

Desastres y comercio

Fernando Antonio Ignacio González
CONICET y UCN
fernando.gonzalez@fce.unam.edu.ar

Facundo Eduardo Costa de Arguibel
CONICET y UNaM

Resumen

En este trabajo examinamos el impacto que los desastres naturales generan sobre los flujos comerciales (exportación e importación) globales. Para ello utilizamos microdatos diarios a nivel de puerto ($N=2,655,035$ observaciones) de los flujos comerciales y los combinamos con registros georreferenciados de desastres naturales. La estrategia de identificación recae sobre un diseño de estudio de eventos que nos permite estimar el impacto dinámico de los desastres (*i.e.* en diferentes horizontes temporales). Los resultados muestran una caída sustancial (entre 47% y 39%) de las importaciones y exportaciones. Esta reducción desaparece al cabo de la primera semana luego del desastre y se observan amplias heterogeneidades entre países y entre puertos. Los resultados sugieren que el mecanismo causal para los efectos observados opera no únicamente a través de la destrucción de la infraestructura portuaria sino también a través de la destrucción de la infraestructura productiva local. Las políticas de mitigación y adaptación frente a desastres son críticas.

Palabras clave: desastres naturales, puertos, comercio internacional.

1. Introducción

El transporte marítimo es un elemento crítico para el comercio internacional y la economía global: más del 80% del comercio internacional se realiza por esta vía (Banco Mundial, 2023). Así, los puertos constituyen nodos críticos para la fluidez del comercio y las perturbaciones que estos soporten –*i.e.* cierre de puertos– podrían tener severas consecuencias económicas (Verschuur *et al.*, 2022). Incluso las pequeñas perturbaciones temporales y aisladas pueden generar amplias disrupciones al comercio –*i.e.* el accidente en el puerto de Baltimore (EE.UU.) en 2024 o la explosión en el puerto de Beirut (Líbano) en 2020–.

Debido a su localización –zonas costeras–, los puertos son ampliamente vulnerables frente a desastres naturales –*i.e.* terremotos, inundaciones, ciclones, etc.– que potencialmente podrían causar cierres e interrupciones en sus operaciones. Verschuur *et al.* (2020) estiman que los desastres naturales causan que las operaciones de los puertos se interrumpan en promedio entre 4 y 22 días, y que la recuperación de la actividad portuaria demore en promedio la mitad de la duración del fenómeno.

El impacto de los desastres naturales es más amplio que la simple destrucción de infraestructura portuaria debido al rol destacado que mantienen los puertos como facilitadores del comercio global. Estos eventos podrían tener impacto en la oferta y la demanda de mercancías, los patrones de asignación de rutas y en los tiempos de entrega (Grenzeback & Lukman, 2008). Más aún, Verschuur *et al.* (2020) destacan que los desastres naturales son fenómenos que generalmente afectan simultáneamente a múltiples puertos exacerbando las consecuencias económicas. Por ejemplo, en 2017 el ciclón DIBBIE causó el cierre de los puertos australianos exportadores de carbón y el efecto alcanzó a la industria del acero en India y China (Lenzen *et al.*, 2019). A su vez, el Huracán Katrina causó severos daños en el puerto de Louisiana, interrupciones en las cadenas globales de valor dependientes de las exportaciones de Estados Unidos y un incremento en los precios de los commodities (Verschuur *et al.*, 2023; Trepte & Rice, 2014). Debido al daño causado por tales eventos y a la interconexión del sistema de transporte marítimo, los países han

emprendido medidas costosas, irreversibles y de larga duración para fortalecer la resiliencia del sistema de puertos (Xiao *et al.*, 2015; Itoh & Zhang, 2023).

Teóricamente existen dos mecanismos a través del cual los desastres naturales pueden afectar el flujo de comercio en los puertos. El mecanismo más evidente se vincula a la destrucción de la infraestructura del puerto. Los desastres podrían ocasionar daños severos en la infraestructura física de los puertos limitando la entrada y salida de buques. El segundo mecanismo se vincula a los daños en la economía local afectando a la oferta y demanda de bienes transables. Así, los desastres naturales podrían dañar las unidades de producción y a la infraestructura local afectando la producción de bienes transables. Martincus & Blyde (2013) muestran que los daños en la infraestructura de transporte debido al terremoto del 2011 en Chile redujeron las exportaciones de las firmas.

La literatura que examina el efecto de los desastres naturales sobre el comercio internacional presenta resultados contradictorios (Oh, 2015; Andrade da Silva & Cernat, 2012). A nivel agregado, la literatura ha destacado la existencia de heterogeneidades según la calidad institucional, el tamaño de la economía y el tipo de transacción –i.e. importación vs. exportación– (Andrade da Silva & Cernat, 2012; Gassebner *et al.*, 2010; Oh & Reuveny, 2010). Típicamente estos estudios recurren a modelos de gravedad, considerando un panel de países y relacionando a los desastres naturales con el flujo de comercio. En general, la evidencia muestra que los desastres naturales tienen un efecto negativo sobre las exportaciones. Esto podría deberse al deterioro de la producción (Hsiang & Jina, 2014) o a la destrucción de la infraestructura de transporte (Oh, 2015; Gassebner *et al.*, 2010; Martincus & Blyde, 2013; Sytsma, 2020). Martincus & Blyde (2013), usando datos mensuales desagregados y georeferenciados, muestran que el terremoto en Chile en 2010 afectó a las exportaciones de las firmas a través de su impacto en la infraestructura de transporte. A su vez, las importaciones también podrían verse afectadas a través de mecanismos como el efecto ingreso (Oh & Reuveny, 2010), la suavización del consumo (Felbermayr & Gröschl, 2013) o mayor demanda de bienes de capital para la reconstrucción (Gassebner *et al.*, 2010). Lo anterior representa efectos contrapuestos de los desastres sobre los flujos comerciales.

