



Artículo

El cambio climático global impacta el círculo polar ártico

Global climate change impact the arctic polar circle

Alexander Eslava Sarmiento ^{1*} 

¹ Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 111321, Colombia; laeslavas@unal.edu.co

* Correspondencia: laeslavas@unal.edu.co

Resumen: Numerosas evidencias confirman que la Tierra se está calentando, y entre ellas se incluyen: días y noches más calurosos, calentamiento del océano, reducción del tiempo frío, la capa de nieve en el hemisferio norte está disminuyendo a ritmo vertiginoso, retiro de los glaciares, cambio en los patrones de lluvia, aumento del nivel del mar, disminución del hielo marino en el círculo polar ártico, acidificación de los océanos; ahora se están abriendo rutas que antes estaban impedidas, lo que ofrece el potencial de conectar mercados internacionales a través de rutas polares más cortas. El cambio climático global está provocando el deshielo del permafrost y la reducción de la capa de hielo del océano Ártico, lo que hace que los vastos depósitos minerales de esta parte del mundo sean más accesibles. El Ártico contiene vastas reservas de recursos naturales del mundo: agua dulce (20%), reservas estimadas de gas natural inexploradas (13%) y reservas de petróleo (30%). La región es rica en metales no ferrosos y de tierras raras, oro, diamantes e hidrocarburos. China, país no ártico, pretende obtener acceso a los recursos y a las rutas marítimas del Ártico para asegurar y reforzar su ascenso militar, económico y científico.

Palabras clave: Cambio Climático; Círculo polar ártico; Transporte Marítimo; Ruta Mar del Norte; Contenedores Marítimos.

Abstract: Numerous evidences confirm that the Earth is warming, including: warmer days and nights, warming of the ocean, reduction in cold weather, snow cover in the northern hemisphere is decreasing at a rapid pace, retreating glaciers, change in rainfall patterns, rising sea levels, decreasing sea ice in the Arctic Circle, ocean acidification; Previously impeded routes are now opening up, offering the potential to connect international markets via shorter polar routes. Global climate change is causing permafrost to thaw and the Arctic Ocean ice sheet to shrink, making the vast mineral deposits in this part of the world more accessible. The Arctic contains the world's vast reserves of natural resources: fresh water (20%), estimated unexplored natural gas reserves (13%), and oil reserves (30%). The region is rich in non-ferrous and rare earth metals, gold, diamonds and hydrocarbons. China, a non-Arctic country, seeks to gain access to the resources and maritime routes of the Arctic to ensure and reinforce its military, economic and scientific rise.

Keywords: Climate Change; Arctic Polar Circle; Maritime Transport; North Sea Route; Shipping Containers.



Citación: Eslava, A. El cambio climático global impacta el círculo polar ártico. *DERROTERO* 2024, 18, 1–22.

10.70554/Derrotero2024.v18n01.01

Recibido: 02/02/2024

Aceptado: 16/09/2024

Publicado: 30/06/2024



Derechos de autor: © 2024 por autores.

Licenciado por Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", COL.

Este artículo es de libre acceso distribuido en las términos y condiciones de *Creative Commons Attribution* (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducción

La palabra "Ártico" tiene su origen en el griego "Arctos", que significa "oso", un término que alude a la constelación de la Osa Mayor. Esta región se define geográficamente por el círculo polar ártico 66°33' 44"N, donde el sol puede permanecer por encima o por debajo del horizonte durante 24 horas continuas. Climáticamente, el Ártico se caracteriza por ser una

zona donde la temperatura promedio no supera los 10°C ni siquiera en los meses estivales. El Océano Ártico abarca la mayor parte de esta región, manifestándose como una vasta extensión que permanece cubierta de hielo o presenta témpanos flotantes durante gran parte del año. El círculo polar ártico representa aproximadamente el 8% de la superficie terrestre y, como consecuencia del Cambio Climático Global (CCG), es uno de los lugares donde el calentamiento global es más intenso ([Stepanov 2022](#)). En 2012 se registró la mayor pérdida de áreas congeladas, alcanzando una superficie de 14,5 millones de km² alrededor del Polo Norte, lo que representa cerca de 1,1 millones de km² menos que el promedio a largo plazo del periodo 1981-2010.

La demarcación geográfica y climática del Ártico está delimitada por el círculo polar ártico, abarcando un área total de aproximadamente 28 millones de km². Esta región incluye, además del Océano Ártico, partes del Atlántico Norte y del mar de Bering, así como los territorios de los ocho Estados miembros del Consejo Ártico que se localizan por encima del círculo polar ártico. El Norte circumpolar engloba tanto el Ártico como el Subártico, lo que implica que también se incluyen las tierras del norte de Canadá, Estados Unidos, Rusia, Finlandia, Suecia, Noruega, Islandia y Dinamarca ([Wang and Aporta 2024](#)). De la superficie total, aproximadamente 10 millones de km² corresponden a tierras emergidas, mientras que los dos tercios restantes son aguas del Océano Ártico y sus mares marginales.

En el Ártico convergen los intereses geopolíticos y económicos de ocho estados, cinco de los cuales tienen acceso al Océano Ártico (Estados Unidos, Canadá, Rusia, Noruega y Dinamarca) y tres que poseen territorios circumpolares sin acceso directo (Islandia, Suecia y Finlandia). Algunas de las características geopolíticas más destacadas del Ártico incluyen su localización entre tres continentes: América, Europa y Asia; la abundancia de recursos industriales y depósitos minerales de importancia estratégica; y el acceso a rutas marítimas dentro y fuera de la región. La contracción del casquete polar, motivada por el CCG, facilita el acceso a los recursos y su explotación, aunque también plantea serias preocupaciones en torno a la fragilidad ambiental y las interconexiones ecosistémicas en latitudes meridionales ([Heininen 2022](#)).

Dentro del círculo polar ártico se encuentran importantes reservas minerales, que incluyen 83 mil millones de barriles de petróleo, 1,550 billones de metros cúbicos de gas y 780 mil millones de toneladas de carbón, de las cuales más de 81 mil millones de toneladas son carbón coquizable. El valor total de estos minerales se estima en 30 billones de dólares. Las materias primas minerales abarcan una amplia gama de recursos, incluidos metales raros, minerales de alto valor estratégico y otros compuestos indispensables para diversas industrias. Aproximadamente el 84% de estos recursos se halla en la plataforma del Océano Ártico, a profundidades de hasta 500 metros, lo que implica que gran parte de las reservas se encuentran en la zona económica exclusiva de los cinco Estados Árticos. Las localizaciones más ricas son la plataforma de Alaska, el mar de Kara y el mar de Barents, mientras que el 16% se encuentra en los territorios costeros de los Estados Árticos ([Pilyasov and Putilova 2022](#)). Existen 107 depósitos conocidos de metales estratégicos en el Ártico, distribuidos en diferentes etapas de exploración: 42 en Rusia, 19 en Estados Unidos (Alaska), 22 en Canadá, 6 en Groenlandia, 9 en Suecia y 3 en Finlandia. Rusia se destaca como el mayor productor de recursos minerales entre los estados árticos, concentrando la mayor parte de sus reservas de petróleo y casi la totalidad de su gas natural en el extremo norte del país.

De acuerdo con el derecho internacional, únicamente los estados cuyo territorio se extiende hacia el Océano Ártico tienen derecho a explotar sus recursos. Aunque estos estados son nórdicos, Islandia, Finlandia y Suecia no cuentan con acceso directo al océano. No obstante, la Unión Europea, la cual recibe el 25% de las materias primas del Ártico, y China hacen sus respectivas reclamaciones al respecto. Algunos estados opinan que el acceso a los minerales del Ártico debería ser concedido a todos aquellos países que cuenten con la capacidad financiera y tecnológica adecuada. A pesar de que el 18% del territorio de Rusia está en el Ártico (más de tres millones de km²), el país aún no posee el estatus de potencia marítima. Además, el Océano Ártico actúa como un nexo entre Europa, Asia

y América del Norte, regiones que representan el 90% del comercio internacional (Sheng 2022a).

Históricamente, cuando el Océano Ártico permanecía predominantemente congelado, los estados tenían pocos incentivos para disputar los límites marítimos. Las fronteras del Ártico no afectaban de manera significativa sus intereses nacionales fundamentales, lo que disuadía a las naciones de arriesgar el equilibrio estratégico global o sus relaciones diplomáticas por cuestiones aparentemente triviales de la región. Sin embargo, en el siglo XXI, la nueva posición del círculo polar ártico ha incrementado su importancia geopolítica, impulsada por el CCG, los avances tecnológicos y la búsqueda de recursos. Una de las características esenciales del Ártico es su estructura jurisdiccional fragmentada, que es compartida por ocho estados circumpolares, cinco de los cuales tienen costas en el Océano Ártico con jurisdicciones sobre áreas marinas que abarcan tanto las aguas superficiales como el fondo marino.

El cambio climático global se ha convertido en uno de los retos más urgentes del siglo XXI, impactando diversas partes del mundo. Entre sus efectos más preocupantes se incluyen el aumento de las temperaturas, el derretimiento de glaciares y la modificación de los patrones climáticos. Aunque el círculo polar ártico, es un área que ha sido históricamente vista como un desierto helado inhóspito, el calentamiento global ha causado un deshielo sin precedentes, alterando los ecosistemas y poniendo en peligro la biodiversidad que habita en esa región.

Los desafíos ocasionados por el cambio climático demandan una cooperación inter-estatal más estrecha entre los países árticos, a fin de abordar las tensiones geopolíticas que seguramente surgirán en este entorno en evolución, así como los intereses económicos específicos de cada nación. En este contexto, el Ártico se ha convertido en un campo de expansión de la soberanía nacional en busca de recursos y rutas de tránsito intercontinentales.

No obstante, el deshielo del Ártico no solo presenta desafíos ecológicos y sociales, sino que también ha dado lugar a diversas oportunidades económicas. La accesibilidad de reservas de petróleo y gas previamente inalcanzables, junto con la creación de nuevas rutas marítimas, está comenzando a captar el interés de compañías e inversores a nivel mundial. Estas transformaciones sugieren una reestructuración del comercio global y un significativo potencial de crecimiento económico que merece ser considerado.

En términos de seguridad, el Congreso estadounidense ha llegado a la conclusión de que, debido a su ubicación geográfica y su riqueza en recursos naturales, así como su relevancia para el comercio internacional, el círculo polar ártico podría convertirse en una zona de conflicto geopolítico entre Rusia, Estados Unidos y China.

Con el incremento de oportunidades, los intereses geopolíticos en la región también se han intensificado; los países vecinos, así como otras naciones con aspiraciones en el Ártico, están aumentando sus esfuerzos para asegurar derechos sobre las nuevas rutas y recursos que han sido hallados. Esto ha dado lugar a un contexto de creciente competencia y tensiones que podrían alterar las dinámicas internacionales en un entorno donde el clima y la economía están estrechamente vinculados.

