

Informe
Conferencia de las Américas sobre la Modificación
de la Radiación Solar: Ciencia, Gobernanza e
Implicaciones para la Región
Universidad de las Indias Occidentales, Kingston,
Jamaica
24-25 de agosto de 2022



THE UNIVERSITY OF THE WEST INDIES
ORIENS EX OCCIDENTE LUX



Ministry of Science,
Energy and Technology

Índice

Presentaciones	3
Día 1	3
Día 2	3
Acrónimos	4
MRS: Modificación de radiación solar	4
Introducción	5
Actas Día Uno	6
Sesión de apertura	6
Primera sesión: Introducción sobre la MRS: Conceptos y definiciones	6
Cambio climático, modificación de la radiación solar y gobernanza: Un reto científico para América, Dr. Paulo Artaxo y Dr. Thelma Krug	6
Segunda sesión: Estado actual de la investigación sobre MRS	9
Reflejar la luz solar, Dr. Douglas MacMartin	9
Estado actual de la investigación sobre MRS, Dra. Kate Ricke	10
Debate en sesión plenaria - Dr. Steven Kendall	12
Tercera sesión: Puntos de vista globales	12
Fomento de la capacidad de los países en desarrollo para evaluar la MRS, Dr. Andy Parker	12
Puntos de vista de la MRS desde Pakistan, Bilal Anwar	13
Panorama de la investigación africana sobre MRS, Dr. Chris Lennard	14
Cuarta sesión: Puntos de vista desde América	15
Conferencia americana sobre la modificación de la radiación solar: Ciencia, gobernanza e implicaciones para la región, Dr. Marcos Regis da Silva	15
Respuesta del clima sudamericano a la modificación de la radiación solar, Dra. Inés Camilloni	16
Debate de clausura del primer día	17
Actas Día Dos	17
Sesión de apertura	17
Quinta sesión: Cómo afecta el cambio climático a los medios de subsistencia de los jamaicanos, Sra. Ashley Codner y Sra. Farrah Murray	18

Sexta sesión: Riesgos de rebasamiento frente a riesgos de la MRS, Dra. Inés Camilloni	19
Debate en sesión plenaria, Sra. Alia Hassan	20
Séptima sesión: Experimentos al aire libre y visión general de SCoPEX	20
Experimentos al aire libre y visión general de SCoPEX, Dr. Frank Keutsch	21
Gobernanza de SCoPEX, Dra. Shuchi Talati	21
Debate en sesión plenaria, Dr. Frank Keutsch y Dra. Shuchi Talati como moderadores	22
Octava sesión: Cómo puede ayudar la MRS: una estrategia climática óptima (si el mundo estuviera gobernado racionalmente), Dr. Ted Parson	22
Debate en sesión plenaria, Sra. Alia Hassan	23
Novena sesión: Política de MRS: evolución en EE.UU., Dra. Shuchi Talati	23
Décima sesión: Fomento de la colaboración regional en la MRS	24
Debate final de la Conferencia: ¿Dónde queremos estar dentro de 10 años y cómo llegar hasta allí?	25
Debate en sesión plenaria	25
Sesión de clausura	26

Presentaciones

Día 1

- [Cambio climático, modificación de la radiación solar y gobernanza: Un reto científico para América - Dra. Thelma Krug y Dr. Paulo Artaxo](#)
- [Reflejar la luz solar - Dr. Douglas MacMartin](#)
- [Estado actual de la investigación sobre MRS - Dra. Kate Ricke](#)
- [Estado actual de la investigación sobre MRS - Dr. Steven Kendall](#)
- [Fomento de la capacidad de los países en desarrollo para evaluar la MRS - Andy Parker](#)
- [Panorama de la investigación africana sobre MRS - Dra. Chris Lennard](#)
- [Conferencia americana sobre la modificación de la radiación solar: Ciencia, gobernanza e implicaciones para la región - Dr. Marcos Regis da Silva](#)
- [Respuesta del clima sudamericano a la modificación de la radiación solar - Inés Camilloni](#)

Día 2

- [Cómo afecta el cambio climático a los medios de subsistencia de los jamaicanos - Sra. Ashley Codner y Sra. Farrah Murray](#)
- [Utilización de un marco riesgo-riesgo para orientar la investigación y apoyar la toma de decisiones sobre el uso o no uso de la modificación de la radiación solar - Dra. Inés Camilloni](#)
- [Experimentos al aire libre y visión general de SCoPEX - Dr. Frank Keutsch](#)
- [Conferencia sobre la gobernanza de la MRS - Dr. Ted Parson](#)
- [Gobernanza del SCoPEX y evolución de la política estadounidense - Dr. Shuchi Talati](#)

Acrónimos

C2G: Carnegie Climate Governance Initiative

RDC: Remoción de dióxido de carbono

CO₂: Dioxido de carbono

DOE: Departamento de Energía de Estados Unidos

DMF: Degrees Modelling Fund

PIB: Producto interior bruto

GEI: Gases de efecto invernadero

IAI: Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

MCB: Brillo de las nubes marinas

NGO: Organización no gubernamental

NOAA: Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, Departamento de Comercio de Estados Unidos

NSF: Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation), Estados Unidos

OSTP: Oficina de Política de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos (Office of Science and Technology Policy)

SAI: Inyección de aerosol estratosférico

SCoPeX: Experimento de perturbación controlada de la estratosfera

MRS: Modificación de radiación solar

STeP: Science Technology Policy Fellow

TWAS: Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo

UWI- Universidad de Indias Occidentales

Introducción

Este documento ha sido elaborado por la Degrees Initiative, la Carnegie Climate Governance Initiative (C2G) y la Dirección del IAI en colaboración con los coorganizadores de la reunión.

La *Conferencia de las Américas sobre Modificación de la Radiación Solar: Ciencia, Gobernanza e Implicaciones para la Región*, se celebró del 24 al 25 de agosto de 2022 en la Universidad de las Indias Occidentales, en Kingston, Jamaica.

La reunión fue acogida por el Gobierno de Jamaica y organizada conjuntamente por la Carnegie Climate Governance Initiative del Carnegie Council for Ethics in International Affairs (C2G), la Degrees Initiative (antes denominada SRM Governance Initiative), el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) y la Universidad de las Indias Occidentales (UWI), con el apoyo de la Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de Estados Unidos (NASEM).

Los objetivos de la reunión eran introducir el concepto de Modificación de la Radiación Solar (MRS), presentar la ciencia actual y posible, incluso la investigación en las Américas, ofrecer puntos de vista de otras regiones y describir los esfuerzos para establecer una gobernanza a nivel internacional. Los organizadores de la reunión subrayaron que mantenían opiniones neutrales sobre si la MRS debería utilizarse alguna vez y cómo debería gobernarse, y compartían la creencia de que es necesario un debate más amplio e inclusivo en la región.

En consecuencia, la reunión no presentará recomendaciones políticas a las Partes.

La reunión fue presidida por el Dr. David Smith, Coordinador del Instituto para el Desarrollo Sostenible de la Universidad de las Indias Occidentales y miembro del Comité Asesor Científico-Político del IAI.

Participantes

Asistieron a la reunión las siguientes Partes del IAI: Brasil, Canadá (por videoconferencia), Chile, Colombia, Guatemala, Jamaica, Panamá, Perú, República Dominicana y Uruguay.

La lista de participantes en la reunión puede consultarse [aquí](#).

La Conferencia proporcionó servicios de interpretación simultánea en español e inglés. Además, el programa está disponible en dos idiomas: Anexo 1 (inglés) y Anexo 2 (español). Todo el material de las presentaciones está disponibles en el [sitio web de IAI](#).

Actas Día Uno

Sesión de apertura

La sesión de apertura corrió a cargo del Dr. David Smith, Director del Centro de Gestión Medioambiental, quien presentó al Excmo. Sr. Daryl Vaz, Ministro de Ciencia, Energía y Tecnología, al Excmo. Sr. Lasford Douglas, Embajador de Panamá en Jamaica, y al Profesor Aldrie Henry-Lee, Vicerrector de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad de las Indias Occidentales.

El Honorable Daryl Vaz, Ministro de Ciencia, Energía y Tecnología, inauguró la reunión y, en su discurso, agradeció a los participantes su participación. Subrayó la necesidad de la cooperación multilateral para hacer frente a los retos relacionados con el cambio climático y su impacto en los pequeños Estados insulares en desarrollo. Prosiguió señalando que las nociones preconcebidas deben dejarse de lado en los debates relacionados con la modificación de la radiación solar (MRS). Concluyó deseando a los participantes una reunión fructífera.

H. E. Lasford Douglas, Embajador de Panamá en Jamaica, agradeció a los organizadores la invitación para intervenir en la reunión. Habló de la necesidad de una mayor colaboración regional, sobre todo teniendo en cuenta los retos que plantea el cambio climático. Subrayó la necesidad de un mayor debate a nivel regional sobre los posibles beneficios y peligros de los MRS. Por último, dio las gracias a la Universidad de las Indias Occidentales por su calurosa acogida.

