

La logística en un mundo de +2 °C

Un llamado a expedidores y proveedores de servicios logísticos a acelerar los esfuerzos por reforzar la resiliencia climática de las cadenas de suministro mundiales

Hamburgo, mayo de 2025

Fundación Kühne y Kuehne Climate Center

La Fundación Kühne es una fundación operativa familiar dedicada principalmente a ejecutar sus propios proyectos y programas. Su labor se centra en cuatro áreas principales: logística, medicina, cultura y clima. El Kuehne Climate Center, creado en 2023, desarrolla e implementa soluciones logísticas que reducen emisiones, eliminan CO₂ de la atmósfera y fuerzan la resiliencia climática, con el objetivo de impulsar una transición hacia una sociedad baja en carbono y más justa, especialmente en regiones de ingresos bajos y medios.

Autores

Sophie t'Serstevens y Mark Major,
Kuehne Climate Center

Agradecimientos

El Kuehne Climate Center desea agradecer a Alan McKinnon, Regina Asariotis y Pietro D'Arpa por sus valiosas aportaciones y consejos. También expresamos nuestra gratitud a Sophie Punte, Mark Rubarenzuya, Edgar Uribe, Jorge Coelho, Sébastien Burgess, Bruno Vandemeulebroecke, Jonas Stumpf y Friedel Sehlleier por sus revisiones, así como a Eduardo Noboa por su ayuda con la versión en español de este documento. Cualquier error u omisión es únicamente responsabilidad de los autores.

Prefacio

Las cadenas de suministro se ven interrumpidas en todo momento y en todo el mundo. Incendios, ciberataques, inundaciones, apagones, tormentas, huelgas, aranceles... Cada semana se suma un nuevo riesgo a la lista. Si añadimos la creciente inestabilidad geopolítica, tenemos una tormenta perfecta.

Desde la pandemia de la COVID-19, las empresas han intensificado sus esfuerzos para protegerse mejor frente a futuras disrupciones de la cadena de suministro, y el tema no ha desaparecido desde entonces.

Los fabricantes y los minoristas (conocidos en el sector como expedidores o compradores de transporte de mercancías) suelen optar por reconfigurar sus cadenas de suministro globales: mantener inventarios de seguridad, acercar parte de la producción a sus mercados o diversificar bases de fabricación y fuentes de abastecimiento.

Los proveedores de servicios logísticos han perfeccionado su función como solucionadores de problemas. Procuran anticipar mejor las interrupciones y responder rápidamente reprogramando entregas o desviando rutas. Las innovaciones tecnológicas también han acudido al rescate: los gemelos digitales de las cadenas de suministro globales, combinados con herramientas analíticas y con IA ayudan a mejorar la resiliencia, eficiencia y capacidad de decisión.

Sin embargo, hay un aspecto crucial que se está pasando por alto: estas estrategias rodean el problema, pero no lo resuelven. Resolverlo requiere invertir desde el inicio en infraestructuras, operaciones y personal más resilientes.

Existen tres razones de peso para actuar de otra manera:

1. Las estrategias actuales no bastan para hacer frente al cambio climático extremo, ni ahora ni en las próximas décadas. 2. Se ignora nuestra fuerte dependencia de ciertos materiales y productos que



proviene de muy pocos lugares (como el café, el cacao o el cobre). 3. Estamos agravando la pérdida de sustento de las comunidades locales y aumentando los costes para empresas y consumidores.

Este informe plantea los argumentos económicos para dar un salto cualitativo en la resiliencia de las cadenas de suministro e invita a los expedidores y proveedores de servicios logísticos a actuar con inmediatez, ya que esto también responde a su propio interés económico.

Aquí entra en juego Life-Links. Como ONG internacional cofundada con el Kuehne Climate Center nuestra misión es construir cadenas de suministro verdaderamente resilientes, con especial atención a los eslabones logísticos que conectan a productores y consumidores. Al reunir a expedidores, proveedores de servicios logísticos y otras partes interesadas para cofinanciar soluciones concretas que mantengan «vivas» nuestras cadenas de suministro, reforzamos la resiliencia y, al mismo tiempo, reducimos emisiones.

Juntos podemos construir cadenas de suministro resilientes para el futuro.

Sophie Punte
Cofundadora y Directora Ejecutiva de Life-Links
Fundadora y miembro del Consejo,
Smart Freight Centre

Resumen ejecutivo

El cambio climático representa una amenaza creciente para los sistemas logísticos de todo el mundo. La alteración de los patrones meteorológicos y la mayor frecuencia de los fenómenos extremos están dañando las **infraestructuras logísticas**. Para 2035, se estima que una empresa media de infraestructura y transporte que cotiza en bolsa afronte pérdidas anuales de activos fijos por un valor de entre 50 y 53 millones de dólares debido a riesgos climáticos, lo que equivale aproximadamente al 7 % de sus beneficios.

Si bien las imágenes de carreteras arrasadas o almacenes derrumbados suelen acaparar la atención, los impactos del cambio climático sobre la logística van mucho más allá de las pérdidas físicas. Los peligros climáticos pueden interrumpir los servicios de infraestructura, ya sea por daños directos o cierres temporales, y provocar graves **disrupciones operativas en los servicios logísticos**. Por ejemplo, una tormenta puede forzar el cierre de un puerto durante varios días, lo que genera retrasos en los buques y un efecto dominó a lo largo de toda la cadena de suministro. Incluso las medidas preventivas frente a condiciones inusuales (como las restricciones de peso en los aviones o la reducción de la velocidad de los trenes en episodios de calor extremo) ocasionan demoras e ineficiencias operativas.

Más allá de la infraestructura y las operaciones, el **personal logístico** (gran parte del cual trabaja al aire libre) también está expuesto a estos riesgos. Los fenómenos meteorológicos extremos amenazan cada vez más a su salud y seguridad. Las altas temperaturas aumentan el riesgo de agotamiento o golpes de calor.

Estos riesgos generan desafíos operativos, financieros y reputacionales cada vez mayores tanto para los **expedidores como para los proveedores de servicios logísticos**, responsables de definir y cumplir con los requisitos del transporte de mercancías. Para los expedidores, las disrupciones climáticas e ineficiencias pueden traducirse en roturas de inventario, paradas de producción, pérdida de ventas y deterioro de la

confianza de los clientes. Para los proveedores de servicios logísticos, las consecuencias incluyen daños en activos, mayores costes operativos y afectación de la reputación. Las pequeñas y medianas empresas logísticas son especialmente vulnerables, ya que eventos extremos localizados pueden poner en riesgo su propia supervivencia. Las pérdidas que sufran los transportistas y proveedores de servicios logísticos repercuten a lo largo de las cadenas de suministro afectando finalmente a la disponibilidad de los productos y los precios para los consumidores.

A pesar de estos crecientes riesgos, los esfuerzos para **adaptarse al cambio climático y reforzar la resiliencia** en el sector logístico siguen siendo insuficientes, especialmente entre los transportistas y los proveedores de servicios logísticos. Con frecuencia, los primeros pasan por alto la dimensión logística en sus estrategias de adaptación, que se centran más en el abastecimiento y la producción. Los segundos suelen recurrir a planes convencionales de contingencia y continuidad de negocio bajo la suposición de que los riesgos se mantendrán dentro de los márgenes históricos. Queda claro que hace falta aplicar un enfoque más transformador.

En este documento se insta a los expedidores y proveedores de servicios logísticos a intensificar sus esfuerzos de adaptación y a contribuir a fortalecer la resiliencia climática de las cadenas de suministro. Para lograrlo, estos esfuerzos deben ir dirigidos a tres áreas clave de inversión:

- **Realizar evaluaciones de riesgo climático** a lo largo de las cadenas de suministro y redes logísticas para identificar las principales vulnerabilidades en infraestructuras, operaciones y personal. Es esencial adoptar un enfoque prospectivo que se apoye en proyecciones climáticas y herramientas analíticas avanzadas. Integrar estas evaluaciones en los marcos de gestión de riesgos de las empresas garantizará que se aborden junto con otros riesgos.

Content

- **Invertir en resiliencia operativa de primer nivel** fortaleciendo las capacidades de planificación y respuesta para anticipar y gestionar de manera proactiva los riesgos climáticos. Esto incluye prácticas recomendadas de resiliencia «genéricas», como integrar la planificación de escenarios en los procesos centrales, implementar herramientas que mejoren la visibilidad de la red, suscribirse a sistemas de alerta temprana y mantener protocolos de respuesta ante emergencias actualizados.
- **Fortalecer la resiliencia física de la infraestructura crítica.** En el caso de infraestructuras propias, las medidas de protección contra el cambio climático pueden incorporarse directamente en los planes maestros de las empresas. Cuando se trata de infraestructuras externas, la colaboración con los propietarios de los activos (ya sea de forma directa o a través de asociaciones comerciales) es fundamental para compartir conocimientos prácticos y desarrollar argumentos empresariales que justifiquen inversiones en adaptación.

Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos son quienes gestionan la logística cotidiana y articulan redes complejas. Tienen en sus manos tanto las palancas operativas como económicas para impulsar el cambio. La adaptación climática no solo es esencial para garantizar la continuidad de sus negocios y obtener ventajas competitivas, sino también crucial para asegurar cadenas de suministro confiables para la sociedad en su conjunto.

La adaptación debe avanzar de la mano de la descarbonización y de las respuestas a otros cambios sistémicos. Si se integran bien, estos esfuerzos pueden reforzarse mutuamente y contribuir a crear sistemas logísticos más sostenibles y preparados para el futuro. Retrasar la acción solo aumentará los costes, tanto para las empresas como para la sociedad.

3	Prefacio
4	Resumen ejecutivo
6	Introducción
7	La adaptación climática en el sector logístico requiere mayor atención
7	El sector puede apoyarse en sus capacidades de resiliencia
8	Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos son actores clave para impulsar el cambio
10	Capítulo 1. El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos
10	El mundo podría alcanzar los +2 °C en 2040
10	Los cambios climáticos graduales ya están en marcha
11	Los fenómenos meteorológicos extremos son cada vez más intensos y frecuentes
12	Tanto los cambios graduales como los fenómenos extremos amenazan a los sistemas logísticos
19	Capítulo 2. Construir resiliencia: las soluciones rentables están al alcance
19	Una amplia gama de soluciones puede fortalecer la resiliencia y facilitar la adaptación
24	Las medidas de adaptación suelen ser rentables
24	La adaptación reduce los riesgos, pero no los elimina por completo
25	Capítulo 3. El camino a seguir: ¿qué pueden hacer los expedidores y los proveedores de servicios logísticos?
25	La adaptación logística requiere la participación de múltiples actores
26	La adaptación efectiva comienza con evaluaciones de riesgos climáticos
26	Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deben centrarse en fortalecer la resiliencia operativa
27	La resiliencia operativa debe complementarse con la resiliencia física
29	Conclusión
30	Fuentes

1 Introducción

Los sistemas logísticos permiten el movimiento de bienes y la información asociada desde los productores hasta los consumidores (en ambos sentidos, tanto de ida como de retorno), dentro y fuera de los países y a través de continentes.¹ Incluyen infraestructuras y activos, normativas, procesos y herramientas, y por supuesto, a empresas y personas. Estos sistemas sustentan el comercio y garantizan la entrega oportuna de bienes esenciales, desde alimentos y medicamentos hasta materiales de construcción y piezas de repuesto. Un sistema logístico eficiente es la base de la estabilidad económica, el bienestar social y el funcionamiento de la sociedad moderna.