2. Cambio climático Global

El planeta Tierra se está calentando a un ritmo rápido debido a las actividades humanas. La cadena comienza con las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) que cambian el equilibrio energético de la Tierra (forzamiento) y luego conducen a cambios en el clima global y regional (Ahmed 2023; Asibey and Cobbinah 2023; Yaman 2023). Las concentraciones de CO atmosférico aumentaron de 280 ppm antes de 1950 a 412,5 ppm en 2020 y las concentraciones de CH₄ también aumentaron durante este período. Estos GEI atrapan la radiación de longitud de onda larga dentro de la atmósfera y provocan un aumento de la temperatura media de la Tierra. Los GEI dióxido de carbono (CO), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), vapor de H₂O y muchos otros, tienen la capacidad de absorber y volver a irradiar la energía infrarroja. Estos gases atrapan energía térmica que puede mantener la Tierra más caliente, lo que se denomina efecto invernadero. Debido a este

efecto invernadero, la Tierra es un lugar cómodo para vivir, pero la industrialización y la quema de combustibles fósiles provocaron concentraciones más altas de estos GEI (Ahmed 2023; Qi et al. 2024; Yaman 2023), lo que condujo al problema del calentamiento global y su respectivo CCG. Según el sexto informe de evaluación sobre el cambio climático 2021 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), la concentración atmosférica de GEI, es decir, CO, CH₄ y N₂O, se ha incrementado en un 46%, 150% y 20% entre 1750 y 2020 (Ahmed 2023; Qi et al. 2024). Por tanto, las emisiones de GEI han aumentado significativamente debido a las actividades creadas por el hombre después de la revolución industrial y es el principal responsable del aumento de la temperatura global. Estos cuatro GEI representan alrededor del 96% del aumento del calentamiento climático desde 1750.

La tasa de crecimiento del CO ha aumentado en 2,4 ppm por año en la última década (2011-2021); la concentración de CH₄ ha aumentado de forma más significativa en los últimos años, debido a: el aumento de las temperaturas en el círculo polar ártico, al aumento de las precipitaciones en los trópicos, al crecimiento del sector agrícola (mayor población mundial por alimentar), a la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas), a la pérdida de los humedales, a los residuos/vertederos, a mayor número de rumiantes y la quema de biomasa/biocombustibles. De hecho, diferentes evidencias confirman que la Tierra se está calentando, y entre ellas se incluyen: días y noches más calurosos, más cálidos y más frecuentes; calentamiento del océano; reducción del tiempo frío; la capa de nieve en el hemisferio norte está disminuyendo a ritmo vertiginoso (Ahmed 2023; Hossain 2023; Qi et al. 2024). De igual manera, las capas de hielo; acelerada disminución del hielo marino; retiro de los glaciares; derretimiento de los glaciares en las montañas más altas del mundo; cambio en los patrones de lluvia; aumento del nivel del mar; disminución del hielo marino en el círculo polar ártico; acidificación de los océanos. El CCG provoca el deshielo del permafrost y la reducción de la capa de hielo del océano Ártico (Gao et al. 2023).

Se ha descubierto que la alteración de los patrones climáticos en todo el mundo influenciados por los impactos del CCG en el círculo polar ártico afecta la agricultura global, lo que resulta en inseguridad alimentaria en países como China. En un impacto aún más grave, el CCG en el Ártico presenta una amenaza existencial para muchas naciones y pueblos de todo el mundo. El derretimiento de las capas de hielo y los glaciares terrestres del círculo polar ártico contribuye directamente al aumento del nivel del mar, inundando estados insulares bajos o regiones ubicadas en deltas y volviéndolos inhabitables (Sorokina 2022). A menudo se citan como ejemplos países como Tuvalu o Bangladesh, lo que plantea amenazas a la seguridad a nivel mundial.

Según el informe del IPCC publicado a principios de agosto de 2021, la temperatura superficial proyectada de la Tierra alcanzará 1,5 o 1,6°C por encima de los niveles preindustriales ya en 2030, una década antes de lo previsto en 2018 (Asibey and Cobbinah 2023; Chen et al. 2023). El aumento desproporcionado de la temperatura en el círculo polar ártico, es tres veces más rápido que el promedio mundial. Tal aumento intensificará el derretimiento de los glaciares, el deshielo del permafrost y la pérdida de la capa de nieve estacional y del hielo marino. Si bien un calentamiento más rápido afectará a todas las regiones de la Tierra, los cambios en el Ártico serán sorprendentes: se espera que para 2030 el Océano Ártico esté libre de hielo durante los meses de verano.

El derretimiento del hielo aumenta la accesibilidad a los recursos del círculo polar ártico. El CCG está provocando una rápida reducción de la capa de hielo del Ártico cada año, lo que hace que los vastos depósitos minerales de esta parte del mundo sean más accesibles (Ahmed 2023; Qi et al. 2024). El Ártico contiene vastas reservas de recursos naturales del mundo: agua dulce (20%), reservas estimadas de gas natural inexploradas (13%) y reservas de petróleo (30%). La región es rica en metales no ferrosos y de tierras raras, oro, diamantes e hidrocarburos. Hasta ahora, la evaluación más autorizada de la base de recursos del Ártico es el estudio del Servicio Geológico de Estados Unidos de 2008. Según el Estudio, el Ártico contiene el 13% (90 mil millones de barriles) de recursos petrolíferos inexplorados y el 30% (47,3 mil millones de m³) de gas natural no descubierto. Casi todos los recursos de petróleo y gas del Ártico se distribuyen entre cinco países: Rusia,

Estados Unidos, Dinamarca, Canadá y Noruega; en total, hay 61 grandes yacimientos de hidrocarburos en la región, 43 de los cuales están en Rusia, 11 en Canadá, 6 en Alaska y 1 en Noruega (Asibey and Cobbinah 2023; Qi et al. 2024).

La mayoría de los recursos del círculo polar ártico se encuentran en la plataforma continental a una profundidad de al menos 500 metros y requieren tecnologías especiales de exploración y extracción. El Ártico de Alaska, junto con la Cuenca Amerasiática, la Cuenca del Rift del Este de Groenlandia, la Cuenca del Este de Barents y la Cuenca del Oeste de Groenlandia, representan alrededor del 70% de los recursos petrolero. En el caso del gas natural no descubierto, las estadísticas sugieren que alrededor del 32% se encuentra en la cuenca de Siberia Occidental en Rusia (Asibey and Cobbinah 2023; Sheng 2022b). En total, de los recursos no descubiertos, se cree que alrededor del 65% del petróleo, el 26% del gas natural y el 37% de los líquidos de gas natural se encuentran en el Ártico norteamericano. El 34% del petróleo, el 73% del gas natural y el 62% de los líquidos del gas natural se encuentran en las partes euroasiáticas del Ártico. Estas estadísticas ofrecen una indicación de la intensificación del desarrollo de los hidrocarburos a medida que el CCG hace que las condiciones sean más favorables.

El CCG ha provocado una rápida disminución del hielo marino en los últimos 50 años y ha provocado cambios en los sistemas climáticos del Ártico, con implicaciones considerables para el transporte marítimo (Sorokina 2022). El hielo marino se caracteriza por un ciclo anual pronunciado desde una extensión y espesor máximos a finales del invierno (marzo a abril) hasta una extensión y espesor mínimos al final de la temporada de deshielo de verano (septiembre) antes del inicio de la congelación del otoño. En su máxima extensión, hay aproximadamente 14 millones de km² de hielo marino en el hemisferio norte, y el hielo marino cubre completamente el Océano Ártico y los mares periféricos como el Mar de Bering y el Mar de Okhotsk en el lado del Pacífico, la Bahía de Hudson en el centro de Canadá y la Bahía de Baffin y los mares de Groenlandia y de Barents en el Atlántico. Por el contrario, durante el mínimo de hielo marino de septiembre, la capa de hielo se retira de los mares marginales del sur hacia el Ártico central. Históricamente, la capa de hielo se redujo a unos 7 millones de km², presentando condiciones de aguas abiertas en una estrecha franja costera alrededor del Océano Ártico central (Qi et al. 2024; Sheng 2022b). Sin embargo, desde que comenzaron las observaciones satelitales rutinarias de la capa de hielo en 1978, ha habido una disminución significativa en la extensión mensual del hielo marino durante todos los meses. Esta tendencia negativa es más pronunciada durante verano, cuando procesos como el circuito de retroalimentación del albedo del hielo amplifican el derretimiento del hielo (aumento de temperaturas combinado con retroalimentación).

Los ciclos han reducido la extensión promedio del hielo de septiembre a 4,54 millones de km² durante la última década, con una extensión mínima récord de 3,39 millones de km² en 2012. La reducción de la extensión del hielo marino se ha producido simultáneamente con una disminución del espesor del hielo marino y una transición desde una capa de hielo más antigua, más gruesa y resistente hasta una capa de hielo más joven, más delgada y más móvil, propensa a un mayor derretimiento del hielo. Los modelos del clima global proyectan que este cambio continuará en el futuro, y que algún día el Ártico quedará libre de hielo (Gao et al. 2023; Irannezhad et al. 2022; Qi et al. 2024). Pero al proyectar la ocurrencia exacta de un Ártico sin hielo es inexacta, los modelos muestran tendencias continuas hacia aguas abiertas cada vez más largas, períodos a lo largo tanto del Paso del Noroeste (PNO), como de la Ruta del Mar del Norte (RMN) y, eventualmente, la recurrencia de aguas abiertas a lo largo de una verdadera y única ruta marítima transpolar.

La pérdida de hielo en el círculo polar ártico significa más aguas abiertas en la región y un aumento del nivel del mar a nivel regional y global. Los estados insulares de tierras bajas, así como los territorios ubicados en los deltas de los ríos, serán destruidos, lo que provocará crisis sociopolíticas como el desplazamiento humano. Además, los efectos sobre la circulación oceánica y los patrones de los flujos de viento provocarán condiciones climáticas extremas en todo el mundo; el aire frío que sale del Ártico hacia latitudes más meridionales puede provocar graves tormentas invernales (Asibey and Cobbinah 2023;

[Johansen 2023](#); [Qi et al. 2024](#)). Las condiciones climáticas extremas también provocarán inundaciones y sequías en regiones remotas. Curiosamente, las decisiones se toman a nivel nacional desde las capitales de los estados árticos, ninguno de los cuales está ubicado en el Ártico. Siendo este el caso, la extracción de recursos a menudo termina generando conflictos de intereses debido a intereses en competencia sobre el uso de la tierra y la falta de procesos adecuados para la distribución de beneficios. Los pueblos locales e indígenas del Ártico sufren la contaminación causada por productos químicos tóxicos utilizados en la minería que contaminan sus tierras y aguas ([Yaman, C., 2023](#); [Masoud Irannezhad et al., 2022](#)). Estas personas sufren la pérdida de sus medios de vida y subsistencia tradicionales, pero normalmente no se benefician de actividades como la minería, dada la afluencia de trabajadores migrantes que aprovechan estas nuevas oportunidades. Trabajar en los sectores de la industria extractiva no atrae a muchos lugareños en el remoto Ártico.

El fácil acceso al Ártico a medida que el Océano Ártico se va quedando libre de hielo ha provocado un aumento de las actividades humanas, como la extracción de minerales, la pesca, el transporte marítimo y el turismo en tierra y mar adentro. Si bien el impacto del CCG facilita estas actividades, al mismo tiempo lo incrementan, ya que cada una de estas actividades aumenta la huella de carbono humana. Tener más aguas abiertas en el Ártico permite un acceso más fácil a las áreas marinas ([Gao et al. 2023](#); [Sheng 2022a](#)), lo que a su vez conduce a la expansión de actividades como la extracción de recursos marinos costa afuera y la navegación marítima a través de las rutas marítimas recientemente emergentes. De hecho, existe una fuerte demanda de recursos del círculo polar ártico, en particular recursos de hidrocarburos, entre las economías emergentes, como China. Esto impulsa la búsqueda de rutas más cortas y medios de transporte más eficientes. El deshielo del círculo polar ártico crea esa oportunidad.

