO, D., GUTIÉRREZ, V.L., & POSADA, B.O. 2017. Geomorfología de los fondos submarinos del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 46(2), 73-90.

GOFF, J. A., SWIFT, D. J. DUNCAN, C. S., MAYER, L. A., & HUGHES-CLARKE, J. 1999. High-resolution swath sonar investigation of sand ridge, dune and ribbon morphology in the offshore environment of the New Jersey margin. *Marine Geology*, 161(2-4). p 307–337.

GOLDEN GATE WAEATHER SERVICES. 2019. Recuperado de <https://ggweather.com/enso/oni.htm>

GÓMEZ, F., CLAUSTRE, H. & SOUISSI, S. 2008. Rarely reported dinoflagellates of the genera *Ceratium*, *Gloeodinium*, *Histioneis*, *Oxytoxum* and *Prorocentrum* (Dinophyceae) from the open southeast Pacific Ocean. En: *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Abril, vol. 43 no. 1, p. 25-40.

GÓMEZ, F. 2013. Reinstatement of the dinoflagellate genus *Tripes* to replace *Neoceratium*, marine species of *Ceratium* (dinophyceae, alveolata). En: *CICIMAR Océánides*., vol. 28, no. 1, p. 1-22.

GÓMEZ, J. 2010. La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) en Colombia: su adopción, criterios para la estructuración de su procedimiento administrativo y su aplicación a los planes de ordenamiento territorial. *Revista Científica / enero –diciembre de 2010 / No. 12 / Bogotá, D.C.* 48-62 pp.

GORDON, A.L. 1967. Circulation of the Caribbean Sea. *J. of Ghephys. Res.* 72 (24), p.607-6223.

- GORDON-SMITH, D. A. D.S. 2019. Submarine groundwater discharge and associated nutrient fluxes to Discovery Bay, Jamaica. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*. 230. (2019)106431.
- GRASSLE, J.F. & N.J. MACIOLEK. 1992. Deep-sea species richness: Regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *The American Naturalist*. 139(2):313–341.
- GUTENBERG, B. & RICHTER, C.F. 1956. Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 46, 105-146.
- GUZMÁN, ALVIS, A. & ARDILA N. E. 2004. Estado de los fondos blandos en Colombia: 183-198. En *INVEMAR: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2003*. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones periódicas. No. 8. 329 p.
- GUZMÁN, J., OCHOA, M. 2000. Evaluación de la Amenaza Sísmica del Eje Cafetero: una visión crítica del conocimiento. *Jornadas Técnicas de Sismotectónica*. Manizales.
- HARDING, T. P. y LOWELL J. D. 1983. Structural Styles, their Plate Tectonic Habitats and Hydrocarbon Traps in Petroleum Provinces. En: BALLY, A. W. (Ed). *Seismic Expression of Structural Style*. The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa. p. 6-7.
- HARRIS, P. T. 2012. Seafloor Geomorphology-Coast, Shelf and Abyss. *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat*. 109-155.
- HAY, W. W., J. L. ALOAN, AND C. N. WOLD. 1988. Mass/age distribution and composition of sediments on the ocean floor and the global rate of sediment subduction: *Journal of Geophysical Research*., v. 93, p. 14933–14940.
- HEEZEN, B.C. Y EWING, M. 1952. Turbidity currents and submarine slumps, and the 1929 Grand Banks earthquake. *American Journal of Science*, 250: 849-873.
- HEEZEN, B.C. 1956. Corrientes de turbidez del Rio Magdalena. *Boletín de La Sociedad Geografica de Colombia*, numeros 51 y 52, p. 135–143.
- HEEZEN, B. C & HOLLISTER, C. D. 1964. Turbidity currents and glaciation In A E M NAIRN (E&tor), *Problems of Paleochmatology* Wdey, New York, m press.
- HERNANDEZ-GUERRA, A., AND T.M. JOYCE. 2000. Water masses and circulation in the surface layers of the Caribbean at 66°W. *Geophysical Research Letters*. 27:3497-3500.
- HERRERA, L.; FEBRES, G.; ANDRES, J. 1980. Distribución de las masas de agua y sus vinculaciones dinámicas en el sector centro-occidental venezolano, mar caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 19, 93–118.
- HIDALGO, H. G., DURÁN-QUESADA, A. M., AMADOR, J. A., & ALFARO, E. J. 2015. The Caribbean Low-Level Jet, the Inter-Tropical Convergence Zone and Precipitation Patterns

in the Intra-Americas Sea: A Proposed Dynamical Mechanism. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 97(1), 41-59.

HIDALGO, H. AND E. ALFARO. 2015. Skill of CMIP5 climate models in reproducing 20th century basic climate features in Central America. *Int. J. Climatology*. 35, 3397–3421.