El cambio climático plantea riesgos significativos y crecientes para los sistemas logísticos de todo el mundo. La alteración de los patrones meteorológicos y

la mayor frecuencia de los fenómenos extremos (como tormentas, inundaciones y olas de calor) dañan las infraestructuras logísticas y alteran las operaciones. Los estudios estiman que el 27 % de la infraestructura vial y ferroviaria mundial está expuesta al menos a un riesgo natural,² y que el 86 % de los puertos lo está a más de tres.³ Aunque faltan datos exhaustivos sobre las vías navegables interiores, las recientes sequías en el Canal de Panamá (2023–2024), el Rin (2022) y el Yangtsé (2022) también ponen de relieve su creciente vulnerabilidad. Los almacenes también están en riesgo: un estudio en el Reino Unido los identificó entre los edificios comerciales más expuestos al cambio climático.⁴

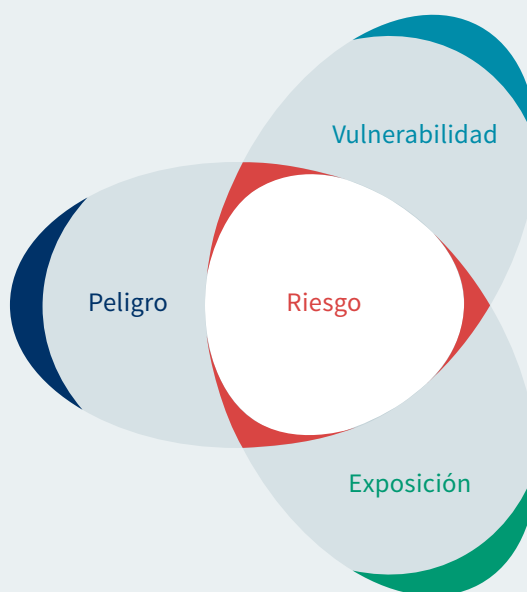
Los sistemas logísticos presentan varias vulnerabilidades inherentes. Muchos de sus activos críticos, incluidos puertos, aeropuertos y ferrocarriles, se encuentran en

Cuadro 1. Algunas definiciones⁶

Un riesgo climático surge de la interacción entre los peligros, la exposición y la vulnerabilidad.

- **Peligro:** es la posible ocurrencia de un fenómeno o tendencia física que pueda causar daño a las sociedades y los ecosistemas.
- **Exposición:** es la presencia de personas, especies, infraestructura y otros activos valiosos en lugares que podrían verse afectados negativamente por un peligro.
- **Vulnerabilidad:** es la propensión o predisposición a verse afectado de manera adversa por un peligro.

La adaptación consiste en reducir los riesgos climáticos abordando tanto la exposición como la vulnerabilidad.



1 Introducción

zonas bajas especialmente propensas a inundaciones. La naturaleza lineal de las redes logísticas implica que el daño en un único punto (como un puente o un tramo de carretera) podría causar disrupciones en cascada en todo el sistema. Además, dado que gran parte del trabajo logístico se realiza al aire libre, las operaciones están directamente expuestas a las condiciones meteorológicas.

Ante el aumento de los riesgos climáticos, el sector logístico debe fortalecer su resiliencia y adaptarse. Aunque a menudo se utilizan de manera indistinta, la adaptación se refiere al *proceso* de introducir cambios para reducir los daños causados por los peligros climáticos, mientras que la resiliencia es la *capacidad* de resistir y recuperarse de dichos riesgos⁵ (véase el Cuadro 1 para más información).

La adaptación climática en el sector logístico requiere mayor atención

Una revisión de más de 8000 artículos y estudios publicados en revistas y medios especializados en logística entre 2015 y 2023 reveló que menos del 1 % abordaba explícitamente la adaptación al cambio climático. Esto sugiere que existe una brecha de investigación y de concienciación en el sector sobre el tema. Una revisión paralela de documentos corporativos disponibles públicamente de 10 importantes proveedores de servicios logísticos y expedidores mostró un patrón similar: mientras que las medidas de mitigación climática suelen describirse con detalle, la adaptación recibe poca o ninguna atención. Entre los expedidores analizados, ninguno incluyó la logística en sus estrategias de adaptación. Cuando los proveedores de servicios logísticos, mencionaban la adaptación, el enfoque estaba principalmente en los peligros agudos, mientras que los fenómenos crónicos o de evolución lenta apenas se consideraban. Solo dos empresas reconocieron el cambio climático como una amenaza inmediata.

Parte de los esfuerzos se han centrado en adaptar las infraestructuras clave, sobre todo allí donde propietarios, operadores e inversores tienen un interés claro y un incentivo financiero para actuar. Sin embargo, incluso con estos esfuerzos, los riesgos siguen siendo considerables: con las trayectorias actuales, se espera que en 2035 una empresa promedio de infraestructura y transporte que cotiza en bolsa enfrente pérdidas anuales de activos fijos por peligros climáticos de entre 50 y 53 millones de dólares, lo que equivale aproximadamente al 7 % de sus beneficios.⁷ Para 2055, estas pérdidas podrían ascender a entre 66 y 85 millones de dólares al año.

A nivel de políticas nacionales, apenas el 43 % de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) — planes nacionales para reducir emisiones y adaptarse al cambio climático — incluyen medidas de adaptación vinculadas al transporte⁸, y menos del 6 % establecen objetivos medibles.⁹ Esta falta de concreción limita el impulso político necesario para promover un cambio sistémico.

El sector puede apoyarse en sus capacidades de resiliencia

Esto no significa que la adaptación logística haya pasado desapercibida. La resiliencia ha sido siempre un tema central en la logística: los peligros naturales suelen formar parte de la gestión de riesgos empresariales y de los planes de continuidad del negocio. De hecho, gestionar disrupciones es, en gran medida, una de las tareas que definen la profesión logística. Sin embargo, la realidad es que el alcance y la frecuencia de las disrupciones climáticas están creciendo con rapidez, y los esfuerzos actuales se quedan cortos. Muchas empresas siguen priorizando la reducción de costes y la velocidad en las entregas, confiando en que las interrupciones logísticas se mantendrán dentro de lo que ya conocen por experiencias anteriores. Es una apuesta cada vez más arriesgada.

1 Introducción

El reto no solo está en dedicar más atención a la resiliencia, sino en hacerlo con el alcance adecuado. Con frecuencia, muchas empresas abordan los riesgos climáticos desde un ángulo demasiado estrecho, fijándose únicamente en sus operaciones directas y sin tener en cuenta la cadena de suministro en su conjunto.¹⁰ Para aquellas que trabajan con cadenas de suministro extendidas a países de ingresos bajos y medios, esta ceguera descuida las regiones donde los sistemas logísticos son particularmente vulnerables a los riesgos climáticos, en gran medida porque dependen de proveedores de servicios logísticos pequeños o informales que no cuentan con los recursos necesarios para fortalecerse frente al clima.

Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos son actores clave para impulsar el cambio

Los expedidores y proveedores de servicios logísticos son piezas centrales para impulsar el cambio. Los primeros definen los requisitos del transporte de mercancías y los segundos los ponen en práctica. Juntos concentran palancas operativas y económicas decisivas para construir sistemas logísticos más resilientes al clima. Pueden fortalecer la resiliencia dentro de sus propias cadenas y redes de suministro, allí donde tienen control directo. Pero también tienen la capacidad de influir en los debates a nivel sectorial compartiendo aprendizajes prácticos con los propietarios de infraestructura, con los organismos gubernamentales y con otras partes interesadas del ecosistema, y contribuyendo a justificar con hechos el valor de invertir en proyectos de adaptación.

Al mismo tiempo, con quienes más corren el riesgo de incurrir en pérdidas considerables en esta transición. Para los expedidores, las disrupciones climáticas pueden implicar roturas de inventario, paradas de producción, pérdidas de ventas y erosión de la confianza de los clientes. Para los proveedores de servicios logísticos, pueden acarrear daños en sus activos, un aumento de los costes operativos y riesgos para su reputación.

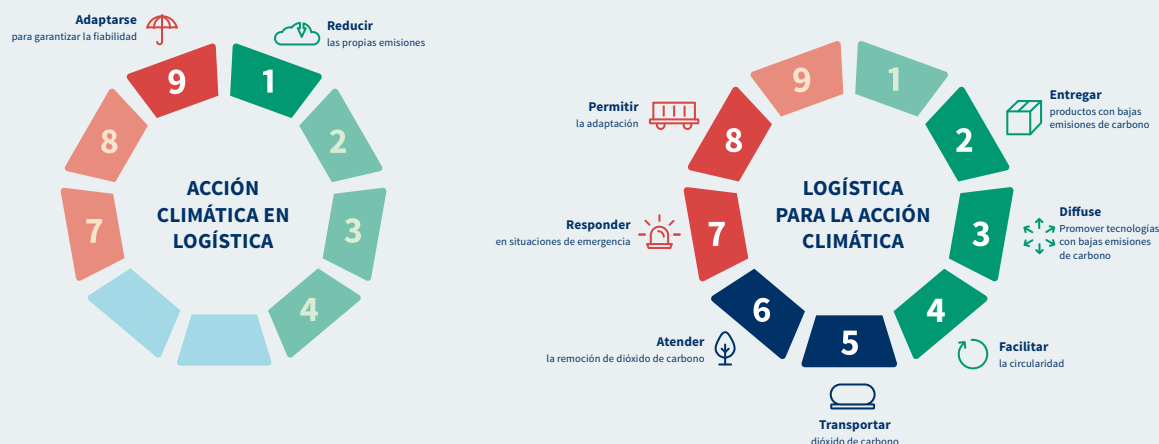
Por tanto, este documento está dirigido precisamente a ellos. Su objetivo es concienciar sobre cómo el cambio climático amenaza los sistemas logísticos, con especial atención en los riesgos físicos y en sus impactos directos previstos para los próximos 15 a 20 años. Además sirve como llamada a la acción para que tanto los expedidores como los proveedores de servicios logísticos refuercen la resiliencia y aceleren la adaptación climática en la logística, tanto como imperativo climático como por necesidad empresarial. Se estructura de la siguiente manera:

- En el capítulo 1 se examinan los riesgos climáticos que enfrentan los sistemas logísticos, con especial atención en infraestructuras, operaciones y personal.
- En el capítulo 2 se presentan soluciones para fortalecer la resiliencia y adaptarse a estos riesgos.
- En el capítulo 3 se exponen las acciones clave que pueden emprender los expedidores y los proveedores de servicios logísticos para impulsar el cambio.

Con el aumento constante de las temperaturas globales (y la posibilidad de alcanzar los +2 °C en 2040), los riesgos climáticos se intensificarán. Una rápida transformación será esencial para garantizar que los sistemas logísticos sigan siendo confiables y capaces de sustentar una sociedad con bajas emisiones de carbono (véase el Recuadro 2).

Figura 1. Las nueve contribuciones de la logística a una sociedad con bajas emisiones de carbono

Fuente: KCC



Cuadro 2. Las distintas contribuciones de la logística a una sociedad con bajas emisiones de carbono

Los sistemas logísticos son fundamentales para una transición exitosa hacia una sociedad con bajas emisiones de carbono: deben reducir sus propias emisiones y adaptarse al cambio climático (acción climática en logística), al mismo tiempo que facilitan transformaciones más amplias en la sociedad (logística para la acción climática) (véase la Figura 1).