El Profesor Aldrie Henry-Lee, Vicerrector de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad de las Indias Occidentales, dio las gracias a los organizadores y participantes y destacó la importancia de la reunión. Habló de la urgencia de la investigación relacionada con el cambio climático y de la necesidad de comprender los problemas que subyacen a la gestión del riesgo de desastres.

presentó a los miembros del comité y a los principales organizadores del acto: El Director Ejecutivo del IAI, Dr. Marcos Regis da Silva, Dr. Andy Parker, Director General de la Degrees Initiative y Alia Hassan, Responsable de Divulgación de Carnegie Climate Governance Initiative (C2G). A continuación, se invitó a todos los participantes en la conferencia a presentarse por su nombre, organización y país.

Primera sesión: Introducción sobre la MRS: Conceptos y definiciones

Cambio climático, modificación de la radiación solar y gobernanza: Un reto científico para América, Dr. Paulo Artaxo y Dr. Thelma Krug

Durante la primera sesión de la reunión, el Dr. Paulo Artaxo, Profesor de Física Aplicada de la Universidad de São Paulo, presentó el contexto actual de la situación climática mundial.

Comenzó destacando que los estudios modernos en el campo de la SRM son mínimos. Afirmó que la ciencia debería centrarse en las cuestiones más cruciales relativas a los efectos secundarios posibles e imprevistos. A continuación, el Dr. Artaxo expuso brevemente la historia de la inclusión de la MRS en el debate sobre el cambio climático, destacando el papel del [informe AR6 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático \(Intergovernmental Panel on Climate Change\) \(IPCC\)](#) para aumentar la concienciación mundial sobre el tema.

A continuación, se refirió a las proyecciones futuras y a la influencia humana en el aumento de las emisiones mundiales, destacando cómo el calentamiento por gases de efecto invernadero queda en parte enmascarado por el enfriamiento por aerosoles. Destacó la probabilidad de un escenario futuro de aumento de la temperatura de tres grados. Esto variaría por regiones, pero tendría grandes repercusiones en los ecosistemas y cambios en las precipitaciones, lo que tendría grandes repercusiones en la agricultura. Se han hecho simulaciones de inundaciones en el escenario de tres grados, que muestran una frecuencia 39 veces mayor de fenómenos meteorológicos extremos.

El Dr. Artaxo afirmó que las interacciones físicas entre cuatro de los elementos clave de la inflexión climática ya están sometidas a tensiones en la actualidad debido al calentamiento global antropogénico: Capas de hielo de Groenlandia y la Antártida Occidental, circulación meridional de oscilación del Atlántico y selva amazónica. Concluyó la mitad de su presentación reflexionando sobre la importancia de la reducción de las emisiones de carbono y metano. Es necesario aumentar la urgencia y la acción, y el IPCC debe ser consciente de las opciones disponibles en todos los sectores (energía, uso del suelo, industria, urbanismo, construcción y transporte) que pueden contribuir a reducir las emisiones a la mitad para 2030.

La Dra. Thelma Krug, Vicepresidenta del IPCC, pronunció la segunda parte de la ponencia y se centró en la gestión del riesgo de desastres en los debates actuales sobre el clima y en las conclusiones del informe del IPCC. Afirmó que los investigadores están estudiando opciones deliberadas de intervención climática a gran escala que se estudian como posibles complementos de la mitigación profunda. La MRS no es una opción de mitigación climática, ya que no aborda el problema. Es decir, las opciones de MRS pretenden compensar algunos de los efectos de calentamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la modificación del balance de radiación de onda corta de la Tierra. La MRS contrasta con las actividades de mitigación del cambio climático, como la reducción de emisiones y la remoción de dióxido de carbono (RDC), ya que introduce una "máscara" al problema del cambio climático alterando el balance de radiación de la Tierra, en lugar de intentar abordar la causa raíz del problema, que es el aumento de GEI en la atmósfera. Al enmascarar únicamente los efectos climáticos de las emisiones de GEI, la MRS no aborda otras cuestiones relacionadas con el aumento de la concentración atmosférica de CO₂, como la acidificación de los océanos. A continuación, la Dra. Krug abordó las cuestiones clave presentadas en la primera sesión del orden del día (Anexo 1).

Afirmó que existe un interés creciente por la MRS debido a su potencial para contrarrestar algunos efectos del aumento de los GEI sobre el clima mundial y regional. Sin embargo, aún

no se comprenden del todo los efectos secundarios ni se han investigado a fondo las implicaciones de su aplicación. La MRS se considera controvertida debido a la escasa confianza en nuestra comprensión de la respuesta climática a su aplicación, específicamente a escala regional; los riesgos de una interrupción repentina y sostenida de la MRS en un escenario de altas emisiones como el SSP5-8.5 causarían un rápido cambio climático. Abordó el riesgo de riesgo moral, así como el riesgo de presión política para que se tome una decisión rápida sobre la MRS cuando las implicaciones potenciales aún no están claras.¹

La Dra. Krug explicó que el uso de la gestión del riesgo de cambio climático crearía sus propios riesgos y sólo tendría sentido en un mundo que experimentara o esperara impactos graves e inmediatos del cambio climático. Como tal, la consideración de la MRS tiene lugar en un contexto de riesgo-riesgo (en el que los riesgos de desplegar la MRS se evalúan frente a los riesgos asociados al aumento de las temperaturas). Considerar los impactos de la MRS de forma aislada puede ser engañoso, ya que debe considerarse junto con otras opciones de respuesta climática. A continuación, hizo hincapié en que la evaluación de la MRS debe mejorar nuestra comprensión de los posibles efectos a través de una multitud de parámetros socialmente relevantes, en lugar de uno solo.

A continuación, la Dra. Krug reflexionó sobre el trabajo del IPCC y la MRS. En general, es muy probable que se produzcan cambios bruscos en el ciclo del agua si se inicia o detiene bruscamente la MRS, especialmente en las regiones tropicales.² Hay poca confianza en los beneficios o riesgos previstos para el rendimiento de los cultivos, las economías, la salud humana o los ecosistemas. Se prevén grandes impactos negativos del calentamiento rápido en una terminación repentina y sostenida de la MRS en un escenario de alto nivel de CO₂. La MRS no detendría el aumento de CO₂ en la atmósfera ni reduciría la acidificación oceánica resultante si se mantuvieran las emisiones antropogénicas.

Continuó señalando que la gestión del riesgo de cambio climático es, en el mejor de los casos, un complemento para alcanzar los objetivos climáticos y no puede ser la principal respuesta política al cambio climático. La plausibilidad de la MRS es muy discutida, y no todos los escenarios son igualmente plausibles debido a cuestiones socioeconómicas. En función del enfoque de la simulación de un modelo climático limitado, la MRS puede parecer muy arriesgada o muy beneficiosa.³ La modificación de la radiación solar podría provocar cambios bruscos en el ciclo del agua. El impacto de la MRS es espacialmente heterogéneo, no mitigará totalmente los cambios del ciclo del agua forzados por los gases de efecto invernadero y puede afectar a diferentes regiones de formas potencialmente perturbadoras.

¹ El riesgo moral se produce cuando una parte tiene la oportunidad de asumir riesgos adicionales que pueden afectar negativamente a otras partes. La decisión no se basa en lo que se considera "correcto", sino en lo que proporciona el mayor nivel de beneficio.

² IPCC (2021). Cambio climático 2021: La base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY. WG1 Capítulo 8, sección 8.6.3, página 1151. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1>

³ IPCC (2022). Cambio climático 2022: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge University Press, pf 16-84. Disponible en: www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

A continuación, la Dra. Krug explicó que si se utilizara la MRS para enfriar el planeta, se podría reducir la respiración de las plantas y el suelo, ralentizar la reducción de la absorción de carbono por los océanos debido al calentamiento, mejorar los sumideros globales de CO₂ terrestre y oceánico así como reducir ligeramente la concentración atmosférica de CO₂ en relación con el cambio climático no mitigado. La MRS no detendría la concentración de CO₂ en la atmósfera ni afectaría a la acidificación oceánica resultante si se mantuvieran las emisiones antropogénicas. La Dra. Krug concluyó la presentación conjunta destacando el Sexto informe de evaluación del IPCC WG2, Capítulo 6, páginas 16-84, afirmando que cuanto más intensivo es el despliegue, más riesgos medioambientales potenciales existen, presentando cada escenario diferentes niveles y distribuciones de beneficios, efectos secundarios y riesgos de la MRS.⁴ Si las reducciones de emisiones y la RDC se consideran insuficientes, algunos pueden considerar que la MRS es la única opción que queda para garantizar la consecución del objetivo de temperatura del Acuerdo de París para 2100.

