

Guía introductoria sobre las SRM

Preparado por SRM360

SEPTIEMBRE DE 2026



Contenido

A medida que el mundo sigue calentándose, la idea de utilizar tecnologías conocidas como métodos de reflexión de la luz solar (SRM, por sus siglas en inglés), o geoingeniería solar, para enfriar potencialmente el planeta y limitar algunos de los efectos del cambio climático despierta un interés cada vez mayor. Se trata de un tema complejo y controvertido, con una amplia gama de cuestiones científicas y sociopolíticas aún por resolver. En esta guía, SRM360 explica los conceptos básicos de las SRM, incluidos los motivos por los que se están considerando estas ideas y cómo funcionarían, cuáles podrían ser sus posibles inconvenientes y las espinosas cuestiones sobre cómo podrían gobernarse dichos programas.

¿Por qué se está planteando el uso de SRM?	3
Métodos de reflexión de la luz solar	8
¿Se podrían reducir los riesgos climáticos con SRM?	14
¿Qué podría fallar en la aplicación de SRM?	19
¿Cómo debe gobernarse SRM?	24
Más productos de SRM360	29

Acerca de SRM360

SRM360 es una organización sin fines de lucro que actúa como intermediaria de conocimiento y se dedica a informar a las personas sobre los métodos de reflexión de la luz solar —o geoingeniería solar— para que puedan contribuir a las decisiones críticas sobre su investigación, desarrollo y gobernanza.

¿Por qué se está planteando el uso de SRM?

Científicos y expertos en políticas de todo el mundo están estudiando si los métodos de reflexión de la luz solar (SRM), también conocidos como geoingeniería solar, podrían formar parte del conjunto de herramientas para hacer frente al cambio climático. Sin embargo, este trabajo es controvertido y existen serias preocupaciones sobre sus posibles consecuencias. ¿Por qué se está recurriendo a una idea tan drástica? ¿Podría ser de ayuda? ¿Cuáles son los retos?

La crisis climática

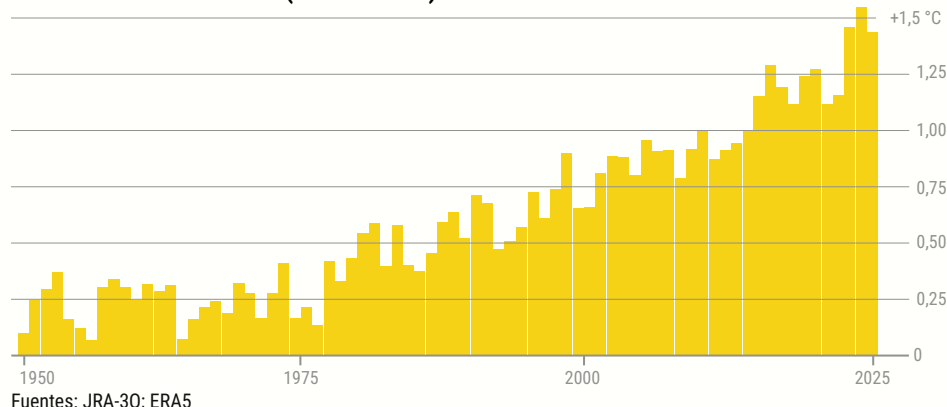
El mundo está avanzando en la lucha contra el cambio climático, pero no va por buen camino para alcanzar sus objetivos climáticos.

Alrededor de 2,2 billones de dólares —casi el 2 % del PIB mundial— se destinó a inversiones en energía limpia en 2025, casi el doble que hace una década. Se han logrado avances enormes, pero las emisiones mundiales de dióxido de carbono siguen aumentando.

El año 2024 fue el primer año natural en el que la temperatura media mundial superó los 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales. Mantener este aumento por debajo de los 2 °C —el objetivo de los acuerdos climáticos mundiales— podría quedar pronto fuera de nuestro alcance.

De hecho, aunque los países del mundo cumplieran íntegramente sus compromisos en materia de emisiones, parece que, para finales de siglo, el planeta va camino de un calentamiento de unos 2,4 °C. Eso podría ser devastador.

VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL GLOBAL CON RESPECTO A LA MEDIA PREINDUSTRIAL (1850– 1900)



MÁS INFORMACIÓN

¿Qué significa para SRM la superación de 1,5 °C en 2024?

Los efectos del calentamiento global

Los efectos del calentamiento global se dejan sentir en todos los países y comunidades del mundo, pero especialmente en el Sur Global. Los devastadores incendios forestales avivados por unas condiciones más cálidas y secas se están propagando sin control; las sequías y las inundaciones son más intensas debido al aumento de las temperaturas; los glaciares y el hielo marino están retrocediendo, cambiando los paisajes y los medios de subsistencia. Casi todo el mundo tiene una historia sobre cómo el cambio climático está afectando a su comunidad, debilitando la prosperidad, incrementando la inseguridad y alterando los ecosistemas.

Además, el mundo puede estar al borde de múltiples “puntos de inflexión climáticos” que, de traspasarse, podrían resultar irreversibles y causar daños masivos a las personas y los ecosistemas. Entre ellos se incluyen la desestabilización de las capas de hielo y la consiguiente subida del nivel del mar, el posible colapso de corrientes oceánicas críticas que ejercen una enorme influencia en el clima regional, y la desaparición de ecosistemas fundamentales como los arrecifes de coral y la selva amazónica.

No existe un punto crítico exacto a los 1,5°C o 2°C de calentamiento, pero cada décima de grado adicional empeorará la situación. Cada incremento de una décima de grado tiene consecuencias reales sobre las personas y los ecosistemas, por lo que resulta fundamental esforzarse por evitarlo.

ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



ALIMENTACIÓN

El incremento de las temperaturas y la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos pondrán en jaque los sistemas de producción alimentaria, poniendo en riesgo la



CONDICIONES METEOROLÓGICAS EXTREMAS

La intensidad de diversos fenómenos meteorológicos extremos aumenta con las temperaturas; por ejemplo, la intensidad de las precipitaciones extremas aumenta aproximadamente un 7 % por cada grado centígrado de calentamiento.



AGUA

El cambio climático está afectando a la seguridad hídrica, ya que en algunas regiones los caudales pasan a ser excesivamente altos o excesivamente bajos.



SALUD

El calentamiento global incrementa significativamente los riesgos para la salud asociados al calor extremo; en Europa, con un aumento de 3 °C los efectos podrían ser hasta tres veces mayores que con un incremento de solo 1,5 °C. El cambio climático está alterando los patrones de transmisión de enfermedades como la malaria, exponiendo al riesgo a poblaciones que antes no se veían afectadas.



ECONOMÍA

Se prevé que las repercusiones económicas del cambio climático aumenten drásticamente con el calentamiento.



ECOSISTEMAS

Los arrecifes de coral tropicales se verían gravemente reducidos con un aumento de 1,5 °C en la temperatura global y podrían desaparecer casi por completo si el calentamiento alcanzara los 2 °C. Con un aumento de la temperatura global de 2 °C, hasta el 18 % de las especies terrestres podrían correr un gran riesgo de extinción, cifra que podría ascender al 29 % si se alcanzaran los 3 °C.



SEGURIDAD

El cambio climático aumenta el riesgo de conflictos violentos debido a los fenómenos climáticos extremos y a su impacto en la seguridad hídrica y alimentaria.

Fuente: SRM360.org

MÁS INFORMACIÓN

¿Se volverá el planeta un lugar difícil de habitar si superamos los 1,5 °C o llegamos a los 2 °C de calentamiento?

La estrategia actual y sus límites

La principal estrategia para mitigar el calentamiento consiste en abandonar progresivamente los combustibles fósiles y disminuir las emisiones provenientes de otras fuentes de emisión de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, eliminar las emisiones solo impediría que empeorara el calentamiento global, no lo invertiría. Para devolver las temperaturas a niveles más seguros, el mundo también debe remover cientos de miles de millones de toneladas de dióxido de carbono que ya están en la atmósfera.