HOVLAND, M., GARDNER, J. V., & JUDD, A. G. 2002. The significance of pockmarks to understanding fluid flow processes and geohazards. *Geofluids*, 2(2), p. 127–136.

HUGHES, C. W., WILLIAMS, J., BLAKER, A., COWARD, A., & STEPANOV, V. 2018. A window on the deep ocean: The special value of ocean bottom pressure for monitoring the large-scale, deep-ocean circulation. *Progress in Oceanography*, 161, 19–46.

IBÁÑEZ J. 2013. Erosión del Suelo por Sufusión Piping o Tubificación. Recuperado de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/07/30/142877>

IBÁÑEZ J. 2008. Movimientos de Tierra en Flujo: Soliflucción y Reptación (Desastres Naturales). Recuperado de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/06/20/95172>

ICA. 2009. Actualización del estado de la flota pesquera comercial industrial en Colombia. Bogotá. 27 p.

INGEOMINAS & FRIEDRICH-SCHILLER UNIVERSITY. 2002. Structural model of the Caribbean coast of Colombia: an integration of the geological and geophysical data. On line: <http://www.geo.uni-jena.de/geophysik/caribbean/home.html>

INGEOMINAS, ECOPETROL-ICP, INVEMAR. 2008. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta. Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 Y 34. Informe preparado por Geoserch. Resumen Ejecutivo. p. 21.

INVEMAR. 2010b. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. En: Boletín Científico. Santa Marta. Serie de Publicaciones Especiales Invemar, 458 p.

IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, SINCHI e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá DC. 276 p. +37 hojas cartográficas.

IDEAM – UNAL. 2018. Variabilidad Climática y Cambio Climático en Colombia, Bogotá, D.C.,

IDEAM. 2018. Promedios Climatológicos. Data for 1981-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de <http://institucional.ideam.gov.co/descargas?com=institucional&name=pubFile15803&downloadname=Promedios%2081-10.xlsx>

INVEMAR-ANH II. 2010. Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos – Fase II. Identificación de áreas significativas para la

biodiversidad y lineamientos de manejo. Santa Marta. Informe Técnico Final. INVEMAR-ANH Fase II. 254 p.

JANAKI-RAMAN, D., JONATHA, M., SRINIVASALU, S., ARMSTRONG-ALTRIN, J., MOHAN, S. y RAM-MOHAN, V. 2007. Trace metal enrichments in core sediments in Muthupet mangroves, SE coast of India: Application of acid leachable technique. En: *Environmental Pollution.*, vol. 145, p. 245-257.

JIANG, X., WAILER, D.E., XAVIER, P. K., PETCH, J., KLINGAMAN, N. P., WOOLNOUGH, S.J., GUAN B., BELLON G., CRUEGER T., DEMOTT C., HANNAY C., LIN H., HU W.I, KIM D., LAPPEN C.L., LU M.M., MA H.Y., MIYAKAWA T., RIDOUT J. A., SCHUBERT S. D., SCINOCCA J., SEO K. H., SHINDO E., SONG X., STAN C., TSENG W.L., WANG W., WU T., WU X., WYSER K., ZHANG G. J & ZHU H. 2015. Vertical structure and physical processes of the Madden-Julian oscillation: Exploring key model physics in climate simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 120(10), 4718–4748.

JOHNS, W.E.; TOWNSEND, T.L.; FRATANTONI, D.M. Y W.D. WILSON. 2002. On the Atlantic inflow to the Caribbean Sea. *Deep-Sea Research I*, vol.49. 211–243.

JURY, M., B.A. MALMGREN, AND A. WINTER. 2007. Subregional pre-cipitation climate of the Caribbean and relationships with ENSO and NAO. *Journal of Geophysical Research* 112: D16107.

KARL, D.M y MICHAELS, A.F. 2001. Nitrogen Cycle. En: STEELE, John, TUREKIAN, Karl y THORPE, Steve (Eds). *Encyclopedia of Ocean Science*. London: Academic Press, p. 1876-1884.

KELLOGG, J. N., y VEGA, V. Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: Constraints from Global Positioning System geodetic studies and gravity. En: Mann, P. (Ed). *Geologic and tectonic development of the Caribbean plate boundary in southern Central America*. Spec. Pap. Geol. Soc. Am. 1995. vol. 295, p. 75-90.

KERR, R. A., A. 2000. North Atlantic climate pacemaker for the centuries, *Science*, 288 (5473), 1984-1986.

KNIGHT, J. R., FOLLAND, C. K., & SCAIFE, A. A. 2006. Climate impacts of the Atlantic Multidecadal Oscillation. *Geophysical Research Letters*, 33 (17).