Segunda sesión: Estado actual de la investigación sobre MRS

La segunda sesión se dividió en tres presentaciones relacionadas con el tema del estado actual de la investigación sobre MRS. La primera ponencia corrió a cargo del Dr. Douglas MacMartin, investigador principal de la Escuela Sibley de Ingeniería Mecánica y Aeroespacial de la Universidad de Cornell, y versó sobre el reflejo de la luz solar. La segunda ponencia corrió a cargo de la Dra. Kate Ricke, Profesora Adjunta de Ciencias Climáticas del Instituto Scripps de Oceanografía y de la Escuela de Política y Estrategia Global de la Universidad de California, sobre el "Estado actual de la investigación de la MRS". La tercera ponencia corrió a cargo del Dr. Steven Kendall, Oficial de Programas, Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de EE.UU., quien continuó presentando una visión general de la investigación actual sobre la MRS.

Reflejar la luz solar, Dr. Douglas MacMartin

El Dr. Douglas MacMartin se centró en la modelización terrestre de la MRS. Definió la metodología MRS como una forma de enfriar el planeta reflejando el sol. Hasta la fecha, la estrategia por defecto en materia de cambio climático se ha centrado únicamente en reducir las emisiones de carbono. Si bien esto es esencial, la reducción de emisiones bajo el acuerdo de París es insuficiente y puede llevar a tres grados de calentamiento. Ningún modelo económico actual ofrece soluciones para estabilizarse en dos grados sin cantidades masivas de eliminación de carbono. Debido a la falta de estrategias actuales para reducir significativamente las emisiones de carbono, existen cuatro opciones combinadas: a) aceptar temperaturas más altas, b) recortar las emisiones de forma más agresiva, c) eliminación masiva de CO₂, y d) geoingeniería solar. A continuación, destacó cómo si se desviara el 1% de la luz solar de la superficie terrestre, se compensarían los aumentos de temperatura registrados hasta la fecha.

⁴ Los escenarios son: (1) Mitigación temprana sustancial sin MRS (2) Mitigación más limitada o retrasada con MRS moderada (3) Emisiones no controladas con dependencia total de la MRS (4) MRS heterogénea regionalmente.

Las dos principales estrategias de MRS que se están debatiendo son la inyección de aerosoles estratosféricos (SAI, por sus siglas en inglés) y el blanqueo de las nubes marinas (MCB, por sus siglas en inglés). Cuando se comparan los dos, la SAI se entiende mejor, ya que tiene un claro análogo observacional que proporciona una base para la modelización del clima, mientras que el MCB necesita pequeños experimentos para entender la física subyacente. La SAI es más intrínsecamente global, mientras que el MCB podría aplicarse a escala regional. Además, existen diferentes efectos secundarios potenciales y niveles de aceptación pública.

El Dr. MacMartin afirmó que actualmente no existen modelos estandarizados, pero que los modelos climáticos muestran un mejor control de la temperatura y de los niveles de precipitación con la MRS. Sin embargo, cuando se trata de comprender los efectos sobre los ecosistemas y la agricultura, resulta más difícil de medir y menos seguro. El Dr. MacMartin también destacó que los resultados dependen de la latitud de despliegue, lo que se traducirá en riesgos diferentes, y subrayó que el conjunto de modelos que pueden evaluar las repercusiones regionales es actualmente mínimo.

Actualmente no hay aviones con la tecnología necesaria para el despliegue de la MRS, ya que tendrían que alcanzar una altitud de 70 000 pies, con un coste de decenas de miles de millones al año. Según el Dr. MacMartin, el riesgo de que agentes o gobiernos malintencionados desplieguen la MRS es mínimo porque se calcula que se necesitarían cinco años de planificación para desarrollar una aeronave de este tipo. Recordó a los participantes que la MRS puede tener repercusiones medioambientales, como la pérdida de ozono y la deposición de lluvia ácida, así como riesgos desde una dimensión social. En la actualidad, la investigación es relativamente limitada, la mayor parte de la cual se publica principalmente en países desarrollados, y se investiga por interés académico más que por objetivos orientados a una misión.

Para concluir, el Dr. MacMartin esbozó la dirección que sería más beneficiosa a la hora de avanzar en la investigación de la MRS. Afirmó que es necesario seguir investigando para evaluar los riesgos, desarrollar escenarios y mejorar las proyecciones con el fin de comprender cómo podría ser el despliegue. Todo ello debe integrarse con la dimensión humana y la investigación debe realizarse desde perspectivas globales.

Estado actual de la investigación sobre MRS, Dra. Kate Ricke

A continuación intervino la Dra. Kate Ricke, quien afirmó que la investigación sobre la MRS es un campo nuevo en comparación con la investigación sobre el clima en general, y que la gran mayoría de los trabajos sobre la MRS se han publicado en los últimos diez años. La mayor parte de esta investigación se centra en las ciencias físicas. A continuación, presentó su marco "sándwich" sobre la ciencia de los sistemas terrestres, que comprende la ciencia de los sistemas terrestres en el centro, entre escenarios e hipótesis en la parte superior y evaluación de impacto e interpretaciones en la parte inferior.

El Dr. Ricke continuó afirmando que es el "contexto climático" el que afectará a los resultados de la MRS. Las decisiones sobre el despliegue de MRS las adoptaría una amplia variedad de

actores con diferentes motivaciones y en diferentes condiciones climáticas, geopolíticas y sociales. En este respecto, se han debatido comúnmente al menos tres tipos de escenarios:

1. La "reducción de pico" en la que los esfuerzos de mitigación están teniendo un efecto positivo pero no son suficientes para evitar un "rebasamiento" de los objetivos de temperatura para limitar el aumento de la temperatura media mundial.
2. La reducción de las emisiones y la adaptación a gran escala están en marcha, pero no se confía en la remoción del dióxido de carbono (RDC). En este contexto, se considera que el despliegue de la MRS ralentiza el ritmo de aumento de la temperatura, con el objetivo de garantizar más tiempo para la adaptación (Irvine et al., 2019; Keith and MacMartin, 2015; MacMartin et al., 2014a). Las proyecciones actuales de temperaturas máximas, los impactos esperados y el calendario de adaptación influirían en las consideraciones sobre cómo o si se podría utilizar la MRS.
3. Los esfuerzos para una mitigación, RDC y adaptación significativas han sido insuficientes, y la MRS se considera una respuesta de emergencia para reducir los riesgos causados por la rápida aceleración del aumento de la temperatura. Este escenario se caracteriza por la necesidad de niveles indefinidos y cada vez mayores de MRS, con importantes daños directos no mitigados derivados del aumento de las concentraciones de CO² (por ejemplo, la acidificación de los océanos), y un riesgo creciente de efectos secundarios no deseados derivados de la intensificación del despliegue de la MRS.

Los diferentes contextos y escenarios políticos también influirán en la toma de decisiones. Un ejemplo podría ser la participación de la acción deliberativa a través de un organismo o acuerdo representativo a escala mundial que abordara las preocupaciones sociales y de gobernanza y proporcionara la base más resistente para las actividades de investigación o los despliegues sostenidos. Pero también puede haber escenarios en los que coaliciones regionales o grupos de actores estatales actúen de forma independiente, o incluso escenarios en los que un actor solitario, que tal vez ni siquiera represente a una nación soberana, intente un despliegue unilateral.

A continuación, la Dra. Ricke destacó una serie de cuestiones éticas destacadas que plantea la investigación sobre la MRS: ¿Es moralmente aceptable la manipulación intencionada del clima? ¿Cómo determinar los objetivos de la geoingeniería? ¿Es posible una MRS justa y equitativa? ¿Cómo debe regirse la geoingeniería? ¿Cómo interactuarán la mitigación, la adaptación y la geoingeniería desde una perspectiva ética? A continuación, se refirió a los términos "riesgo moral" y "pendiente resbaladiza", entendiendo por "riesgo moral" la idea de que la MRS podría socavar los esfuerzos de mitigación, y por "pendiente resbaladiza" la suposición de que la investigación conduce a la aceleración de un posible despliegue.

En la actualidad, las evaluaciones formales de MRS que analizan cómo pueden reducirse los impactos climáticos al tiempo que se reducen las temperaturas globales son limitadas. La MRS estudia cómo se reducen los impactos al tiempo que se reducen las temperaturas globales; sin embargo, la ciencia moderna aún no ha obtenido resultados precisos, ya que los modelos de impacto son limitados. Se han realizado menos de diez estudios formales sobre el impacto de la MRS en la agricultura y la salud humana, y todos han obtenido resultados diversos. Las

evaluaciones riesgo-riesgo identificarían los riesgos que plantea el cambio climático sin MRS frente a los riesgos del cambio climático con despliegue de MRS.