A medida que el hielo marino desaparece con el CCG y mejora el acceso al Océano Ártico, se espera que las rutas marítimas se utilicen cada vez más como alternativa a las rutas tradicionales de latitudes medias ([Abramov et al. 2022](#)), como el canal de Suez. Las rutas marítimas del Ártico, en comparación con las tradicionales, son más cortas en distancia, lo que ahorra tiempo y energía en el transporte marítimo; un viaje a través de la Ruta del Mar del Norte (RMN) desde Shanghái, China, hasta Róterdam, Países Bajos, ahorra 2 semanas de tiempo y se traduce en un ahorro del 40% de la energía que antes se necesitaba. Sin embargo, las rutas marítimas del Ártico aún no están bien desarrolladas y plantean muchos desafíos operativos debido al clima extremo y la falta de infraestructura como instalaciones portuarias, centros de rescate de emergencia, carreteras y comunicaciones de red física. Los estudios sugieren que el rendimiento de los buques en condiciones de hielo mejorará gradualmente: en comparación con otras rutas, el transporte marítimo ahorra actualmente entre un 5 y un 16% de los costos logísticos se prevé que este ahorro aumente al 29% para 2030 y al 37% para 2050.

3. Ecosistema

El permafrost ocupa el 24% de la superficie terrestre expuesta en el círculo polar ártico. La zona de permafrost ha acumulado la mayor reserva de carbono orgánico de la Tierra. Las regiones cubiertas por permafrost representan el 16% de la superficie mundial del suelo, pero contienen más del 50% de la materia orgánica del suelo del mundo ([Ahmed 2023](#); [Finger 2022](#); [Le Moullec and Bender 2022](#)). La temperatura del aire en la zona de permafrost está aumentando mucho más rápido que la temperatura media global, en gran parte debido a las retroalimentaciones asociadas con la pérdida de hielo marino, la disminución de la capa de nieve y los gases que agotan la capa de ozono. El CCG está acelerando el deshielo y la erosión de las costas del círculo polar ártico debido al calentamiento del aire y el agua, en combinación con una mayor exposición a la acción de las olas y las tormentas debido a la reducción de la capa de hielo marino ([Johansen 2023](#); [Kupiainen et al. 2022](#)). El colapso térmico y la erosión de las costas liberan carbono orgánico disuelto y particulado a las aguas de la plataforma costera, siendo el colapso más pronunciado en el noreste de Alaska

y el este de Siberia, donde las tasas de retroceso costero ahora superan los 10 m/año en algunas áreas.

No todo el hielo de la Tierra es visible desde el espacio. Una zona muy extensa del círculo polar ártico, tanto debajo de la tierra como de la plataforma marítima, está cubierta por permafrost (suelo permanentemente congelado). Se estima que la cantidad de agua atrapada en el permafrost es de 300000 km³. Los espesores máximos de permafrost se encuentran en Siberia, alrededor de 1500 m; en Alaska, el espesor máximo es de unos 600 m. Toda la región de permafrost también contiene grandes cantidades de metano. En Siberia, el permafrost protege grandes reservas de gas natural (principalmente metano (CH₄)). El permafrost ártico se está derritiendo rápidamente, más no provocará un aumento apreciable en el nivel global del mar, porque a medida que se derrite, la superficie terrestre se hunde, dando cabida al agua (Gao et al. 2023). En consecuencia, el derretimiento del permafrost del círculo polar ártico provocará la emisión a la atmósfera de unos 100 mil millones de toneladas de CH₄ (es un GEI impulsor del CCG (Yaman 2023)).

El principal efecto medioambiental del derretimiento del permafrost es la liberación de metano (CH₄), un potente gas de efecto invernadero. La reciente liberación de metano del permafrost concentra este gas de efecto invernadero en la zona más sensible de la Tierra, el talón de Aquiles del sistema climático de Budyko, el círculo polar ártico (Ahmed 2023; Sorokina 2022). Su aumento acelera enormemente el CCG en el hemisferio norte. A medida que más permafrost se derrita, se convertirá en una fuente cada vez más importante de CH₄. Los rusos, conscientes de este peligro, han comenzado a explotar los recursos de metano en el permafrost y a enviarlo a través de un oleoducto bajo el Mar Báltico hasta Alemania, donde se está convirtiendo en un sustituto cada vez más extendido de la gasolina como combustible para los automóviles. Este CH₄ está ahora disponible en muchas estaciones de servicio no solo en Alemania sino en gran parte del norte de Europa. El razonamiento es bastante simple: es mucho mejor quemar el CH₄ y producir CO a partir de él que liberarlo a la atmósfera (el CH₄ es 30 veces más poderoso que el CO como GEI (Finger 2022; Gao et al. 2023)). Por tanto, el aumento acelerado de la temperatura y el deshielo del permafrost en el círculo polar ártico dan como resultado la formación de embudos de metano y emisiones naturales de metano; la creciente concentración de metano impulsa aún más el cambio climático global.

Estudios revelan que el permafrost del fondo del Océano Ártico contiene alrededor de 60 mil millones de toneladas de CH₄ y 560 mil millones de toneladas de compuestos que contienen carbono; de estos depósitos cada año entran a la atmósfera casi 5,3 millones de toneladas de CH₄ y 140 millones de toneladas de CO. Si se logra el objetivo del desarrollo sostenible de mantener el crecimiento medio anual de la temperatura de la Tierra en 2 °C, hasta 2100 se liberarán alrededor de 43 mil millones de toneladas de CO de los depósitos marinos de permafrost (Irannezhad et al. 2022). Pero si continúa el rápido aumento de la temperatura que se observa hoy en día, el volumen de emisiones se multiplicará por más de 2,5 y ascenderá a 110 mil millones de toneladas en el mismo período. Esta cifra es cuatro veces el nivel promedio anual de emisiones de dióxido de carbono de la humanidad. Así, el derretimiento del hielo en el ártico también produce nuevas fuentes de GEI que contaminan la atmósfera: la materia orgánica conservada en el hielo que existía en el período preglaciario se derrite; se activan los microorganismos conservados en el hielo; se liberan GEI previamente formados; aumenta la actividad microbiana en las capas fundidas. Por tanto, las nuevas fuentes de GEI en la región ártica, a su vez, intensifican aún más el CCG, creando así un círculo vicioso (Finger 2022; Gao et al. 2023). El Ártico es la zona del mundo donde el cambio climático es, posiblemente, más visible. En ningún lugar del mundo, la población global puede ver la modificación del paisaje como allí: deshielo, nuevas rutas marítimas, desaparición de animales tradicionales o animales que luchan por los espacios habitables restantes. Lo que es importante recordar es el hecho de que las consecuencias de los cambios climáticos del Ártico tendrán un impacto global.

En consecuencia, el CCG en el círculo polar ártico está provocando fenómenos tan peligrosos como el movimiento y el hundimiento del suelo. Representan una amenaza para

el desarrollo de los recursos en esta región porque la mayoría de las estructuras industriales, en particular los edificios, los sitios de producción de petróleo y gas, los oleoductos y gasoductos y los embalses, tienen cimientos de pilotes basados en suelos de permafrost y están contruidos con la expectativa de que serán operados bajo ciertas condiciones de temperatura (Ahmed 2023; Finger 2022). Como resultado, en caso de hundimiento del terreno, estas instalaciones industriales sufren graves daños y colapsan. Esta es a menudo la causa de accidentes acompañados de derrames de petróleo y emisiones de sustancias nocivas a la atmósfera, que, en el Ártico, en comparación con otras regiones, son mucho más difíciles de eliminar debido a la iluminación natural insuficiente, las malas condiciones climáticas (la deriva del hielo, vientos fuertes).

Si bien el derretimiento de las capas de hielo y el descongelamiento del permafrost, según los científicos, provocan cambios importantes en el equilibrio hídrico del círculo polar ártico y la biodiversidad de sus áreas terrestres y ecosistemas marinos, la reducción masiva de las capas de hielo y el permafrost constituye la señal del efecto climático más fuerte para el mundo en general (Gao et al. 2023). El círculo polar ártico es un sitio de rica biodiversidad. Sus ecosistemas son sensibles y dependen de la presencia de condiciones climáticas frías, que sustentan la supervivencia de miles de especies marinas y terrestres, incluida una magnífica megafauna, como el oso polar. Tanto los humanos como otras especies han sido tradicionalmente adaptables y resilientes en lo que respecta a las frías condiciones climáticas del Ártico. Las condiciones climáticas y ambientales en la región ártica y los hábitats que se han adaptado a esas condiciones han evolucionado durante un período de tres millones de años (Finger 2022; Le Moullec and Bender 2022); los ecosistemas marinos del Ártico dependen de una cadena de suministro de alimentos controlada por el hielo en las profundidades del océano y en el fondo marino. Los cambios repentinos e inusuales están teniendo impactos drásticos en hábitats sensibles, dejándolos incapaces de adaptarse (Finger 2022; Sorokina 2022). Las temperaturas más cálidas permiten que las especies invasoras del sur prosperen en las aguas árticas, amenazando de extinción a muchas de las especies nativas. El efecto del CCG sobre la biodiversidad y el curso de los servicios ecosistémicos amenaza en gran medida todo el equilibrio ecológico del medio ambiente ártico.

Los impactos relacionados con el CCG en la pesca son variados y son tanto directos como indirectos. Los impactos directos son impulsados por la temperatura del agua, los cambios en las corrientes oceánicas y la competencia por los alimentos que afectan las tasas de crecimiento, mortalidad y distribución de las especies. A medida que más aguas abiertas fluyan hacia el norte con condiciones locales cambiantes, seguirá el movimiento de las pesquerías (Finger 2022; Irannezhad et al. 2022). Se espera que la distribución de las especies de peces cambie, y que las especies locales desaparezcan o se extingan debido al reemplazo por especies del sur y no nativas, algunas de las cuales son invasoras. Los impactos indirectos inducidos por el CCG en las pesquerías incluyen cargas potenciales sobre los ecosistemas árticos en forma de aumento de la navegación, instalaciones en alta mar para industrias extractivas y su influencia en las aguas árticas a través de la contaminación generada por buques, accidentes, interrupción de las rutas de migración de peces y reubicación forzada de mamíferos marinos. Además, las actividades terrestres afectarán a las pesquerías del Ártico, ya que las condiciones favorables harán posibles actividades que antes estaban restringidas debido a las temperaturas más bajas. Por ejemplo, la agricultura será factible en las zonas costeras, lo que planteará la amenaza de efectos negativos de los pesticidas en la pesca (Finger 2022; Gao et al. 2023).

Una particularidad importante de los suelos árticos es la gran proporción de territorios de permafrost caracterizados por bajas temperaturas y una pequeña capa de deshielo estacional. En algunos lugares, la profundidad de congelación de las rocas alcanza los 1500 m. Sin embargo, el desarrollo económico de los territorios árticos (construcción de infraestructuras, exploración geológica, minería, etc.) provoca graves daños a los suelos, destruyéndolos. Se reconoce, actualmente, que la contaminación plástica en el Ártico es un problema creciente (Celik and van Hassel 2023; Le Moullec and Bender 2022). El plástico

es actualmente el tipo de basura más extendido en el mundo. Cinco factores principales desempeñan un papel importante en la entrada de plástico al medio ambiente ártico: (a) gestión irracional de los residuos sólidos domésticos, (b) contaminación del mar y la franja costera fluvial por parte de los turistas, (c) descarga directa de aguas residuales domésticas a los ríos y mares del Ártico, (d) basura entrante de embarcaciones marítimas y fluviales, y (e) equipos de pesca. Los grandes residuos plásticos se destruyen lenta pero inevitablemente bajo la influencia de la radiación solar y de factores mecánicos y biológicos.

Las pérdidas económicas y la contaminación ecológica provocadas por los derrames de petróleo de los buques son extremadamente graves, especialmente en la lejanía y dureza del Ártico. Los derrames de petróleo no solo son más difíciles de degradar y dispersar, sino que también se mueven debajo y entre el hielo, y son absorbidos por la nieve para quedar encerrados en el hielo, lo que dificulta la limpieza de los derrames de petróleo en la región. La biodegradación del petróleo en aguas árticas demostró que la biodegradación de los derrames de petróleo es generalmente lenta (Celik and van Hassel 2023; Irannezhad et al. 2022). Esto sugiere que los efectos nocivos de los derrames en los ecosistemas marinos pueden persistir durante extensos períodos. Además, la película de petróleo, a largo plazo, que cubre el hielo del círculo polar ártico mejora la capacidad de absorción de calor del hielo y acelera su derretimiento, lo que potencialmente afecta el nivel global del mar y el clima a largo plazo.