KLOTZBACH, P., & GRAY, W. 2008. Multidecadal variability in North Atlantic tropical cyclone activity. *Journal of Climate*, 21(15), 3929-3935

KLOTZBACH, P. J. 2010. On the Madden-Julian oscillation – Atlantic hurricane relationship. *J. Climate*, 23, 282-293.

KLOTZBACH, P. J. 2011. The Influence of El Niño–Southern Oscillation and the Atlantic Multidecadal Oscillation on Caribbean Tropical Cyclone Activity. *Journal of Climate*. 24(3), 721–731.

KNEE K.L. & PAYTAN A. 2011. Submarine Groundwater Discharge: A Source of Nutrients, Metals, and Pollutants to the Coastal Ocean. In: Wolanski E and McLusky DS (eds.) *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, Vol 4, pp. 205–233. Waltham: Academic Press.

KOHOUT FA, MEISLER G, MEYER FW, JOHNSON RH, LEVE GW, WAITRL. 1988. Hydrogeology of the Atlantic continental margin. In: Sheridan RE, Grow JA (eds) *The Atlantic continental margin*. Geol Soc Am, Boulder, CO, pp 463–48.

KOPF, A. J. Significance of mud volcanism. *Reviews of Geophysics*. 2002. vol. 40, no. 2, p. 1005.

KÖSTER, F.W., H.-H. HINRICHSSEN, M.A. ST. JOHN, D. SCHNACK, B.R. MACKENZIE, J. TOMKIEWICZ AND M. PLIKSHS. 2001. Developing Baltic cod recruitment models. II. Incorporation of environmental variability and species interaction. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:1535–1557.

LALLI, C. & PARSON T. 1997. *Biological Oceanography: An introduction*. Segunda edición. Oxford, Butterworth & Heinemann, 337 p.

LANGO-REUNOSO, F., LANDEROS-SÁNCHEZ, C. y CASTAÑEDA-CHÁVEZ, M. 2010. Bioaccumulation of cadmium (Cd), lead (Pb) and arsenic (As) in *Crassostrea Virginica* (GMELIN, 1791), from Tamiahua Lagoon System, Veracruz, México. En: *Rev. Int. Contam. Ambie.*, vol. 26, no. 3, p. 201-210.

LANDSEA, C.W. 2000. Climate variability of tropical cyclones: pas, present and future, in Pielke, R.A. Sr And Pielke, R, A, Jr(eds) *Storms*. New York: Routledge, p.220-41.

LAVERDE, F. 2000. The Caribbean Basin of Colombia, a composite Cenozoic Accretionary Wedge with Under-Explored Hydrocarbon Potential. *Memorias del VII Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas*. Caracas – Venezuela, p. 394 – 410.

LEE, S.S., J., LEE K.-J., WANG B., Ha, K.-Y. Heo, F.-F. JIN, D. M. STRAUS, & J. SHUKLA. Interdecadal changes in the storm track ac-tivity over the North Pacific and North Atlantic. 2012. *Climate Dyn.*, 39, 313–327.

LEOPOLD, L.B., CLARKE, F.E. HANSHAW, B.B., Y BALSLEY, J.R. A procedure for evaluating environmental impact. *Geological Survey Circular 645*. U.S.D.I. Washington, D.C. 1971.

LESLIE, S. C., & MANN, P. (. Giant submarine landslides on the Colombian margin and tsunami risk in the Caribbean Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, 2016.449, 382–394.