Ya se han logrado avances importantes y el proceso de descarbonización está en curso. Sin embargo, los efectos del cambio climático ya se están sintiendo

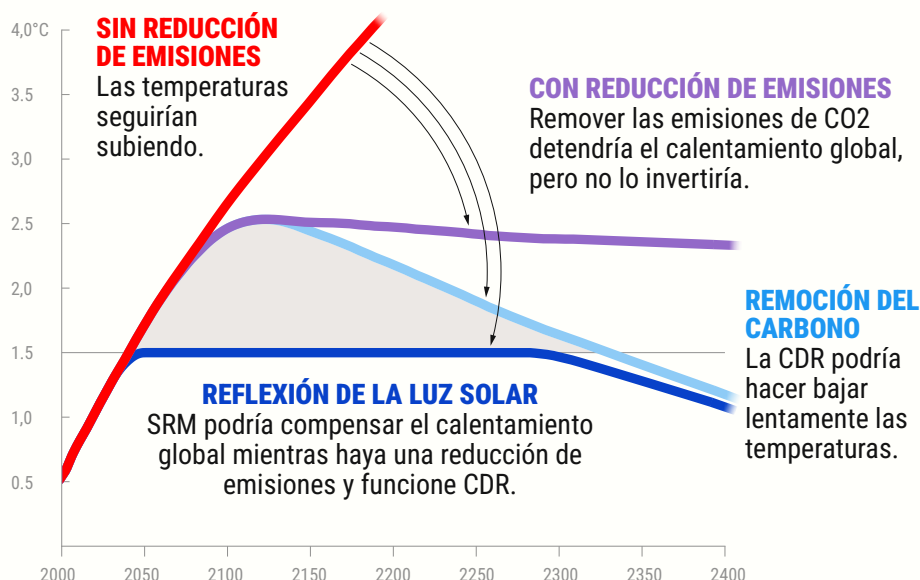
hoy y se intensificarán en las próximas décadas. De hecho, las medidas adoptadas en los últimos años para reducir la contaminación atmosférica nociva también están contribuyendo al calentamiento global. Los cambios en la reflectividad del planeta, desde el deshielo marino hasta la evolución de los patrones de nubosidad, también están contribuyendo al aumento de las temperaturas.

Por eso, cada vez son más los científicos y responsables políticos que se preguntan sobre si existen métodos adicionales que el mundo podría utilizar para reducir los efectos del cambio climático mientras se reducen las emisiones.

REDUCCIÓN DE EMISIONES, ELIMINACIÓN DE CARBONO Y SRM

La remoción de dióxido de carbono (CDR) aborda la causa fundamental del cambio climático, y los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) podrían limitar el calentamiento mientras sean eficaces.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA MUNDIAL



Fuente: basada en Boselius et al. (2025), Oxford Open Climate Change

MÁS INFORMACIÓN

[Cada tonelada de CO2 contribuye al calentamiento global](#)

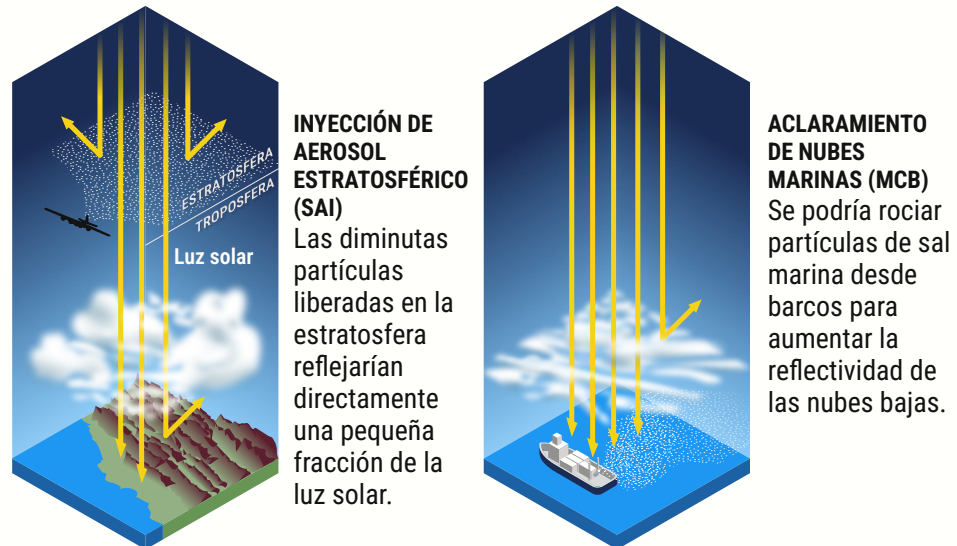
SRM no puede resolver el cambio climático, pero ¿podría ayudar?

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) —también conocidos como geoingeniería solar o modificación de la radiación solar— describen un conjunto de ideas destinadas a reflejar una pequeña parte de la luz solar entrante para reducir la temperatura global. †Estas técnicas se diferencian de la modificación meteorológica, que es una tecnología localizada destinada a alterar ligeramente la cantidad de lluvia o nieve que cae de las nubes.

SRM aborda diversos enfoques, siendo dos de ellos los más destacados. Un enfoque consistiría en introducir una capa de diminutas partículas reflectantes en la atmósfera superior; mientras que el otro se centraría en incrementar la reflectividad de las nubes oceánicas.

MÉTODOS DE REFLEXIÓN DE LA LUZ SOLAR

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) son planteamientos hipotéticos para reducir la temperatura global aumentando la cantidad de luz solar reflejada al espacio.



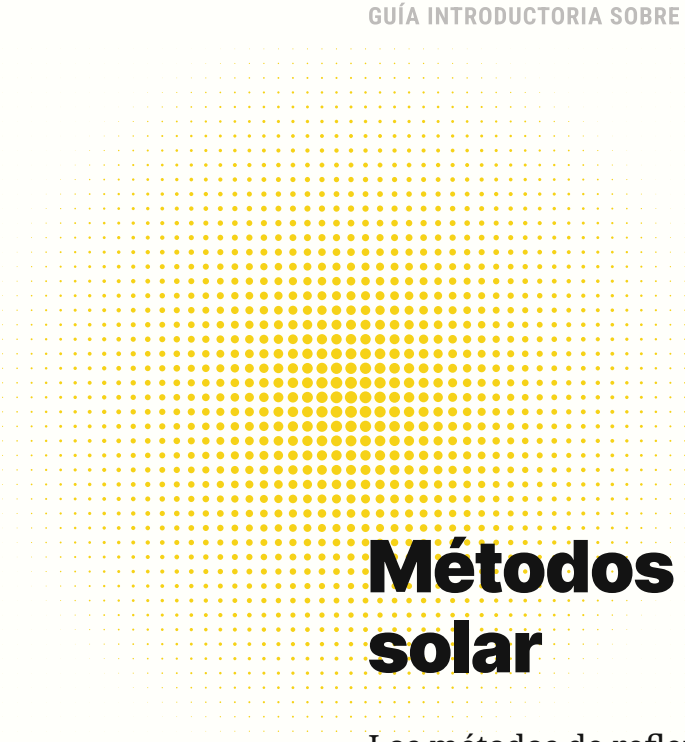
Fuente: SRM360.org

Aunque ninguno de estos planteamientos constituiría una solución definitiva al cambio climático, los científicos están analizando si podrían mitigar algunos de los riesgos derivados del calentamiento global, mientras se trabaja en las causas subyacentes.

Actualmente, no se está aplicando ninguna de estas ideas, pero científicos de todo el mundo las están investigando y ya se han realizado a pequeña escala algunos experimentos de campo. En los últimos años, con el incremento, e incluso, la aceleración del calentamiento, y sin que disminuyan las emisiones tan rápidamente como sería necesario, SRM ha suscitado un interés cada vez mayor. Esto incluye a países, organizaciones no gubernamentales y otros grupos que participan en SRM, desde peticiones para incrementar la investigación hasta propuestas de medidas restrictivas.

