



BOLETÍN 397 /

FACILITACIÓN,  
COMERCIO Y LOGÍSTICA  
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

# Los puertos de América Latina y el Caribe y el riesgo climático: impactos en su infraestructura y posibles medidas de adaptación

## Introducción

El mundo actual enfrenta una creciente preocupación con el impacto de la acción humana en el medio ambiente. Por un lado, existe un importante debate teórico sobre el tema, y por el otro, la necesidad de identificar, cuantificar y gestionar los



Introducción	1
I. El negocio portuario: riesgos y potenciales impactos del cambio climático en puertos	3
II. Acciones de adaptación	6
III. Análisis económico	9
IV. Estudios de caso	12
V. Consideraciones finales	17
VI. Bibliografía	18
VII. Publicaciones de interés	20

El presente *Boletín FAL* se inscribe en las reflexiones sobre infraestructura y conectividad de la CEPAL. Esta edición presenta algunas alternativas de adaptación de la infraestructura de puertos como respuesta a los desafíos relacionados con el cambio climático y la resiliencia ante desastres naturales.

El documento señala algunos de los principales riesgos climáticos posibles, las áreas de riesgo y los impactos económicos en la infraestructura logística y portuaria de la región. Se presenta una metodología para el análisis y valoración de los impactos, cuya aplicación en los países de América Latina y Caribe podría entregar muchos beneficios. Como ejemplos, se incluyen 2 estudios de caso, el terminal marítimo Muelles el Bosque en Colombia y el Puerto de Manzanillo en México.

El autor de este documento es Diogo Aita, Oficial Asociado de Asuntos Económicos de la Unidad de Servicios de Infraestructura de la CEPAL. Para mayores antecedentes sobre esta temática contactar a [diogo.aita@cepal.org](mailto:diogo.aita@cepal.org).

El autor agradece las sugerencias y revisión del documento hechas por Miryam Saade Hazin y Jeannette Lardé, Oficial a Cargo y funcionaria, respectivamente, ambas de la Unidad de Servicios de Infraestructura de la División de Comercio e Integración de la CEPAL.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.



NACIONES UNIDAS

CEPAL



años

Trabajando por  
un futuro productivo,  
inclusivo y sostenible



riesgos asociados al cambio climático y sus consecuencias. Este documento busca brindar un enfoque práctico y objetivo al tema, e indicar posibles alternativas de adaptación al riesgo climático para implementar en los puertos de América Latina y el Caribe. En ese sentido, se proponen soluciones que aumenten la eficiencia de las operaciones logísticas portuarias a través de inversiones en infraestructura.

En el contexto de las redes globales de transporte y de infraestructura física en los países, los riesgos asociados al cambio climático afectan directamente a los puertos. Entre los ejemplos de eventos climáticos posibles están la elevación del nivel del mar, las marejadas ciclónicas, la intrusión de agua salada, vientos lluvias intensas, tormentas eléctricas, desbordamiento de ríos, temperaturas extremas, sedimentación, sequía, reducción del flujo de agua de los ríos y erosión costera (BID, 2021). Estos eventos pueden dañar, deteriorar o destruir infraestructuras esenciales para el funcionamiento de los puertos, y también pueden ocasionar accidentes o la interrupción temporal o permanente de actividades y operaciones logísticas.

De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2021), el riesgo surge cuando se entrecruzan tres factores clave: los peligros (que ya han pasado en el puerto o que puedan ocurrir en el futuro), las vulnerabilidades (probabilidad de sufrir impactos negativos en la infraestructura del puerto y otros activos) y la exposición (las estructuras, ecosistemas o áreas pobladas que podrían verse afectados). En los puertos, los riesgos conllevan efectos económicos como el aumento de costos, la necesidad de mantenimiento adicional y gastos no previstos. Además, pueden resultar en cambios al ambiente físico, con impactos socioeconómicos y en los ecosistemas naturales (BID, 2021).

La administración adecuada de los riesgos del cambio climático implica identificar medidas de adaptación, las cuales permiten nuevas alternativas de inversión y de integración entre países, con impactos directos en el comercio de bienes, la prestación de servicios, los costos logísticos y de transporte. Este documento presenta un marco teórico y ejemplos para que un puerto pueda gestionar los riesgos generados por factores climáticos de acuerdo con criterios más sólidos. En este sentido, se presentan algunas de las posibles medidas de adaptación previstas en la literatura y dos casos de estudio que demuestran la aplicación de las soluciones. De esta manera, se busca brindar una hoja de ruta para hacer frente a los desafíos climáticos.

Este estudio no es exhaustivo, y es posible avanzar en más detalles de cada uno de los diferentes tipos de riesgos para cada una de las actividades logísticas específicas. De esta manera, el análisis de los impactos económicos, el diseño de la infraestructura, y las estrategias de adaptación constituyen un marco teórico general que, por lo tanto, puede aplicarse como referencia para el análisis de riesgos climáticos en los distintos casos e incluso en otros sectores y en diferentes países.

Este boletín se divide en cinco secciones. En la primera, se hace una breve descripción del quehacer portuario, sus actividades internas, sectores logísticos que participan y partes involucradas. Además, se mencionan algunos de los principales elementos de la infraestructura de los puertos que son susceptibles al riesgo del cambio climático, y las potenciales áreas de impacto asociadas. En la segunda sección, se presentan las acciones de adaptación identificadas. La tercera sección presenta el modelo de análisis propuesto por Metroeconomica (2004), una metodología para la evaluación de impactos y la aplicación de diferentes estrategias de adaptación. Enseguida, la sección cuatro presenta los dos estudios de caso considerados, y finalmente, la sección cinco propone algunas consideraciones a manera de conclusión.

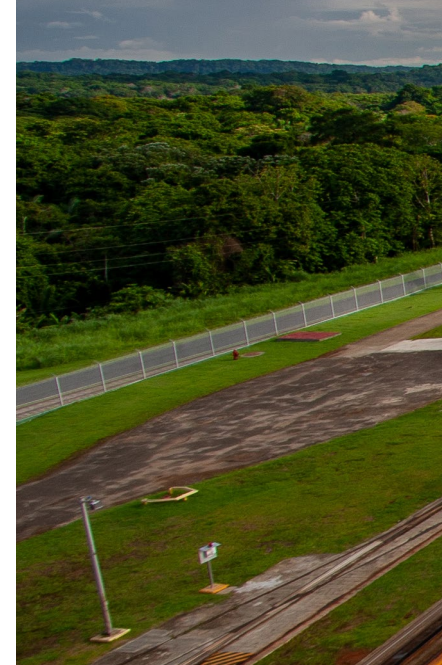
## I. El negocio portuario: riesgos y potenciales impactos del cambio climático en puertos

Según la Organización Marítima Internacional (OMI, 2023), “el transporte marítimo internacional representa aproximadamente el 80% del transporte de mercancías entre los pueblos y comunidades de todo el mundo”. Esa modalidad es “el sistema de transporte internacional más eficiente y rentable para la mayoría de las mercancías, constituye un medio de transporte internacional de mercancías seguro y de bajo costo, que fomenta el comercio entre las naciones y los pueblos, al tiempo que contribuye a su prosperidad”. En este contexto, los puertos se destacan en su papel en la eficiencia y confiabilidad de los flujos de comercio global. Para ello, dependen de un buen funcionamiento del negocio portuario, el cual consta de actividades como la tradicional planificación y gestión del atraque de buques, el manejo de grúas, agrupación de materiales, la gestión del patio, almacenaje, reposicionamiento de materiales, la desagregación de la carga, distribución, entre otros.

Según el Banco Mundial (2010), es posible agrupar las diferentes actividades y servicios que ofrecen los puertos en dos principales categorías: los servicios básicos y las actividades de valor añadido. Los servicios básicos incluyen (pero no se limitan a) servicios marítimos (gestión náutica, pilotaje, remolque, gestión del tráfico, etc.), servicios de terminal (amarre de buques, movimiento y transferencias de contenedores, manejo y almacenamiento de la carga, etc.), reparación (dragado y mantenimiento de canales y cuencas, reparación de equipos, barcos, contenedores, etc.), gestión patrimonial y gestión de la información. Las actividades de valor añadido incluyen la logística y servicios personalizados, como embalaje, mantenimiento y alquiler de equipos, limpieza de instalaciones, seguridad, servicios de información y comunicación. Existen también actividades de gestión, como los servicios de integración tecnológica, sistemas de pago y servicios de mano de obra especializada, así como la gestión de los respectivos riesgos técnicos y operativos asociados.

