Modificación de la radiación solar: Un análisis de riesgo-riesgo

Resumen

Marzo 2022

C2G Carnegie Climate Governance Initiative

An initiative of CARNEGIE COUNCIL for Ethics in International Affairs

Duke Center on Risk in Science & Society

Autores
Tyler Felgenhauer, Duke Center on Risk, Duke University, EE. UU.
Govindasamy Bala, Centre for Atmospheric and Oceanic Sciences, Indian Institute of Science, India
Mark E. Borsuk, Pratt School of Engineering and Duke Center on Risk, Duke University, EE. UU.
Matthew Brune, Duke Center on Risk, Duke University, EE. UU.
Inés Camilloni, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos y CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, Argentina
Jonathan B. Wiener, Law School, Nicholas School, Sanford School, y Center on Risk de Duke University, EE. UU.
Jianhua Xu, Departamento de Gestión Medioambiental, Colegio de Ciencias Medioambientales e Ingeniería e Instituto Para la Salud y el Desarrollo Globales, Universidad de Beijing, China

Información de publicación
Este informe ha sido encargado y financiado por Carnegie Climate Governance Initiative (C2G) que es una iniciativa de Carnegie Council for Ethics in International Affairs (CCEIA). Las opiniones expresadas en el presente informe son exclusivamente las de sus autores, y no reflejan ninguna posición oficial de las organizaciones de los autores, ni las de C2G, CCEIA, revisores u otros colaboradores.

Esta publicación tiene licencia de Creative Commons CC BY-NC-SA y se puede reproducir en parte o en su totalidad y de cualquier forma para fines educativos o no lucrativos sin permiso especial de C2G, siempre que se reconozca o se haga la referencia apropiada a la fuente.

Cita sugerida
Felgenhauer, T., Bala, G., Borsuk, M., Brune, M., Camilloni, I., Wiener, J.B., Xu, J. (2022). Modificación de la radiación solar: Un análisis de riesgo-riesgo - Resumen, Carnegie Climate Governance Initiative (C2G), Febrero, Nueva York, NY: www.c2g2.net

Reconocimientos
Los autores agradecen las generosas contribuciones de tiempo y conocimientos de Nicholas Harrison, Janos Pasztor, Cynthia Scharf y Kai-Uwe Schmidt de C2G y de los revisores externos Marie-Valentine Florin del International Risk Governance Center y Matthias Honegger de Perspectivas de Investigación sobre el Clima y el Instituto Copérnico para Desarrollo Sostenible de la Universidad de Utrecht. Los autores también agradecen las revisiones adicionales de gran ayuda de Simone Tilmes, National Center for Atmospheric Research (NCAR); Arden Rowell, University of Illinois College of Law; y John D. Graham, Paul H. O'Neill School of Public and Environmental Affairs, Indiana University.

Para preguntas o correcciones, póngase en contacto con: **contact@c2g2.net**

Descargar el informe completo de: **www.c2g2.net**

C2G Carnegie Climate Governance Initiative

An initiative of CARNEGIE COUNCIL for Ethics in International Affairs

Duke Center on Risk in SCIENCE & SOCIETY

Resumen

La modificación de la radiación solar como estrategia adicional de reducción del riesgo climático

El cambio climático plantea numerosos riesgos interrelacionados para la sociedad humana y el medio ambiente que solo empeorarán con el calentamiento global. La gestión de estos riesgos en el futuro requiere una cartera de respuestas políticas. Las estrategias de mitigación (que incluyen tanto la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como la remoción del dióxido de carbono de la atmósfera (RDC)) deben seguir siendo el centro de las políticas, ya que son el único medio para abordar la causa principal del cambio climático. Sin embargo, puede ser extremadamente difícil alcanzar los objetivos de temperatura de calentamiento global de 1,5 o 2°C estipulados en el Acuerdo de París sobre el clima solo con medidas de mitigación. Además, como el CO_2 (el principal impulsor del cambio climático actual) tiene una larga vida en la atmósfera, es probable que el nivel de CO_2 y las temperaturas sigan siendo elevados durante cientos de años en ausencia de emisiones netas negativas. La adaptación puede contribuir a reducir los riesgos asociados a un determinado nivel de calentamiento, pero su eficacia y sostenibilidad son limitadas. Por estas razones, la modificación de la radiación solar se ha propuesto como un enfoque complementario para reducir rápidamente muchos de los riesgos a corto plazo del calentamiento global y, posiblemente, ayudar a evitar puntos de inflexión climáticos irreversibles mientras se realizan mayores esfuerzos para reducir las concentraciones atmosféricas de GEI.

