

POSIBLES CONSECUENCIAS DE LA INYECCIÓN DE AEROSOLES ESTRATOSFÉRICOS EN EL CLIMA MEDIO Y EXTREMO DE SUDAMÉRICA

Carla Gulizia^{1,2,3}, Ramiro Saurral^{1,2,3}, Inés Camilloni^{1,2,3}, Natalia Montroull^{2,3}
gulizia@cima.fcen.uba.ar. Autora correspondiente.

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina.

²CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

³CNRS – IRD – CONICET – UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI). Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave: modificación de radiación solar, GLENS, geoingeniería solar

1) INTRODUCCIÓN

Con el fin de evitar impactos peligrosos del cambio climático, la geoingeniería y en particular la Modificación de la Radiación Solar (MRS) a partir de la inyección de aerosoles en la estratósfera (SAI, por sus siglas en inglés), es propuesta como una posible intervención en paralelo con la reducción de emisiones para limitar el aumento de la temperatura global y sus impactos y riesgos asociados. La aplicación de SAI consiste en inyectar pequeñas partículas reflectantes en la estratosfera inferior, replicando el efecto natural de las erupciones volcánicas. Esta técnica controversial plantea interrogantes que incluyen sus potenciales beneficios y/o consecuencias no deseadas y sus potenciales esquemas de gobernanza. El objetivo principal de este trabajo es contribuir con el conocimiento de los efectos a nivel regional de la implementación de esta estrategia a partir de cuantificar las posibles variaciones en las condiciones climáticas medias y extremas de la temperatura y precipitación en Sudamérica derivadas de la aplicación de SAI para contrarrestar un escenario de emisiones de alta emisión antropogénica (RCP8.5).

2) DATOS Y METODOLOGÍA

La evaluación de los impactos potenciales del SAI se realiza a partir de las simulaciones derivadas del proyecto *Stratospheric Aerosol Geoengineering Large Ensemble* (GLENS) (Tilmes y otros, 2018). Se analizan tres miembros que utilizan concentraciones de forzamiento de gases de efecto invernadero prescritas siguiendo el RCP8.5 (experimentos de control) y tres miembros que también siguen el escenario RCP8.5 combinado con inyecciones crecientes de partículas de sulfato para la geoingeniería (experimentos SAI).

Se consideran nueve variables climáticas: seis de ellas relacionadas con la temperatura y las otras tres con la precipitación. Las condiciones climáticas medias se analizan utilizando las simulaciones con resolución temporal diaria de las temperaturas mínimas y máximas de 2 metros (TN y TX, respectivamente) y la precipitación (Pr), mientras que para los extremos el análisis se centra en un subconjunto de índices climáticos del Equipo de Expertos en Detección e Índices del Cambio Climático (ETCCDI, Zhang y otros, 2011). Se analizan los índices extremos de temperatura a partir de los mínimos y máximos de TN y TX, respectivamente: TNn, TNx, TXn, TXx. Para la precipitación, los índices extremos considerados son RX5day (péntada más húmeda) y CDD (días consecutivos secos). El análisis se realiza evaluando los cambios para el período 2051-2080 respecto de 1980-2010 (período Histórico) tanto a nivel continental como para siete subregiones: el noroeste de Sudamérica (NWS; que cubre la sección norte de la cordillera de los Andes), el norte de Sudamérica (NSA), la región del monzón sudamericano (SAM), el noreste de Sudamérica (NES), el

sudoeste de Sudamérica (SWS; que cubre las latitudes medias de la cordillera de los Andes), el sudeste de Sudamérica (SES) y el sur de Sudamérica (SSA; que alberga principalmente climas desérticos fríos). Mayor información de las subregiones consideradas se encuentra en Iturbide y otros (2020).

3) RESULTADOS

La Figura 1 muestra las diferencias medias anuales en las variaciones proyectadas de las seis variables climáticas relacionadas con la temperatura de los escenarios Control versus Histórico, SAI versus Histórico, y SAI versus Control, este último útil para contrastar los efectos de la eventual implementación de SAI.