Una menor cantidad de estudios ha analizado el efecto de los desastres naturales sobre el comercio internacional a través de datos a nivel de puertos (Hemano & Vermeulen, 2020; Sytsma, 2020; Friedt, 2021;). Hemano & Vermeulen (2020) estudian el terremoto que afectó a Japón en 2011 usando datos mensuales a nivel puerto de las exportaciones desagregadas (destino, cantidad, valor, producto). Sus resultados muestran que el terremoto del 2011 afectó sustancialmente el comercio a nivel puerto y que el 40% del flujo comercial fue redirigido desde los puertos más afectados hacia los menos afectados. Sytsma (2020) utiliza datos anuales (1998-2006) de exportaciones agregadas y un modelo estructural de gravedad para estudiar el efecto causal de los Huracanes sobre el flujo comercial de los puertos en Estados Unidos. Sus hallazgos muestran que los huracanes tienen un efecto negativo sobre el flujo comercial.

Fried (2021) estudia el efecto sobre el comercio internacional a nivel puerto del Huracán Katrina que afectó a los Estados Unidos. A diferencia de los estudios anteriores, estima el efecto causal a través de un estimador de diferencias en diferencias teniendo en cuenta la dependencia espacial en los datos de flujo comercial. A partir de la utilización de datos mensuales desde agosto de 2003 a agosto 2013, sus resultados destacan un efecto negativo y permanente en el flujo comercial de los puertos afectados, así como también un cambio en la composición comercializada en dichos puertos. Esto muestra una redirección del comercio internacional entre los puertos afectados y no afectados. Otro grupo de trabajo ha utilizado modelos insumo producto para estudiar este tópico (Rose, 2004; Okuyama, 2004; Pant *et al.*, 2011; Rose & Wei, 2013; Li *et al.*, 2013; Schulte *et al.*, 2015; Thekdi & Santos, 2016; Lenzen *et al.*, 2019).

En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar el impacto que la ocurrencia de desastres naturales posee sobre el flujo comercial diario global a nivel de puerto. Para ello utilizamos microdatos diarios sobre el volumen exportado e importado de 1387 puertos a nivel global combinados con microdatos georreferenciados sobre la ocurrencia de desastres naturales –i.e. ciclones tropicales, inundaciones, sequías, terremotos y erupciones volcánicas–. La Figura 1 presenta la distribución geográfica de los puertos considerados.

La estrategia de identificación del trabajo consiste en un diseño estudio de eventos. Esto nos permite identificar causalmente el efecto dinámico –i.e. en diferentes horizontes temporales– de la ocurrencia de desastres naturales. Además, este diseño nos permite testear explícitamente el cumplimiento del supuesto de tendencias paralelas al examinar la evolución de los placebos temporales –i.e. los efectos estimados en los días previos a la ocurrencia del desastre–. Es esperable que los coeficientes estimados asociados a estos placebos no difieran de 0. Considerando que la adopción del tratamiento es escalonada (i.e. desastres que ocurren en diferentes momentos) se considera un estimador robusto frente a la presencia de efectos heterogéneos (Sun & Abraham, 2021) en todas las estimaciones.

Los resultados muestran que la ocurrencia de desastres reduce sustancialmente el flujo comercial en los puertos afectados. Esto se traduce en una reducción de entre 39% y 47% en las exportaciones e importaciones diarias y también en la cantidad de buques diarios. Estos efectos desaparecen al cabo de 5 días luego de la ocurrencia del desastre. Los efectos estimados difieren sustancialmente entre países (son más severos entre países en desarrollo) y entre puertos (más severos en puertos con mayor participación del comercio de mercancías críticas –químicos, metales y minerales–). Todo lo anterior coincide en resaltar la importancia de implementar políticas de mitigación y adaptación frente a desastres naturales en la infraestructura portuaria.

El valor añadido de este trabajo recae en cuatro aspectos. Primero, es el primer trabajo en considerar una base global de puertos para estudiar el efecto de desastres naturales. Típicamente la literatura se enfoca en analizar unos pocos puertos y países –típicamente Estados Unidos, Europa o Japón–. Esto nos permite profundizar en la existencia de efectos heterogéneos entre regiones. Segundo, este trabajo es innovador al considerar datos de frecuencia diaria. Típicamente los trabajos previos consideran una frecuencia mensual o anual. Esto constituye otra ventaja del presente trabajo al permitir la identificación de impactos de muy corto plazo –difícilmente identificables al promediar a lo largo de un mes o año–. Tercero, este trabajo considera los efectos de múltiples tipos de desastres naturales (inundaciones, ciclones tropicales, sequías, terremotos y erupciones volcánicas). Típicamente la literatura se concentra en examinar un único evento o tipo de desastre. Esto nos permite identificar la presencia de efectos heterogéneos entre desastres y examinar el cumplimiento del supuesto de inexistencia de efectos anticipados al analizar los desastres previsibles. Cuarto, los resultados de este trabajo permiten identificar los mecanismos a través de los cuales la ocurrencia de desastres reduce los flujos comerciales. En concreto, esto incluye tanto a la destrucción de la infraestructura portuaria como la infraestructura productiva local.

En adelante, la sección 2 describe las fuentes de información mientras que la sección 3 detalla la estrategia de identificación de este trabajo. La sección 4 presenta los principales resultados y, finalmente, la sección 5 discute las principales conclusiones.

2. Fuentes de información

En este trabajo recurrimos a los microdatos del proyecto PortWatch (2024). Este es una iniciativa colaborativa entre el Fondo Monetario Internacional y el Environmental Change Institute de la Universidad de Oxford. PortWatch es una base de microdatos que brinda información sobre la actividad diaria de cada puerto a nivel global y sobre la ocurrencia de desastres naturales. En

particular, combinamos dos conjuntos de información de esta plataforma: i) la información diaria sobre el flujo de comercio (volumen de importación y exportación en toneladas métricas) de 1387 puertos alrededor del mundo y; ii) información sobre la ocurrencia de desastres naturales recolectada a partir del Sistema de Coordinación y Alerta de Desastres Globales (GDACS).