- LEVIN, LA. 2005. Ecology of cold seep sediments: Interactions of fauna with flow, chemistry and microbes. *Oceanography and Marine Biology - an Annual Review*, Vol. 43. 43 (Gibson RN, Atkinson RJA, Gordon JDM, Eds.):1-46., Boca Raton: Crc Press-Taylor & Francis Group.
- LIEBMANN, B., H. H. HENDON, AND J. D. GLICK. 1994. The relationship between tropical cyclones of the western Pacific and Indian Oceans and the Madden–Julian oscillation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 72, 401–412.
- LÓPEZ E. 2005. Evolución tectónica de la región Caribe de Colombia. Informe interno, Ingeominas, Bogotá, 51 p.
- LÓPEZ, E. y BARRERO, D. 2003. Transectas geológicas de la corteza superior de Colombia. *Memorias del VIII Simposio de Exploración de Cuencas Subandinas*. vol. 2, p. 279-289.
- LOPEZ, C. & OJEDA, G. 2006. Flujo de calor a partir del reflector simulador de fondo (BSR), en el caribe colombiano. *C.T.F Cienc. Tecnol. Futuro [online]*., vol.3, n.2, pp.29-39. ISSN 0122-5383.
- LOUCKS, R.G. 1999. Paleocave carbonate reservoirs: Origins, burial depth modifications, spatial complexity, and reservoir implications. *AAPG Bulletin*, 83, 1795–1834.
- MADDOX, R. A. 1980. Mesoscale convective complexes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 61., 1374-1387.
- MADDOX, R. A., HOWARD, K. W., BARTELS, D. L., AND RODGERS, D. M. 1986. Mesoscale convective complexes in the middle latitudes. In *Mesoscale Meteorology and Forecasting*, edited by P. S. Ray, (Boston: American Meteorological Society), pp. 390–413.
- MADDEN, R. A., & JULIAN, P. R. Detection of a 40–50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1971. 28(5), 702–708.
- MANTUA, N. J., HARE, S. R., ZHANG, Y., WALLACE, J. M., AND FRAN-CIS, R. C. A 1997. Pacific interdecadal climate oscillation with impact on salmon production, *B. Am. Meteorol. Soc.*, 78, 1069–1079,
- MANTUA, N. J. & HARE S.R. 2002. The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography*, 58, 35-44.
- MARGALEF, R. 1991. *Ecología*. Barcelona. Ediciones Omega, 951 p.
- MARTÍNEZ GALLO, J.C. 2010. Propuesta metodológica para la estimación de la cota de inundación en la zona costera del Caribe colombiano. Tesis de Maestría Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- MARTIN, E., SCHUMACHER C. 2012. Modulation of Caribbean precipitation by the Madden-Julian Oscillation. *Journal of Climate*. p. 813-824.

- MESA, O. J., POVEDA, G., & CARVAJAL L. F. 1997. Introducción al Clima de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- MAURY, M.F. 1855. The Physical Geography of the Sea, Harper & Bros., New York, 1855 N.Y.
- MIDDLETON, G. V., & HAMPTON, M. A. 1973. Sediment gravity flow: mechanics of flow and deposition. En Middleton, G. V. & Bouma, A. H. (Eds.), Turbidites and deep-water sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific section. Short Course Lecture Note, 1: 1-38, Los Angeles.
- MILLWARD, G. y TURNER, A. 2001. Metal pollution. En: STEELE, John, TUREKIAN, Karl y THORPE, Steve (Eds). Encyclopedia of Ocean Science. London: Academic Press, p. 1730-1736.
- MOLINARI, R. L., SPILLANE, M., BROOKS, I., ATWOOD, D. Y DUCKETT, C. 1982. Surface currents in the Caribbean Sea deduced from Lagrangian observations. J. Geophys. Res. 86, P.6537–6542.
- MONTEALEGRE, E. 2002. Escalas de variabilidad climática. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- MONTEALEGRE, J.E. 2009. Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Informe Final. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Subdirección de Meteorología. Bogotá, D.C. p. 54
- MONTOYA, R. 2014. Variabilidad estacional e interanual del balance de calor en la capa de mezcla superficial del Mar Caribe [Tesis de Maestría en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos].
- MOOERS, C.N.K. Y G.A. MAUL. 1998. Intra-Americas Sea circulation. In: Robinson, A.R. y K.H. Brink (eds.). The Sea. Vol. 11. John Wiley and Sons, Inc. New York. p. 183–208.
- MOORE, W. S., KREST J., TAYLOR G., ROGGENSTEIN E., JOYE S., and LEE R. 2002. Thermal evidence of water exchange through a coastal aquifer: Implications for nutrient fluxes, Geophys. Res. Lett., 29(14), 1704.
- MUÑOZ, E., A. J. BUSALACCHI, S. NIGAM, AND A. RUIZ-BARRADAS. 2008. Winter and summer structure of the Caribbean low-level jet. J. Clim.,: 21(6), 1260–1276.
- MURAKAMI, H., G. A. VECCHI, G. VILLARINI, T. L. DELWORTH, R. GUDGEL, S. UNDERWOOD, X. YANG, W. ZHANG, AND S. Lin, Seasonal forecasts of major hurricanes and landfalling tropical cyclones using a high-resolution GFDL coupled climate model. J. Climate, 2016.29, 7977-7989.

