Implicaciones del cambio climático en las operaciones de los puertos marítimos de Colombia

María Camila Palacio Machado

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Administración

Asesor temático: Mauricio Pineda Toro

Asesora metodológica: Gina María Giraldo Hernández

Universidad EAFIT

Escuela de Administración

Maestría en Administración - MBA

Medellín

2024

Contenido

1. Introducción 5

2. Planteamiento del Problema 6

Antecedentes 8

3. Justificación 12

4. Objetivos 13

4.1. Objetivo general 13

4.2. Objetivos específicos 13

4.2.1. Entender y describir el comportamiento del cambio climático a nivel global 13

4.2.2. Caracterizar económica y ambientalmente las zonas portuarias de Colombia. 13

4.2.3. Identificar el marco legal y las estrategias diseñadas para mitigar los impactos del cambio climático en la infraestructura y las operaciones de los puertos marítimos. 13

5. Marco de referencia conceptual 14

6. Procedimiento Metodológico 17

7. Resultados de la investigación y análisis 17

7.1. Descripción del comportamiento del cambio climático a nivel global 17

7.2. Caracterización económica y ambiental de las zonas portuarias de Colombia 23

7.3. Marco legal y estrategias diseñadas para mitigar los impactos del cambio climático en la infraestructura y las operaciones de los puertos marítimos 33

8. Conclusiones 40

9. Recomendaciones 42

Referencias 43

Resumen

En este trabajo de investigación se busca identificar el efecto que el cambio climático ha tenido sobre las operaciones de las zonas portuarias en Colombia. Para ello, se plantea una revisión inicial sobre el concepto del clima, sus causas y las implicaciones generadas, no solo en el contexto económico y operacional sino también en el aspecto social.

Posteriormente, se hace una caracterización del entorno para reconocer la vulnerabilidad de las variables, cómo estas interactúan entre sí en el ecosistema e identificar qué procedimientos existen para gestionar las amenazas que existen en los procesos logísticos. En este caso, la conceptualización con respecto a los puertos marítimos se convierte en un aspecto importante para determinar los beneficios generados en el ámbito social, económico y ambiental.

Finalmente, se analizan los impactos al sistema de operaciones y se describe un marco de referencia con diversas estrategias implementadas, que ayudan a mitigar los impactos del cambio climático cuando estos sean negativos o desfavorables.

Palabras clave: Cambio climático, Gases de efecto invernadero, Comercio marítimo, Puertos marítimos, Riesgo, Resiliencia, Adaptación, Impacto, Desarrollo económico.

Abstract

This research work seeks to identify the effect that climate change has had on the operations of port areas in Colombia. For this purpose, an initial review of the concept of climate, its causes and the implications generated is proposed, not only in the economic and operational context but also in the social aspect.

Subsequently, a characterization of the environment is made to recognize the vulnerability of the variables, how they interact with each other in the ecosystem and to identify what procedures exist to manage the threats that exist in the logistics processes. In this case, the conceptualization with respect to seaports becomes an important aspect to determine the benefits generated in the social, economic and environmental spheres.

Finally, the impacts on the operations system are analyzed and a reference framework is described with various strategies implemented to help mitigate the impacts of climate change when these are negative or unfavorable.

Key words: Climate change, Greenhouse gases, Maritime trade, Seaports, Risks, Resilience, Adaptation, Impact, Economic development.

1. Introducción

El cambio climático representa uno de los desafíos globales más grandes del siglo XXI, pues ha afectado no solo los ecosistemas naturales sino también las estructuras sociales y productivas de las sociedades. Por su parte, los puertos marítimos son uno de los agentes que presenta mayor vulnerabilidad ante tales cambios en el ambiente, en tanto sus operaciones en el comercio internacional y su función como actor que contribuye al crecimiento económico de una región, se ven condicionadas al comportamiento natural de los ecosistemas que soportan esta actividad económica.

Debido a esto, se buscó en este trabajo identificar las implicaciones del cambio climático en las operaciones de los puertos marítimos, de manera que pueda explicarse cómo influye este fenómeno en aspectos sociales y económicos, así como en la infraestructura y la eficiencia eficaz de las operaciones. Para ello, se utilizaron fuentes de información secundarias que ayudaron a proporcionar un diagnóstico del cambio climático, considerando principales manifestaciones, patrones y medidas que deben tomarse para que, desde el punto de vista social, mejore la calidad de vida de la sociedad y, desde el punto de vista económico, se logre una resiliencia tal que permita procesos productivos mucho más eficientes y sostenibles en el tiempo.

Adicional a esto, se identificaron las principales condiciones geográficas que hacen que se incremente la vulnerabilidad de estas zonas frente a los cambios climáticos, por lo que se considera necesario desarrollar un enfoque estratégico particular, que permita a los territorios tener una mejor adaptación ante eventualidades que pongan en riesgo las operaciones de los puertos marítimos. De igual forma, conocer con qué herramientas técnicas y legales cuenta el país para planear estrategias de mitigación de riesgos, lo cual permite aumentar la capacidad de respuesta en la planeación del desarrollo de la industria portuaria a largo plazo.

Finalmente, se considera importante que los responsables de la toma de decisiones y los diferentes actores del sector portuario adopten unas mejores prácticas en el proceso de fortalecer la resiliencia de estas instituciones frente al cambio climático. Se resalta también la necesidad de tener una planificación estratégica para el largo plazo y que se cuente con la

colaboración de gobiernos, industrias y comunidad en general, para lograr abordar estos desafíos de manera efectiva y sostenible.

2. Planteamiento del Problema

El mar es un medio natural que ha servido a las civilizaciones para su crecimiento, pues no solo es una gran fuente de recursos, sino también un facilitador del mercado internacional, que además actúa como un mecanismo de construcción de relaciones interculturales. De acuerdo con la Organización Marítima Internacional, el transporte marítimo representa cerca del 80% del movimiento de mercancías entre territorios de todo el mundo, donde su accesibilidad ha sido posible gracias a la constante innovación para gestionar adecuadamente el tráfico marítimo y desarrollar la infraestructura necesaria, teniendo en cuenta un marco institucional que fomente la sostenibilidad.

Por su parte, los puertos marítimos actúan como centros de distribución y, debido a su ubicación estratégica, cuentan con el servicio de almacenamiento y distribución de mercancías. Este sistema de transferencia de mercancía tiene un alto nivel de eficiencia, representando así una ventaja competitiva para quienes usan este modo logístico. Sin embargo, puede decirse que este sistema de transporte es vulnerable a las variaciones climáticas, en especial cuando de puertos se habla, pues se afectan tanto las operaciones como los activos y la infraestructura donde se desarrollan los procesos logísticos.

Una de las principales capacidades que debe tener un país para lograr ser competitivo en el mercado es tener un sistema logístico robusto y eficiente, y para ello es importante abordar las 4 funciones básicas del proceso administrativo, como son: planear, organizar, dirigir y controlar. Como en todo negocio, estas funciones permiten gestionar adecuadamente el uso de los recursos y lograr un desarrollo coordinado de todas las actividades que se requieran para el logro de los objetivos, lo cual no es otra cosa que maximizar los beneficios de la cadena de suministro.

Los puertos marítimos forman parte del ecosistema que posibilita el desarrollo del comercio, pues facilita la infraestructura para que se perfeccione la conexión entre diferentes territorios y garantice el abastecimiento de la demanda, mediante una adecuada integración

y comunicación entre los actores involucrados en las operaciones de esta cadena. Por su parte, los puertos se definen como lugares estratégicos que "permiten aprovechar un área frente a la costa o ribera de un río en condiciones favorables para realizar operaciones de cargue y descargue de toda clase de naves, intercambio de mercancía entre terrestre, marítimo y/o fluvial" (Ministerio de Transporte, 1991, p. 6). Se dice entonces que allí se coordinan las actividades relacionadas no solo con el almacenamiento, manipulación y transporte de mercancías en los puertos, sino también el proceso de manufactura en algunos casos.

Estas actividades portuarias, sin duda están expuestas a diferentes eventualidades que ponen en riesgo la eficiencia de las operaciones, pues una interrupción en cualquier eslabón de la cadena logística genera impacto en la calidad y la confiabilidad de los servicios que ofrecen los puertos. Entre las dificultades que enfrentan estos centros logísticos se encuentran la falta de articulación de la planeación territorial y el desarrollo de la infraestructura, lo cual impacta la posibilidad de usar eficientemente la capacidad instalada. La falta de incorporación de la digitalización no solo en los sistemas de información sino también en las propias operaciones, representa un obstáculo para la competitividad del negocio, pues se evidencian deficiencias en la articulación de los actores del sistema portuario, afectando tiempos de espera, gestión de datos en tiempo real y prevención de fallas, entre otros (Analdex, 2024).

Fenómenos como las inundaciones costeras generan daños en las terminales, las plataformas logísticas, las zonas de almacenamiento, interrumpiendo así las operaciones de las cadenas de suministro. Las lluvias fuertes afectan la visibilidad y posiblemente la maniobrabilidad de las esclusas y los buques, como consecuencia del aumento considerado del nivel y la velocidad del agua. El aumento de las temperaturas medias y duración de las olas de calor implica importantes afectaciones a las infraestructuras portuarias, como rodeas en el asfalto de las carreteras, pandeo en las vías férreas, lo que limita la velocidad de circulación e incremento del uso de energía (UNCTAD, 2020).

De esta manera, resulta importante crear, no solo métodos de resiliencia a los riesgos climáticos físicos que mitiguen los impactos negativos en las operaciones, sino también promover como sociedad, iniciativas que ayuden a compensar todas las emisiones de CO_2 generadas en cada una de las operaciones de los puertos, como por ejemplo reemplazar el

uso de combustibles fósiles por energías renovables no convencionales. Sin duda, esta alternativa de solución ha sido considerada múltiples veces con el fin de garantizar la sostenibilidad del sistema, lo importante es que se creen mecanismos de implementación que hagan parte de la estrategia del negocio con un enfoque coherente y estructurado.

Adicional a lo anterior, y teniendo en cuenta el propósito de esta investigación, deben considerarse los factores climáticos como un factor fundamental para definir matrices de riesgos y plantear soluciones ante este tipo de eventualidades, pues debido a su ubicación, los puertos presentan alta vulnerabilidad ante cambios en los patrones climáticos. Fenómenos como tormentas, huracanes e inundaciones costeras, representan daños en la infraestructura (muelles, almacenes, carreteras de acceso) así como retrasos e interrupciones en las operaciones, lo cual conlleva a una ineficiencia en la manipulación de la carga y la logística de distribución.

Puede incurrirse también en aumento de costos operativos adicionales al tener que implementar medidas de adaptación, como elevación de muelles, mejora en sistemas de drenaje, adquisición de equipos más resistentes, aumento en la demanda de seguros. Lo anterior en su gran mayoría se ve trasladado a las tarifas portuarias, así como a los precios de los bienes transportados, implicando esto una amenaza a la competitividad.

Se considera entonces, la necesidad de establecer unos sistemas de planeación suficientemente robustos y sostenibles que soporten las consecuencias del cambio constante del clima, implicando esto la formulación de estrategias de adaptación para disminuir los riesgos y garantizar la continuidad de las operaciones y la eficiencia de la cadena de suministro.

Antecedentes

Debe reconocerse que los puertos actúan como un motor de crecimiento y desarrollo económico, pues representan un actor crucial en la cadena de suministro de los procesos logísticos. Al respecto se menciona que, de acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la comunidad internacional, debe gestionarse un plan de adaptación y fomento de la resiliencia de los puertos (UNCTAD, 2020). Teniendo en cuenta que las condiciones climáticas generan diversos efectos, es importante que estas sean consideradas en los

procesos de planeación y desarrollo de actividades, lo cual permite determinar un sistema de decisiones asertivo para mitigar los riesgos.

Lograr un desarrollo económico y sostenible, implica afrontar una serie de retos que permitan obtener resiliencia y diversificación para adaptarse a los desafíos globales. En este sentido, teniendo en cuenta la crítica situación ambiental que enfrenta el mundo, la Unión Europea le apuesta a la implementación de un nuevo sistema energético, para descarbonizar las industria y disminuir las emisiones de efecto de invernadero.