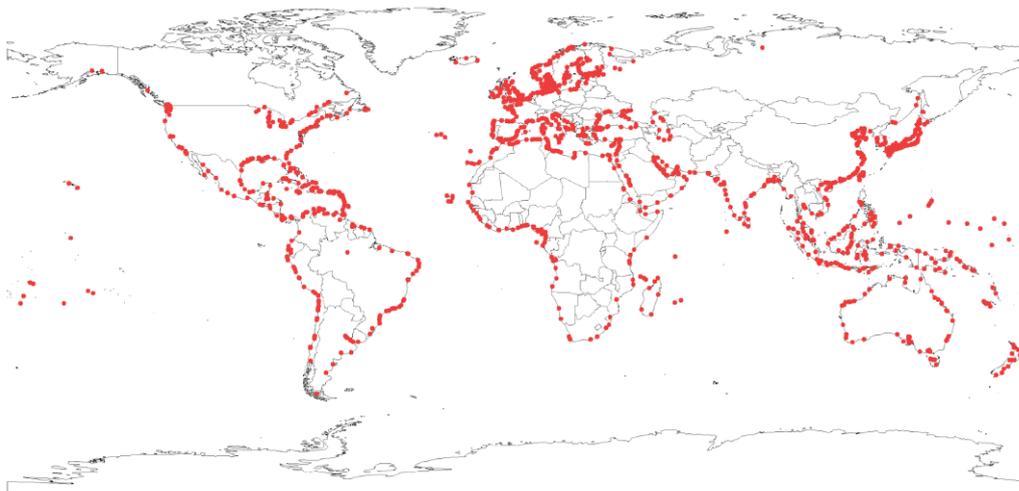
Para estimar el flujo diario de comercio internacional de cada puerto PortWatch utiliza los datos de la Plataforma Global de las Naciones Unidas (UNGP) del Sistema de Identificación Automática (AIS) basado en datos satelitales. Allí se encuentra disponible la información sobre los movimientos en tiempo real de los buques desde el 1 de diciembre del 2018 en adelante. El AIS es un sistema que permite a los buques auto-reportar información del viaje (localización, velocidad, destino, calado y tiempo estimado de arribo) y de las características de la embarcación (ID del barco, tipo de barco, tamaño, dimensiones). Es obligatorio para todas aquellas embarcaciones comerciales de 300 toneladas brutas o más –en la práctica la totalidad de los buques comerciales–, y para todos los buques que transporten pasajeros independientemente de su tamaño.

Por otra parte, utilizamos información diaria sobre la ocurrencia de desastres naturales provisto por PortWatch. Esta plataforma utiliza la información provista por el Sistema de Coordinación y Alerta de Desastres Globales (GDACS) sobre desastres naturales –*i.e.* terremotos, tsunamis, ciclones tropicales, inundaciones, volcanes y sequías–. PortWatch recopila diariamente de manera automática la información sobre los desastres naturales activos que reporta GDACS. De cada uno de los reportes se obtiene la información básica del desastre (localización, tipo, severidad del evento, país afectado, duración, entre otros), el polígono del área y la población afectada. Cabe destacar que PortWatch únicamente considera aquellos desastres naturales de mayor severidad¹. Esta información es combinada luego con los polígonos que delimitan el espacio de los puertos para identificar los puertos afectados por desastres naturales. De esta forma, PortWatch reporta desde el 2018 en adelante cada desastre natural de los que se tiene registros, la duración del evento (en días) y los puertos afectados.

La Figura 1, a continuación, muestra la distribución global de los puertos incluidos en la base de datos. Estos se distribuyen entre 179 países y en su amplia mayoría se trata de puertos marítimo (en lugar de puertos interiores).

Figura 1: Distribución global de puertos

¹ GDACS produce un score (0-3) para tipificar a los fenómenos naturales. Estos se basan en una matriz de riesgos que toma la intensidad del evento, la vulnerabilidad de la población y la capacidad del gobierno nacional para mitigar los riesgos de los desastres. PortWatch únicamente utiliza los fenómenos clasificados con la mayor severidad posible (rojo); es decir aquellos eventos climáticos que vulneran a una gran proporción de la población y de la infraestructura del país tal que la ayuda humanitaria es inminente. La Tabla A.1 en el anexo detalla las escalas del sistema de alerta.



Fuente: Elaboración propia en base a PortWatch. Nota: cada punto identifica a un puerto.

La Tabla 1, a continuación, presenta estadísticas descriptivas básicas sobre la ocurrencia de desastres. De aquí surge que la amplia mayoría de registros corresponde a ciclones tropicales y, en menor medida, a inundaciones y terremotos. Los ciclones tropicales son también el desastre que a más países y puertos ha afectado. De acuerdo con PortWatch los países más frecuentemente afectados por desastres son India, China, Estados Unidos, México, Filipinas, Taiwán, Vietnam y Vanuatu –todos ellos con 4 desastres o más.

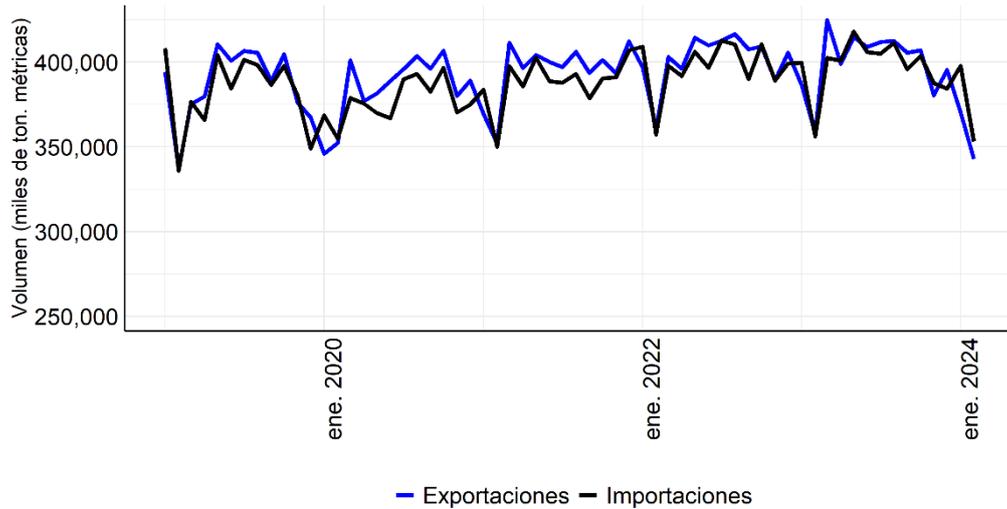
Tabla 1: Estadística descriptiva de desastres naturales

Desastres naturales	Frecuencia	Duración promedio (días)	Países afectados	Puertos afectados
Ciclones tropicales	44	9	34	155
Inundaciones	6	29	6	31
Terremotos	6	1	5	11
Sequías	2	224	2	3
Erupciones Volcánicas	1	30	1	1

Fuente: elaboración propia en base a PortWatch

La Figura 2 muestra que los flujos de exportaciones e importaciones globales presentan un comportamiento relativamente estable en el tiempo sin una tendencia evidente (aunque con la presencia de estacionalidad en los meses de verano). La pandemia de COVID-19 durante 2020 no parece haber provocado una reducción sustancial ni sostenida en el tiempo. Llamativamente, la serie de exportaciones se encuentra sistemáticamente por encima de la serie de importaciones. Esto parece sugerir un subregistro en esta serie.