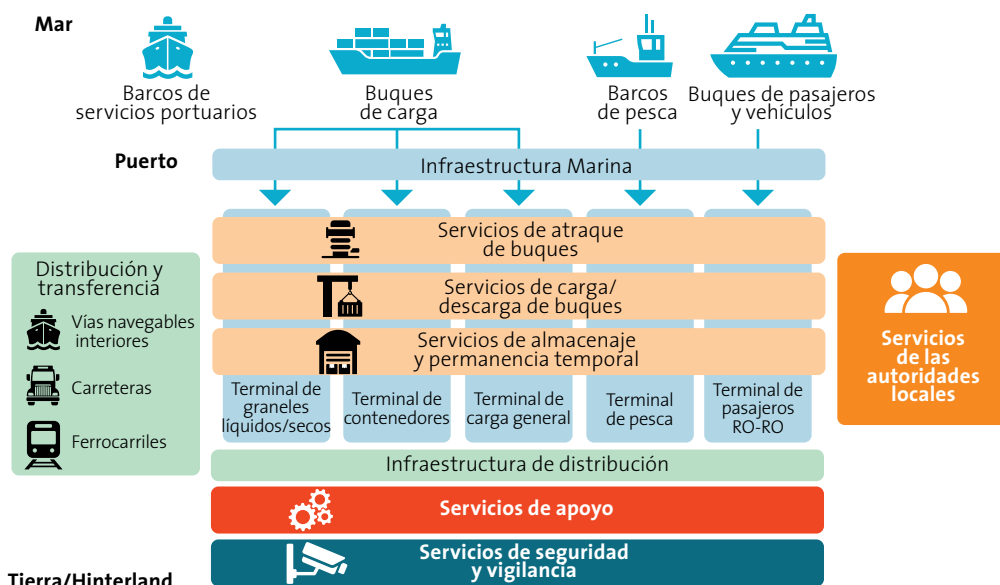
Algunos puertos están integrados también a servicios industriales y actividades de producción. El buen funcionamiento de ese ecosistema de actividades garantiza que los suministros médicos, los alimentos, el combustible y las materias primas del mundo, así como los productos manufacturados y algunos de los componentes clave para la preservación de empleos continúen llegando a sus destinos previstos. “La eficiencia de los puertos depende del equilibrio entre la demanda y la oferta de manera flexible y de la integración en todo el sistema de transporte” (Aita, 2022).

En general, la administración de un puerto se divide entre la autoridad portuaria y un conjunto de terminales dedicadas al manejo de carga y/o pasajeros. Las actividades pueden ser gestionadas por el sector privado, por el sector público, o ser de responsabilidad compartida, lo que depende del marco regulatorio establecido en cada país. Además, “el agrupamiento de actividades portuarias ha evolucionado desde la logística de cargas tradicional a las actividades relativas a la producción y la distribución y se extiende hacia un mercado de transporte más amplio, pero también, financiamiento, el desarrollo de negocio, la provisión de servicios industriales, de ingeniería, etc.” (Sánchez y Mouftier, 2016).



Como se aprecia en el diagrama 1, los puertos modernos son verdaderos ecosistemas integrados en los que funcionan y se ofrecen servicios logísticos de diferentes tipos. Las operaciones están conectadas, y la eficiencia y productividad dependen de la optimización de actividades, lo que exige una buena integración y comunicación entre diferentes actores. Las partes interesadas son todos los actores involucrados en las operaciones necesarias para el funcionamiento de un puerto: organismos de gestión portuaria (autoridades portuarias, empresas privadas y operadores de terminales e instalaciones), autoridades nacionales (aduanas, policía, autoridades locales etc.), empresas de transporte (navieras, empresas ferroviarias, transportistas, etc.), trabajadores portuarios y operadores de transporte (armadores, compañías de envío, ferrocarriles, camiones, etc.), agentes portuarios (prácticos, capitanes de puerto, amarradores, etc.), grupos comunitarios y asociaciones, empresas de servicios (limpieza, suministros, aseguradoras), empresas industriales y todos los proveedores de servicios esenciales para la operación portuaria (compañías eléctricas, telefónicas, etc.).

**Diagrama 1**  
Partes interesadas en el negocio portuario



Fuente: UNCTAD (2021), traducido al español por el autor.

Las actividades portuarias están expuestas de diferentes maneras al riesgo climático. Cuando ocurren interrupciones, hay efectos indirectos y prejuicios hacia arriba y hacia abajo en la cadena logística, lo que puede impactar diferentes sectores. Con cadenas logísticas globales cada vez más integradas, los retrasos y las interrupciones representan costos de operación mayores y generan impactos directos en la calidad y en la confiabilidad de los diferentes servicios que ejecutan los operadores logísticos.

En este contexto, la importancia de considerar factores climáticos aumenta en las matrices de riesgo de los puertos. Dado que muchas de las interrupciones posibles tienen eventos climáticos como origen, es preciso contar con redes de infraestructura resilientes, que por definición tengan la capacidad de pasar por un proceso de cambio —en general ocasionado por una perturbación— mientras mantienen sus funcionalidades esenciales (Weikert, 2021). El BID (2021) relaciona los principales elementos y áreas en puertos que están expuestos a eventos climáticos (véase el cuadro 1).



**Cuadro 1**  
Elementos y potenciales áreas de impacto del cambio climático en puertos

Elementos	Potenciales áreas de impacto
Infraestructura del puerto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rompeolas</li> <li>• Muelles</li> <li>• Patios</li> <li>• Bodegas</li> <li>• Equipos</li> <li>• Edificios</li> <li>• Infraestructura eléctrica</li> <li>• Infraestructura de drenaje</li> </ul>
Acceso al puerto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminos/pavimento</li> <li>• Vía férrea</li> <li>• Vías navegables internas</li> <li>• Navegabilidad reducida</li> <li>• Requerimientos de dragado</li> <li>• Restricciones del tamaño de las embarcaciones</li> </ul>
Operaciones del puerto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones de navegación</li> <li>• Atraque y amarre</li> <li>• Actividades de carga y descarga</li> <li>• Transporte en tierra más allá del puerto</li> <li>• Almacenamiento de bienes</li> <li>• Costos energéticos</li> <li>• Condiciones de trabajo</li> </ul>
Ambiente físico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea costera</li> <li>• Área de estuarios/costa</li> <li>• Área de ríos/riberas</li> </ul>
Factores socioeconómicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población (p. ej. desplazamiento)</li> <li>• Actividad económica marítima</li> <li>• Actividad económica terrestre</li> <li>• Patrones de demanda/comercio/mercado</li> <li>• Desempeño social</li> <li>• Pesca e infraestructura relacionada</li> </ul>
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hábitats</li> <li>• Hábitats protegidos</li> <li>• Especies (ej. peces, aves)</li> <li>• Especies protegidas</li> </ul>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo o disponibilidad de seguros</li> <li>• Confiabilidad en el puerto</li> <li>• Reputación del puerto</li> <li>• Riesgo de incendio</li> </ul>

**Fuente:** BID (2021).

Según la UNCTAD, los puertos también son nodos energéticos estratégicos que se encuentran frecuentemente cerca de los grandes grupos industriales, lo que apunta a posibles sinergias y oportunidades de creación conjunta, muy importante para integración del sistema energético (UNCTAD, 2023). Los puertos pueden facilitar la descarbonización, mejorar la eficiencia y la transición energética de múltiples maneras. En roles de propietarios e inversionistas, pueden optimizar el espacio físico y la infraestructura para facilitar proyectos energéticos y soluciones de energía alternativa sostenible. Los puertos también pueden apoyar medidas regulatorias de bajo carbono y mejorar los estándares ambientales y de seguridad para facilitar la producción, el almacenamiento, el abastecimiento y el transporte de combustibles alternativos. Además, pueden crear procesos que apoyen a otras partes interesadas (como los ya mencionados actores involucrados en las operaciones portuarias) a ser más eficientes, iniciar colaboraciones, asociaciones y consorcios comerciales con una amplia gama de actores en el ecosistema de transporte y energía para alinear los objetivos climáticos y desarrollar proyectos relacionados con la energía a lo largo de la cadena de valor de los combustibles de bajo carbono (UNCTAD, 2023).

Es importante destacar que la colaboración e integración de sistemas y entre partes interesadas permite generar beneficios a lo largo de las cadenas logísticas portuarias. De acuerdo con lo señalado por Sánchez y Mouftier (2016), la interacción entre los sistemas portuarios y el incentivo a la inversión en la sostenibilidad son sinónimos de mejor competitividad y buenas condiciones comerciales. En ese sentido, adoptar un enfoque sostenible en las inversiones en infraestructura portuaria a través de medidas de adaptación y respuesta al riesgo climático permitiría una nueva conceptualización de los puertos, más eficiente y mejor integrada a las comunidades. En el contexto actual mencionado de creciente importancia del negocio portuario para los flujos globales de comercio, representaría una gestión logística más eficiente y menos expuesta a interrupciones.

