

Geoingeniería y cambio climático

Implicaciones para América Latina

Resumen: algunos gobiernos están explorando la geoingeniería como medio para reducir o demorar el cambio climático. Técnicamente la geoingeniería podría marginar de las decisiones a todos los países, exceptuando a los más ricos. Los modelos de computadora¹ muestran que las intervenciones en la estratósfera para reducir la luz del sol y bajar las temperaturas podrían beneficiar a las zona templadas pero tener consecuencias negativas para el público en general y para la agricultura en América Latina.

Terminología:

Geoingeniería es la manipulación en gran escala de los sistemas de La Tierra (en la estratósfera, los océanos o la superficie) para demorar o reducir el cambio climático.

Manejo de la radiación solar (MRS)

Geoingeniería de la estratósfera para bloquear o desviar la luz del sol y bajar la temperatura de la Tierra.

Inyecciones de sulfatos (La práctica más económica de MRS) consiste en rociar sulfato a una altura de 15-20 km en la estratosfera para reducir la luz del sol y bajar las temperaturas. El "rocío" puede distribuirse con una batería de pipas (como un volcán artificial). Los costos directos pueden iniciar en \$700 millones de dólares el primer año, pero llegar a miles de millones de dólares por año subsecuentemente.

Productividad Primaria Neta: PPN es un indicador de la salud de la biósfera terrestre y su capacidad para capturar CO₂. Puede brindar un cálculo de los impactos de la geoingeniería sobre la agricultura. (Kravitz et al. 2013).

Hallazgos: dos publicaciones arbitradas de 2013² y 2008³ informan sobre cuatro posibles escenarios de las consecuencias de inyectar aerosol de sulfato en la estratósfera en el Hemisferio Sur (HS), en los Trópicos y en el Ártico. Los resultados de los estudios muestran que las inyecciones estratosféricas de aerosoles de sulfatos podrían provocar importantes cambios en la productividad primaria neta y en la precipitación. Los estudios también muestran, en el caso de los Trópicos y el Ártico, podrían ocurrir cambios en la precipitación de otras regiones en América Latina, incrementándose a 1mm/día o reduciéndose hasta 1mm/día. También en la región podría sentirse una baja en la temperatura tanto en el escenario Tropical como en el Ártico, durante junio-agosto y diciembre-febrero.

El sistema del monzón Americano tiene su núcleo en Planalto Brasil, que recibe el agua de los más grandes tributarios que fluyen hacia las cuencas del Amazonas, La Plata y San Francisco. Estas cuencas proveen la mayor parte de la energía producida por hidroeléctricas y tienen las áreas agrícolas más grandes del país.⁴ Las regiones afectadas por el monzón también albergan las ciudades más pobladas de América⁵ y cualquier periodo prolongado de aumento o baja en la precipitación en esas regiones pueden tener fuertes impactos socioeconómicos en la producción agrícola y energética. Debido a la acentuada

topografía cerca de la costa este de Brasil, las lluvias fuertes pueden resultar en daños a la infraestructura y pérdida de vidas. La falta de lluvia, por otro lado, puede llevar a sequías. Esto hace que la región sea particularmente susceptible a los cambios drásticos en el clima.⁶ Inyectar sulfatos en la estratosfera no reduce las concentraciones de CO₂, únicamente pospone el impacto del cambio climático mientras las inyecciones continúen pero también puede resultar en mayores alteraciones meteorológicas.

Políticas: En 2010, el Convenio sobre Diversidad Biológica de Naciones Unidas (CDB) adoptó la Decisión X/33 que podemos describir como una moratoria de facto en la que se pide a los gobiernos que no persigan la geoingeniería como una estrategia de cambio climático. A pesar de eso, científicos y algunos gobiernos continúan considerando la geoingeniería como un plan B viable para demorar el cambio climático.

Escenarios resultado de los modelos de computadora: En 2013 se publicó un estudio mostrando las implicaciones que las inyecciones de sulfato podrían tener en la PPN (productividad primaria neta) y en los patrones de precipitación. A través de simulaciones⁷ los autores concluyeron que en un escenario de inyecciones de sulfato en el hemisferio sur (HS) podría ocurrir una baja en la precipitación en el noreste de Brasil de 100mm/mes. En el norte de Brasil podría ocurrir un aumento en la precipitación de tanto como 100mm/mes. Ver figura 1.