Por su parte, el puerto de Rotterdam quiere contribuir a ello en nombre de Europa, ya que actúa como centro de contenedores, energía y materias primas, convirtiéndose en un actor fundamental para la economía, la sostenibilidad y la autonomía estratégica de Europa. El principal objetivo de este puerto ha sido lograr una transición energética y de materias primas; para ello se han implementado proyectos como la producción de energía eólica marina, almacenamiento de CO2 en los fondos marinos, producción e importación de hidrógeno verde y la expansión de la industria circular (Port of Rotterdam, 2024).

Teniendo en cuenta su importancia estratégica, se apuesta a la inversión en infraestructuras preparadas para el futuro, implicando esto una ampliación planeada de las terminales, implementación de corredores verdes, posibilidad de ofrecer combustibles sostenibles, entre otros, con el fin de garantizar integralidad y eficiencia de la cadena logística (Port of Rotterdam, 2024).

Se dice que el puerto de Rotterdam es uno de los más seguros en cuanto a las posibles inundaciones generadas por el aumento del nivel del mar, en tanto aplica estrategias de adaptación como la elevación de terrenos a nivel local, así como impermeabilización de activos e instalaciones vulnerables. Por el contrario, en los últimos años, ha habido episodios de sequía prolongada de los ríos, dificultando el transporte por vías navegables interiores y generando problemas logísticos e incrementos en el coste del transporte. El reto consiste en seguir trabajando en la identificación de estrategias que permitan la navegación en estas circunstancias, para lo cual se busca prever de manera más precisa los niveles de los ríos para comunicar oportunamente a los agentes participantes en la cadena logística, para plantear escenarios de transporte alternativos y desarrollar un enfoque a largo plazo en la gestión de vías navegables (Port of Rotterdam, n. d.).

De igual manera, el Port de Barcelona cuenta con una estrategia de largo plazo que permite mitigar de forma eficiente el impacto negativo que genera el cambio climático, así como aumentar la capacidad de resiliencia. Para ello, se busca impulsar la descarbonización de las operaciones en los puertos, lo cual implica la integración de todos los agentes de la cadena logística, promoviendo la intermodalidad y un ecosistema que genere y distribuya combustibles verdes y electricidad, que cambie el sistema de transporte terrestre y la maquinaria de los puertos. Adicional a esto, se busca la implementación de corredores verdes, tanto marítimos como terrestres, que permitan integrar las rutas comerciales y el uso de combustibles verdes (Port de Barcelona, n. d.).

En Colombia desde el MinAmbiente & MinTransporte (2017), se propone en conjunto un plan de adaptación al cambio climático y la mitigación de los gases de efecto invernadero para las zonas portuarias de Colombia. Dentro de las medidas de adaptación se relacionan alternativas para cada una de las amenazas identificadas, por ejemplo: con respecto al aumento del nivel del mar, inundación y erosión, se plantean medidas como la adecuación de las instalaciones portuarias, así como el aprovechamiento del material de dragado (obtenido de la limpieza y el ahondamiento de un cuerpo de agua, a partir de la remoción de rocas y sedimentos). Ante el aumento de las temperaturas, se propone planear mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura portuaria, reforestar manglares y revegetar zonas aledañas, e integrar variables de cambio climático a los planes de operación de los puertos (sistemas de refrigeración más eficientes en temas de sequías). Para las inundaciones, se busca implementar sistemas de captación, manejo y almacenamiento de aguas lluvias, mientras para las sequías, se busca recurrir a tecnologías de reducción del consumo de agua como sistemas de riego y reciclaje de agua para la humectación del carbón.

Para las acciones de mitigación de gases de efecto invernadero, MinAmbiente & MinTransporte (2017) considera el análisis de 4 variables: la captura de CO2 (se buscan acciones de protección o restauración de ecosistemas), energías renovables (se pretende un aprovechamiento de la época de vientos e instalación de paneles fotovoltaicos para suministros de energía alternativa), eficiencia energética (uso de tecnologías eficientes, adecuación de las instalaciones para optimizar uso de recursos) y el transporte (incentivar

uso de modos no motorizados para llegar al trabajo, eliminar el ralentí en las instalaciones y reconversión de motores para vehículos de la empresa).

Finalmente se propone una guía para facilitar la incorporación de cambio climático en la gestión portuaria, la cual consta de 5 etapas: diagnóstico de las condiciones actuales (revisión de emisiones de gases de efecto invernadero), análisis de la vulnerabilidad para la infraestructura y operación portuaria ante las amenazas climáticas; definición de medidas de adaptación y de mitigación, implementación de medidas; y por último realizar monitoreo y evaluación (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Así mismo, en esta línea temática el BID (2021) plantea la necesidad de aumentar las medidas de prevención y fortalecer la resiliencia de la infraestructura física operativa y ambiental de los puertos marítimos, teniendo en cuenta la magnitud y la importancia de las amenazas asociadas al clima. Por su parte, la resiliencia la definen como la habilidad de abordar circunstancias adversas con un componente de agilidad para responder, recuperarse y adaptarse, por lo tanto, debe haber planes de contingencia ante los impactos generados por variaciones en el ambiente, que velen por la conservación no solo de los activos del puerto sino también por los ecosistemas y poblaciones locales. Lo anterior implica altos niveles de inversión para reducir y mitigar los riesgos y costos asociados.

En este orden de ideas, el BID (2021) propone entonces un modelo que consta de 3 pasos. El primero aborda el tema de la evaluación de riegos, para lo cual debe definirse un panorama de acción, es decir, realizar una caracterización espacial del entorno donde opera el puerto; contexto ambiental (identificar tendencias climáticas históricas que facilitan la comprensión de la exposición), y socioeconómico, para poder considerar potenciales eventos, niveles de peligro, exposición y vulnerabilidad. Finalmente, se busca evaluar el riesgo para sugerir prioridades que permitan incrementar la resiliencia en lo estructural, lo social y lo institucional.

Posteriormente se desarrolla el paso 2, donde se identifican posibles medidas de adaptación, para lo cual es importante realizar un análisis financiero de costo-beneficio, para determinar cuál de las alternativas de solución es la más adecuada, teniendo en cuenta criterios como: urgencia según la amenaza, factibilidad financiera, voluntad política, oposición social, impacto ambiental, eficiencia en la reducción del riesgo climático,

efectividad en el tiempo, entre otros. Por último, se considera importante establecer un plan de monitoreo y evaluación, para asegurar que las acciones de adaptación climática implementadas hayan sido efectivas y eficientes. Para ello, se usa indicadores de seguimiento que brinden información específica, cuantificable, relevante y oportuna para la toma de decisiones (BID, 2021).

Lo anterior permite identificar los riegos asociados a las operaciones portuarias ante cambios en variables externas como lo es el clima, si y solo si este tipo de dinámica es analizada y evaluada con respecto a la sensibilidad de los componentes, en situaciones que no dependen de la sistematización de la logística. De esta manera es posible aprovechar oportunidades que ayuden a mitigar contratiempos y fallas en el sistema operativo de los puertos, por lo cual, la planeación se convierte en una herramienta fundamental para evitar eventos improvisados que condicionen la eficiencia y la competitividad.

Al respecto, Mariño & Fernández (2006) desarrollan conceptualmente la competitividad desde la subutilización del mar con relación a los recursos explotados frente a los recursos disponibles. En este caso, se dice que la competitividad está directamente relacionada con la infraestructura del país, la cual debe ser ajustada a las necesidades de los mercados internacionales. Para el caso de Colombia, se plantea que las inversiones se hacen aisladas y ajenas a los requisitos reales de escenarios relevantes en el desarrollo del país, debido a la centralización de los procesos económicos. Se aborda entonces que, factores como falta de investigación del Estado colombiano sobre la disponibilidad total de recursos y la falta de una base legislativa e institucional robusta, limitan la capacidad de emprender proyectos relacionados con el mejoramiento de la infraestructura tecnológica y de construir un sector productivo competitivo en torno al mar.

3. Justificación

Además de las operaciones logísticas de carga, descarga, embarque y desembarque, los puertos marítimos cumplen una función económica en los territorios donde se establecen, pues tienen un efecto expansivo, ya que promueven indirectamente la urbanización e industrialización de las zonas donde se establecen. Por lo cual aquellos centros, lejos de

facilitar un intercambio modal, ofrecen valor agregado a la cadena de suministro, convirtiéndose así en un eslabón determinante del entorno productivo de las actividades industriales que allí se desarrollan. En este orden de ideas, surge la intención de identificar aquellas variables en las operaciones logísticas marítimas que se ven afectadas por los cambios en el sistema climático.

Teniendo en cuenta que los puertos marítimos tienen un efecto expansivo en el territorio donde se ubican, el análisis del riesgo es fundamental para poder identificar la vulnerabilidad del entorno ante las dinámicas del clima y garantizar que no haya afectaciones en la eficiencia del sistema y se mantengan o se mejoren los niveles de bienestar a la sociedad.

Por ello, el análisis que aquí se plantea busca poder brindar información, que posibilite a los coordinadores de procesos estructurar un sistema de decisiones oportuno, que permita la resiliencia y la adaptabilidad a cambios, por medio de planes de desarrollo y ejecución estratégicos, que ayuden a mitigar los impactos cuando estos sean negativos.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Analizar el fenómeno del cambio climático y su impacto en las operaciones de los puertos marítimos de Colombia, mediante la caracterización del territorio y las estrategias para mitigar los impactos cuando estos son negativos.

4.2 Objetivos específicos

4.2.1. Entender y describir el comportamiento del cambio climático a nivel global.

4.2.2. Caracterizar económica y ambientalmente las zonas portuarias de Colombia.

4.2.3. Identificar el marco legal y las estrategias diseñadas para mitigar los impactos del cambio climático en la infraestructura y las operaciones de los puertos marítimos.

5. Marco de referencia conceptual

El desarrollo del comercio marítimo surge debido a las necesidades económicas e industriales de las sociedades para poder fortalecer el sistema de abastecimiento e intercambio de mercancías entre territorios lejanos. En los inicios de la navegación, el objetivo era encontrar lugares de las costas como bahías profundas y ensenadas muy tranquilas, que permitiera a las embarcaciones anclarse de manera segura. Por su parte, se dice que los pueblos egipcios y los fenicios fueron pioneros en la navegabilidad de los mares e implementaron faros en los puertos naturales para facilitar la navegación nocturna. Más tarde con el imperio romano, llega el auge de la infraestructura portuaria (Rúa, 2006).

Inicialmente los barcos que navegaban eran de vela, y los puertos se configuraban con amplios canales de entrada que permitiese la libre entrada y salida a vela. Sin embargo, esta estructura dificultaba las condiciones de abrigo del puerto, por lo que se optaba porque los barcos permanecieran fondeados y las operaciones de carga y descarga se realizaban a través de barcazas.

En 1492, con el descubrimiento del nuevo mundo (América), la atención de la actividad marítima se concentró hacia el Atlántico, debido a su potencial de desarrollo y consolidación, sin embargo, este se vio monopolizado por la corona española con el interés de establecer un control sobre las operaciones comerciales con la India y para proteger las embarcaciones de los piratas. Esta restricción termina en 1778, cuando se liberalizan las relaciones comerciales y se declaran los inicios de una política general de puertos, a través de la construcción de un sistema portuario estratégico (Rúa, 2006).

En la primera década de 1800, las operaciones de la navegación comercial tienen un giro luego de la incorporación del vapor, generando así grandes cambios en la dinámica de suministros y aprovisionamientos, pues la autonomía de los buques era limitada y el alto consumo de carbón afectaba la rentabilidad, lo que favoreció el desarrollo de algunos enclaves portuarios estratégicos como las islas del Atlántico o del Mediterráneo, así como nuevas herramientas como las hélices, las turbinas o las calderas de alta presión, que ayudaron a mejorar los rendimientos de las operaciones y permitieron ampliar la capacidad de los barcos (Rúa, 2006). Por consiguiente, la configuración de los buques se refuerza para que sean más resistentes y grandes; y la infraestructura de los puertos se ve modificada para

suplir las nuevas condiciones de navegabilidad. Posteriormente, se incorpora la automatización en el proceso de cargue y descargue de mercancía, mediante el uso de elementos mecánicos como las grúas, permitiendo así un aumento en el volumen de mercancía transportada.