Dado que SRM modificaría el clima a nivel mundial, sus efectos se sentirían en todo el planeta. Esto plantea varias cuestiones éticas complejas que es necesario debatir. Para fundamentar esos debates, es crucial que se entienda en qué consisten estos enfoques, sus riesgos frente al cambio climático y se consideren los posibles fallos.

Con una comprensión sólida, la comunidad global podrá trabajar hacia una gobernanza más eficiente en SRM, ya sea para restringir estas ideas o para profundizar en su desarrollo.



Métodos de reflexión de la luz solar

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM, por sus siglas en inglés) —también conocidos como geoingeniería solar o modificación de la radiación solar— son un conjunto de ideas concebidas para lograr reflejar una pequeña fracción de la luz solar que recibimos para reducir la temperatura global. Hay varias ideas, entre ellas la inyección de aerosoles en la estratosfera y el blanqueamiento de nubes marinas.

Atrapar el calor y reflejar la luz

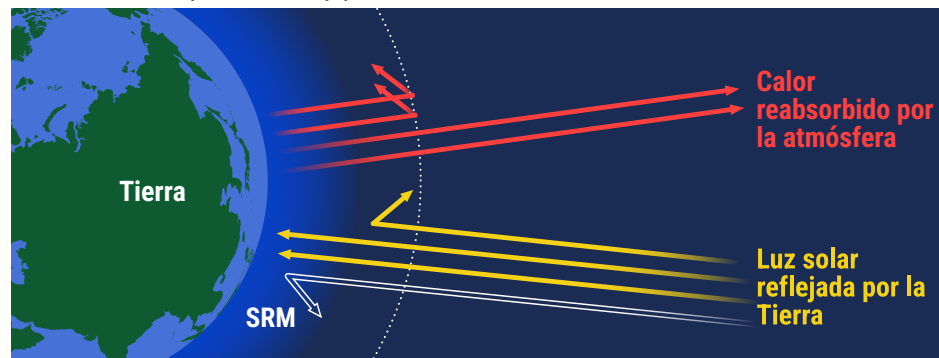
Actualmente, la Tierra refleja alrededor del 30 % de la luz solar que recibe. Si solo se reflejara un 1 % más de luz solar, variaría en torno a 1 °C de calentamiento global, lo cual supondría una gran diferencia. Esta es, a grandes rasgos, la diferencia entre los objetivos climáticos de los países —mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2 °C— y lo que sus políticas actuales parecen indicar que va a ocurrir.

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) —o geoingeniería solar— describen un conjunto de ideas que pretenden modificar ligeramente esa ecuación de reflectividad.

Aunque algunas propuestas pueden parecer ciencia ficción —y ciertamente algunas lo son—, existen dos enfoques que destacan por su factibilidad y efectividad potencial, al basarse en el notable poder de enfriamiento de diminutas partículas conocidas como aerosoles.

EL BALANCE ENERGÉTICO DE LA TIERRA

Cuando la luz solar llega a la Tierra, se refleja en el espacio o se absorbe y reenvía en forma de calor. Las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, atrapan el calor y provocan el calentamiento.



Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) pretenden reflejar parte de la luz solar para compensar el calentamiento.

Fuente: SRM360

MÁS INFORMACIÓN

¿Qué es SRM?

Inyección de aerosol estratosférico (SAI)

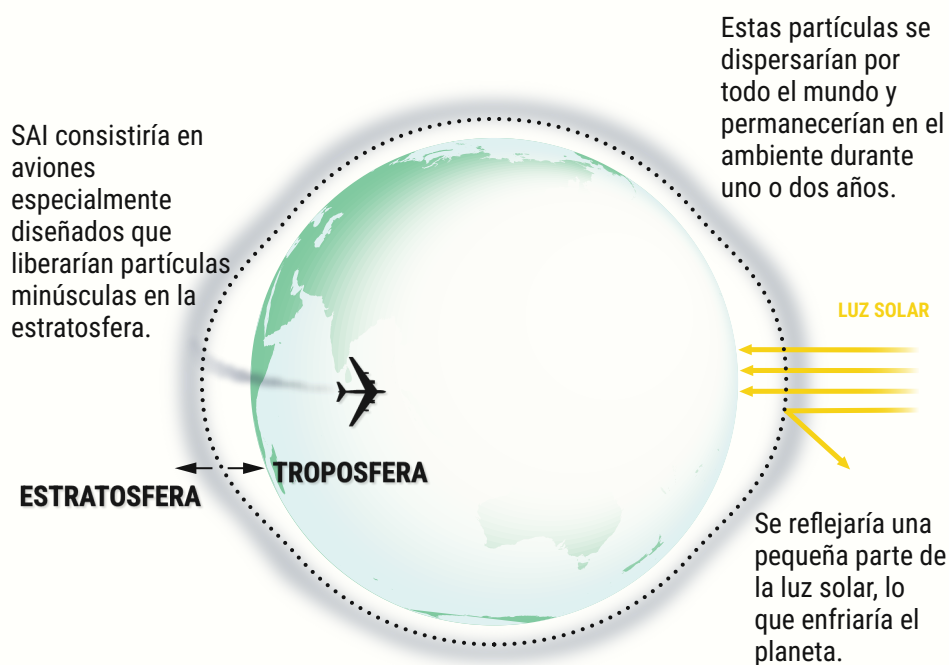
Las grandes erupciones volcánicas, como la del Pinatubo en 1991 y la del Tambora en 1815, lanzaron por encima de la mayoría de las nubes, a la estratosfera, una capa de diminutas partículas reflectantes de sulfato. Estas partículas se extendieron creando una fina capa en toda su extensión que reflejaba una pequeña fracción de la luz solar recibida que enfrió la Tierra durante unos años.

La inyección de aerosol estratosférico (SAI) trataría de imitar este efecto de enfriamiento probado liberando diminutas partículas de aerosol en la estratosfera. Allí, tendrían un efecto de enfriamiento mucho más duradero, y por tanto mucho mayor, que en la baja atmósfera.

Con cientos de aviones especializados que transportan millones de toneladas de sulfato u otras partículas a la estratosfera, la geoingeniería con SAI podría reducir las temperaturas globales en uno o incluso varios grados Celsius. Aunque todavía existen algunas incertidumbres, pocos dudan de que esta técnica podría enfriar significativamente el planeta.

INYECCION DE AEROSOL ESTRATOSFERICO

La inyección de aerosol estratosférico (SAI) es una idea para reducir la temperatura global dispersando diminutas partículas en la alta atmósfera para reflejar una pequeña fracción de la luz solar. SAI es el enfoque más estudiado entre los métodos de reflexión de la luz solar (SRM), y los investigadores están convencidos de que sería técnicamente viable, aunque conllevaría nuevos riesgos y retos.



Fuente: SRM360

Al disminuir la temperatura global, SAI podría reducir muchos riesgos climáticos, aunque no todos. Esto afectaría a los patrones de precipitaciones, provocando en algunos lugares cambios más acusados de lo que cabría esperar, si solo se tuviera en cuenta el cambio climático. Además, tendría algunos efectos secundarios no deseables, como aumentar ligeramente la lluvia ácida, hacer que el cielo se vea un poco más brumoso y retrasar en varias décadas la lenta recuperación del agujero de la capa de ozono.

MÁS INFORMACIÓN

[Inyección de aerosol estratosférico](#)

Aclaramiento de nubes marinas (MCB)

En ciertas zonas del océano se forman “huellas de barcos” cuando los buques contaminantes pasan por debajo de nubes bajas. Las pequeñas partículas contaminantes expulsadas por estos buques funcionan como “semillas” que hacen que se formen nuevas gotas de agua, lo que puede dar lugar a la formación de nuevas nubes o a cambios en las que ya están presentes.

Como resultado de las modificaciones en las normativas de contaminación de los buques en 2020, las huellas de los barcos se han vuelto menos frecuentes, y las nubes oceánicas en las rutas marítimas más transitadas han experimentado

una reducción en su capacidad reflectante. Esta campaña de limpieza podría haber contribuido ligeramente al reciente calentamiento global.