La Dra. Kate Rick finalizó su presentación exponiendo las conclusiones del informe Reflejar la luz solar.⁵ Afirmó que los conocimientos científicos actuales sobre la MRS son limitados y carecen de una base de investigación suficiente para fundamentar la toma de decisiones. No existen sistemas coordinados ni de gobernanza. El objetivo de la investigación académica sobre MRS es caracterizar y reducir las incertidumbres y debe ser a la vez transdisciplinar (a través de la investigación física, social y de humanidades) e internacional.

Debate en sesión plenaria - Dr. Steven Kendall

Esta sesión brindó a los participantes la oportunidad de formular nuevas preguntas tanto a la Dra. Ricke como al Dr. MacMartin. A partir de estos debates, ambos ponentes destacaron los riesgos e incertidumbres de la MRS. El Dr. MacMartin se centró en cómo las decisiones sobre despliegue dependerían de lo que ocurriera con el cambio climático, mientras que la Dra. Ricke afirmó la necesidad de ampliar la ciencia del sistema terrestre para tomar mejores decisiones y realizar más evaluaciones de impacto que den mayor legitimidad.

Ambos ponentes hablaron también de la necesidad de que la SAI sea un enfoque global y de que se lleven a cabo más investigaciones sobre los aspectos de gobernanza de la MRS desde diferentes perspectivas, ya que actualmente la mayoría de las investigaciones sobre MRS tienen su origen en Estados Unidos. Compararon la SAI con el MCB, afirmando que el MCB es mucho menos complicado, ya que tiene el potencial de que lo apliquen países individuales. Sin embargo, incluso con enfoques globales puede haber resultados desiguales. La Dra. Ricke dijo que hay muchos factores a tener en cuenta, pero todo el mundo necesita un asiento en la mesa de negociación y los más afectados deben tener una voz más fuerte en la conversación.

Tercera sesión: Puntos de vista globales

En esta sesión se expuso la investigación sobre la MRS en el hemisferio sur. En concreto, la Degrees Initiative, organización que financia a científicos de regiones en desarrollo, así como el Dr. Chris Lennard, de la Universidad de Ciudad del Cabo, y Bilal Anwar- Director del Fondo Nacional de Gestión de Riesgos de Catástrofes de Pakistán.

Fomento de la capacidad de los países en desarrollo para evaluar la MRS, Dr. Andy Parker

El Dr. Parker, de la Degrees Initiative, comenzó su intervención hablando de la gestión del riesgo de desastres como un problema mundial y de cómo los países vulnerables al clima, sobre todo los del Sur, son los más expuestos. A continuación, presentó información sobre su

⁵<https://nap.nationalacademies.org/catalog/25762/reflecting-sunlight-recommendations-for-solar-geoengineering-research-and-research-governance>

organización, Degrees Initiative, que lleva más de una década trabajando en la capacitación de los países en desarrollo para evaluar la MRS. En concreto, expuso cómo construyen conocimientos especializados y crean una comunidad mundial de expertos bien informados para debatir esta controvertida idea. Subrayó su enfoque neutral de la MRS, afirmando que su organización cree que se necesita más investigación para tomar decisiones con conocimiento de causa y un debate global más amplio para que la gente tome decisiones equitativas.

La Degrees Initiative se lanzó en 2010 como Iniciativa para la Gobernanza de la Gestión del Riesgo Climático (SRMGI, por sus siglas en inglés), una respuesta al informe seminal de la Royal Society Geoengineering the Climate y una asociación entre el Fondo de Defensa Medioambiental (EDF, por sus siglas en inglés), la Royal Society y la Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo (TWAS, por sus siglas en inglés). En 2018, el Dr. Parker lanzó el Degrees Modelling Fund (DMF, formalmente conocido como DECIMALS) y es el primer fondo internacional de investigación de MRS del mundo y el primero dirigido exclusivamente a los países en desarrollo. La subvención ha recibido más de 75 solicitudes y una revisión paritaria independiente ha recomendado 11 proyectos. En la actualidad ha financiado investigaciones sobre la MRS en Argentina, Jamaica, Benín, Costa de Marfil, Sudáfrica, Kenia, Irán, Bangladesh, Indonesia y Filipinas. Los equipos tienen independencia para diseñar sus propias preguntas y metodologías de investigación. Trabajan en colaboración entre sí y con un grupo de colaboradores de investigación del hemisferio norte que ofrecen voluntariamente su tiempo para trabajar con los equipos.

El Dr. Parker declaró que la Degrees Initiative se está ampliando actualmente mediante una segunda convocatoria de propuestas de ciencias físicas y el futuro lanzamiento de un programa de investigación de MRS en ciencias sociales.

Puntos de vista de la MRS desde Pakistán, Bilal Anwar

Bilal Anwar, Director General del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Catástrofes de Pakistán, presentó el contexto actual del cambio climático y la comprensión de la MRS en Pakistán. Comenzó su intervención destacando la creación del Fondo Nacional para la Gestión del Riesgo de Catástrofes por parte del gobierno pakistaní, con el fin de invertir en intervenciones para un Pakistán más resistente frente al aumento de las catástrofes naturales derivadas del cambio climático.

El Sr. Anwar declaró a continuación que Pakistán ha experimentado un aumento espectacular de los fenómenos meteorológicos extremos y es muy vulnerable a los monzones y las inundaciones repentinas debido a la proximidad geográfica del Himalaya. Con el aumento de los desastres climáticos en los últimos siete meses, más de la mitad de Pakistán está ahora inundada. Afirmó que la adaptación es el objetivo principal, seguido de los esfuerzos de mitigación. La MRS no se conoce bien y se encuentra en las primeras fases de investigación en el mundo académico. La investigación actual refleja más los debates internacionales que los contextos nacionales.

El Sr. Anwar declaró que la posibilidad de un escenario de rebasamiento refleja la necesidad de que la investigación se facilite tanto en Pakistán como en la región más amplia del sur de Asia, ya que la región se enfrentaría a impactos similares de la MRS. Afirmó que esto refleja una gran necesidad de que la investigación se facilite tanto en Pakistán como en la región más amplia del sur de Asia, ya que se enfrentarían a impactos similares a los de la MRS. El Sr. Anwar concluyó afirmando que es necesario empezar a debatir sobre estas nuevas tecnologías como parte de las estrategias de adaptación, estudiando las prácticas recomendadas de todo el mundo y adaptándolas regionalmente. Hay grandes lagunas en la investigación, el nivel de comprensión en los países está aún en las primeras fases y hay que abordarlas de cara al futuro.

Panorama de la investigación africana sobre MRS, Dr. Chris Lennard

El Dr. Chris Lennard, del Grupo de Análisis de Sistemas Climáticos y profesor de la Universidad de Ciudad del Cabo, presentó una panorámica de la investigación africana sobre la MRS a través de la plataforma de videoconferencia Zoom. El Dr. Lennard comenzó su presentación afirmando que el impacto está en función del riesgo. Reflexionó sobre el Capítulo 9 (África) del Informe del Grupo de Trabajo sobre la Sexta Evaluación del IPCC, en el que se ha añadido un nivel de respuestas al riesgo. Lo que se ha observado en la región africana es un aumento de 1,1 grados de la temperatura media.

Debido al aumento de la temperatura, se produce un aumento de los impactos. África se enfrenta a pérdidas y daños generalizados, como la reducción de la producción de alimentos, la disminución de la producción económica, las pérdidas de biodiversidad y el aumento de las tasas de morbilidad y mortalidad. A esto hay que añadir los impactos previstos: por encima de 1,5 °C el riesgo es alto, lo que supondría grandes pérdidas de cosechas a nivel regional, un aumento de la pobreza y la desigualdad, una mayor exposición a enfermedades y un aumento de las muertes relacionadas con la sequía y el calor. Si las temperaturas suben por encima de 1,5 °C, el riesgo sería muy alto. Esto provocaría una pérdida generalizada del rendimiento de los cultivos, una mortalidad generalizada relacionada con el calor, entre un 7 y un 18 % de especies africanas en peligro de extinción, más de un 30% de disminución del potencial de capturas pesqueras y graves riesgos de malnutrición.

Estos riesgos sugieren que África debe centrarse en la adaptación, pero esto tiene muchas barreras, especialmente en lo que respecta a la financiación y la investigación. A nivel mundial, desde 1990 solo el 3,8 % de la investigación sobre el cambio climático se ha destinado a África, y la mayor parte de la financiación ha ido a parar a la Unión Europea o a los Estados Unidos. El Dr. Lennard afirmó que, gracias a la Degrees Initiative, se pueden realizar más investigaciones sobre las implicaciones de la MRS para la región africana. Gracias a la Degrees Modelling Fund (DMF) se han publicado seis documentos específicos sobre contextos africanos y otros siete se publicarán en el próximo año y medio. En su opinión, es crucial que se produzcan más iniciativas de financiación como ésta, ya que actualmente la financiación es el mayor obstáculo. A nivel interno, los países tienen mayores problemas inmediatos que resolver (por ejemplo, el aumento de las tasas de desempleo). Sin embargo, con nuevas investigaciones habrá una mayor concienciación sobre estas cuestiones en la región.