La **acción climática en logística** implica prestar servicios compatibles con el clima que permitan reducir (1) las emisiones logísticas (utilizando diferentes medios de transporte, distintos combustibles o nuevos modelos de negocio) y **adaptar** (9) infraestructuras y operaciones logísticas para que funcionen de manera confiable y eficiente en un clima en constante cambio.

La **logística para la acción climática** supone responder a las nuevas necesidades de otros sectores de la economía que también avanzan hacia un futuro con bajas emisiones de carbono. La logística debe entregar (2) nuevos flujos de productos con bajas emisiones de carbono (como acero ecológico o madera para la construcción) y difundir (3) tecnologías con bajas emisiones de carbono (como paneles solares o baterías) que deberán implementarse a gran escala.

La logística también es clave para **facilitar** (4) la economía circular, que contribuye a reducir el uso de materiales. La remoción de dióxido de carbono será necesaria a gran escala para estabilizar el clima, y logística deberá **transportar** (5) ese CO₂ para su almacenamiento y uso. Asimismo, deberá **atender** (6) las necesidades de la creciente industria de remoción de dióxido de carbono (por ejemplo, transportando minerales para técnicas de meteorización acelerada de rocas que aumentan la captura de carbono y mejoran la calidad de los suelos agrícolas).

Por muy rápido que la sociedad logre adaptarse al cambio climático, aumentarán las emergencias causadas por fenómenos meteorológicos extremos. La logística debe ser capaz de **responder** (7) a estas emergencias. Por último, también deberá **permitir** (8) la adaptación del resto de los sectores de la economía, como la construcción de defensas marítimas o la reubicación de instalaciones.

Aunque este documento se centre en la adaptación de los sistemas logísticos, es importante reconocer que esta tarea debe llevarse a cabo junto con las otras ocho contribuciones clave a la transición climática, y además responder a transformaciones sociales más amplias, como el cambio demográfico y la evolución de la dinámica del comercio mundial.

1 El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos

El mundo podría alcanzar los +2 °C en 2040

Desde 1970, el planeta se ha calentado a un ritmo sin precedentes, más rápido que en cualquier otro periodo de 50 años en al menos los últimos 2000 años.¹¹ Los años de 2015 a 2024 fueron la década más cálida registrada, y en 2024, la temperatura media mundial superó por primera vez los 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales.¹²

Con el aumento de la temperatura global en más de 0,2 °C por década, Copernicus (el programa de observación de la Tierra de la Unión Europea) estima **que superar el límite de 1,5 °C del Acuerdo de París es altamente probable durante la década de 2030.**¹³ Esta proyección coincide con las estimaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (véase el Cuadro 3), que apuntan a que ese umbral se sobrepasará, con una probabilidad de *alta a muy alta*, en el corto plazo (2021–2040), incluso bajo distintos escenarios de emisiones, desde los más bajos hasta los más elevados¹¹ (véase la Tabla 1).

Tabla 1. Cambios en la temperatura global de la superficie en periodos de 20 años, según escenarios de emisiones bajas, intermedias y muy altas

Escenario de emisiones del IPCC	Calentamiento previsto para 2021-2040	Calentamiento previsto para 2041-2060	Calentamiento previsto para 2081-2100
Emisiones muy bajas	1,5 °C	1,6 °C	1,4 °C
Emisiones intermedias	1,5 °C	2,0 °C	2,7 °C
Emisiones muy altas	1,6 °C	2,4 °C	4,4 °C

Fuente: IPCC AR6, Grupo de Trabajo I, Resumen para Responsables de Políticas

De cara al objetivo de mantener el calentamiento muy por debajo de los 2 °C, el IPCC calcula que exceder esa cifra a medio plazo (entre 2041 y 2060) es igualmente *probable o muy probable* en escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero intermedias a muy altas¹¹ (véase la Tabla 1). **Investigaciones recientes van**

más allá y señalan que en casi todas las regiones del planeta existe una alta probabilidad de alcanzar los 2 °C en 2040 (o incluso antes),¹³ lo que sugiere que la trayectoria hacia ese punto crítico podría ser más rápida de lo esperado.

Cuadro 3. ¿Qué es el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)?

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el organismo de las Naciones Unidas (ONU) encargado de evaluar la ciencia del cambio climático. Su labor consiste en sintetizar los estudios existentes para reflejar el consenso científico mundial sobre este fenómeno. El IPCC no realiza sus propias investigaciones, sino que examina rigurosamente los estudios publicados y proporciona a los responsables de las políticas información fundamentada que orienta la acción climática global.

Los cambios climáticos graduales ya están en marcha

Cada incremento adicional de la temperatura intensifica los cambios en el sistema climático.

Las temperaturas aumentarán en todo el planeta, con un calentamiento mayor sobre la tierra que sobre los océanos y particularmente en determinadas regiones.

Las precipitaciones tenderán a crecer, aunque algunas zonas registrarán descensos. Su distribución también será más irregular, tanto estacional como anualmente.

La humedad del suelo reflejará esas variaciones de las precipitaciones y, en muchos casos, agravará el incremento de temperaturas locales. **Los océanos** continuarán calentándose y expandiéndose, lo que contribuirá a **la subida del nivel del mar**. **El hielo terrestre** (como los glaciares y las capas de hielo), así como **el hielo marino** se derretirán, lo que contribuirá aún más a la subida del nivel del mar, y **el permafrost** se descongelará a un ritmo creciente.¹⁰

1 El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos

Estos son solo algunos de los procesos graduales impulsados por el calentamiento global. Sin embargo, hoy está claro que muchos de los impactos del cambio climático se manifestarán en forma de choques repentinos y agudos: los fenómenos meteorológicos extremos.¹⁴

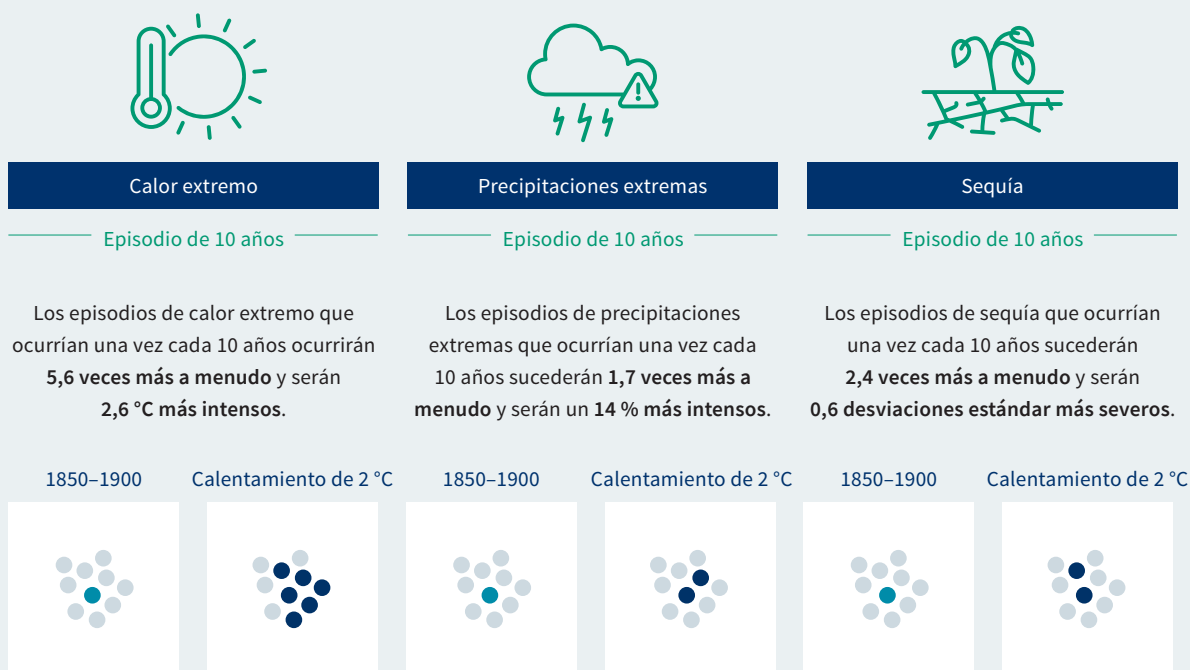
Los fenómenos meteorológicos extremos son cada vez más intensos y frecuentes

El cambio climático ya ha incrementado la frecuencia y la intensidad de **los episodios de calor extremo y de precipitaciones intensas** a escala global y en la mayoría de las regiones del mundo. Con cada incremento

adicional del calentamiento global, esos fenómenos serán aún más severos. Lo mismo ocurrirá con **las sequías, las inundaciones y los ciclones**.¹¹

El IPCC ofrece **proyecciones cuantitativas de este tipo de fenómenos extremos bajo un escenario de un calentamiento que supere los 2 °C**. Por ejemplo, se espera que los episodios de calor extremo, que en la era preindustrial se producían una vez cada década, pasarán a ser 5,6 veces más frecuentes y 2,6 °C más intensos de media.¹¹ La Figura 2 recoge datos similares para las precipitaciones extremas y las sequías.

Figura 2. Proyecciones de cambios en la intensidad y frecuencia de episodios de calor extremo, precipitaciones intensas y sequías



sd = desviaciones estándar

Fuente: IPCC AR6, Grupo de Trabajo I, Resumen para Responsables de Políticas

1 El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos

La frecuencia de **los episodios extremos de nivel del mar** también aumentará debido a la combinación de la subida del nivel medio y las marejadas ciclónicas, lo que provocará más inundaciones costeras y erosión en las zonas bajas. El IPCC proyecta que los episodios extremos de nivel del mar, que históricamente se daban una vez por siglo, se producirán al menos una vez al año en más de la mitad de las estaciones mareográficas en 2100.¹¹

Más allá de su creciente **intensidad y frecuencia**, los fenómenos extremos también cambiarán en su **distribución temporal y geográfica**, por lo que aparecerán en estaciones y regiones donde nunca antes se habían registrado. Además, el cambio climático provocará **fenómenos extremos compuestos**, en los que coinciden varias condiciones extremas al mismo tiempo. Por ejemplo, la combinación de calor, sequía y vientos intensos aumenta el riesgo de incendios forestales, mientras que las inundaciones costeras pueden resultar de la interacción entre marejadas ciclónicas y lluvias extremas.¹⁵

Tanto los cambios graduales como los eventos extremos amenazan a los sistemas logísticos

Para enmarcar las evaluaciones de riesgos e impactos, el IPCC identificó 35 **impulsores de impacto climático (CID, por sus siglas en inglés)**: condiciones relacionadas con el clima que influyen en los sistemas naturales y humanos. Estos incluyen promedios a largo plazo (como la temperatura y la precipitación medias), fenómenos comunes (como heladas y deshielos) y eventos extremos (como inundaciones costeras y ciclones). Los CID se agrupan en siete categorías intuitivas: **calor y frío, húmedo y seco, viento, nieve y hielo, costero, océano abierto**, y una séptima categoría «**otros**» para los impulsores que no encajan en ninguna de las anteriores.¹⁶

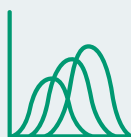
El IPCC analizó cómo estos impulsores afectan al transporte terrestre y acuático (véase la Figura 3). Aunque los sistemas logísticos abarquen mucho más que estos medios de transporte, la evaluación ilustra la gran diversidad de peligros climáticos a los que se enfrentan.