El 1 de enero de 2017, la OMI lanzó el “Código Polar” con una protección ambiental más estricta, prohibiendo a los buques que navegan en el círculo polar ártico descargar mezclas oleosas, líquidos tóxicos y productos químicos nocivos al océano y estableciendo regulaciones de tratamiento más estrictas. Sin embargo, la gestión actual de los vertidos de aguas residuales todavía no puede cumplir los requisitos necesarios para la protección del medio ambiente en el Ártico (Celik and van Hassel 2023). Al mismo tiempo, las débiles instalaciones de vertimiento/reciclaje y los mecanismos de monitoreo casi inactivos en la región ártica conducen en cierta medida a la descarga ilegal de contaminantes como aguas residuales de los buques que lo transitan.

La explotación de las rutas transárticas, además de los beneficios económicos, tendrán efectos potencialmente negativos en las zonas árticas. El aumento de las actividades económicas amenazarán con devastar la vida silvestre. La extracción de petróleo y gas aumenta el riesgo de contaminación, que es mucho más grave en los frágiles ecosistemas del norte que en las zonas más frágiles (Celik and van Hassel 2023). Con el desarrollo del transporte marítimo, las aguas del círculo polar ártico se contaminarán, lo que tendrá un impacto negativo en los animales marinos y en el medio ambiente en general. El transporte de petróleo es peligroso para el ecosistema, la vida animal marina y la vida vegetal en caso de accidentes de petroleros (Irannezhad et al. 2022).

Los contaminantes atmosféricos procedentes del transporte marítimo en el círculo polar ártico han aumentado rápidamente en los últimos años. Existe evidencia científica que las emisiones de los buques en el Ártico han afectado la composición atmosférica y la calidad del aire subyacente en el Ártico, con impactos negativos mixtos en el medio ambiente. Los NO_x, SO_x y otros GEI emitidos por los buques desencadenan una serie de reacciones, como la reducción del contenido de oxígeno del aire y la acidificación de los océanos (Sorokina 2022). Al mismo tiempo, la reacción fotoquímica de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), NO_x y otros contaminantes bajo la acción de la radiación ultravioleta solar generan el contaminante secundario ozono (O₃). El O₃ es un potente GEI en la troposfera, que causa daños ambientales y daños a la salud animal. Además, la liberación de NO_x a la atmósfera provoca la eutrofización del agua de mar mediante la deposición de nitrógeno oceánico. Las emisiones de GEI de los buques en el círculo polar ártico también aumentan las cargas de aerosoles, lo que afecta negativamente los niveles de contaminación, el clima, la visibilidad y los ciclos hidrológicos en el Ártico. Las emisiones de COV de los motores de los buques, especialmente Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), amenazan significativamente la salud de los organismos circundantes (Celik and van Hassel 2023). Investigaciones sugieren que los HAP en el Ártico durante el

verano provienen principalmente de la quema de combustible en puertos y embarcaciones oceánicas, y las áreas con altos niveles de actividad marítima y humana tienden a tener concentraciones más altas de HAP, aumentando el riesgo biológico de cáncer, deformidad y mutación.

Para estudios recientes, llama la atención sobre la relación entre el calentamiento del clima ártico y el aumento de la concentración de sulfuro de dimetilo, un compuesto orgánico de azufre, en las aguas polares y la atmósfera circumpolar. El sulfuro de dimetilo es producido naturalmente por algunas algas y fitobacterias (Sorokina 2022). El derretimiento del hielo del círculo polar ártico estimula el crecimiento de estos organismos y, por tanto, la concentración de sulfuro de dimetilo aumenta. La liberación de esta sustancia a la atmósfera provoca un enfriamiento del clima.

4. Ruta Mar del Norte

El ritmo creciente de la temperatura del aire en la superficie del círculo polar ártico, debido al CCG, es más del doble del promedio mundial en las últimas décadas. El rápido calentamiento ha resultado en una reducción masiva de la extensión, concentración y espesor del hielo marino en el Ártico (Abramov et al. 2022). A lo largo del año se observan pérdidas sustanciales de hielo marino, siendo más significativas en verano. De hecho, el Programa de Evaluación y Monitoreo del Ártico informó que la extensión del hielo marino en septiembre disminuyó un 43% durante 1979-2019, y la extensión promedio de 2011-2019 fue el más bajo desde 1850. Además, el Sexto Informe del IPCC-AR6, indicó que es probable que el Ártico experimente al menos un verano sin hielo antes de 2050. Con la espectacular retirada del hielo marino, las aguas abiertas del Ártico aumentan en superficie y duración, proporciona condiciones hidrológicas favorables para tres pasajes principales del Ártico (Abel Meza and Koç 2023; An 2023; Chen et al. 2023): la Ruta del Mar del Norte (RMN), el Paso del Noroeste (PNO) y la Ruta Transpolar (RTP). En comparación con las rutas marítimas tradicionales (ruta canal de Suez o Ruta del Mar del Sur (RMS)), los pasajes del Ártico permiten, en teoría, reducir los costos de energía, reducir peajes y aumentar el comercio debido a las distancias más cortas.

Así, el aumento de las temperaturas en el círculo polar ártico ha estado derritiendo el hielo y abriendo nuevas rutas marítimas que antes se consideraban imposibles y la planificación de viajes parece estar beneficiándose de ello. Estas nuevas rutas son una oportunidad al acortar la distancia y el tiempo de viaje del Lejano Oriente Asiático al Noroeste de Europa, lo que en consecuencia resultará en un menor consumo de combustible. Esta es una gran ventaja para que la industria marítima reduzca los costos de combustible y las emisiones GEI relacionadas con el transporte marítimo con el fin de seguir el objetivo de la Organización Marítima Internacional (OMI), que es una reducción absoluta de las emisiones de GEI del 50% para 2050, en comparación con los niveles de 2008 (An 2023; Ding et al. 2023; Yermakov and Yermakova 2022).

El transporte marítimo en el Ártico incluye las actividades de transporte que se realizan al norte del círculo polar ártico o en regiones estacionalmente cubiertas de hielo al sur del Círculo durante todo o parte de su viaje. Históricamente, el transporte marítimo en el Ártico se ha limitado a la temporada de verano, cuando los buques podían operar sin la amenaza del hielo marino o solo tendría que mediar con los restos de témpanos de hielo que se están derritiendo. Esta era una actividad marítima limitada en el Ártico a áreas como el Báltico, Bering, Barents y los mares del sur de Chukchi y Beaufort, junto con la Bahía de Hudson y Baffin. Sin embargo, con la disminución de la extensión del hielo marino, las rutas transárticas han atraído atención y se han convertido en una realidad. La Ruta del Mar del Norte (RMN) se vuelve muy transitada durante la temporada de aguas abiertas, conectando Europa y Asia a través de una ruta transártica a través del marginal Mar del Ártico ruso (Abel Meza and Koç 2023; Chen et al. 2024); en 2019 se transportaron 31,5 millones de toneladas de mercancías por la RMN, que en 2024 ya aumentarán a 80 millones de toneladas y en 2035 alcanzarán hasta 160 millones de toneladas. En 2020, la administración de la RMN emitió 1003 permisos de navegación en la RMN. Los buques que

enarbolan banderas extranjeras obtuvieron 153 permisos. El principal objetivo de la RMN es poner a disposición los recursos minerales que se encuentran en el Ártico ruso. En el lado norteamericano del Ártico, el Paso del Noroeste (PNO) a través del archipiélago ártico canadiense se ha vuelto cada vez más abierto y, si bien se ha producido varios tránsitos exitosos, el hielo marino sigue siendo una amenaza año tras año por los estrechos pasajes.

De hecho, se prevé que una verdadera Ruta Transpolar (RTP) que conecte Europa y Asia se convierta en una ruta marítima viable a medida que la superficie de hielo marino del círculo polar ártico segua disminuyendo en las próximas décadas. Estas rutas son más cortas que rutas convencionales a través de los principales canales y se están volviendo más viables a medida que continúa aumentando el número de días sin hielo durante el verano (An 2023). Como era de esperar, tanto los países árticos como los no árticos han mostrado un interés sustancial en cómo funciona el transporte marítimo en el Ártico (Abel Meza and Koç 2023). China, que en 2018 se autodenomina “estado casi ártico”, ha incluido el Ártico en su Franja y Ruta a través de su política de la “Ruta Polar de la Seda”. Según algunas estimaciones, la RMN debería estar libre de hielo alrededor de 2050 en verano si el casquete polar continúa derritiéndose al ritmo actual.

Dado que el CCG está provocando cambios considerables en el círculo polar ártico, ahora se están abriendo rutas que antes estaban impedidas, lo que ofrece el potencial de conectar mercados internacionales a través de rutas polares más cortas. De hecho, la ruta Ártica puede reducir la ruta Róterdam-Seattle de 17000 km (9000 millas náuticas a través del Canal de Panamá a 13000 km (7000 millas náuticas) y la ruta Róterdam Yokohama de 21000 km (11200 millas náuticas) a través del canal de Suez a 12000 km (6500 millas náuticas). Teniendo en cuenta las tarifas del canal, el costo del combustible y las tarifas de flete, las rutas marítimas del Ártico ofrecen el potencial de reducir sustancialmente los costos de transporte (Abramov et al. 2022). La RMN puede reducir la distancia de viaje en aproximadamente un 40%, ahorrando hasta un 10% en costos de combustible en comparación con las rutas transcontinentales tradicionales a través de los principales canales.

En efecto, el costo del combustible búnker es uno de los componentes más importantes de los costos logísticos totales de transporte. Según diversas estimaciones, la proporción de los costos del combustible búnker oscilan entre el 36% y el 57% de los costos totales de transporte (Abel Meza and Koç 2023). Es la oportunidad de ahorrar en costos operativos de transporte, lo que a menudo se destaca como la principal ventaja competitiva de la RMN. Es un tercio más corta que la ruta sur, que pasa por el Estrecho de Malaca, el Océano Índico y el canal de Suez. La RMN puede reducir el tiempo y las distancias para el comercio entre Asia y Europa en dos semanas; se estima que la distancia entre los puertos del noroeste de Europa y la zona del Lejano Oriente podría acortarse aproximadamente un 40% si se utilizara la RMN. La ruta alternativa de esta comparación es una ruta tradicional: el canal de Suez o la llamada Ruta Marítima de la Seda, la ruta marítima es de aproximadamente 21000 km (11200 millas náuticas) desde el este de Asia hasta el norte de Europa utilizando el canal de Suez y solo unos 12000 km (6500 millas náuticas) a través del océano Ártico (Abramov et al. 2022). Un Ártico sin hielo reducirá significativamente los costos de transporte al acortar el camino desde Europa a China y Japón entre un 20% y un 40%.

En principio, para muchos buques que viajan desde puertos del este de Asia (China, Japón y Corea del Sur) hacia Europa occidental y septentrional, el tránsito a través de la RMN es más corto que a través de las rutas del sur, incluido el canal de Suez; la distancia de Yokohama a Hamburgo a través de la RMN es de solo 11100 km (6000 millas náuticas), mientras que la ruta a través del canal de Suez es de 18350 km. Esto reducirá el tiempo de navegación de 22 a 15 días (reducción del 40%). El camino de Shanghái a Róterdam podría acortarse de 22200 km (a través del Cabo de Buena Esperanza) a 14000 a través de la RMN (Abel Meza and Koç 2023; Abramov et al. 2022). La creciente piratería en el Cuerno de África, la sobrecarga del canal de Suez (o su obstrucción similar a lo ocurrido en marzo de 2021), la regularidad, las tensiones en el estrecho de Ormuz hacen que la atención de las compañías navieras se centre en la búsqueda de nuevas alternativas, incluida la RMN.