- MUTTI, E., DAVOLI, G., TINTERRI, R., & ZAVALA, C. 1996. The importance of fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins. *Memorie di Scienze Geologiche.*, 48: 233–291.
- MUTTI, E., TINTERRI, R., REMACHA, E., MAVILLA, N., ANGELLA, S., Y FAVA, L. 1999. An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective. *American Association of Petroleum Geologists Continuing Education Course Note*, 39: 1-96, Tulsa.
- MÜLLER, C., USBECK, R., & MIESNER, F. 2016. Temperatures in shallow marine sediments: Influence of thermal properties, seasonal forcing, and man-made heat sources. *Applied Thermal Engineering*. p 108, 20–29.
- NAKANO, Y., KIMOTO, H., WATANABE, S., HARADA, K., AND WATANABE, Y. W. Simultaneous vertical measurements of in situ pH and CO<sub>2</sub> in the sea using spectrophotometric profilers, *J. Oceanography.*, .2006.62, 71–81.
- NAKAZAWA, T. 1986. Intraseasonal variations of OLR in the tropics during the FGGE year. *J. Meteor. Soc. Japan*, 64, 17–34.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. 2018. Recuperado de <https://www.noaa.gov/oceans-coasts>.
- NEELIN, J. D., BATTISTI, D. S., HIRST, A. C., JIN, F.-F., WAKATA, Y., YAMAGATA, T., & ZEBIAK, S. E. 1998. ENSO theory. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 103(C7), 14261–14290.
- NELSON, J. S. 2006. *Fishes of the world*. 4ta edición. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, p 624.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. 1982. Recuperado en <http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/>
- ORGANIZACIÓN HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL Y COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERNACIONAL. 2001. Normalización de los nombres de las normas del relieve submarino. Publicado por Bureau Hidrográfico Internacional, Mónaco. p 42.
- ORTIZ-KARPF, A., HODGSON, D. M., & MCCAFFREY, W. D. 2015. The role of mass-transport complexes in controlling channel avulsion and the subsequent sediment dispersal patterns on an active margin: The Magdalena Fan, offshore Colombia. *Marine and Petroleum Geology*. 64, 58–75.
- PAPUSH, L., & DANIELSSON, Å. 2006. Silicon in the marine environment: Dissolved silica trends in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 53–66.
- PARAMO, J., M. WOLFF, AND U. SAINT-PAUL. 2012. Deep-sea fish assemblages in the Colombian Caribbean Sea. *Fisheries Research*. 125–126(2012):87–98.

PARIS, G., MACHETTE, M. N., DRT, R. L. y HALLER, K. M. 2000. Map and database of quaternary faults and folds in Colombia and its offshore regions. U.S. Geological Survey Open File Report 0284.

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. 2018. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/en/>

PEIRCE, J. J., WEINER, R. F., & VESILIND, P. A. 1998. Measurement of Water Quality. *Environmental Pollution and Control*. p. 57–76.

PENNINGTON, N., & HASTIE, R. 1988. Explanation-based decision making: Effects of memory structure on judgment. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 14, 521-

PIRMEZ, C., R. T. BEAUBOUEF, AND S. J. FRIEDMANN. 2000. Equilibrium profile and base level in submarine channels: Examples from Late Pleistocene systems and implications for the architecture of deepwater reservoirs, in P. Weimer, R. M. Slatt, J. L. Coleman, N. Rosen, C. H. Nelson, A.H. Bouma, M. Styzen, and D. T. Lawrence, eds., *Global deep-water reservoirs: Gulf Coast Section SEPM Foundation 20th Annual Bob F. Perkins Research Conference*, p. 782–805, Houston, Texas.

POHLE, G. W & THOMAS M.L.H. 2001. Marine Biodiversity Monitoring. Monitoring Protocol for marine Benthos: Intertidal and Subtidal Macrofauna. A report by the Marine Biodiversity Monitoring Committee (Atlantic Maritime Ecological Science cooperative, Huntsman Marine Science Centro) to the Ecological Monitoring and Assessment Network of Environment Canada.

POLEO, D., SOLANO, E. Y STOLZ, W. 2014. La Oscilación Atmosférica Madden-Julian (MJO) y las lluvias en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. 13 (1) 58-74, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica.

POVEDA, G. 1998. Retroalimentación dinámica entre el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur y la hidrología colombiana. Tesis Ph.D. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín.

POVEDA, G. Y O. MESA. 1999. La corriente de chorro superficial del Oeste (“DEL CHOCÓ”) y otras dos corrientes de chorro en Colombia: Climatología y variabilidad durante las fases del ENSO. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 23(89): 517-528.

POVEDA, G. 2004. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 28(107): 201-222.

POVEDA, G., O. MESA, L. SALAZAR, P. ARIAS, H. MORENO, S. VIEIRA, P. AGUDELO, V. TORO Y F. ÁLVAREZ. 2005. The diurnal cycle of precipitation in the Tropical Andes of Colombia. *Mon. Weather. Rev.*, 133:228-240.