Mayor
magnitud



Horizontes temporales
distintos



Frecuencia
aumentada



Nuevas
localizaciones



Nuevas combinaciones
(fenómenos compuestos)

Los fenómenos extremos no solo serán inéditos en cuanto a frecuencia e intensidad, sino también en su momento de aparición, localización y en la combinación de estas dimensiones.

Fuente: IPCC AR6, Grupo de Trabajo I, capítulo 11

Figura 3. Impulsores del impacto climático relevantes para el transporte terrestre y acuático



Calor y frío	Húmedo y seco	Viento	Nieve y hielo	Costero
Temperatura media del aire	Precipitación media	Velocidad media del viento	Nieve, glaciares y capas de hielo	Nivel relativo del mar
Calor extremo	Inundación fluvial	Tormenta de viento severa	Permafrost	Inundación costera
Ola de frío	Lluvias intensas e inundaciones pluviales	Ciclón tropical	Hielo en lagos, ríos y mares	Erosión costera
Heladas	Deslizamientos de tierra	Tormenta de arena y polvo	Nevadas intensas y tormenta de nieve	
	Aridez		Granizo	
	Sequía hidrológica		Avalanchas de nieve	
	Sequía agrícola y ecológica			
	Condiciones meteorológicas propicias para incendios			

Relevancia del impacto y del riesgo:

- Confianza baja o no significativa
- Baja/moderada
- Alta

Fuente: IPCC AR6, Grupo de Trabajo I, capítulo 12

En los siguientes apartados se analiza cómo los peligros climáticos afectan a los sistemas logísticos, con especial atención a **infraestructuras, operaciones y personal**, que son los elementos más expuestos. Aunque los riesgos para la infraestructura reciban cierta atención (en particular por parte de inversores, operadores y aseguradoras), los riesgos para las operaciones y el personal suelen quedar fuera del foco. Este documento no pretende catalogar de manera exhaustiva todos los riesgos posibles (una lista así sería demasiado extensa), sino ofrecer una visión de conjunto que ponga de relieve el alcance, la importancia y la urgencia de los desafíos que el cambio climático plantea a los sistemas logísticos.

Aunque el foco esté en los riesgos físicos directos, el cambio climático también puede alterar los sistemas logísticos de manera indirecta, ya que intensifica tensiones sociales y geopolíticas, como las crisis del coste de vida, la inestabilidad política o los conflictos. Otros riesgos indirectos, como las pandemias o las migraciones a gran escala, quedan fuera del alcance de este documento, pero subrayan aún más la necesidad de reforzar la resiliencia en los sistemas logísticos.

1 El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos

A. Infraestructura logística

Al evaluar los riesgos del cambio climático sobre los sistemas logísticos, los daños a la infraestructura suelen ser la primera preocupación. Las imágenes de carreteras y puertos destruidos dejan una impresión duradera, y numerosos estudios destacan los riesgos que plantean los fenómenos meteorológicos extremos. Las categorías de CID relacionadas con calor y frío, húmedo y seco, viento, nieve y hielo, y costero son relevantes para los riesgos que enfrenta la infraestructura logística.



Calor y frío. El calor extremo puede deformar y acelerar el deterioro de carreteras y pistas de aeropuertos. También puede expandir y deformar las vías ferroviarias, con el consiguiente aumento del riesgo de descarrilamientos. Por otro lado, el frío intenso y los cambios en los ciclos de congelación y deshielo deterioran carreteras, pistas de aeropuertos y vías ferroviarias.



Húmedo y seco. Los cambios en los patrones de lluvia afectarán a los taludes y terraplenes, como los que sostienen carreteras y vías ferroviarias, a través de la erosión y los deslizamientos de tierra. Esto puede provocar daños significativos en carreteras y vías ferroviarias. Además, las precipitaciones intensas, al incrementar los caudales de los ríos, aumentan el riesgo de socavación en puentes y comprometen su integridad.



Viento. Los puentes pueden ser vulnerables a vientos intensos capaces de ocasionar daños estructurales y, en casos extremos, cuando las ráfagas superan los límites de diseño, pueden provocar incluso su colapso. Los almacenes y otras instalaciones logísticas también están en riesgo: los vientos intensos pueden

arrancar techos o desestabilizar estructuras. En ciertos contextos, el viento también provoca pérdida de grava en las carreteras, lo que acelera su deterioro y reduce su vida útil.



Nieve y hielo. Aunque en general se prevé un descenso de las condiciones de nieve y hielo, estas empezarán a aparecer en lugares poco habituales. Esto puede suponer riesgos para las infraestructuras que no estén preparadas para tales condiciones. La acumulación intensa de nieve puede sobrecargar los techos de los almacenes y otras estructuras, lo que podría provocar derrumbes.



Costero. Las inundaciones costeras, provocadas por el aumento del nivel del mar y las marejadas ciclónicas, pueden dañar gravemente puertos marítimos, así como carreteras, puentes y vías ferroviarias costeras. Las repetidas inundaciones con agua salada también aceleran la corrosión y pueden socavar carreteras, puentes y vías ferroviarias ubicadas en zonas costeras.

Los impactos directos de estos riesgos son evidentes: **mayores costes de reparación y mantenimiento** para la infraestructura dañada, junto con **pérdidas financieras potenciales** en los casos en que las reparaciones no sean viables. Aunque los expedidores y los proveedores de servicios logísticos rara vez asuman estos costes (ya que poseen poca infraestructura), igualmente sufren las consecuencias a través de **las interrupciones y las ineficiencias**, tal y como se analiza en el siguiente apartado.

1 El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos



En julio de 2021, unas lluvias extremas provocaron inundaciones en el oeste de Alemania que causaron importantes daños en carreteras y vías ferroviarias, con unos costes de reparación estimados en 2000 millones de euros. Más de 130 kilómetros de autopistas quedaron cerrados (algunos durante meses), y de los 112 puentes en la zona más afectada, 62 fueron destruidos. Apenas la mitad de ellos se pudo restaurar en el plazo de un mes. La red ferroviaria alemana también sufrió daños significativos: 600 kilómetros de vías quedaron destruidos. Si bien algunos tramos se repararon en cuestión de meses, se estimó que las secciones más afectadas no estarían completamente operativas hasta 2025.¹⁷ Aunque no se ha publicado el coste exacto de esta interrupción, se estima que las interrupciones anuales al transporte causadas por fenómenos meteorológicos extremos en la Unión Europea ascienden a 2500 millones de euros.¹⁸

B. Operaciones logísticas

Los riesgos climáticos que afectan a la infraestructura, como se describió anteriormente, tienen impactos en cascada sobre las operaciones logísticas. Los daños en las infraestructuras y el aumento de los trabajos de reparación y mantenimiento pueden dejar inoperables determinados tramos o nodos de una red logística, con las consiguientes interrupciones e ineficiencias tanto a corto como a largo plazo. Aunque los ejemplos anteriores se centran en las infraestructuras logísticas centrales, los peligros climáticos también afectan

a sistemas de apoyo, como las redes eléctricas y de telecomunicaciones, lo que provoca más interrupciones e ineficiencias.

No todas las interrupciones operativas se deben a daños físicos a la infraestructura. Las CID (calor y frío, húmedo y seco, viento, nieve y hielo, y costero) pueden afectar directamente a las operaciones logísticas, incluso cuando la infraestructura permanece intacta.

1 El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos



Calor y frío. El calor extremo puede obligar a reducir la velocidad de los trenes para evitar descarrilamientos, suspender las operaciones de grúas en puertos para evitar sobrecalentamientos y fallos técnicos, o imponer restricciones de peso en los aviones debido a la reducción de la sustentación. La exposición prolongada a altas temperaturas también puede dañar inventarios y mercancías sensibles al calor si no cuentan con una refrigeración adecuada. El aumento de las temperaturas también incrementará la necesidad de refrigeración, lo que requerirá un mayor número de equipos de frío y tiempos de funcionamiento más prolongados.



Húmedo y seco. Las precipitaciones intensas pueden inundar carreteras y vías ferroviarias dejándolas temporalmente intransitables. También puede anegar almacenes y terminales portuarias dañando inventarios y mercancías, y forzando paradas operativas. El exceso de agua puede elevar los niveles de agua de las vías navegables interiores más allá de los límites navegables. Por el contrario, las sequías pueden provocar niveles de agua críticamente bajos, con las consiguientes restricciones en los servicios de navegación.



Viento. Los vientos de costado pueden retrasar despegues y aterrizajes, mientras que los vientos severos pueden inmovilizar por completo a las aeronaves. En los puertos marítimos, las rachas intensas de viento pueden obligar a detener las operaciones de las grúas por motivos de seguridad. En carretera, los vientos fuertes hacen que la conducción sea más peligrosa, en especial para vehículos de gran altura, y pueden ocasionar cierres temporales de rutas.



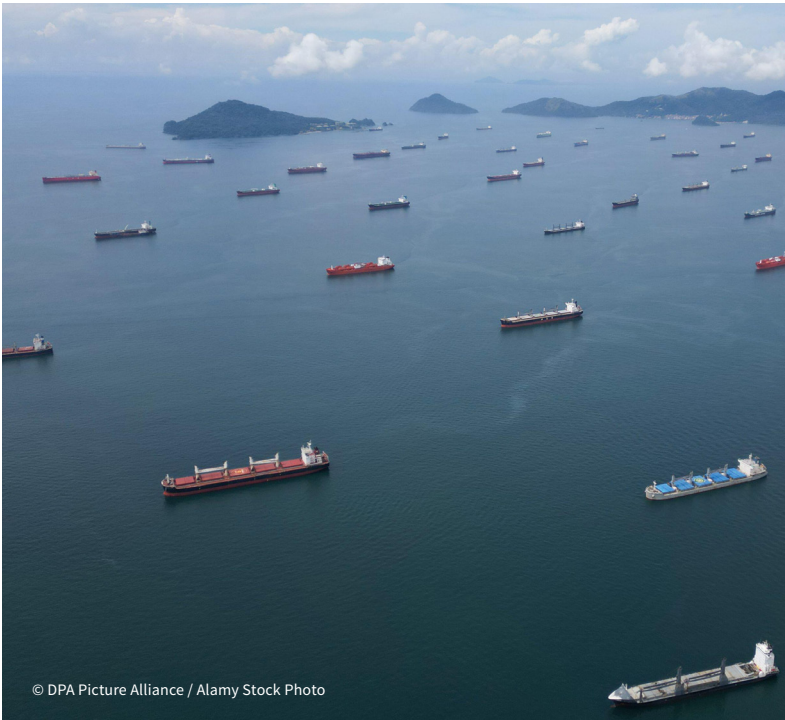
Nieve y hielo. La disminución de la nieve y el hielo puede aportar algunos beneficios, como temporadas de navegación más largas en latitudes septentrionales o la posible apertura de rutas marítimas en el Ártico. Sin embargo, la nieve y el hielo seguirán afectando a las operaciones logísticas, especialmente en regiones poco acostumbradas a tales condiciones. La acumulación puede cerrar temporalmente aeropuertos y carreteras o retrasar actividades en los almacenes. Además, la reducción del deshielo de glaciares y nieve puede aumentar la frecuencia de los episodios de bajamar, lo que limitaría la navegabilidad de ciertas vías fluviales interiores.