Como es de esperar bajo un escenario de altas emisiones el calentamiento simulado en los experimentos Control es sustancialmente mayor en todo el continente en comparación con el período histórico en particular para TXx (Fig. 1f). Asimismo, la implementación de SAI conduciría a un patrón sustancialmente menos cálido con respecto al experimento Control, incluso con variaciones negativas sobre SAM, SES y partes de NSA y SSA (Fig. 1 i,l). La comparación entre SAI y Control (Fig. 1, tercera fila) muestra claramente las consecuencias potenciales de la aplicación del SAI, con temperaturas entre 3°C y 6°C más frías que las previstas en el escenario de Control. Las mayores variaciones se encuentran sobre SAM y SES, y en mayor medida para los extremos de temperatura más cálidos (TNx y TXx).

La Figura 2 presenta las diferencias medias anuales en las variaciones proyectadas de las tres variables climáticas relacionadas con la precipitación de los escenarios Control versus Histórico, SAI versus Histórico y SAI versus Control. Sobre las regiones que presentan condiciones secas desde 2020

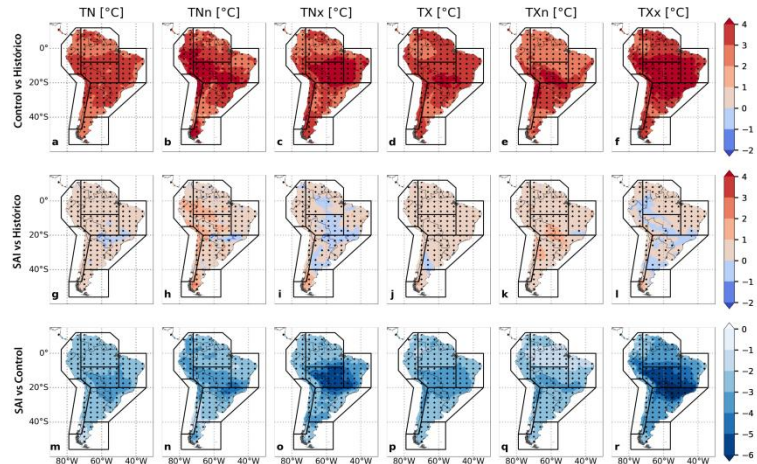


Figura 1: Cambios anuales proyectados en las variables relacionadas con la temperatura derivados de los valores medios del conjunto de tres miembros para 2051-2080 y los valores medios durante el periodo histórico (1980-2010): cambios proyectados bajo RCP8.5 (control) en relación con el período histórico (1er fila), cambios proyectados para las simulaciones de geoingeniería combinadas con la vía RCP8.5 (SAI) en relación con el período histórico (2da fila) y la diferencia entre la primera y la segunda fila, respectivamente (3er fila).

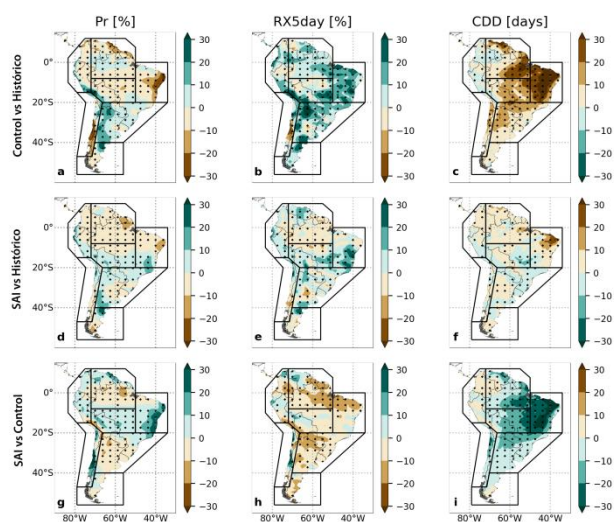


Figura 2: Idem Figura 1 pero para las variables relacionadas con la precipitación: precipitación total Pr (en %) (a, d, g), RX5day (en %) (b, e, h) y CDD (en días) (c, f, i)