Figura 2: Flujos comerciales por mes



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch

3. Metodología

La estrategia de identificación de este trabajo recae sobre un diseño de estudio de eventos. Este tipo de diseño permite identificar el impacto dinámico de la ocurrencia de desastres naturales sobre los flujos comerciales según surge de la ecuación 1.

$$y_{it} = \sum_{s \neq -1} \beta_s I[E_{it} = s] + \alpha_i + \partial_t + X_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

donde y_{it} es el resultado de interés para el puerto i en el día t . E_{it} indica el tiempo relativo a la ocurrencia del desastre natural para cada puerto — $E_{it} = 0$ indica que ese día fue el inicio de un desastre natural en el i -ésimo puerto—. Los coeficientes del conjunto de variables dummies muestran la evolución de los resultados de interés con relación a la ocurrencia de desastres naturales. Todos los coeficientes son estandarizados con relación al día previo al inicio del desastre (*i.e.* $s = -1$). α_i y ∂_t son efectos fijos por puerto y día del año, respectivamente. μ_{it} es el término de error del modelo.

Los resultados de interés incluyen a: volumen diario de exportación (en toneladas métricas) y volumen diario de importación (en toneladas métricas). También se incluye a la cantidad de buques diarios que ingresan o salen del puerto. La ecuación 1 es re-estimada al implementar múltiples desagregaciones y checks de robustez. Primero, se contempla la desagregación por tipo de desastre natural a los efectos de identificar cuáles son los que ocasionan un mayor impacto. Aquí se diferencia entre desastres previsibles —aquellos cuyo timing se puede anticipar— (ciclones tropicales, inundaciones o sequías) vs. desastres no previsibles (*i.e.* terremotos o erupciones).

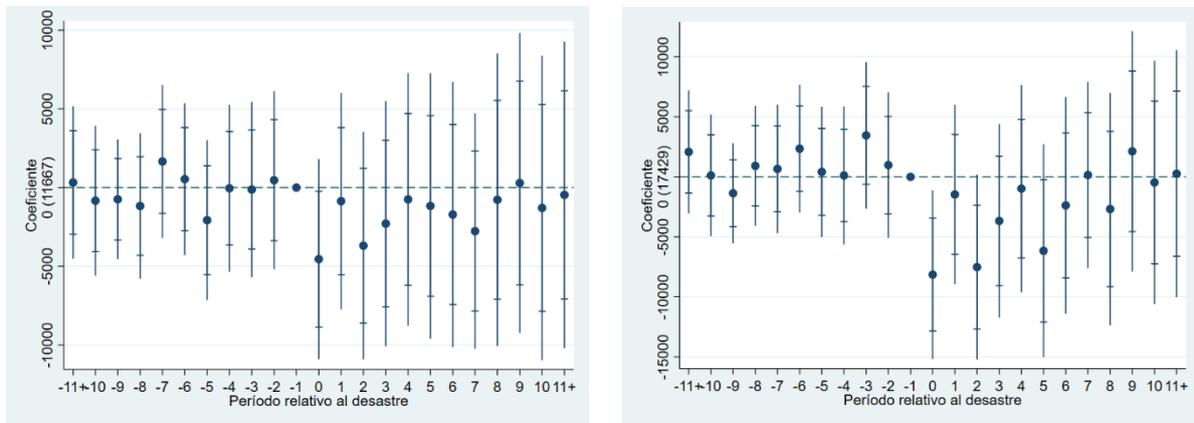
Segundo, se desagrega según el nivel de ingreso del país para identificar potenciales efectos heterogéneos entre países desarrollados (miembros de la OCDE) vs. países en desarrollo (no-OCDE). Tercero, se desagrega entre tipos de puertos. Aquí se distingue entre puertos cuyo principal rubro comercial corresponde a mercancías críticas —*i.e.* químicos, minerales y metales— vs. puertos no críticos —*i.e.* ninguno de los anteriores es el principal rubro comercial del puerto—. Esta distinción es relevante porque los puertos críticos esperablemente sean más sensibles frente a desastres: deben extremar las medidas de mitigación para evitar daños humanos y ambientales.

Todas las estimaciones de este trabajo recurren al estimador de Sun & Abraham (2021). Este estimador brinda resultados robustos frente a la presencia de efectos heterogéneos en contextos de adopción escalonada del tratamiento –i.e. desastres que ocurren en diferentes momentos y puertos–.

4. Resultados

Las Figuras 3, a continuación, muestran que los desastres naturales reducen significativamente el flujo comercial de los puertos afectados. Sin embargo, los resultados muestran una dinámica diferente según el tipo de flujo comercial (importación vs. exportación). El efecto sobre las exportaciones es de menor magnitud y duración (en días) con relación al efecto sobre las importaciones. Así, los puertos afectados reducen su volumen de exportaciones en un 39%, en tanto que la caída en las importaciones alcanza el 47% (con relación al promedio diario pre-desastre). Los coeficientes tabulados se presentan en la Tabla A.2 en Anexo.