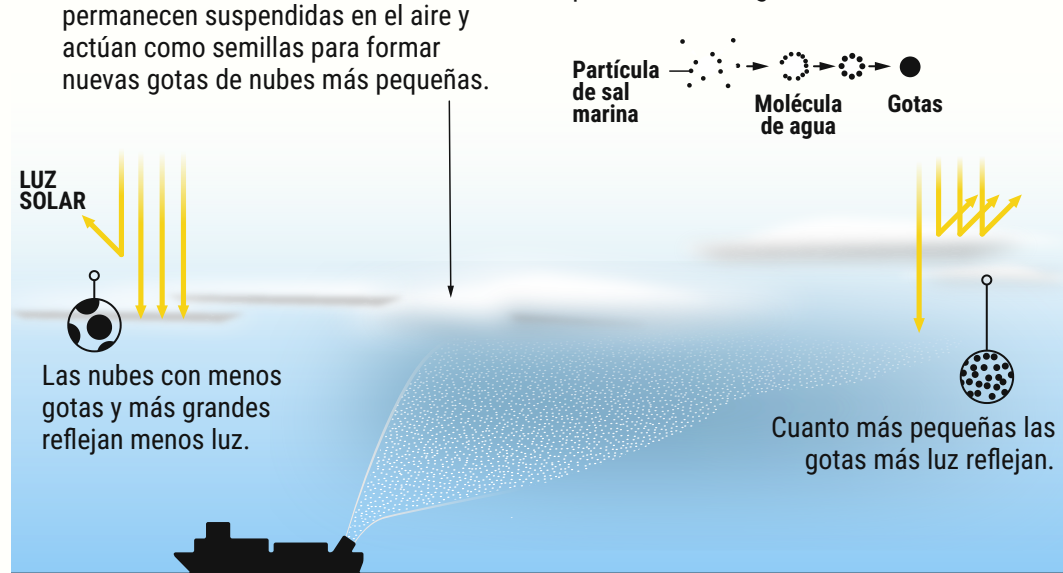
El Aclaramiento de nubes marinas (MCB) es una idea que consiste en conseguir un efecto similar de aclaramiento de las nubes sin los efectos de la contaminación atmosférica, esparciendo partículas de sal marina desde barcos.

ACLARAMIENTO DE NUBES MARINAS

El aclaramiento de nubes marinas (MCB) es una idea para mejorar la reflectividad de las nubes bajas sobre los océanos. El MCB podría generar un notable efecto de enfriamiento a nivel regional; sin embargo, esta refrigeración desigual podría alterar significativamente los patrones globales de precipitaciones.

Los barcos rociarían diminutas partículas de sal marina en las nubes. Estas partículas son tan pequeñas que permanecen suspendidas en el aire y actúan como semillas para formar nuevas gotas de nubes más pequeñas.

Las moléculas de agua se condensan alrededor de la partícula para formar una gota de nube.



Fuente: SRM360.org

Aunque la idea podría funcionar en principio, los ingenieros aún deben crear pulverizadores de sal marina lo suficientemente potentes para que sean útiles en el proceso; y los efectos de las partículas en las nubes siguen sin estar claros. De hecho, estas interacciones entre aerosoles y nubes son una de las mayores incertidumbres de la ciencia climática.

Por esta razón un equipo de Australia lleva desde 2020 realizando experimentos de campo con esta idea, mientras que otros equipos de investigación están trabajando en planes para realizar experimentos de campo propios.

MÁS INFORMACIÓN

Aclaramiento de nubes marinas

Otros métodos de reflexión de la luz solar

Aunque SAI y MCB son las que más atención están recibiendo por parte de los investigadores, existen otras ideas de SRM.

SRM en el espacio consistiría en colocar material entre la Tierra y el Sol para desviar la luz antes de que llegue a la Tierra, aunque su coste sería prohibitivo, al menos durante las próximas décadas.

El objetivo del adelgazamiento de los cirros sería reducir el efecto de retención de calor de los cirros altos y difusos. Añadir el tipo adecuado de partículas podría diluir estas nubes, pero existen profundas incertidumbres sobre su efectividad y viabilidad.

MÉTODOS DE REFLEXIÓN DE LA LUZ SOLAR

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) son planteamientos hipotéticos para reducir la temperatura global aumentando la cantidad de luz solar reflejada al espacio.



El adelgazamiento de las nubes de fase mixta es un concepto similar, aunque se centra en un tipo diferente de nube que se forma a menor altura en la atmósfera y que contiene tanto cristales de hielo como líquido sobreenfriado. La reducción de la densidad de esas nubes, sobre todo en los meses de invierno en los polos, podría permitir que se escapara algo más de calor y contribuir a la regeneración del hielo marino que se está derritiendo.

También hay varias ideas para el brillo de superficies, por ejemplo, desarrollar cultivos ligeramente más reflectantes, construir con materiales más brillantes o aclarar y engrosar el hielo marino. Aunque estas ideas podrían ser útiles para

aliviar los efectos locales, ninguna tiene el alcance necesario para producir un enfriamiento global significativo.

MÁS INFORMACIÓN

[SRM en el espacio](#)

¿Podría SRM contribuir en la lucha contra el cambio climático?

Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es y seguirá siendo la principal estrategia para combatir el cambio climático. La remoción del carbono que ya está en la atmósfera y la adaptación también son fundamentales.

Se está investigando la posibilidad de utilizar SRM como una herramienta adicional junto con otras estrategias, ya que ofrece una manera de reducir las temperaturas y mitigar muchos de los efectos del cambio climático. No obstante, estos métodos conllevarían riesgos e incertidumbres adicionales, y plantearían profundas cuestiones éticas y políticas.

MÁS INFORMACIÓN

[¿Van por buen camino las reducciones de emisiones para evitar efectos catastróficos?](#)

¿Se podrían reducir los riesgos climáticos con SRM?

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) —también conocidos como geoingeniería solar— no serían una solución al cambio climático, sin embargo, podrían ofrecer una nueva y poderosa herramienta para reducir los riesgos climáticos al tiempo que se intensifica la reducción de las emisiones. Sin embargo, estas ideas también conllevarían efectos secundarios y riesgos adicionales. ¿Cómo comparamos los riesgos asociados a SRM con los del cambio climático?

SRM comporta riesgos, pero ¿menos que la alternativa?

El objetivo de los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) —también conocidos como geoingeniería solar— sería enfriar el planeta y reducir los riesgos del cambio climático.

La inyección de aerosol estratosférico (SAI, por sus siglas en inglés) —una idea para añadir diminutas partículas reflectantes en la alta atmósfera— parece ofrecer un medio práctico de reducir las temperaturas globales. Al reflejar alrededor del 1 % de la luz solar que recibimos, podría reducir la temperatura global en aproximadamente 1 °C. Muchos de los riesgos dependerían de los detalles de la aplicación de SAI, como la latitud a la que se inyectan las partículas y el nivel de enfriamiento previsto.

Muchos riesgos climáticos están estrechamente ligados a la temperatura, por lo que la geoingeniería con SAI podría ayudar a reducir muchos impactos climáticos si se aplica cuidadosamente junto con la reducción de emisiones. Sin embargo, no podría contrarrestar todos los efectos del cambio climático y, además, introduciría nuevos riesgos o modificaría la distribución de los mismos.

¿Cómo comparamos los riesgos asociados a SAI con los del cambio climático?

MÁS INFORMACIÓN

Análisis de riesgo-riesgo: contextualización de los riesgos de SRM

La bajada de las temperaturas podría reducir el impacto climático

Distribuyendo estratégicamente las partículas en la atmósfera superior, SAI podría producir un patrón de enfriamiento más o menos uniforme que compensaría el calentamiento provocado por los gases de efecto invernadero en todo el planeta. Esto podría reducir en gran medida muchos de los riesgos del cambio climático.

El aumento de las temperaturas hace que las olas de calor sean más intensas y frecuentes, con importantes repercusiones en los ecosistemas, los cultivos y la salud humana.