## II. Acciones de adaptación

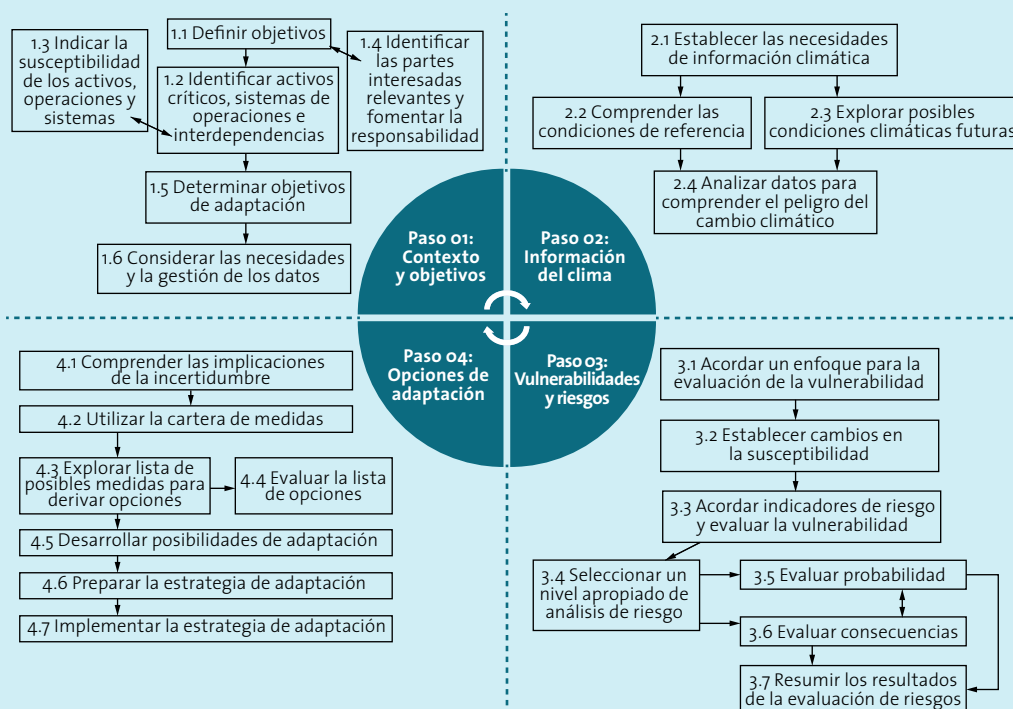
Algunas de las posibles alternativas para gestionar los problemas asociados al impacto del cambio climático en los puertos son las denominadas acciones o medidas de adaptación. De acuerdo con la secretaria de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), “la adaptación se refiere a los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos y sus efectos o impactos”. Este concepto también se refiere a “cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de las oportunidades asociadas con el cambio climático” (ONU Cambio Climático, 2023), importante para gestionar el riesgo climático en infraestructuras y operaciones portuarias.

Las soluciones posibles dependen de los tipos de riesgos asociados, y en algunos casos las intervenciones físicas son necesarias, como las reformas a la infraestructura. Antes de implementar dichas intervenciones, es importante estimar escenarios climáticos de referencia, para anticipar los riesgos y, de esta manera, proponer estrategias de planificación. Hay que recordar que, al no buscar las soluciones de adaptación, aumenta la exposición a los impactos de eventos meteorológicos extremos, como tormentas, vientos intensos, inundaciones, etc., y a los fenómenos climáticos de aparición lenta, como cambios en la temperatura o la elevación del nivel del mar, entre otros (ONU Cambio Climático, 2023).

La Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación (PIANC, por sus siglas en inglés) propone un enfoque de cuatro etapas para la planificación de la adaptación al cambio climático. El primer paso es analizar el contexto y definir los objetivos según los cuales se establecen prioridades. La etapa dos de la metodología es analizar la información climática, lo que permite identificar condiciones de referencia (parámetros y procesos climáticos relevantes) y entender cómo se prevé que cambien en diferentes escenarios climáticos. La etapa tres es analizar las vulnerabilidades y los riesgos. El concepto de vulnerabilidad en este caso se define como el grado en el que algo es susceptible e incapaz de hacer frente a los posibles efectos adversos de los cambios en los parámetros ambientales, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. Por fin, el paso cuatro es entender, desarrollar e implementar las opciones de adaptación (PIANC, 2020). El diagrama 2 resume estas cuatro etapas del proceso, y proporciona más detalles.

## Diagrama 2

Las cuatro etapas en el proceso de planificación de la adaptación climática



Fuente: PIANC, 2020.

La planificación y el proceso de gestión de riesgos incluye también un mapeo en forma de matriz de riesgos, lo cual considera la asignación de criterios de probabilidad e impactos potenciales para cada tipo de riesgo. De acuerdo con esta matriz, se puede definir el tipo de acción que se podría implementar en cada caso. Un estudio del instituto de investigación RTI Internacional en conjunto con el Fondo de Defensa Ambiental (EDF, por sus siglas en inglés), publicado en 2022, establece que la selección de la estrategia más adecuada para cada situación depende de factores como las condiciones locales, las configuraciones portuarias y los costos, así como las amenazas climáticas específicas que enfrentan. Lo más probable es que los puertos necesiten adoptar una combinación de estrategias, las cuales pueden ser definidas como estrategias de respuesta blandas (suaves) o más duras.

### A. Adaptación suave

No todas las estrategias de adaptación en respuesta al cambio climático implican cambios en la infraestructura física. Las estrategias de adaptación “blandas” o “suaves”, por ejemplo, son acciones administrativas con enfoque en la planificación y en aspectos de la toma de decisiones en respuesta al cambio climático (RTI-EDF, 2022). Son medidas concretas que se pueden implementar de manera independiente o en conjunto con otras estrategias.

Este tipo de estrategias consideran mecanismos institucionales, de gobernanza y planificación portuaria, tales como la gestión del uso de la tierra, instrumentos financieros, planes de evacuación y cambios institucionales, con el fin de aumentar la eficacia de la gestión del riesgo climático, reducir las vulnerabilidades y aumentar la resiliencia frente a la incertidumbre. Cabe mencionar otros ejemplos como la implementación de normas de construcción portuaria más eficientes y el aumento de la financiación para la adaptación y la gestión de riesgos (RTI-EDF, 2022).

Las estrategias blandas son medidas que requieren menos recursos y capital y, por lo tanto, brindan un buen punto de partida para que los puertos reduzcan los riesgos climáticos antes de decidir implementar estrategias duras. Si bien la literatura no

proporciona estimaciones de costos cuantificados, las estrategias suaves se describen como relativamente económicas en comparación con los altos costos fijos y las inversiones iniciales requeridas para las intervenciones de adaptación duras, funcionan también como un mecanismo complementario para apoyar otras estrategias (RTI-EDF, 2022).

## B. Adaptación dura

La adaptación dura o difícil consiste en cambios en la infraestructura física de un puerto. Este modelo tiene como principales enfoques las estrategias de elevar, defender y retirar (véase el cuadro 2).

### Cuadro 2

Descripción de las estrategias de adaptación dura o difícil

Elevar	La estrategia de elevación se usa principalmente como una alternativa para abordar el aumento del nivel del mar o el hundimiento de la tierra en áreas portuarias. Consiste en elevar la altura de las infraestructuras portuarias, como muelles, puentes, patios, carreteras y almacenes, utilizando materiales de relleno e instalaciones de reconstrucción.
Defender	Los métodos de defensa consisten en la instalación de estructuras o sistemas para proteger las infraestructuras portuarias de los eventos climáticos intensos, como las fuertes tormentas y marejadas ciclónicas o el aumento del nivel del mar. En general son acciones que requieren muchos recursos, lo que aumenta la necesidad de capital inicial para invertir en las adaptaciones. Incluyen la instalación de diques, malecones, compuertas, rompeolas y sistemas de drenaje, entre otros. Además de sus costos de construcción, las estrategias de adaptación defensiva pueden en algunos casos tener efectos ambientales y operacionales negativos. La construcción de diques y el blindaje costero perturban el entorno marino circundante, lo que también puede causar más problemas a la infraestructura portuaria, incluso debido a la erosión y la salinidad de la superficie del mar. La defensa contra las marejadas ciclónicas también puede restringir el movimiento de los barcos dentro y fuera de los puertos, afectando negativamente su eficiencia operativa.
Retirar	La estrategia de retirada implica reubicar los puertos fuera de las zonas de impacto y hacia elevaciones más altas que estén mejor protegidas del futuro aumento del nivel del mar y marejadas ciclónicas. Si se confirman las predicciones a largo plazo sobre el aumento del nivel del mar, es posible que muchos puertos deban abandonarse por completo. Este es un enfoque muy costoso e incluye gastos como de propiedad de la tierra y los impactos económicos en las comunidades locales. Particularmente en áreas costeras de rápido crecimiento, la adquisición de terrenos para nuevas instalaciones portuarias puede ser difícil y prohibitivamente costosa. Además, la reubicación de puertos suele ser la opción de adaptación menos popular entre las partes interesadas locales. Sin embargo, otras alternativas pueden tener consecuencias negativas aún mayores (por ejemplo, si las medidas de defensa no logran resistir los niveles más altos del mar y las marejadas ciclónicas). Por lo tanto, la reubicación de puertos no puede descartarse como un posible enfoque de adaptación.