- PUERTAS, O. & CARVAJAL Y., 2008. "Incidencia de El Niño Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer". 5HYLVWD, QJHQLHUtD'HVDUUROOR, 23, pp. 104-118.
- PUJOS, M.; PAGLIARDINI, J.-L.; STEER, R.; VERNETTE, G. Y O. WEBER. 1986. Influencia de la contracorriente Norte colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma continental: Su acción sobre la dispersión de los efluentes en suspensión del río Magdalena. Boletín Científico del CIOH. vol 6: 3–15.
- RAMÍREZ, V. (Offshore Colombiano. Revista Geo Petróleo, (2015). (24), 4-5. Recuperado de [https://issuu.com/aniramirez/docs/web\\_geo\\_24\\_noviembre](https://issuu.com/aniramirez/docs/web_geo_24_noviembre)
- RANGEL, O. E., HERRERA, E., PALOMINO, A., HERRERA, G. Y ANDRADE AMAYA, C. A. 2015. Análisis de rasgos del clima regional en el Atlas de los Datos Oceanográficos de Colombia 1922-2013. Bol. Cient. CIOH, 33: 3–17.
- RASMUSSEN, E.M. & CARPENTER, T.H. 1982. Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Wind Associated with the Southern Oscillation/El Niño. Monthly Weather Review, 110, 354-384.
- RASMUSSEN EM. 1984. El Niño: The ocean/atmosphere connection. Oceanus 27: 5– 12.
- RED SISMOLOGICA NACIONAL DE COLOMBIA EN SGC. 2018. <http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>.
- REID R.T, LIVE D.H., FAULKNER D.J., BUTLER A. 1993. A siderophore from a marine bacterium with an exceptional ferric ion affinity constant. Nature. 366:455–58.
- REID, F.A. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. New York, USA: Oxford University Press.
- RESTREPO J.D., KJERFVE B. 2000. Magdalena river: Interannual variability (1975-1995) and revised water discharge and sediment load estimates. Journal of Hydrology. 235: 137-149.
- RICHTER. C.F. 1935. An instrumental earthquake magnitude scale. Bull. Seismol. Soc. Am., 25: 1-31.
- RILEY, J. P. AND SKIRROW, G. (Editors). 1965. Chemical Oceanography. Vol. 1 & 2. – London and New York: Academic Press 712 + 508 pp. 147 s + 115 s.
- ROEMMICH, D. 1981. Circulation of the Caribbean Sea: A well-resolved inverse problem. Journal of Geophysical Research, 86(C9): 7993–8005.
- ROGERS, J. C. 1988. Precipitation variability over the Caribbean and tropical Americas associated with the Southern Oscillation, J. Clim., 1, 172 – 182.

ROMERO-OTERO, G. A., SLATT, R. M., & PIRMEZ, C. (n.d.). 2015. Evolution of the Magdalena Deepwater Fan in a Tectonically Active Setting, Offshore Colombia. Memoir 108: Petroleum Geology and Potential of the Colombian Caribbean Margin.

ROBB, J. M. 1984. Spring sapping on the lower continental slope offshore New Jersey. *Geology*, 12 p.278–282.

ROPELEWSKI, C. F. AND HALPERT, M. S. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115(8), 1606-1626.

ROSETO, J., FLORIAN E., TORO J, J., MARTÍNEZ L.F., CARO A. L., DURAN J.C & PACHECO N. 2016. Metodología para la Evaluación de Impactos Ambientales. Editorial Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

RUEDA, M., DONCEL O., VILORIA E.A., MÁRMOL D., GARCÍA C., GIRÓN A., GARCÍA L., RICO F., RODRÍGUEZ A., BORDA C., BARRETO C. 2011. Atlas de la pesca marino-costera de Colombia: 2010 – 2011. tomo caribe. INVEMAR y ANH. serie de publicaciones del INVEMAR. Santa marta. p.104.

RUIZ, C., DAVIS, N., BENTHAM, P., PRICE, A. y CARVAJAL D. 2000. Structure and Tectonic Evolution of the South Caribbean Basin, Southern offshore Colombia: A Progressive Accretionary System. 7th Simposio Bolivariano - Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo (ACGGP). p. 34.

SAAVEDRA-DÍAZ, L.M., A. ROA-VARON, A. ACERO P., AND L. S. 2004. MEJIA. Nuevos registros bióticos en el talud superior del Caribe Colombiano (Ordenes Albuliformes, Anguilliformes, Osmeriformes, Stomiiformes, Ateleodiformes, Aulopiformes y Pleuronectiformes. *Bol. Invest. Mar. cost.* 33:181–207.

SÁENZ, H., GARCÍA, L., VEGA, D., BELTRÁN, J. MARTÍNEZ, M., URIBE, C., BOLAÑO, M., POSADA, T. & HERRERA, F. 2013. Comunidades marinas, calidad de aguas y sedimentos en la zona próxima a los pozos exploratorios Mapalé-1 y Mapalé-2 (RC5), Caribe colombiano. Coordinación de Servicios Científicos. INVEMAR. Informe Técnico Final (ITF) para la empresa Equion Energía Ltd. Santa Marta, D.T.C.H. 346 p. + anexos.