La modificación de la radiación solar (MRS) es un término que engloba un conjunto de enfoques que proponen reducir o detener el calentamiento global aumentando intencionadamente la cantidad de luz solar entrante que es reflejada por la atmósfera de vuelta al espacio. Las opciones de MRS más estudiadas hasta la fecha son la inyección de aerosoles estratosféricos (SAI por sus siglas en inglés), la liberación intencionada de partículas finas altamente reflectantes o de sus precursores en la estratosfera, y el blanqueo de nubes marinas (MCB por sus siglas en inglés), el aumento intencionado de la reflectividad de las nubes marinas. Aunque también se han propuesto otros enfoques de MRS en este informe nos centramos en la SAI y el MCB, ya que parecen ser las opciones más eficaces, cuando se emplean con la mitigación de emisiones y la RDC, con el potencial de ayudar a cumplir los objetivos de temperatura de París.

Como opción de reducción del riesgo climático propuesta, la MRS es categóricamente diferente de la mitigación. En lugar de abordar el cambio climático en su origen (a través de la reducción de las emisiones de GEI) o de intentar revertir el cambio climático (a través de la RDC), la MRS es un cambio climático intencionado de otra forma. Aunque todavía es muy incierto, sus beneficios propuestos serían que, una vez desarrolladas la tecnología y la infraestructura necesarias, podría ser un medio rápido, eficaz y económicamente barato de enfriar la Tierra a escala global. Sin embargo, la MRS también es imperfecta, ya que no compensaría completamente el cambio climático en todas las regiones y estaciones. Además, tanto la SAI como el MCB tendrían que implementarse continuamente, ya que se espera que sus efectos sean solo temporales. Estas nuevas tecnologías también pueden resultar arriesgadas, tanto por sus interacciones con el clima como por su potencial para exacerbar los riesgos existentes e introducir nuevos riesgos biofísicos y sociales, incluidos nuevos retos de gobernanza. Estas compensaciones fundamentales, entre el potencial de la MRS para reducir los riesgos climáticos y su probabilidad de introducir sus propios riesgos compensatorios, son el centro de este informe.

El marco de compensación de riesgo-riesgo

En este documento se utiliza un marco de compensación de riesgo-riesgo para comparar un mundo con MRS y un mundo sin MRS a la hora de abordar el cambio climático. El marco de compensación de riesgo-riesgo considera el conjunto completo o el alcance de las consecuencias importantes que pueden surgir de una decisión. En este marco, el riesgo se mide tanto por la magnitud de las consecuencias no deseadas como por la probabilidad de que se produzcan. En el marco de la compensación de riesgo-riesgo, el riesgo concreto que una acción o política pretende abordar se denomina riesgo objetivo, los riesgos adicionales que se producen al abordar el riesgo objetivo se denominan riesgos compensatorios y las reducciones auxiliares de los riesgos no objetivo y otros beneficios se denominan beneficios colaterales. A continuación, el marco identifica los atributos clave para comparar estos riesgos, que incluyen el tipo, la magnitud, la probabilidad, el calendario y la distribución de las consecuencias asociadas a diversas acciones o políticas. El marco de compensación de riesgo-riesgo pretende mejorar los resultados ayudando a los analistas a pensar más allá de los costes y beneficios directos asociados a la reducción del riesgo objetivo únicamente. Como ocurre con todas las políticas públicas, la MRS, así como otras opciones de política climática, pueden encontrar respuestas públicas "no racionales" que podrían influir mucho en la toma de decisiones. En este informe se ofrece el marco riesgo-riesgo para ayudar a orientar las políticas hacia resultados socialmente deseables informados por la ciencia.

Modificación de la radiación solar en el marco de riesgo contra riesgo

Basándonos en la literatura de investigación más reciente, los impactos potenciales de la adición de la MRS a un hipotético conjunto de políticas de mitigación y adaptación podrían incluir lo siguiente (en la que la mayoría de los efectos provendrían de una implantación global de la SAI, excepto cuando se señala que el efecto es específicamente relacionado con el MCB):

Efectos de la incorporación de la gestión del riesgo de desastres a la mitigación y la adaptación

	positivo	negativo
Impacto de la MRS en riesgo objetivo: Impactos del cambio climático	**Beneficios climáticos** Se espera que la MRS reduzca rápidamente los importantes riesgos futuros asociados al aumento de la temperatura en la mayoría de las regiones del mundo. Entre los beneficios más importantes se incluyen: • reducción de la frecuencia e intensidad de las temperaturas y precipitaciones extremas • Ralentización del derretimiento del hielo marino del Ártico y de los glaciares de montaña • Reducción de la pérdida de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida • Ralentización del aumento del nivel del mar • Reducción del debilitamiento de la circulación meridional de retorno del Atlántico • Reducción de la intensidad de los ciclones tropicales • Disminución de la humedad del suelo • ligera reducción de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera	**Riesgos climáticos** La MRS no revierte el cambio climático, sino que es un tipo diferente y adicional de cambio climático con impactos distintos, algunos de los más importantes incluyen: • Cambios climáticos involuntarios (calentamiento involuntario o enfriamiento excesivo debido a la incertidumbre en nuestras estimaciones de la cantidad de SAI necesaria) • Cambios de la precipitación regional