Costero. Las inundaciones costeras y las marejadas ciclónicas pueden anegar puertos marítimos y forzar su cierre temporal. También pueden dejar intransitables carreteras y vías ferroviarias ubicadas en zonas costeras.

Estas interrupciones e ineficiencias operativas tienen consecuencias comerciales tangibles para expedidores y proveedores de servicios logísticos. Para los proveedores de servicios logísticos, pueden significar **mayores costes operativos y retrasos en las entregas**. Si bien la escasez temporal de capacidad podría permitir a algunos proveedores elevar los precios durante las interrupciones, estas ganancias son insostenibles a corto plazo, ya que los expedidores son cada vez más exigentes y sensibles al riesgo. Para los expedidores, las interrupciones se traducen en **roturas de inventario, paradas de producción y pérdida de ventas**. Tanto expedidores como proveedores de servicios logísticos que no estén preparados sufrir además **un deterioro de su reputación** y perder terreno frente a competidores más resilientes.

1 El diagnóstico: cómo afectan los riesgos climáticos a los sistemas logísticos



© DPA Picture Alliance / Alamy Stock Photo

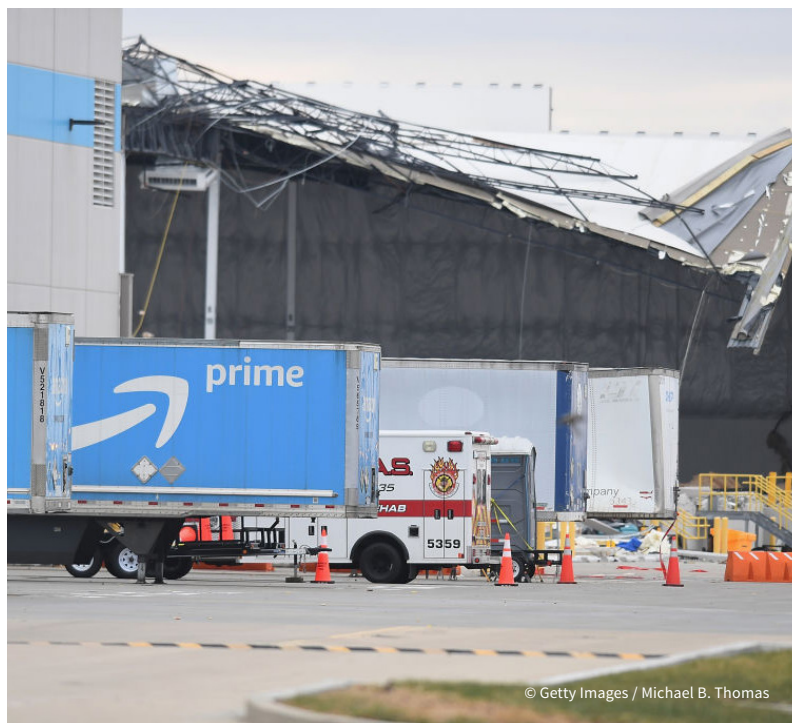
En Panamá, las sequías extremas provocadas por una combinación de El Niño y el cambio climático hicieron de 2023 el segundo año más seco registrado, lo que llevó a niveles históricamente bajos en el lago Gatún, la principal fuente de agua del Canal de Panamá. Como respuesta, la Autoridad del Canal restringió el tráfico de buques en julio de 2023, creando un cuello de botella y causando importantes interrupciones en el transporte marítimo mundial. Estas restricciones se mantuvieron durante un año y el número de tránsitos cayó en un 29 % durante el ejercicio fiscal 2024.¹⁹ Se estima que desviar buques fuera del canal aumentará los costes totales de transporte marítimo en las rutas afectadas en un 5 % y retrasará los viajes en un 20 %.²⁰



© iStock / Melissa Kopka

En la región del monte Elgon, en Uganda, los daños a infraestructuras de transporte, como carreteras y puentes, son frecuentes durante la temporada de lluvias. Este riesgo se ha intensificado en los últimos 10 a 15 años por el aumento de las precipitaciones y de las inundaciones repentinas. Incluso cuando la infraestructura permanece intacta, muchas carreteras (en su mayoría sin pavimentar) se vuelven intransitables durante o después de lluvias intensas. Estas condiciones reducen el acceso a los mercados, deterioran la calidad de los productos transportados (en particular, el café de alta calidad por el que es famosa la región) y elevan los costes de transporte. Los altos niveles de pobreza limitan la capacidad de las comunidades para adaptarse. Como resultado, los exportadores enfrentan una menor disponibilidad de café de calidad, y la volatilidad en la oferta puede traducirse en precios más altos para los consumidores.²¹

En diciembre de 2021, un centro de distribución de Illinois (EE. UU.) resultó gravemente dañado por un tornado, que provocó el derrumbe de un muro y parte del techo. Seis trabajadores de almacén perdieron la vida en el incidente.²²



C. Personal logístico

El cambio climático también conlleva riesgos directos para los trabajadores del sector logístico, que en gran medida trabajan al aire libre expuestos a las condiciones meteorológicas. Aunque la mayor parte de los estudios se centra en los efectos del calor y las olas de calor, incluidos en la categoría CID de calor y frío, otras categorías de impulsores de impacto climático también plantean desafíos importantes.



Calor y frío. Las altas temperaturas incrementan el riesgo de que los trabajadores sufran agotamiento por calor o golpes de calor. También aumentan la fatiga y la probabilidad de errores, algunos de los cuales pueden derivar en lesiones o incluso la muerte. En el sector logístico, los conductores de camiones, los estibadores portuarios y el personal de almacén se encuentran entre los más vulnerables a estos peligros relacionados con el calor.



Otros CID. Las tormentas y las inundaciones más frecuentes elevan el riesgo de accidentes para los conductores de camiones. Las condiciones climáticas extremas también pueden comprometer la estructura de los almacenes, lo que pone en riesgo de

sufrir lesiones a quienes trabajan en ellos. En el mar, los marineros enfrentan diversos riesgos de seguridad durante fenómenos meteorológicos severos, como el fuerte movimiento de los buques y la exposición a los elementos mientras trabajan en cubierta.

Estos peligros no solo representan graves amenazas para la salud y la seguridad de los trabajadores, sino que también tienen consecuencias operativas y empresariales. Las lesiones o condiciones inseguras pueden ralentizar los flujos de trabajo, aumentar los errores y, en algunos casos, provocar cierres operativos totales. Para los proveedores de servicios logísticos, esto significa **pérdidas de productividad, posibles retrasos y costes crecientes** relacionados con la protección laboral, los seguros o la recuperación tras incidentes. Para los expedidores, esto implica **una reducción en la calidad del servicio**, lo que a su vez puede repercutir directamente en sus operaciones y en **su posición en el mercado**.

Dado que muchos puestos en logística ya son físicamente exigentes y suelen considerarse poco atractivos (en especial, en áreas como el transporte de larga distancia o las operaciones portuarias), los impactos climáticos podrían agravar aún más **la escasez de mano de obra** existente en el sector.

2 Construir resiliencia: las soluciones rentables están al alcance

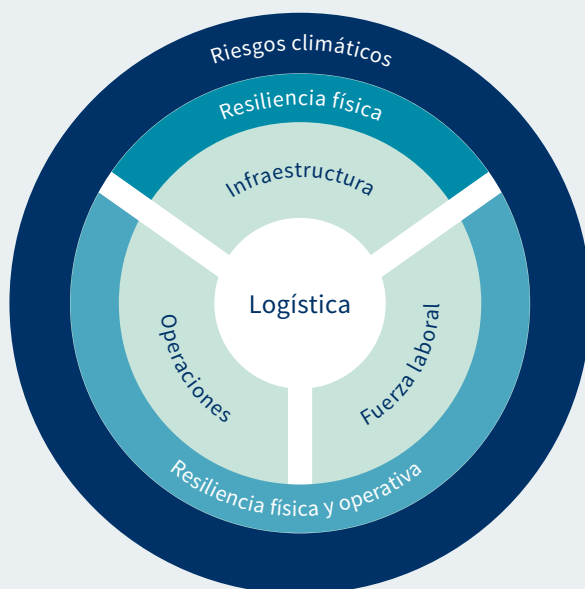
Una amplia gama de soluciones puede fortalecer la resiliencia y facilitar la adaptación

Si bien los riesgos climáticos son numerosos, también lo son las soluciones. Existen numerosas medidas prácticas que pueden ayudar a reforzar la resiliencia y proteger la infraestructura, las operaciones y el personal de la logística.

A. Infraestructura logística

La infraestructura puede reforzarse para resistir patrones climáticos cambiantes y fenómenos extremos mediante diversas medidas de ingeniería, como reforzar cimentaciones, añadir redundancias de diseño, usar materiales adecuados e instalar sistemas de protección. Las inspecciones y el mantenimiento periódicos ayudan también a preservar su integridad. Además, la infraestructura puede reubicarse fuera de zonas de alto riesgo o, idealmente, evitarse su construcción en ellas. En esencia, estas soluciones contribuyen a generar **resiliencia física** (véase la Figura 4).

Figura 4. Resiliencia física y operativa para proteger la infraestructura, las operaciones y el personal de la logística



Network Rail, propietaria y operadora de la mayor parte de la red ferroviaria del Reino Unido, aplica distintas medidas para prevenir la deformación de los rieles durante episodios de altas temperaturas. Cada invierno, sus equipos evalúan la estabilidad de las vías y refuerzan los tramos débiles antes del verano. En las zonas con rieles cortos unidos por pernos, se dejan pequeños espacios entre tramos para permitir la expansión térmica. Cuando es necesario, algunos rieles se pintan de blanco para reducir la absorción de calor, lo que mantiene su temperatura entre 5 y 10 °C más baja que si no estuvieran tratados. Además, los sensores de temperatura instalados en las vías controlan la temperatura en tiempo real y permiten tomar medidas de manera proactiva.²³



Calor y frío. El uso de betunes mejorados permite soportar temperaturas más altas y reduce el riesgo de deterioro de carreteras. Las vías ferroviarias pueden pintarse de blanco para minimizar la absorción de calor y el riesgo de deformación. Las inspecciones periódicas de las carreteras y terraplenes ferroviarios permiten anticipar acciones de mantenimiento y prevenir daños graves asociados a los ciclos de congelación y deshielo.



Húmedo y seco. Los terraplenes y movimientos de tierra pueden estabilizarse con vegetación para reducir el riesgo de erosión y deslizamientos. Tras una inundación, los puentes pueden inspeccionarse y, en casos de socavación, reforzarse con escollera, por ejemplo, para mantener su integridad estructural.



Viento. Los umbrales de diseño de los puentes pueden revisarse para garantizar que resistan velocidades de viento más altas. Los almacenes, terminales de carga y otras instalaciones logísticas pueden fortalecerse,

tanto en materiales como en estructura, para mejorar su resistencia a las tormentas. Los trabajos de inspección y mantenimiento periódicos también desempeñan un papel fundamental.



Nieve y hielo. Los techos de las instalaciones logísticas pueden reforzarse para soportar mayores cargas de nieve, concretamente con ajustes de diseño, como pendientes más pronunciadas y materiales más resistentes. Las inspecciones previas al invierno para identificar con antelación problemas o los planes de eliminación de nieve también ayudan a reducir el riesgo de derrumbe o daños estructurales por acumulación.