En este sentido, lograr consolidarse en el mercado de la logística y ser competitivos implica tener una amplia capacidad para poder gestionar adecuadamente la demanda, prestar servicios de calidad e incurrir en costos competitivos. Por su parte, la eficiencia operativa requiere de tiempos mínimos de espera, la conectividad a las diferentes redes de transporte como carreteras y ferrocarriles representa un aspecto fundamental para que la cadena logística siga su curso sin interrupciones. Para ello es importante contar con sistemas de información robustos, con equipos y tecnología a la vanguardia, que permitan la manipulación de la carga de una forma más ágil.

Es importante mencionar que la eficiencia operativa también se ve afectada por factores externos que no pueden ser controlados, pero sí monitoreados, por ello es importante tener planes de reacción ante eventualidades no consideradas en los planes de crecimiento y desarrollo de las zonas portuarias, los cuales permiten mitigar los efectos negativos en la actividad portuaria.

Teniendo el océano como uno de los elementos principales de los puertos marítimos, debe tenerse una fundamentación técnica sobre su función en el ecosistema, para identificar cómo el cambio en su comportamiento puede traer grandes implicaciones, no solo para la actividad económica sino también para las comunidades que habitan cerca de estas zonas.

Al respecto, se estima que los océanos cubren más del 70% de la superficie terrestre, no solo son el hábitat más grande del planeta, sino que también ayudan a regular el clima global (National Geographic, 2018). Naturalmente el CO2 captado por el mar, es arrasado y transportado durante los procesos de la fotosíntesis y se convierte en materia orgánica, que en su gran mayoría permanece en la superficie, para actuar como alimento de los microbios y zooplancton y, en una pequeña cantidad, se hunde y sirve como alimento a organismos marinos que están en un eslabón superior de la cadena alimentaria.

En este sentido, el Organismo Internacional de Energía Atómica (2023) establece que el equilibrio global del carbono (el de la atmósfera y el de los océanos), es regulado por la dinámica de los procesos físicos y bilógicos, y es alterado ante cambios en la temperatura o la química de los océanos. Por ello, la desmesurada emisión de gases de efecto invernadero por parte de los seres humanos están siendo amortiguados por el mar, captando en gran medida el exceso de energía atrapado en la atmósfera (National Geographic, 2018).

Se dice que los arrecifes de corales acogen algunos de los ecosistemas más variados del planeta, sin embargo, ciertos organismos son vulnerables a las variaciones del entorno. Por lo tanto, grandes cantidades de CO2 absorbidas por el océano, genera una disminución en el pH del agua del mar, alterando su acidez y la química de los carbonatos de calcio. Un pH bajo ocasiona corrosividad en las condiciones ambientales marítimas, dificultando así a diversos organismos la capacidad de crear esqueletos y caparazones (compuestos de carbonato de calcio), pues la energía empleada para adaptarse a las condiciones de mayor acidez disminuye la disponibilidad de energía que debería ser usada en los procesos fisiológicos como la reproducción y el crecimiento, implicando así repercusiones en todo el ecosistema marino (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2023).

De esta manera, se tiene que las actividades que se desarrollen en este ecosistema son altamente sensibles a los cambios en el ambiente, pues se afecta su biodiversidad y con ello el medio de subsistencia de las comunidades costeras (Naciones Unidas, n. d.-b).

Al respecto, un punto muy importante que debe tenerse en cuenta es el tema de la eficiencia energética en los puertos marítimos, la cual es denominada por la UNCTAD (2020) como un factor que “contribuye a la sostenibilidad del transporte marítimo y respalda las medidas de adaptación y mitigación relacionadas con el cambio climático” (p. 14). En este sentido, el uso de energías limpias, así como la intención de reducir la emisión de partículas contaminantes, requiere de un ejercicio de planeación y definición de estrategias operacionales que permitan resiliencia, adaptabilidad y la sostenibilidad del sistema.

6. Procedimiento Metodológico

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar el fenómeno del cambio climático y su impacto en las operaciones de los puertos marítimos de Colombia, a la luz de las condiciones de los ecosistemas y las políticas existentes al respecto. Para ello, se diseña un estudio descriptivo que permita recopilar datos detallados sobre el tema y analizarlos de manera sistemática, para identificar las estrategias que ayuden a mitigar los impactos cuando estos sean negativos o desfavorables.

Para la recolección de datos se recurre a la consulta de fuentes secundarias, recurriendo a la documentación disponible y publicada por empresas (Puerto de Santa Marta, Contecar, Sociedad portuaria Puerto Nuevo, entre otras) instituciones gubernamentales y no gubernamentales (Alcaldía de Medellín, ONU, NASA, Naciones Unidas, Gobierno Nacional de Colombia y sus dependencias, ANI, Dimar, Banco de la República de Colombia, BID, IPPC, entre otros) y periódicos (El Tiempo, The New York Times, National Geographic, entre otros).

Al respecto, para poder identificar el contenido relevante en esta investigación, se usaron términos como calentamiento global, cambio climático, implicaciones del cambio climático en las operaciones de los puertos marítimos en Colombia, marco legal que regula las operaciones de los puertos marítimos y estrategias para mitigar impactos negativos del calentamiento global en las operaciones de los puertos marítimos en Colombia. De esta manera, fue posible construir un marco teórico y conceptual significativo sobre el tema de interés, para poder tener una visión general y detallada del fenómeno estudiado, identificando patrones, tendencias y características relevantes.

7. Resultados de la investigación y análisis

7.1. Descripción del comportamiento del cambio climático a nivel global

En las últimas décadas, el cambio climático se ha convertido en uno de los desafíos más significativos y relevantes que ha enfrentado la humanidad, pues la alteración del equilibrio de la naturaleza ha modificado la estructura de vida en la Tierra, generando riesgos

para la vida humana y otras formas de vida. Estos cambios se han identificado poco a poco en los hábitats naturales, provocando la extinción de especies y afectando la biodiversidad, lo que pone en riesgo la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. De igual manera, el aumento de las temperaturas ha facilitado el desarrollo y propagación de enfermedades; y la reiteración de eventos climáticos extremos ha resultado en desplazamientos forzados y migraciones masivas.

Lo anterior supone una complejidad y un sentido de urgencia para abordar los múltiples impactos que el cambio climático tiene sobre los ecosistemas y los sistemas socioeconómicos de diferentes regiones del mundo. Esta problemática es abordada por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), y define el cambio como la variación constante y sostenida de la temperatura del ambiente, implicando una alteración en la composición atmosférica debido a procesos naturales, así como a la actividad humana (IPCC, 2013).

Por su parte, se tiene que el clima es un fenómeno dinámico que resulta del intercambio de energía que existe en diferentes partes del sistema climático, el cual está compuesto por: la **atmósfera** (capa gaseosa que rodea la tierra), la **hidrosfera** (océanos, mares, lagos), la **litosfera** (corteza sólida emergente de los continentes), la **biosfera** (seres vivos) y la **criosfera** (zonas de hielo en los océanos y continentes) (Alonso, 2008).

Esta energía proveniente del sol viaja por el espacio como radiación y es interceptada en su gran mayoría por la tierra, permitiendo así que se caliente y se distribuya en cada uno de los componentes del subsistema para ser aprovechada. Posteriormente, esta radiación recibida es devuelta al espacio como radiación terrestre, generando un balance térmico o balance de radiación (Alonso, 2008). Se dice entonces que la energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

En este caso, es importante tener presente que no toda la energía es transmitida nuevamente al espacio, debido en ciertas ocasiones, a la presencia de ciertos tipos de nubes que, según su cobertura, tipo y tiempo de duración, impiden el paso de la radiación solar, lo que hace que haya un exceso de temperatura capturada bajo la atmósfera, ocasionado un aumento en la temperatura (Alonso, 2008).

De esta manera podría decirse que el rol de la atmósfera en el intercambio de radiación solar se conoce como Efecto invernadero. Por consiguiente, Alonso (2008) en su trabajo *Cambio de clima en el planeta tierra*, establece que de no contar con este fenómeno natural, la vida en la tierra no sería posible puesto que la temperatura media de la superficie estaría alrededor de los18°C bajo cero. Con esto, cuando se habla de calentamiento global, se hace referencia a las implicaciones generadas por la liberación de gases a la atmósfera, la cual ha sido impulsada en gran parte por las actividades humanas, pues la práctica desmesurada de iniciativas para lograr el desarrollo y prosperidad económica, ha generado un incremento considerable en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Puede decirse que son múltiples las actividades humanas que ponen en riesgo el bienestar de esta, por ejemplo, los gases tóxicos generados por la desmesurada industrialización global, la quema de carbón y otros combustibles fósiles, libera grandes partículas contaminantes que provocan deterioros a la salud de la sociedad. En la agricultura extensiva, la labranza, el uso de pesticidas químicos y la fertilización, son algunas de las actividades que producen efectos devastadores para el ecosistema, pues contamina el suelo, limitando su capacidad para absorber el calor y la luz. De igual manera, la explotación minera impacta la calidad del suelo con la pérdida de fertilidad. La deforestación para expandir tierras agrícolas y desarrollar el urbanismo en una región ha afectado también la conservación de la biodiversidad, así como el incremento de las emisiones de CO2, debido a la ausencia de los bosques para absorber el carbono (Alcaldía de Medellín, 2023).

La comunidad internacional, por su parte, ha tardado años en lograr establecer directrices e iniciativas concretas para poder debatir sobre el cambio climático. Inicialmente las preocupaciones se fundamentaron en torno a la adecuación y gestión de los recursos naturales para poder cubrir las necesidades generadas por desarrollo económico, sin preocuparse por su conservación.

No fue hasta 1972, cuando se desarrolló la primera conferencia mundial que resaltaba la importancia del ambiente, donde se establecieron principios para la conservación y mejora del medio humano y se plantearon recomendaciones para la acción internacional. Adicional a esto, se identificaron medidas de seguimiento para observar la evolución de los

componentes y propiedades de la atmósfera susceptibles de generar impactos al clima. Una de las principales iniciativas concretas resultantes de este evento fue la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Más tarde, en 1988, las cuestiones sobre el calentamiento global y el deterioro de la capa de ozono cobraron relevancia en las agendas de los debates internacionales, pues en estudios con efectos de investigación y seguimiento, se identificaron cambios inusuales en la composición del ozono atmosférico, generando grandes alertas debido a que existe la posibilidad de que el efecto nocivo de este gas se transfiera al aire que da vida al planeta tierra.

Al respecto se tiene que el ozono (O3) es un gas reactivo cuyas moléculas están compuestas por tres átomos de oxígeno. La mayor concentración de esta partícula se encuentra en la capa de la atmósfera denominada estratosfera, donde actúa como un agente que protege la superficie de la tierra de la radiación ultravioleta del sol. Sin embargo, la alteración en el balance de su comportamiento natural, generado por variables exógenas, termina siendo perjudicial para la vida humana (NASA, 2001). De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de crear un organismo que ofrezca una visión científica que permita evaluar la magnitud del cambio climático, estimar sus posibles afectaciones al medio ambiente y las condiciones socioeconómicas; y presentar estrategias de respuesta realista para mitigar los impactos negativos. Se crea entonces el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (Jackson, n. d.).

Ante la urgencia de establecer medidas a nivel internacional que fueran contundentes con respecto a la conservación del ambiente, se crea la Convención Macro de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), la cual surge como una iniciativa global para estabilizar las concentraciones de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que pueda impedirse afectaciones derivadas de la actividad humana al sistema climático. Se busca que el nivel alcanzado permita una adaptación natural de los ecosistemas al cambio, para que no se vea amenazada el desarrollo de la actividad económica y se logre una sostenibilidad en el tiempo (CMNUCC, 1992). Además, se plantean principios y compromisos, dentro de los cuales se encuentra el desarrollo de programas de investigación, para fortalecer y reforzar el análisis de datos, así como promover programas de formación y sensibilización en la población.