El aire más cálido también puede contener más humedad, lo que intensifica las sequías, provoca una mayor evaporación y hace que las precipitaciones sean más extremas, al liberar más agua en períodos cortos de tiempo. Esto afecta a los cultivos, perjudica a las economías y pone en peligro a las personas.

El incremento de las temperaturas contribuye al derretimiento de nieve y hielo, sustituyendo superficies blancas y altamente reflectantes por otras más oscuras, lo que incrementa la absorción de luz solar y, en consecuencia, el calentamiento global. Además, provocan el deshielo y el retroceso de los glaciares, lo que pone en peligro el suministro de agua durante todo el año del que dependen muchas comunidades.

Por estas y otras razones, el descenso de las temperaturas con SAI u otros métodos de SRM podría reducir muchos de los riesgos del cambio climático.

MÁS INFORMACIÓN

¿Podría SAI compensar la pérdida del enfriamiento causada por la reducción de la contaminación atmosférica?

Efectos secundarios y limitaciones

Aunque SAI y otros métodos de SRM podrían enfriar el planeta, ningún método de SRM podría neutralizar todos los efectos del cambio climático.

Específicamente, podrían cambiar los patrones de viento y precipitaciones, con un aumento de las precipitaciones en algunas zonas y una disminución en otras. Esto podría provocar que ciertas regiones sufran impactos más severos en sus recursos hídricos que los esperados únicamente por el calentamiento global.

El aclaramiento de nubes marinas —un método que aumentaría la reflectividad de las nubes en ciertas zonas oceánicas— podría generar un enfriamiento global, aunque de manera desigual. Esta dispersión podría

generar alteraciones más pronunciadas en los patrones de vientos y precipitaciones que las que causaría SAI.

Ninguna estrategia de SRM resolvería el problema fundamental del cambio climático, el exceso de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esto significa que SRM no puede hacer frente a la acidificación de los océanos, la cual se debe a que el océano absorbe dióxido de carbono, lo cual perjudica a los ecosistemas marinos.

SAI también tendría varios efectos secundarios, pues aumentaría un poco la lluvia ácida y la contaminación atmosférica, además de retrasar la lenta recuperación del agujero en la capa de ozono.

POSIBLES BENEFICIOS Y RIESGOS DE SRM

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) podrían disminuir la temperatura global, reduciendo muchos riesgos, pero introduciendo otros. Algunos ejemplos:

CONDICIONES METEOROLÓGICAS EXTREMAS



Muchos fenómenos meteorológicos extremos serían menos intensos, lo cual incluiría la reducción de las precipitaciones extremas en general.

ALIMENTACIÓN



Al reducir el calentamiento, SRM podría aumentar el rendimiento de los cultivos en general.

AGUA



SRM cambiaría el régimen de lluvias, mejorando la seguridad hídrica en algunas regiones.

SALUD



SRM reduciría el calor extremo y sus efectos sobre la salud, reduciría los cambios en la propagación de enfermedades en general.

ECOSISTEMAS



Unas temperaturas más bajas reducirían el blanqueamiento del coral. Una reducción del cambio climático supondría, en general, un menor número de extinciones.

ECONOMÍA



La reducción del cambio climático podría significar una reducción de los impactos económicos con SRM.

SEGURIDAD



Una menor intensidad de los fenómenos climáticos extremos podría reducir el riesgo de conflictos violentos.

POSIBLES VENTAJAS DE SRM

POSIBLES RIESGOS DE SRM

Con SRM, las sequías pueden ser más intensas en algunas regiones.

Los cambios en las precipitaciones debidos a SRM podrían reducir el rendimiento de los cultivos en algunas regiones.

Estos cambios en el régimen de lluvias podrían empeorar la seguridad hídrica en otras regiones.

SRM podría retrasar la recuperación del agujero en la capa de ozono y aumentar la contaminación atmosférica, con los consiguientes riesgos para la salud.

SRM no solucionaría la acidificación de los océanos, que seguiría amenazando los arrecifes de coral. La reducción del cambio climático podría significar más extinciones en algunas regiones.

La menor disponibilidad de agua en algunas regiones podría tener consecuencias económicas.

Podría haber conflictos sobre el uso de SRM.

Fuente: SRM360.org

MÁS INFORMACIÓN

SRM no puede solucionar la acidificación del océano

¿Qué saben los científicos sobre SRM?

Hasta ahora, lo que los científicos saben sobre SRM se basa principalmente en modelos climáticos, sofisticadas simulaciones por ordenador del sistema terrestre.

Con los mismos modelos utilizados para prever el impacto del calentamiento global, los científicos del clima se preguntan cómo se medirían los riesgos de bajar las temperaturas con SRM frente a los del cambio climático.

Existen muchas incertidumbres, ya que predecir la respuesta de un sistema climático tan complejo es un gran desafío, pero estos modelos se fundamentan en décadas de teorías, observaciones y experimentos de laboratorio.

No es posible "probar" cómo reaccionaría el clima ante SRM mediante experimentos a pequeña escala en el exterior. Sin embargo, este tipo de experimentos pueden arrojar luz sobre procesos clave, lo que permite a los científicos mejorar las previsiones de sus modelos climáticos; ya se han llevado a cabo algunos experimentos a pequeña escala y hay otros previstos. Las observaciones de erupciones volcánicas y otros fenómenos naturales similares también pueden resultar útiles para comprobar en qué medida sus modelos reflejan las respuestas observadas en el mundo real.

MÁS INFORMACIÓN

¿Qué podemos aprender sobre SRM a partir de los modelos climáticos?

Sorpresas desagradables

La introducción de nuevas sustancias en el medio ambiente a menudo trae consigo sorpresas desagradables, como sucedió con los CFC (clorofluorocarbonos), que provocaron daños en la capa de ozono. ¿Debe el mundo esperar sorpresas desagradables si se aplica SRM?

A diferencia de los CFC, los principales métodos de SRM no serían totalmente nuevos. SAI con partículas de sulfato imitaría el efecto de enfriamiento de las grandes erupciones volcánicas, y el aclaramiento de nubes marinas aumentaría la cantidad de sal marina en la baja atmósfera. Existen muchas incertidumbres alrededor de estas ideas, pero dado que no se está introduciendo algo completamente nuevo en el entorno, las posibilidades de que ocurran interacciones físicas realmente sorprendentes son pocas.

Pero, ¿cómo respondería el clima? Las mayores incertidumbres en la climatología se centran en cómo reaccionarán los sistemas clave ante un clima cambiante. ¿Hasta qué punto puede aumentar la temperatura antes de que los corales tropicales o la selva amazónica no puedan soportarlo y empiecen a morir? ¿En qué momento las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida Occidental se desestabilizarían y a qué velocidad podrían derrumbarse? ¿Hasta qué nivel deben subir las temperaturas para que se paralicen corrientes oceánicas clave, como la Circulación de vuelco meridional del Atlántico?

Sin duda, SRM añadiría nuevas incertidumbres, pero también reduciría otras. SRM, al ayudar a frenar el calentamiento global, podría impedir que el clima se desplazara hacia áreas inexploradas, disminuyendo el riesgo de que ocurrieran

"puntos de inflexión", como la pérdida de los corales tropicales o el derretimiento de las capas de hielo.