Impactos secundarios de la MRS: Impactos en cambio no climático	**Beneficios colaterales** La MRS podría conllevar beneficios colaterales de reducir otros riesgos o añadir valor, tanto biofísico como social. Algunos ejemplos: • Reducción del ozono troposférico • Aumento de la disponibilidad de agua sobre la tierra en las regiones tropicales (MCB)	**Riesgos compensatorios** Dependiendo de la tecnología empleada, la MRS introduce algunos riesgos novedosos, tanto biofísicos como sociales, entre ellos: • Aumento de la deposición ácida en zonas prístinas de altas latitudes • Efectos sobre el ozono estratosférico • Difusión y atenuación de la luz • Posibilidad de conflicto internacional y otros riesgos para la sociedad • Posibles interacciones con una gran erupción volcánica • Choque de terminación repentina • Aumento de la deposición de sal sobre la tierra (MCB)
	Impactos positivos y negativos • Influencia en la motivación para la política o el comportamiento de reducción de emisiones • Difusión y atenuación de la luz y sus efectos en la salud humana, los ecosistemas y la agricultura • Efectos sobre la justicia procesal y distributiva, y otras cuestiones éticas	

Por supuesto, la implantación de la MRS no se produciría de forma aislada, por lo que sus beneficios y riesgos dependerían de otros factores diversos, como los objetivos concretos de la implantación de la MRS, la trayectoria de las emisiones de fondo y los planes de adaptación subsiguientes, los objetivos de desarrollo sostenible que se persigan y el marco de gobernanza establecido. Conceptualmente, la trayectoria de las emisiones y la capacidad de adaptación prevista determinarían el nivel de riesgo climático residual que podría abordarse con la MRS. La implantación de la MRS y su gobernanza tratarían entonces de minimizar simultáneamente estos riesgos climáticos, maximizar las ganancias adicionales y limitar sus propios riesgos climáticos y compensatorios añadidos. Para hacer explícitas estas compensaciones, en el informe completo consideramos tres escenarios específicos de gestión de riesgos climáticos con diferentes contribuciones relativas de mitigación y de MRS.

Mensajes clave

(1) **El uso de un marco de riesgo-riesgo en el análisis de las políticas y la toma de decisiones relativas a la MRS permitiría una evaluación, una comparación y una gestión más completas de los riesgos asociados al cambio climático, la reducción de emisiones, la RDC, la adaptación y la MRS.** Este marco de riesgo-riesgo incluiría la identificación y ponderación de los impactos sobre el riesgo objetivo, los riesgos compensatorios y los beneficios colaterales, reconociendo que pueden interrelacionarse de forma compleja. El público y los responsables políticos pueden encontrarse con heurísticos y sesgos que influyen en la toma de decisiones, y un marco de riesgo-riesgo puede ayudar a reforzar la deliberación abordando todo el conjunto de impactos importantes. Los intentos de identificar medidas que minimicen el riesgo global pueden ayudar a reducir el riesgo objetivo único, pero también a limitar o reducir los múltiples riesgos compensatorios de forma concertada.

(2) **El riesgo objetivo al que pretende hacer frente la MRS es el riesgo del cambio climático, teniendo en cuenta el escenario de emisiones y los efectos de la reducción de emisiones, la RDC y la adaptación.** Según la vía política, estos riesgos pueden ser grandes.

(3) **Como estrategia de reducción de riesgos (junto con la reducción de emisiones, la RDC y la adaptación), la implementación de la MRS puede tener el potencial de reducir los riesgos climáticos, produciendo grandes beneficios directos para los seres humanos y los ecosistemas naturales.** Al reducir el aumento de la temperatura media global (o al estabilizar la temperatura en un objetivo determinado), la MRS podría disminuir los daños a corto plazo del cambio climático y reducir las posibilidades de traspasar puntos de inflexión climáticos irreversibles.

(4) **La MRS podría suponer riesgos compensatorios para los sistemas biofísicos.** Estos podrían incluir (dependiendo del enfoque de la MRS) cambios en el ozono estratosférico y en la radiación UV de la superficie, lluvia ácida y cambios climáticos no deseados, como la alteración de los patrones de temperatura y precipitación o el enfriamiento excesivo. El nivel de muchos de estos riesgos se vería parcialmente afectado por el diseño y la gobernanza de una implementación de la MRS.