El viaje desde el norte de Rusia a América del Norte (especialmente a Canadá) sería más rápido si se utilizaran las vías marítimas del círculo polar ártico. Vancouver está a 9600 km (5000 millas náuticas) de Murmansk a través del Estrecho de Bering, pero está a 16000 km (9000 millas náuticas) a través del Canal de Panamá. Por tanto, la RMN puede transportar mercancías a cualquier punto del planeta: a China, a Estados Unidos y a puertos europeos. La distancia de San Petersburgo a Vladivostok por la Ruta del Mar del Norte es de 14000 km (7600 millas náuticas) y por el canal de Suez, de 23000 km (12500 millas náuticas). De Murmansk a Yokohama por la RMN hay 5770 km (3100 millas náuticas) o 12840 km (7000 millas náuticas) por el canal de Suez.

Así, la RMN podría acortar el tiempo de entrega de los buques de carga que viajan entre los puertos de Europa y el este o sudeste de Asia entre un 30% y un 40% en comparación con la ruta tradicional a través del canal de Suez. Para los buques que superen el límite Suezmax (demasiado grandes para utilizar el canal de Suez y obligados a tomar la ruta más larga alrededor de África a través del Cabo de Buena Esperanza), el tiempo de viaje podría reducirse hasta en un 60%. Esto corresponde a una reducción de la distancia entre los principales centros comerciales de Eurasia (Kavirathna et al. 2023). Se espera que la RMN reduzca la distancia entre Shanghái y Róterdam (el puerto comercial más grande de Europa en los Países Bajos) en casi 5200 km (2800 millas náuticas) o en un 22%. También es probable que esta ruta reduzca el costo de transporte entre un 30 y un 40%. De manera similar, mientras que un buque portacontenedores de Tokio a Hamburgo (la principal ciudad portuaria de Alemania) navega durante unos 48 días a través del canal de Suez, puede cubrir la misma distancia en unos 35 días a través del RMN. La Ruta Ártica tiene el potencial de evitar el Canal de Panamá y reducir el tiempo de los viajes entre Asia y Europa en un 40%.

Por tanto, un buque que viaja desde Corea del Sur a Alemania a través del Cabo de Buena Esperanza, Sudáfrica, tardaría aproximadamente 46 días. Si pasara por el canal de Suez, tardaría 34 días. El mismo viaje por la RMN duraría aproximadamente 23 días. En efecto, la RMN es un complemento adecuado que puede aliviar la presión sobre el canal de Suez en un momento de saturación. Sin embargo, la RMN no pretende sustituir el canal, más sí puede reducir el transporte de mercancías desde el Lejano Oriente a Europa hasta en 11 días (Abramov et al. 2022; Kavirathna et al. 2023). Los viajes más cortos ahorrarán combustible a los buques de guerra, reduciendo así la carga antropogénica sobre el medio ambiente. De este modo, las mercancías se transportarán en menos tiempo, más rápido, más barato y más seguro. Cuando se realizan envíos en dirección China, UE, la RMN ofrece fechas de entrega más cortas, relativamente la misma velocidad y, por tanto, menos emisiones de GEI en comparación con la RMS. Según UNCTAD (Ding et al. 2023), casi el 98% del comercio entre China y el La UE se transporta por vía marítima y menos del 2% se envía a través de la RMN; los flujos a través de la RMN son 1000 veces menores que los del canal de Suez. De hecho, la distancia a recorrer a través de la RMN entre Yokogama, Hamburgo, es casi un 40% menos y requiere en promedio un 30% de combustible menos que un viaje a través del canal de Suez.

Para los grandes puertos del norte de Europa, como Róterdam y Hamburgo, la RMN permite un importante ahorro de tiempo al realizar envíos a los puertos asiáticos de Shanghái, Yokohama y Hong Kong. Sin embargo, para los envíos entre Singapur y Hamburgo (o más puertos del sur de Europa), el canal de Suez es más corto que la RMN. Así, la RMN no tiene una ventaja competitiva para todas las rutas Europa Asia, ya que la distancia de navegación entre los puertos alemanes y vietnamitas es la misma a través del canal de Suez o la RMN (Erokhin et al. 2022; Kavirathna et al. 2023). Aun así, incluso cuando la distancia de envío es más corta, la UE no ve la RMN como una alternativa viable a otras rutas. La imprevisibilidad de la situación del hielo y los mayores costos relacionados con la construcción, operación y seguro de embarcaciones adecuadas para navegar en el Ártico son las principales limitaciones de la RMN identificadas por la UE.

Lo arriba expuesto, contribuye a la visible reducción de costos para la industria naviera. De hecho, las rutas marítimas tradicionales a través del canal de Suez o el Canal de

Panamá se están acercando a su capacidad. Las nuevas rutas árticas (RMN, RTP) (Abramov et al. 2022), podrían ser alternativas aceptables, mejorando el comercio internacional y contribuyendo al crecimiento económico en el mundo. Esta alternativa es importante desde el punto de vista geo estratégico. Si alguna parte del mundo se vuelve inestable y parte de la ruta se cierra (o el envío no es seguro), aún existirá otra ruta de transportar las mercancías. La crisis del canal de Suez es un ejemplo de ello. En este contexto, el panorama global puede cambiar dramáticamente.

De hecho, el menor tiempo de viaje, que permitirá aumentar la frecuencia de cada buque, aumentando así la capacidad total de la ruta. De hecho, las distancias de transporte más cortas significan menos emisiones de CO, el aumento del volumen comercial compensará este beneficio y, en consecuencia, es probable que las emisiones de CO relacionadas con el transporte marítimo aumenten en el Ártico (Chen et al. 2024; Kavirathna et al. 2023); incluso una pequeña partícula de carbono negro producida por el motor de un buque influirá gravemente en el hielo, la nieve y las nubes del Ártico. El carbono negro es un contaminante que puede absorber la luz solar mucho mejor que el carbono de los GEI, por lo que contribuye en mayor medida al calentamiento global. Las mediciones realizadas por Finlandia y Alemania y presentadas al Subcomité de Prevención de la Contaminación de la OMI muestran que los combustibles marinos recientemente adaptados con bajas proporciones de azufre posiblemente estén causando un efecto secundario desagradable (Aczel 2023). Al tener un número mucho mayor de partículas, los combustibles con una proporción baja de azufre provocan más emisiones de carbono negro.

Si bien, la disminución de la capa de hielo ha atraído la atención sobre las rutas marítimas del círculo polar ártico, el hecho es que el hielo marino sigue representando una amenaza para los buques que lo transitan. Estos buques pueden evitar el hielo marino limitando sus actividades a los períodos estacionales de aguas abiertas en ciertas regiones árticas, o pueden operar dentro de la capa de hielo utilizando buques debidamente reforzados (resistencia, espesor del casco y potencia). En efecto, los buques se enfrentan a las olas en todas las vías fluviales, el aumento de la actividad de las olas puede hacer que la navegación a través de canales estrechos y mal trazados, particularmente a lo largo del PNO, sea más peligrosa (Kavirathna et al. 2023). Quizás el mayor impacto de un Océano Ártico más ondulado se producirá en la infraestructura costera que tiene una presencia y capacidad limitadas y puede verse comprometida por la erosión costera. Un problema que es exclusivo del transporte marítimo en el Ártico es la posibilidad de acumulación de hielo en el buque debido a la lluvia, el aguanieve, la nieve y la niebla o rocío de mar en temperaturas cercanas al punto de congelación. La acumulación de hielo (Aczel 2023), afecta el equilibrio y la estabilidad del buque y puede crear condiciones peligrosas para las embarcaciones que operan al final de la temporada en aguas abiertas o durante el invierno, cuando las temperaturas se mantienen cercanas, o muy por debajo del punto de congelación.

Sin embargo, el transporte marítimo en el Ártico tiene sus desventajas. Un factor importante está relacionado con la estacionalidad. La falta de accesibilidad y confiabilidad contribuye a que la prima del seguro sea mucho más alta. Las altas tarifas de los rompehielos, las limitaciones a la velocidad de navegación y las inversiones en buques dedicados contribuyen a los altos costos y la incertidumbre, aunque acontecimientos recientes sugieren que los buques rompehielos pueden no ser necesarios durante ciertos períodos (Erokhin et al. 2022). De igual manera, el transporte marítimo en el Ártico debe estar respaldado por una infraestructura fiable y resiliente (puertos, ayudas a la navegación, sistemas de rescate, comunicaciones, salvamento, etc.) y conocimientos técnicos para garantizar la seguridad y minimizar los impactos ambientales y socioeconómicos potencialmente negativos.

No se pueden ignorar los impactos del transporte marítimo en el círculo polar ártico sobre el desarrollo regional, ya que los impactos negativos que plantea el transporte marítimo a menudo son generados por el tránsito de los buques. Dada la naturaleza altamente sensible desde el punto de vista ambiental de la zona del Ártico, los impactos negativos pueden ser sustanciales incluso sin accidentes graves (derrames de petróleo)

(Aczel 2023). Cualquier contaminación generada por el transporte marítimo puede afectar rutas migratorias y comportamientos marinos, lo que puede suponer enormes impactos en sus medios de vida; desde la perspectiva medioambiental, el derretimiento del hielo en el Ártico y, en consecuencia, las perspectivas de navegación durante todo el año pueden llevar a Rusia a perder sus derechos exclusivos sobre el gobierno de la RMN (Erokhin et al. 2022). Por tanto, el transporte marítimo en el Ártico puede desencadenar conflictos en competencia entre intereses globales y locales.

Dados los crecientes volúmenes de comercio entre la región de Asia, el Pacífico y Europa, las limitaciones de infraestructura de su competidor del sur (capacidad del canal de Suez y su vulnerabilidad vista en el caso Evergreen, piratería, otros) y las perspectivas de navegación durante todo el año, la RMN se percibe como una alternativa prometedora; la viabilidad de la RMN como alternativa a la RMS para un grupo de países asiáticos (China, Corea y Japón) y europeos (Países Bajos, Reino Unido, Alemania y Francia), siendo Japón y los Países Bajos los principales ganadores de los envíos comerciales a través de esta ruta. Sin embargo, la base de carga predominantemente energética, las tarifas de flete más altas, el período de navegación limitado, la falta de infraestructura y flota modernas y especializadas y la incertidumbre sobre la legislación internacional siguen siendo los principales puntos débiles de la ruta (Chuy et al. 2022; Erokhin et al. 2022); las condiciones y procedimientos aún inciertos pueden obstaculizar aún más la práctica Just-in-Time. En términos de fletes, el envío a través de la RMN resulta más caro que a través del canal de Suez. Por ejemplo, entregar una tonelada cuesta en promedio entre 20 y 30 dólares, por la RMN, en comparación con 5 dólares por el canal de Suez.

Desglosados por tipos de graneles, fletes para el carbón térmico y el mineral de hierro iguales a \$25 y \$5 mil por tonelada, respectivamente. A día de hoy, el GNL resulta ser la carga más viable comercialmente para enviar a través de la RMN a una tarifa de flete de 350 dólares por tonelada. Según estimaciones, la entrega de 1 unidad térmica británica a través de la RMN es 0,8 dólares menos que a través del canal de Suez, lo que podría generar anualmente un ahorro de casi 3,2 millones de dólares; el costo de prestar asistencia para rompehielos rusos es de aproximadamente 100000 dólares (Chuy et al. 2022). Rusia, la única nación ártica con una flota de rompehielos nucleares, está planeando una importante mejora de las capacidades de sus buques árticos que podría hacer que el transporte marítimo a través de RMN durante todo el año sea una realidad en la década de 2030. Dos rompehielos de propulsión nuclear más de la serie 22220, "Sibir" y "Ural", se pusieron en servicio en 2021 y 2022, respectivamente, con un precio reportado de alrededor de 50 mil millones de rublos (alrededor de 750 millones de dólares estadounidenses) cada uno. Los buques aseguran la posición de liderazgo de Rusia en el Ártico. El rompehielos tiene 173,3 metros de eslora y 34 metros de manga, con un desplazamiento de 33500 toneladas.