Para entender a profundidad el impacto del cambio climático en la actualidad y cómo puede afectar en un futuro, es necesario remitirse a la meta de 1.5 grados Celsius, establecida en el Acuerdo de París de 2015, en la que consta que para el 2100, se limite el aumento promedio de la temperatura a un máximo de 1.5 grados Celsius frente a los niveles preindustriales (periodo de tiempo entre 1850 – 1900). De acuerdo con Naciones Unidas (n.d.-a) hoy en día, se tiene un aumento promedio de 1.1 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales, donde la quema de combustibles fósiles y el uso desigual e insostenible de la energía y el suelo juegan un papel protagónico. Se estima que, para cumplir con dicho objetivo, se tendrán que reducir las emisiones casi a la mitad para el 2030.

Con el cumplimiento de la meta de 1.5 grados Celsius, para el 2100, las probabilidades de deshielo en el océano Ártico durante el verano se disminuyen a una vez por siglo, en vez de una vez por década, así como un nivel de aumento del nivel del mar 10 centímetros más bajo que lo presupuestado con un aumento promedio de la temperatura de 2 grados Celsius. Uno de los principales impactos se ve reflejado en la conservación de hábitats como los arrecifes de coral, donde con un aumento superior a 2 grados Celsius en la temperatura para 2100, amenaza con su extinción (Naciones Unidas, n. d.-a).

Con las condiciones actuales relacionadas al aumento en la temperatura promedio, se tiene que acabaremos con una cifra de 2,8 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales para final de siglo (Pacto Mundial, 2024). Por esta razón, se considera entonces importante la cooperación a nivel mundial para participar de manera activa y efectiva en iniciativas que respondan a las necesidades y preocupaciones que se crean a partir del cambio climático. Se reconocen ciertas limitaciones de aquellos países donde su economía está basada principalmente en la actividad industrial, para lo cual el uso de combustibles fósiles es un factor principal, sin embargo, es fundamental que se busque una mayor eficiencia energética que ayude a controlar las emisiones de gases de efecto de invernadero, mediante el uso de nuevas tecnologías que logren impactar tanto el desarrollo económico como el desarrollo social (CMNUCC, 1992).

Debe considerarse que las variaciones climáticas no respetan fronteras, por lo tanto, el compromiso para la adopción de medidas de mitigación contra el deterioro del ambiente debe ser conjunto, para que pueda abordarse de manera eficiente. Por lo tanto, la educación

temprana sobre temas ambientales inspira a la toma de decisiones consciente y el compromiso para promover el desarrollo de nuevas herramientas y alternativas tecnológicas, que ayuden a mitigar los problemas ambientales. Un claro ejemplo de la urgencia en la toma de medidas para contrarrestar el aumento desmedido de la temperatura, debido al calentamiento global, es que de acuerdo con el informe de Actualización climática mundial anual, presentado por la Organización Meteorológica Mundial (2023), existe un 66% de probabilidad de que al menos un año entre el 2023 y el 2027 la temperatura promedio tendrá un aumento superior a 1.5 grados Celsius frente a los niveles preindustriales.

Una de las dificultades más grandes que existe en la implementación de medidas de mitigación es el tiempo, pues existe una gran incertidumbre sobre el grado y el ritmo del cambio climático y los efectos perduran por décadas e incluso siglos, por lo tanto, debe pensarse en planes que sean sostenibles en el largo plazo y que puedan adaptarse a las proyecciones planteadas en el presente (Naciones Unidas, n. d.-d)

Para el 2022 se alcanzó un récord mundial en las emisiones de gases de efecto invernadero, con el valor de 40.600 millones de toneladas de CO2 emitidas, y se hace cada vez más necesario y urgente tomar medidas para lograr la reducción de emisiones y así limitar el cambio climático y todas sus repercusiones en el tiempo (Epdata, 2023). Se entiende también que una de las restricciones que puede ser determinante para la aplicación de planes de contingencia, es la inversión económica que debe hacerse, sin embargo, puede plantearse un sistema de distribución de la responsabilidad, donde los aportes sean proporcionales a la contaminación generada.

Como conclusión, puede decirse que se entiende el cambio climático como el resultado de la ineficiencia del intercambio energético entre el sol y la tierra. En este caso, se le atribuye en gran medida a los gases de efecto de invernadero, los cuales surgen cuando la energía del sol que no es aprovechada por los componentes del sistema climático no puede ser liberada nuevamente al espacio, generando un incremento en el nivel de la temperatura.

Se plantea también que estas fallas en la transmisión de la energía son ocasionadas principalmente por la actividad humana, pues el afán desmedido para lograr el desarrollo ha derivado en prácticas industriales no convencionales, que liberan gases y partículas que

perjudican al ambiente y agudizan la prevalencia de los gases de efecto invernadero en la tierra y con ello el deteriore de la vida humana.

En términos ambientales, la alteración de ecosistemas ha generado una pérdida valiosa de la biodiversidad, así como el incremento del nivel del mar debido al derretimiento de los glaciares, que ha amenazado las zonas costeras, provocando en algunas situaciones desplazamientos de la población. De igual forma, la acidificación de los océanos, provocado por un aumento en la absorción de CO2 que impacta los ecosistemas marinos. En cuanto a los impactos socioeconómicos, el cambio climático incide en los procesos productivos, pues con el deterioro de los suelos se afecta la agricultura, así como la variación desproporcionada del clima pone en riesgo la salud de los humanos.

Debido a esto, el tema de la alta volatilidad en los cambios de la temperatura en el planeta no ha sido ajeno a las agendas internacionales, por lo tanto, se cuentan con marcos y acuerdos internacionales que guían el proceso investigativo para la implementación de iniciativas que ayuden a mitigar los impactos negativos de la contaminación del ambiente, estrategias que motiven iniciativas para reducir las emisiones y preservar la vida en la tierra.

7.2. Caracterización económica y ambiental de las zonas portuarias de Colombia

Gracias a la globalización, los puertos han dejado de ser solo puntos de conexión entre territorios a través del agua, para convertirse en piezas claves para estimular el desarrollo de países, a través de la “libre competencia”, impulsados primeramente por cambios tecnológicos que permitieron el desarrollo de la industria naval, la unificación, la contenedorización y los cambios en la logística de transporte (CEPAL, 2005).

Lo anterior impacta directamente a las ciudades portuarias, ya que el éxito del servicio prestado para poder competir en términos de precios, rutas, tecnologías y plazos de entrega, depende de los recursos del territorio en el que se encuentra, pues este provee en su gran mayoría la fuerza laboral necesaria para que opere el sistema, implicando esto el establecimiento de un entorno favorable para el desarrollo de las actividades vinculadas al puerto.

De acuerdo con el informe de Estadísticas del tráfico Portuario en Colombia, presentadas por Supertransporte (2023), se tiene que en el 2023, los puertos colombianos tuvieron un movimiento de mercancías, representadas en 175, 9 millones de toneladas, donde la región Caribe lideró con una participación del 87,2%, seguida de la región del Pacífico con un 11,2%. Teniendo en cuenta el tipo de tráfico, el 81% hizo referencia al comercio marítimo internacional, del cual, el 57,8% representó las exportaciones y el 23,2% fue importaciones.

Lo anterior, permite inferir que los puertos marítimos tienen una gran relevancia en las relaciones comerciales del país, por lo tanto, la atención en este negocio debe dirigirse a la eficiencia del sistema, de manera que las economías de escala puedan operar de acuerdo con la capacidad instalada de cada uno de los puertos. Por ello, mejoras en la infraestructura permite que el transporte marítimo se desarrolle a nivel competitivo y refleje su fortaleza en los procesos de calidad y productividad, dadas las características que ofrece el ecosistema donde se encuentra cada una de las zonas portuarias.

Se dice entonces que, en Colombia, así como en el mundo, el transporte de carga está fuertemente vinculado a la infraestructura disponible. Según Analdex (2024), aunque a mediano plazo se cuenta con una capacidad portuaria adecuada, se observa una falta de coordinación entre los planes de desarrollo territorial y la ubicación de los puertos. Esta desconexión dificulta la optimización de las inversiones realizadas y la colaboración entre las entidades locales. Como resultado, se presentan obstáculos en la operación de los puertos colombianos, como altos índices de accidentes viales y demoras significativas en el acceso terrestre a los terminales portuarios.

De acuerdo con las estadísticas anuales de tráfico y transporte marítimo presentadas por Dimar (2024), se tiene que para el 2023 se incrementó el tráfico marítimo internacional en un 7.1% con respecto al 2022. Del total de arribos internacionales, las variables con mayor participación son el tránsito de buques de transporte marítimo internacional de carga y pasajeros, con una participación de 83% (siendo el transporte de carga, el elemento más relevante con una proporción del 97%), el tráfico de yates y veleros y el arribo de buques para provisionamiento, con una participación del 12% y 2% respectivamente. Desde el punto de vista regional, el caribe colombiano presenta el mayor volumen de tráfico marítimo internacional, ya que tiene una participación del 84%.

En cuanto a los beneficios que traen los puertos a los territorios, es importante reconocer el papel que juega la exportación de combustibles y productos de industrias extractivas, que para el 2023 representaron el 53,6% del valor FOB total de las exportaciones, seguido del agro, alimentos y bebidas con un 20,5% (Analdex, n. d.). Adicionalmente, impacta directa e indirectamente en la empleabilidad de personas residentes de las ciudades donde se encuentran los puertos, ya sea en oficios ligados a la operación y transporte de mercancías o en proyectos de modernización y ampliación de las zonas portuarias o infraestructura de la región.

Colombia cuenta con una ubicación estratégica para el transporte marítimo debido a su acceso a dos océanos, Atlántico y Pacífico. En el primero se encuentran 8 de las 10 zonas portuarias que tienen acceso a través del mar caribe, siendo estos: La Guajira, Santa Marta, Ciénaga, Barranquilla, Cartagena, Golfo de Morrosquillo, Urabá y San Andrés. En el Pacífico se encuentra Buenaventura y Tumaco.

Estas zonas marítimas poseen elementos estratégicos en sus ecosistemas como arrecifes coralinos, manglares, playas, entre otros, lo cual permite que haya una adaptación al cambio climático, protegiendo el área frente al incremento del nivel mar, ayudando a regular el clima y a controlar la erosión. Sin embargo, puede decirse que el incremento de la actividad humana no planeada y regulada, ha generado deterioro en estos ecosistemas debilitando su capacidad protectora y afectando la infraestructura de los litorales.

A continuación, se presenta una caracterización de los principales puertos marítimos, lo cual permite identificar la capacidad técnica y táctica de las operaciones, así como la vulnerabilidad de cada una de las zonas portuarias ante el cambio climático y su nivel de adaptación para implementar estrategias de mitigación.

Puerto Bolívar

Ubicado al norte de La Guajira, es el principal puerto de exportación de carbón de Colombia y Suramérica. Posee un sistema lineal que posibilita la carga de carbón directamente a los buques y un muelle con una capacidad para recibir hasta 30 mil toneladas de repuestos, combustibles y otros recursos que son necesarios para la operación minera (Cerrejón, n. d.). Para el 2023, el volumen de este puerto representó el 3.8% de la

carga marítima internacional que recibe Colombia, allí se registró principalmente la actividad de buques graneleros, con una participación del 60,4%, buques de carga general y portacontenedores, con una participación del 28% y 8,1% respectivamente (Dimar, 2024).

Dada su ubicación geográfica, cuenta con un clima cálido, árido y seco. Su ecosistema destaca por tener gran cobertura de arbustos, zonas arenosas naturales, praderas de pastos marinos y una extensa área manglar. Presenta una temperatura promedio anual de 29°C, lo cual implica una alta exposición a la desertificación y poca capacidad de adaptabilidad, pues las ocurrencias constantes de sequías afectan al sistema ferroviario (se dilatan los rieles, no hay agua suficiente para el enfriamiento y limpieza de trenes, debilitamiento del terreno y estructura soporte) haciendo peligroso el sistema de almacenaje de carbón, el cual es inflamable. Una de las amenazas que enfrenta este territorio son las posibles inundaciones de las zonas portuarias, debido al mar de leva, afectando las embarcaciones (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Puerto de Santa Marta

El puerto se encuentra ubicado en el mar caribe, al extremo noroccidental de la Bahía de Santa Marta. Tiene como ventaja estratégica la profundidad natural de sus aguas, pero al encontrarse rodeado de terrenos pendientes y localizarse en el centro de la ciudad, dificulta posibles expansiones. Es el único puerto que presenta conexiones férreas con el interior andino, el valle del Magdalena y la zona minera del Cesar, donde para el 2012, representó el 99.97% de la carga transportada por vía férrea, siendo principalmente carbón (CONPES, 2013).

El puerto de Santa Marta es el segundo puerto con mayor volumen de tráfico de mercancía, contando con una participación del 16.9% en el total de arribos internacionales en el país (Dimar, 2024). Se compone de siete muelles que alcanzan una longitud de 1.055 metros. Es una terminal especializada en graneles sólidos, debido a esto, el principal tipo de buque que llega a este puerto es el granelero, el cual tuvo una actividad significativa para el puerto, representando el 40.7% de toda la actividad registrada en el puerto. Adicional, cuenta con terminales de: contenedores y carga general; líquidos, en especial aceite de palma y sus derivados; carga rodada y carbón, este último con una inversión en

infraestructura de 26 millones de dólares en infraestructura para el cargue de mineral directo en los muelles (Puerto de Santa Marta, n. d.).

En el área de la zona portuaria los ecosistemas no tienen una presencia significativa, sin embargo, existe una alta exposición a la erosión costera, debido al mar de leva e inundaciones constantes, afectando en gran medida las terminales portuarias y las vías de acceso. Debido a esto existe una baja capacidad de adaptación, se han implementado barreras de viento, pero han resultado en soluciones a corto plazo, representando esto cierto grado de vulnerabilidad ante el cambio climático (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Puerto Nuevo

Ubicado en el municipio de Ciénaga, en el departamento del Magdalena, también se dedica al manejo y exportación del carbón. Usa también el sistema lineal de cargue directo a buques, permitiendo disminuir los puntos de transferencia del mineral (Sociedad Portuaria Puerto Nuevo, n. d.).

En la cuenca del Magdalena ocurren al año dos temporadas de precipitaciones y de sequías. Existe un alto grado de ocurrencia de sedimentación por la erosión de las cordilleras, lo cual es causado por la actividad humana, en específico la tala de árboles, intensificando las inundaciones en la temporada de lluvias (Banrepcultural, 2024). En este caso, el uso del suelo regulado, pero no controlado, termina afectando la eficiencia de las operaciones portuarias, en tanto se obstruyen las vías fluviales, complicando la navegación y el transporte de mercancías y generando esto mayores costos. El desafío se convierte en el mejoramiento del proceso de planeación y gestión de las cuencas hidrográficas.

Puerto de Barranquilla

Se ubica al margen occidental del río Magdalena, a 22 kilómetros de la desembocadura en el mar caribe. Para ingresar, los barcos deben tomar el canal de acceso fluvial para llegar hasta uno de sus 6 muelles, donde se maneja carga de contenedores, granel sólido y líquido. Se comunica por vía terrestre por medio de las carreteras troncal del caribe, por vía fluvial a lo largo del río Magdalena por medio de barcazas y planchones hasta Puerto

Berrío. Una de sus principales desventajas es la escasa profundidad del canal de acceso frente a puertos cercanos, erosión en las orillas y aparición de barreras de sedimentos (Viloria, 2000).

Teniendo como referencia el Estudio económico y social del Atlántico 2023, realizado por la Cámara de Comercio de Barranquilla, la ubicación estratégica de la ciudad y su condición como puerto marítimo, impulsó su desarrollo económico de forma temprana en el país, estableciendo servicios industriales que hoy en día representan el 42.2% de la industria de la región caribe, con el fin de soportar este crecimiento y así aprovechar las facilidades logísticas (Córdoba et al., 2023). Este puerto es el cuarto con mayor volumen de arribos de carga internacional, teniendo una representación del 12.4% sobre el total de la actividad de transporte marítimo del país (Dimar, 2024).

La zona cuenta con un clima seco y con déficit de recursos hídricos. En periodo de sequía, se presentan vientos alisios, los cuales fluyen en dirección constante debido al movimiento de la tierra, absorbiendo agua y posteriormente generando lluvias. Por ello, hay probabilidad de ocurrencia de inundaciones causadas por el desborde del canal sobre las llanuras, afectando el área de uso portuario. Hay una alta exposición de la zona frente a la erosión, lo cual impacta significativamente las terminales, pues se restringen las operaciones al tener que orientar recursos al dragado del río Magdalena (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Puerto de Cartagena

El puerto de Cartagena es el principal puerto en Colombia y posee el registro más alto en la cantidad de arribos de transporte marítimo internacional de carga, con una participación del 41.3% para el 2023 (Dimar, 2024). Se encuentra ubicado en un punto estratégico debido a su cercanía con el canal de Panamá, específicamente sobre la bahía de Cartagena. Tiene conexión con el interior del país a través de carreteras y medios fluviales que comunican la bahía de Cartagena con el río Magdalena, por medio del Canal del Dique; en 1999 se movilizaba 1.500.000 toneladas al año y actualmente sigue siendo forma de transporte. Según la ANI (2022), se tiene planeado desarrollar un megaproyecto fluvial en el canal, en busca de la recuperación del ecosistema, con el fin de mitigar el impacto de posibles inundaciones en la región caribe, a causa de la entrada no controlada de grandes

sedimentos y caudal, que están impactando también de forma negativa en la profundidad de la bahía de Cartagena donde opera el puerto.

Cuenta con dos muelles marginales de 1700 metros en total, que en el 2023 recibió 3525 embarcaciones, representando un crecimiento del 4% frente al año anterior, siendo el puerto con mayor tráfico en Colombia para ese año (Contecar, n. d.).

Para el primer semestre del 2021, la carga más relevante se manifestó en forma de contenedores, con un total de aproximadamente 15,3 millones de toneladas. Seguido por el granel líquido, principalmente compuesto por hidrocarburos y gas natural, contribuyendo con 4,9 millones de toneladas. Por último, se registró un volumen de granel sólido distinto al carbón, que representó 1,4 millones de toneladas (Supertransporte, 2021).

Se destaca de otros puertos del caribe por su excelencia operativa, impactando positivamente en la reducción de tiempos de espera, debido a las inversiones en tecnología y sistemas de manejo de la información en tiempo real.

Golfo de Morrosquillo

Cuenta con un único muelle de carga y solo mueve cargas de Hidrocarburos, para el 2023 logró una participación del 3.3% del total de la actividad de transporte marítimo internacional. En este último año hubo un crecimiento en la cantidad de arribos al puerto, representando un crecimiento del 3.4% con respecto al año anterior. Se registra actividad principalmente de buques tanqueros con un 75% de relevancia en las operaciones del puerto, seguido de la presencia de buques graneleros, lo cuales tienen una participación del 19,1% (Dimar, 2024).

Dado su tamaño reducido tiene un alto potencial de crecimiento y de desarrollo, sin embargo, cuenta con una exposición alta a la erosión hídrica, a las inundaciones periódicas, y a los corales y bajos arenosos, lo cual no permite tener una profundidad suficiente para que transiten embarcaciones con mayor capacidad. Existen grandes probabilidades de ocurrencia de vendavales, inundación de arroyos y mar de leva o desbordes de ríos, afectando las diferentes terminales y vías de acceso de la zona portuaria (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Puerto de Urabá

Ubicado en el suroriente del golfo de Urabá en el departamento de Antioquia. Actualmente atiende el movimiento de mercancía de la industria bananera. Cuenta con una ubicación favorable para conectar la ciudad de Medellín con los diferentes puertos (García & Galíndez, 2018). Para el 2023, este puerto contó con una participación del 14% del total de arribos internacionales en el país. A este puerto arriban 2 tipos de buques: portacontenedores y buques de carga refrigerada, representando un 56% y un 44% del total de carga que por allí circula (Dimar, 2024).

Esta zona portuaria enfrenta un gran reto con respecto al clima que allí se presenta, pues las alteraciones del fenómeno de El Niño significan que hay periodos secos acentuados y extensos, y, por el contrario, en periodos lluviosos los tiempos de ocurrencia son más cortos, pero con mayor volumen de precipitación. De acuerdo con esto, la vulnerabilidad del territorio está sujeta a los procesos erosivos, los cuales afectan la línea costera en la zona portuaria. Las inundaciones cuando se presentan, afectan casi que por completo las terminales y las vías de acceso de la zona portuaria (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Puerto de San Andrés

De acuerdo con Supertransporte (2023), alrededor del 90% de las cargas que se movilizan en el puerto corresponden a importaciones. De acuerdo con esto, su relevancia para la industria colombiana no es muy significativa, pues representa el 1% del total de arribos de transporte marítimo internacional, ya que es usado principalmente para el abastecimiento del archipiélago (Dimar, 2024).

La extensión portuaria comprende en su gran mayoría fondos marinos. Tiene gran probabilidad de ocurrencia de que haya erosiones costeras, debido a la alta exposición de huracanes y tormentas tropicales. Estos son el factor de mayor riesgo, pues los fuertes vientos y oleajes generan devastaciones en el borde costero e inundaciones. Hay una capacidad baja de adaptación, pues ante precipitaciones se afectan las operaciones y el manejo de la carga en puerto (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Puerto de Buenaventura

Puerto ubicado en el pacífico colombiano, cuenta con 13 muelles con una longitud total de 1.969 metros, en donde la mercancía que se recibe consiste en un 60% de contenedores, 25% de granel sólido diferente al carbón, 10% carga general y, en último lugar, granel líquido (Supertransporte, 2022). Gracias a su ubicación estratégica, recibe en gran parte las mercancías del continente asiático y para el 2022 movió cerca del 44% del comercio exterior de Colombia (El Tiempo, 2023).

Es el puerto que tiene mayor tráfico marítimo internacional en el pacífico colombiano y se consolida como el tercero más relevante para el movimiento de mercancías en zona marítima, pues cuenta con una participación del 15.4% (Dimar, 2024).

El puerto enfrenta una alta exposición a procesos de inundación, lo que ocasiona daños significativos a la infraestructura, las vías de acceso, los muelles, los equipos y la carga almacenada. La presencia de un clima cálido y húmedo en el territorio contribuye a un comportamiento dinámico del fluido de los suelos, resultando en el hundimiento y agrietamiento de las estructuras de concreto. Además, existe una amenaza creciente relacionada con la erosión costera, intensificada por la deforestación, que afecta cada vez más las líneas costeras de la zona portuaria. Los deslizamientos en la bahía también generan grandes amenazas de sedimentación, complicando aún más la situación (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

Puerto de Tumaco

Se destaca por ser el segundo puerto más importante del litoral pacífico y puede decirse que es estratégico, ya que sirve simultáneamente como terminal petrolero de Colombia y Ecuador (DIMAR, 2024). Mueve grandes cantidades de mercancía a granel, tanto líquido como seco. Para el 2023, la cantidad de arribos al puerto superó en más del 100% con respecto al 2022, siendo los buques quimiqueros y los tanqueros de crudo los que más frecuencia tuvieron en el tránsito por este puerto (DIMAR, 2024).

En la bahía de Tumaco hay una alta probabilidad de inundación en las terminales portuarias debido al ascenso del nivel mar. En situaciones extremas, pueden surgir olas de mayor altura, como ocurre con los tsunamis generados por los maremotos, los cuales han

afectado en repetidas ocasiones la zona costera de San Andrés de Tumaco, generando inundaciones y afectaciones a la infraestructura, debido al impacto y a la erosión de las corrientes entrantes (MinAmbiente & MinTransporte, 2017).

De acuerdo con lo anterior, la caracterización de los principales puertos de Colombia destaca claramente por algunas de las ventajas económicas derivadas de las actividades comerciales que se realizan en estos centros de distribución. Sin embargo, es importante resaltar que, el impacto de un puerto en un territorio no se limita únicamente al desarrollo económico de una región al ocuparse del tráfico y transporte del comercio que entra y sale del país, sino que, por el contrario, el alcance es mucho más grande de lo que a simple vista se considera. Los puertos, directa o indirectamente cumplen un rol social en la zona donde interviene, pues debe procurar que los territorios aledaños proporcionen los recursos necesarios para poder operar, para ello, debe trabajarse con la comunidad de manera articulada para que esta apoye y participe en los procesos de expansión.

Adicional a esto, se muestran las dificultades y los retos que existen de acuerdo con la ubicación de cada uno de los puertos marítimos. Allí se evidencian grandes retos en cuanto a la adopción de medidas efectivas que perduren en el tiempo, para lograr una adaptación eficiente al ecosistema del cual hace parte y es la base de las operaciones; de igual manera, se debe mitigar eventualidades generadas por el cambio climático, las cuales en muchas ocasiones no es posible predecir. Debido a esto, puede decirse que las ubicaciones geográficas de los puertos, influye significativamente en la vulnerabilidad frente a eventos climáticos. Lo cual implica una planificación estratégica y una revisión y evaluación constante de los riesgos asociados.

Al respecto, se tiene que la sedimentación de tierra es uno de los retos más grandes que enfrentan las zonas portuarias, debido a las condiciones ambientales en las que se desarrollan las operaciones; conforme a esto, se considera importante destinar gran cantidad de recursos para la adopción de tecnologías innovadoras que ayuden a monitorear y gestionar los sedimentos. Dichas alternativas de solución deben ser pensadas para el largo plazo, lo cual implica un grado de ajuste menor en el tiempo, de acuerdo con las condiciones ambientales del momento, esto permite tener una mejor capacidad de reacción ante eventualidades climáticas.

Los puertos, por su parte, necesitan de un sistema de transporte robusto y eficiente, por lo tanto, deben apoyar en la formulación de planes de movilidad. El mar al ser un elemento determinante, no solo de la actividad portuaria sino también de la vida de los pueblos de los alrededores, debe motivar y promover la conservación de su ecosistema, para que se garanticen las condiciones mínimas que permitan operar y obtener abastecimiento de alimento; por lo cual, debe haber un trabajo con las asociaciones de pescadores y la comunidad en general, para desarrollar actividades ambientales como procesos de reforestación con manglar, para conservar el hábitat.

El capital humano también es un factor fundamental, por lo tanto, para poder tener personal capacitado, el puerto debe involucrarse en proyectos educativos para formar a las personas de la región en habilidades y capacidades necesarias para operar en el puerto. Además, para compensar el desarrollo de la industria y el deterioro de los bienes públicos, debe haber un apoyo y una contribución a la urbanización de áreas comunes en la zona de influencia de la sociedad portuaria, y de esta manera, motivar la expansión del desarrollo al resto de la región.

A nivel general, la actividad portuaria se constituye como un impulsor del crecimiento económico, pues actúa como una red de producción y distribución de mercancías, favoreciendo la especialización y la división del trabajo. Para ello, el desarrollo tecnológico en este nivel desempeña un papel crucial, para que puedan cumplirse estándares de alta calidad y responder a la demanda del mercado. De igual manera, debe pensarse en las externalidades que se generan en las comunidades, como consecuencia de la actividad portuaria, ya que son ellas las que soportan problemas como la contaminación ambiental y auditiva. Debido a esto, pueden implementarse políticas y acuerdos de responsabilidad corporativa que ayuden a mitigar esos efectos y permitan un desarrollo portuario sostenible.

7.3. Marco legal y estrategias diseñadas para mitigar los impactos del cambio climático en la infraestructura y las operaciones de los puertos marítimos

El comportamiento del comercio internacional de Colombia ha tenido variaciones significativas en términos de intervención y planeación, de acuerdo con las tendencias y movimientos que se desarrollan a nivel mundial, con el fin de obtener un progreso social y

económico. De esta manera, puede decirse que Colombia ha explorado varias posibilidades para obtener un reconocimiento y posicionamiento a nivel mundial, pues ha transitado desde un modelo de protección de la industria nacional como la sustitución de importaciones, basado en el alza de las tasas impositivas, hasta procesos de apertura económica y diversificación, donde surgen reformas estructurales y acuerdos para promover la inversión extranjera, así como el desarrollo de nuevas industrias para ampliar el portafolio de la oferta exportadora hacia productos no tradicionales.

Lograr una integración más sólida a las dinámicas de la economía internacional requiere de estrategias constantes y dinámicas que promuevan la mejora de la infraestructura y la diversificación de mercados, para lograr aumentar el valor de los productos que se ofrecen al resto del mundo y, por consiguiente, consolidar la posición en el comercio internacional y fortalecer la sostenibilidad del desarrollo económico.

De acuerdo con lo anterior, se publica el estatuto general de puertos marítimos, expresado en la Ley 1ra de 1991, lo cual ha permitido que el sistema portuario se adapte a la dinámica cambiante de los mercados internacionales, promoviendo la productividad y la internacionalización de la economía colombiana (CONPES, 2023). Adicional a esto, debe resaltarse que, a partir de la aprobación del estatuto portuario, el Gobierno Nacional debe presentar cada 2 años planes de expansión portuaria a través de documentos de Política Económica y Social (CONPES), con el objetivo de inspeccionar las condiciones de la oferta y la demanda, para implementar estrategias que ayuden al aumento de la competitividad del país y a una mejora en la prestación de servicios portuarios (Jaramillo, 2014).

Estos planes de expansión portuaria se traducen en políticas que establecen lineamientos alrededor del desarrollo de infraestructura portuaria de Colombia y actúan como un instrumento relevante para la planeación marítima y portuaria, así como para identificar y resolver los retos del sistema. A continuación, se presentan las Políticas Nacionales Portuarias que han sido sancionadas para que Colombia adapte el sistema portuario a los cambios de los mercados internacionales:

CONPES 2550 de 1991	Establece directrices que pueden adoptarse para poder modernizar el sector, reconociendo la importancia de incentivar la inversión en nuevas instalaciones portuarias, para favorecer el crecimiento del comercio exterior (CONPES, 1991).

CONPES 2680 de 1993	Define las zonas donde pueden ser ubicados los puertos, así como la estructuración de metodologías para establecer las tarifas portuarias (CONPES, 1993).
CONPES 2839 de 1996	Continua con el desarrollo del sector portuario para alcanzar niveles óptimos de eficiencia a nivel internacional a través de estudios, planes y proyectos que generen mayores beneficios a las sociedades portuarias (CONPES, 1996).
CONPES 2992 de 1998	Plantea estrategias para promover inversión pública y privada para estimular la productividad de la actividad portuaria. Adicionalmente, se incentiva la integración de zonas portuarias con el resto del país, mediante criterios de desarrollo sostenible (CONPES, 1998).
CONPES 3149 de 2002	Busca favorecer el desarrollo de las redes de comercialización a través del fortalecimiento de la seguridad portuaria y la innovación tecnológica (CONPES, 2001).
CONPES 3342 de 2005	Implementa estrategas para mejorar la competitividad del sector portuario del país (CONPES, 2005).
CONPES 3611 de 2009	Se continua con la política del Gobierno Nacional para aumentar la competitividad del sector portuario, identificando nuevas inversiones para optimizar el uso de la infraestructura portuaria (CONPES, 2009). Se implementó el Plan Integral de Ordenamiento Portuario (PIOP), como un instrumento de planeación que incorpora una integralidad de las políticas ambientales, sociales y de infraestructura de transporte (CONPES, 2023). De acuerdo con lo anterior, este plan se constituye como un aporte significativo para el desarrollo portuario.

El último plan de expansión y desarrollo portuario proporcionó una iniciativa para plantear un enfoque sostenible para la actividad del sector, debido a que el incremento del comercio exterior estaba siendo impactado por el dinamismo del sector minero, específicamente por el transporte de carbón, por lo tanto, surge la preocupación por regular aquellas operaciones de manera que se puedan mitigar los impactos negativos con el ambiente.

Es importante mencionar que Colombia no contaba con una política que regulara la evaluación ambiental en los procesos de toma de decisiones estratégicas de los planes y programas que se desarrollan en el país, por lo cual, teniendo en cuenta la seguridad integral marítima, en el 2013 se establece en el CONPES 3744 una serie de estrategias orientadas a la

ampliación de la capacidad portuaria instalada y la actualización tecnológica, para potenciar la eficiencia operativa y la competitividad del país (CONPES, 2023).

Con respecto a lo anterior, se evidencia en los planes de expansión portuaria, la ausencia de metas claras para la inversión pública y privada, así como la discontinuidad en las decisiones y lineamientos, dificultando el desarrollo sostenido y coherente del sector, por lo tanto, se deroga la periodicidad bianual de la presentación de estas actualizaciones. Se tiene entonces que el CONPES 3744 fue el último emitido hasta el 2013.

Finalmente, para el 2023 se lanza el CONPES 4118, asociado al plan nacional de desarrollo, donde se busca promover la eficiencia del sector y con ello adquirir una adaptabilidad suficiente como para integrarse con el entorno global, teniendo en cuenta el principio de sostenibilidad. Se abordan y desarrollan acciones asociadas a una adecuada gobernanza del sistema, así como la verificación de aspectos contractuales. Al respecto, una de las problemáticas identificadas hace referencia a la falta de seguimiento a las acciones implementadas en el marco ambiental.

A pesar de los lineamientos creados en materia ambiental, no hay seguimiento a las acciones implementadas, existen vacíos en los instrumentos de planeación en cuanto a la definición de zonas de expansión portuaria, puesto que anteriormente no se consideró el criterio de optimización del recurso costero, el cual es escaso. Adicional, no hay una documentación actualizada respecto a la caracterización física de los territorios y sus áreas de influencia, que sirva como marco de referencia para identificar las restricciones ambientales de las zonas portuarias, así como incidencia de eventos climáticos para evaluar su magnitud (CONPES, 2023). Teniendo en cuenta las condiciones geográficas de Colombia, puede decirse entonces que son grandes los retos y desafíos que existen respecto a la planeación de la infraestructura portuaria, ya que cada vez más, se evidencia un deterioro en los entornos costeros, lo cual genera una expansión desordenada e insostenible.

En este contexto, puede hacerse referencia a varias eventualidades que han puesto al mundo a considerar los marcos normativos y estratégicos que enmarcan sus operaciones, dando como resultado un mensaje claro sobre la importancia de una planificación portuaria robusta y resiliente para enfrentar los desafíos climáticos. Entre ellos, el tifón Mangkhut fue una gran tormenta que ocurrió en el 2018 en el Océano Pacífico Noroccidental y afectó a

países como Filipinas, Hong Kong y China. Allí se generaron fuertes lluvias, inundaciones y velocidades del viento de más de cien kilómetros por hora (BBC News Mundo, 2018). Lo anterior obligó a cerrar por completo los puertos de Shenzhen y Hong Kong durante más de tres días.

En 2020 la pandemia del COVID-19 obstaculizó parte del movimiento internacional y reveló ciertas vulnerabilidades que existen en las cadenas de suministro, generando cambios importantes en la demanda y en las estrategias comerciales.

En el 2021 el buque Ever Given quedó atascado en el Canal de Suez durante 6 días. Entre muchos otros factores, se tiene que los fuertes vientos que había en la zona provocaron que el barco se desviara de su rumbo. Al respecto, se dice que las autoridades no contaban con un sistema de control de condiciones meteorológicas que advirtiera sobre el mal tiempo (Yee & Glanz, 2021).

Por su parte, el fenómeno de El Niño es un patrón oceánico y atmosférico que actúa de manera cíclica en la zona occidental del Pacífico, generando temperaturas más cálidas que impacta al resto del mundo, pues las aguas de esta región se desplazan hacia el Pacífico oriental (Indonesia, Australia) (Miller et al., 2024). Puede decirse que entre finales de 2023 y comienzos de 2024, han transcurrido los meses más cálidos de los que se tiene registros en Latinoamérica. Al respecto, Monsalve (2024) menciona como este fenómeno climático afectó la zona de la cuenca hidrográfica que alimenta el canal de Panamá, las precipitaciones estuvieron por debajo de la media en la temporada, por lo tanto, se estableció restringir el número y el tamaño de los buques que transitan por esta zona. Para Panamá, un país que depende en gran medida de las actividades del puerto, representa grandes pérdidas y la necesidad de plantear estrategias que le permita adaptarse y reaccionar ante estos fenómenos que tienen un alto grado de incertidumbre, pues no se conoce la durabilidad ni el alcance que tenga.

Dadas estas eventualidades y otras más alrededor del mundo, se evidencia también como quedan expuestas las cadenas de suministro y la dependencia que estas generan para el bienestar de la sociedad. En poco tiempo, imprevistos relacionados con el aumento del nivel mar o incremento de los fenómenos meteorológicos pueden generar retrasos en el comercio mundial, así como desabastecimiento, sobrecostos y grandes pérdidas de dinero.

Por ejemplo, las inundaciones costeras inhabilitan los puertos y los demás sistemas de transporte interconectados, para desarrollar sus operaciones logísticas con normalidad hasta que el fenómeno pase, afectando a las zonas de almacenamiento, plataformas y terminales; y se dificulta el acceso a los muelles. De acuerdo con la UNCTAD (2020), existe una recurrencia o un periodo de retorno cuando el mar alcanza un nivel extremo, por lo cual identificar la frecuencia de repetición del evento junto el nivel del oleaje, permite parametrizar proyecciones sobre los periodos de retorno para diseñar modelos de adaptación.

Con respecto a la variación de las temperaturas, se plantean también grandes desafíos para la infraestructura, pues se ocasionan daños en las zonas pavimentadas, puentes y equipos de navegación, deformación de las vías férreas limitando la velocidad, se incrementan los niveles del uso de la energía para poder cumplir con los servicios de refrigeración y evitar riesgos de salubridad (UNCTAD, 2020), lo cual requiere un aumento considerable de los costos para cubrir incumplimientos, cuando las operaciones están relacionadas con las cadenas de suministro mundiales.

De acuerdo con lo anterior, son determinantes las inversiones que deben hacerse para garantizar que no se vean afectadas las maniobras realizadas en los puertos. Por lo tanto, Colombia ha trabajado en procesos de adaptación y gestión de los desafíos generados por el cambio climático, así como en la formulación de estrategias y políticas que ayuden a mitigar los impactos negativos del calentamiento global, para lograr una economía carbono-neutra y resiliente al clima. Por ejemplo:

- La estrategia colombiana de desarrollo bajo en Carbono (ECDBC) es un proceso de planeación propuesto en el Plan Nacional de Desarrollo para el periodo 2010 – 2014, para que los sectores productivos orientaran sus proyectos hacia la sostenibilidad de sus operaciones, de manera que redujeran sus emisiones de efecto invernadero sin afectar el crecimiento de la economía del país (MinAmbiente, 2024).
- El decreto 926 de 2017 surge como respuesta ante la ausencia de instrumentos económicos que incentivaran la mitigación de Gases de Efecto invernadero. Lo anterior se ve reflejado en un impuesto que se aplica al contenido de carbono de los combustibles fósiles, entre ellos, los derivados del petróleo y los gases fósiles que se usan con fines energéticos (MinAmbiente, 2024).

- La COP24 es una conferencia respaldada por la ONU, que se llevó a cabo en el 2018, contó con la representación de varios países donde se debatió y se construyeron instrumentos para facilitar el cumplimiento de la agenda internacional contra el cambio climático. Por su parte, Colombia adoptó el programa planteado en el Acuerdo de París, en el cual se compromete a definir estrategias para evitar que el calentamiento del planeta supere los 2°C para el final del siglo (MinAmbiente, 2024).
- La estrategia 2050 es publicada en el 2022, la cual busca gestionar el riesgo por cambio climático a través del planteamiento de sistemas de ciudades sostenibles e integradas, para que cuenten con una infraestructura y sistemas de movilidad eficientes, con el fin de obtener una incidencia de los impactos por cambio climático (MinAmbiente, 2024).

El sector portuario, por su parte, debe alinear sus estrategias de desarrollo con las iniciativas ya planteadas por el Gobierno Nacional. El conocimiento previo de un contexto lleno de variables exógenas que no pueden controlarse, permite tener una planeación para crecimiento mucho más controlada, con un enfoque de mitigación de riegos para evitar que se impacte el sistema lo menos posible. En este caso, las estrategias de mitigación a considerar dependerán mucho del tipo de peligro que enfrente cada una de las zonas costeras. Hay zonas en las que las medidas de acción deben planearse a largo plazo para la retención del riesgo y fomento de resiliencia, debido a la vulnerabilidad del territorio, mientras que otros territorios cuentan con una estructura más sólida y deben tener soluciones para reducir al máximo un riesgo que es inherente a la actividad (UNCTAD, 2020).

De otro lado, lograr una estructura resiliente requiere de una modificación en los modelos de planificación y desarrollo, para poder hacer frente a los diferentes desafíos de un fenómeno que ha sido poco significativo para las operaciones de uno de los sectores económicos como lo es el portuario. Para ello es importante la inversión en investigación y tecnología, así como identificar mecanismos de integración con otros agentes, para poder adaptarse a los cambios sociales e institucionales y de manera conjunta responder a las necesidades del entorno.

Por todo lo anterior, la ampliación de la capacidad instalada es prioritaria como instrumento de potenciamiento de la competitividad del país, es importante que haya una

articulación en el desarrollo de la infraestructura portuaria con los planes de ordenamiento territorial de las zonas portuarias, pues esto permite el despliegue de ventajas competitivas y una mayor especialización de factores y procesos productivos. En este sentido, puede decirse que las cadenas de suministro tienen la oportunidad de perfeccionar su eficiencia, impactando positivamente las zonas de influencia, al apoyar las actividades económicas de la región, debido a su función integradora al permitir la conexión del transporte marítimo con el terrestre (CONPES, 2023).

Para ello, es importante contar con un enfoque mucho más estructurado y sistémico para poder mitigar los riegos asociados a la actividad portuaria. Por su parte, la integración de sectores productivos, sociales e institucionales, deben trabajar de manera conjunta para lograr un crecimiento del sector de una forma mucho más controlada.

8. Conclusiones

De acuerdo con la Ley 1 de 1991, Colombia ha podido fortalecer el intercambio comercial internacional, mediante la modernización de la infraestructura y los servicios portuarios. Sin embargo, la poca articulación que existe con las entidades territoriales ha limitado el potencial de desarrollo de las zonas aledañas a estos centros de distribución, pues podrían integrarse capacidades productivas de la población para lograr obtener ventajas competitivas a través de una especialización productiva, contribuyendo al progreso económico de la región. De esta manera, las eficiencias en costos de transporte terrestre serían maximizadas.

Por su parte, la actividad portuaria se enfrenta constantemente a cambios estructurales que impactan la forma en que se concibe el negocio, e impacta directa y significativamente el proceso de planeación, coordinación, dirección y control de las operaciones. Una de las variables que se ha consolidado en este ambiente, como una de las más relevantes después de tanto tiempo, es la sostenibilidad, cada vez la sociedad de consumo exige mayores controles y conciencia en los procesos productivos y la cadena de suministro.

Actualmente en Colombia, la capacidad instalada de los puertos marítimos no es utilizada en su máxima capacidad, debido a falencias en los canales de comunicación y

capacidad técnica para realizar las operaciones. Adicional a esto, a nivel de la sociedad portuaria no se cuenta con un marco regulatorio que consolide y estructure la prestación de servicios portuarios, representando esto una debilidad institucional que afecta la viabilidad y éxito del negocio en el largo plazo. Debido a esto puede decirse que, si el sistema portuario no se actualiza y se adapta a las tendencias del entorno, la pérdida de competitividad y ser ineficientes operativamente son uno de los mayores riesgos a los que se puede enfrentar esta industria.

También debe tenerse en cuenta que las variaciones del clima influyen negativamente en las operaciones de los puertos marítimos, pues los daños a la infraestructura dificultan el desarrollo de las actividades, directamente relacionadas con la maquinaria y activos físicos de los puertos, generando interrupciones al proceso de cargue y descargue, lo que termina afectando las cadenas de suministro. En ese sentido, eventualidades como inundaciones, tormentas, aumento en el nivel del mar, entre otros, implican costos adicionales debido a que pueden generarse con mayor frecuencia reparaciones a los equipos y se dificulta el tránsito de buques, aumentando las probabilidades de riesgo de accidentes.

Una forma de iniciar para mitigar ineficiencias es contar con fuentes de energía alternativas para poder reducir las emisiones de las operaciones portuarias. Por su parte, Naciones Unidas (n. d.-c) plantea que cerca del 90% del comercio global se mueve por vías fluviales o marítimas, lo cual representa aproximadamente un 3% de las emisiones globales de efecto invernadero. Por lo tanto, contar con un programa de transición energética puede ser una buena iniciativa, para poder reducir la mayor cantidad de partículas contaminantes resultantes del desarrollo de la sociedad. Debido a la magnitud del programa, debe hacerse una transición progresiva, donde se identifique según la capacidad del buque y tipo de carga, cuál es la mejor opción para que no se vea entorpecido el transporte de la mercancía.

Lo anterior requiere un proceso de ajuste, para poder articular el principio de sostenibilidad con la parte técnica de las operaciones. Al respecto, existen varios corredores marítimos ecológicos, los cuales comprenden rutas entre dos puertos que apoyan e invierten en el desarrollo de nuevas tecnologías, para implementar estrategias que ayuden a la descarbonización del sector. En gran medida, estas acciones, poco a poco pueden retribuirle al planeta un poco de lo que nos proporciona. Este tipo de alternativas resultan tener una

inversión mucho más grande, sin embargo, es sostenible en el largo plazo y proporciona a la sociedad en general una mejor calidad de vida en cuanto a la conservación de las especies y del ecosistema.

9. Recomendaciones

A partir de la información previamente expuesta en este trabajo, pueden proponerse algunas estrategias que ayuden a mejorar la infraestructura y los servicios que actualmente ofrecen las zonas portuarias, con el fin de potenciar el progreso económico de la región y maximizar el potencial de la misma.

Por un lado, es importante establecer y consolidar una relación entre los puertos y las entidades gubernamentales para poder aprovechar cada una de las capacidades locales. En este caso, la creación de comités interinstitucionales o mesas de trabajo pueden ayudar a la articulación de ideas y planes de crecimiento de forma integral, procurando que los proyectos de desarrollo estén alineados con las necesidades locales.

De igual manera, a nivel gubernamental, en Colombia debería haber mayor énfasis en el cumplimiento de las políticas públicas que se han sancionado hasta el momento, relacionadas con la actividad portuaria y la sostenibilidad ambiental. Inicialmente para incentivar la adopción de prácticas conscientes pueden ofrecerse incentivos fiscales y financieros a aquellos que intervienen en la cadena logística del transporte marítimo, pero progresivamente dichos beneficios deben ir disminuyendo y estabilizándose, con el fin de normalizar el desarrollo de actividades conscientes con la conservación de los ecosistemas.

En cuanto al marco de la gestión de las relaciones institucionales, se sugiere que los puertos marítimos busquen alianzas con entidades internacionales para fines de adquisición de conocimiento, tecnologías y mejores prácticas en la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático, que permitan el desarrollo de proyectos de resiliencia y sostenibilidad.

Con respecto a las operaciones en puerto, es fundamental el planteamiento de estrategias de adaptación y de mitigación. La primera debe buscar ajustes al logro de una infraestructura resiliente, donde se ajuste la altura de los muelles y terminales para protegerlos de los incrementos del nivel del mar e inundaciones. Para ello, debe analizarse el

territorio sobre el cual actúa el puerto, con el fin de limitar el crecimiento y la expansión en áreas vulnerables a inundaciones y la erosión. Adicional a esto, debe implementarse protocolos más rigurosos, y sistemas de monitoreo y alerta para mitigar impactos frente a eventos climáticos.

Por otro lado, las estrategias de mitigación implican pensar en soluciones a largo plazo, que permitan la sostenibilidad del sistema en el tiempo. Uno de los grandes retos es lograr una eficiencia energética, lo cual puede lograrse invirtiendo en tecnologías de bajo consumo energético, que implica un mantenimiento y modernización de los equipos, con el fin de tener unas operaciones mucho más eficientes y menos contaminantes. De manera alternativa, puede considerarse el uso de energías renovables como la solar y la eólica, con el objetivo de reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Con respecto a la flota de buques, es importante promover el uso de tecnologías de propulsión limpias, como motores eléctricos o híbridos y combustibles alternativos.

Las iniciativas anteriormente expuestas, no solo ayudan a mejorar la eficiencia de las operaciones y a reducir el impacto ambiental de los puertos marítimos, sino que también representan un avance hacia un sistema portuario más resiliente y capacitado, para hacer frente a los desafíos del cambio climático.

Referencias

Alcaldía de Medellín. (2023). *Problemas ambientales: qué son, relevancia y los 23 más graves que están afectando a nuestro planeta*. https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/problemas-ambientales-que-son-relevancia-y-los-23-mas-graves-que-estan-afectando-a-nuestro-planeta/

Alonso, S. (2008). Cambio de clima en el planeta tierra. *Fronteras Del Conocimiento*, 277–293. https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2009/01/BBVA-OpenMind-Fronteras_del_conocimiento.pdf

Analdex. (n. d.). *En el año 2023, las exportaciones cayeron 12,9% frente a 2022*. Retrieved May 27, 2024, from https://www.analdex.org/2024/02/05/en-el-ano-2023-las-exportaciones-cayeron-129-frente-a-2022/

Analdex. (2024). *Puertos de Colombia ¿A qué retos se enfrentan?* https://www.analdex.org/2024/01/11/puertos-de-colombia-a-que-retos-se-enfrentan/

ANI. (2022). *El canal del dique, un megaproyecto fluvial que busca recuperar ecosistemas degradados, pero también mitigar el impacto de posibles inundaciones en la región caribe ante fenómenos climáticos*. https://www.ani.gov.co/el-canal-del-dique-un-megaproyecto-fluvial-que-busca-recuperar-ecosistemas-degradados-pero-tambien

Banrepcultural. (2024). *Pulsos del agua y sedimentación. El Magdalena: Una cuenca posible*. https://www.banrepcultural.org/exposiciones/el-magdalena-una-cuenca-posible/pulsos-del-agua-y-sedimentacion

BBC News Mundo. (2018). *Supertifón Mangkhut: la destrucción del "ciclón más fuerte" del año tras tocar tierra en Filipinas*. BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-45531881

BID. (2021). *Riesgo climático y puertos: Guía práctica sobre fortalecimiento de la resiliencia*. https://www.idbinvest.org/es/publicaciones/riesgo-climatico-y-puertos-guia-practica-sobre-el-fortalecimiento-de-la-resiliencia

CEPAL. (2005). *Ciudades puerto en la economía globalizada: la arquitectura organizacional de los flujos portuarios*. https://www.cepal.org/es/publicaciones/6300-ciudades-puerto-la-economia-globalizada-la-arquitectura-organizacional-flujos

Cerrejón. (n. d.). *Puerto Bolívar*. Retrieved June 9, 2024, from https://www.cerrejon.com/nuestra-operacion/puerto-bolivar

CMNUCC. (1992). *Convención Macro de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf

CONPES. (1991). *CONPES 2550: Plan de Expansión Portuaria*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/2550.pdf

CONPES. (1993). *CONPES 2680: Plan de Expansión Portuaria 1993-1995*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/2680.pdf

CONPES. (1996). *CONPES 2839: Plan de Expansión Portuaria 1996-1997*. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2018/Enero/Puertos_26/CONPES-2839-1996-97.pdf

CONPES. (1998). *CONPES 2992: Plan de Expansión Portuaria 1998-1999*. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2018/Enero/Puertos_26/CONPES-2992-1998-99.pdf

CONPES. (2001). *CONPES 3149: Plan de Expansión Portuaria 2002-2003*. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2018/Enero/Puertos_26/CONPES-3149-2002-2003.pdf

CONPES. (2005). *CONPES 3342: Plan de Expansión Portuaria 2005-2006*. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2018/Enero/Puertos_26/CONPES-3342-2005-2006.pdf

CONPES. (2009). *CONPES 3611: Plan de Expansión Portuaria 2009-2011*. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2018/Enero/Puertos_26/CONPES-3611-2009-2011.pdf

CONPES. (2013). *CONPES 3748: Importancia estratégica de la rehabilitación de los corredores férreos la Dorada – Chiriguaná y Bogotá – Belencito* (3748). https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3748.pdf

CONPES. (2023). *CONPES 4118 - Política Nacional Portuaria: Modernización y sostenibilidad de la actividad portuaria y su articulación con el territorio*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4118.pdf

Contecar. (n. d.). *Grupo Puerto de Cartagena - Estadísticas e indicadores*. Retrieved May 28, 2024, from https://www.puertocartagena.com/es/transparencia-y-acceso-a-la-informacion-publica/estadistica-e-indicadores

Córdoba, Á., Valencia, B., Castro, G., & Joya, J. (2023). *Estudio económico y social del Atlántico*. https://www.camarabaq.org.co/wp-content/uploads/2024/01/Estudio-Economico-y-Social-Atlantico-2023.pdf

Dimar. (2024). *Anuario estadístico de tráfico y transporte marítimo 2022-2023*. https://cecoldodigital.dimar.mil.co//3513/1/dimar_2024_anuario_estadistico.pdf

DIMAR. (2024). *Aportes al Entendimiento de la Bahía de Tumaco, Entorno Oceanográfico, Costero y de Riesgos*. https://www.dimar.mil.co/Blog/Aportes-al-Entendimiento-de-la-Bah%C3%ADa-de-Tumaco%2C-Entorno-Oceanogr%C3%A1fico%2C-Costero-y-de-Riesgos

El Tiempo. (2023). El Puerto de Buenaventura mueve el 44% del comercio exterior. *El Tiempo*. https://www.eltiempo.com/mas-contenido/el-puerto-de-buenaventura-mueve-el-44-del-comercio-exterior-790800

Epdata. (2023). *El cambio climático, en datos y gráficos*. https://www.epdata.es/datos/cambio-climatico-datos-graficos/447

García, D., & Galíndez, D. (2018). Puerto de Urabá: Oportunidad logística para las exportaciones en Colombia. Estudio de caso. *En-Contexto*, *6*, 109–120. https://www.redalyc.org/journal/5518/551859331004/551859331004.pdf

IPCC. (2013). Glosario. In *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

Jackson, P. (n. d.). *De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático*. Retrieved May 26, 2024, from https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del-cambio-climatico

Jaramillo, J. (2014). *Políticas Públicas Portuarias de Cara a los Desafíos Globales*. Mintransporte. https://www.oas.org/cip/docs/Presentaciones%20Politicas%20Publicas%20uruguay/Colombia_Isaza_Desafios.pdf

Mariño, A., & Fernández, D. (2006). El mar: una opción de competitividad olvidada. *Innovar*, 117–126.

Miller, B., Thompson, N., & Gray, J. (2024). *¿Qué es el fenómeno El Niño, por qué ocurre y qué efectos puede producir?* https://cnnespanol.cnn.com/2024/02/09/que-es-nino-fenomeno-por-que-ocurre-efectos-trax/

MinAmbiente. (2024). *Herramientas de educación, innovación y planificación territorial*. https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/herramientas-de-educacion-innovacion-y-planificacion-territorial

MinAmbiente, & MinTransporte. (2017). *Plan de gestión del cambio climático para los puertos marítimos de Colombia*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Plan_nacional_de_adaptacion/Plan_CC_Puertos_version_trabajo.pdf

Ministerio de Transporte. (1991). *Ley 1 de 1991*. https://web.mintransporte.gov.co/jspui/handle/001/411

Monsalve, M. M. (2024). *El Niño, y no el cambio climático, fue el principal causante de la sequía de Panamá*. https://elpais.com/america-futura/2024-05-01/el-nino-y-no-el-cambio-climatico-fue-el-principal-causante-de-la-sequia-de-panama.html

Naciones Unidas. (n. d.-a). *Cambio climático*. Retrieved June 12, 2024, from https://www.un.org/es/global-issues/climate-change

Naciones Unidas. (n. d.-b). *Cómo afecta el cambio climático a los océanos del planeta*. Retrieved October 26, 2023, from https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/ocean-impacts#:~:text=A%20medida%20que%20un%20exceso,marinas%20y%20acidificaci%C3%B3n%20del%20oc%C3%A9ano.

Naciones Unidas. (n. d.-c). *El océano: Nuestro mayor aliado en la lucha contra el cambio climático*. Retrieved June 30, 2024, from https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/ocean

Naciones Unidas. (n. d.-d). *¿Qué es el cambio climático?* Retrieved May 25, 2024, from https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change

NASA. (2001). Ozono. *NASA Facts*. https://cloud1.arc.nasa.gov/solveII/outreach/spanishlink2.pdf

National Geographic. (2018). *Clima 101: Los Océanos* [Video recording]. https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-aumento-del-nivel-del-mar

Organización Marítima Internacional. (n. d.). *Introducción a la OMI*. Retrieved October 15, 2023, from https://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx

Organismo Internacional de Energía Atómica. (2023). *Los océanos y el cambio climático*. https://www.iaea.org/es/temas/los-oceanos-y-el-cambio-climatico

Organización Meteorológica Mundial. (2023). *Global Annual To Decadal Climate Update*. https://library.wmo.int/records/item/66224-wmo-global-annual-to-decadal-climate-update?offset=

Pacto Mundial. (2024). *¿Cuál es el estado actual del cambio climático en el mundo?* https://www.pactomundial.org/noticia/cual-es-el-estado-actual-del-cambio-climatico-en-el-mundo/

Port de Barcelona. (n. d.). *Estrategia climática*. Retrieved July 24, 2024, from https://www.portdebarcelona.cat/es/sostenibilidad/sostenibilidad-ambiental/estrategia-climatica

Port of Rotterdam. (n. d.). *Climate change adaptation*. Retrieved July 24, 2024, from https://www.portofrotterdam.com/en/building-port/sustainable-port/climate-adaptation

Port of Rotterdam. (2024). *Port of Rotterdam - gateway to Europe*. https://h2news.cl/wp-content/uploads/2024/04/PORT-OF-ROTTERDAM-POSITION-PAPER.pdf

Puerto de Santa Marta. (n. d.). *Terminales*. Retrieved May 27, 2024, from https://www.spsm.com.co/Terminales/Terminales

Rúa, C. (2006). *Los puertos en el transporte marítimo*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/289/8.%20Rua.pdf

Sociedad Portuaria Puerto Nuevo. (n. d.). *Puerto Nuevo*. Retrieved June 9, 2024, from http://www.puertonuevo.com.co/index.php/es/sobre-nosotros/nuestra-historia/

Supertransporte. (2021). *Boletín Estadístico. Tráfico Portuario en Colombia. - Primer semestre 2021*.https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2021/Agosto/Puertos_05/BOLETIN-TRAFICO-PORTUARIO-I-SEMESTRE-2021.pdf

Supertransporte. (2022). *Ficha Técnica: Sociedad Portuaria regional de Buenaventura*. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2022/Marzo/Puertos_09/87.Ficha-Tecnica-Sociedad-Portuaria-Regional-De-Buenaventura-S.A.pdf

Supertransporte. (2023). *Boletín Estadístico. Tráfico Portuario en Colombia - Enero a Diciembre 2023*. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2024/Marzo/Puertos_01/29-02-2024_BOLETIN_TRAFICO_PORTUARIO_ENE_DIC2023.pdf

UNCTAD. (2020). *Adaptación al cambio climático de los puertos marítimos en apoyo de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://unctad.org/system/files/official-document/cimem7d23_es.pdf

Viloria, J. (2000). *DE COLPUERTOS A LAS SOCIEDADES PORTUARIAS: Los puertos del Caribe Colombiano, 1990-1999*. https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/3145/dtser_16.pdf

Yee, V., & Glanz, J. (2021). Así fue como el Ever Given se atascó en el Canal de Suez. *The New York Times*. https://www.nytimes.com/es/2021/07/19/espanol/canal-suez-evergiven.html