**Fuente:** Elaboración propia con base en la información de RTI-EDF (2022), traducido y adaptado por el autor.

## C. Diseño de terminal sostenible

El diseño de los terminales portuarios y puertos también es un componente de adaptación importante para hacer frente al riesgo climático. Consiste en una alternativa que considera ajustes en la infraestructura portuaria para cumplir con criterios ambientales, lo que implica, por ejemplo, definiciones de la longitud de muelles, capacidad de almacenamiento, número de equipos, sistemas de manipulación, control y organización, entre otros. Se reconocen tres enfoques principales en las actividades de diseño (Rijsenbrij y Wieschemann, 2011, traducido y adaptado por el autor):

- i) Personas: respeto y mejora de los aspectos sociales en los sistemas o equipos.
- ii) Planeta: los sistemas, equipos y procesos no deben dañar el entorno natural en el que están activos. Los recursos naturales y la ecología deben ser protegidos.
- iii) Beneficio: los sistemas y procesos deben centrarse en obtener beneficios razonables para sobrevivir y prestar servicios al medio ambiente.

Sin embargo, la definición de diseño sostenible es imprecisa, lo que implica que en muchos casos las posibilidades de adaptación dependan de las interpretaciones y metodologías



seleccionadas. Eso puede impactar la efectividad del diseño utilizado en cada situación. El principal entendimiento actual consiste en el diseño de equipos, instalaciones y operaciones ecológicamente eficientes (Rijsenbrij y Wieschemann, 2011).

En el contexto de los terminales de contenedores, se pueden señalar las siguientes áreas para implementar acciones con enfoque en la sostenibilidad (Rijsenbrij y Wieschemann, 2011, traducido y adaptado por el autor):

- Reducción del uso de energía.
- Operación/diseño ecoeficiente.
- Instalaciones y sistemas durables, extensión de vida útil de equipos.
- Sistemas de manejo de agua y tierra.
- Sistemas de apilamiento.
- Transporte en los terminales.

El enfoque para un diseño de terminal sostenible debe en primer lugar considerar un concepto logístico con características inherentes adecuadas para un manejo y transporte interno sostenible (Rijsenbrij y Wieschemann, 2011). En seguida, se debe seleccionar sistemas de manipulación y equipos relacionados con un bajo impacto en el medio ambiente y un bajo consumo de energía (preferiblemente eléctrica). El tercer paso es diseñar un sistema de control logístico con algoritmos de optimización para minimizar los tiempos de espera en los intercambios y maximizar la utilización de las características funcionales de los equipos instalados.

Los operadores de terminales se enfrentan cada vez más a una demanda de mayor sostenibilidad. Sin embargo, en la mayoría de los casos la toma de decisiones finales con respecto a los diseños de terminales está enfocada en el costo total, para minimizar los gastos con inversiones, en lugar de minimizar los costos operativos anuales dentro de un determinado concepto de terminal. En este sentido, es importante señalar que, para alcanzar el beneficio que permiten las acciones de adaptación en términos de mitigación de los riesgos ambientales, se exige no solo un diseño de terminal sostenible, sino también eficiente en sus características y condiciones operacionales. Esto refuerza la necesidad de aplicar una metodología robusta de análisis económico, que facilite la toma de decisiones en los casos concretos. En ese sentido, cualquier iniciativa de adaptación climática en terminales portuarios también debe enfocarse en los costos y aspectos económicos.

### III. Análisis económico

El análisis económico de los efectos del cambio climático es un desafío. El alto nivel de incertidumbre de los eventos climáticos y la falta de información específica sobre costos dificultan la medición de los riesgos asociados y la evaluación de la factibilidad para implementar medidas de adaptación. La naturaleza y la magnitud de los impactos en un sector o región específica pueden tener efectos también en otros lugares, lo que afecta la elección de las opciones de adaptación adecuadas. Además, muchos de los efectos tienen impacto a largo plazo, lo que presupone la aplicación de una tasa de descuento al calcular los costos futuros, la cual a su vez también presupone incertidumbre, dado que las personas tienden a otorgar menos peso a un beneficio o costo en el futuro que a un beneficio o costo ahora.

Tales características dificultan a los tomadores de decisiones determinar la cantidad de recursos que deben asignar a la adaptación en cada caso, pero es posible estimar aproximaciones que faciliten este objetivo. Esta sección presenta una metodología estándar que permite por un lado calcular los impactos climáticos en términos monetarios y compararlos con los costos de las medidas de adaptación (análisis de costo-beneficio). Por otro lado, cuando los datos cuantitativos referentes a los impactos de los fenómenos climáticos no estén disponibles, o cuando no existan técnicas de valoración económica adecuada, el modelo también dispone de herramientas que permiten incorporar el riesgo

climático en el análisis de la toma de decisiones. El modelo tiene como referencia el estudio propuesto por la consultoría Metroeconomica (2004), aplicado en los casos del terminal marítimo Muelles el Bosque (MEB), en Cartagena, Colombia, y del puerto de Manzanillo, en México.

En primer lugar (paso 1), se hace la evaluación de impacto: la identificación y la medición de los efectos del cambio climático. Esta etapa se basa en el análisis de cadenas de “causa-efecto” (o vías de impacto), las cuales vinculan los impactos directos del cambio climático, como la erosión costera o las inundaciones (“impactos de orden inferior”), con los efectos derivados que resultan de estos fenómenos, como la pérdida del hábitat natural en consecuencia de inundaciones, o los cambios en el número total de visitantes a un local, por ejemplo (“impactos de orden superior”). Las cadenas de “causa-efecto” se presentan en forma de **matrices de impacto**, las cuales resumen los efectos anticipados del cambio climático en una serie de sectores sensibles. Las matrices permiten vincular los impactos a guías de valoración, las cuales identifican los métodos de valoración económica apropiados en cada caso, para convertir el impacto físico en valores monetarios. Esto puede implicar emprender un estudio detallado de impacto climático (Metroeconomica, 2004).

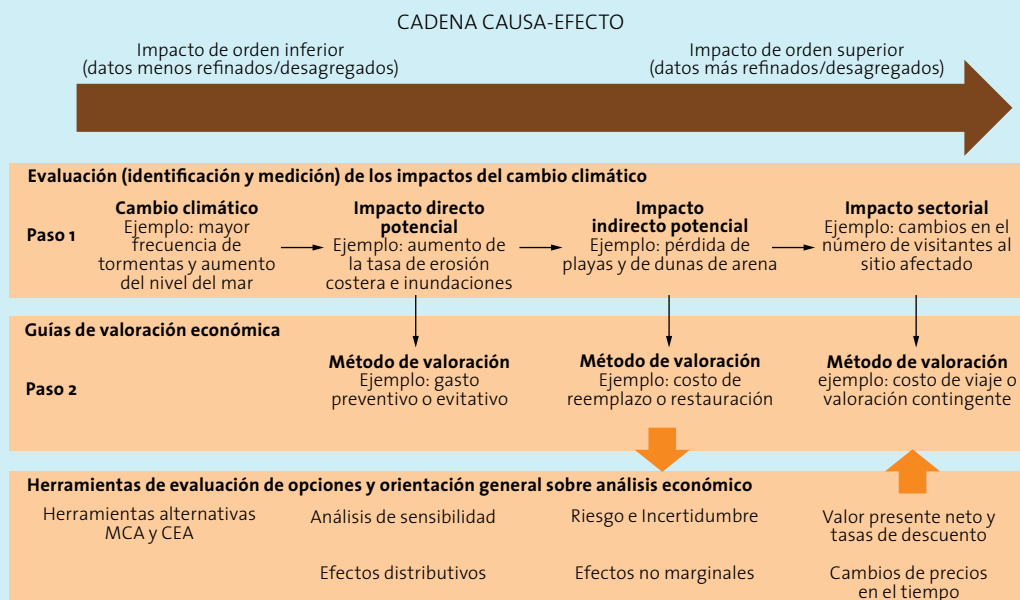
En el paso 2, se hace la valoración de los impactos de acuerdo con prácticas estándar de análisis económico. En esta etapa, se consideran las directrices e instrucciones sobre cual técnica debe ser utilizada en cada caso o tipo específico de impacto del cambio climático. La metodología es flexible, permite al usuario seleccionar una guía de valoración compatible con los datos a su disposición, el nivel de precisión requerido y los recursos disponibles: experiencia, tiempo y recursos financieros (Metroeconomica, 2004). Este enfoque de análisis desde abajo hacia arriba (“bottom-up”) en general logra alcanzar un mayor nivel de detalles, lo que permite la flexibilidad de proporcionar ajustes en variables estimadas, pero se reconoce que es un método que en general exige más tiempo y costos, debido al alto nivel de información de entrada necesaria para los modelos de valoración.