Estudios recientes demuestran que transitar la RMN a partir de 2035 resultará rentable para los graneleros y petroleros (con más de 50000 toneladas de peso muerto), y para los buques portacontenedores (con más de 2500 TEUs) alrededor de 2051. De hecho, el principal competidor de la RMN, el canal de Suez, permite buques con un desplazamiento de hasta 240.000 toneladas y un calado de hasta 20,1 m. (Chuy et al. 2022); el derretimiento del hielo y la disminución del espesor de la capa de hielo por el CCG tendrá un impacto significativo en el desarrollo de la navegación a lo largo de la RMN, lo que conducirá a un aumento del período de navegación de verano y reducirá los requisitos para la clase de hielo de buques y reducir el volumen de inversiones en la construcción de una flota especializada para navegar en el hielo de la RMN. En promedio, a lo largo de una década, el espesor del hielo disminuyó en un 13%. De persistir esta tendencia, para el año 2030, durante el periodo de navegación de verano, el hielo desaparecerá por completo en la RMN, y la temporada de navegación será de más de 6 meses al año.

En el ámbito de la extracción de hidrocarburos, la retirada del hielo abre nuevas oportunidades comerciales para las actividades de gas y petróleo (el crudo de los campos petroleros de Vostok tiene un contenido de azufre excepcionalmente bajo, de 0,01 a 0,04%, lo que lo hace más valioso y más respetuoso con el medio ambiente). Esto puede aumentar

la competencia entre los cinco estados costeros por el control de la plataforma continental y las zonas marítimas, así como invitar a otro conflicto: entre los Cinco Árticos y los estados no costeros que deseen participar en la explotación de los recursos naturales del Ártico. El papel de los regímenes jurídicos internacionales (especialmente la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar) y los órganos (Comisión de las Naciones Unidas sobre los Límites de la Plataforma Continental) son particularmente importantes en este sentido. De hecho, la cordillera de Lomonósov, supuestamente rica en petróleo y gas, se ha convertido en la manzana de la discordia entre los tres estados costeros: Canadá, Dinamarca y Rusia. Cada país afirma que esta cresta es parte de su plataforma continental (Chuy et al. 2022). Estos países desarrollan estudios ante la ONU para justificar sus reclamos sobre esta parte del círculo polar ártico. Se han organizado una serie de expediciones para obtener pruebas científicas de que la cresta de Lomonosov es una continuación de la plataforma continental de Siberia o de América del Norte (canadiense o groenlandesa).

En el ámbito del transporte, la retirada del hielo abre nuevas oportunidades para el transporte marítimo, así como un uso más intensivo de la RMN y el PNO. Esto puede aumentar la competencia entre los estados costeros y no costeros por el control de estos pasos y, al mismo tiempo, enfatizar la necesidad de nuevos regímenes legales e infraestructuras de transporte y búsqueda y salvamento. China, Japón y Corea del Sur (las naciones que están más interesadas en la explotación de estas rutas marítimas) insisten en que la RMN y la PNO son activos de la humanidad o bienes comunes globales y deben estar disponibles para todos y, por tanto, internacionalizados (Didenko et al. 2022). Estados Unidos también cree que la libertad de navegación es el principio básico del ordenamiento jurídico internacional (Chuy et al. 2022). Por el contrario, Rusia y Canadá creen que tienen prioridad en estas áreas por su proximidad geográfica y por razones históricas.

El CCG implica no solo desafíos socioeconómicos sino también militares para la región ártica, por lo que hipotéticamente podría conducir a la remilitarización de la región. La creciente competencia por rutas comerciales, zonas marítimas y recursos naturales ya ha llevado y continúa conduciendo a una concentración militar de determinados estados costeros y a una intensificación de las actividades militares de la OTAN en la región. En contraste con la era de la Guerra Fría, los actuales esfuerzos militares apuntan a la protección de los intereses económicos de los estados árticos y la afirmación de su soberanía nacional sobre las zonas marítimas y rutas comerciales, más que a la confrontación global entre dos superpotencias o bloques militares.

5. Ruta Polar de la Seda

Si bien la RMN es una iniciativa rusa, también es de interés para otras potencias, en particular la República Popular China (Ding et al. 2023). China es la segunda economía más grande del mundo por PIB nominal (y la primera por paridad de poder adquisitivo). Es la nación comercial más grande del mundo, siendo el mayor exportador y el segundo mayor importador de bienes. Por tanto, depende de rutas comerciales y de suministro eficientes y seguros.

China (Didenko et al. 2022) se define a sí misma como una potencia cercana al círculo polar ártico, debido a sus intereses en el Ártico como corredor de transporte y como fuente de energía y otros productos minerales, también por su capacidad para cumplir intereses propios de la región ártica: asignación de capital, desarrollo y utilización de rompehielos, buques de carga, capacidad para realizar investigaciones científicas en la región, y demás (Ding et al. 2023). Por lo tanto, gustaría de participar en la gestión de los asuntos regionales y en la elaboración de las normas que rigen la conducta en la región ártica. China está algo en desacuerdo con los miembros plenos del Consejo Ártico, dado que pueden hacer valer ciertos derechos soberanos y privilegios especiales sobre partes de la región, como derechos jurisdiccionales y económicos. Por el contrario, China ve el Ártico y sus recursos como patrimonio común de toda la humanidad, y China, como nación más poblada del planeta, representa una porción suficientemente grande de la humanidad como para estar representada, como afirmó el contraalmirante chino Yin Zhuo en 2010.

Como tal, no es de extrañar que China se interese en una ruta comercial alternativa que promete reducir drásticamente los tiempos de entrega de las manufacturas chinas exportadas a sus mercados cruciales en Europa en buques portacontenedores. Para China (Didenko et al. 2022), la RMN puede, en algunos casos, seguir siendo la opción más económica de transporte marítimo de carga que la ruta de Suez, especialmente en el caso de productos energéticos, incluso si se tiene en cuenta el costo adicional de una escolta de un rompehielos. Además de trabajar junto con Rusia en el desarrollo de la RMN, China tiene sus propias ambiciones en la región del Ártico. La dependencia de China del comercio la ha llevado a crear la iniciativa de comercio y transporte más ambiciosa de la historia, denominada Ruta Polar de la Seda (RPS). La RPS es más o menos análoga a la Ruta del Mar del Norte, aparte de ser más expansiva, ya que se extiende desde la costa de China hasta los puertos del norte de Europa, recreando así el PNO entre los dos extremos opuestos de Eurasia (Chen et al. 2024; Ding et al. 2023). Al igual que Rusia, la RPS de China pretende aprovechar el deshielo marino del círculo polar ártico para crear una alternativa a las rutas de transporte establecidas. El PNO atraviesa aguas controladas por Estados Unidos y Canadá, ninguno de los cuales tiene actualmente una buena relación con China, negando los requisitos chinos para una ruta comercial que estaría protegida de una posible interferencia de los adversarios de China.

La RPS representa la propia visión alternativa de China (Ding et al. 2023), para la conectividad del ártico, en la que China desempeña el papel principal en lugar de depender de las potencias regionales, en particular la propia Rusia. Una de las principales formas en que se demuestra esta ambición es mediante los esfuerzos de China por disminuir su dependencia de los rompehielos rusos, específicamente mediante la construcción de su propia flota de buques rompehielos (Wang and Aporta 2024). La inquietud de Rusia por estos rompehielos y la importancia que concede a sus propias capacidades rompehielos quedan bien ilustradas por la retórica en torno al lanzamiento, en septiembre de 2020, del rompehielos nuclear más nuevo de Rusia, el “Arktika”. En efecto, los nuevos rompehielos no son simplemente un símbolo, sino una herramienta práctica del control ruso sobre la región, al menos mientras Rusia domine la capacidad global de rompehielos y pueda ordenar y cobrar a los buques de otras naciones que utilicen estos buques en tránsito transpolar.

6. Portacontenedores

Se calcula que alrededor del 80% del comercio mundial de mercancías en volumen y el 70% del comercio mundial en valor se realiza por vía marítima. Actualmente, la región del Ártico está dominada por buques a granel líquidos debido a las elevadas actividades de petróleo y gas y, salvo las pruebas, no hay actividad de transporte exprés de contenedores en el Ártico. El uso comercial de las rutas árticas transpolares tiene el potencial de aportar inmensos beneficios, que van acompañados de numerosas desventajas para las empresas navieras. El CCG está permitiendo, en el círculo polar ártico, períodos más prolongados de paso sin hielo, aunque el acceso sin hielo durante todo el año puede llevar décadas. Es muy probable que este clima más cálido provoque condiciones climáticas adversas, hielo flotante e incluso icebergs, lo que hace que las rutas transárticas no sean adecuadas para buques portacontenedores.

No solo los buques a lo largo de la ruta transártica, sino también los puertos que están subdesarrollados y tienen una infraestructura deficiente, enfrentarán el mismo conjunto de desafíos. El transporte marítimo comercial se verá afectado negativamente por esta situación, ya que los mercados exigen que las mercancías se entreguen “Justo a Tiempo” (Witthohn 2023). Las instalaciones actuales árticas no satisfacen las necesidades fundamentales de las compañías navieras para el manejo de carga, la navegación y el rescate, en particular para buques más grandes, las profundidades en el área de fondeo y los muelles en los puertos son los mayores problemas.

La RMN es económicamente desventajosa para el transporte marítimo de contenedores. En cuanto a las condiciones cambiantes en el círculo polar ártico, se cree que el derretimiento

del hielo en la región desde mediados del siglo XX fue el factor principal, y se espera un mayor derretimiento en las próximas décadas (hasta 2100). Desde 1979 se ha producido una disminución del área glaciar en esta región de casi un 40%; si continúa la tendencia de una reducción del 3,8% de la capa de hielo cada 10 años, es posible que en la segunda mitad del siglo XXI no haya hielo en la región ártica durante el verano. Desde 1979 hasta septiembre de 2018, se ha producido una disminución de hasta el 75% en el hielo del Ártico (Sheng 2022a). Este hecho puede ser una de las ventajas de utilizar la RMN para los grandes portacontenedores, que podrán navegar por esta ruta más días al año. La profundidad del agua también puede ser un factor limitante importante, ya que la RMN es bastante compleja y está llena de canales estrechos y arrecifes poco profundos. Si bien la profundidad media del mar de Siberia Oriental y del mar de Chukchi es de más de 50 m, las aguas menos profundas de los estrechos pueden tener tan solo 8 m, lo que limita gravemente la capacidad de tránsito de los grandes buques portacontenedores.

Además de los factores ya mencionados, las condiciones climáticas extremas, como la niebla densa, las bajas temperaturas y la duración del día y la noche polares, pueden amenazar la navegación de los buques (Paardenkooper 2022). Como se espera que la RMN se convierta, o pueda convertirse, en una alternativa a la Ruta del Mar del Sur (RMS), los factores económicos parecen ser clave a la hora de decidir la ruta de los buques portacontenedores transoceánicos. Los factores económicos clave, en términos de ganancias esperadas y costos proyectados, pueden incluir: (1) costo de combustible, (2) costo de construir buques en una clase de hielo particular y (3) cargos por romper el hielo. El costo del combustible es un componente clave del costo del envío y representa aproximadamente el 50% del costo unitario total del envío para todos los tamaños de buques. El costo de construcción de buques también es un componente importante del costo total en clases de hielo. Debido a las condiciones naturales del círculo polar ártico, los buques que navegan por la RMN tienen que cumplir requisitos especiales en cuanto a estructura, casco y espesor del casco, lo que significa que el costo de dichos buques puede ser entre un 6,5% y un 30% mayor en comparación con los buques que navegan por la RMS (Paardenkooper 2022).