MÁS INFORMACIÓN

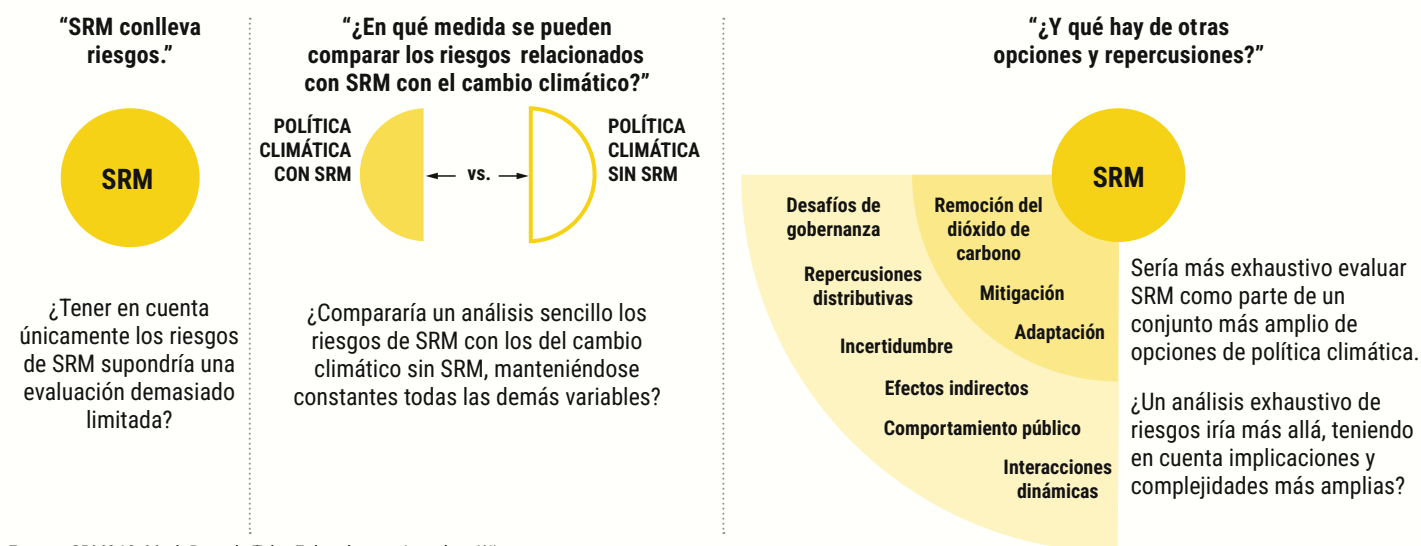
[SRM y corales](#)

Hacia un análisis de riesgo-riesgo de SRM

SRM no es una solución al cambio climático. No solucionaría sus causas profundas, pero podría ayudar si se utilizara junto con la reducción de emisiones y otras políticas.

ANÁLISIS DE RIESGO-RIESGO

La aplicación de métodos de reflexión de la luz solar (SRM) conllevaría ciertos riesgos. Las formas más exhaustivas de análisis de riesgos pueden ofrecer una perspectiva más amplia sobre las opciones políticas disponibles. Un repaso a los tres niveles de análisis de los riesgos relacionados con SRM:



Fuente: SRM360, Mark Borsuk, Tyler Felgenhauer, Jonathan Wiener

SRM plantea muchos riesgos, pero también podría reducir en gran medida los riesgos del cambio climático. Para saber si SRM puede desempeñar un papel útil junto a la reducción de emisiones, será necesario un cuidadoso análisis de riesgos, en el que se comparen los riesgos de SRM con los del cambio climático.

Pero los riesgos de SRM no son invariables y variaría según las personas y los lugares; dependerían de cómo se aplicara y de la respuesta del mundo ante su uso. Por ejemplo, SRM podría avivar las tensiones internacionales o poner en peligro los avances en la reducción de emisiones. Si bien la aplicación de SRM podría reducir los riesgos si se aplica con cuidado, su uso irresponsable o una mala gestión podrían resultar dañinos a largo plazo.

MÁS INFORMACIÓN

[Análisis de riesgo-riesgo y SRM: superar los malentendidos](#)

¿Qué podría fallar en la aplicación de SRM?

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) —también conocidos como geoingeniería solar— podrían ayudar si se utilizan como complemento de otras políticas climáticas. Sin embargo, podrían reducir los recortes de emisiones, fracasar en algún momento o perturbar las relaciones internacionales. La reducción de estos riesgos será un reto clave de la gobernanza de SRM.

SRM podría ayudar si se utiliza con prudencia, pero esa es una gran incógnita

Muchos de los riesgos del cambio climático se deben al aumento de las temperaturas, y los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) —o geoingeniería solar— podrían reducir en gran medida esos riesgos si se utilizan sabiamente como complemento de otras políticas climáticas. Pero eso es una gran incógnita.

La respuesta mundial al cambio climático dista mucho de ser perfecta. Muchos países avanzan a paso lento en la reducción de emisiones, y algunos minimizan o incluso niegan la realidad del cambio climático.

Además, las tensiones geopolíticas son significativas, y las instituciones internacionales tienen dificultades para lograr que los países cooperen.

Existen diversas formas en las que SRM podría salir mal si no se gestionara adecuadamente.

MÁS INFORMACIÓN

[Geopolítica de SRM](#)

¿Podría SRM obstaculizar la reducción de emisiones?

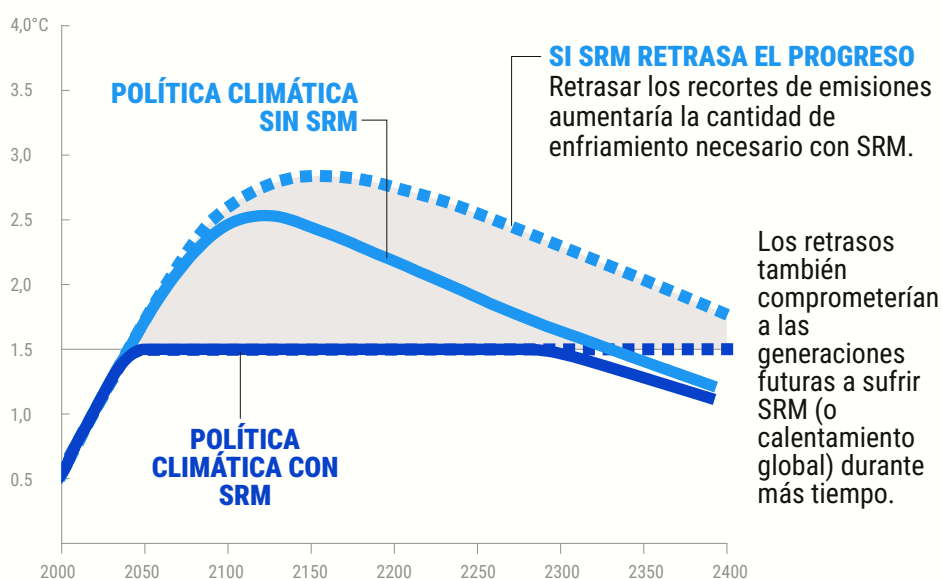
Muchos expertos temen que SRM pueda obstaculizar la crucial labor de la reducción de emisiones. Les preocupa que pueda utilizarse como excusa para retrasar la acción climática y seguir quemando combustibles fósiles. Es una inquietud de gran calado.

Confiar únicamente en SRM para enfriar el planeta, en lugar de reducir emisiones, no resolvería la crisis climática. Se necesitarían cantidades cada vez mayores de SRM, con riesgos y efectos secundarios cada vez mayores. La acidificación del océano no se resolvería y seguiría empeorando. Esto dejaría a las generaciones futuras con una deuda de carbono cada vez mayor que sería muy difícil de saldar.

¿PODRÍA SRM OBSTACULIZAR LA REDUCCIÓN DE EMISIONES?

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) podrían enfriar el planeta, pero se teme que podrían retrasar los avances en la reducción de emisiones y la eliminación del carbono.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA MUNDIAL



Fuente: basada en Boselius et al. (2025), Oxford Open Climate Change

Aunque SRM podría ayudar a reducir algunos riesgos, no solucionaría la causa subyacente: la acumulación de dióxido de carbono y gases de efecto invernadero. La única forma sostenible de impedir que el cambio climático empeore es eliminar las emisiones de dióxido de carbono, y la única forma sostenible de hacer descender las temperaturas globales es remover el dióxido de carbono de la atmósfera.

Postergar la reducción de emisiones y la remoción del dióxido de carbono comprometería la efectividad de SRM y generaría otros riesgos, dejando a las futuras generaciones la carga de manejar un legado de carbono durante más tiempo.

Impacto de terminación: ¿qué pasaría si se detuviera el enfriamiento?

Todos los métodos SRM solo proporcionan un enfriamiento temporal. Si se detuvieran, el calentamiento que estuvieran mitigando volvería rápidamente.