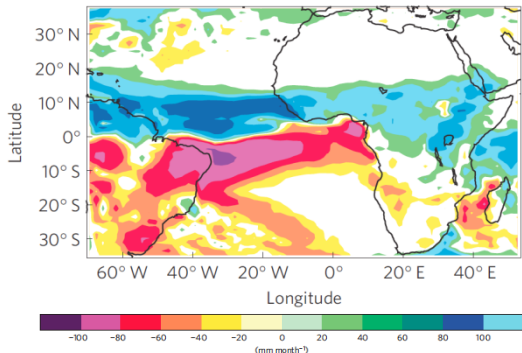


Figura 1. Muestra el cambio según escala de colores en la precipitación, mm/mes en un escenario de inyecciones de sulfato en la estratosfera (Haywood et al. 2013)

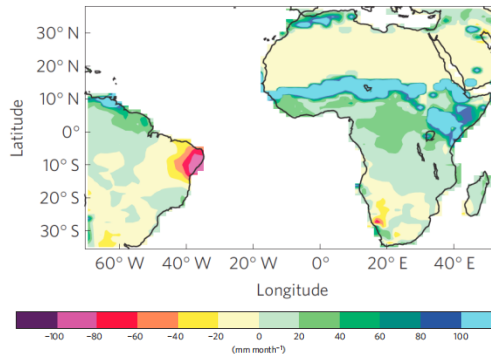


Figura 2. Muestra el cambio según escala de colores de la PPN, en porcentaje, en un escenario inyecciones de sulfatos en la estratosfera en el HS. (Haywood et al. 2013)

Se encontraron resultados similares con respecto a la PPN en el noreste de Brasil, que mostraron un decremento de entre 40-100%, pero hacia el norte podría haber un aumento del 100% (Figura 2). En un escenario donde las inyecciones de sulfatos se realicen en el hemisferio norte (HN), la región noreste de Brasil podría ver un aumento en la PPN de hasta el 80%, ya que el decremento podría trasladarse hacia la región del Sahel en África, a donde ocasionaría una baja en la PPN de entre el 60 y el 100% (Figura 3).

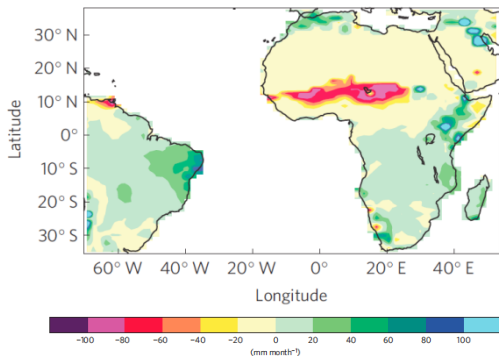


Figura 3. Muestra el porcentaje de cambio en escala de color de la PPN en un escenario de geoingeniería en el HN con inyecciones de sulfato en la estratosfera. (Haywood et al. 2013).

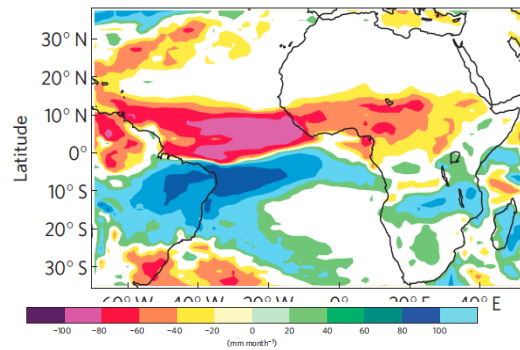


Figura 4. Muestra el cambio de la precipitación en la escala de color mm/mes en un escenario de geoingeniería con inyecciones de sulfato en el HN. (Haywood et al. 2013).