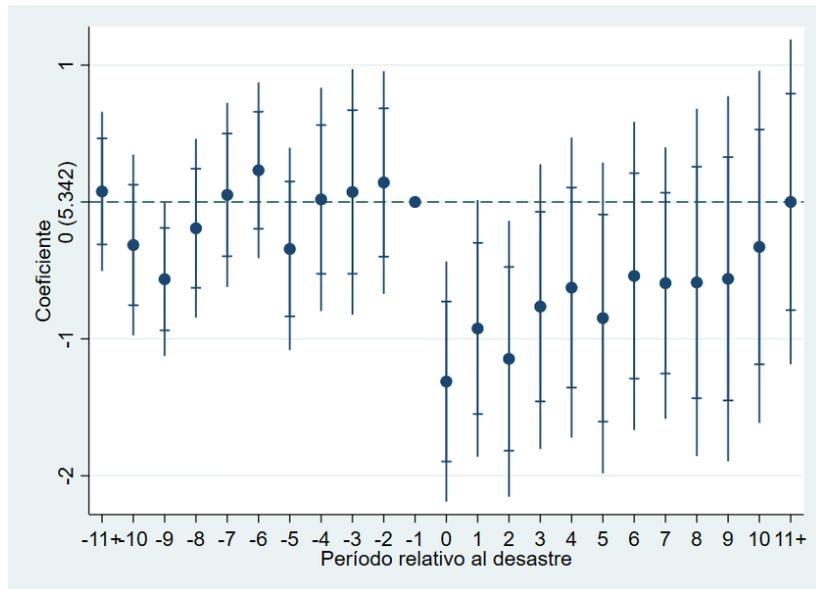
Figura 3: Exportaciones (izquierda), importaciones (derecha) y desastres naturales



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch. Nota: intervalos de confianza al 95%. Pre-trends p-value de 0.67 para exportaciones y 0.27 para importaciones. Estimador robusto de Sun & Abraham (2021).

Los resultados anteriores se repiten al considerar el flujo de buques que ingresan o salen de cada puerto (en lugar de las toneladas métricas de mercancías que contienen) –Figura 4–. Así, la ocurrencia de un desastre reduce en aproximadamente un buque el flujo diario de los puertos afectados. Esto representa una reducción cercana al 40% con relación al promedio diario pre-desastre.

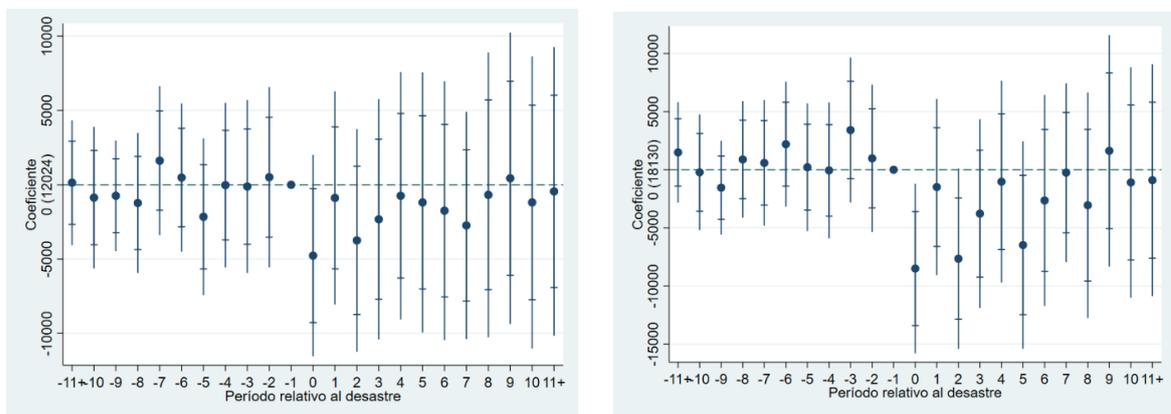
Figura 4: Cantidad de buques y desastres naturales



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch. Nota: intervalos de confianza al 95%. Pre-trends p-value de 0.01. Estimador robusto de Sun & Abraham (2021).

La Figura 5 muestra que no existen efectos anticipatorios (modificaciones sustanciales en los flujos comerciales en los días previos al desastre) ni siquiera al considerar únicamente a aquellos desastres que se pueden anticipar (previsibles). Esto incluye a ciclones tropicales, inundaciones y sequías. En otras palabras, los coeficientes para los días previos al inicio al desastre no difieren significativamente de 0 y descartan así la existencia de pre-trends diferenciales entre los puertos tratados y de control. En última instancia, esto otorga mayor credibilidad a las estimaciones del trabajo.

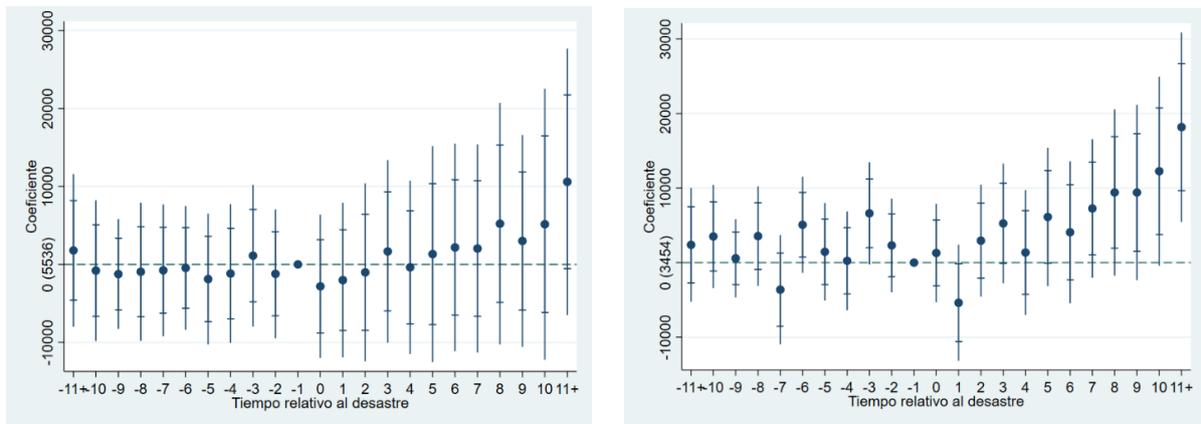
Figura 5: Exportaciones (izquierda), importaciones (derecha) y desastres previsibles



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch. Nota: intervalos de confianza al 95%. Pre-trends p-value de 0.70 para exportaciones y 0.34 para importaciones. Estimador robusto de Sun & Abraham (2021).