Si el efecto de enfriamiento fuera lo suficientemente grande, este "impacto de terminación" podría ser devastador. El clima se calentaría a un ritmo más rápido de lo que lo habría hecho sin SRM, dando a las sociedades y a los ecosistemas menos tiempo para adaptarse.

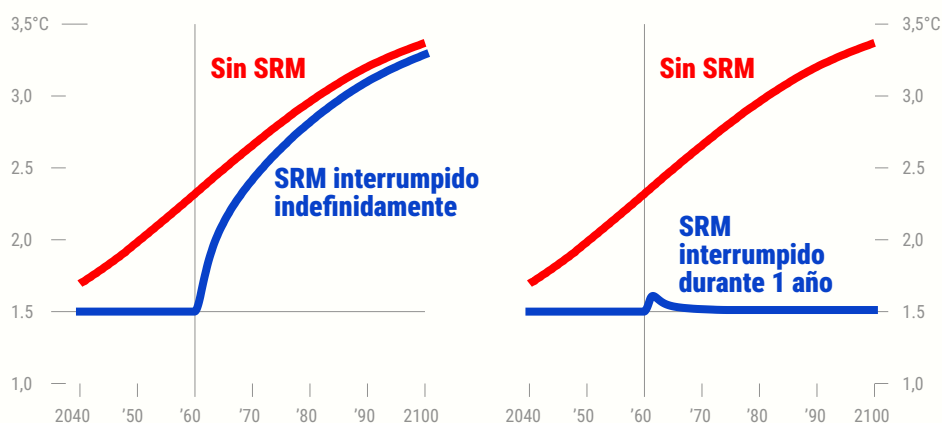
IMPACTO DE TERMINACIÓN

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) solo proporcionan un efecto de enfriamiento temporal, que tendría que mantenerse durante décadas para contrarrestar el calentamiento global.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA MUNDIAL

Si la aplicación de SRM se detuviera de forma repentina y permanente, las temperaturas aumentarían rápidamente en lo que se denomina "impacto de terminación".

Pero, si la aplicación se reanudara en pocos meses, podría evitarse este rápido calentamiento.



Fuente: se basa en los resultados de Farley et al. (2024), Environmental Research Climate

Si se aplicara SRM a gran escala, el mundo tendría que tener mucho cuidado para mantenerla y restaurarla si alguna vez se interrumpiera. Al igual que Internet o las redes eléctricas, de las que ahora dependen las sociedades, SRM se convertiría en una de las infraestructuras más críticas del mundo.

MÁS INFORMACIÓN

¿Qué es el impacto de terminación?

¿Quién controlaría el termostato?

Uno de los aspectos preocupantes de SRM es que el poder de alterar el clima podría estar en manos de un solo país poderoso. Aunque parece que SRM no podría utilizarse como arma climática, podría aplicarse con motivos egoístas en lugar de hacerlo para promover el bien público mundial.

Cualquier decisión de aplicar SRM implicaría elecciones difíciles. ¿Cuánto debería enfriarse el planeta? – ¿Hay que frenar el calentamiento global, detenerlo por completo o invertirlo? ¿Y qué zonas deberían enfriarse más? – ¿Deberían enfriarse más los polos que los trópicos, o al revés?

No hay respuestas correctas a estas preguntas. Cualquier aplicación de SRM acarrearía diferentes riesgos en todo el mundo, lo que significa que los países podrían tener puntos de vista muy diferentes sobre cómo, o incluso si, debería aplicarse SRM.

MÁS INFORMACIÓN

Aplicación unilateral: ¿Podría un solo país cambiar el clima mundial?

Atribución de culpas y riesgo de conflicto

Atribuir los efectos de la aplicación de SRM sería difícil —especialmente en los primeros años— y podría dar lugar a acusaciones de daños e incluso a conflictos. ¿Qué pasaría si un país sufriera una sequía sin precedentes poco después de comenzar su aplicación? Independientemente de si esta fuera un efecto secundario de la aplicación, o su hubiera sido peor sin SRM, el país afectado podría culpar a SRM de esta sequía.

Los efectos desiguales que probablemente provocaría SRM —un descenso general de la temperatura media mundial, pero con variaciones regionales en las precipitaciones— podrían dar lugar a ese tipo de acusaciones. Los países que se considerasen perjudicados por SRM —con razón o sin ella— podrían verse obligados a responder con sanciones u otras medidas que podrían desencadenar un conflicto.

Sin una sólida comprensión científica de los efectos de SRM y un mecanismo fiable para resolver disputas, la posibilidad de malentendidos y conflictos sería elevada.

MÁS INFORMACIÓN

¿Sabrán los científicos si SRM provoca fenómenos meteorológicos extremos?

Necesidad de evaluación y gobernanza

Bien utilizada, SRM puede ser un medio eficaz de reducir los riesgos del cambio climático mientras se aplican otras políticas climáticas. Sin embargo, si obstaculiza esos otros esfuerzos o aumenta las tensiones internacionales, podría conducir al desastre.

Para entender sus opciones, los responsables políticos tendrán que sopesar todos los riesgos de SRM frente a todos los riesgos del cambio climático sin ella, y comprender cómo se desarrollaría este equilibrio en las distintas regiones. Estas evaluaciones de riesgos serán un componente esencial de la buena gobernanza, pero no bastarán por sí solas.

Una buena gobernanza podría ayudar a garantizar que esta tecnología se estudiara y desarrollara de forma responsable y a reducir los riesgos de que se utilizara de forma indebida, obstaculizara la reducción de emisiones o aumentara las tensiones internacionales.

MÁS INFORMACIÓN

[Gobernanza de SRM con Cynthia Scharf](#)



¿Cómo debe gobernarse SRM?

Los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) —también conocidos como geoingeniería solar— afectarían a todo el mundo. Responder a las cuestiones sociales, políticas y económicas que plantea SRM podría resultar incluso más complicado que hacer frente a sus repercusiones físicas. A medida que los riesgos climáticos siguen aumentando y se presta cada vez más atención a SRM, también se intensifican los debates sobre las normas y los marcos normativos que podrían ser necesarios.

El panorama en expansión de SRM

A medida que el planeta sigue calentándose, se presta cada vez más atención a los métodos de reflexión de la luz solar (SRM) o geoingeniería solar. Esta atención se ha traducido en un aumento de la investigación y el debate, así como en un incremento de la financiación y en un número cada vez mayor de experimentos al aire libre.

La evaluación científica y la financiación de la investigación desempeñarán un papel fundamental de apoyo en la gobernanza de SRM. Las principales academias científicas de varios países, entre ellas la Royal Society del Reino Unido, así como organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, han llevado a cabo evaluaciones de SRM, basándose en las investigaciones realizadas en este ámbito.

La investigación sobre SRM ha sido financiada en su mayor parte por gobiernos, sobre todo del Norte Global, y por organizaciones filantrópicas, principalmente de EE. UU. Estas últimas han sido la principal fuente de financiación para la investigación en el Sur Global, gran parte de la cual se distribuye a través de Degrees Initiative. La participación del Sur Global sigue

siendo relativamente limitada, lo que plantea cuestiones de justicia, dado el elevado grado de vulnerabilidad de esos países al cambio climático y, potencialmente, a las intervenciones climáticas.

Además, Stardust Solutions, una empresa con ánimo de lucro, se ha incorporado recientemente a este sector. Ha recaudado decenas de millones de dólares en financiación y ha suscitado importantes críticas entre los expertos.

Dado el creciente interés y la creciente actividad, las cuestiones relativas a cómo regular SRM cobran cada vez más importancia. Teniendo en cuenta que actualmente la atención se centra en la investigación sobre modelos informáticos, pasando por los experimentos al aire libre y, finalmente, su posible aplicación, ¿qué medidas se están tomando para orientar y regular SRM, y qué forma podría adoptar esto en el futuro?

MÁS INFORMACIÓN

¿Cómo debería regularse la investigación sobre geoingeniería solar?

Derecho internacional y SRM

En la actualidad no existe un marco de gobernanza internacional global para SRM, aunque sí una serie de acuerdos y organizaciones que abordan cuestiones relacionadas.