La RMN también incluirá la prestación de servicios de apoyo a los buques que transitan por ella. Esto significa que la infraestructura y los servicios de apoyo para el transporte marítimo a lo largo de la RMN deben satisfacer las necesidades de las compañías navieras. En cuanto a los servicios de apoyo a la navegación, el uso de servicios rompehielos actualmente es voluntario, aunque su uso es casi constante debido a las condiciones naturales. Un cierto problema que limita el uso más amplio de la RMN por parte de grandes buques portacontenedores y la necesidad de utilizar servicios rompehielos es la anchura máxima de los rompehielos (34m). Lo que significa que solo los portacontenedores que tienen una manga (anchura) máxima de 32,31 m, con capacidad de hasta 5000 TEUs sí podrán transitar la RMN. De hecho, buques portacontenedores con una capacidad de 10000 TEUs tienen una manga máxima de 49 m. Sin embargo, actualmente se está diseñando un nuevo tipo de rompehielos llamado "Leader", que podrá atravesar el hielo con una anchura de 50 m, lo que debería ser suficiente para portacontenedores con una capacidad de hasta 12000 contenedores (Witthohn 2023). Está previsto que el primer rompehielos entre en funcionamiento a finales de 2027. Se espera que Rusia ponga en funcionamiento tres rompehielos de este tipo a más tardar en 2033. El proyecto "Leader" es importante no solo en términos de transporte de productos terminados, también lo es en el transporte de petróleo y gas. Sin embargo, hay que señalar que ni siquiera esta nueva clase de rompehielos podrá romper el hielo con una anchura tal que los buques más grandes, con capacidad para transportar más de 20000 contenedores, puedan utilizarse para el tránsito transpolar de contenedores. Estos buques normalmente utilizan la RMS a través del canal de Suez.

El hecho de navegar por la RMN puede generar costos adicionales en forma de pago por el permiso para usar esta ruta, tarifas de alquiler de rompehielos u otros cargos relacionados con los servicios prestados a lo largo de la ruta (Nelogov et al. 2022). De hecho, uno de los mayores obstáculos es que los portacontenedores más grandes no pueden circular por la RMN, ya que los rompehielos actuales no pueden atravesar el corredor de

50 metros de ancho. Si una compañía naviera quisiera utilizar la RMN, necesitaría dos buques para transportar esa cantidad de contenedores, lo que lo haría más caro y los costos de entrega más altos que usar la RMS. Esto perdería la ventaja geográfica de la RMN, que es la distancia más corta entre los puertos de Asia y los puertos de Europa. Otro tema es la confiabilidad de la ruta como segundo factor más importante en el transporte de carga.

De otro lado, numerosos compradores en el comercio internacional exigen entregas “Justo a Tiempo” a los proveedores. Sin embargo, este es uno de los riesgos de la RMN. Este requisito no siempre podrá cumplirse debido a las condiciones climáticas del círculo polar ártico. Para las entregas de algunos tipos de bienes, el requisito de “Justo a Tiempo” puede no ser crítico. China es tolerante con las entregas inexactas, aunque hay que tener en cuenta que los retrasos en las entregas provocan mayores costos para los clientes (Nelogov et al. 2022; Paardenkooper 2022). La mentalidad de los japoneses, que no aceptan entregas que no sean “Justo a Tiempo”, es bastante diferente. Por el contrario, los japoneses sostienen que RMN nunca podrá ser rentable debido a los riesgos.

Estimaciones afirman que, a pesar de las ventajas, la RMN es actualmente entre un 30% y un 40% más cara que la RMS. Parte de este costo adicional se debe a un mayor seguro debido al riesgo que representan el hielo marino y las inclemencias del tiempo, así como las dificultades resultantes para cualquier posible operación de búsqueda y rescate (Nelogov et al. 2022; Qi et al. 2024). Otra razón del aumento de los costos es la obligación de pagar por los rompehielos rusos; debido a la reducción de la distancia, la elección de la RMN provoca, por un lado, una reducción de las emisiones de CO₂ y, por otro, provoca emisiones adicionales, ya que son necesarios servicios para romper el hielo. Además, la velocidad elegida tiene una fuerte influencia en las emisiones, que a su vez dependen de las condiciones del hielo. Adicional a esto, las compañías navieras han identificado otro inconveniente: la RMN es más adecuada para el transporte de materias primas que de carga en contenedores (contenedorizada) (Nelogov et al. 2022; Qi et al. 2024). Esto se debe a que los buques portacontenedores necesitan realizar múltiples entregas a lo largo de su ruta para ser rentables, y la costa ártica de Rusia está mínimamente poblada para absorber la cantidad necesaria de comercio de contenedores. Además, la zona no cuenta con la infraestructura necesaria para procesar y transportar la carga a centros poblados más hacia el interior. De hecho, el envío de carga sería esencialmente unidireccional, con oportunidades limitadas para transportar carga de regreso o retorno. En este sentido, la RMN tiene una desventaja no solo en comparación con otras rutas marítimas, sino también con el transporte ferroviario, que puede atravesar directamente el continente.

7. Comentarios

El círculo polar ártico ha quedado expuesto a una creciente globalización. De hecho, la región ha sido durante mucho tiempo “global” en el sentido de que la minería ha conectado el Ártico con los mercados de todo el mundo. Hoy, sin embargo, las fuerzas de la globalización se ven impulsadas por el Cambio Climático Global y el Ártico se está integrando cada vez más a la economía global. Existe un interés creciente en las rutas marítimas del Ártico (transárticas/transpolares) y en los recursos naturales que quedan disponibles a medida que se derrite el hielo marino. Una parte importante de los recursos de petróleo y gas del Planeta Tierra aún no explotados se encuentra en el fondo del Océano Ártico. A medida que el hielo marino se derrite, los estados costeros y las empresas energéticas ven estos recursos del norte con gran interés. Sin embargo, su uso generaría emisiones de Gases Efecto Invernadero, y aceleraría el Cambio Climático Global. Ha comenzado un debate sobre si las nuevas reservas de petróleo y gas del Ártico deberían utilizarse o dejarse intactas.

En el centro del discurso sobre el círculo polar ártico se encuentra la cuestión de explotar los nuevos recursos de petróleo y gas del Ártico en un momento en que la humanidad necesita reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero. Así, junto con los diversos problemas globales, han surgido nuevas cuestiones éticas relacionadas con el petróleo y el gas del Ártico. Se refieren a la “Paradoja Ártica”: cuanto más rápido se consuman los

combustibles fósiles, más rápido se tendrá acceso a los recursos de petróleo y gas del círculo polar ártico. Los combustibles fósiles contribuyen al Cambio Climático Global, lo que hace que el hielo marino del Ártico se derrita, lo que genera nuevos recursos de petróleo y gas disponibles. El uso de esos recursos acelera aún más el Cambio Climático Global. Esto hace que la explotación de petróleo y gas en el Ártico sea inevitablemente una cuestión ética. ¿Es aceptable perforar y explotar el petróleo y gas del Ártico en un momento en que la humanidad necesita reducir sus emisiones de carbono?

La situación de seguridad regional se complica por la intervención de estados no árticos en los asuntos regionales. Algunos países occidentales (en particular, Estados Unidos, Canadá, Dinamarca y Noruega) están seriamente preocupados por la llamada expansión china en el Alto Norte. Por ejemplo, desconfían de la doctrina china de la Ruta Polar de la Seda y de los intentos de Beijing de invertir en sectores estratégicamente importantes de las economías de Rusia, Groenlandia, Islandia y otros países del norte. Documentos estratégicos recientes de Estados Unidos afirman explícitamente que Rusia y China representan una amenaza para los intereses nacionales de Estados Unidos en el círculo polar ártico. De hecho, la estrategia ártica del ejército estadounidense para 2021 señalaba lo siguiente: Las grandes potencias competidoras de Estados Unidos -Rusia y China- han desarrollado estrategias árticas con objetivos geopolíticos contrarios a los intereses estadounidenses. Rusia busca consolidar sus reclamos soberanos y controlar el acceso a la región. China pretende obtener acceso a los recursos y a las rutas marítimas del Ártico para asegurar y reforzar su ascenso militar, económico y científico.

En el ámbito de la extracción de hidrocarburos, la retirada del hielo abre nuevas oportunidades comerciales para las actividades de gas y petróleo. Esto puede aumentar la competencia entre los cinco estados costeros por el control de la plataforma continental ártica y las zonas marítimas, así como invitar a otro conflicto entre los Cinco Árticos (Canadá, Dinamarca, Noruega, Rusia y Estados Unidos) y los estados no costeros (como Finlandia, Suecia, Reino Unido, China, Japón, Corea del Sur, India, etc.) que deseen participar en la explotación de los recursos naturales del Ártico. El papel de los regímenes jurídicos internacionales, especialmente la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, y los órganos de la Comisión de las Naciones Unidas sobre los Límites de la Plataforma Continental, son particularmente importantes en este sentido.

En el ámbito del transporte, la retirada del hielo abre nuevas oportunidades para el transporte marítimo en el círculo polar ártico, así como un uso más intensivo de la Ruta del Mar del Norte y el Paso del Noroeste. Esto puede aumentar la competencia entre los estados costeros y no costeros por el control de estos pasos y, al mismo tiempo, enfatizar la necesidad de nuevos regímenes legales e infraestructuras de transporte y búsqueda y salvamento. China, Japón y Corea del Sur (las naciones que están más interesadas en la explotación de estas rutas marítimas) insisten en que la Ruta del Mar del Norte y el Paso del Noroeste son activos de la humanidad o bienes comunes globales y deben estar disponibles para todos y, por lo tanto, internacionalizados. Estados Unidos también cree que la libertad de navegación es el principio básico del ordenamiento jurídico internacional. Por el contrario, Rusia y Canadá creen que tienen prioridad en estas áreas por su proximidad geográfica y por razones históricas.

El Cambio Climático Global implica no solo desafíos socioeconómicos sino también militares para la región ártica, por lo que hipotéticamente podría conducir a la remilitarización de la región. La creciente competencia por rutas comerciales, zonas marítimas y recursos naturales ya ha llevado y continúa conduciendo a una concentración militar de determinados estados costeros y a una intensificación de las actividades militares de la OTAN en la región. En contraste con la era de la Guerra Fría, los actuales esfuerzos militares apuntan a la protección de los intereses económicos de los estados árticos y la afirmación de su soberanía nacional sobre las zonas marítimas y rutas comerciales, más que a la confrontación global entre dos superpotencias o bloques militares.

La pérdida real por parte de un país polar de la parte continental de los territorios árticos en la configuración actual del orden mundial solo puede ocurrir bajo un escenario:

el escenario de un conflicto militar. A pesar de que la mayoría de los expertos consideran improbable un conflicto de este tipo (especialmente en vista de las disputas entre las principales potencias nucleares, que, técnicamente, son capaces no solo de destruirse entre sí, sino también, según algunas estimaciones, de poner fin a la humanidad), en la práctica vemos un fortalecimiento de la presencia militar de todos los sujetos de disputas territoriales.