El patrón de precipitación en la región noreste de Brasil mostró cambios más grandes. En ciertas áreas podría aumentar o disminuir hasta 100mm/mes (Figura 4). En un estudio publicado en 2008⁸, se proyectaron dos escenarios de inyecciones de sulfatos estratosféricos, en el Ártico y los Trópicos. En el escenario Ártico la precipitación podría aumentar hasta 1mm/día en partes de **Chile**, el este de **Venezuela**, **Guyana**, **Guayana** y **Surinam** en junio y agosto. El oeste de Venezuela podría sufrir una reducción igual en la precipitación (figura 5). En junio y agosto, en el escenario de los Trópicos, **Venezuela**, **México**, **Colombia**, **Costa Rica**, **Panamá** y **Ecuador** podrían sufrir bajas regionales en sus lluvias de 1mm/día mientras partes de **México**, **Surinam**, **Guyana**, **Guayana** y el norte de **Brasil** podrían tener un aumento de igual magnitud. (Figura 6). Para diciembre-febrero, en el escenario Ártico, partes de **México**, **Venezuela**, **Brasil**, **Argentina** y **Paraguay**, podrían sufrir un aumento de la precipitación de hasta 0.5 mm/día mientras que regiones de **Brasil**, **Perú** y **Costa Rica** podrían perder 1mm/día de precipitación.

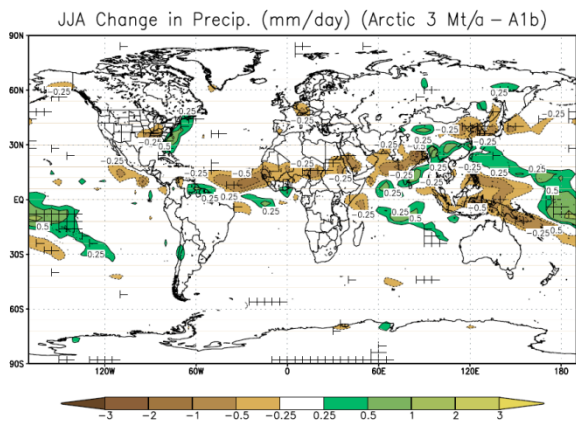


Figura 5. Muestra el cambio en la precipitación en junio y agosto en la escala de color mm/día en un escenario de geoingeniería con inyección de sulfatos en el Ártico.. (Robock et al, 2008)

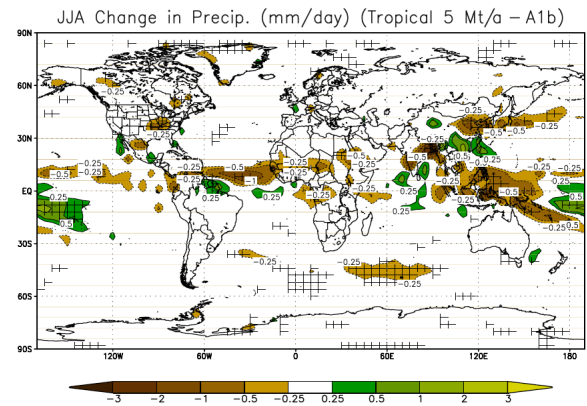


Figura 6. Muestra el cambio en la precipitación en junio y agosto en la escala de color mm/día en un escenario de geoingeniería con inyección de sulfatos en los Trópicos.. (Robock et al, 2008).

En junio y agosto, en el escenario de aplicar geoingeniería en los Trópicos, regiones de **Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Perú, Brasil, Bolivia y Paraguay** podrían experimentar oscilaciones en la lluvia de hasta +/- 1mm/día. Regiones **Brasil, Guyana, Argentina y Surinam** podrían sufrir aumentos. (Figura 8).

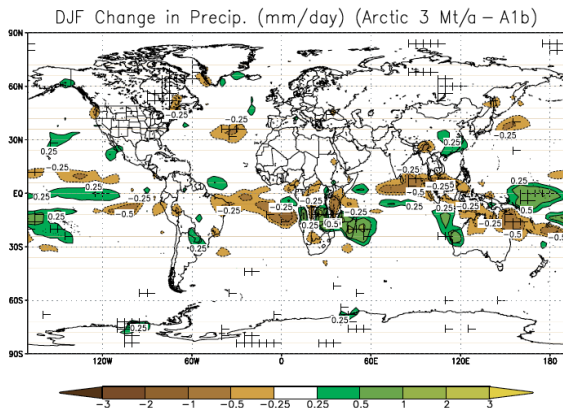


Figure 7. Muestra el cambio de la precipitación en escala de color, de 1mm/día en un escenario de inyecciones de sulfato en el Ártico. Los cambios se muestran en diciembre-febrero. (Robock et al. 2008).