El Dr. Lennard concluyó su presentación con un turno abierto de preguntas. Entre las preguntas que se le formularon figuraba si había algún tipo de rechazo por parte de los responsables políticos a su enfoque de la MRS. Respondió diciendo que no ha habido ninguna reacción por parte del Gobierno, pero que a medida que el cambio climático adquiera más protagonismo, está dispuesto a contribuir mucho más. Esto llevó a preguntarse sobre la financiación local y si Sudáfrica contribuirá más en el futuro o seguirá dependiendo de ONG como la Degrees Initiative u otros mecanismos de financiación. El Dr. Lennard contestó que actualmente la atención se centra más en la investigación sobre la adaptación que en la intervención climática, pero espera que esto cambie en el futuro.

Cuarta sesión: Puntos de vista desde América

Conferencia americana sobre la modificación de la radiación solar:
Ciencia, gobernanza e implicaciones para la región, Dr. [Marcos Regis da Silva](#)

El Dr. Marcos Regis da Silva, Director Ejecutivo del IAI, inauguró esta sesión. Describió la historia del IAI como una organización de tratado entre 19 gobiernos de las Américas. El propósito del IAI es promover la cooperación regional para la investigación transdisciplinaria sobre aspectos del cambio global relacionados con las ciencias de la tierra, el océano, la atmósfera y el medio ambiente y con las ciencias sociales, con especial atención a los impactos sobre los ecosistemas y la biodiversidad, los impactos socioeconómicos y las tecnologías y aspectos económicos asociados con la mitigación del cambio global y la adaptación al mismo. El *Acuerdo por el que se establece el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global* ordena al IAI funcionar como una organización intergubernamental regional que promueva la investigación científica interdisciplinaria y el desarrollo de capacidades para proporcionar la mejor información científica posible a los responsables políticos para el desarrollo de políticas públicas más eficaces. El objetivo principal de la institución es perseguir los principios de excelencia científica, cooperación internacional y el intercambio pleno y abierto de información científica, relevante para el cambio global.

A continuación, el Dr. Regis da Silva destacó los problemas de los modelos tradicionales de la ciencia a la política. A nivel regional sigue un camino bien definido, los países identifican un problema cuyas soluciones deben provenir de soluciones regionales/internacionales. Sin embargo, este modelo tradicional de la ciencia a la política está sometido a tensiones. En la actualidad existen más de 900 tratados multilaterales y más de 1.500 bilaterales, así como otros acuerdos internacionales sobre cuestiones medioambientales. El Dr. Regis da Silva sugirió que la mayoría de los tratados de gobernanza no han logrado plenamente sus objetivos. A continuación se preguntó qué instrumento internacional sería el más apropiado como acuerdo marco para que las naciones soberanas debatan los retos que plantea la modificación de la radiación solar.

A continuación, el Dr. Regis da Silva continuó describiendo el trabajo del IAI como un mecanismo de colaboración para proporcionar a sus responsables políticos de la región la

mejor información científica disponible para una toma de decisiones más informada. Esto refleja el marco regional de cooperación y éxito que existe en América Latina y el Caribe. El IAI trabaja con los ecosistemas para identificar las prioridades y proporciona el contexto para la ciencia y las actividades. Para que el IAI pueda cumplir su misión, deben darse tres condiciones: financiación de proyectos científicos, un enfoque multinacional de colaboración para identificar e investigar un problema, la participación de los países miembros a través de sus comunidades científicas y la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria.

El Dr. Regis da Silva concluyó reafirmando que América Latina y el Caribe ofrecen una oportunidad única para apoyar proyectos científicos eficaces de colaboración multinacional. Cuenta con una red de homólogos bien establecida y, como región, es singularmente eficaz en la articulación de sus necesidades y en la participación de sus científicos y responsables políticos en los foros internacionales.

Respuesta del clima sudamericano a la modificación de la radiación solar, Dra. Inés Camilloni

La Dra. Inés Camilloni, Profesora Asociada del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de la Universidad de Buenos Aires, fue la siguiente en intervenir. Su ponencia resumió los resultados de su reciente trabajo financiado por DECIMALS sobre la respuesta hidroclimática de Sudamérica a la Modificación de la radiación solar mediante la inyección de aerosoles estratosféricos (SAI) en comparación con un escenario de altas emisiones. Su trabajo analiza los términos de los cambios en la temperatura media y extrema y las precipitaciones, así como la disponibilidad de agua y los extremos hidrológicos en la cuenca del río Plata (CRP), Argentina.

Para desarrollar este trabajo, su equipo de investigación utilizó GLENS: Modelo Comunitario del Sistema Tierra CESM1. Las simulaciones consisten en un SAI simultáneo utilizando dióxido de azufre en cuatro niveles: Histórico (1980-2010); Control RCP8.5 (escenarios de altas emisiones); Retroalimentación (SAI) y Futuro. Los datos mostraron cómo se mantendrá la temperatura utilizando la MRS durante los próximos 30 años. Con unas emisiones elevadas de dióxido de carbono que perfilan un patrón simétrico de la lluvia, los datos ponen de relieve dónde aumentará y disminuirá la lluvia. En este escenario de altas emisiones, podemos comparar las distintas zonas con diferentes escenarios. Para las simulaciones hidrológicas del estudio, la Dra. Camilloni y su equipo utilizaron VIC: Modelo de capacidad de infiltración variable, que procede de EE.UU. y se basa en datos meteorológicos. Utilizaron información sobre los tipos de suelo y vegetación, utilizando 4 grados de latitud y 4 grados de longitud. A continuación evaluaron los caudales de los ríos Uruguay, Paraná, Iguazú y Paraguay, observando los cambios que se proyectaban.

En general, la Dra. Camilloni descubrió que, en relación con las condiciones históricas (1980-2010), la SAI puede compensar el aumento previsto de la magnitud de las temperaturas medias y extremas. El efecto refrigerante de la SAI no es espacialmente homogéneo. La respuesta de la SAI sobre las precipitaciones no es uniforme, con (por ejemplo) un aumento en el sector septentrional de la CRP y una reducción hacia el sur. Se prevé que las

precipitaciones extremas disminuyan en el escenario de SAI con magnitudes diferentes según el lugar. También afirmó que la SAI aumenta sobre todo los caudales medios y extremos de los principales ríos de la CRP. Una reducción de la variabilidad del caudal del río y unas condiciones de sequía menos severas en la cuenca también se asocian al escenario de SAI. Sin embargo, esta última ventaja podría producirse a expensas de un riesgo ligeramente mayor de inundación en condiciones de caudal extremadamente alto.

Debate de clausura del primer día

La primera jornada de la conferencia fue clausurada por el Dr. [Paulo Artaxo](#) y el Dr. David Smith exponiendo sus puntos de vista sobre la MRS, tanto desde América como desde el Caribe. El Dr. Artaxo afirmó que la aprobación de la investigación en Sudamérica necesita transformarse para permitir un aumento de la financiación, especialmente para ofrecer más oportunidades postdoctorales. Destacó cuatro áreas importantes de colaboración futura en materia de investigación sobre la MRS: la región amazónica, el cambio climático, la democracia y los nuevos sistemas económicos sostenibles.

A continuación, el Dr. Smith se refirió a la necesidad de llevar a cabo investigaciones detalladas sobre la MRS en el Caribe, ya que se trata de una cuestión tanto climática como económica. El Caribe depende del turismo, y si el aumento de fenómenos meteorológicos extremos continúa tendría grandes repercusiones en el PIB. Afirmó que, de cara al futuro, la región necesita mantener más debates en colaboración y compartir más conocimientos a todos los niveles. El Dr. Leonardo Clarke, de la Universidad de las Indias Occidentales e investigador financiado por el DMF, también se sumó a este debate. Afirmó que, a la hora de llevar a cabo investigaciones sobre MRS en el Caribe, existen problemas de acceso a los recursos y de financiación.

A continuación, el Dr. Regis da Silva abrió el turno de preguntas. Las preguntas se centraron en lo que se necesita para que aumente la financiación de la MRS en América y el Caribe. El Dr. Artaxo respondió afirmando que para el futuro de esta investigación es vital que haya más convocatorias de propuestas de organismos de financiación dentro de América Latina, así como una mayor colaboración entre las regiones.