(SES, NES) se proyecta una reducción en la precipitación, mientras que sobre la mayor parte de SES y algunas zonas de NSA se prevé un aumento (Fig. 2, primera fila), como se muestra en los índices de precipitación media y extrema. Por el contrario, la aplicación de SAI conduciría a reducciones sustanciales en las magnitudes de los cambios (aunque no necesariamente cambios en el signo) en las variables relacionadas con la precipitación en estudio (Fig. 2, segunda fila). Las mayores diferencias entre los experimentos SAI y Control se encuentran en NES y SWS, con una considerable reducción en la magnitud de la disminución de la precipitación proyectada (Fig. 2g), y consecuentemente una importante reducción (superior a 30 días en algunos puntos) en la duración de las condiciones de sequía (Fig. 2i). Mientras tanto, SES muestra un menor aumento proyectado de los eventos extremos de precipitación, especialmente en la parte occidental.

4) CONCLUSIONES

Los resultados indican fuertes contrastes regionales en la respuesta del sistema climático a un escenario de altas emisiones (RCP8.5) superpuesto con una estrategia de SAI para las proyecciones correspondientes al período 2051-2080 con referencia a 1980-2010. Como es de esperar, para el caso de la temperatura, se detectaron señales robustas de reducción del calentamiento en el escenario SAI, mientras que la respuesta de la precipitación es considerablemente menos uniforme en toda Sudamérica. En general, se encuentra que la implementación de SAI sería beneficiosa para ayudar a revertir las reducciones proyectadas en la precipitación sobre regiones que presentan frecuentemente déficit hídrico (por ejemplo SWS) o reducir la magnitud en los eventos de precipitación extrema sobre áreas que muestran tendencias positivas (y consecuencias negativas asociadas) en esa variable. Este patrón está presente sobre todo en SAM, NES y SES, y se ha asociado recientemente con un menor riesgo de eventos de inundación sobre la Cuenca del Plata, que se extiende sobre la mayoría de estas regiones (Camilloni y otros, 2022).

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el fondo DECIMALS de la Iniciativa para la Gestión de la Radiación Solar (SRMGI), la Universidad de Buenos Aires (UBACYT-20020170100666BA) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICTO-UUMM-2019-00004 y PICT-2020-SERIEA-03228).

REFERENCIAS

- Camilloni, I., Montroull N., Gulizia C., y Saurral R., 2022:** La Plata Basin Hydroclimate Response to Solar Radiation Modification with Stratospheric Aerosol Injection. *Frontiers in Climate*, 4, 763983. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.763983>.
- Iturbide, M., Gutiérrez J., Alves L., Bedia J., Cerezo-Mota R., Cimadevilla E., Cofiño A., Di Luca A., Faria S., Gorodetskaya I., Hauser M., Herrera S., Hennessy K., Hewitt H., Jones R., Krakovska S., Manzanas R., Martínez-Castro D., Narisma G., Nurhati I., Pinto I., Seneviratne S., van den Hurk B., y Vera C., 2020:** An update of IPCC climate reference regions for subcontinental analysis of climate model data: definition and aggregated datasets. *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 2959-2970. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2959-2020>.
- Tilmes, S., Richter, J. H., Kravitz, B., MacMartin, D. G., Mills, M. J., Simpson, I. R., Glanville, A. S., Fasullo, J. T., Phillips, A. S., Lamarque, J.-F., Tribbia, J., Edwards, J., Mickelson, S. y Ghosh, S., 2018:** CESM1(WACCM) Stratospheric Aerosol Geoengineering Large Ensemble Project. *B. Am. Meteorol. Soc.*, 99, 2361–2371, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0267.1>.
- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Klein Tank, A., Peterson, T. C., Trewin, B. y Zwiers, F. W., 2011:** Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Climate Change*, 2, 851–870, DOI: 10.1002/wcc.147