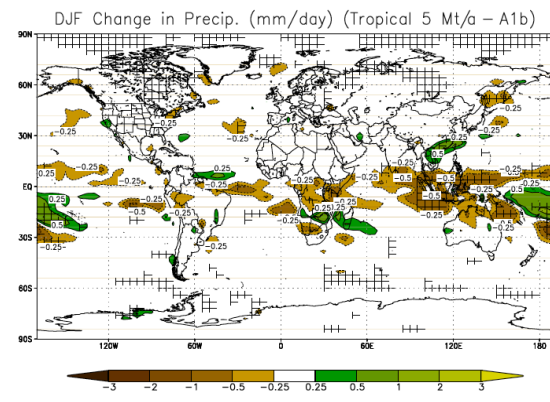


Figure 8. Muestra el cambio de la precipitación en escala de color, de 1mm/día en un escenario de inyecciones de sulfato en los Trópicos. Los cambios se muestran en diciembre-febrero. (Robock et al. 2008).

Analogías volcánicas: la inyección de sulfatos en la estratosfera imita a las erupciones volcánicas que han bajado la temperatura mediante el mismo proceso de liberar sulfuros. En 1991 el volcán Pinatubo en Filipinas disparó 20 millones de toneladas de dióxido de sulfuro ocasionando una reducción promedio en la temperatura global de 0.4 grados centígrados. Además de la temperatura, las erupciones volcánicas afectan también la precipitación. El año posterior a la erupción del Pinatubo ocurrió una sustancial reducción de las lluvias y se registró muy baja afluencia de los ríos y otras descargas acuáticas en los océanos. Esto ha llevado a los científicos a concluir que efectos adversos importantes, incluyendo sequías, podrían derivar de la inyección de sulfatos en la estratósfera pues los flujos atmosféricos serían afectados y con ello el ciclo hidrológico global.

(Robock et al. 2008; NSF 2010; Trenberth & Dai 2007; Haywood et al. 2013)

Tanto en el escenario de los Trópicos como en el Ártico, lo mismo en junio y agosto que en diciembre y febrero, el estudio muestra que la temperatura de la superficie podría bajar en América Latina. Es preciso notar que, con algunas excepciones, tanto en el Ártico como en los Trópicos en los meses dichos prácticamente no hay cambio en la precipitación sobre **Europa y Norteamérica.**

Conclusión: El cambio climático es un fenómeno antropogénico que deriva de los efectos laterales de las veloces transformaciones económicas. Sin acciones inmediatas de mitigación y adaptación, el impacto en la gente, la economía y la producción de alimentos en América Latina podría sufrir graves disrupciones. Los niveles del

mar subirán, el rendimiento de los cultivos bajará, los patrones climáticos serán erráticos y la salud estará en riesgo. Ante esto, la geoingeniería, específicamente —pero no exclusivamente— el manejo de la

radiación solar puede parecer una opción barata y técnicamente viable, un remedio rápido y efectivo que podría posponer el cambio climático y darnos más tiempo. Pero ese remedio podría ser peor que el problema. Nuevamente, es un arreglo técnico que puede tener efectos laterales devastadores. Los escenarios proyectados por computadora identifican riesgos muy reales. Sin embargo, en última instancia, tal vez el riesgo más grande es que los países en desarrollo inevitablemente tendrán que ceder el control del termostato planetario a las naciones y las industrias con poder tecnológico que ocasionaron el cambio climático en el primer lugar. Los países en desarrollo serán expuestos a cambios que rebasarán las predicciones de todo cambio climático.

Quienes promueven la inyección de sulfatos en la estratosfera argumentan que los costos son mucho menores que cualquier otra estrategia de adaptación o mitigación. Esto no es verdad. Sólo han calculado costos relativamente bajos del despliegue técnico para bombear los sulfatos a la estratosfera. Hay enormes costos indirectos que incluyen daños ocasionados por el manejo de la radiación solar. Los costos de la adaptación y mitigación que deben pagar los países industrializados se trasladarán a los costos por daños que pagarán quienes no ocasionaron el problema.

El Grupo ETC: El Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración (Grupo ETC) es una organización internacional de la sociedad civil, sin fines de lucro, establecida en 1977 con estatus en ECOSOC y estatus de observador en varias agencias de Naciones Unidas como CMNUCC, FAO, CDB, PNUMA y UNCTAD. El Grupo ETC tiene sede en Canadá y oficinas regionales en África, Asia, América Latina y Estados Unidos. ETC tiene el mandato de monitorear los desarrollos económicos, ambientales y tecnológicos importantes para el bienestar de los pueblos marginados de todo el mundo. Por mayor información por favor visite: www.etcgroup.org. Directora de ETC para América Latina_ **Silvia Ribeiro (silvia@etcgroup.org)**

Créditos: El proceso de investigación y redacción de este documento fue coordinado por Linda Dubec, voluntaria en el Grupo ETC, graduada en ciencias ambientales por la Universidad de Linköping (Suecia) y maestro en ecología humana por la universidad de Lund (Suecia).