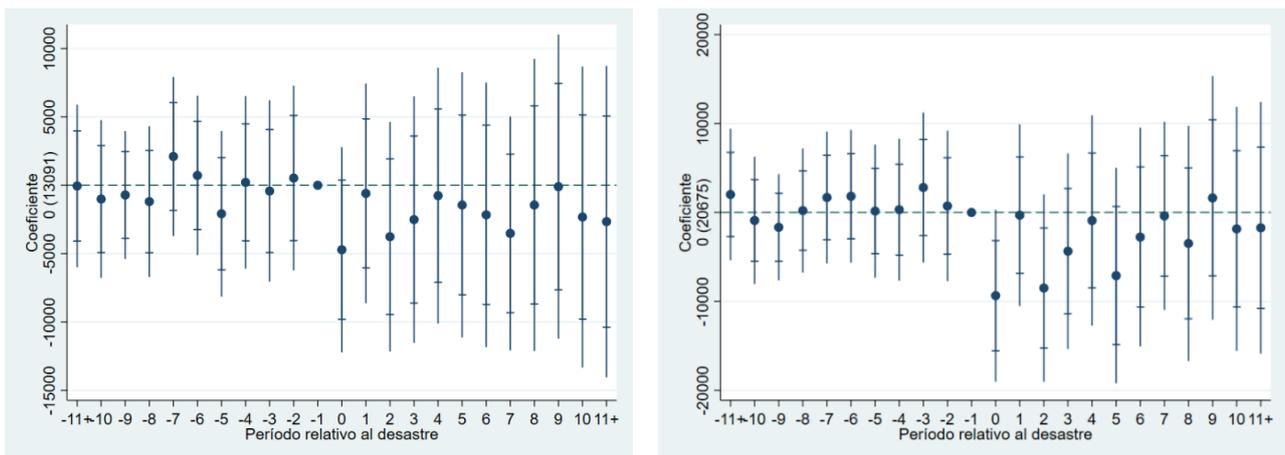
Las Figuras 6 y 7, a continuación, dan cuenta de la sustancial heterogeneidad entre países de la OCDE vs. países no-OCDE: mientras que entre el primer grupo ni las exportaciones ni las importaciones se ven sustancialmente reducidas por los desastres, entre el segundo grupo se observa una caída en ambas magnitudes. Este resultado sugiere una mayor resiliencia climática entre los puertos de países de la OCDE.

Figura 6: Exportaciones (izquierda), importaciones (derecha) y desastres naturales en países de la OCDE



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch. Nota: intervalos de confianza al 95%. Pre-trends p-value de 0.97 para Exportaciones y 0.01 para Importaciones. Estimador robusto de Sun & Abraham (2021).

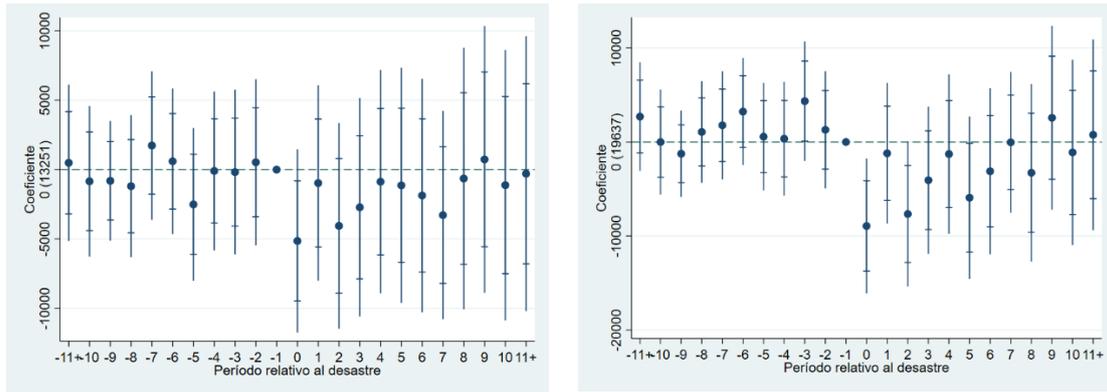
Figura 7: Exportaciones (izquierda), importaciones (derecha) y desastres naturales en países no-OCDE



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch. Nota: intervalos de confianza al 95%. Pre-trends p-value de 0.78 para Exportaciones y 0.62 para Importaciones. Estimador robusto de Sun & Abraham (2021).

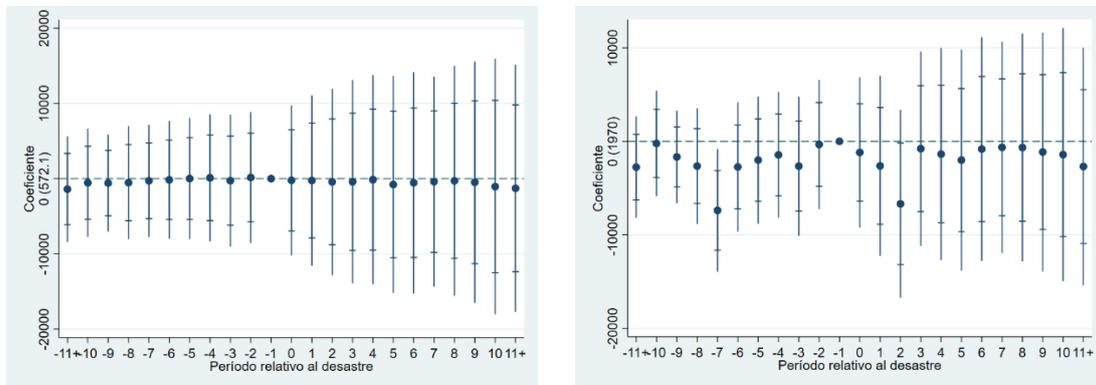
Finalmente, las figuras 8 y 9 muestran que aquellos puertos que comercian principalmente mercancías críticas para la seguridad (químicos, metales o minerales) son más sensibles frente a la ocurrencia de desastres. Entre los puertos críticos se observa una reducción especialmente sustancial y duradera en las importaciones. Entre los puertos no-críticos no se observan reducciones estadísticamente significativas.

Figura 8: Exportaciones (izquierda), importaciones (derecha) y desastres en puertos críticos



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch. Nota: intervalos de confianza al 95%. Pre-trends p-value de 0.13 para Exportaciones y 0.59 para Importaciones. Estimador robusto de Sun & Abraham (2021).

Figura 9: Exportaciones (izquierda), importaciones (derecha) y desastres en puertos no-críticos



Fuente: elaboración propia en base a PortWatch. Nota: intervalos de confianza al 95%. Pre-trends p-value de 1 para Exportaciones y 0.09 para Importaciones. Estimador robusto de Sun & Abraham (2021).