Costero. La infraestructura costera puede protegerse mediante soluciones naturales, como los manglares, o defensas de ingeniería, como presas y diques. Los recubrimientos especializados ayudan a prevenir la corrosión causada por la exposición repetida al agua salada. En algunos casos, trasladar la infraestructura a zonas menos expuestas puede ser la opción más viable a largo plazo.

2 Construir resiliencia: las soluciones rentables están al alcance

B. Operaciones logísticas

La **resiliencia física** no consiste únicamente en prevenir daños a la infraestructura, sino también en garantizar la continuidad de los servicios que esta presta en condiciones adversas para proteger así las operaciones logísticas. A nivel de red, la resiliencia física implica contar con suficiente redundancia (por ejemplo, rutas alternativas) para mantener la funcionalidad cuando una parte del sistema queda interrumpida.

Además de la resiliencia física, la **resiliencia operativa** (véase la Figura 4) desempeña un papel crucial en la protección de las operaciones. La resiliencia operativa se centra en las habilidades «blandas» o «soft skills» (personas, procesos y sistemas) que permiten a las empresas anticiparse y responder de manera eficaz a las disrupciones.



Calor y frío. Para evitar restricciones de peso en días de calor extremo, los vuelos más pesados pueden reprogramarse en horarios más frescos, como primeras horas de la mañana o al final del día. Cuando es posible, las pistas también pueden ampliarse. Las grúas pueden actualizarse con sistemas de refrigeración mejorados y componentes resistentes al calor para mantener su funcionalidad en estas condiciones. De igual manera, las instalaciones logísticas pueden equiparse con sistemas de control de temperatura para proteger mercancías sensibles al calor.



Húmedo y seco. Infraestructuras como carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y almacenes dependen de sistemas de drenaje eficaces para seguir operando durante lluvias intensas. Las mejoras que optimicen la gestión de escorrentías o aumenten la capacidad de almacenamiento de agua reducen significativamente el riesgo de inundaciones. En el caso de las nuevas

construcciones, evitar zonas propensas a inundaciones elimina de raíz la necesidad de llevar a cabo tales mejoras.

En regiones en desarrollo y áreas remotas, donde la infraestructura es limitada y la redundancia de red es escasa, las soluciones de almacenamiento local pueden ofrecer alternativas cuando las carreteras quedan intransitables por lluvias intensas.



Viento. Los cambios en los procesos, el rediseño del espacio aéreo o, en casos extremos, la reorientación de pistas de aterrizaje pueden ayudar a mitigar los vientos de costado en los aeropuertos. El refuerzo adicional de amarres puede evitar que la carga caiga por la borda en mares agitados.



Nieve y hielo. Las vallas paranieves y los cortavientos ayudan a evitar que la nieve se acumule en carreteras y vías ferroviarias. Los equipos quitanieves permiten reabrir las pistas tras las tormentas. Los neumáticos de invierno y las cadenas para la nieve, junto con la capacitación de los conductores, permiten mantener la circulación en condiciones de nieve y hielo. La planificación dinámica de rutas y horarios permite realizar ajustes en tiempo real para desviar la carga de los tramos interrumpidos.



Costero. Varias medidas pueden proteger las operaciones portuarias frente a las inundaciones costeras. Entre ellas se incluyen la mejora de los sistemas de drenaje, la elevación de infraestructuras críticas, el diseño de áreas a nivel del suelo para que toleren inundaciones y la reubicación de inventarios en plantas superiores para evitar daños.

2 Construir resiliencia: las soluciones rentables están al alcance

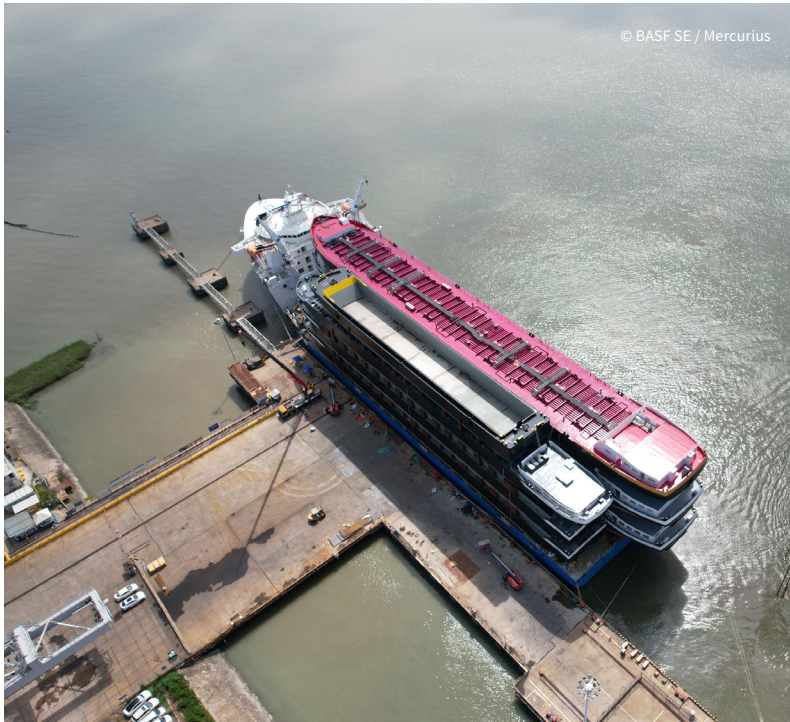
En marzo de 2024, una tormenta de nieve en Nevada (EE. UU.) obligó a cerrar un paso clave, lo que interrumpió las operaciones de distribución de Walmart. La empresa respondió recurriendo al análisis predictivo y la inteligencia artificial utilizando un gemelo digital de su red logística para simular escenarios y reencaminar entregas. Gracias a este sistema se identificaron 85 tiendas alternativas y cuatro centros de distribución en Nevada, California y Oregón capaces de absorber la carga de trabajo interrumpida. Este ejemplo ilustra el papel fundamental que desempeña la tecnología en la adaptación climática del sector logístico.²⁴



En la región del monte Elgon, en Uganda, las intensas lluvias suelen volver intransitables las carreteras, lo que retrasa el transporte de café y aumenta el riesgo de moho y pérdida de calidad. Para adaptarse, un exportador local utiliza bidones de fermentación sellados que permiten iniciar el procesamiento de las cerezas de café de forma segura en las instalaciones. Una vez que las carreteras vuelven a ser transitables, los bidones se trasladan en motocicleta montaña abajo. Este enfoque preserva la calidad del producto y garantiza la continuidad, a pesar de las frecuentes interrupciones climáticas.



2 Construir resiliencia: las soluciones rentables están al alcance



© BASF SE / Mercurius

BASF y Stolt Tankers han desarrollado conjuntamente un nuevo buque cisterna para productos químicos diseñado específicamente para operar en condiciones de aguas extremadamente bajas, un reto cada vez más frecuente en el Rin alemán, tal y como quedó en evidencia durante las fuertes interrupciones de 2018 y 2022. Esta embarcación constituye un paso concreto dentro de un esfuerzo más amplio de adaptación.²⁵ En la misma línea, la Comisión Central para la Navegación del Rin ha definido una estrategia integral para reforzar la resiliencia del transporte fluvial interior. Entre las medidas clave se incluyen la incorporación de buques de poco calado y embarcaciones adaptadas, el uso de herramientas digitales avanzadas de previsión, mejoras específicas de infraestructura y ajustes operativos por parte de los expedidores.²⁶

C. Personal logístico

La seguridad y la productividad del personal frente a los riesgos climáticos pueden reforzarse mediante una serie de medidas de **resiliencia física y operativa** (véase la Figura 4).



Calor y frío. Para mitigar los riesgos del calor extremo, una medida sencilla pero eficaz es instalar aire acondicionado en camiones, cabinas de grúas y almacenes. En el caso del personal que trabaja al aire libre, los turnos pueden ajustarse para reducir la exposición durante las horas de mayor calor. Asimismo, las formaciones permiten preparar a los trabajadores para manejar condiciones de

altas temperaturas con mayor seguridad. Los puertos y terminales interiores de los países más desarrollados también están adoptando vehículos y grúas autónomas, lo que reduce la exposición humana en entornos donde las condiciones laborales son poco favorables.



Otros CID. La protección del personal durante fenómenos meteorológicos extremos debe incluir sistemas de alerta temprana, protocolos de seguridad claros y una red de comunicación sólida que permita una respuesta rápida y coordinada.

2 Construir resiliencia: las soluciones rentables están al alcance

Las medidas de adaptación suelen ser rentables

Los estudios sobre los costes de la adaptación climática se han centrado principalmente en contextos en desarrollo. El Banco Mundial, por ejemplo, evaluó el coste de blindar las infraestructuras frente al cambio climático en países de ingresos bajos y medios. Según sus estimaciones, estas medidas añaden aproximadamente un **3 % al coste total de la inversión en infraestructura**. Los resultados mostraron una clara relación coste-beneficio: en el 96 % de los escenarios analizados, **la relación coste-beneficio fue superior a 1**, en el 77 % superó el valor de 2, y en más del 55 % fue superior a 4.¹⁸

Aunque estos hallazgos no sean extrapolables a todos los contextos, indican que la adaptación dirigida, especialmente en infraestructuras altamente expuestas o vulnerables, puede aportar un **valor significativo por cada céntimo que se invierta**.

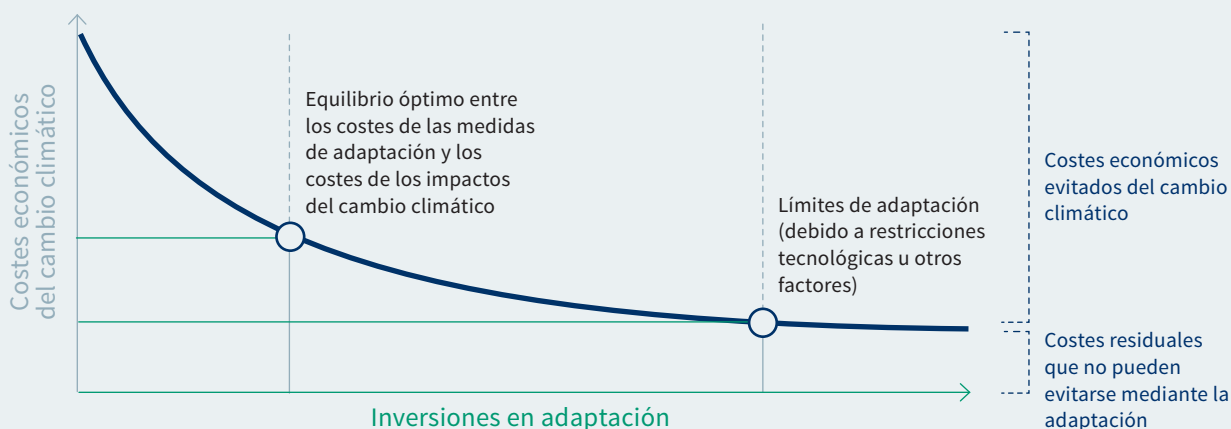
Es importante destacar que estos estudios se centraron en la resiliencia física. Las medidas de resiliencia operativa suelen ser menos costosas, aunque sus costes y beneficios reales varían en función del contexto.