Referencias:

- Haywood, Jim M., Andy Jones, Nicolas Bellouin & David Stephenson. 2013. "Asymmetric forcing from stratospheric aerosols impacts Sahelian rainfall". *Nature Climate Change*, 3:660-665.
- Kravitz, Ben, Ken Caldeira, Olivier Boucher, Alan Robock, Philip J. Rasch, Kari Alterskjær, Diana Bour Karam, Jason N. S. Cole, Charles L. Curry, James M. Haywood, Peter J. Irvine, Duoying Ji, Andy Jones, Jón Egill Kristjánsson, Daniel J. Lunt, John C. Moore, Ulrike Niemeier, Hauke Schmidt, Michael Schulz, Balwinder Singh, Simone Tilmes, Shingo Watanabe, Shuting Yang, Jin-Ho Yoon. 2013. "Climate model response from the Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP)". *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 118:8320-8332.
- NSF. 2010. *Volcanic Eruptions Affect Rainfall Over Asian Monsoon Region – Some regions drier, others wetter*. Press release 10-209. November 4, 2010. http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=118023.
- Robock, Alan, Luke Oman, and Georgiy L. Stenchikov. 2008. "Regional climate responses to geoengineering with tropical and Arctic SO₂ injections", *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, D16101.
- Trenberth, Kevin E. & Aiguo Dai. 2007. Effects of Mount Pinatubo volcanic eruption on the hydrological cycle as an analog of geoengineering. *Geophysical Research Letters*, vol. 34:L15702.

¹ Aunque ha habido muchos estudios con modelos de computadora para similar escenarios de MRS, en este documento el objetivo es señalar escenarios posibles y que se refieran a la inyección de sulfatos en la estratosfera.

² Haywood, Jim M., Andy Jones, Nicolas Bellouin & David Stephenson. 2013. "Asymmetric forcing from stratospheric aerosols impacts Sahelian rainfall", en *Nature Climate Change*, vol. 3:660-665.

³ Robock, Alan, Luke Oman, y Georgiy L. Stenchikov. 2008. "Regional climate responses to geoengineering with tropical and Arctic SO₂ injections," *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, D16101.

⁴ Silva, Viviane B.S. y Vernon E. Kousky. 2012. "05 The South American Monsoon System: Climatology and Variability (2012)", En: *Modern Climatology*. Book 10. http://digitalcommons.usu.edu/modern_climatology/10

⁵ Grimm, Alice M. y Marcia T. Zilli. 2009. "Interannual Variability and Seasonal Evolution of Summer Monsoon Rainfall in South America." *Journal of Climate*, 22: 2257-2275.

⁶ Marengo J. A., B. Liebmann, A. M. Grimm, V. Misra, P. L. Silva Dias, I. F. A. Cavalcanti, L M. V. Carvalho, E. H. Berbery, T Ambrizzi, C. S. Vera, A. C. Saulo, J. Noguez-Paegle, E. Zipser, A. Sethk, and L. M. Alveise. 2012. "Recent Developments on the South American Monsoon System." *International Journal of Climatology*, 32: 1-21.

⁷ Los autores usaron el modelo climático HadGEM2-ES para simular dos experimentos que fueron variantes del Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP) G4. El nivel de inyecciones de sulfatos en los experimentos fue de 5 Tg SO₂/año.

⁸ Los autores usaron el Instituto Goddard de la NASA para Estudios Espaciales ModelE, un modelo general de circulación para la atmósfera del océano (GCM) y basaron sus experimentos en un rango de 40 años usando el escenario del IPCC "negocios como siempre". El A1B es un escenario forzado por gases con efecto de invernadero (CO₂, CH₄, N₂O, and O₃) y aerosoles en la tropósfera (sulfato, biogénico, y hollín). Los dos escenarios se basan en inyecciones de 3 Tg SO₂/año en el Ártico o en inyecciones de 5 Tg SO₂/año en los Trópicos.