Actas Día Dos

Sesión de apertura

La segunda jornada de la conferencia fue inaugurada de nuevo por el Dr. David Smith, quien dio brevemente la bienvenida a todos los asistentes y expuso las líneas generales de la jornada. A continuación, presentó a Ashley Codner y Farah Murray, que presentaron la primera sesión sobre cómo afecta el cambio climático a los medios de subsistencia de los jamaicanos.

Quinta sesión: Cómo afecta el cambio climático a los medios de subsistencia de los jamaicanos, Sra. Ashley Codner y Sra. Farrah Murray

La primera parte de la sesión corrió a cargo de Ashley Codner, especialista en desarrollo sostenible del Instituto de Planificación de Jamaica, que se centró en el cambio climático y sus efectos en el turismo de su país. Comenzó su presentación presentando el documento [Vision 2030](#), que contextualiza la vulnerabilidad climática de la región debido a su situación geográfica. Se ha producido un aumento espectacular de los fenómenos meteorológicos extremos y las proyecciones climáticas predicen que, para finales de siglo, Jamaica registrará más subidas de temperatura y tormentas más fuertes y frecuentes. Esto ya ha generado grandes costos en todo el país. La Sra. Codner declaró que Jamaica depende de cinco sectores clave para su desarrollo: agricultura, sanidad, agua y turismo, recursos costeros y asentamientos humanos. Todos estos sectores se verán afectados por el creciente impacto del cambio climático.

Codner explicó que la respuesta climática de Jamaica se ha centrado en la adaptación. Esto tiene implicaciones positivas, ya que ahora hay más diversificación, nuevas economías y nuevos empleos. Comentó cómo el turismo contribuye al 4,2 % del PIB de Jamaica. Sin embargo, se trata de una economía en gran medida informal, por lo que estos datos pueden no ser exactos, reafirmando que las repercusiones económicas sobre el turismo podrían ser entonces mucho mayores. El cambio climático tiene una relación directa con la calidad de los recursos naturales y el clima de vacaciones. Entre los factores que contribuyen a ello figuran el declive de los arrecifes de coral, la erosión de las playas, las floraciones de sargazo, la mala calidad del agua, los fenómenos hidrometeorológicos y el aumento de la temperatura. La Sra. Codner terminó su presentación comparando estos efectos con el huracán Iván, como ejemplo reciente de un fenómeno climático que afectó al sector turístico regional. Además de las repercusiones en los recursos naturales, también se produjo una importante pérdida de medios de subsistencia.

La Sra. Farrah Hansel Murray, Planificadora de Desarrollo Científico y Tecnológico del Instituto de Planificación de Jamaica, tomó la palabra para la segunda parte de la ponencia. La Sra. Hansel Murray prosiguió desde una perspectiva agrícola. El 46 % de la población vive en zonas rurales y la agricultura representa el 8 % del PIB, lo que significa que el contexto climático desempeña un papel fundamental en la subsistencia de los jamaicanos. Los dos principales fenómenos climáticos son las sequías y los huracanes, que en conjunto han causado enormes pérdidas económicas. En 2014 se perdieron o dañaron aproximadamente 1600 hectáreas valoradas en 900 millones de dólares debido a la sequía y los incendios forestales. En 2007, el huracán Dean causó daños al sector agrícola por valor de 23 800 millones de dólares jamaicanos.

A continuación, la Sra. Hansel Murray presentó las estrategias de adaptación y mitigación de la agricultura jamaicana. La región se está adaptando a través de tres acciones clave: en primer lugar, creando capacidad de adaptación. Esto incluye 1800 MICROdiques de contención, acuaponía, invernaderos climáticamente inteligentes y la adquisición y distribución

de madera y árboles frutales para restaurar laderas despobladas La segunda es la restauración de las cuencas hidrográficas degradadas mediante la Gestión Integrada de la Tierra y el Paisaje Sostenible. Y en tercer lugar, la mejora de los datos mediante la instalación de sondas de humedad del suelo, estaciones meteorológicas automáticas, instalación de torre de radar meteorológico y radar meteorológico Drogler y el Estado del clima de Jamaica, volúmenes I, II, III.

La presentación concluyó insistiendo en la relación simbiótica entre economía y medio ambiente. Los sectores de la agricultura y el turismo son muy vulnerables al cambio climático y la Sra. Hansel Farah reiteró que los medios de subsistencia jamaicanos dentro de estos sectores se han visto afectados negativamente por los recurrentes fenómenos hidrometeorológicos.

Al final de esta presentación, tanto el Dr. Marcos Regis da Silva como el Dr. David Smith resaltaron la vulnerabilidad de los pequeños estados insulares y la importancia de su voz en el debate sobre el cambio climático. A continuación se abrió el turno de preguntas, y los debates se centraron en el creciente número de mujeres en la mano de obra jamaicana y la importancia de su participación en futuros debates, así como en las actuales perspectivas jamaicanas sobre la MRS. El Dr. Regis da Silva y Andy Parker respondieron reconociendo que Jamaica tiene otras prioridades más urgentes, por lo que la financiación destinada al cambio climático es limitada. Es necesario aumentar la concienciación de las partes interesadas sobre estas cuestiones. De este modo, se podrá destinar más dinero a este tipo de investigación para que haya una mayor base de conocimientos a la hora de tomar decisiones sobre la MRS.

Sexta sesión: Riesgos de rebasamiento frente a riesgos de la MRS, Dra. Inés Camilloni

Esta sesión sobre los riesgos del rebasamiento frente a los riesgos de la MRS fue la segunda presentación de la Dra. Inés Camilloni. Comenzó afirmando que el cambio climático plantea múltiples riesgos que interactúan entre sí para la sociedad humana y el medio ambiente y que se espera que empeoren con el calentamiento adicional. La gestión de estos riesgos requiere una cartera de respuestas políticas; cada una de estas estrategias tendrá objetivos diferentes, por ejemplo, la disminución de las temperaturas globales, la reducción de las emisiones y la reducción de la subida del nivel del mar. La Dra. Camilloni subrayó que no solo tenemos que abordar la mitigación, sino también la adaptación, ya que algunos impactos podrían ser permanentes.

A continuación, presentó el diagrama de reducción de picos, en el que se esbozaban diferentes opciones de la MRS en relación con la mitigación, la adaptación y la remoción del dióxido de carbono. Dependen de los niveles de emisión en el momento del posible despliegue. Es necesario evaluar los nuevos riesgos potenciales de esta tecnología si tiene potencial para incorporarse a la estrategia contra el cambio climático. A continuación, afirmó que la evaluación se centra en los riesgos de utilizar la MRS en un mundo que se calienta frente a los riesgos de no utilizarlos. Existe un riesgo objetivo, un riesgo compensatorio y un riesgo no objetivo. Las medidas de riesgo son la magnitud, la probabilidad, el momento y la distribución

de las consecuencias. Este marco riesgo-riesgo nos permitiría pensar más allá de los beneficios y los costes y tener más en cuenta los efectos secundarios. Es a través de este marco como pueden tomarse las decisiones.

A continuación, la Dra. Camilloni habló de los efectos secundarios que se observan en la investigación de la MRS. Los beneficios positivos incluyen la reducción de la frecuencia e intensidad de la temperatura y las precipitaciones, la fusión del hielo marino ártico y las capas de hielo, la subida del nivel del mar, el ozono troposférico y el aumento de la disponibilidad de agua. Entre los posibles impactos negativos potenciales se incluyen el calentamiento o enfriamiento no intencionado en algunas zonas, cambios en las precipitaciones regionales, aumento de la deposición ácida, efectos sobre el ozono estratosférico, difusión y oscurecimiento de la luz y un aumento de la deposición salina sobre la tierra. Además, hay que tener en cuenta otras repercusiones, como el choque de terminación y las interacciones con grandes erupciones volcánicas.⁶

La Dra. Camilloni esbozó tres escenarios ilustrativos con respecto a la política: reducción de picos, alta mitigación con cierta MRS; calentamiento medio, con mitigación moderada y cierta MRS; y calentamiento medio, con alta mitigación y alta MRS. Todos los escenarios parten de la base de que la MRS se despliegue en 2040, cuando la Tierra se enfrente a un aumento de temperatura de aproximadamente 1,5 grados. Utilizando el análisis riesgo-riesgo, afirmó que podemos intentar situar los riesgos en una matriz de riesgos para priorizar la investigación posterior. Ello permitiría realizar un análisis más exhaustivo de los riesgos, que serviría de base a cualquier política futura de MRS.

Debate en sesión plenaria, Sra. Alia Hassan

Tras la presentación de la Dra. Camilloni, se abrió el turno de preguntas, coordinadas por Alia Hassan, responsable de divulgación de Carnegie Climate Governance Initiative. La mayoría de las preguntas se centraron en las partículas de azufre y en si existen otras sustancias identificadas que puedan reducir los riesgos de la MRS. La Dra. Camilloni respondió que el azufre es actualmente la única partícula que podemos analizar. Afirmó que a través de las observaciones de los cambios atmosféricos cuando se produce una erupción, vemos que las partículas de azufre se quedan acumuladas. Esto se debe a su composición genética, que permite que el azufre permanezca en la atmósfera durante mucho tiempo. Sin embargo, es necesario seguir estudiando y los modelos actuales son difíciles de financiar.