SRM no está prohibido de forma absoluta según el derecho internacional. Sin embargo, el tratado ENMOD de 1977 prohíbe el uso hostil de la modificación del medio ambiente sin restringir los usos pacíficos. El Convenio sobre la Diversidad Biológica también ha adoptado decisiones en las que se insta a los países a evitar el uso de SRM que pueda resultar perjudicial, pero estas no son jurídicamente vinculantes.

También existen obligaciones jurídicas relevantes derivadas de lo que se conoce como derecho internacional consuetudinario, como la “norma de no causar daño”, que exige a los países que adopten medidas para reducir los daños medioambientales significativos causados a otros países. Aunque el derecho internacional consuetudinario podría plantear obstáculos jurídicos a SRM, ello no equivale a una prohibición absoluta.

Aunque a nivel internacional no se han establecido normas exhaustivas sobre SRM, cada vez es mayor el interés por esta cuestión en las organizaciones intergubernamentales, así como en los organismos regionales.

MÁS INFORMACIÓN

¿Prohíbe el Derecho Internacional SRM?

¿Cómo deberían regularse los experimentos al aire libre?

A falta de una gobernanza internacional de carácter descendente, los investigadores y sus financiadores han desarrollado sus propios enfoques para la gobernanza de la investigación sobre SRM. La mayor parte de la investigación sobre SRM, como la modelización por ordenador o los estudios sobre la percepción pública, se lleva a cabo sin intervenir en el medio ambiente; los experimentos al aire libre han resultado más polémicos, y algunos se han cancelado tras una fuerte oposición.

Los esfuerzos académicos por definir un enfoque de gobernanza responsable para los experimentos al aire libre han dado lugar a un conjunto de principios en líneas generales similares, cuyos puntos clave incluyen:

- Gestionar el riesgo y la incertidumbre: mediante evaluaciones de riesgos, medidas para minimizarlos, seguimiento y medidas para hacer frente a posibles daños.
- Fomentar la integridad en la investigación mediante la transparencia, la revisión por pares de los trabajos de investigación, la publicación abierta de los resultados y la limitación del impacto de los intereses comerciales.
- Garantizar la participación ciudadana, mediante actividades de divulgación y colaboración con la ciudadanía, incluidos los colectivos vulnerables y los pueblos indígenas.

La puesta en práctica de estos principios de gobernanza plantearía varios retos. Por ejemplo, ¿qué se consideraría una participación ciudadana suficiente? También hay cuestiones relacionadas con las definiciones: ¿qué se considera un experimento de SRM al aire libre y cómo se distinguen estos de otros experimentos atmosféricos al aire libre?

MÁS INFORMACIÓN

[Experimentos de SRM al aire libre](#)

Opciones de gobernanza a corto plazo

Las opciones de gobernanza a corto plazo podrían adoptar diversas formas a distintos niveles, desde marcos regionales y nacionales hasta iniciativas puestas en marcha a través de organizaciones de la sociedad civil, entidades filantrópicas o el sector privado.

Un informe de investigación parlamentaria del Reino Unido señalaba posibles opciones para mejorar la gobernanza en SRM, entre las que se incluían un mayor diálogo internacional sobre SRM, una mejor supervisión de algunas actividades relacionadas con SRM, una mayor claridad sobre lo que se

considera “investigación sobre SRM” a diferentes escalas y una mayor participación ciudadana.

La gobernanza puede contribuir a orientar el ámbito, estableciendo prioridades e impulsando la investigación, aunque hay quienes prefieren un enfoque más restrictivo.

Cientos de académicos y numerosas organizaciones de la sociedad civil se han sumado a la campaña del “acuerdo de no utilización de la geoingeniería solar”, que va más allá de limitarse a pedir que no se utilice SRM. También pide que no se realicen experimentos al aire libre, que no se financien con fondos públicos, que no se concedan patentes y que no se “normalicen” los métodos SRM en organismos internacionales.

Algunos ministros africanos han manifestado su apoyo a un acuerdo de no uso, pero no a las restricciones más amplias que reclama la campaña a favor de la no utilización. Varios estados de EE. UU. han aprobado en los últimos años leyes que prohíben la geoingeniería solar, la siembra de nubes y otras modificaciones atmosféricas. Líderes europeos también han pedido una moratoria, o prohibición temporal, de la aplicación de SRM, aunque siguen permitiendo experimentos al aire libre a pequeña escala bajo determinadas condiciones.

MÁS INFORMACIÓN

Prohibiciones y moratorias de SRM: Llamamientos para restringir las actividades de geoingeniería solar

Retos de gobernanza a largo plazo

A medida que los efectos del cambio climático se agraven en los próximos años y décadas, aumentarán los incentivos para que un país o una coalición de países desarrolle y, posiblemente, ponga en práctica SRM. Dada la viabilidad técnica de la inyección de aerosol estratosférico (SAI), en teoría podría ponerse en práctica ya en la década de 2030.

Esto plantea importantes cuestiones de gobernanza ahora mismo, antes de que comience cualquier aplicación de este tipo:

- ¿Cómo se sopesarían los riesgos de una aplicación de SRM frente a los riesgos de no aplicarla, a medida que el cambio climático sigue agravándose?
- ¿Cómo se tomarían, concretamente, las decisiones relativas a una aplicación? ¿Qué instituciones, órganos de gobierno y procesos multilaterales participarían?
- ¿Cómo podrían tenerse en cuenta la equidad y la justicia en las decisiones relativas a SRM, dada la gran variabilidad en la vulnerabilidad al cambio climático, así como los posibles efectos negativos de su aplicación?

Si se tomara la decisión de llevar a cabo la aplicación, este plantearía importantes retos políticos y de gobernanza, y hay muchas cuestiones pendientes:

- ¿Podría esto dar lugar a un conflicto entre países? ¿Qué medidas se podrían adoptar para fomentar la confianza y desarrollar enfoques cooperativos en la toma de decisiones sobre SRM?
- ¿Qué implicaría esto para otras iniciativas destinadas a hacer frente al cambio climático? ¿Podría esto socavar los esfuerzos por reducir las emisiones o facilitar la adaptación a los riesgos climáticos?
- ¿Cómo podría influir SRM en los fenómenos meteorológicos extremos? ¿Cómo se podrían tramitar y resolver las reclamaciones por daños derivadas de SRM?
- ¿Y si fallara? ¿Qué se podría hacer para mantener la estabilidad a largo plazo la aplicación de SRM y reducir el riesgo de impacto de terminación?

En la actualidad, diversos actores de muchos países ya están tomando medidas que marcan el rumbo de la evolución de este ámbito. La buena gobernanza de SRM dependerá de la comprensión de los problemas, del seguimiento de los avances en este ámbito y de la consideración de una amplia variedad de perspectivas sobre esta cuestión emergente y compleja.

MÁS INFORMACIÓN

¿Cómo podría desarrollarse la primera década de la geoingeniería solar?

Más productos de SRM360

Esta guía forma parte de los esfuerzos de SRM360 por informar a la población sobre la geoingeniería solar, con el fin de ayudar a orientar las decisiones sobre su investigación, desarrollo y gobernanza. Encuentre más de nuestro trabajo aquí:



Guías informativas

Descubra nuestros documentos breves y accesibles sobre el SRM, así como sobre diversas regiones, ecosistemas y mucho más.



Seguimiento de la financiación

Descubra qué gobiernos, organizaciones filantrópicas y otras entidades están financiando trabajos sobre el SRM, y cuánto están invirtiendo.



Seguimiento de experimentos al aire libre

Conozca los experimentos de campo sobre el SRM que se han realizado, cancelado o previsto para el futuro.



Seguimiento de las prohibiciones en Estados Unidos

Muchas legislaturas estatales de EE. UU. han propuesto proyectos de ley que prohibirían las actividades de SRM – consulte aquí en qué punto se encuentran estas iniciativas.



La historia del SRM

¿Cómo comenzó este campo? Descubra una cronología de la investigación sobre el SRM y su evolución.