Si el impacto climático afecta a un activo o a un bien o servicio comercializado, se usan técnicas convencionales de valoración basadas en el mercado, como el enfoque de “cambios en la productividad”, en el que se analiza la eficiencia en el uso de insumos y productos, o métodos de análisis basados en costos, como las técnicas de “costo de reemplazo” y “gasto preventivo”. Cuando el impacto es sobre bienes o servicios no comercializados, como hábitats y biodiversidad, es necesario realizar estudios primarios que utilicen técnicas económicas como: el “análisis hedónico” (valoración utilizando los precios de los bienes comercializados relacionados); el “costo de viaje” (que utiliza el precio total que los usuarios pagan para llegar a un sitio); o ‘valoración contingente’ (encuestas que preguntan directamente a las personas qué valor le dan a un bien o servicio). Estos casos son más difíciles de valorar y frecuentemente el análisis no es factible, pero es importante considerar que desde el punto de vista de la toma de decisiones (para un árbol de decisión, por ejemplo), la información de que un beneficio supera el costo de una actividad es suficiente, sin que sea necesario determinar la magnitud exacta de los impactos (Metroeconomica, 2004).

También se consideran componentes de análisis de riesgos en el modelo, como el criterio de costo/beneficio, utilizado para evaluar si los beneficios totales de una adaptación superan sus costos, o técnicas de toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, como los criterios “maximin”, “maximax”, Laplace, Hurwicz, o Savage. Otras técnicas, como “valor presente neto” o “valor presente neto esperado” son útiles, pero mejor aplicadas cuando el tomador de decisiones tiene más información sobre los impactos y certeza sobre los resultados, lo que no suele ser el caso de los efectos del cambio climático. Las técnicas para probar los factores que sustentan los resultados estimados incluyen el análisis de sensibilidad, simulaciones y análisis de intervalos (Metroeconomica, 2004). El diagrama 3 presenta un resumen de las etapas del modelo.

### Diagrama 3

La estructura general de la metodología de estimación de costos, tomando como ejemplo las zonas costeras



Fuente: Metroeconomica, 2004.

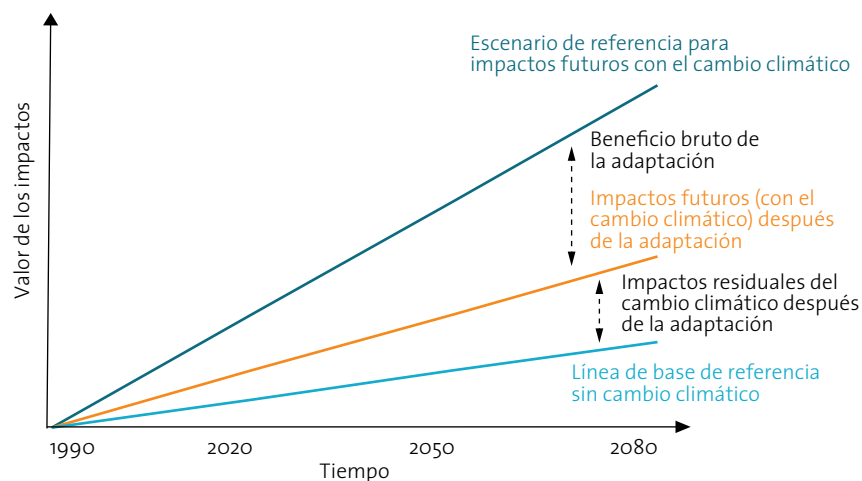
Las herramientas de análisis de la toma de decisiones consideradas también son capaces de tratar riesgos no valorados, lo que es útil en los casos de que no es factible expresar los riesgos relevantes en términos monetarios, ni es el “beneficio neto” como el único criterio por el cual se juzga el éxito de una opción. Para considerar estos casos, se han desarrollado herramientas, como el análisis de rentabilidad (CEA, por sus siglas en inglés para “*cost-effectiveness analysis*”) y análisis multicriterio (MCA, por sus siglas en inglés para “*multi-criteria analysis*”). Todas estas herramientas se utilizan para respaldar el componente de evaluación opcional del marco de toma de decisiones (Metroeconomica, 2004).

La aplicación de este modelo a los 2 estudios de caso presentados más abajo, el del terminal MEB y el del puerto de Manzanillo se hizo en tres etapas: (1) “caso de línea base”, en el que se establecieron proyecciones futuras de referencia sin tomar en cuenta los efectos del cambio climático; (2) una etapa de “casos de cambio climático”, en la que se estimaron las implicaciones financieras de los impactos del cambio climático para un rango de escenarios dentro del modelo financiero; y, (3) un análisis de “cambio climático con casos de adaptación”, en el que se evalúa el costo financiero y los beneficios de las opciones de adaptación y se identifican las medidas de adaptación económicamente óptimas. El gráfico 1 resume los 3 casos.

Se puede pensar en la reducción (mejora) del riesgo como la “eficacia” o el beneficio bruto de la adaptación, calculado en unidades físicas, multiplicado por el valor unitario económico del impacto evitado. Esto se aprecia en el gráfico 1 como el escenario de referencia para impactos futuros considerando cambio climático, menos el impacto estimado del cambio climático cuando se aplican las medidas de adaptación. Se nota también que incluso después de la adaptación, persisten algunos impactos residuales del cambio climático, que corresponden a los resultados de efectos no previstos o no valorados en el modelo.

**Gráfico 1**

Modelo financiero esquemático para escenarios proyectados

(En unidades físicas<sup>a</sup>)**Fuente:** Metroeconomica, 2004.

<sup>a</sup> Esta versión ha sido adaptada por el autor, que adopta valores ficticios para ilustrar la lógica del modelo y los efectos señalados. Las unidades señaladas en el gráfico original corresponden a "unidades físicas".

## IV. Estudios de caso

Los puertos considerados en este documento como casos de estudio son ejemplos de las dos costas de la región de América Latina y el Caribe, y se encuentran entre las principales rutas de transporte marítimo de sus respectivos países y de la región. En primer lugar, se analiza el terminal marítimo MEB, ubicado en la Bahía de Cartagena, en el Mar del Caribe, al norte de Colombia. Esta es la cuarta zona portuaria más grande de América Latina y el Caribe, de acuerdo con el comportamiento del *throughput* en 2021 (Barleta y Sánchez, 2022), y su ubicación es clave para el comercio de la región. El MEB está muy cerca de las principales rutas transoceánicas a través del canal de Panamá y es utilizado como centro de transbordo por varias líneas de transporte de contenedores. Cabe destacar que es el puerto más grande y seguro de la costa norte de Colombia y fue el primer terminal marítimo de propiedad privada en Colombia, establecido en 1992 (CFI, 2011).

El documento de referencia para este caso es el estudio de 2011 de la Corporación Financiera Internacional (CFI), Banco Mundial, que compara proyecciones financieras a futuro con el escenario sin cambio climático, en base a la información proporcionada por el terminal. Para esto, se calculan acciones de adaptación optimizadas financieramente, con base en el costo actual neto de la adaptación (valor descontado de las futuras inversiones en adaptación).

El segundo caso presentado es el puerto de Manzanillo, en México, quinta mayor zona portuaria en términos de *throughput* en América Latina y el Caribe en 2021, donde se ubica la séptima mayor terminal de movimiento de contenedores en la región (Barleta y Sánchez, 2022). El puerto está ubicado en el estado mexicano de Colima, en la costa del Océano Pacífico, y se ha posicionado como la principal entrada para el manejo de mercancías en el comercio internacional de las zonas centro y bajo de la República Mexicana, que representan a su vez más del 67% del PIB del país y donde radica el 55% de la población nacional. Es para México la principal entrada de contenedores, con una participación del 68% en el océano Pacífico mexicano y el 46% en todo el país (API Manzanillo, 2023). En este caso, el estudio de referencia es el reporte final de septiembre 2015 del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) intitulado "Puerto de Manzanillo: Gestión de Riesgos Climáticos", realizado en colaboración con la Administración Portuaria Integral de Manzanillo (BID, 2015).