La adaptación reduce los riesgos, pero no los elimina por completo

En general, las inversiones en adaptación climática pueden reducir de manera significativa las pérdidas económicas derivadas de los peligros climáticos, y mientras mayor sea la inversión, mayores suelen ser los ahorros obtenidos (véase la Figura 5). Sin embargo, existen **límites económicos a la adaptación**: estos aparecen cuando el coste de implementar una medida supera el valor de las pérdidas que logra evitar. En algunos casos, adaptarse a determinados riesgos puede resultar demasiado caro o solo llegar a ser rentable en situaciones de mayor calentamiento global.

Además, la adaptación no puede eliminar todas las pérdidas vinculadas al clima. Siempre quedarán **impactos residuales** inevitables, especialmente ante fenómenos sin precedentes o incontrolables, como megaincendios o huracanes de gran magnitud, que superen la capacidad incluso de los esfuerzos de adaptación más sólidos. En estos casos, el seguro climático desempeña un papel fundamental, en particular para empresas más pequeñas o con un alcance geográfico limitado.

Figura 5. Relación entre las inversiones en adaptación y los costes económicos del cambio climático



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente

3 El camino a seguir: ¿qué pueden hacer los expedidores y los proveedores de servicios logísticos?

La adaptación logística requiere la participación de múltiples actores

La adaptación del sector logístico a un clima en calentamiento requiere la acción coordinada de varias partes interesadas. En el centro se encuentran tres grupos: **los expedidores**, que necesitan trasladar mercancías, **los proveedores de servicios logísticos**, que gestionan ese movimiento de mercancías y las actividades relacionadas, y **los propietarios de infraestructuras logísticas**, responsables de activos clave, como carreteras y puertos. Estos roles no son excluyentes: algunos expedidores gestionan su logística de manera interna y, tanto ellos como los proveedores de servicios logísticos pueden además ser dueños de infraestructuras logísticas, como almacenes o terminales portuarias.

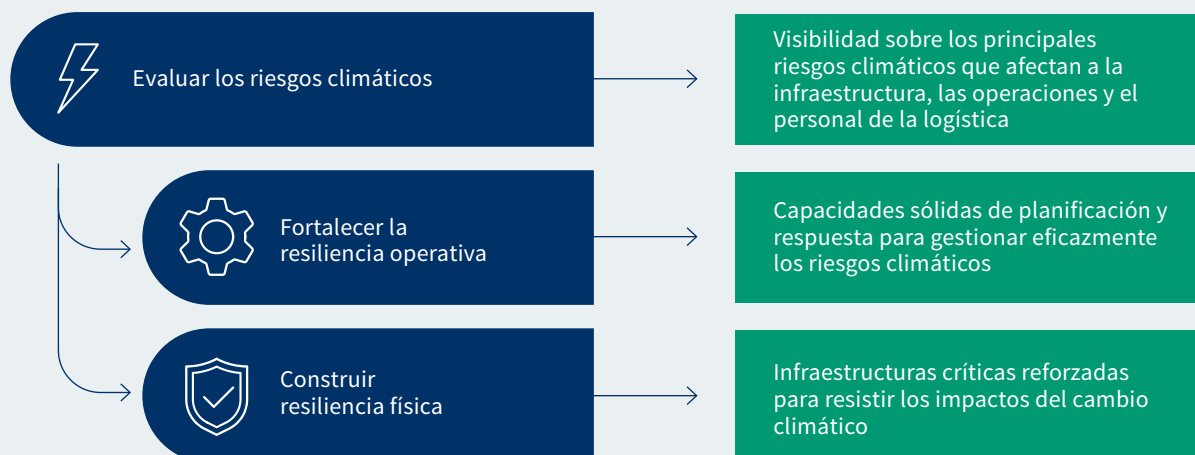
Más allá de estas partes interesadas principales, un ecosistema más amplio también contribuye a la adaptación climática. **Los Gobiernos y las entidades intergubernamentales** crean el marco habilitador mediante políticas, normas y financiación pública. **Las instituciones financieras y las aseguradoras** hacen posible la inversión y gestionan los riesgos. **Las asociaciones comerciales** respaldan la acción

colectiva y amplifican la voz del sector. **Las empresas de construcción e ingeniería** diseñan y adaptan infraestructuras resilientes, mientras **los proveedores tecnológicos** ofrecen herramientas y conocimientos especializados. Por su parte, **las organizaciones académicas y de investigación** generan conocimientos e impulsan la innovación.

Este documento se centra en el papel de los expedidores y los proveedores de servicios logísticos. Aunque la magnitud y la incertidumbre de la adaptación climática pueden parecer abrumadoras, existen varias acciones «no-regret» que ya pueden emprender para proteger sus operaciones logísticas, así como la infraestructura y el personal que las sustentan. Estas acciones se organizan en torno a tres pilares estratégicos: evaluar los riesgos climáticos, fortalecer la resiliencia operativa y construir resiliencia física (véase la Figura 6).

En los siguientes apartados se detallan lo que implica cada una de estas líneas de acción. Dado que las empresas varían en necesidades y nivel de madurez, la información que se presenta aquí puede servir como lista de verificación práctica para orientar sus esfuerzos de adaptación logística.

Figura 6. Tres pilares estratégicos para que los expedidores y los proveedores de servicios logísticos impulsen una logística resiliente al clima



3 El camino a seguir:

¿qué pueden hacer los expedidores y los proveedores de servicios logísticos?

La adaptación efectiva comienza con evaluaciones de riesgos climáticos

Construir resiliencia operativa y física y adaptar la logística a un clima cada vez más cálido empieza por entender los riesgos. Esto significa identificar los principales **peligros climáticos**, comprender cómo podrían evolucionar estos peligros con el tiempo y analizar qué impacto tendrían sobre **la infraestructura, las operaciones y el personal de la logística** a través de las cadenas de suministro y redes logísticas de expedidores y proveedores de servicios logísticos. Como los datos históricos ya no bastan para anticipar de manera segura los riesgos futuros, los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deben mirar hacia delante apoyándose en proyecciones climáticas y herramientas analíticas avanzadas. Para ello, pueden contar con el apoyo de proveedores de servicios externos capaces de ofrecer datos, modelos y experiencia especializada.

Pero recopilar datos sobre peligros climáticos ya no es suficiente: los expedidores y los proveedores de servicios logísticos también deben evaluar su exposición y vulnerabilidad. Un análisis de **exposición** debe identificar qué elementos logísticos (por ejemplo, un almacén y su personal, una carretera) están en zonas de alto riesgo y, por lo tanto, expuestos a peligros climáticos. Un análisis de **vulnerabilidad** debe evaluar la susceptibilidad de estos elementos expuestos a sufrir interrupciones o daños. Por ejemplo, una carretera situada en una zona propensa a inundaciones puede tener una alta exposición a sufrir estos fenómenos, pero su vulnerabilidad dependerá de su capacidad de drenaje o de la redundancia de la red.

En una primera etapa, las empresas pueden realizar estas evaluaciones de manera independiente a los procesos más amplios de gestión de riesgos. Sin embargo, para construir resiliencia a largo plazo, es esencial integrar las

evaluaciones de riesgos climáticos en **el marco general de gestión de riesgos** de la empresa. Esta integración garantiza que los riesgos climáticos se consideren junto con otros riesgos operativos y estratégicos.

Cuando sea posible, los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deben colaborar en la evaluación de los riesgos climáticos. Así como muchos proveedores de servicios logísticos ya proporcionan datos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero a sus clientes, también pueden ofrecer una valiosa visibilidad de los riesgos climáticos. Con su experiencia y conocimiento práctico, los proveedores de servicios logísticos están bien posicionados para llevar a cabo evaluaciones a gran escala y respaldar la planificación de su base de clientes. Al incorporar evaluaciones de riesgo climático en sus **servicios**, los proveedores de servicios logísticos no solo apoyan los esfuerzos de adaptación de sus clientes, sino que también crean oportunidades para diferenciarse en el mercado.

Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deben centrarse en fortalecer la resiliencia operativa

Para gestionar eficazmente los riesgos climáticos, los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deben desarrollar una **resiliencia operativa** de alto nivel, que incluya una **planificación sólida y capacidades de respuesta**. Gran parte de este trabajo se apoya en prácticas recomendadas de resiliencia ya establecidas aplicables a todo tipo de interrupciones, ya provengan de riesgos climáticos, conflictos geopolíticos u otras crisis externas.

La resiliencia operativa requiere planificación. A partir de las evaluaciones de riesgos climáticos, los expedidores y los proveedores de servicios logísticos pueden anticipar distintos escenarios de interrupción y utilizarlos al

3 El camino a seguir:

¿qué pueden hacer los expedidores y los proveedores de servicios logísticos?

planificar la cadena de suministro. La planificación de escenarios ayuda a las empresas a comprender su capacidad de respuesta y a evaluar medidas de contingencia tanto tácticas como estratégicas, como utilizar rutas y medios de transporte alternativos. En el caso de los expedidores, esto también podría implicar cumplir pedidos de distintos centros de distribución, mantener inventarios de seguridad o diversificar proveedores. Las simulaciones de interrupciones climáticas y las pruebas de resistencia permiten comprobar la eficacia de las medidas implementadas y evaluar la resiliencia en general.

La resiliencia operativa también exige fuertes capacidades de respuesta. La visibilidad en tiempo real de la red, los sistemas de alerta temprana y los protocolos de emergencia son esenciales para actuar con rapidez y eficacia ante interrupciones climáticas. Además, las empresas deberían contar con equipos dedicados de gestión de crisis o centros de operaciones que lideren las operaciones de respuesta y organizar formaciones y ejercicios periódicos para garantizar que el equipo esté preparado.

Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deben colaborar estrechamente cuando sea apropiado, ya que **los esfuerzos coordinados** pueden marcar una gran diferencia en cuanto a la resiliencia. La planificación conjunta de escenarios y el desarrollo compartido de medidas de contingencia, por ejemplo, permiten a ambas partes alinear respuestas y reducir las vulnerabilidades.

Todos estos elementos de la resiliencia operativa deben integrarse en **planes integrales de continuidad del negocio**.

La resiliencia operativa debe complementarse con la resiliencia física

Cuando las evaluaciones de riesgo climático revelan que una infraestructura logística crítica es vulnerable, ya sea por riesgo de daños físicos, interrupciones operativas o amenazas para la seguridad de la fuerza laboral, es necesario actuar no solo para fortalecer la resiliencia operativa, sino también para reforzar la infraestructura y construir **resiliencia física**. Esto implica reforzar y modernizar los activos existentes, diseñar nuevas infraestructuras capaces de resistir los peligros climáticos y establecer protocolos sólidos de inspección y mantenimiento.

Si los expedidores o proveedores de servicios logísticos son propietarios de la infraestructura en riesgo (como un centro de distribución), deben trabajar mano a mano con equipos de ingeniería especializados para identificar e implementar las medidas de refuerzo adecuadas. Estas mejoras deben integrarse en los **planes maestros de las instalaciones** y estar respaldadas por un sólido argumento empresarial. Cuando sea posible, las empresas también deben evaluar opciones para **reubicar** activos vulnerables o introducir **redundancia** en sus redes de distribución. Además, los procesos de mantenimiento deben incluir inspecciones rutinarias, como estudios anuales del estado y evaluaciones posteriores a los acontecimientos, para detectar problemas o vulnerabilidades potenciales con anticipación.

Cuando las infraestructuras logísticas críticas (como terminales portuarias, carreteras o puentes) no son propiedad directa de los expedidores o los proveedores de servicios logísticos, la colaboración activa con los propietarios, las entidades gubernamentales y otras partes interesadas del ecosistema se vuelve esencial.