SANDSTROM, J. W. 1908. Dynamische Versuche mit Meerwasser. " *Ann. Hydrogr. Mar. Meteorol.* 36, 6–23 (in German).

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - SGC. 2012. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá D.C. 56 p.

SHERR, B.F., E.B. SHERR & G.-A. PAFFENHOFER. 1986. Phagotrophic protozoa as food for metazoans: a "missing" trophic link in marine pelagic food webs. *Marine Microbial Food Webs*. 5: 227 - 237.

SIBSON, R.H. 1977. Fault rocks and fault mechanisms: *J. Geological Soc. London*, v. 133, p. 191-213.

SINCLAIR, E. H. y P. J. STABENO. 2001. Mesopelagic nekton and associated physics of the southeastern Bering Sea. *Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*. Contribution No. 2260 from NOAA/Pacific Marine Environmental Laboratory. 44p.

SOLANO, C. 2013. La política comercial de Colombia: del pasado al futuro. *Puentes*, 14(5). Recuperado de <http://www.ictsd.org/bridges-news/puentes/news/la-pol%C3%ADtica-comercial-de-Colombia-del-pasado-al-futuro>.

STAHL D.A., HULLAR M Y DAVIDSON S. 2006. The structure and function of microbial communities. En: *The prokaryotes: Symbiotic associations, biotechnology, applied microbiology* (M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K. H. Schleifer, E. Stackebrandt, Ed. Springer, Vol. 1, p. 299-322.

SUPPE, J. *Principles of Structural Geology*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1985. p.537.

SUTTON, R. T. & HODSON, D. L. R. 2005. Atlantic Ocean forcing of North American and European summer Climate. *Science* 309, 115–118.

TABARES. N. 1996. Geomorfología Submarina del Sector Suroccidental del Mar Caribe y su Relación con Algunos Aspectos de la Tectónica Regional, Informe Final Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Noviembre 30, Cartagena de Indias, p 114.

TABOADA, A., RIVERA, L., FUENZALIDA, A., CISTERNAS, A., BIJWAARD, PHILIP, H., OLAYA, J., y RIVERA, C. 2000. Geodynamics of the northern Andes: Subductions and Intracontinental deformation (Colombia). En: *Tectonics*. vol. 19, no. 5, p. 787-813.

TAVIANI, M., ANGELETTI, L., CAMPANI, E., CEREGATO, A., FOGLINI, F., MASELLI, V., MORSILLI, M., PARISE, M., TRINCARDI, F. 2012. Drowned karst landscape offshore the Apulian margin (southern Adriatic Sea, Italy). *J. Cave Karst Stud*. 74, 197–212.

TING, M., KUSHNIR, Y., SEAGER, R., & LI, C. 2011. Robust features of Atlantic multi-decadal variability and its climate impacts. *Geophysical Research Letters*, 38(17), n/a–n/a.

TOMAS, C. 1996. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. United States of America. Academic Press, Inc., 598 p.

TORRES-PINEDA C. E. 2012. Efecto de las ondas Madden-Julian en la precipitación sobre algunas regiones del territorio colombiano. Tesis de Maestría, Programa de Postgrado en Meteorología, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 80 páginas.

TORRES-PINEDA C.E. 2017. Pabón-Caicedo J.D. Variabilidad intraestacional de la precipitación en Colombia y su relación con las ondas Madden-Julian. *Revistas de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41 (158), p. 79-93.

TORRES R., GÓMEZ, J. & AFANADOR, F. 2006. Variación del nivel medio del mar en el Caribe colombiano. En: *Boletín Científico CIOH*. no. 24, p. 64 – 72.

TRENKAMP, R., J. KELLOGG, J. FREYMUELLER, & H. MORA. 2002. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations, *J. S. Am. Earth Sci.* 15, p.157–171.

TRENBERTH, K. 1991. General characteristics of El Niño–Southern Oscillation. In: *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies*, Glantz, R.M., Katz, R., and Nicholls, N. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 13–42.

TRENBERTH, K. E., AND J. W. 1994. Hurrell. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific, *Clim. Dyn.*, 9, 303– 319.

TRENBERTH, K. E. 1997. The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12). 2771–2777.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE BOGOTÁ. (UNAL). 2016. Sede Bogotá. Metodología para la Evaluación de Impactos Ambientales.

UNIDAD NACIONAL DEL GESTIÓN DEL RIESGO UNGRD. Recuperado de <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Estructura.aspx>.

U.S. Geological Survey. 2019. Recuperado de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> y <http://seisan.sgc.co/RANC/index.php/consultas/consulexp>.