## A. Terminal marítimo Muelles el Bosque (MEB), Colombia

La bahía de Cartagena es la región portuaria más grande de la costa norte de Colombia. La ubicación brinda protección natural contra el oleaje, y su posición en una costa orientada al noroeste en el mar del Caribe también protege contra las marejadas y las tormentas provenientes del Atlántico (CFI, 2011). El acceso es posible a través de dos canales: “Bocagrande”, en el extremo norte, y “Bocachica”, en la entrada sur.

El MEB es un terminal multipropósito que maneja carga contenerizada, carga general, granos y coque, ubicado en “El Bosque”, una zona mixta industrial y residencial de la ciudad de Cartagena (CFI, 2011). El estudio de referencia para análisis de este caso fue publicado por el programa de adaptación del CFI, en respuesta a la preocupación con problemas como el aumento del nivel del mar, las sequías, las inundaciones, las olas de calor y las tormentas, y los posibles desafíos logísticos asociados. El estudio analiza los riesgos y oportunidades relacionados con el clima en el terminal, y las posibles acciones de adaptación climática para considerar. El cuadro 3 presenta las principales áreas de riesgo consideradas en el documento y las posibles implicaciones.

### Cuadro 3

Terminal MEB: áreas de riesgo afectadas por el cambio climático y nivel de clasificación de las posibles implicaciones

#### Áreas de riesgo

Niveles y patrones de demanda que afectan el comercio

Navegación y atraque

Manipulación de mercancías

Movimientos de vehículos dentro del puerto

Almacenamiento de mercancías

Transporte terrestre más allá del puerto

Rendimiento ambiental

Desempeño social

Seguros

#### Nivel de clasificación de las implicaciones

##### Financiero

Situación en la que el cambio climático afecta a las ganancias.

##### Operacional

Cuando el cambio climático tiene implicaciones para la operación y la eficiencia del equipo del puerto.

##### Salud y seguridad

Situación en la que el cambio climático tiene efectos sobre la salud y la productividad de los trabajadores.

##### Comunidad local

Situación en la que el cambio climático tiene implicaciones para las relaciones comunitarias.

##### Partes interesadas externas

Situación en la que la adaptación al cambio climático requiere cooperación, financiamiento o aceptación de los gobiernos.

##### Ambiental

Situación en la que el cambio climático influye en el desempeño ambiental del puerto.

##### Reputación

Situación en la que el cambio climático afecta la opinión de los clientes y de la sociedad sobre la confiabilidad y calidad de la instalación portuaria.

**Fuente:** Elaboración propia con base en la información de CFI (2011).

Los riesgos específicos considerados en el análisis fueron incluidos en una matriz que identificó puntajes de probabilidad y posibles consecuencias en cada caso, según los cuales se asignaron niveles de riesgo como bajo, medio, alto, muy alto o, por el contrario, también las oportunidades. La metodología contiene definiciones claras para cada uno de los puntajes asignados. En general, la evaluación demostró que el principal riesgo de cambio climático para MEB en términos financieros es la inundación del camino que conecta el terminal a su isla adyacente (isla del diablo) y la interrupción de los movimientos de vehículos debido al aumento del nivel del mar. El segundo riesgo financiero potencial más importante en este caso son los posibles impactos del cambio climático en los niveles y patrones de demanda que afectan el comercio y podrían reducir los ingresos del terminal, con impacto máximo entre 1% y 3% del EBITDA sin cambio climático proyectado en 2100. Las principales acciones de adaptación sugeridas fueron las siguientes (CFI, 2011):

**1. Elevar la altura del camino que conecta el terminal a su isla adyacente, de manera a evitar inundaciones e interrupciones causadas por el aumento del nivel del mar**

El estudio del CFI estimó que la adaptación no sería difícil. El camino que conecta el terminal a su isla adyacente (isla del diablo) es una pista de grava, rápido y fácil de levantar, aunque el costo de la interrupción del negocio causada por las obras sería un factor importante para considerar. Para 2032, en el informe se estimó el costo anual (sin descontar) de inundaciones en este camino entre el 3% y el 7% de las ganancias proyectadas del terminal. Al aplicar una tasa de descuento del 16% (sugerida por MEB), el costo actual neto de elevar la altura de la pista en los escenarios de adaptación estimados hasta 2100 sería inferior a 100 mil dólares corrientes en el escenario de aumento del nivel del mar observado, e inferior a 200 mil dólares corrientes en el escenario de aumento del nivel del mar acelerado (lo que representaría menos del 1% de las ganancias de MEB en 2100).

**2. Pavimentar las zonas no pavimentadas (mantenimiento), de manera a mejorar los movimientos de vehículos dentro del puerto**

La pavimentación requeriría un gasto de capital estimado de 2,5 millones de dólares que, utilizando la tasa de descuento del 16%, sugerida por el MEB, tardaría aproximadamente 16 años en amortizar la inversión. En ese contexto, y debido a la incertidumbre de los impactos del cambio climático en las carreteras y el tiempo de recuperación relativamente largo de la pavimentación, la mantención no se justificaría únicamente por los riesgos del clima. Sin embargo, es importante considerar los beneficios adicionales de la pavimentación, como la reducción de la producción de polvo, mejoras en la salud de los trabajadores y la comunidad, mejoras en la seguridad, garantizar la continuidad del negocio y reducir el desgaste de los vehículos. MEB ha declarado que esta es una medida que pretenden implementar, independientemente del cambio climático (CFI, 2011).

**3. Mejorar el drenaje en el terminal**

Algunas de las medidas de adaptación posibles incluyen el mantenimiento de pavimentos y rejillas para asegurar la máxima capacidad de drenaje, la instalación de válvulas en las salidas de drenaje, y a su vez garantizar inspecciones regulares de todas las áreas de drenaje para anticipar riesgos potenciales antes de que resulten en reparaciones de alto costo. Estas medidas se pueden implementar casi de inmediato y a bajo costo. Además, el impacto del cambio climático puede hacer necesario elevar las salidas de drenaje y aumentar el diámetro de las tuberías en el terminal, para evitar la sobrecarga.

**4. Desarrollar el conocimiento y/o el comercio de productos básicos resilientes al clima**

Si el cambio climático comienza a mostrar efectos adversos en algunas de las variedades de cultivos que MEB transporta, se podría enfocar algún esfuerzo de desarrollo comercial para atraer productores de aquellos cultivos que crecerán favorablemente en un futuro con cambios climáticos.

## 5. Gestión de los costos de energía para refrigeración de productos

En el caso de aumentos en los costos de energía impulsados por el aumento de las temperaturas, se estima que el terminal tiene como alternativas de adaptación reducir el consumo de energía y/o asegurar que el costo se transfiera a los clientes. Una mayor eficiencia energética de los contenedores frigoríficos permitiría menor impacto del riesgo climático en este caso.

## 6. Proteger los bienes de las inundaciones de agua de mar

Las principales acciones de adaptación sugeridas en este caso son reorganizar el almacenamiento para garantizar que la carga perecedera se ubique en áreas menos vulnerables, proporcionar protección contra inundaciones de emergencia a los depósitos y áreas de almacenamiento, aumentar la altura del muro alrededor del patio, la altura del propio patio y de las bodegas. Hay poco espacio en los límites del puerto actual para reorganizar el almacenamiento en áreas menos vulnerables, por lo que aumentar la protección en estos puede ser la primera opción de adaptación disponible (CFI, 2011).

## 7. Contratar seguro adicional

Como acciones de adaptación, también es importante asegurar que las coberturas de seguro contratadas tengan en cuenta consideraciones referentes a los costos de interrupción del negocio derivados de peligros relacionados con el clima que afectan a los clientes, e inundaciones, vientos fuertes o lluvias intensas que afecten el acceso y salida del puerto o la circulación de vehículos. También se debe tener en cuenta que algunas aseguradoras podrían estar dispuestas a ofrecer primas de seguro más bajas para las empresas que emprenden acciones que reducen los riesgos climáticos. Por lo tanto, CFI (2011) recomienda negociar los términos de los seguros del terminal junto con las opciones de adaptación discutidas anteriormente.

## B. Puerto de Manzanillo, México

---

El puerto de Manzanillo es reconocido internacionalmente como uno de los principales puertos de carga a nivel global, tiene una posición de liderazgo en el océano Pacífico mexicano, es un nodo crítico entre la región y el cinturón industrial más importante del país (un área que incluye el norte, centro y occidente). El puerto es gestionado por la Administración Portuaria Integral (API) Manzanillo, una institución federal creada en 1994 que tiene la concesión para administrarlo, promoverlo, construirlo y mantenerlo (BID, 2015).