(5) **La MRS también podría suponer riesgos compensatorios para los sistemas sociales.** Estos podrían incluir (según el enfoque) el riesgo de conflicto internacional sobre la implementación (especialmente en los casos de implantación no gobernada y la implantación unilateral, la perspectiva o la amenaza de implantación, o los daños percibidos entre la implantación y los impactos locales/regionales inesperados), el riesgo de un rápido cambio climático resultante de la terminación repentina (que también es un riesgo biofísico), y el riesgo de que la MRS pueda desplazar la mitigación de las emisiones de GEI, entre otras preocupaciones. De nuevo, el nivel de muchos de estos riesgos se vería parcialmente afectado por el diseño y la gobernanza de una implementación de la MRS.

(6) **La MRS podría presentar algunos beneficios colaterales.** Los beneficios colaterales de algunos enfoques de MRS pueden incluir un aumento de la radiación solar difusa (luz solar), que puede ser beneficioso para algunos ecosistemas y cultivos, y una ligera reducción del ozono troposférico en las latitudes medias y altas. Sin embargo, es probable que estos efectos inciertos sean pequeños y no se espera que desempeñen un papel importante a la hora de sopesar las compensaciones entre riesgos.

(7) **La formulación de políticas relativas a la gestión del riesgo de desastres debería comparar sus efectos sobre múltiples riesgos (incluidas las reducciones del riesgo objetivo, los beneficios colaterales y los daños compensatorios), como parte de una cartera de políticas que también tiene en cuenta la reducción de emisiones, la RDC y la adaptación.** Estos efectos interconectados deben evaluarse en términos de probabilidad, impacto, tiempo, incertidumbre, distribución y factores relacionados.

(8) **Los distintos niveles de MRS pueden suponer diferentes implicaciones para el riesgo global en función de la tecnología, su implementación y su gobernanza.** Es de esperar que los niveles más altos de MRS produzcan una mayor disminución de los riesgos de los objetivos climáticos asociados a la temperatura, pero también un aumento de los riesgos compensatorios propios de la MRS. Los niveles particulares y los patrones de respuesta de los riesgos objetivo y compensatorios a los distintos niveles de MRS dependerían de la tecnología de MRS, la estrategia de implantación y los mecanismos de gobernanza empleados. Es posible que el nivel de MRS que minimiza el riesgo total sea un nivel de implantación de bajo a intermedio, diseñado para evitar los peores impactos climáticos a corto plazo, reduciendo el pico de calentamiento mientras surten efecto los esfuerzos de mitigación de las emisiones de GEI y de RDC.

(9) **A medida que las mayores reducciones de las emisiones de GEI, la RDC y la adaptación reducen los riesgos generales, menor será la necesidad de utilizar la MRS con sus riesgos compensatorios, reduciendo así la exposición general al riesgo (sujeto a cualquier riesgo compensatorio de las opciones de mitigación de emisiones).** Hay que prestar más atención a la interdependencia entre los múltiples riesgos que pueden crearse por causas compartidas o interacciones políticas.

(10) **El análisis de riesgo-riesgo puede ayudar a centrar la gestión de los riesgos del cambio climático en objetivos sociales más amplios, y no solo en los objetivos de temperatura.** Aunque los objetivos de temperatura pueden ser un objetivo importante, hay muchos impactos climáticos que no varían directamente con la temperatura, y muchos otros riesgos secundarios más allá del clima. Los indicadores utilizados para evaluar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas ofrecen medidas de bienestar que pueden usarse para evaluar los múltiples riesgos de la MRS. En este informe se presenta una evaluación preliminar de cómo se puede esperar que tres carteras hipotéticas de gestión de riesgos que complementen la mitigación de las emisiones de GEI, la RDC y la adaptación con la gestión de riesgos estratégicos repercutan en la consecución de los ODS en comparación con la no utilización de la gestión de riesgos estratégicos.

(11) **Es posible que se necesiten nuevas instituciones o mecanismos de gobernanza para restringir el uso perjudicial o injusto de la MRS, garantizar que cualquier implementación sea beneficiosa y justa, y evaluar y minimizar cualquier daño compensatorio.** La gobernanza internacional existente destinada a abordar el cambio climático y sus impactos puede ofrecer algunos mecanismos útiles, pero actualmente parece estar inadecuadamente diseñada para abordar la MRS y sus características distintivas. Como intento de frenar la imposición de riesgos globales a través de acciones precipitadas o imprudentes, la gobernanza de la MRS puede ser más análoga a los acuerdos de control de armas que a los tratados medioambientales.