Los resultados de este trabajo extendieron la literatura previa sobre desastres y comercio al considerar microdatos diarios con cobertura global y un amplio conjunto de desastres. Al respecto, los resultados se muestran consistentes con las estimaciones previas: la reducción en los flujos comerciales aquí reportada (39%-47%) es consistente con el efecto reportado por Hemano & Vermeulen (2020) para el caso de Japón (40%). Además, la duración de estas reducciones (hasta 5 días luego del desastre) se encuentra cercana al límite inferior de las estimaciones reportadas por Verschuur *et al.* (2020) –entre 4 y 22 días. De igual manera, las estimaciones aquí presentadas indican que la resiliencia del comercio depende de los patrones de especialización de los puertos y los modos de transporte. Así, nuestros resultados sugieren que el comercio de materias primas –generalmente los químicos, minerales y metales que son comercializados bajo la modalidad a granel– presenta una menor resiliencia, en línea con los hallazgos de Friedt (2021) para Estados Unidos.

5. Conclusiones

A lo largo de este trabajo hemos cuantificado el impacto que la ocurrencia de desastres naturales ocasiona sobre los puertos afectados a nivel global. Los resultados dan cuenta de una reducción sustancial de los flujos comerciales (importaciones y exportaciones) así como de la cantidad de buques en los puertos afectados. Estas reducciones desaparecen al cabo de 5 días. Además, los puertos de países no pertenecientes a la OCDE y puertos cuyo principal rubro comercial consiste en el comercio de químicos, metales y minerales son más sensibles (mayor reducción en sus flujos comerciales) ante la ocurrencia de desastres.

Los resultados del trabajo dan lugar a importantes recomendaciones de política. Primero, las políticas portuarias de mitigación y adaptación son críticas para minimizar el impacto negativo de los desastres y reducir así su efecto sobre la economía local. Segundo, sabemos que la economía local también se ve negativamente afectada por la ocurrencia de desastres: el volumen de exportaciones se reduce –aunque esta caída es de menor magnitud y duración con relación a las importaciones. Por ello, las políticas de mitigación y adaptación deben ser holísticas e incluir a la infraestructura productiva local.

Otra forma de expresar lo anterior es la siguiente: la ocurrencia de desastres reduce el flujo comercial local a través de dos mecanismos: la destrucción de la infraestructura portuaria y la destrucción de infraestructura productiva local. Es por ello que las exportaciones también se ven afectadas, aunque con una magnitud y duración diferencial respecto a las importaciones. En consecuencia, la infraestructura productiva local también debe ser considerada en las políticas de mitigación y adaptación para minimizar el impacto sobre el comercio.

Anexo

Tabla A.1: Sistema de alerta GDACS

Desastres	Sistema de alerta GDACS y Score
Terremotos	Los niveles de alerta de GDACS consideran la intensidad de los terremotos (superiores a 5.5 Mw –i.e. momento magnitud–), la población expuesta, la vulnerabilidad sísmica del país y la capacidad del gobierno (índice INFORM) para hacer frente a los eventos extremos. Las alertas rojas (GDACS score mayores o iguales a 2) son terremotos severos con proyecciones de más de 100 fatalidades y con probabilidad de que las capacidades del gobierno, en términos de organización de actividades formales e infraestructura se vean superadas para hacer frente al eminente riesgo. Así, se considera alerta roja a aquellos eventos que potencialmente podrían requerir una intervención internacional o que podrían superar la capacidad de respuesta de las autoridades nacionales.
Ciclones tropicales	GDACS basa su sistema de alerta únicamente en el impacto del viento. Para ello considera las áreas que serán afectadas por los altos vientos, la población expuesta y la infraestructura crítica, el cual se combinan para crear un Índice de Vulnerabilidad que tiene en cuenta el porcentaje de la población que vive en áreas rurales junto con su nivel socioeconómico (IDH). A modo de resumen, las alertas rojas podrán clasificarse como: 1) Viento entre 119 y 177 Km/h, población expuesta de más de 1 millón de personas y alta vulnerabilidad (alto porcentaje de personas en zonas rurales con bajos niveles de IDH) 2) Vientos entre 178-208 Km/h, población expuesta mayor a 100 mil personas o el 10% de la población y vulnerabilidad media-alta. 3) Vientos entre 209-251 Km/h, población expuesta mayor a 1 millón de personas y baja vulnerabilidad.
Inundaciones	En el caso de las inundaciones, GDACS no posee un sistema automático de detección. Para ello, utiliza información de las instituciones gubernamentales y científicas y de los medios de comunicación. Así, clasifica a las inundaciones como alerta roja cuando existan más de 1000 fatalidades o 800.000 personas tuvieron que desplazarse por motivo de la inundación.
Sequías	GDACS clasifica como alerta roja a las sequías que se caractericen por: 1) Impacto relevante en la economía y los recursos del país, tal que las autoridades gubernamentales emiten alertas de ayudas humanitarias. 2) Impacto severo sobre la vida de las personas: migraciones y desplazamientos internos, hambruna o inanición, violencia relacionados explícitamente con conflictos por recursos hídricos. 3) Es necesaria la intervención internacional a través de la ayuda humanitaria.
Volcán	El sistema de información GDACS combina información de avisos de cenizas volcánicas (VAA) y los informes semanales del Instituto Smithsonian (el insituto Smithsonian brinda información sobre la actividad volcánica). La alerta emitida por GDACS se basa en el incremento significativo de la emisión de nubes de cenizas. La alerta roja GDACS está especificada de forma tal que el evento volcánico llama la atención de la comunidad internacional y requiere la intervención en forma de ayuda humanitaria.