8. Conclusiones

El Cambio Climático Global está modulado por factores externos e internos, como la geometría orbital de la Tierra, las capas de hielo y las condiciones de los Gases De Efecto Invernadero, en diversas escalas de tiempo. Las interacciones y retroalimentaciones a múltiples escalas aumentan la complejidad en la comprensión del Cambio Climático Global. De hecho, uno de los principales factores que contribuyen al crecimiento de las actividades de transporte marítimo internacional a lo largo del círculo polar ártico es el derretimiento del hielo en causado por el Cambio Climático Global. Las temperaturas medias anuales del aire en el Ártico han aumentado al doble de la tasa de aumento de la temperatura media mundial durante las últimas tres décadas. En consecuencia, la rápida reducción de las áreas congeladas en la región ártica durante el verano de la última década ha abierto discusiones sobre las posibilidades del transporte de carga en esta región. Afirman que el viaje medio a lo largo de la Ruta del Mar del Norte se ha reducido de 20 días en la década de 1990 a 11 días en 2012-2013, ayudado por el derretimiento del hielo en el círculo polar ártico.

El Cambio Climático Global está impactando el círculo polar ártico. Ha generado el derretimiento del hielo en la región desde mediados del siglo XX, y se espera un mayor derretimiento en las próximas décadas hasta 2100. Desde 1979 se ha producido una disminución del área glaciar en esta región de casi un 40%. Si continúa la tendencia de una reducción del 3,8% de la capa de hielo cada 10 años, es posible que en la segunda mitad del siglo XXI no haya hielo en la región ártica durante el verano. Este hecho puede ser una de las ventajas de utilizar la Ruta del Mar del Norte para los grandes portacontenedores, que podrán navegar por esta ruta más días al año.

De hecho, la distancia entre los principales puertos de Asia (Shanghái) y los puertos de Europa (Hamburgo) a través del canal de Suez es un 40% más corta y asciende a 13000 km frente a 22000 km. Sin embargo, según la Ruta Mar del Norte, teniendo en cuenta la velocidad media anual de 19 nudos, el buque puede recorrer la ruta por el canal de Suez en 26 días sin entrar en los puertos, aunque teniendo en cuenta la situación del hielo para la navegación, la velocidad media anual a lo largo de la RMN es de 13 nudos y el tiempo de entrega en Europa será de 23 días al año en promedio. La elección de la Ruta Ártica puede más que duplicar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de CO₂ entre un 49% y un 78%. Sin embargo, el ahorro de combustible no necesariamente reducirá los costos, debido a otros factores, como mayores costos de construcción para los buques clasificados para hielo, irregularidades en el servicio y velocidades más lentas, dificultades de navegación, mayores riesgos de seguridad y, lo más importante, tarifas por los servicios de rompehielos.

En efecto, la elección de la Ruta Ártica puede más que duplicar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de CO₂ entre un 49% y un 78%. Sin embargo, el ahorro de combustible no necesariamente reducirá los costos, debido a otros factores, como mayores costos de construcción para los buques clasificados para hielo, irregularidades en el servicio y velocidades más lentas, dificultades de navegación, mayores riesgos de seguridad y, lo más importante, tarifas por los servicios de rompehielos.

En el Ártico, el Cambio Climático Global trae consigo desafíos ambientales, por un lado, y oportunidades, por el otro, a medida que van en aumento nuevas formas de actividades económicas. Los desafíos y oportunidades afectarán no solo el círculo polar ártico como tal, también a los ecosistemas y pueblos más allá de la región. Los desafíos ambientales en la región incluyen daños a la dinámica infraestructural, sociocultural y demográfica. La subsistencia en el Ártico como región, tradicionalmente considerada única,

perderá su estatus distintivo. Las consecuencias naturales del Cambio Climático Global, que traerán catástrofes de diversas formas, se reducirá la resiliencia social y ecológica de los humanos y otras especies.

El Cambio Climático Global y la consiguiente “Apertura del Ártico” fortalecen el interés hacia la región por parte de muchos actores no árticos en Europa y Asia, que cuestionan el modelo tradicional de gobernanza del Ártico, que se basa en el Consejo Ártico de ocho Estados, e insisten en que la región debería ser percibida como un “Patrimonio de la Humanidad” y, por tanto, pertenecer a la comunidad internacional en su conjunto (y a sus principales centros de poder), no solo a los Estados árticos. El más poderoso entre estos actores no regionales es China, que desempeña el papel más activo en el Ártico de todos los países no regionales. China se posiciona como un Estado Cercano al Ártico, justificando su interés en la gestión de la región por el impacto del actual Cambio Climático Global en China.

Contribuciones de los autores:

Alexander Eslava Sarmiento: Conceptualización, Metodología, Validación, Análisis formal, Investigación, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

Financiación: Esta investigación no recibió financiación externa.

Conflicto de Intereses: El autor del presente documento manifiesta ser independiente con respecto a instituciones financiadoras y de apoyo, y que durante la redacción del manuscrito no han recibido ningún tipo de financiamiento y no han incidido intereses o valores distintos a los que usualmente tiene la investigación.

Referencias

- Abel Meza, Ibrahim Ari, M. A. S. and Koç, M. (2023). Relevance and potential of the arctic sea routes on the lng trade. *Energy Strategy Reviews*, 50.
- Abramov, V., Shilin, M., Sikarev, I., Petrov, Y., and Chusov, A. (2022). Digitalization of geo-information support for northern sea route management. In Manakov, A. and Edigarian, A., editors, *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021*, volume 402 of *Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham.
- Aczel, M. (2023). Individual carbon and environmental footprints. In Brinkmann, R., editor, *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Palgrave Macmillan, Cham.
- Ahmed, M. (2023). The science of climate change. In Brinkmann, R., editor, *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Palgrave Macmillan, Cham.
- An, Z. (2023). Global change. In Wallenhorst, N. and Wulf, C., editors, *Handbook of the Anthropocene*. Springer, Cham.
- Asibey, M. and Cobbinah, P. (2023). The evidence for climate change on our planet. In Brinkmann, R., editor, *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Palgrave Macmillan, Cham.
- Celik, G. and van Hassel, E. (2023). The sustainability of the arctic: A case study analysis of container shipping. *Transportation Research Procedia*, 72:3403–3410.
- Chen, J., Kang, S., Wu, A., and Chen, L. (2024). Projected emissions and climate impacts of arctic shipping along the northern sea route. *Environmental Pollution*, 341.
- Chen, J.-L., Kang, S.-C., Wu, A.-D., and Hu, D.-D. (2023). Impacts of 1.5 °c global warming on hydrological conditions of navigation along the northern sea route and northwest passage. *Advances in Climate Change Research*.
- Chuy, S., Ilin, I., Jahn, C., and Devezas, T. (2022). Northern sea route development concept. In Ilin, I., Devezas, T., and Jahn, C., editors, *Arctic Maritime Logistics*, Contributions to Management Science. Springer, Cham.
- Didenko, N., Skripnuk, D., Kikkas, K., and Kaźmierczyk, J. (2022). Development of northern sea route and arctic maritime logistics. In Ilin, I., Devezas, T., and Jahn, C., editors, *Arctic Maritime Logistics*, Contributions to Management Science. Springer, Cham.
- Ding, W., Shibasaki, R., and Kavirathna, C. A. (2023). Impact of northern sea route on china’s grain imports with eu countries. *Asian Transport Studies*, 9.
- Erokhin, V., Konyshov, V., Sergunin, A., and Tianming, G. (2022). The northern sea route development: The russian perspective. In Ilin, I., Devezas, T., and Jahn, C., editors, *Arctic Maritime Logistics*, Contributions to Management Science. Springer, Cham.
- Finger, M. (2022). Sustainable development of the arctic? In Finger, M. and Rekvig, G., editors, *Global Arctic*. Springer, Cham.
- Gao, Z., Ma, S., Li, J., Sun, P., Liu, Y., Xing, Q., He, Q., and Tian, Y. (2023). Climate-induced long-term variations of the arctic ecosystems. *Progress in Oceanography*, 213.
- Heininen, L. (2022). The age of climate change, as a challenge for states, and ir theories. In Likhacheva, A., editor, *Arctic Fever*. Palgrave Macmillan, Singapore.
- Hossain, K. (2023). Climate change challenges in the arctic. In Brinkmann, R., editor, *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Palgrave Macmillan, Cham.

- Irannezhad, M., Ahmadi, B., and Marttila, H. (2022). Impacts of climate extremes over arctic and antarctic. In Elsevier, editor, *Climate Impacts on Extreme Weather*, pages 191–215. Elsevier.
- Johansen, B. (2023). Climate crisis: Code red for humanity and our home planet. In *Global Warming and the Climate Crisis*. Springer, Cham.
- Kavirathna, C. A., Shibasaki, R., Ding, W., and Otsuka, N. (2023). Feasibility of the northern sea route with the effect of emission control measures. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 123.
- Kupiainen, K., Flanner, M., and Eckhardt, S. (2022). Climate effects of other pollutants – short-lived climate forcers and the arctic. In Finger, M. and Rekvig, G., editors, *Global Arctic*. Springer, Cham.
- Le Moullec, M. and Bender, M. (2022). Impacts of global warming on arctic biota. In Finger, M. and Rekvig, G., editors, *Global Arctic*. Springer, Cham.
- Nelogov, A., Rusinov, I., and Ouami, A. (2022). Modern liner shipping: Opportunities and risks of using the northern sea route. In Ilin, I., Devezas, T., and Jahn, C., editors, *Arctic Maritime Logistics*, Contributions to Management Science. Springer, Cham.
- Paardenkooper, K. (2022). The role of data-driven logistics in arctic shipping. In Ilin, I., Devezas, T., and Jahn, C., editors, *Arctic Maritime Logistics*, Contributions to Management Science. Springer, Cham.
- Pilyasov, A. and Putilova, E. (2022). Peripheral innovation system and its place in the development of the russian arctic resources. In Likhacheva, A., editor, *Arctic Fever*. Palgrave Macmillan, Singapore.
- Qi, X., Li, Z., Zhao, C., Zhang, Q., and Zhou, Y. (2024). Environmental impacts of arctic shipping activities: A review. *Ocean Coastal Management*, 247.
- Sheng, E. (2022a). The new strategic triangle in the arctic: China, russia, and the united states. In *Arctic Opportunities and Challenges*. Palgrave Macmillan, Singapore.
- Sheng, E. (2022b). The polar silk road and the belt and road initiative: Integration and optimization. In *Arctic Opportunities and Challenges*. Palgrave Macmillan, Singapore.
- Sorokina, T. (2022). Pollution and monitoring in the arctic. In Finger, M. and Rekvig, G., editors, *Global Arctic*. Springer, Cham.
- Stepanov, I. (2022). Climate change and energy transition: Controversial implications for the arctic region. In Likhacheva, A., editor, *Arctic Fever*. Palgrave Macmillan, Singapore.
- Wang, W. and Aporta, C. (2024). Arctic marine shipping development and governance in canada: A historical overview. *Marine Policy*, 160.
- Witthohn, R. (2023). Icebreaking. In *International Shipping*. Springer, Wiesbaden.
- Yaman, C. (2023). Greenhouse gas management. In Brinkmann, R., editor, *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Palgrave Macmillan, Cham.
- Yermakov, V. and Yermakova, A. (2022). Northern sea route as energy bridge. In Likhacheva, A., editor, *Arctic Fever*. Palgrave Macmillan, Singapore.

Biografía de los Autores



Alexander Eslava Sarmiento Ingeniero Agrícola; Especialista en Logística Internacional; Consultor Portuario; Surveyor Cargo

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son únicamente responsabilidad de los autores y colaboradores individuales y no reflejan necesariamente las opiniones de DERROTERO y/o de los editores. DERROTERO y/o los editores se deslindan de cualquier responsabilidad por daños o perjuicios a personas o bienes que puedan surgir como resultado de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido. Se recomienda a los lectores verificar de manera independiente la información antes de basarse en ella.