VARNES, D.J. 1978. Slope Movement Types and Processes. In: Schuster, R.L. and Krizek, R.J., Eds., *Landslides: Analysis and Control*, National Research Council, Washington DC, Transportation Research Board, Special Report 176, National Academy Press, Washington DC. 11-33.

VERA, J. Y CAICEDO, P. (2014). El impacto ambiental negativo y su evaluación antes, durante y después del desarrollo de actividades productivas. Lima, *Derecho & Sociedad*. 223 – 232 pp.

VERACHTERT, E., MAETENS, W., VAN DEN EECKHAUT, M., POESEN, J., & DECKERS, J. 2011. Soil loss rates due to piping erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(13). 1715–1725.

VERNETTE, G. 1986. La plate-forme continentale caraibe de Colombie (du débouché du Magdalena au golfe de Morrosquillo): importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sedimentation. PhD Thèse (Doutorado) N°20, Université de Bordeaux, Mémoires de l'Institute de Geologie du Bassin d'Aquitaine, La France. 386 p.

VERNETTE, G., MAUFRET, A., BRICEÑO, L. AND GAYET, J. 1992. Mud diapirism, fan sedimentation and strike-slip faulting, Caribbean Colombian margin. En: *Tectonophysics*. vol. 202, p. 335-349.

VILLAMAYOR J. & MOHINO E. 2012. Variabilidad multidecadal del Atlántico norte en modelos del CMIP5. *Asociación Meteorológica Española*.

VILLATE CORREDOR, J.J., 2004. Influencia de los Fenómenos Macroclimáticos y Calentamiento Global en la Hidrología del Altiplano Cundiboyacense. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Universidad de los Andes.

VINNELS, J., BUTLER, R., McCAFFREY, W. y PATRON, D. 2010. Depositional Processes Across the Sinú Accretionary Prism, OffShore, Colombia. *Marine and Petroleum Geology*. p 794-809.

WANG, K., HYNDMAN, R.D., & DAVIS, E.E. 1993. Thermal effects of sediment thickening and fluid expulsion in accretionary prisms - Model and parameter analysis. *J. Geophys. Res.*, (ISSN 0148-0227), 98: (B6), 9975-9984.

WELLS, Mark, PRICE, Neil y BRULAND, K. 1995. Iron chemistry in seawater and its relationship to phytoplankton: a workshop report. En: *Marine Chemistry*., vol. 48, p. 157-182

WILLIS, J. A. y W. G. PEARCY. 1982. Vertical distribution and migration of fishes of the lower mesopelagic zone of Oregon. *Marine Biology* 70 (1): 87-98.

WU, J., & LUTHER, G. W. 1996. Spatial and temporal distribution of iron in the surface water of the northwestern Atlantic Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(15). p 2729–2741.

ZHANG, R., & DELWORTH, T. L. 2006. Impact of Atlantic multidecadal oscillations on India/Sahel rainfall and Atlantic hurricanes. *Geophysical Research Letters*, 33(17).

ZUÑIGA, H., CORREA J., TORRES J. F., HIGUERA G. H., ALTAMAR J. E., CAMPO W. 1997. Manual de algunas innovaciones tecnológicas para el desarrollo de la pesca artesanal marina. Programa de pesca de la unión europea. INPA-UE/VECEP ALA/92/43. ISSN 0123-2886-Santa Marta – 1977 – 70p.



## 8 ANEXOS

Anexo 1. Mapa de localización del área de estudio.

Anexo 2.a. Matriz de Impacto Ambiental.

Anexo 2.b. Tabla de valoraciones de impacto.

Anexo 3. Matriz de Índice de Cuantificación de Impacto.

Anexo 4. Mapa de las principales estructuras geológicas.

Anexo 5. Mapa de emanaderos dentro del área del estudio.

Anexo 6. Mapa de pendientes del área de estudio.

Anexo 7. Mapa de geomorfología regional.

Anexo 8. Mapa de geomorfología detallada.

Anexo 9. Mapa de localización de Parques Nacionales Naturales en zonas de influencia del área de investigación.

Anexo 10. Mapa de localización de redes submarinas.

Anexo 11. Mapa de tierras.

Anexo 12. Mapa de deslizamientos.

Anexo 13. Mapa de reptaciones.

Anexo 14. Mapa de sofusiones

Anexo 15. Mapa de solifluxiones

Anexo 16. Mapa de hundimientos

Anexo 17. Mapa de flujos de sedimentos de alta velocidad.

Anexo 18. Mapa localización de domos diapíricos y volcanes de lodo.

Anexo 19. Mapa de dinámicas sedimentaria en el área de estudio.

Anexo 20. Mapa de sismicidad

Anexo 21. Mapa de sismos en el área de estudios.

Anexo 22. Mapa de intensidad de modelamiento de paisaje.