3 El camino a seguir: ¿qué pueden hacer los expedidores y los proveedores de servicios logísticos?

Esa colaboración puede adoptar distintas formas: desde el diálogo directo, mediante reuniones bilaterales, hasta la **acción colectiva a través de asociaciones comerciales** y organismos. Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos pueden contribuir compartiendo datos operativos y análisis de riesgos, lo que ayuda a los propietarios de infraestructuras a comprender mejor

sus vulnerabilidades y a fortalecer los argumentos comerciales para las inversiones. Cuando su escala e influencia lo permitan, también pueden participar en **alianzas público-privadas** para desarrollar soluciones conjuntas y cofinanciar la mejora o el refuerzo de las infraestructuras en riesgo.

Cuadro 4. Consideraciones especiales para contextos en desarrollo

Los países de ingresos bajos y medios suelen enfrentar una mayor exposición y vulnerabilidad a los riesgos climáticos que las economías más desarrolladas. Por ello, los expedidores y los proveedores de servicios logísticos que operen en estas regiones deben comprender y tener en cuenta estas realidades al diseñar sus estrategias de adaptación.

En primer lugar, esto implica ajustar las estrategias al contexto local. Esto incluye comprender las vulnerabilidades propias de cada región y colaborar con actores locales (como pequeños operadores de transporte u organizaciones comunitarias), especialmente cuando las redes logísticas informales son clave para el funcionamiento del sistema. En segundo lugar, es necesario compartir conocimientos. Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos que operan o mantienen alianzas en regiones en desarrollo deberían difundir de manera activa prácticas recomendadas, herramientas y datos a sus homólogos locales. Esto puede incluir, por ejemplo, compartir metodologías para evaluar riesgos climáticos o para elaborar planes de contingencia. En tercer lugar, siempre que sea posible, los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deberían apoyar o cofinanciar mejoras de infraestructura resiliente, así como nuevos desarrollos. La colaboración con bancos multilaterales de desarrollo, agencias donantes y asociaciones público-privadas puede facilitar la financiación y la ejecución de proyectos, como almacenes resistentes al clima y cadenas de frío alimentadas con energía renovable.

Conclusión

Los riesgos climáticos, incluidos los cambios en los patrones meteorológicos y los fenómenos extremos, están afectando a los sistemas logísticos de muchas maneras. Aunque los impactos varían según el contexto, suelen concentrarse en tres componentes principales: la infraestructura, las operaciones y el personal.

Para gestionar eficazmente estos riesgos, que aumentan a medida que el planeta se calienta, la resiliencia debe integrarse en los sistemas logísticos. La resiliencia física consiste en reforzar las infraestructuras y proteger las operaciones y al personal que dependen de ellas. La resiliencia operativa, por su parte, se refiere a las capacidades blandas («soft skills») necesarias para anticipar y responder a los riesgos climáticos, con el objetivo principal de salvaguardar las operaciones y al personal. Ambas dimensiones son esenciales, y aunque la rentabilidad de cada medida pueda variar, la evidencia demuestra que las inversiones bien dirigidas suelen ofrecer retornos positivos.

Los expedidores y proveedores de servicios logísticos dirigen las actividades logísticas cotidianas: conectan redes, sostienen industrias y garantizan el funcionamiento de los sistemas que impulsan a la sociedad actual. Por eso, son los más expuestos a los impactos climáticos y los actores con mayor capacidad para impulsar el cambio dentro del sector. Sin embargo, los esfuerzos de adaptación siguen siendo limitados en ambos grupos. Algunos expedidores han empezado a desarrollar estrategias de adaptación climática, pero con frecuencia se concentran en la producción y pasan por alto la logística. En el caso de los proveedores de servicios logísticos, los esfuerzos suelen centrarse en la planificación tradicional de contingencias, sin llegar a adoptar un enfoque transformador.

Los expedidores y los proveedores de servicios logísticos deben acelerar sus esfuerzos de adaptación. Se pueden adoptar varias medidas de no arrepentimiento para proteger las operaciones logísticas, así como la infraestructura y el personal que las respaldan. Estas acciones se centran en tres pilares estratégicos: En primer lugar, evaluar los riesgos climáticos en las cadenas de suministro y las

redes logísticas considerando los peligros, la exposición y las vulnerabilidades. En segundo lugar, fortalecer la resiliencia operativa de su clase, lo que requiere principalmente capacidades sólidas de planificación y respuesta. En tercer lugar, mejorar la resiliencia física, ya sea abordando directamente la infraestructura propia o colaborando con los propietarios y operadores de la misma.

Si bien los expedidores y los proveedores de servicios logísticos tienen un interés comercial en adaptarse a los riesgos climáticos, también existe un interés social más amplio en garantizar que los sistemas logísticos sigan siendo resilientes. Los sistemas logísticos son la columna vertebral del comercio y la actividad económica; permiten el movimiento de bienes que impulsan a las empresas y suministran productos esenciales a los consumidores. También son cruciales para las comunidades locales cuyo sustento depende de ellos. Las interrupciones repetidas o fallos permanentes de la logística pueden tener graves consecuencias para las comunidades circundantes, ya que se pierde el tráfico y las actividades se desplazan. Como tal, los profesionales de la logística tienen la responsabilidad de plantear la importancia de la adaptación a los clientes, proveedores de servicios, aseguradoras y entidades gubernamentales para impulsar el cambio.

Uno de los desafíos del sector es que la adaptación climática debe avanzar de la mano de la descarbonización y del rápido desarrollo de nuevas capacidades frente a otros grandes cambios, como la inestabilidad geopolítica, las tecnologías emergentes y los cambios demográficos. Equilibrar estas exigencias no es tarea fácil, pero no deben verse como prioridades contrapuestas. De hecho, la adaptación y la descarbonización suelen reforzarse mutuamente²⁷ y contribuyen a crear sistemas logísticos más eficientes, resilientes y preparados para el futuro.

El momento de actuar es ahora. Retrasar la adaptación solo aumentará los riesgos y los costes para las empresas, las cadenas de suministro y la sociedad en su conjunto.

Fuentes

- 1 Logística (2025). *Wikipedia*. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Logistics>.
- 2 Koks, E.E., Rozenberg, J., Zorn, C. et al. (2019). A global multi-hazard risk analysis of road and railway infrastructure assets, *Nat Commun*, 10 (2677). DOI: 10.1038/s41467-019-10442-3.
- 3 Verschuur, J., Koks, E.E., Li, S. et al. (2023). Multi-hazard risk to global port infrastructure and resulting trade and logistics losses, *Commun Earth Environ*, 4 (5). DOI: 10.1038/s43247-022-00656-7.
- 4 McKinnon, A. (2024). Logistics and climate: an assessment of logistics' multiple roles in the climate crisis, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27 (12). DOI: 10.1080/13675567.2024.2367534.
- 5 IPCC (2022). Decision-Making Options for Managing Risk. En: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.026.
- 6 IPCC (2022). Summary for Policymakers. En: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.001.
- 7 WEF (2024). *Business on the Edge: Building Industry Resilience to Climate Hazards*. Disponible en: <https://www.weforum.org/publications/business-on-the-edge-building-industry-resilience-to-climate-hazards/>.
- 8 Changing Transport (2021). *Resilience on the Slow Lane?* Disponible en: <https://changing-transport.org/transport-resilience-ndcs/>.
- 9 Changing Transport (nd). SLOCAT Findings from the previous rounds of NDCs. En: *NDC Transport Tracker*. Disponible en: <https://changing-transport.org/tracker/>.
- 10 Goldstein, A., Turner, W., Gladstone, J. y Hole, D. (2019). The private sector's climate change risk and adaptation blind spots, *Nature Climate Change*, 9. DOI: 10.1038/s41558-018-0340-5.
- 11 IPCC (2021). Summary for Policymakers. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157896.001.
- 12 Copernicus (2025). The 2024 Annual Climate Summary: Global Climate Highlights 2024. Disponible en: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>.
- 13 Barnes, E., Diffenbaugh, N., y Seneviratne, S (2024). Combining climate models and observations to predict the time remaining until regional warming thresholds are reached. *Environmental Research Letters*, 20 (1). DOI: 10.1088/1748-9326/ad91ca.
- 14 IPCC (2022). Key Risks Across Sectors and Regions. En: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009325844.025.

Fuentes

- 15 IPCC (2021). Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157896.013.
- 16 IPCC (2021). Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. DOI: 10.1017/9781009157896.014.
- 17 Koks, E. E., van Ginkel, K., van Marle, M., y Lemnitzer, A. (2022). Brief communication: Critical infrastructure impacts of the 2021 mid-July western European flood event, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22 (12). DOI: 10.5194/nhess-22-3831-2022.
- 18 Hallegatte, S., Jun R., y Julie R. (2019). *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*. Sustainable Infrastructure Series. Washington, D. C.: Banco Mundial. DOI: 10.1596/978-1-4648-1430-3.
- 19 LaRocco, L. (2024). 'Panama Canal says shipping rebound is underway after record drought', *CNBC*, 12 de noviembre. Disponible en: <https://www.cnb.com/2024/11/12/panama-canal-cargo-container-trade-rebound-record-drought.html>.
- 20 McKinsey (2024). *How could Panama Canal restrictions affect supply chains?* Disponible en: <https://www.mckinsey.com/industries/logistics/our-insights/how-could-panama-canal-restrictions-affect-supply-chains>.
- 21 UNDP Uganda (2013). *Vulnerability Impact Assessment (VIA) for the Mt Elgon Ecosystem*. Disponible en: https://www.adaptation-undp.org/sites/default/files/resources/undp_ugandaunepunep-wcmc_2013_uganda_via_report.pdf.
- 22 Palmer, A. (2021). 'Amazon drivers sought safety at warehouse as tornado hit but found only death and destruction', *CNBC*, 20 de diciembre. Disponible en: <https://www.cnb.com/2021/12/20/amazon-warehouse-in-illinois-hit-by-tornado-killing-6.html>.
- 23 Network Rail (nd). *Buckled Rail*. Disponible en: <https://www.networkrail.co.uk/running-the-railway/looking-after-the-railway/delays-explained/buckled-rail-and-summer-heat/>.
- 24 Castillo, M. (2024). 'The two-day or less shipping Americans have come to expect faces a climate change threat', *CNBC*, 24 de agosto. Disponible en: <https://www.nbcnews.com/business/economy/two-day-shipping-climate-change-amazon-walmart-rcna168077>.
- 25 BASF (2022). *Celebrating a milestone: Hull of innovative tanker 'Stolt Ludwigshafen' arrives in Rotterdam*. Disponible en: <https://www.basf.com/eg/en/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/the-site/news-and-media/news-releases/2022/11/p-22-355>.
- 26 CCNR (2023). "Act now!" on low water and effects on Rhine navigation. Disponible en: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/infovoienavigable/Act_now_3_0_en.pdf.
- 27 McKinnon, A. (2024). *Evaluating the relationships between connectivity, decarbonisation and resilience in freight transport*. Disponible en: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/sipa-methodology-relationships.pdf>.



CLIMATE CENTER

by Kühne Foundation

Kuehne Climate Center
Grosser Grasbrook 17
20457 Hamburgo
Alemania

Correo electrónico: climate@kuehne-foundation.org
[https://www.kuehne-stiftung.org/areas/climate/
climate-center](https://www.kuehne-stiftung.org/areas/climate/climate-center)