Séptima sesión: Experimentos al aire libre y visión general de SCoPEX

La séptima sesión fue presentada por el Dr. Andy Parker, Director General de la Degrees Initiative. Destacó que el formato de las dos presentaciones siguientes pretende ser un formato interactivo en el que se planteará una pregunta y los participantes mantendrán pequeños debates colaborativos antes de devolver la pregunta a la sala principal.

⁶ El choque de terminación es el riesgo potencial de que la MRS se detenga repentinamente. Podría producirse un aumento rápido y perjudicial de las temperaturas.

Primera pregunta: "Dispone de 10 millones de USD para destinar a actividades climáticas en su país. ¿Qué cantidades destina a mitigación, adaptación y MRS? ¿Y por qué?"

Las respuestas variaron entre representantes del Hemisferio norte y el Hemisferio sur. Los participantes del Hemisferio norte se centraron más en la financiación de la adaptación, mientras que los del Hemisferio sur se centraron en los esfuerzos de mitigación. Algunos representantes de EE.UU. destacaron que podría destinarse a la investigación de la MRS, ya que EE.UU. ha asignado recientemente un gran presupuesto a la mitigación; en comparación, 10 millones sería un presupuesto pequeño para realizar una investigación exploratoria sobre la MRS.

Experimentos al aire libre y visión general de SCoPEX, Dr. Frank Keutsch

A continuación se presentó al Dr. Frank Keutsch, Catedrático de Ingeniería y Ciencias Atmosféricas y Profesor de Química y Biología Química de la Universidad de Harvard, que habló de la ética en los experimentos al aire libre y ofreció una visión general de [SCoPEX](#). Afirmó que los modelos se utilizan para hacer predicciones sobre los impactos, y la modelización climática actual muestra una reducción significativa del riesgo gracias a la inyección de aerosoles estratosféricos (SAI). Sin embargo, para obtener resultados precisos, se necesitan observaciones sobre el terreno que sirvan de base a los modelos. Actualmente, las únicas fuentes de información son las perturbaciones naturales, como las erupciones volcánicas, las tormentas eléctricas o los incendios forestales, así como algunos sucesos humanos, como el lanzamiento de cohetes. De ellos se desprende que el aerosol de sulfato modifica la temperatura estratosférica, pero es importante analizar si existen otros materiales que puedan reducir los riesgos. A continuación, el Dr. Keutsch esbozó SCoPEX como ejemplo a pequeña escala de un experimento de este tipo que supondría una contribución inicial para aprender más sobre los riesgos y beneficios de la SAI.

Gobernanza de SCoPEX, Dra. Shuchi Talati

A continuación, el Dr. Andy Parker presentó la Dra. Shuchi, becario residente de la American University, para hablar de la gobernanza en torno a un experimento como SCoPEX. Comenzó describiendo el [comité consultivo independiente](#) que se formó para crear el pliego de condiciones y evaluar de forma independiente los riesgos del proyecto.

El marco del comité asesor se basó en cinco componentes: integridad y seguridad de la ingeniería; revisión de los méritos científicos; transparencia financiera; revisión jurídica; y revisión social. Los términos de referencia del comité asesor aconsejaron a la Universidad de Harvard y al equipo de investigación SCoPEX sobre:

- a. La calidad científica y la importancia de los experimentos propuestos, incluida la revisión científica y los procesos y normas de transparencia;
- b. Riesgos asociados al programa de investigación propuesto, incluidos los riesgos medioambientales y sociales;

- c. Eficacia de la gestión de riesgos, incluida la gestión del cumplimiento de la normativa en materia de salud y seguridad medioambientales;
- d. Necesidad, objetivos y posibles formatos para la participación de las partes interesadas; y
- e. Otras cuestiones que el Comité Consultivo considere necesarias.

La Dra. Shuchi explicó cómo se había encomendado al comité consultivo la tarea de proporcionar una evaluación pública periódica por escrito del plan experimental en los ámbitos antes descritos. También garantiza que se establezcan mecanismos para compartir tanto los resultados de la investigación como las lecciones de gobernanza aprendidas del SCoPEX con los investigadores y las diversas partes interesadas.

Debate en sesión plenaria, Dr. Frank Keutsch y Dra. Shuchi Talati como moderadores

Basándose en el formato de sesión esbozado inicialmente, el Dr. Keutsch y el Dr. Talati plantearon dos preguntas a los participantes para que las debatieran en colaboración. La primera pregunta se refería a qué información adicional se necesitaría para seguir adelante con los experimentos perberbativos. La segunda pregunta se refería a si el marco de gobernanza del proyecto SCoPEX era adecuado o si había que tener en cuenta otros aspectos.

Se invitó a los participantes a dividirse en grupos más pequeños y debatir estas cuestiones. Transcurridos veinte minutos, el debate volvió a manos de los moderadores, que pidieron que se reflexionara sobre los principales puntos debatidos. Las respuestas se centraron en las controversias a las que podría enfrentarse el lugar de experimentación. Los participantes afirmaron que hay que tener en cuenta el contexto y las implicaciones políticas. También se preguntó si podría tratarse de una colaboración global, en lugar de localizada.

Octava sesión: Cómo puede ayudar la MRS: una estrategia climática óptima (si el mundo estuviera gobernado racionalmente), Dr. Ted Parson

El Dr. Ted Parson, Catedrático Dan y Rae Emmett de Derecho Medioambiental y Codirector del Instituto Emmett sobre Cambio Climático y Medio Ambiente de la UCLA, presentó la conferencia virtualmente desde California. Comenzó destacando el potencial de la MRS como forma de reducir los riesgos climáticos gracias a su rápida actuación. Sin embargo, existen riesgos desconocidos con esta respuesta, como la corrección imperfecta del clima, los posibles impactos medioambientales, el debilitamiento de otras respuestas climáticas, el choque de terminación y la gobernanza.

Afirmó que existen tres reivindicaciones sobre la gobernanza de la MRS desde los ámbitos de la investigación y el despliegue. La primera afirmación es que la MRS tiene un gran efecto multiplicador y efectos globales, por lo que es esencial una gobernanza mundial. Desde el punto de vista de la investigación sobre esta afirmación, la MRS tiene potencial para causar daños y, en consecuencia, la gobernanza mundial se hace esencial. Además, el ángulo de

despliegue aquí es ideal, debido a su alto apalancamiento. La segunda afirmación es que la gobernanza de la MRS no existe en la actualidad. Al aplicar esto a la investigación sobre gobernanza, esta afirmación pregunta si existe capacidad de gobernanza. La implantación de esta afirmación entiende que en la actualidad no existe ningún organismo internacional que tome decisiones sobre la gobernanza del despliegue de la MRS. La tercera afirmación es que las necesidades de gobernanza son novedosas y graves y requieren una capacidad nueva importante. Desde el punto de vista de la investigación, se plantea si es necesario reforzar la gobernanza. Las perspectivas de implantación de esta reivindicación es que alguien o un órgano de gobierno tiene que tomar decisiones al respecto y ser consciente de todas las vastas preocupaciones que implica. La gobernanza tendría que supervisar lo que se hace y responder al despliegue no autorizado.

El Dr. Parson concluyó afirmando que en la actualidad no existe nada que responda a estas afirmaciones. La respuesta de los gobiernos ha sido lenta. Destacó la creación de la Comisión de Superación del Cambio Climático (COC, por sus siglas en inglés) como el único organismo existente que tiene en cuenta la MRS.

Debate en sesión plenaria, Sra. Alia Hassan

Tras la presentación del Dr. Parsons, Alia Hassan, del C2G, abrió el turno de preguntas. Estos se centraron en el estado actual de la concienciación gubernamental y en por qué las respuestas han sido lentas. El Dr. Parson declaró que el objetivo principal ha sido reducir las emisiones de carbono y que los gobiernos están preocupados por la posible reacción violenta de esta respuesta, que se considera una distracción. Afirmó que, para que aumente la concienciación, es necesario que se celebren más conferencias como esta. Órganos como el COC, donde se exploran opciones pero no se toman decisiones, son esenciales. Cualquier acción formal sería prematura, pero la difusión de información a todos los niveles es vital para que crezca la comprensión de las implicaciones de la MRS.