El puerto ha sido un centro de comercio marítimo importante desde la época de la colonia, actuando como punto de origen y destino para flotas de exploración marítima que conectan Asia con Centroamérica. La ubicación geográfica del puerto, su cercanía a Estados Unidos de América y su posición con relación a las rutas marítimas en el océano Pacífico ha ayudado al desarrollo del puerto como un *hub* para el comercio regional (BID, 2015).

En 2021, el Manzanillo registró un incremento de 15,9% en el movimiento de contenedores en comparación con el *throughput* de 2020, el cuarto mayor aumento entre los 10 principales puertos de la región, atrás de Lázaro Cárdenas en México (+58,5%), Kingston en Jamaica (+22,6%) y San Antonio, en Chile (+18,2%). Esto demuestra una importante recuperación tras la flexibilización de las restricciones impuestas por la pandemia de COVID-19.

En este caso, el documento de referencia utilizado propone analizar los riesgos y las oportunidades relacionados con el clima en un estudio de prácticas sustentables y un plan de adaptación en el puerto. Así como en el caso anterior, se proponen medidas de adaptación para riesgos considerados como prioritarios (véase el cuadro 4).

**Cuadro 4**

Puerto de Manzanillo: áreas de riesgo afectadas por el cambio climático e implicaciones, de acuerdo con clasificación de prioridad

Área de riesgo del puerto	Riesgo climático
<b>Riesgos de alta prioridad</b>	
Infraestructura, edificios y equipo	El aumento en la frecuencia de las lluvias causa daño en la infraestructura y equipo debido a inundaciones superficiales.
Servicios portuarios	El incremento en la frecuencia de las lluvias causa aumento en la sedimentación de la cuenca del puerto, reduciendo el tamaño de calado para los buques y el acceso a las terminales.
Rutas comerciales Pérdida de Conectividad del puerto con rutas de transporte terrestre	Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones con aguas superficiales en los caminos de acceso internos y de entrada al puerto, causando trastornos en las operaciones. Aumento en la frecuencia de las lluvias causa inundaciones con aguas superficiales de las vías férreas internas del puerto, causando trastornos en las operaciones.
<b>Riesgos de prioridad media y baja</b>	
Almacenamiento de mercancías	Aumento de las temperaturas promedio y máxima causa incremento de los costos de refrigeración y congelación.
Manejo de mercancías	Aumento en la intensidad de las lluvias causa incremento de paros en el equipo de manejo, por ejemplo, visibilidad del operador de la grúa y del montacargas. Un menor número de días de lluvia reduce las demoras por lluvia en la carga y descarga de los buques. Aumento del nivel del mar combinado con marejadas provoca inundaciones en el puerto y paros en el manejo de mercancías. Aumento en la intensidad máxima y duración de los ciclones tropicales provoca más paros en las actividades de manejo.
Daños a la infraestructura, edificios y equipo	La velocidad del viento en las tormentas extremas daña el equipo de manejo. Aumento del nivel del mar combinado con marejadas provoca inundaciones en el puerto que resultan en daño al equipo del puerto y a su infraestructura.
Servicios portuarios	Incremento en la intensidad de las lluvias requiere incremento del mantenimiento del sistema de drenaje del puerto. Aumento en la intensidad máxima y duración de los ciclones tropicales asociado con el viento y la actividad de las olas conducen al cierre del puerto, problemas de amarre y <i>downtime</i> operacional. Incremento en el nivel del mar promedio reduce la disponibilidad de amarre al exceder el límite mínimo de altura del muelle de los buques.
Rutas comerciales Transporte terrestre en red más amplia	Las tormentas tropicales, inundaciones y nieve afectan la ampliación de las redes carreteras y ferroviarias en México usadas por los usuarios del puerto, causando interrupciones y demoras en el movimiento de mercancías desde y hacia el puerto.
Rutas comerciales Transporte Marítimo	Incremento de los trastornos al transporte marítimo regional e internacional por las tormentas tropicales.
Ambiental	Aumento de problemas por la generación y dispersión de polvo en condiciones secas tanto dentro del puerto como en las áreas municipales de los alrededores. Factores climáticos cambiantes y la expansión del puerto afectan el desempeño ambiental de APIMAN y los costos del seguro para el hábitat del manglar. Incremento de pérdida de la calidad del agua y del hábitat bentónico debido al incremento en el mantenimiento de dragado y eliminación del material de dragado.
Social	Cambios en la temperatura y humedad relativa conducen a condiciones más favorables para la proliferación del mosquito del dengue y de la <i>chikungunya</i> , y por lo tanto se dan más casos de estas enfermedades. Incremento de las temperaturas máximas causa incremento en el riesgo de golpe por calor y deshidratación de los trabajadores del puerto. Incremento en las temperaturas unido a baja precipitación conduce a incremento en la generación de polvo y más casos de conjuntivitis. Incremento en las temperaturas unido a baja precipitación conduce a incremento en la generación de polvo lo cual afecta de manera adversa la relación del puerto con la comunidad local.



Área de riesgo del puerto	Riesgo climático
Patrones de demanda y consumo	Impactos del cambio climático en la economía global que afectan el flujo comercial en el puerto. Impactos del cambio climático en las economías de los países con los que el puerto tiene comercio que afectan los flujos comerciales en el puerto. Impactos del cambio climático en la economía de México que afectan los flujos comerciales en el puerto.
Competencia con otros puertos	Cambios en los ciclones tropicales que afectan el atractivo de Manzanillo respecto a otros puertos.
Implicaciones de posibles acuerdos sobre emisiones GEI	Incremento de los precios de importación de combustible fósil que afecta el volumen del flujo de petróleo y sus derivados. Efectos de la política de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la carga de gran volumen (por ejemplo, minerales y vehículos) que afecta el flujo de la carga de estos productos.
Implicaciones de la evolución del mercado de seguros	Incremento en daños y trastornos debidos a fenómenos extremos que llevan a un incremento de reclamos y primas de seguro y deducibles más altos para la API Manzanillo y/o las terminales. Las compañías aseguradoras ofrecen condiciones más favorables al puerto debido a la implementación de medidas que reducen el riesgo en el Plan de Adaptación.

**Fuente:** Elaboración propia con base en la información de BID (2015).

La evaluación demostró que los riesgos del cambio climático con el impacto financiero más relevante para el puerto son: 1) el incremento de las inundaciones, 2) el incremento en costos de mantención asociado a las interrupciones de los movimientos de vehículos y trenes 3) el incremento en la intensidad de las lluvias, que causa mayor sedimentación en la cuenca del puerto (reduce el calado para los buques, afecta el acceso a las terminales, y aumenta el mantenimiento de dragado, lo que también interrumpe las operaciones de algunas terminales), y 4) los impactos del cambio climático en la economía global, que a su vez, podrían afectar el comercio a través del puerto. Los impactos financieros son significativos, pero no son suficientemente severos como para representar riesgos a la continuidad del negocio en el puerto en el mediano o largo plazo (BID, 2015).

Se puede decir que muchas de dichas áreas están relacionadas con el caso anterior de Colombia, porque presentan problemáticas comunes. En este caso, se proponen medidas de adaptación prioritarias en cuatro categorías: 1) operacional, con cambios en procesos y procedimientos que construyen las capacidades de adaptación; 2) soluciones de estructura rígida y diseño de ingeniería de carácter estructural; 3) soluciones de adaptación en base a ecosistemas; y 4) medidas híbridas, una combinación entre las anteriores. Dichas medidas asignan diferentes niveles de costos y efectividad asociados para su implementación, y se proponen líneas de acción relevantes específicas para cada uno de los diferentes niveles de la administración pública: federal, estadual y municipal.

Entre las categorías, se destacan las soluciones de adaptación basadas en ecosistemas (AbE), medidas naturales de tipo *win-win* en las que la biodiversidad y los ecosistemas son usados como parte de una estrategia más amplia de adaptación, con el manejo sostenible y eficiente de recursos naturales. Algunas posibilidades en este caso son la “infraestructura verde”, que utiliza en su composición intervenciones en sistemas naturales o seminaturales, como la reforestación, la protección de los hábitats costeros, como los manglares, que aporta defensas naturales contra inundaciones, y el drenaje natural para reducir las inundaciones (UNEP, 2020).

## V. Consideraciones finales

Los riesgos climáticos a los que están expuestos los puertos, a su vez, suponen un desafío creciente para el funcionamiento de los ecosistemas portuarios. Los factores relacionados con el clima afectan la competitividad de los puertos y están asociados con el desarrollo de sus estrategias de negocios a mediano y a largo plazo.