Fuente: elaboración propia en base a Global Disaster Alert and Coordination System (GDACS)

Tabla A.2: Coeficientes tabulados de la Figura 3

	Exportaciones	Importaciones
+11 días previos	320.0 (1,680)	2,076 (1,747)
10 días previos	-835.2 (1,652)	115.6 (1,726)
9 días previos	-744.8	-1,369

	(1,319)	(1,422)
8 días previos	-1,17	915.7
	(1,601)	(1,705)
7 días previos	1,657	657.4
	(1,685)	(1,826)
6 días previos	534.5	2,343
	(1,673)	(1,816)
5 días previos	-2,073	408.3
	(1,761)	(1,849)
4 días previos	-45.08	113.1
	(1,839)	(1,961)
3 días previos	-126.5	3,452*
	(1,93)	(2,081)
2 días previos	469.7	976.1
	(1,962)	(2,069)
0 días previos	-4,551**	-8,147***
	(2,204)	(2,397)
1 día posterior	-862.5	-1,469
	(2,384)	(2,545)
2 días posteriores	-3,694	-7,520***
	(2,508)	(2,625)
3 días posteriores	-2,293	-3,673
	(2,701)	(2,749)
4 días posteriores	-751.2	-984.9
	(2,784)	(2,945)
5 días posteriores	-1,168	-6,163**
	(2,926)	(3,025)
6 días posteriores	-1,714	-2,383
	(2,919)	(3,079)
7 días posteriores	-2,77	147.7
	(2,593)	(2,649)
8 días posteriores	-777.4	-2,685
	(3,224)	(3,300)
9 días posteriores	290.0	2,123
	(3,303)	(3,415)
10 días posteriores	-1,292	-470.3
	(3,355)	(3,458)
+11 días posteriores	-462.0	258.3
	(3,376)	(3,509)
N	2,655,035	2,655,036
R-cuadrado	0.765	0.639

Fuente: Elaboración propia en base a PortWatch. Nota: Error estándar entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Referencias

- Andrade da Silva, J., & Cernat, L. (2012). Coping with loss: the impact of natural disasters on developing countries' trade flows. *EC Chief Economist Note*, 2012(1), 1-6.
- Banco Mundial (2023). Sustainable Development in Shipping and Ports. <https://www.worldbank.org/en/topic/transport/brief/sustainable-development-in-shipping-and-ports#>.
- Felbermayr, G., & Gröschl, J. (2013). Natural disasters and the effect of trade on income: A new panel IV approach. *European Economic Review*, 58, 18-30.

- Friedt, F. L. (2021). Natural disasters, aggregate trade resilience, and local disruptions: Evidence from Hurricane Katrina. *Review of International Economics*, 29(5), 1081-1120.
- Gassebner, M., Keck, A., & Teh, R. (2010). Shaken, not stirred: the impact of disasters on international trade. *Review of International Economics*, 18(2), 351-368.
- Grenzeback, L. R., & Lukman, A. T. (2008). *Case study of the transportation sector's response to and recovery from hurricane's Katrina and Rita*. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Hamano, M., & Vermeulen, W. N. (2020). Natural disasters and trade: the mitigating impact of port substitution. *Journal of Economic Geography*, 20(3), 809-856.
- Hsiang, S. M., & Jina, A. S. (2014). *The causal effect of environmental catastrophe on long-run economic growth: Evidence from 6,700 cyclones* (No. w20352). National Bureau of Economic Research.
- Itoh, R., & Zhang, A. (2023). How should ports share risk of natural and climate change disasters? Analytical modelling and implications for adaptation investments. *Economics of Transportation*, 33, 100301.
- Lenzen, M., Malik, A., Kenway, S., Daniels, P., Lam, K. L., & Geschke, A. (2019). Economic damage and spillovers from a tropical cyclone. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(1), 137-151.
- Martincus, C. V., & Blyde, J. (2013). Shaky roads and trembling exports: Assessing the trade effects of domestic infrastructure using a natural experiment. *Journal of International Economics*, 90(1), 148-161.
- Lenzen, M., Malik, A., Kenway, S., Daniels, P., Lam, K. L., & Geschke, A. (2019). Economic damage and spillovers from a tropical cyclone. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(1), 137-151.
- Li, J., Crawford-Brown, D., Syddall, M., & Guan, D. (2013). Modeling imbalanced economic recovery following a natural disaster using input-output analysis. *Risk analysis*, 33(10), 1908-1923.
- Oh, C. H. (2015). How do natural and man-made disasters affect international trade? A country-level and industry-level analysis. *Journal of Risk Research*, 20(2), 195-217.
- Oh, C. H., & Reuveny, R. (2010). Climatic natural disasters, political risk, and international trade. *Global Environmental Change*, 20(2), 243-254.
- Okuyama, Y. (2004). Modeling spatial economic impacts of an earthquake: Input-output approaches. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 13(4), 297-306.
- Pant, R., Barker, K., Grant, F. H., & Landers, T. L. (2011). Interdependent impacts of inoperability at multi-modal transportation container terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(5), 722-737.
- Rose, A. (2004). Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation. In *Modeling spatial and economic impacts of disasters* (pp. 13-36). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Rose, A., & Wei, D. (2013). Estimating the economic consequences of a port shutdown: the special role of resilience. *Economic Systems Research*, 25(2), 212-232.
- Schulte in den Bäumen, H. S., Többen, J., & Lenzen, M. (2015). Labour forced impacts and production losses due to the 2013 flood in Germany. *Journal of hydrology*, 527, 142-150.
- Sytsma, T. (2020). The impact of hurricanes on trade and welfare: Evidence from US port-level exports. *Economics of Disasters and Climate Change*, 4(3), 625-655.
- Thekdi, S. A., & Santos, J. R. (2016). Supply chain vulnerability analysis using scenario-based input-output modeling: Application to port operations. *Risk Analysis*, 36(5), 1025-1039.

Trepte, K., & Rice Jr, J. B. (2014). An initial exploration of port capacity bottlenecks in the USA port system and the implications on resilience. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 6(3), 339-355.

Verschuur, J., Koks, E. E., & Hall, J. W. (2020). Port disruptions due to natural disasters: Insights into port and logistics resilience. *Transportation research part D: transport and environment*, 85, 102393.

Verschuur, J., Koks, E. E., & Hall, J. W. (2022). Ports' criticality in international trade and global supply-chains. *Nature communications*, 13(1), 4351.

Verschuur, J., Koks, E. E., & Hall, J. W. (2023). Systemic risks from climate-related disruptions at ports. *Nature Climate Change*, 13(8), 804-806.

Xiao, Y. B., Fu, X., Ng, A. K., & Zhang, A. (2015). Port investments on coastal and marine disasters prevention: Economic modeling and implications. *Transportation Research Part B: Methodological*, 78, 202-221.

Port Watch (2024). Daily Port Activity Data and Trade Estimates. <https://portwatch.imf.org/pages/data-and-methodology>.