Novena sesión: Política de MRS: evolución en EE.UU., Dra. Shuchi Talati

La Dra. Shuchi Talati, becaria residente de la American University, expuso por segunda vez el estado actual de la política en materia de MRS. Comenzó describiendo su recién creada ONG, llamada Alliance for Just Deliberation in Solar Engineering. A continuación, presentó el tema "Gobernanza de SCoPEX y evolución de la política estadounidense". Como expuso en su primera presentación de la séptima sesión, la Dra. Talati formó parte del comité consultivo que se creó para determinar si SCoPEX debía seguir adelante. Se le encargó evaluar de forma independiente los riesgos y beneficios mediante el establecimiento de normas de supervisión, transparencia y consulta pública.

Reiteró que el marco consultivo se basaba en los principios de integridad y seguridad de la ingeniería, mérito científico, transparencia y revisión jurídica y social. Tras volver a reunirse con el comité, la Dra. Talati habló de la evolución actual de la política estadounidense y de la financiación a partir de 2020-2022. En 2020, el Gobierno de EE.UU. asignó 4 millones de

dólares a la Oficina de Investigación Atmosférica de la [National Oceanic and Atmospheric Administration](#) (NOAA); en 2021 se concedieron 9 millones de dólares a la NOAA, y en 2022 otros 9 millones. Hasta ahora solo se ha financiado la investigación. A continuación, facilitó el apartado de la legislación sobre esta asignación de fondos. Destacó el lenguaje coreográfico que permite que tenga varias interpretaciones.

A partir de esta financiación, la NOAA debe apoyar a la Oficina de Política Científica y Tecnológica (OSTP, por sus siglas en inglés), en coordinación con el Departamento de Energía (DOE) y la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF, por sus siglas en inglés), y proporcionar un plan quinquenal con una evaluación científica de las intervenciones solares y otras intervenciones climáticas rápidas en el contexto de los riesgos y peligros climáticos a corto plazo. A partir de ahí, se ha encargado a la OSTP que desarrolle un grupo de trabajo interinstitucional, en coordinación con la NOAA, la NASA, el DOE y otros organismos pertinentes, para gestionar el riesgo de peligro climático a corto plazo y coordinar la investigación en intervención climática. Paralelamente, se ha pedido al grupo de trabajo interinstitucional que establezca un marco de gobernanza de la investigación que proporcione orientaciones sobre transparencia, compromiso y gestión de riesgos para los trabajos financiados con fondos públicos en investigación sobre geoingeniería solar.

También se informó a los participantes en la reunión de que la NOAA ha iniciado estudios de referencia sobre la modelización, las evaluaciones, las observaciones y el seguimiento de las condiciones estratosféricas y el balance de radiación de la Tierra. Los estudios incluyen observaciones para comprender las condiciones de referencia de los aerosoles en la estratosfera y la modelización para simular y comprender los impactos de las inyecciones de aerosoles naturales y de origen humano, incluidos los volcanes, el tráfico aéreo y espacial y los métodos de intervención climática solar, en el balance de radiación de la Tierra, los patrones meteorológicos y climáticos y otros sistemas terrestres.

La Dra. Talati concluyó preguntando retóricamente a los participantes qué pasaría si el informe recomendará a EE.UU. ampliar enormemente su programa de investigación sobre MRS en los próximos 5 años y cuáles podrían ser las implicaciones más amplias.

Durante el debate subsiguiente, las Partes del IAI solicitaron a la Dirección del IAI que se comunicara con la NOAA para recabar más información sobre posibles estudios de referencia y preguntar si sería posible la colaboración en el marco de dichos estudios con las Partes del IAI.

Décima sesión: Fomento de la colaboración regional en la MRS

Esta sesión, que siguió a la del Dr. Talati y fue moderada por el Dr. Marcos Regis da Silva y el Dr. Paulo Artaxo, fue un formato abierto a la participación, con comentarios y debate. El Dr. da Silva comenzó preguntándose cómo mejorar la colaboración intergubernamental y cómo reforzar la colaboración científica.

Los comentarios de los participantes pusieron de relieve la importancia de una investigación inclusiva en materia de MRS de cara al futuro. Esto no solo debería abordar la ciencia física, sino también la investigación sobre gobernanza. En conjunto, los comentarios fueron de agradecimiento a los ponentes por la introducción a la MRS y la mayor concienciación sobre este tema. El Dr. Regis da Silva afirmó que la dirección del IAI presentará un informe de la conferencia en la 31ª reunión de la Conferencia de las Partes del IAI, que se celebrará en junio de 2023, en Panamá.

Debate final de la Conferencia: ¿Dónde queremos estar dentro de 10 años y cómo llegar hasta allí?

En esta sesión, el Dr. Regis da Silva presentó a la Profesora María Inés Carabajal, Catedrática de Antropología de la Universidad de Buenos Aires, y a la Dra. Anne-Teresa Birthwright, Consultora Nacional del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Ambas son becarias de Política Científica y Tecnológica (STeP) del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), que acaban de terminar sus doctorados. Fue una oportunidad para que los investigadores noveles aportaran sus puntos de vista. Ambos intervinieron individualmente, y a continuación se abrió el turno de preguntas directivas.

Prof. María Inés Carabajal

La profesora Carabajal se presentó y destacó su proyecto actual sobre la gobernanza y la modificación de la radiación solar y la descompactación de las distintas capas. Destacó que se presta mucha atención al cambio climático, pero que no se investigan sus implicaciones sociales y culturales. La MRS tiene muchas dimensiones éticas que considerar. Esto incluye las fuentes de financiación, la protección de las comunidades vulnerables y si tendría beneficios globales. La Profesora Carabajal agradeció las diferentes perspectivas de gobiernos y científicos en la conferencia, afirmando que éste es el primer paso hacia nuevos debates.

Dra. Anne-Teresa Birthwright

La Dra. Birthwright expuso sus investigaciones sobre los medios de subsistencia rurales en Jamaica, centrándose en la vulnerabilidad de los agricultores locales al cambio climático y las posibles opciones de adaptación. Afirmó que la contribución de los agricultores, aunque fundamental, se pasa por alto en el proceso de toma de decisiones. Su investigación pretende impulsar la narrativa para que los productores tengan un acceso equitativo a los recursos. A continuación, la Dra. Birthwright explicó que es nueva en el tema de la MRS, pero que le preocupan su ética y las consecuencias que pueden tener en las pequeñas naciones insulares. Afirmó que la inversión en investigación es vital de cara al futuro, así como la participación de diversas partes interesadas. Los enfoques de la investigación sobre la MRS deben ser transdisciplinarios y tener en cuenta su riesgo para otros sectores, como la salud. Reconoció que la conferencia es un buen primer paso para iniciar este tipo de diálogos y seguir garantizando una colaboración de la que se beneficien todas las partes interesadas.

Debate en sesión plenaria

Las preguntas de los asistentes dirigidas tanto a la Profesora María Inés Carabajal como a la Dra. Anne-Teresa Birthwright se centraron en los enfoques de la opinión pública y los enfoques

participativos para implicar a diversas partes interesadas. La Dra. Birthwright declaró cómo trabajó en el [documento sobre soluciones climáticas en Jamaica](#) y no se mencionó la MRS. Afirmó que es fundamental una mayor concienciación pública sobre la MRS. Dijo que es responsabilidad del gobierno concienciar sobre la MRS, ya que la total transparencia sobre la misma es importante para el público. Necesitamos traducir los conocimientos de una manera más digerible como posible enfoque complementario. La Dra. Carabajal añadió que los obstáculos actuales son la financiación de la investigación en los países en desarrollo y que es vital seguir ampliando la investigación más allá de las ciencias físicas.

Sesión de clausura

El Dr. David Smith presentó la sesión de clausura. Preguntó a los participantes si había más comentarios. La Sra. [Anna Baldwin](#) de la Degrees Initiative señaló que se habían hecho muchos comentarios sobre la importancia de la investigación en ciencias sociales en el campo de la MRS, reiterando los comentarios del Dr. Andy Parker sobre los planes de la Degrees Initiative para becas específicas en ciencias sociales. El Dr. Steven Kendall dio las gracias a todos los que se implicaron en la organización de la conferencia y a todos los que participaron en ella. La Sra. [Alia Hassan](#) valoró la variedad de temas y dio las gracias a todos los asistentes. El Dr. [Marcos Regis da Silva](#) mostró su reconocimiento a David Smith, a la Universidad de Indias Occidentales y tanto a los ponentes como a los participantes. Concluyó dando las gracias a C2G y a la Degrees Initiative, cuyo generoso apoyo financiero hizo posible la organización de la reunión.

El Dr. David Smith concluyó los agradecimientos dando las gracias a Naden Sherlock, Director de la Oficina del Instituto de Desarrollo Sostenible de la Universidad de las Indias Occidentales, que colaboró en gran medida en la organización de esta Conferencia. También dio las gracias a los investigadores de la Universidad de las Indias Occidentales, al rector, al vicerrector, a los traductores y a todos los participantes.

Se levanta la sesión el 25 de agosto de 2022 a las 17:30 horas.