En este documento se proponen alternativas de adaptación a los fenómenos climáticos con enfoque en el impacto económico de escenarios futuros. Los ejemplos mencionados tienen la intención de establecer una hoja de ruta para que las partes interesadas en el mercado portuario tengan una referencia de cómo analizar y proceder en el tema. De esa manera, los conceptos pueden aplicarse en casos específicos, de acuerdo con las realidades de cada puerto, la infraestructura y las actividades logísticas consideradas.

Uno de los desafíos clave a considerar en un análisis de impacto del cambio climático desde el punto de vista económico es la estimación de costos. El marco teórico presentado en este documento para el contexto portuario menciona herramientas que pueden ayudar en dicho proceso, aún en el caso de que los datos cuantitativos no estén disponibles, o cuando no existan técnicas de valoración económica específica. Los tipos de adaptación (suave o dura), el diseño de terminal sostenible, las etapas del proceso de planificación y el modelo de análisis económico presentado, por ejemplo, facilitan la búsqueda de alternativas, la identificación y valoración de soluciones, así como la administración de los riesgos generados por el cambio climático de acuerdo con criterios sólidos.

Los estudios de caso indican algunos de los principales riesgos y preocupaciones posibles; y soluciones concretas tomando en cuenta objetivos no solo ambientales, sino también sociales. Es importante señalar que, como se mencionó anteriormente en este documento, los impactos del cambio climático aumentan con el tiempo, lo que a su vez genera un incremento en los costos de las alternativas de adaptación. En ese sentido, en general entre más temprano se implementen las iniciativas en los proyectos de adaptación al cambio climático, serán más económicamente viables y efectivas.

La información climática futura estimada y las condiciones observadas son diferentes en cada ubicación portuaria. Por ello, las variables específicas para evaluar el riesgo climático también cambian de un puerto a otro. No obstante, el enfoque de evaluación del riesgo y la mayor parte de las posibilidades de adaptación presentadas en este boletín se pueden aplicar en cualquier puerto de la región. El análisis y la implementación de las acciones es un desafío, pero “cuanto más rápido cambie el clima y más tiempo se pospongan los esfuerzos de adaptación, más difícil y costoso podría ser” (ONU Cambio Climático, 2023).

## VI. Bibliografía

- Aita, D. (2022), “Digitalización en puertos: aplicación de gemelos digitales en la complejidad logística”, *Boletín FAL* No. 393, número 3, agosto, Santiago de Chile [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48050-digitalizacion-puertos-aplicacion-gemelos-digitales-la-complejidad-logistica>.
- API Manzanillo, Gobierno de México (2023), julio [en línea] <https://puertomanzanillo.com.mx>.
- Banco Interamericano de Desarrollo, BID (2015), *Puerto de Manzanillo: Gestión de Riesgos Climáticos*, Reporte Final, septiembre [en línea] <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17116/puerto-de-manzanillo-gestion-de-riesgos-climaticos-reporte-final>.
- Banco Interamericano de Desarrollo, BID Invest (2021), *Riesgo climático y puertos: guía práctica sobre el fortalecimiento de la resiliencia*, julio [en línea] <https://www.idbinvest.org/es/publicaciones/riesgo-climatico-y-puertos-guia-practica-sobre-el-fortalecimiento-de-la-resiliencia>.
- Barleta, E. y R. Sánchez, (2022), “Informe Portuario 2021: las primeras señales de recuperación en el transporte marítimo internacional vía contenedores de América Latina y el Caribe”, *Boletín FAL* No. 391, número 1, mayo, Santiago de Chile [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47901-informe-portuario-2021-primeras-senales-recuperacion-transporte-maritimo>.
- Corporación Financiera Internacional (CFI), Banco Mundial (2011), “*Climate Risk and Business: Ports*, Terminal Marítimo Muelles el Bosque, Cartagena, Colombia”, julio [en línea] <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/659131468027590522/climate-risk-and-business-ports-terminal-maritimo-muelles-el-bosque-cartagena-colombia>.

- Banco Mundial (2010), “*Port reform toolkit (English)*”, “*Effective Decision Support for Policymakers*”, Washington, D.C., julio [en línea] <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/120991468762301637/port-reform-toolkit>.
- ITF (2023), *ITF Transport Outlook 2023*, OECD Publishing, Paris [en línea] <https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en>.
- Metroeconomica (2004), “Costing the impacts of climate change in the UK: overview of guidelines”, *UKCIP Technical Report*, UKCIP, Oxford [en línea] [https://www.ukcip.org.uk/wp-content/PDFs/Costings\\_overview.pdf](https://www.ukcip.org.uk/wp-content/PDFs/Costings_overview.pdf).
- ONU Cambio Climático (2023), secretaria de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), agosto [en línea] <https://unfccc.int/es/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/que-significa-adaptacion-al-cambio-climatico-y-resiliencia-al-clima>.
- Organización Marítima Internacional, OMI (2023), “Quiénes Somos”, julio [en línea] <https://www.imo.org/es/about/Pages/Default.aspx>.
- PIANC (2020), *Climate Change and Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*, World’s Association for Waterborne Transport Infrastructure, EnviCom WG PIANC Report No 178, Environmental Commission, enero, Bruselas, Belgica.
- Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas, *UN WFP (2023), Logistics Capacity Assessments (LCAs)*, julio [en línea] <https://dlca.logcluster.org>.
- Rijsenbrij, J. C. y A. Wieschemann, (2011), “Sustainable Container Terminals: A Design Approach”, *Handbook of Terminal Planning*, P. 61-82, Springer, Nueva York.
- RTI International, Environmental Defense Fund and EDF (2022), *Act Now or Pay Later: the Costs of Climate Inaction for Ports and Shipping*, marzo [en línea] <https://www.edf.org/sites/default/files/press-releases/RTI-EDF%20Act%20Now%20or%20Pay%20Later%20Climate%20Impact%20Shipping.pdf>.
- Sánchez, R. J. y L. Mouftier, (2016), “Reflexiones sobre el futuro de los puertos: del estrés actual al cambio y la innovación del futuro”, *Boletín FAL* 352, número 8, agosto, Santiago de Chile.
- UNCTAD (2023), “*Thinking the future energy model nodes of the world*” (2023), marzo [en línea] <https://unctad.org/news/transport-newsletter-article-no-103-future-energy-nodes>.
- \_\_\_\_ (2021), “Crisis Protocol and Communication Strategy”, Participant manual, Section 1, *Special Course on Building Port Resilience Against Pandemics (BPR)*, marzo [en línea] <https://tft.unctad.org>.
- UNEP, (2020), “Seis formas en que la naturaleza puede protegernos del cambio climático”, junio [en línea] <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/seis-formas-en-que-la-naturaleza-puede-protecternos-del-cambio>.
- Weikert Bicalho, F. (2021), “Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe”, *Serie Comercio Internacional*, N° 160, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), febrero [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46646-infraestructura-resiliente-un-imperativo-desarrollo-sostenible-america-latina>.

## VII. Publicaciones de interés



*Boletín FAL N° 372*

### Hacia la descontaminación del transporte marítimo internacional

Eliana Barleta  
Ricardo Sánchez

El presente *Boletín FAL* tiene dos objetivos. El primero es compartir información y algunas reflexiones sobre la norma IMO 2020. Para alcanzar dicho objetivo, será introducido el anexo VI de MARPOL, como también los posibles impactos, expectativas e incertidumbres en el sector marítimo. Para complementar las informaciones y reflexiones presentadas por los autores, serán, además, añadidos comentarios de profesionales y expertos del sector que contestaron la encuesta creada por los mismos autores con el objetivo de analizar en qué situación se encuentra la región de América Latina y el Caribe frente a este cambio reglamentario. El segundo objetivo es presentar de manera breve e introductoria el estudio que está siendo desarrollado por la Unidad de Servicios de Infraestructura (USI) para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte marítimo internacional de los países de la región.

Disponible en:



*Boletín FAL N° 384*

### Las emisiones de CO<sub>2</sub> en las importaciones marítimas de América Latina y revisión del cálculo de las exportaciones

Eliana Barleta  
Ricardo Sánchez  
Silvana Sánchez

En el *Boletín FAL N° 373* publicado en enero del 2020, se documentaron los primeros esfuerzos de una metodología rápida para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte marítimo de las exportaciones regionales. Dando continuidad a la investigación realizada, el presente estudio tiene como objetivo aplicar dicha metodología al caso de las importaciones de los mismos países considerados en la publicación anterior. Asimismo, tomando en consideración los comentarios recibidos por dicha publicación, se hicieron algunos ajustes metodológicos y se aumentó la muestra, por lo cual se incluye una revisión del cálculo de las exportaciones, alcanzando la muestra una representatividad del 82% del total de las exportaciones de América Latina y el Caribe.

Disponible en: