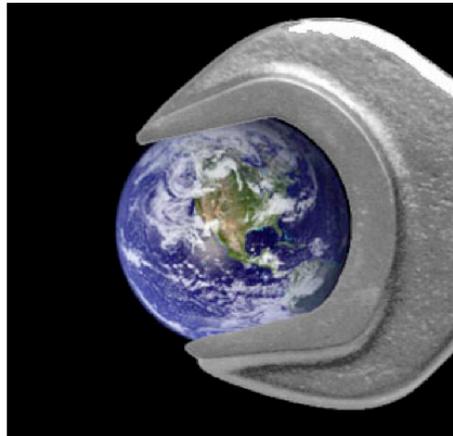


LOS ESFUERZOS POR REMENDAR AL PLANETA

CAOS CLIMÁTICO EN LA ERA DE LA GEOINGENIERÍA



INFORME DEL GRUPO ETC

PROVISIONAL / Agosto 2010



LOS ESFUERZOS POR REMENDAR AL PLANETA CAOS CLIMÁTICO EN LA ERA DE LA GEOINGENIERÍA INFORME DEL GRUPO ETC*

INTRODUCCIÓN

No hay duda alguna de que incidir en los ecosistemas locales puede provocar efectos en todo el planeta. A ello debemos el cambio climático inducido por la actividad humana. Sin embargo, está ganando terreno una idea temeraria: que podemos intervenir deliberadamente los sistemas planetarios para corregir el daño que hemos provocado en nuestro clima. A esto se refiere la geoingeniería, la intervención intencional a gran escala en los océanos, los suelos y/o la atmósfera de la Tierra, especialmente con el fin de combatir el cambio climático.

La geoingeniería puede referirse a una amplia gama de esquemas, entre los que se incluyen el lanzamiento de partículas de sulfatos a la estratosfera para reflejar los rayos solares; el vertimiento de partículas de hierro en los océanos para nutrir al plancton que absorbe el CO₂; el disparo de yoduro de plata a las nubes para producir lluvia; la ingeniería genética de los cultivos para que su follaje refleje mejor la luz del sol, entre otras.

David Keith —físico y promotor de la geoingeniería adscrito a la Universidad de Calgary— describe la geoingeniería como “una solución expedita que emplea tecnología adicional para contrarrestar efectos no deseados sin eliminar su causa de origen”.¹ En otras palabras, la geoingeniería emplea nuevas tecnologías para intentar rectificar los problemas creados por el uso de viejas tecnologías: un clásico remiendo tecnológico.

En medio de un creciente malestar público y cada vez mayores concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) se sienten presionados a “doblar las manos”: o bien adoptan políticas socialmente responsables para reducir dramáticamente la producción y el consumo de combustibles fósiles, o esperan a que emerja una alternativa, un recurso providencial en la forma de un conjunto de arreglos tecnológicos que les permita mantener el *status quo* y evadir las consecuencias. No sorprende que el supuesto “recurso providencial” —la geoingeniería— adquiera fuerza. Tampoco sorprende que los Estados del Norte global, responsables por casi la totalidad de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y que han negado o evadido durante décadas el tema del cambio climático, son los que más calurosamente han dado la bienvenida a la opción de la geoingeniería. Pero además, esos países son los que tendrían un control *de facto* de su emplazamiento: sólo los países más ricos del mundo tienen la capacidad real de integrar el hardware y el software necesarios para intentar recomponer el clima y reajustar el termostato. También es obvio que los protagonistas del sector privado que querrán encabezar la geoingeniería serán probablemente las mismas empresas de las ramas energética, química, silvícola y de los agronegocios que cargan con la responsabilidad de haber creado el actual predicamento climático en el que nos encontramos, es decir, los mismos que nos condujeron a este caos.

Elegir la geoingeniería como una de las soluciones al caos climático atenta directamente contra el principio de precaución. Aún los posibles inversionistas reconocen que no sabemos lo

suficiente sobre los sistemas terrestres como para arriesgarnos a la aplicación intencional de la geoingeniería o incluso a experimentar con ella en el mundo real. No sabemos si la geoingeniería será barata (como insisten sus promotores), especialmente si fracasa (o cuando fracase), si obstaculiza el desarrollo de alternativas constructivas o provoca efectos adversos. No sabemos cómo retirar una tecnología de escala planetaria ya que ha sido liberada. Es probable que las tecnologías que alteren la composición de la estratósfera o la química de los océanos tengan consecuencias no intencionales e impactos diferenciados en el mundo, es decir, que en unos lugares el resultado sea bueno, y en otros no tanto (a lo que se llama eufemísticamente “heterogeneidad espacial”).² Así como el experimento de “geoingeniería” no intencional que significó la Revolución Industrial afectó desproporcionadamente a los pueblos que habitan las regiones tropicales y subtropicales del mundo, es probable que los experimentos de geoingeniería deliberada afecten precisamente a los pueblos comunidades con menos posibilidades de sobreponerse a los desastres.

Los gobiernos que calladamente discuten la posibilidad de financiar la experimentación en geoingeniería son los mismos que incumplieron en aportar siquiera los recursos mínimos para las acciones de mitigación o adaptación al cambio climático. De hecho, en algunos centros de decisión se está proponiendo el enfoque MAG (Mitigación, Adaptación y Geoingeniería) para incorporarlo en las discusiones sobre cambio climático.³ Esos gobiernos están dispuestos a desviar los fondos que serían usados para las acciones de mitigación y adaptación frente al cambio climático hacia la geoingeniería, si se les da la oportunidad. Después de todo, tienen la capacidad de gastar el dinero en sus propios científicos y corporaciones para lanzar iniciativas que muy probablemente sólo beneficiarán a “su parte” del mundo. No existe razón para que los gobiernos y los pueblos de la mayoría del continente africano, Asia o América Latina confíen en que los gobiernos, empresas y científicos del Norte global defenderán sus intereses. En ausencia de una comprobable buena fe de los estados que promueven y presumiblemente controlarán el desarrollo de la geoingeniería, los gobiernos del Sur global deberían desconfiar. En ausencia de un debate público que incorpore el tema de las desigualdades entre países ricos y pobres, en términos, tanto de la responsabilidad histórica por el cambio climático, como de los impactos potenciales de cualquier tecnología emplazada para combatirlo, la geoingeniería no es más que un acto de geopolítica.

Cuadro 1: ¿Qué es la geoingeniería?

La geoingeniería es la intervención intencional en gran escala en los océanos, suelos y/o la atmósfera de la Tierra, con el propósito de combatir el cambio climático. La geoingeniería incluye una amplia gama de esquemas, entre los que se incluyen: el lanzamiento de partículas de sulfatos a la estratósfera para reflejar los rayos solares; el vertimiento de partículas de hierro en los océanos para nutrir al plancton que absorbe el CO₂; el disparo de yoduro de plata a las nubes para producir lluvia; la ingeniería genética de los cultivos para que su follaje refleje mejor la luz del sol, entre otras. David Keith, físico de la Universidad de Calgary, describe a la geoingeniería como “una solución expedita que emplea tecnología adicional para contrarrestar efectos no deseados sin eliminar su causa de origen”.⁴

La tecnología, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y la geoingeniería

La 15ª Conferencia de las Partes (COP 15) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), realizada en Copenhague (7-18 de diciembre de 2009) fue considerada la última oportunidad para que los negociadores internacionales alcanzaran un acuerdo para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero posterior a 2012. El primer periodo de compromiso dentro del Protocolo de Kioto, que entró en vigor en 2005 y que estableció metas obligatorias de reducción de emisiones a 37 naciones industrializadas, además de a la Unión Europea, expira en 2012.⁵ Se suponía que en la conferencia realizada en la capital danesa se firmaría un nuevo acuerdo jurídicamente vinculante. No ocurrió, y las posibilidades de que eso ocurra son ahora minúsculas).

De hecho, los países ricos —incluidos en el Anexo 1, según la jerga de la CMNUCC— estuvieron muy ocupados en sus ciudades capitales tratando de reducir las expectativas creadas alrededor de la conferencia de Copenhague. Los movimientos sociales y los países subdesarrollados estaban decididos a asegurarse de que aquellos que ocasionaron el caos climático asumieran la responsabilidad. El rumor en los pasillos de la sede de la preconferencia de las partes realizada en Bangkok, Tailandia (28 de septiembre-9 de octubre de 2009), era que los países incluidos en el Anexo 1 pretendían abandonar el Protocolo de Kioto y su noción de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, que ponía la carga mayor sobre los países que históricamente han sido los mayores emisores de gases de efecto invernadero, al tiempo que esperaban forzar a los países desarrollados a aceptar un acuerdo en el que todos compartan la deuda climática en que incurrieron los países desarrollados. Resulta difícil no establecer un paralelo con el rescate financiero mediante el que los gobiernos gastaron billones de dólares de sus erarios para proteger a bancos y empresas, mientras permitían que más de mil millones de personas padecieran hambre, incluyendo a los 150 millones de hambrientos agregados por la actual crisis alimentaria, la cual se disparó, en parte, por el cambio climático y por el crecimiento de la producción de combustibles agroindustriales que supuestamente mitigarían el cambio climático.⁶

Durante el llamado Plan de Acción de Bali (PAB), negociado en 2007 se determinó que la tecnología era uno de los cuatro “pilares” de la acción frente al cambio climático (los otros tres son la mitigación, la adaptación y el financiamiento). Aunque los acuerdos en estas negociaciones siempre son difíciles, muchas de las partes hicieron profesión de fe conjunta respecto al poder de la tecnología como portadora de soluciones al caos climático.

En el boletín de la CMNUCC, titulado “¿Por qué es tan importante la tecnología?” se resume la postura de la Convención: “las tecnologías ambientalmente seguras están en condiciones de ofrecer soluciones en las que todos salen ganando, al permitir que el crecimiento económico global y la mitigación del cambio climático avancen conjuntamente”.⁷ Dicho de otro modo, la tecnología nos permitirá continuar en la trayectoria actual sin reducciones en la producción y el consumo (de hecho, la tecnología favorecerá que produzcamos y consumamos más), sin sufrir las consecuencias. Y la fe en la tecnología conlleva, implícita, una fe en el sector privado: “el papel de las empresas como fuente de soluciones al cambio climático global es reconocido universalmente”, dice el boletín.

Las referencias a la tecnología están repartidas a lo largo del texto de aproximadamente 200 páginas del Acuerdo para las Acciones Cooperativas de Largo Plazo.⁸ Términos como “tecnologías ambientalmente seguras” (TAS) y “tecnologías innovadoras” aparecen por todos lados, pero no hay una definición explícita de lo que significan en el contexto de la mitigación y adaptación al cambio climático, así como tampoco se especifica cuáles son las tecnologías consideradas.

Los gobiernos de los países ricos, asaltados por el pánico, anhelan soluciones rápidas antes que irritar a su electorado u ofender a la industria. Aunque la geoingeniería parezca (o resulte) peligrosa, los gobiernos del mundo están conscientes de que deben realizarse acciones lo antes posible. Están conscientes también de que los esquemas de intercambio de bonos de carbono no tendrán ningún impacto en la mitigación del cambio climático.

En el Acuerdo pueden encontrarse también numerosas referencias a la necesidad de crear un “ambiente facilitador” de la transferencia de tecnología, lo cual incluye varios aspectos, entre ellos, los derechos de propiedad intelectual (DPI), incentivos o la remoción de barreras para el desarrollo y la transferencia tecnológica. Los DPI son un tema particularmente controvertido debido a que no hay acuerdo respecto a si promueven o inhiben la innovación en tecnologías climáticas. El papel del sector privado en las distintas etapas del “ciclo tecnológico” y en el financiamiento del desarrollo tecnológico es otro tema de fuerte debate. Las Partes de la Convención han planteado propuestas para apuntalar las inversiones privadas dirigidas al emplazamiento, difusión y transferencia de estas tecnologías, lo mismo que para vincular a empresas privadas que ofrecen tecnologías específicas con los países que ya han tomado las “medidas adecuadas” (y que podrían convertirse en prerequisites) para recibir apoyo técnico. Algunos países desarrollados, por ejemplo, están proponiendo la firma de acuerdos y asociaciones tecnológicas voluntarios para la investigación y el desarrollo cooperativos y proyectos de desarrollo, demostración y emplazamiento tecnológico a gran escala.

En todos los casos, el “ciclo tecnológico” se entiende como: la investigación, el desarrollo, el emplazamiento, la difusión y la transferencia de tecnología. No existe referencia alguna a la evaluación de la tecnología, ni se asigna a institución alguna la responsabilidad de evaluar los impactos de esas tecnologías en el clima o la población. Y no hay siquiera un esfuerzo por evaluar cuáles tecnologías serán adecuadas en el plazo más inmediato o para quién. De hecho, algunas ideas como la protección de los saberes tradicionales o la salvaguarda de los pequeños productores agrícolas por medio de la conservación de las semillas o la rotación de los cultivos (que se sabe que no causan daño al clima), son relegadas a un segundo plano frente a enfoques que promueven tecnologías industriales, con requerimientos elevados de insumos, como el monocultivo de plantaciones de árboles para la producción de agrocombustibles (que todavía están considerados como una tecnología sustentable) o el biochar, es decir, el empleo de biomasa vegetal enterrada como sumidero de carbono. Resulta esencial para los negociadores de la CMNUCC tener en cuenta el panorama completo de las tecnologías que podrían entrar en juego incluyendo, por supuesto, a las tecnologías de la geoingeniería.

Aunque el término “geoingeniería” no aparece (todavía) en los textos de la negociación climática, mientras las técnicas de geoingeniería no sean explícitamente excluidas, puede suponerse que forman parte integrante de lo que en general se denomina como “tecnología” y que todas las medidas referidas dentro del término “acción amplia” podrían ser aplicadas. Técnicas de geoingeniería, entre las que se incluye el “manejo o gestión de la radiación solar” (prevenir que la luz del sol llegue a la tierra), podrían incluirse implícitamente en las metas de reducción de la temperatura adoptadas por los Estados miembros de la Convención. Algunos

promotores de la geoingeniería (quienes promueven la fertilización oceánica y el biochar), ya han intentado utilizar la Convención para lograr la acreditación de esas tecnologías -de eficacia no probada- como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), los cuales permiten a los países que tienen firmados compromisos de reducción de emisiones de GEI “trasladar” sus obligaciones hacia proyectos de reducción de emisiones en algún país subdesarrollado. Si una tecnología potencialmente dañina, como la fertilización oceánica o el biochar, es acreditada como MDL, las ganancias obtenidas por el empleo de los océanos y el subsuelo como “sumideros de carbono”, se impondrán sobre las otras funciones vitales que realizan: ser fuentes de alimentos.

Cuadro 2: El mecanismo de desarrollo (rechinante de) limpio

El Protocolo de Kioto incluye tres “mecanismos de mercado” (Comercio de Emisiones, Implementación Conjunta y los Mecanismos de Desarrollo Limpio [MDL]), los cuales fueron introducidos a última hora en las negociaciones del Protocolo. Los MDL proporcionan flexibilidad a los países ricos que tienen poca probabilidad de cumplir con sus metas de reducción de emisiones internamente, al permitirles comprar los “excedentes” que sustentan el desarrollo “limpio” en los países del Sur global, que no habrían ocurrido sin la aplicación de medidas dirigidas a generar esos excedentes. Esto significa, teóricamente, que los grandes contaminadores del Norte global invertirán en proyectos en los países subdesarrollados con el fin de compensar el impacto negativo generado por sus elevadas emisiones de gases de efecto invernadero. El proceso es supervisado por un Comité Ejecutivo para los MDL bajo las órdenes de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC. El número de proyectos MDL ha crecido explosivamente en fechas recientes (multiplicándose por diez), es decir, que entre 2005 y 2007, el Comité Ejecutivo pasó de recibir diez propuestas al mes, a recibir cien. El Comité ha otorgado apoyos a más de cuatro mil proyectos.

Los Mecanismos de Desarrollo Limpio han sido fuertemente criticados, tanto en su ámbito conceptual como en su forma de operación en campo. De hecho, se reconoce desde sus instancias directivas “la renovada urgencia, en 2009, de la tarea de mejorar los MDL”.⁹ Un problema serio consiste en que los MDL no contribuyen realmente a reducir las emisiones, sino que más bien ofrecen más tiempo a los grandes contaminadores, lo que empeora la crisis climática y permite más y más emisiones de GEI a la atmósfera. Respecto a su aplicación en el terreno, las críticas más comunes incluyen: un muy reducido número de países han concentrado los apoyos financieros a los proyectos;¹⁰ las comunidades locales no son incluidas adecuadamente en la toma de decisiones, lo cual resulta en dificultades económicas y ambientales; los proyectos de monocultivos en plantaciones de empresas agro-silvícolas reemplazaron usos tradicionales y más sustentables del suelo; grandes plantas generadoras de energía eléctrica, con impactos locales negativos, recibieron certificación como MDL; se ha impedido a los pueblos indígenas afirmar adecuadamente sus derechos en el proceso.

Mientras los problemas derivados con el comercio de carbono y la generación de excedentes se vuelven más evidentes con el tiempo, los Estados más influyentes dentro de la CMNUCC trabajan para ampliar la cobertura de esos mecanismos, especialmente mediante la adopción y expansión del Programa REDD (Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques). Los países incluidos en el Anexo 1 del Protocolo de Kioto luchan por otorgarle un papel predominante a las instituciones financieras internacionales —particularmente el Banco Mundial—, mientras que los países subdesarrollados están insatisfechos con su estructura de gobierno antidemocrática (basada en el monto de las cuotas aportadas por país) y con su práctica de imponer políticas económicas que han sido tan perjudiciales en las últimas dos décadas.

Los MDL están en el centro de las negociaciones en curso, tanto en términos de su reforma y expansión hacia mecanismos “sectoriales” y “políticas de MDL”, como de los esfuerzos por expandir su cobertura para incluir en ellos a tecnologías como la Captura y Secuestro de Carbono (CSC), la energía nuclear y el biochar. Una evaluación crítica de los Mecanismos de Desarrollo Limpio debe incluir la comprensión de las tecnologías existentes y las nuevas que están siendo consideradas.

La geoingeniería se vuelve popular

La geoingeniería ha estado siempre sobre la mesa como una posible respuesta al cambio climático. Desde 1965, el Comité Asesor Científico del Presidente de Estados Unidos advirtió, en un informe titulado *Restoring the Quality of Our Environment (Restaurar la calidad de nuestro ambiente)*, que las emisiones de CO₂ estaban modificando el equilibrio de la temperatura terrestre.¹¹ Ese informe, considerado como el primer reconocimiento de alto nivel del cambio climático recomendó no la reducción de las emisiones sino una serie de opciones de geoingeniería. “Las posibilidades de provocar deliberadamente un cambio climático compensatorio... deben explorarse exhaustivamente” y sugirió dispersar partículas reflejantes en los mares tropicales a un costo anual de aproximadamente 500 millones de dólares, las cuales podrían también inhibir la formación de huracanes. El Comité también especuló sobre la función de las nubes para contrarrestar el calentamiento. A decir de James Fleming, el principal historiador de la modificación climática: “el primer informe oficial sobre los modos para afrontar el cambio climático... fracasó en mencionar la opción más obvia: reducir el consumo de combustibles fósiles”.¹²

Cuarenta años después de la publicación del informe del Comité Asesor Científico, todo el mundo, incluyendo al entonces presidente de Estados Unidos, hablaba sobre el calentamiento global. Los científicos advertían que la elevación de la temperatura en el casquete polar ártico y la tundra siberiana podrían “lanzar” al planeta hacia una caída en barrena; el Congreso de Estados Unidos acordó evaluar una iniciativa de ley para establecer un “Consejo de Investigación y Operaciones Sobre la Modificación Climática”, de escala nacional. Aunque la iniciativa no fue aprobada, fue resucitada en 2009, como “Iniciativa para la Investigación en Mitigación Climática y la autorización de Políticas de Desarrollo”, recomendada para presentarse ante el pleno del Senado.

El debate actual sobre la modificación climática puede seguirse a partir de un artículo¹³ redactado, entre otros, por el fallecido Dr. Edward Teller —ganador del Premio Nobel, responsable por la bomba de hidrógeno y uno de los científicos estadounidenses más influyentes políticamente del siglo XX. Teller otorgó su apoyo a la geoingeniería cuando él y otros dos colegas presentaron su artículo ante el 22º Seminario Internacional sobre Emergencias Planetarias, realizado en Erice, Sicilia en 1997. Aunque los autores no presentaron sus opiniones como respaldadas por el gobierno de los Estados Unidos, su trabajo se realizó en el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, bajo contrato con el Departamento de Energía de Estados Unidos.

Podría haberse descartado a Teller calificándolo como un científico cuyos mejores años ya habían pasado (tenía 98 años de edad en momento en que se realizó el seminario en Sicilia), excepto que otro ganador del Premio Nobel, Paul J. Crutzen —quien ganó su premio por encabezar el trabajo de investigación sobre la capa de ozono— amplificó la onda de choque en 2002 al ofrecer su respaldo a la geoingeniería en la revista *Nature*.¹⁴ Dado que vivimos en la era del “antropoceno”, en la que los seres humanos afectan crecientemente el clima, Crutzen sugirió que nuestro futuro “bien puede incluir proyectos de geoingeniería en gran escala”. Ese mismo año, la revista *Science* publicó un artículo propio argumentando que la geoingeniería es un enfoque legítimo para combatir el cambio climático.¹⁵

También en 2002, Teller, junto con sus colegas Roderik Hyde y Lowell Wood, presentaron un artículo a la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos en el que alegaban que la geoingeniería —y no la reducción de GEI— “es la ruta obligada por las provisiones pertinentes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”.¹⁶

En 2005, otro climatólogo de alto perfil, Yuri Izrael, exvicepresidente del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), y director del Instituto de Estudios sobre Ecología y el Clima Global, con sede en Moscú, escribió al presidente ruso Vladimir Putin, perfilando una propuesta para liberar 600 mil toneladas de azufre en aerosol a la atmósfera para reducir en algunos grados las temperaturas globales. Desde entonces, Izrael ha aseverado que prepara diversos experimentos de geoingeniería en pequeña escala.

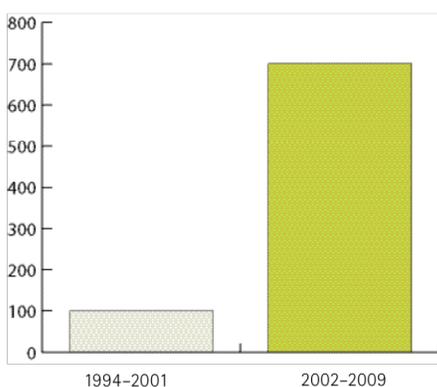
Paul Crutzen regresó al rebote en agosto de 2006, al escribir en la revista *Climatic Change*, llamando a la investigación activa sobre el uso de aerosoles de azufre de escala inferior al micrómetro con el fin de reflejar la luz del sol hacia la estratósfera y así enfriar a la Tierra.¹⁷ Crutzen, profesor en el Instituto de Química Max Planck, en Mainz, Alemania, dijo que podrían utilizarse cañones de artillería y globos aerostáticos para disparar dióxido de azufre a la estratosfera. El dióxido de azufre se convertiría en partículas de sulfato y el costo oscilaría entre 25 mil y 50 mil millones de dólares anuales, según sus estimaciones. Una cifra, según él, muy inferior al billón de dólares que cada año gastan los gobiernos en defensa. Crutzen advirtió que su estimación de los costos no incluía el costo humano por muertes prematuras derivadas de la contaminación por partículas, puesto que partículas tan pequeñas podrían permanecer circulando por el aire durante dos años. Reconoció que se trataba de una propuesta riesgosa e insistió en que sólo debería ser ejecutada como última opción; incluso añadió que la voluntad política para hacer cualquier otra cosa parecía ya haber fracasado. Un editorial en el mismo número de la revista *Climatic Change*, elaborado por Ralph J. Cicerone, químico atmosférico y presidente de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, también apoyó la profundización de las investigaciones relativas a las propuestas de geoingeniería de Crutzen. Cicerone declaró al *New York Times*, a mediados del 2006: “deberíamos tratar estas propuestas como tratamos cualquier otra investigación y hacernos a la idea de que deben ser tomadas con toda seriedad”.¹⁸

Para noviembre, el Centro de Investigación Ames, de la NASA, había convocado a un encuentro de alto nivel de promotores de la geoingeniería con el fin de explorar opciones. La reunión fue presidida por Lowell Wood. “La mitigación no está ocurriendo y no va a ocurrir... “Ha llegado el momento de eliminar inteligente por medios y métodos técnicos el calor no deseado en la biosfera” dijo el Wood a los asistentes. Según él, la idea es lograr una “gratificación climática instantánea”. A partir de esa reunión inició una campaña de financiamiento para las tecnologías asociadas a la geoingeniería y para hacerle una cara respetable a este campo.

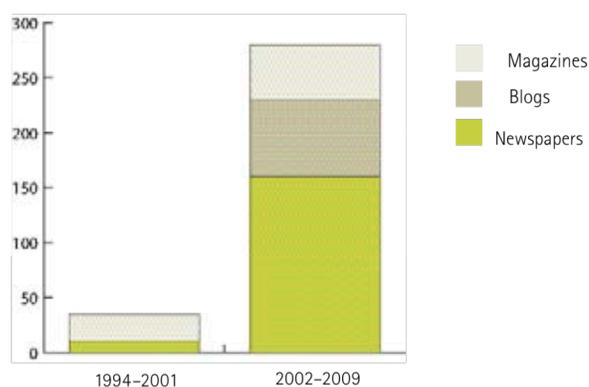
Guerra mediática y evaluación política de los gobiernos

El apoyo a la geoingeniería proviene de los círculos científicos y políticos así como de los grandes medios de comunicación. Hoy es políticamente correcto hablar de la geoingeniería como una respuesta legítima al cambio climático: un cambio en la credibilidad que el *New York Times* denominó como un “gran retroceso”.¹⁹ Una vez que científicos climáticos prominentes han otorgado su apoyo público en medios impresos a la geoingeniería, calificándola como un esfuerzo científico creíble, las publicaciones en este campo se han multiplicado tanto en las revistas académicas (incrementándose casi cinco veces) y en la prensa general (multiplicándose por doce), como se muestra en las gráficas siguientes.²⁰

Scientific Articles on Geoengineering before and after 2002



Media Coverage of Geoengineering Articles before and after 2002



En abril de 2009, John Holdren, principal asesor científico del presidente de Estados Unidos Barack Obama reconoció que la administración considera opciones de geoingeniería para combatir el cambio climático.²¹ El mes siguiente el secretario de energía de Estados Unidos, Steven Chu, manifestó su apoyo a soluciones tecnológicas al cambio climático, incluyendo entre ellas esquemas de geoingeniería “benignos” como el blanqueado de las azoteas.²² En junio, las academias nacionales —el cuerpo institucional encargado de asesorar al gobierno estadounidense en materia científica— auspiciaron un taller de dos días sobre “Opciones de la Geoingeniería para Responder al Cambio Climático: Pasos para Establecer una Agenda de Investigación”.²³ Steven Koonin, subsecretario para la ciencia del Departamento de Energía, participó en un informe publicado en julio, en el cual se consideraba la factibilidad técnica de colocar sulfatos en aerosol en la estratósfera para reducir las temperaturas globales.²⁴

Al otro lado del atlántico las instituciones encargadas de la política científica comenzaban también la bienvenida a la geoingeniería. Mientras ocurría una exposición de altos vuelos en el Museo de la Ciencias en Londres, titulada “¿Pueden las algas salvar al mundo?”, un alto funcionario del Ministerio del Ambiente del Reino Unido dejaba ver que era fanático de la fertilización oceánica. En 2008, el ministro anónimo envió una carta a un blog sobre geoingeniería diciendo que “la fertilización oceánica, dado su enorme potencial, *debe* ser explorada vigorosamente... la cuestión es cómo hacer esto sin generar oposición pública”.²⁵

El Comité Parlamentario Británico para la Innovación, la Ciencia, las Universidades y las Capacidades, publicó un informe recomendando la investigación en geoingeniería con base en los aportes presentados en sucesión 2008-2009.²⁶ A inicios del 2009, el ministro alemán de investigación autorizó la realización de un experimento de geoingeniería para la fertilización oceánica en el mar de Escocia, a pesar de la existencia de una moratoria a tales prácticas que su propio gobierno había ayudado a conseguir, durante la reunión del Convenio sobre Diversidad Biológica, en Bonn, en 2008.²⁷

En abril del 2009 el Ministerio para la Ciencia, la Tecnología y la Educación Superior de Portugal convocó a una sesión bajo el principio de Chatham House²⁸ sobre geoingeniería.²⁹ En septiembre, la Real Sociedad Británica —la Academia Nacional de Ciencias en el Reino Unido—, le siguió con el lanzamiento de un informe, *La Geoingeniería y el Clima: Ciencia, Gobernanza e Incertidumbre (Geoengineering the climate: Science, Governance and Uncertainty)*,³⁰ en el cual se otorga a la geoingeniería quizá el mayor impulso a su credibilidad hasta la fecha.

Los autores del informe de la Real Sociedad Británica plantearon que la geoingeniería es una “póliza de seguro”, un ojalá distante Plan B, que debería ser considerado si llegamos a encontrarnos en una “emergencia” climática. Los autores reconocen que hay muchas maneras de aplicar la geoingeniería al planeta y admiten que se sabe muy poco sobre los impactos potenciales a la sociedad y al ambiente. El informe recomienda que los gobiernos financien un programa de investigación dedicado y coordinado por diez años para la investigación en geoingeniería (con 100 millones de libras esterlinas del gobierno). La mayor parte de la investigación se realizaría en la forma de monitoreos y simulaciones de computadora, aunque el informe también recomienda experimentos en campo para distintas tecnologías.

Desde algunas perspectivas, la insistencia de dicho informe respecto a que la geoingeniería sea entendida como una “póliza de seguro” puede parecer prudente, práctica e incluso precavida, pero el respaldo explícito que el informe otorga a la investigación en geoingeniería y a la experimentación en mundo real, así como a los esquemas más extremos,³¹ son sumamente problemáticos. Algunos funcionarios han señalado el creciente interés en la geoingeniería a lo largo de los últimos meses y han insistido en que sintieron la obligación de asumir la tarea de aportar “rigor” a un debate crecientemente polémico,³² pero nada de esto ha sucedido.

Desafortunadamente (aunque se veía venir) la publicación del informe de la Real Sociedad Británica fue aprovechada por varios promotores de la geoingeniería como el momento oportuno para amplificar mediáticamente sus propios puntos de vista. Grupos neoconservadores actuaron en conjunto para publicar un informe de alto perfil sobre por qué la geoingeniería es más barata que la mitigación del cambio climático (véase “La maniobra Lomborg”, adelante); el Instituto Británico de Ingenieros Mecánicos se adelantó a la Real Sociedad Británica al publicar su propio análisis favorable de la geoingeniería un día antes y uno de los miembros del grupo de trabajo de la Real Sociedad, el Dr. Peter Cox (quien desarrolla un proyecto de geoingeniería dirigido a la región de África occidental) aprovechó la aparición del informe para publicar una edición especial sobre geoingeniería de la revista *Physics World* con el lema “Es tiempo de eliminar el tabú de la geoingeniería”.³³ El resultado fue que los detalles del informe de la Real Sociedad Británica se perdieron bajo una avalancha de comunicados de prensa favorables a la geoingeniería.

La geoingeniería también ha recibido atención recientemente de parte de agencias internacionales como el Banco Mundial, en su más reciente *Informe sobre el Desarrollo Mundial*,³⁴ y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en un compendio de reciente publicación sobre e conocimiento científico generado desde el último informe del IPCC.³⁵ El PNUMA sugiere que el problema de la responsabilidad frente a la geoingeniería debe ser discutido pero se muestra pesimista respecto a las perspectivas de alcanzar una gobernanza o regulación internacional: “considerando las dificultades que han surgido para llegar a acuerdos respecto a soluciones obvias para el cambio climático, (...) las incertidumbres presentes en los esquemas de geoingeniería muy probablemente impedirán el logro de un acuerdo global en materia de interferencia deliberada con los sistemas terrestres”.³⁶ Informes previos del IPCC sólo habían hecho menciones marginales y críticas sobre la geoingeniería, pero su próximo informe cubrirá este campo con más profundidad, dado el reciente aumento de su credibilidad y gracias al hecho de que varios de los científicos en geoingeniería más prominentes forman parte de sus grupos de trabajo.

La maniobra Lomborg: una vez detractor del cambio climático, hoy devoto de la geoingeniería

Temiendo los devastadores efectos del cambio climático emergió también durante los últimos dos años un nuevo y poderoso *lobby* corporativo a favor de la geoingeniería conformado por personas cuya motivación nunca ha sido la preocupación por el ambiente o por la población más pobre del mundo.

En junio del 2008, Newt Gingrich, exvocero del Congreso de Estados Unidos, envió una carta a cientos de miles de ciudadanos estadounidenses llamándolos a expresar su oposición a las propuestas de legislar para enfrentar el calentamiento global. Gingrich argumentó que la geoingeniería de la atmósfera con sulfatos era una mejor opción para combatir el cambio climático: “la geoingeniería conlleva la promesa de resolver las preocupaciones por el calentamiento global a cambio de unos cuantos miles de millones de dólares al año”, escribió Gingrich. “En lugar de castigar a los ciudadanos estadounidenses comunes, tendríamos una opción para enfrentar el cambio climático a través de recompensar la innovación científica... saludemos el ingenio estadounidense.”³⁷

Gingrich es un miembro asociado del American Enterprise Institute (AEI), un centro de investigación neoconservador que promueve la libre empresa y el adelgazamiento del estado, estrechamente relacionado con la recientemente terminada administración Bush. El AEI tiene su propio proyecto de tiempo completo en geoingeniería dirigido por Lee Lane, asesor climático de la administración Bush. En 2009, Lane publicó *Un Análisis de la Ingeniería del Clima como Respuesta al Cambio Climático (An Analysis of Climate Engineering as a Response to Climate Change)*,³⁸ un informe que aboga por la geoingeniería como la opción económicamente preferible en relación con la reducción de emisiones. Lane y su coautor afirmaron que las estrategias de reducción de emisiones, como los impuestos al carbono reducirían el Producto Interno Bruto (PIB) global en 12.9% hacia el año 2100 (mientras que otras estimaciones ubican dicha reducción en 3%), al tiempo que la acción de rociar agua de mar en las nubes solucionaría el cambio climático y agregaría 20 billones de dólares a la economía global.

El informe fue publicado y difundido ampliamente por el Centro del Consenso de Copenhague, dirigido por Bjørn Lomborg. Lomborg es mejor conocido como el controvertido “ambientalista escéptico”, quien consistentemente ha minimizado la existencia e importancia del cambio climático para molestia de los científicos del clima. Lomborg aprovecha hoy su posición en el centro del Consenso de Copenhague para presionar hacia la adopción de la geoingeniería, no como un “Plan B”, sino como “Plan A” frente al cambio climático, es decir, como la ruta preferida para enfriar el planeta.

La “maniobra Lomborg”, consistente en oponerse a toda acción en el mundo real para combatir el cambio climático y, al mismo tiempo, apoyar las acciones más extremas posibles contra el calentamiento global, se está convirtiendo ya, al parecer, en la propuesta de rigor de los antiguos escépticos y “revisionistas” del cambio climático, especialmente en Estados Unidos. Además de Lane y Gingrich en el AEI diversos operadores políticos del Cato Institute, el Instituto Thomas Jefferson, la Hoover Institution, el Competitive Enterprise Institute, el Instituto Hudson, el Instituto Heartland y la International Policy Network, entre otros profesan hoy su creciente fe en el evangelio de la geoingeniería. Mientras muchos científicos climáticos y activistas sociales apenas empiezan a debatir el tema de la geoingeniería, éste no ha dejado de ser, desde hace varios años, uno de los ejes de la discusión de la Conferencia Internacional sobre cambio Climático del Instituto Heartland, en la que participan conferencistas invitados y presentaciones de los principales promotores de la geoingeniería.

Para quienes anteriormente dudaban (o aún dudan) de la evidencia científica de que el calentamiento global tiene causas antropogénicas el enfoque de la geoingeniería traslada la discusión de la reducción de emisiones hacia soluciones al final de la línea. Una vez que la geoingeniería sea aceptada como opción, no habrá necesidad de debatir respecto a quién es el responsable de poner el dióxido de carbono en la atmósfera, o a la exigencia de que se detenga. Si poseemos los medios para absorber los gases de efecto invernadero o bajar el nivel del termostato, los emisores pueden continuar como si nada. Al menos un analista sostiene que la adopción generalizada de la geoingeniería por los *think tanks* afiliados a la industria representa una táctica de distracción y retraso deliberados de parte de los mismos grupos que anteriormente utilizaron el financiamiento de las empresas petroleras para desacreditar la ciencia del cambio climático. “si podemos convencernos de que la geoingeniería de escala planetaria puede detener el cambio climático, el retraso comienza a aparecer no como la locura peligrosa que realmente es, sino como una prudencia sensible”, advierte Alex Steffen, editor de *Worldchanging.com*.³⁹ De hecho, al menos uno de los prominentes escépticos del cambio climático, Julian Morris, de la International Policy Network, afirma: “desviar los fondos hacia el control de las emisiones de carbono en lugar de dirigirlos a la geoingeniería es probablemente una irresponsabilidad moral”.⁴⁰

Tecnología, las negociaciones sobre cambio climático y la agricultura

A pesar de que en el presente informe se centra la atención en las tecnologías emergentes de geoingeniería, no debe olvidarse que muchas otras áreas de desarrollo tecnológico existentes representan amenazas similares. Además de las tecnologías evidentemente controvertidas como la energía nuclear y la captura y almacenamiento de carbono (CCS), otras tecnologías relacionadas con la agricultura y el uso del suelo son claves en el contexto de las negociaciones sobre el cambio climático.

De acuerdo con el IPCC, la agricultura es la fuente de 14% de las emisiones globales de GEI, de las cuales la mayoría proviene de la producción industrial debido a su fuerte dependencia de combustibles fósiles a lo largo de su cadena productiva. La agricultura de pequeña escala, además de alimentar a la mayoría de la población del mundo,⁴¹ posee una huella ecológica mucho más liviana. A pesar de ello, las negociaciones de la CMNUCC han ignorado ampliamente el destino de la agricultura campesina y se concentran en los métodos para incrementar la “productividad” de la agricultura industrial de gran escala y para “elevar” su valor mediante la explotación de su potencial como sumideros de carbono, especialmente por medio de monocultivos y biochar, de rápido crecimiento, en el que el programa REDD (Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques) constituye el modelo para las discusiones.

Mientras los productores comerciales de alimentos y ganado enfatizan el rendimiento y la uniformidad “tanto para el patentamiento como para el procesado” y dependen fuertemente de insumos externos, la producción campesina enfatiza la confiabilidad y la resistencia a las plagas, enfermedades, plagas y condiciones adversas del clima. A medida que la agricultura global se topa con el cambio climático, los agricultores no sólo enfrentan temperaturas y condiciones de cultivo radicalmente diferentes, sino además condiciones altamente erráticas que pondrán el acento en la diversidad y la flexibilidad de los cultivos. En otras palabras, los grandes monocultivos de variedades de plantas genéticamente uniformes serán las más vulnerables al cambio climático. Pero esto no significa que los campesinos han encontrado la solución al cambio climático y que entonces podemos todos sentirnos tranquilos. No existe nada que pueda aminorar la dramática realidad de que la agricultura en el Sur global experimenta ya los primeros y más dañinos impactos del cambio climático.

No obstante, lo anterior sí significa que los campesinos deben asumir el liderazgo en el desarrollo de estrategias (incluyendo las estrategias tecnológicas) para enfrentar las crisis alimentaria y climática. Esto no significa el abandono del potencial contenido en la investigación convencional de laboratorio. El modelo occidental de ciencia y tecnología ha desarrollado micro-técnicas que puede tener aplicaciones macro —avances e alta tecnología que pueden ser aplicados en todo (o casi todo) el mundo. La investigación campesina a Mendo desarrolla macrotecnologías para microambientes (“ancha tecnología” compleja, estrategias integradas de especificidad local).

Todas las empresas de agrobiotecnología, combustibles agroindustriales y biología sintética participan en la carrera por desarrollar “cultivos climáticos” que secuestrarán dióxido de carbono, reflejarán los rayos solares o serán capaces de soportar presiones ambientales atribuibles al cambio climático, como calor extremo o sequía, por ejemplo. La teoría plantea que si estos cultivos se producen en las extensas áreas de las planicies, las praderas, las pampas, o el Punjab, con uno o más de estos rasgos genéticos, podrían desempeñar un papel útil en la protección del planeta frente al cambio climático o para adaptarlo a un planeta más caliente mientras siguen proporcionando alimento, forraje, combustible y fibras.

Un informe reciente del Grupo ETC⁴² identificó 532 solicitudes resientes de patentes con rasgos de diseño de ingeniería genética adaptados al cambio climático. Seis de las más grandes empresas químicas del mundo (BASF, Monsanto, Bayer, DuPont, DOW y Syngenta) están activamente involucradas en el desarrollo de cultivos climáticos. BASF y Monsanto tienen una alianza estratégica (*joint venture*) de mil 500 millones de dólares para el desarrollo de variedades “listas para el cambio climático” y, conjuntamente, controlan la mitad de las 55 principales patentes identificadas por el Grupo ETC en mayo de 2008. Indirectamente (con sus socios biotecnológicos menores), esas dos empresas controlan casi dos terceras partes de las principales patentes climáticas.

Las implicaciones de los cultivos producidos industrialmente, con diseño de ingeniería genética, y “listos para el cambio climático”, en el que un pequeño número de poderosas empresas trasnacionales controlan la mayor parte de la cadena alimentaria son muy serias tanto para el cambio climático como para la seguridad alimentaria. Ciertamente, si grandes áreas de la tierra cultivable son sembradas con variedades de plantas genéticamente uniformes, especialmente en áreas tropicales y subtropicales con intensa radiación solar, esa estrategia podría exacerbar la erosión genética y el desplazamiento de especies. Más grave aún sería trasladar la producción de alimentos hacia espacios anteriormente libres de agricultura industrial (como los humedales), porque podrían amenazar la biodiversidad de esos ecosistemas y el modo de vida de quienes los habitan. Si los rasgos climáticos se mezclan con las variedades silvestres o por medio del flujo genético horizontal en los suelos, podrían ocurrir cambios significativos en los ecosistemas. Si las variedades genéticamente modificadas requieren la aplicación de sustancias químicas especiales, el incremento en el consumo de agroquímicos podría ser perjudicial para la flora, la fauna, los agricultores y los consumidores locales.

Si nuestro objetivo no es exacerbar los problemas que la biotecnología ya ha provocado en los sistemas alimentarios del mundo, los representantes de los agricultores en pequeña escala y de la agricultura realmente sustentable necesitarán conquistar su lugar en la mesa de negociaciones.

Cuadro 3: Principio probatorio – ¿Es factible la geoingeniería?

Por desgracia, la humanidad ya ha dado prueba operativa de que es posible la reestructuración masiva del planeta. Cúbranse suficientes tierras húmedas e introdúzcanse monocultivos en suficientes campos y el ecosistema cambiará. Tálense suficientes bosques y el clima cambiará. Incrementese suficientemente la contaminación industrial y el ozono desaparecerá y será sustituido por el smog. El “principio probatorio” de la geoingeniería es evidente.

Diez viejas expresiones de la geoingeniería del planeta:

- Talar la mayoría de los bosques del mundo;
- Convertir las sabanas y las tierras marginales en tierras de plantación de monocultivos;
- Erigir represas en los ríos, desviar los ríos, secar los humedales y los acuíferos;
- Bombear miles de millones de toneladas de contaminantes industriales, los gases de los escapes de los automóviles y otras sustancias químicas tóxicas hacia la estratósfera y los suelos cada año;
- Extinguir especies y diversidad genética de ganado y cultivos;
- Sobreexplotar las tierras marginales conduciendo a la erosión y desertificación de los suelos;
- Erosionar los principales ecosistemas del mundo;
- Depredar —incluso más allá de su límite— la mayoría de las especies marinas comerciales;
- Condenar a la mitad de los arrecifes de coral planetarios a la extinción; y
- Contaminar casi todas las reservas mundiales de agua dulce.

Diez nuevas expresiones de la geoingeniería del planeta:

- Crear grandes plantaciones forestales para la producción de biochar, combustibles agroindustriales y captura de CO₂;
- Contaminar los centros de diversidad genética con ADN de cultivos genéticamente modificados;
- “Fertilizar” el océano con nanopartículas de hierro para incrementar el fitoplancton y así, teóricamente, capturar CO₂;
- Hacer proliferar las plantas de generación de energía nuclear;
- Construir 16 billones de pantallas solares espaciales para desviar la luz del sol 1.5 millones de kilómetros de la Tierra;
- Botar entre 5 mil y 30 mil navíos con turbinas para lanzar agua salada para blanquear las nubes y desviar la luz solar.
- Verter piedra caliza al océano para cambiar su acidez y pueda absorber más CO₂;
- Almacenar CO₂ comprimido e minas abandonadas y pozos petroleros activos;
- Arrojar, cada dos años, aerosoles de sulfato hacia la estratósfera para desviar la luz solar; y
- Cubrir los desiertos con plástico blanco para reflejar la luz del sol.

Manejo de la radiación solar (SRM)

Las tecnologías para el manejo de la radiación solar están dirigidas para contrarrestar los efectos de los gases de efecto invernadero mediante el incremento de la radiación de la luz solar de vuelta al espacio exterior. Algunas de estas tecnologías pretenden hacerlo mediante la alteración de las condiciones en la superficie de la Tierra, por ejemplo, cubriendo los desiertos con material plástico reflejante; otras tecnologías están dirigidas a modificar la atmósfera añadiendo “contaminación” reflejante, mientras que con otras pretenden bloquear parte de la luz solar entrante por medio de pantallas en el espacio. Lo común en todas estas tecnologías

es que no afectan la concentración de gases de efecto invernadero; su único propósito es contrarrestar algunos de sus efectos. La remoción o el mal funcionamiento de éstas tecnologías derivaría en drásticos y rápidos incrementos de la temperatura del planeta.

Implicaciones

“El manejo de la radiación solar” (bloquear o reflejar la luz solar) tiene el potencial de causar daños ambientales significativos, incluyendo la liberación adicional de gases de efecto invernadero a la atmósfera, cambiando los patrones climáticos y reduciendo las lluvias, daños a la capa de ozono, la disminución de la biodiversidad, la reducción de la eficacia de las celdas fotovoltaicas mediante la reducción del monto de la luz solar que recibirían y el riesgo de súbitos aumentos de la temperatura si se detienen las operaciones. El SRM no enfrenta el problema de los GEI atmosféricos o el de la acidificación de los océanos. Y todavía más grave: ¿quién controlará el termostato de la Tierra? ¿quién tomará la decisión de emplazar estos dispositivos si estas medidas tan drásticas son consideradas técnicamente factibles?

Tabla 1: Tecnologías de geoingeniería

<i>Tecnologías de geoingeniería</i>	<i>Descripción</i>	<i>Principales investigadores / promotores</i>
Sulfatos en aerosol hacia la estratósfera	Bombear sulfatos en aerosol hacia la estratósfera para bloquear la luz solar y así disminuir la temperatura de la Tierra, aunque sin afectar el nivel de los GEI en la atmósfera.	Lowell Wood (Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, EUA), Ken Caldeira (Universidad de Stanford, EUA), Yuri Izrael (Instituto de Investigación sobre el Clima y la Ecología Global, Academia Rusa de las Ciencias, Moscú), Paul Crutzen (Instituto de Química Max Planck, Alemania)
Pantallas solares espaciales	Billones de pequeñas naves espaciales serían lanzadas a millones de kilómetros de la Tierra para formar una “nube” cilíndrica de casi 100 mil kilómetros de longitud, alineada con la órbita del sol, y que debería desviar cerca del 10% de la luz solar lejos del planeta.	Roger Angel y Nick Woolf (Universidad de Arizona, EUA), David Miller (Instituto Tecnológico de Massachusetts, EUA), S. Pete Worden (NASA, EUA)
Blanqueado de nubes	Rociar agua de mar a las nubes para incrementar sus núcleos de condensación; las nubes serán “más blancas” y reflejarán más de la luz solar fuera de la Tierra.	John Latham (Universidad de Manchester, Reino Unido), Stephen Salter (Universidad de Edinburgo, Reino Unido)
Cobertura de desiertos	Cubrir grandes extensiones de los desiertos con capas reflejantes para desviar la luz solar lejos de la Tierra.	Alvia Gaskill (Environmental Reference Materials, Inc., EUA)
Cobertura del hielo Ártico	Cubrir los macizos nevados o glaciares en el Ártico con material aislante o una nanopelícula que refleje la luz del sol y prevenga su derretimiento.	Leslie Field (Universidad de Stanford y Ice911 Research Corporation, EUA), Jason Box, Universidad Estatal de Ohio, EUA
Techos y pavimentos blancos	Pintar los techos y las superficies de los caminos y carreteras de blanco para reflejar la luz solar (geoingeniería de baja tecnología).	Hashem Akbari y Surabi Menon (Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, EUA)

<i>Tecnologías de geoingeniería</i>	<i>Descripción</i>	<i>Principales investigadores / promotores</i>
Cultivos "climáticos"	Incluye tecnologías para incrementar el albedo (la relación, expresada en porcentaje, de la radiación que cualquier superficie refleja sobre la radiación que incide sobre la misma) y volver a las plantas y árboles resistentes a las sequías, el calor o la salinidad.	Andy Ridgwell (Universidad de Bristol, Reino Unido); todas las empresas agrobiotecnológicas, incluyendo a BASF, Syngenta, Monsanto
Espejos espaciales	Colocar una malla superfina de aluminio reflejante entre la Tierra y el Sol.	Dr. Lowell Wood y Profesor Edward Teller (Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, EUA), Stewart Brand, The Long Now Foundation, EUA

Remoción y captura de dióxido de carbono

La remoción y captura de dióxido de carbono son tecnologías de geoingeniería que pretenden remover el dióxido de carbono de la atmósfera después de que ha sido liberado. Algunas de estas tecnologías emplean dispositivos mecánicos para hacerlo, mientras que otras modifican el equilibrio químico, por ejemplo en los océanos, para provocar una mayor absorción de CO₂, al tiempo que muchas de estas tecnologías manipulan especies y ecosistemas para crear nuevas formas de "sumideros" de carbono.

Implicaciones

La mayoría de estas tecnologías interviene en ecosistemas complejos con el objetivo de modificarlos y, por tanto, sus efectos secundarios son impredecibles. La duración y la seguridad de la captura de carbono en mar o tierra (sea a través de medios biológicos o mecánicos) son casi totalmente desconocidas y muchas de estas técnicas requieren de cambios en los usos del suelo y el mar, que afectarán negativamente a las poblaciones pobres y marginadas.

<i>Tecnología de geoingeniería</i>	<i>Descripción</i>	<i>Principales investigadores / promotores</i>
Fertilización oceánica con hierro o nitrógeno	Adición de nutrientes al agua de los océanos para estimular el crecimiento del fitoplancton en un intento por promover la captura de carbono en las aguas profundas.	Dan Whaley y Margaret Leinen (Climos, Inc., EUA), Victor Smetacek (Instituto Alfred Wegener, Alemania); Wajih Naqvi (Instituto Nacional de Oceanografía, India); Ian S.F. Jones (Ocean Nourishment Corporation, Australia), Russ George (Planktos Science, EUA), Michael Markels (Green Sea Ventures, Inc., EUA)
Captura y Secuestro de Carbono (CCS)	Diversas tecnologías que emplean procesos biológicos, químicos o físicos para enterrar carbono en formaciones geológicas tales como reservas agotadas de petróleo, mantos carboníferos o en las profundidades del suelo marino (lagos de CO ₂).	David Keith (Universidad de Calgary, Canadá), empresas petroleras como Royal Dutch Shell y BP
Biochar	Quema de biomasa por medio de pirólisis (en ambientes con baja concentración de oxígeno para impedir la liberación de dióxido de carbono) y enterrar el carbono concentrado en el suelo.	Peter Read (Universidad Massey, Nueva Zelanda), Johannes Lehmann (Universidad de Cornell, EUA), Craig Sams (Carbon Gold, Reino Unido), Tim Langley (Carbonscape, Nueva Zelanda)

<i>Tecnología de geoingeniería</i>	<i>Descripción</i>	<i>Principales investigadores / promotores</i>
Máquinas para absorber carbono o árboles sintéticos	Extraer CO ₂ del aire mediante el uso de hidróxido de sodio líquido, el cual es convertido en carbonato de sodio, para extraer de él el dióxido de carbono en forma sólida y después enterrarlo.	David Keith (Universidad de Calgary, Canadá), Klaus Lackner (Global Research Technology, LLC, EUA), Roger Pielke (Universidad de Colorado, EUA y Universidad de Oxford, Reino Unido)
Transferencia ampliada de agua marina profunda y superficial	Utilizar tuberías para elevar agua marina enriquecida con nitrógeno o fósforo a la superficie del mar para enfriar las aguas superficiales y ampliar la capacidad de captura de CO ₂ de los océanos.	James Lovelock (Reino Unido) y Chris Rapley (Museo de las Ciencias de Londres, Reino Unido), Philip W. Kithil, (Atmocean, Inc., EUA)
Adición de carbonato al océano	Incrementar la alcalinidad de los océanos con el fin de incrementar la absorción de bióxido de carbono.	Ian S.F. Jones (Ocean Nourishment Corporation, Australia), Tim Kruger (CQuestrate, Reino Unido)
“Climatización ampliada”	Controlar los niveles de CO ₂ atmosférico mediante la dispersión de olivina finamente pulverizada (silicato de magnesio o de hierro) en tierras agrícolas o forestales.	R. D. Schuiling y P. Krijgsman (Instituto de Ciencias de la Tierra, Utrecht, Holanda)
Cambio del uso del suelo en gran escala / cosecha de lluvias	Provocar cambios de gran escala en los movimientos de las aguas para provocar la formación de nubes y reflejar la luz solar.	Peter Cox (Universidad de Exeter, Reino Unido), Ray Taylor (The Global Cooling Project, Reino Unido)
“Captura Oceánica Permanente de los Residuos de las Cosechas”	Almacenar dióxido de carbono arrojando troncos de árboles en el mar.	Stuart Strand (Universidad de Washington, EUA)
Algas y microbios marinos genéticamente modificados	Diseño genético de comunidades de microbios y algas sintéticos para capturar mayores volúmenes de dióxido de carbono, ya sea para alterar las comunidades marinas o para su uso en estanques cerrados.	J. Craig Venter (Synthetic Genomics, Inc., EUA)
Sembrado de nubes	Arrojar sustancias químicas (generalmente yoduro de plata) a las nubes para provocar la precipitación de lluvia o nieve. Esto ya se practica en gran escala en Estados Unidos y China, a pesar del escepticismo sobre su eficacia.	Asociación Meteorológica China; Bruce Boe (Weather Modification, Inc.)
Modificación de tormentas	Intentos por prevenir la formación de tormentas.	Gel Technologies Inc.

Modificación climática

La idea de que los seres humanos podrían controlar el clima intencionalmente tiene una larga historia que se remonta a las danzas indígenas de la lluvia y a la práctica de encender fogatas. Desde la década de 1830 los gobiernos y empresas privadas han intentado aplicar conocimientos tecnológicos para producir precipitaciones o restringir tormentas mediante la alteración de las formaciones terrestres, quemando bosques y arrojando sustancias químicas a las nubes, lo mismo para propósitos militares y agrícolas; a medida que el cambio climático da entrada a un número creciente de eventos climáticos extremos, que van desde las sequías hasta las tormentas tropicales, los intentos por controlar el clima están resurgiendo. La modificación climática es una respuesta clásica de geoingeniería “al final de la línea” que no afronta ni las causas ni el mecanismo del cambio climático en sí mismos, sino más bien pretende alterar sus resultados. La modificación climática también ha sido impulsada como una tecnología de adaptación al cambio climático, por ejemplo, para la protección de los flujos hidráulicos en esquemas de generación hidroeléctrica.⁴³

Implicaciones

Dada la incertidumbre en la predicción del clima natural, probar la eficacia del clima artificial no sólo es notoriamente difícil, sino que sus implicaciones agronómicas y geopolíticas pueden ser muy significativas. En virtud de que el clima es un proceso complejo e inherentemente transfronterizo, podrían ocurrir efectos secundarios no deseados e impredecibles con cada intento de modificación climática. Producir lluvia en un lugar podría ser visto como un “robo” de esa lluvia de algún otro lado, especialmente si las cosechas fracasan. Intervenciones en el clima como el cambio en el curso de un huracán podrían provocar extensos daños en otro lugar que podrían no ser considerados ya como “un acto de Dios”. Una serie de intentos de guerra climática durante la guerra de Vietnam, con el sobrenombre de “Operación Popeye”, condujo a un acuerdo internacional para prohibir los usos hostiles de las tecnologías de modificación climática. La línea divisoria entre los usos hostiles o pacíficos podría ser difícil de determinar.

Cuadro 4: Geoingeniería – Una breve historia técnica

Nos ha llevado tiempo darnos cuenta de la influencia que podemos ejercer sobre el planeta. En 1930, Robert Millikan, físico y ganador del Premio Nobel, insistió que no había peligro alguno de que la actividad humana pudiera hacer daño permanente a algo tan grande como la Tierra. Mientras Millikan declaraba esto, los químicos inventaban los CFCs (clorofluorocarbonos), el coctel químico responsable del adelgazamiento de la capa de ozono atmosférico en una medida alarmante, tanto que a mediados de la década de 1980, mediante los acuerdos de Viena y Montreal, descontinuaron la producción de CFCs.

En los años cuarenta, Bernard Vonnegut —hermano del novelista Kurt Vonnegut y respetado meteorólogo— descubrió que el humo del yoduro de plata provocaba que las nubes entregaran su lluvia. Su descubrimiento inició serios esfuerzos gubernamentales para manipular el ambiente. El sembrado de nubes había sido el refugio de lunáticos y estafadores, pero hacia 1951, se decía que 10% del territorio de Estados Unidos estaba cubierto por nubes sembradas comercialmente.

Los gobiernos y la industria comparten a veces la innoble historia de alterar el clima, incluyendo el ultra-secreto “Proyecto Popeye” de la CIA, para provocar una temporada de lluvias, que comenzó en 1966 y continuó durante siete años, mediante la realización de 2 mil 300 misiones de sembrado de nubes sobre la ruta Ho Chi-Minh durante la guerra de Vietnam, para hacer la ruta intransitable y provocar que toda la cosecha de arroz de Vietnam del Norte se pudriera. Aunque las lluvias sí se incrementaron, la Fuerza Aérea no pudo establecer un vínculo claro entre el fenómeno y la campaña encubierta.

Mientras la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano se reunía en Estocolmo, Suecia, en 1972, un chubasco provocó la muerte por ahogamiento de 238 personas en la localidad de Rapid City, Dakota del Sur, Estados Unidos, en un día en que se realizaban experimentos de sembrado de nubes cerca de ahí.

Más recientemente, se han conducido experimentos más convincentes enfocados en el “sembrado higroscópico de nubes” —es decir, el sembrado de nubes cálidas, a diferencia del sembrado de nubes frías (glaciogénico). Los resultados de los experimentos del Programa Nacional Sudafricano de Precipitación y Expansión de las Lluvias ganaron para los investigadores involucrados el Premio a la Excelencia en el Avance Científico y la Práctica de Modificación Climática, otorgado por los Emiratos Árabes Unidos en 2005. Otros proyectos de sembrado de nubes cálidas han tenido lugar en Estados Unidos, Tailandia, China, India, Australia, Israel, Sudáfrica, Rusia, Emiratos Árabes Unidos y México. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) de la ONU, al menos 26 gobiernos del mundo conducían experimentos rutinarios de alteración climática a inicios del presente siglo. Hacia 2003-2004, sólo 16 países miembros de la OMM reportaban actividades de modificación climática, a pesar de que se sabía que estas actividades se realizaban en muchos otros países.

Muchas de las potencias militares del mundo permanecen fascinadas con la idea del control del clima. Un informe de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, titulado *El clima como multiplicador de fuerza: apropiación del clima hacia 2025 (Weather as a Force Multiplier: Owning the Weather in 2025)* concluyó que el clima “puede ofrecer una ventaja y el dominio del campo de batalla en un grado nunca antes imaginado”, incluyendo la capacidad de frustrar las operaciones del enemigo mediante la expansión de una tormenta o la inducción de una sequía y reduciendo su abasto de agua dulce. En 2004, dos ciudades chinas en la provincia de Henan —Pindingshan y Zhoukou— llegaron al borde de la confrontación cuando los líderes de ambas ciudades intentaron alterar los patrones climáticos locales al lanzar minúsculas partículas de yoduro de plata en la tropósfera (la porción inferior de la atmósfera de la Tierra). La ciudad ubicada viento abajo acusó a la ciudad viento arriba de robar su clima. Esto no impidió al gobierno chino recurrir a la modificación climática para alejar las lluvias durante la realización de los Juegos Olímpicos de Beijing, en 2008. Dicho esfuerzo resultó minúsculo en comparación con la intervención climática llevada a cabo a inicios de 2009, en el que intervinieron 260 técnicos y 18 aeronaves, que trató de asegurar cielos despejados para el Desfile del Día Nacional.

Estudio de caso 1: Fertilización oceánica

Es un conjunto de propuestas de geoingeniería para hacer florecer el plankton masivamente mediante el vertido de nutrientes al océano. Se supone que el plankton capturará dióxido de carbono. En realidad, esta técnica no está comprobada y sí pone en peligro los ecosistemas marinos.

La teoría

Los océanos juegan un papel clave en la regulación del clima del mundo. El fitoplankton (microorganismos que habitan en la superficie del océano), a pesar de su pequeño tamaño, colectan la mitad del dióxido de carbono que la atmósfera absorbe cada año mediante las plantas. Mediante la fotosíntesis, el plankton captura carbono y luz solar para crecer, liberando oxígeno a la atmósfera. Los océanos del mundo han absorbido ya una tercera parte de todo el dióxido de carbono (CO₂) que los humanos han generado en los últimos 200 años. Según la NASA, aproximadamente un 90% del contenido total de carbono del mundo se ha acumulado en el fondo del océano, en la forma de biomasa muerta.

Quienes proponen la fertilización oceánica aseveran que verter “nutrientes”(generalmente hierro, nitrógeno o fósforo) en las aguas identificadas con alto contenido de nitrato y bajo contenido de carbono (el término técnico en inglés es high nutrient low chlorophyll-HNLC), donde hay bajas concentraciones de fitoplankton debido a la ausencia de uno de sus nutrientes, son excelentes para provocar el florecimiento del fitoplankton. Puesto que el fitoplankton una CO₂ para la fotosíntesis, la idea es que al incrementar la población de fitoplankton se incrementará la absorción de CO₂. Argumenta que cuando un fitoplankton individual muere (el espectro de vida del fitoplankton es corto, solo unos días) se sumergirá en el piso de océano, secuestrando carbono en el largo plazo, al llevárselo a los niveles más profundos del mar. El objetivo de las empresas comerciales dedicadas a la fertilización oceánica es lucrar mediante la venta de créditos o bonos de carbono por el CO₂ secuestrado mediante el comercio de carbono voluntario o regulado.

Las poblaciones de fitoplankton en los océanos están desapareciendo como resultado del cambio climático y del calentamiento de las aguas. La cantidad de hierro que se deposita naturalmente del polvo atmosférico de las nubes hacia los océanos del planeta (y que provee de nutrientes para el fitoplankton) también ha disminuido dramáticamente en las décadas recientes. Según datos de satélite de la NASA, como la temperatura de las aguas aumentó de 1999 a 2004, la vida microscópica de los océanos disminuyó significativamente. Los océanos al rededor del Ecuador en el Pacífico sufrieron una caída del 50 por ciento en la producción de fitoplankton. Los defensores de la fertilización oceánica piensan que el hierro es el nutriente que falta y que restaurará el fitoplankton y capturará dos o tres mil millones de toneladas extra de dióxido de carbono cada año —a penas una tercera parte o la mitad de las emisiones globales de la industria y los automóviles. Algunas regiones del océano (especialmente cerca de los círculos Ártico y Antártico) son ricas en nutrientes pero anémicas —es decir, les falta el hierro suficiente para estimular el crecimiento del plankton. Con la adición de hierro, esas zonas que presumiblemente serían saludables, los científicos esperan incrementar el crecimiento del plankton y por lo tanto la absorción de CO₂. Sin embargo, científicos en Estados Unidos y Canadá que escribieron en Science, señalan que los ciclos de las cadenas alimentarias y biogeoquímicas serán alteradas de formas no esperadas.” Advierten que si los esquemas de comercio de carbono hacen lucrativo para las compañías involucrarse en la fertilización oceánica, “los efectos acumulativos de muchas de tales implementaciones resultarían en consecuencias de gran escala —una clásica tragedia de los comunes.” Otros notan que el hierro tal vez no sea la única carencia nutricional del océano —los investigadores han

identificado el silicio como un componente crucial de la exportación de carbono, pero cada una de las “correcciones” al agua del océano podría tener efectos inesperados.

¿Quién está involucrado?

Hay iniciativas tanto comerciales como científicas involucradas en la fertilización del océano y al menos 13 experimentos se han llevado a cabo en los océanos del mundo durante los últimos 20 años. En 2007 un experimento cerca de las Islas Galápagos realizado por la empresa Planktos, de nueva incursión en el campo, fue detenido por una campaña de la sociedad civil internacional (ver más adelante). La empresa ya estaba comerciando con bonos de carbono por Internet y su director ejecutivo reconoció que sus actividades de fertilización del océano eran más bien un “experimento de negocios” que un “experimento científico”.

Climos, otra nueva empresa en este rubro, se encuentra todavía en operación. Su directos ha propuesto un “código de conducta” para los experimentos de fertilización del océano para “encontrar formas que sirvan para que colaboren la ciencia, los negocios y la comunidad de comerciantes de carbono.” Una compañía australiana, Ocean Nourishment Corporation, dirigida por Ian S. F. Jones con vínculos con la Universidad de Sydney, tenía planes para verter urea (nitrógeno) en el mar Sulú pero fue detenida por el gobierno de Filipinas en 2007, después de que más de 500 organizaciones de la sociedad civil hiciera campaña contra esos planes. La ciencia de la fertilización oceánica tiene cada vez menos credibilidad la experimentación recibe reseñas negativas de todo mundo, desde la Royal Society hasta New Scientist, sin mencionar el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

Los 191 gobiernos que estuvieron en el Convenio sobre Diversidad Biológica en mayo de 2008 adoptaron una moratoria de facto sobre la fertilización oceánica. El Convenio y Protocolo de Londres sobre vertimiento de desechos en el mar también se ha referido al tema, y está tratando de establecer los parámetros para la legalidad de la experimentación científica en este tema.

Cuadro 5: Fertilización oceánica – La historia de Planktos

Planktos, Inc. era una compañía estadounidense de inicio en el ramo de la fertilización oceánica que pretendía sembrar los océanos con hierro con el fin de crear florecimientos del plakton que teóricamente secuestrarían CO₂. A principios de 2007 Planktos ya vendía compensaciones de carbono en su sitio web, asegurando que su prueba inicial de fertilización, realizada en la costa de Hawaii desde el ya te privado del cantante Neil Young, ya estaba rindiendo resultados, absorbiendo carbono de la atmósfera. En mayo de 2007, Planktos anunció sus planes para embarcarse en Florida hacia el océano para arrojar decenas de miles de libras de pequeñísimas partículas de hierro sobre 10 mil kilómetros cuadrados de aguas internacionales cerca de las Islas Galápagos, una locación escogida, entre otras cosas, porque no se requeriría ningún permiso o vigilancia de ningún gobierno. En sus esfuerzos por detener a Planktos, grupos de la sociedad civil llenaron una solicitud formal con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para investigar las actividades de Planktos y pata regularlas bajo la ley correspondiente (US Ocean Dumping Act). Además, organizaciones de interés público pidieron a la Securities Exchange Commission que investigara las argumentaciones confusas de Planktos para sus inversionistas en relación con la legalidad y los supuestos beneficios ambientales de sus acciones. Con publicidad negativa, Planktos anunció su bancarrota, vendió su barco y despidió a todos sus empleados. Decidió “abandonar cualquier esfuerzo futuro de fertilización del océano” debido a “serias dificultades” en la obtención del capital necesario, como resultado de una “amplia oposición.

¿Qué está mal con la fertilización del océano?

El fitoplancton es el fundamento de la cadena alimentaria marina. El hierro puede estimular el crecimiento de las algas, pero su potencial para capturar y eliminar cualquier cantidad significativa de carbono es dudosa, cuando menos. La lista de los efectos laterales potenciales es larga: reducción de oxígeno (anoxia) en los mares profundos; disrupción de los ecosistemas marinos, particularmente de la cadena alimentaria; una enorme posibilidad del aumento de otro tipo de gases de efecto invernadero, como óxido nitroso y metano, así como gases tales como DMS que forma nubes que alteran el clima; impactos toxicológicos potenciales tales como dinoflagelados en el caso de fertilización con urea; empeoramiento potencial del problema de la acidificación del océano. La fertilización oceánica también podría tener impactos devastadores en las formas de vida y supervivencia de quienes dependen de los ecosistemas marinos sanos, especialmente los pescadores artesanales.

Estudio de caso 2: Volcanes artificiales – Sulfatos en la estratósfera

La teoría

Esta técnica de geoingeniería cae en la categoría de manejo de la radiación solar (SRM, por sus siglas en inglés) e intenta reducir la cantidad de luz solar que entra en la atmósfera de la Tierra mediante pequeñas partículas reflejantes colocadas en la estratósfera. En 1991 la erupción del volcán Monte Pinatubo en Filipinas arrojó 20 millones de toneladas de dióxido de sulfuro en la estratósfera y el planeta entero se enfrió entre 0.4 y 0.5 grados centígrados. Aunque la idea de los volcanes artificiales se propuso por vez primera en 1977, el concepto se ha refinado en los años recientes. Los científicos calculan que una reducción del 2% de la luz del sol podría evitar el aumento de la temperatura resultante de la duplicación del CO₂ atmosférico. Los promotores de la SRM hacen planes para ejecutar esta técnica a nivel regional, sobre el Ártico, para detener el derretimiento del hielo o promover que se siga formando. Las partículas serían arrojadas por jets, mangueras de fuego, cohetes o chimeneas. El “Plan B” por excelencia, esta técnica se promueve como una medida de “emergencia” que podría traer resultados rápidos y que no sería costosa.

¿Quién está involucrado?

La técnica de arrojar partículas hacia la atmósfera está logrando más atención que cualquier otra propuesta de geoingeniería. La Agencia de Proyectos Avanzados para la Defensa de Estados Unidos (DARPA, por sus siglas en inglés) ha analizado varios métodos posibles para la distribución de las partículas, y la NASA ha investigado los impactos de los aerosoles en el cambio climático. El Grupo NOVIM, una nueva empresa con sede en California, cuya misión es proponer “opciones científicas claras... sin favoritismos” publicó su primer informe sobre ingeniería climática en agosto del 2009, enfocado en las erupciones volcánicas artificiales. Steven Koonin, ahora subsecretario para ciencia en el Departamento de Energía de Estados Unidos, fue uno de sus autores principales. Este estudio propone una agenda para la investigación, desarrollo y operación de la geoingeniería.

¿Qué está mal con los volcanes artificiales?

- Detener o demorar la tasa de calentamiento global mediante el manejo de la radiación solar no tiene efectos sobre los niveles de CO₂ en la atmósfera, de modo que los síntomas se atienden pero no las causas. Incluso quienes promueven esto admiten que los sulfatos estratosféricos tienen muchos impactos desconocidos, aunque algunas investigaciones ya nos anuncian algunos:

- Habría más daños a la capa de ozono en tanto las partículas de sulfato en la estratósfera proveerían de superficies adicionales con las que reaccionarían los gases clorados, tales como CFC y HFC
- La habilidad para arrojar partículas en áreas específicas donde se necesita reducir la luz del sol (por ejemplo el Ártico o Groenlandia) es altamente especulativa y es probable que las partículas se difundan hacia cualquier otro lugar.
- Es probable que los niveles de precipitación pluvial se reduzcan en algunas regiones. Enormes emisiones volcánicas de partículas de sulfato en el pasado han ocasionado disminución o ausencia de lluvias monzónicas y grandes sequías en las latitudes tropicales.
- Los modelos preliminares del funcionamiento de tales técnicas indican que habría un rápido aumento en la temperatura si se pone en operación la propuesta y luego se detiene. El rápido aumento sería más peligroso para la vida en la Tierra que un aumento global de la temperatura.
- La reducción de la luz solar podría mermar la cantidad directa de energía solar disponible y perturbar procesos naturales tales como fotosíntesis, alterando la magnitud de onda de la luz solar que se recibe.
- Lo que sube, baja (casi siempre). Las toneladas de partículas que necesitarían propulsarse regularmente hacia la estratósfera encontrarán su camino de regreso a la Tierra. Todo lo relacionado con la salud y la seguridad ambientales y la contaminación por partículas, incluyendo las nuevas partículas manufacturadas, son relevantes en los esquemas internacionales de contaminación.
- Diseñar la estratósfera con geoingeniería facilita que la industria continúe con su propia contaminación atmosférica.

Estudio de caso 3: Blanqueado de nubes – incremento del albedo debajo de la estratósfera

La teoría

La teoría detrás del blanqueamiento de nubes es ingenuamente simple: modificar la composición de las nubes inyectándoles agua de mar para hacerlas más blancas. La inyección de agua salada teóricamente aumenta el núcleo de condensación de las nubes, haciéndolas más pequeñas y más reflejantes. Más del 25% de los océanos del mundo están cubiertos con capas delgadas y bajas de estratocúmulos (debajo de los 2400 metros). El blanqueamiento de nubes es otra de las técnicas de manejo de la radiación solar, y al igual que las erupciones volcánicas simuladas, podría reducir la temperatura de la atmósfera los océanos, pero no reduciría los niveles de gases de efecto invernadero. La fantasía es que flotas de veleros a control remoto rocíen hacia las nubes niebla creada de agua de mar.

¿Quién está involucrado?

Los más prominentes científicos que defienden el blanqueamiento de nubes son John Latham del National Center for Atmospheric Research de la Universidad de Colorado (Estados Unidos) y Stephen Salter de la Universidad de Edimburgo (Reino Unido). Basado en técnicas muy artificiales de proyección que asumen “una perfecta condensación del núcleo de las nubes” Phil Rasch del Pacific Northwest National Laboratory, argumenta que la siembra de nubes en una cuarta parte de los océanos del mundo (!) podría compensar el calentamiento en una proporción de 3 watts por metro cuadrado, o, como Latham y Salter suponen, “el blanqueamiento de nubes, dirigido a la solución de problemas específicos, podría mantener la temperatura de la Tierra constante mientras la concentración de CO2 atmosférico continua aumentando al menos dos veces su valor actual.” Sin embargo otros han contradicho esos cálculos optimistas.

¿Qué hay de malo en el blanqueamiento de nubes?

Como recientemente lo apunta en su declaración preliminar sobre geoingeniería la American Meteorological Society, las propuestas para reducir la luz del sol que llega a la tierra no solo enfriarían la temperatura, sino que también “podrían cambiar la circulación global con serias consecuencias potenciales tales como cambiar el rumbo de las tormentas y los patrones de precipitación en todo el mundo.” Alterar la composición de las nubes en una cuarta parte de la superficie de la Tierra afectaría los patrones climáticos y podría distorsionar los ecosistemas marinos, incluyendo la vida de aves y plantas. Además, la técnica inherentemente cruza las fronteras y debería requerir acuerdos internacionales. Por ejemplo, los modelos sugieren que las áreas más efectivas para ejecutar esta técnica serían las costas de California y Perú, pero esto podría tener efectos adversos en las lluvias costeras y, por tanto, en la agricultura. Aunque han circulado rumores bien fundados respecto a planes de experimentación con esta tecnología en las Islas Faro, localizadas entre el Mar de Noruega y el Atlántico Norte, no han sido confirmados y los cuestionamientos públicos hechos por el Grupo ETC no han recibido respuesta.⁴⁴

Las dimensiones ética y política de la modificación climática son enormes. En una entrevista realizada en 2005 por el periódico The Boston Globe, el director del Laboratorio de Oceanografía Geoquímica de la Universidad de Harvard, Daniel Schrag, planteó: “suponga usted que pudiéramos controlar los huracanes; pero para detener uno se requeriría un día increíblemente cálido en África, lo suficientemente caluroso como para destruir todas las cosechas”.⁴⁵ Y continuó: “digamos que tienes un espejo en el espacio. Piensa que hace dos años tuvimos un verano terriblemente frío y en Europa ocurría una tremenda ola de calor. ¿A quién le correspondería ajustar el espejo?”

La geoingeniería y los reclamos por la propiedad intelectual

Como si la reestructuración del clima no fuese suficientemente controvertida, un puñado de geo-ingenieros están avanzando hacia la privatización del proceso al reclamar derechos de propiedad intelectual sobre las técnicas de la geoingeniería. El aspecto político de las patentes siempre ha sido un tema que provoca división al momento de emerger en los distintos foros internacionales. La CMNUCC no es la excepción.

En la CMNUCC, los gobiernos del Sur global abogan, por lo general, por mecanismos amplios de transferencia de tecnologías útiles, incluyendo procesos de financiamiento significativos de parte de los países desarrollados, con el argumento de que los regímenes existentes de propiedad intelectual constituyen una barrera para el acceso a las tecnologías necesarias para la mitigación y la adaptación al cambio climático. El Norte aboga por —y obtiene— una fuerte protección de los derechos de propiedad intelectual, alegando que las grandes ganancias derivadas de la propiedad intelectual estimulan la invención y, eventualmente, la transferencia de tecnología. El Norte también ha insistido recientemente en la necesidad de crear “ambientes propicios”, lo cual no es sino un eufemismo para designar políticas nacionales favorables a las corporaciones (por ejemplo, la liberalización de las políticas de inversión extranjera directa y una protección más fuerte de los derechos de propiedad intelectual), así como un mayor acceso a las corporaciones para intervenir en la decisiones de gobierno.

En relación con las tecnologías climáticas, las restricciones a la difusión de la tecnología por medio de un monopolio de 20 años resultan claramente contraproductivas si lo que se quiere es realizar acciones urgentes.⁴⁶ Aquí, la propiedad intelectual propicia que los propietarios de las patentes realicen negocios muy lucrativos a través de los contratos de licencia o de las cuotas por transferencia, o bien, que tengan más poder de negociación para crear un “ambiente

de negocios” más favorable. Al igual que lo que ocurre con otras industrias de alta tecnología, las ganancias por el otorgamiento de licencias de tecnologías patentadas de geoingeniería se volverá en un impulso para que los gobiernos apoyen el desarrollo, la investigación y difusión de la geoingeniería, sin importar la ética, la seguridad o la eficacia.

A medida que las técnicas de geoingeniería se mueven del ámbito de la teoría al de su emplazamiento en el mundo real, la existencia de patentes bajo control de individuos y empresas privadas podría significar que las decisiones sobre los bienes comunes climáticos serán tomadas por el sector privado. De hecho, los geo-ingenieros ya están afirmando que sus patentes les otorgan derechos comerciales extensos sobre los bienes comunes en los que operan. Una de las varias patentes de geoingeniería otorgadas al profesor Ian S.F. Jones, fundador y presidente de la Ocean Nourishment Corporation, indica que su método de “nutrición oceánica”, consistente en verter urea en el mar atraerá bancos de peces, por lo cual, también reclama la propiedad legal de todos los peces que sean capturados en las regiones del océano que su empresa haya “fertilizado”.⁴⁷ Jones ha ratificado su demanda legal durante un intercambio de correspondencia con el Grupo ETC.⁴⁸

Algunas patentes de geoingeniería también pretenden privatizar los saberes tradicionales e indígenas, lo cual es claramente demostrable en el campo del biochar. La técnica consistente en enterrar carbón en el suelo ya era ampliamente practicada por comunidades de la cuenca amazónica antes del final del primer milenio, donde era conocida como *Terra Preta*. Esta tecnología está ahora sujeta a diversas patentes (véase la tabla siguiente).

Como ocurre con otros innovadores tecnológicos (en el software, la biotecnología, la robótica), algunos geo-ingenieros están considerando renunciar a sus reclamos de propiedad intelectual con el fin de acelerar el desarrollo de estas tecnologías. CQuestrate, una empresa de geoingeniería asentada en el Reino Unido y con inversiones provenientes de la petrolera Shell Oil, está desarrollando una técnica para añadir cal a los océanos. La empresa se autodefine como una “compañía de geoingeniería de código abierto” y declara que no buscará obtener ninguna patente sobre las tecnologías que resulten de su trabajo.⁴⁹ La tabla a continuación ofrece una muestra de las solicitudes de patentes en geoingeniería y de las patentes otorgadas.

Tabla 2: una muestra de las patentes en geoingeniería

<i>Número de patente o de solicitud de patente</i>	<i>Título / Explicación</i>	<i>Inventor / Adjudicación</i>	<i>Fecha de publicación</i>
US20090173386A1	Métodos y aplicaciones para la alteración de la estructura del agua / Se refiere al uso de un navío para inducir el flujo descendente de las aguas cálidas de la superficie a mayores profundidades para supresión de huracanes, la expansión biológica, “la creación de áreas recreativas”, etc.	Bowers, Jeffrey A.; Caldeira, Kenneth G.; Chan, Alistair K.; Gates, III, William H. (sí, <i>alias</i> Bill Gates); Hyde, Roderick A.; Ishikawa, Muriel Y.; Kare, Jordin T.; Latham, John; Myhrvold, Nathan P.; Medina, Salter, Stephen H.; Tegreene, Clarence T.; Wattenburg, Williard H.; Wood, JR., Lowell L. Searete LLC	9 de julio de 2008

<i>Número de patente o de solicitud de patente</i>	<i>Título / Explicación</i>	<i>Inventor / Adjudicación</i>	<i>Fecha de publicación</i>
US20090173386A1	Método y sistema para la alteración de la estructura del movimiento de las aguas / Se refiere a la misma invención previa, pero incluye el manejo de más de un navío en el sistema.	Bowers, Jeffrey A.; Caldeira, Kenneth G.; Chan, Alistair K.; Gates, III, William H.; Hyde, Roderick A.; Ishikawa, Muriel Y.; Kare, Jordin T.; Latham, John; Myhrvold, Nathan P.; Salter, Stephen H.; Tegreene, Clarence T.; Wood, JR., Lowell L. Searete LLC	9 de julio de 2009
WO2009062097A1	Identificación e inventario de proyectos de fertilización oceánica / Se refiere a los métodos para "identificar unidades de carbono capturadas para su almacenamiento con información adicional asociada con los proyectos [de fertilización oceánica]".	Whaley, Dan; Leinen, Margaret; Whilden, Kevin; Climos	14 de mayo de 2009
WO2009062093A1	Cuantificación y graduación de la calidad del carbono capturado por medio de fertilización oceánica / Sistemas y métodos para cuantificar con precisión los volúmenes de carbono capturado y los periodos de tiempo antes de que dicho carbono regrese a la atmósfera como CO ₂ .	Whaley, Dan; Leinen, Margaret; Whilden, Kevin; Climos	14 de mayo de 2009
WO2008131485A1	Método para atraer y concentrar peces / Elevar el volumen de fitoplancton en el océano al proporcionar una fuente de nitrógeno.	Jones, Ian S.F.; Ocean Nourishment Foundation Limited, Australia	6 de noviembre de 2008
WO2008131472A1	Captura de carbono mediante un navío flotante / Se refiere a la fertilización del océano con urea para elevar la población de fitoplancton.	Jones, Ian S. F.; Rodgers, William; Wheen, Robert, John; Judd, Bruce Joseph; Ocean Nourishment Corporation Pty Limited, Australia	6 de noviembre de 2008
WO2008124883A1	Método para determinar el volumen de dióxido de carbono capturado en el océano como resultado de la nutrición oceánica / Proporciona una fórmula para calcular el volumen de CO ₂ capturado con el propósito de "generar bonos de carbono comercializables".	Jones, Ian, Stanley, Ferguson; Ocean Nourishment Corporation Pty Limited, Australia	23 de octubre de 2008

<i>Número de patente o de solicitud de patente</i>	<i>Título / Explicación</i>	<i>Inventor / Adjudicación</i>	<i>Fecha de publicación</i>
EP1608721A1	Método y dispositivo para la pirólisis de biomasa / Describe un proceso para el biochar: calentar biomasa y comprimirla a presión.	Meier, Dietrich; Klaubert, Hannes	28 de diciembre de 2005
WO2009061836A1	Remoción del dióxido de carbono del aire / Se refiere a remover CO ₂ de un flujo de gas al ponerlo en contacto con un sustrato impregnado de cationes en su superficie, en el que el CO ₂ del flujo se adhiere al sustrato a partir de una reacción con aniones, liberando CO ₂ .	Lackner, Klaus, S.; Wright, Allen, B.; Global Research Technology, LLC	14 de mayo de 2009
US20020009338A1	Influencia sobre los patrones climáticos por medio de la alteración de las temperaturas de la superficie o de la capa debajo de ésta / Se refiere a un sistema de generación de un flujo ascendente de las aguas oceánicas, es decir, capaz de elevarlas aguas profundas hacia la superficie.	Blum, Ronald D.; Duston, Dwight P.; Loeb, Jack	24 de enero de 2002
US6056919	Método para captura dióxido de carbono / Se refiere a la elevación del fitoplancton por medio de la aplicación de nutrientes al océano, específicamente fertilizantes "en pulsaciones".	Michael Markels	2 de mayo de 2002
US6200530	Captura de dióxido de carbono en mar abierto para contrarrestar el calentamiento global / Se refiere a la elevación del fitoplancton mediante la aplicación de nutrientes al océano, específicamente fertilizantes "en pulsaciones" y en un patrón de espiral.	Michael Markels	13 de marzo de 2001
WO0065902A1	Captura de dióxido de carbono en mar abierto para contrarrestar el calentamiento global.	Michael Markels	9 de noviembre de 2000
US6440367	Método para capturar dióxido de carbono con un fertilizante compuesto por hierro quelado.	Michael Markels; GreenSea Ventures, Inc.	27 de agosto de 2002

<i>Número de patente o de solicitud de patente</i>	<i>Título / Explicación</i>	<i>Inventor / Adjudicación</i>	<i>Fecha de publicación</i>
US5965117	Partículas materiales flotantes en agua que contienen micronutrientes para el fitoplancton / Fertilización del océano con hierro.	DuPont	12 de octubre de 1999
US5992089	Proceso para capturar dentro del océano el dióxido de carbono de efecto invernadero atmosférico por medio añadiendo al océano amoníaco o sales derivadas.	Ian Jones; William Rodgers; Michael Gunaratnam; Helen Young; Elizabeth Woollahra	30 de noviembre de 1999
JP2004148176A2	Método para suprimir el volumen de dióxido de carbono descargado / Se refiere a la producción de biochar "para ser incrustado en un cuerpo dentro del suelo.	Maywa Co. Ltd. (Japón)	27 de mayo de 2004
US20040111968A1	Producción y uso de una adecuación del suelo generada por la producción combinada de hidrógeno carbono capturado y gases residuales que contienen dióxido de carbono / describe un método para producir biochar.	D. M. Day; James Weifu Lee	17 de junio de 2004

Cuadro 6: Razones para decir no a la geoingeniería

La excusa perfecta: La geoingeniería ofrece a los gobiernos una excusa para no reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Para muchos cabilderos de la industria, la geoingeniería representa “tiempo extra”⁵⁰ en el que pueden evitar actuar para reducir sus emisiones.

Gran escala: Para que cualquier técnica de geoingeniería tenga un impacto visible sobre el clima, tendría que ser desplegada en escala masiva, y cualquier consecuencia no deseada también lo sería. No sabemos cómo podríamos retirar de la circulación una tecnología de escala planetaria.

Inequitativa: Los gobiernos de la OCDE y las empresas más poderosas —las cuales han negado o minimizado el cambio climático durante décadas y son responsables del 90% de las emisiones históricas de GEI— son quienes cuentan con presupuestos y tecnologías para apostar peligrosamente con Gaia. No existe razón alguna para confiar en que tomarán en cuenta los derechos de los estados y los pueblos más vulnerables.

Unilateral: Muchas de las técnicas de geoingeniería podrían ser relativamente simples y baratas de aplicar y la capacidad técnica para hacerlo podría estar concentrada en unas cuantas manos en muy pocos años (individuos, empresas, gobiernos). Es urgente el desarrollo de un mecanismo multilateral para regular la geoingeniería que incluya el establecimiento de una prohibición de cualquier intento unilateral por modificar el clima.

No confiable: Las intervenciones climáticas a través de la geoingeniería podrían fácilmente ocasionar consecuencias no previstas debido a fallas mecánicas, errores humanos, insuficiente comprensión del clima de la Tierra, fenómenos naturales futuros (como tormentas o erupciones volcánicas), impactos transfronterizos, irreversibilidad o carencia de fondos.

Violación de tratados: Muchas técnicas de geoingeniería son de “uso dual” (es decir, tienen aplicación militar). Cualquier despliegue de la geoingeniería por un solo Estado podría constituir una amenaza a sus países vecinos y, muy probablemente, para toda la comunidad internacional. Como tal, su despliegue podría violar el Tratado de Naciones Unidas sobre Modificación del Ambiente, de 1978, el cual prohíbe el uso hostil de la modificación ambiental.

Comercialización del clima: La competencia ya es muy intensa en las oficinas de patentes entre aquellos que creen tener una compostura para la crisis climática del planeta. Si el “Plan B” de la geoingeniería se pusiera en acción en algún momento, las perspectivas de su monopolización serían terroríficas.

Lucrar con el carbono: Ningún interés comercial debería ser admitido como influencia en el sentido de la investigación y el desarrollo de tecnologías con tal potencial para alterar el planeta. Si, como insisten sus promotores, la geoingeniería es realmente un “Plan B” a ser usado sólo en caso de emergencia climática, debería entonces prohibirse su consideración para recibir bonos de carbono dentro del esquema de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), o su uso para alcanzar las metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero estipuladas en el Protocolo de Kioto.

Reflexiones y recomendaciones: ¿Qué sigue para la geoingeniería?

El discurso internacional sobre la geoingeniería ha sido, hasta ahora, dominado por los científicos, los tecnócratas y los utopistas radicales. Aunque ha habido algún pronunciamiento ocasional sobre la “gobernanza” las voces críticas que hacen seguimiento y crítica a los heraldos de la tecnocompostura climática han sido pocas y dispersas. Resulta urgente e indispensable que la comunidad científica colabore con la sociedad (incluyendo a los grupos más afectados, a los gobiernos nacionales e incluso a los locales) para monitorear y enfrentar las amenazas climáticas que se avecinan. Efectivamente, la ciencia y a tecnología desempeñarán un papel central en la inminente crisis climática, pero necesitamos miles de luces de investigación brillante en vez de un nuevo Proyecto Manhattan. Por definición las respuestas prácticas al cambio climático deben cambiar en correspondencia con los cambios de latitud, altitud y de los ecosistemas. Aunque la idea de agitar una barita mágica alrededor del mundo pudiera satisfacer las aspiraciones de muchos científicos al Premio Nobel, simple y sencillamente, la geoingeniería arrebató dinero a las soluciones reales en campo. La “gran” ciencia tendrá que aprender a volverse “diversa” y a colaborar con los gobiernos del Sur, las comunidades locales, los pueblos indígenas y los campesinos que ya intentan dar respuesta a esta crisis. La humildad deberá remplazar a la arrogancia.

Los autores proponen algunas ideas respecto a cómo proceder para enfrentar a la geoingeniería.

La tecnología, el principio precautorio y las negociaciones sobre cambio climático

Las organizaciones de la sociedad civil y los gobiernos del Sur global deben estar extremadamente alertas para cerrar el paso a cualquier oportunidad de que las tecnocomposturas pasen a formar parte de las negociaciones de la CMNUCC. Donde sea que aparezcan las palabras “investigación, desarrollo, despliegue, difusión y transferencia”, deben insertarse también la palabra “evaluación. En el ámbito nacional la evaluación de la tecnología debe también integrarse como parte de los planes de acción tecnológica nacionales de cada país. La evaluación podría también realizarse en el ámbito internacional a través de mecanismos institucionales, como paneles técnicos e incluidos en el Plan de Acción de Tecnológica Global.

Las tecnologías de geoingeniería deben ser expresamente excluidas de cualquier provisión que esté sujeta a discusión sobre la transferencia de tecnología. *Las nuevas tecnologías de adaptación o mitigación que incluyan la manipulación intencional y de gran escala del clima de la Tierra y sistemas relacionados, como las tecnologías de la geoingeniería, deben excluirse de las medidas de expansión de la tecnología previstas en el Artículo 4 de la CMNUCC. El principio precautorio debe ser estrictamente aplicado, especialmente en vista de los impactos potenciales transfronterizos, de acuerdo con el Principio 21 de la Declaración de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano (Estocolmo, 1972). La experimentación y el despliegue de la geoingeniería en el mundo real sin previo consenso multilateral explícito deben prohibirse.*

Investigación y desarrollo: detener la experimentación en el mundo real

El coro de voces que aúlla exigiendo más investigación para el desarrollo de las tecnologías de geoingeniería se está volviendo ensordecedor. Al dejar de estar confinados al ámbito del extremismo marginal, las academias científicas los medios masivos y científicos, algunos eminentes ambientalistas e incluso poderosas figuras políticas y públicas han comenzado a

hacer llamados para que se intensifique la investigación y el desarrollo de este muy riesgoso “Plan B”. Muchas de estas voces aparentan ser muy razonables, incluso, precavidas, al alegar que necesitamos investigar para poder estar preparados en caso de una emergencia climática. Otros dirán que ya es demasiado tarde para solucionar la crisis climática con mecanismos de mitigación y que, por tanto, algunas formas de geoingeniería son inevitables, por lo que debemos estar preparados. El mensaje consistente a los políticos es: saquen las chequeras.

La tecnocompostura de la geoingeniería, al igual que la crisis climática que pretende resolver, es un producto de los países industrializados en los que la mayor parte de la investigación científica es realizada por o bajo la influencia de empresas que buscan obtener una ganancia. Con toda la arrogancia que una ingeniería de escala planetaria es capaz de expresar, los cabilderos de la geoingeniería quieren sacarla del laboratorio y trasladarla al mundo real para experimentar en campo. Ante la ausencia de un debate democrático, de leyes claras internacionalmente acordadas, regulaciones, cuerpos normativos y provisiones sobre la responsabilidad, tales permisos no deben ser otorgados.

Por tanto, en relación con la investigación y el desarrollo:

- a) Debe establecerse una estricta moratoria de todos los experimentos de geoingeniería en el mundo real y debe establecerse una estructura regulatoria internacional de común acuerdo.
- b) No deben otorgarse patentes a tecnologías de geoingeniería, porque ello entraría claramente en conflicto con su propósito declarado de propiciar medidas de respuesta urgente y porque ofrece incentivos perversos para adoptar estos riesgosos esquemas.
- c) El involucramiento del sector privado en la experimentación o el despliegue de estas tecnologías debe ser prohibido.
- d) No deben permitirse los bonos de carbono o compensaciones por el uso de tecnologías de geoingeniería.
- e) Debe realizarse, con carácter urgente, una investigación participativa de los vacíos existentes en los mecanismos internacionales y tratados vigentes que tienen un mandato de vigilancia o supervisión.

Evaluación de las nuevas tecnologías

La historia está repleta de ejemplos de tecnologías que han sido vendidas como panaceas y liberadas en el ambiente sin ningún tipo de evaluación previa y adecuada sobre sus riesgos y beneficios.⁵¹ A pesar de años de compromisos declarados para propagar “tecnologías ambientalmente seguras”,⁵² las definiciones siguen siendo débiles y las evaluaciones son especialmente adecuadas cuando se trata de los impactos sociales y económicos sobre las comunidades más pobres y vulnerables. Acuerdos sobre tecnología sin una evaluación o el establecimiento de provisiones adecuadas sería peor que el no alcanzar acuerdo alguno.

Como mínimo, el proceso de evaluación de las nuevas tecnologías debería:

- a) Tener presentes el principio precautorio, la integridad ambiental y la Declaración Universal de los Derechos Humanos.
- b) Ser participativa y accesible para la sociedad civil, las organizaciones sociales y los pueblos indígenas para que los pueblos con mayor probabilidad de ser afectados por el emplazamiento de estas tecnologías puedan ser escuchados y sus demandas atendidas.
- c) Ser respetuoso del principio de consentimiento local informado, libre y previo.
- d) Ser transparente, incorporando mecanismos de información pública completa durante todas las etapas del proceso de evaluación.

- e) Ser independiente de todo interés empresarial y corporativo.
- f) Ser conducido por los países y los pueblos interesados en obtener la tecnología y no por las empresas interesadas en venderla.
- g) Anteceder a cualquier decisión relativa al apoyo financiero, el cual debe depender de una evaluación positiva.
- h) Contar con el personal adecuado y no sólo con el personal científico competente, sino también con científicos sociales, representantes de la sociedad civil y los pueblos indígenas, así como especialistas en las diferentes regiones que estén adecuadamente equipados para evaluar la pertinencia de una determinada tecnología.

Gobernanza y regulación

Aunque las tecnocomposturas de la geoingeniería no son las únicas tecnologías que ameritan un cuidadoso examen previo, las razones para ser precavidos en este caso son aún más fuertes debido a las altas probabilidades de que generen impactos transfronterizos, así como por la concentración de los fondos financieros dedicados a la investigación y por la concentración del poder en un pequeño número de países industrializados. Además, la experimentación y el emplazamiento de estas tecnologías necesariamente imantará sobre los bienes comunes: la atmósfera y los océanos. Los estados están obligados a asegurar que las “actividades que se realizan dentro de su jurisdicción o bajo su control no ocasionen daños al ambiente de otros estados o de áreas más allá de los límites de su jurisdicción nacional”.⁵³ El ampliamente reconocido potencial para el despliegue unilateral de la geoingeniería se contrapone abiertamente con este principio mundial.

Existe evidencia de que quienes están ubicados en la vanguardia y los que reciben las ganancias de la investigación y el desarrollo tienden a procurar ejercer el control de los debates sobre la gobernanza de geoingeniería. Esto puede observarse, por ejemplo, en la recomendación de la Real Sociedad Británica para que se establezca un “código de conducta voluntario”, desarrollado por los individuos y las corporaciones que de hecho están involucrados en la investigación en geoingeniería. Otro ejemplo lo constituye la propuesta del Fondo para Respuesta Climática (Climate Response Fund) de organizar una reunión en Asilomar, California, Estados Unidos, para “elaborar una especie de listado con el fin de asegurarnos de que se realizan las mejores prácticas”.⁵⁴

El problema de qué reglas e instituciones internacionales deben regular la geoingeniería, no puede ser dejado en las manos de los geoingenieros mismos, o de un pequeño grupo de países integrados en el Anexo 1 del Protocolo de Kioto.

Más bien, debe establecerse una estructura regulatoria que asegure

- a) Un análisis completo de las leyes internacionales y de las regulaciones existentes para identificar qué cuerpos y tratados ya tienen el mandato de intervenir⁵⁵ y cuáles son sus vacíos.
- b) Una discusión internacional abierta y transparente en la que todos los países, particularmente aquellos más vulnerables al cambio climático, puedan ser escuchados.
- c) Un proceso que incluya a las organizaciones de la sociedad civil, a los pueblos indígenas y a las comunidades locales durante todas sus etapas.
- d) Una estricta prohibición de cualquier despliegue de tecnologías de geoingeniería por lo menos hasta que hayan sido establecidos los mecanismos apropiados de gobernanza.

El papel de la sociedad civil

Numerosos pueblos indígenas, organizaciones populares, ONGs internacionales y grupos de mujeres ya han expresado su oposición a los proyectos de geoingeniería, aunque han sido excluidos de los procesos oficiales hasta la fecha.⁵⁶ No debemos permitir que el pánico nos arrincone y obligue a aceptar un tratamiento que es tan dañino como la enfermedad que pretende aliviar. **El cambio climático no debe ser examinado aisladamente respecto a otras crisis globales —pobreza, hambre, especies en extinción, pérdida de biodiversidad, acidificación de los océanos, guerras—, porque las soluciones que pueden surgir de un examen incompleto pueden provocar la exacerbación de otros problemas.**

Hay que trabajar por la prohibición de cualquier experimento de geoingeniería en el mundo real y asegurarse de la estricta aplicación del principio precautorio; evidenciar los intereses abiertos y encubiertos de los promotores de la geoingeniería, especialmente de los del sector privado; asegurarse de que las voces marginadas sean escuchadas y que el cambio climático no sea visto aislado de su relación con otras importantes crisis, y exigir responsabilidad a sus gobiernos, empresas y científicos que están considerando activamente o promoviendo estas tecnologías.

NOTAS

* Autores: Diana Bronson, Pat Mooney, Kathy Jo Wetter. Agradecimientos especiales para Jim Thomas, Silvia Ribeiro, Elenita Daño y Niclas Hällström.

Traducción del inglés: Octavio Rosas Landa.

¹ En un libro de próxima publicación (diciembre de 2009), editado por Island Press: Steven Schneider, Mike Mastrandrea y Armin Rosencranz (eds.), *Climate Change Science and Policy*. La cita está disponible en un artículo publicado en Internet: www.ucalgary.ca/~keith/papers/89.Keith.EngineeringThePlanet.p.pdf (último acceso: 14 de octubre de 2009).

² Real Sociedad Británica (UK Royal Society), *Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty*, 1 de septiembre de 2009, p. 62; disponible en Internet: <http://royalsociety.org/document.asp?tip=0&id=8729>.

³ Véase Instituto de Ingenieros Mecánicos, *Climate Change: Have We Lost the Battle*, noviembre de 2009, disponible en Internet: <http://www.imeche.org/about/keythemes/environment/Climate+Change/MAG>.

⁴ David Keith, *op. Cit.*

⁵ Las metas de reducción de emisiones suman un promedio de 5% respecto a los niveles observados en 1990, a lo largo del periodo quinquenal 2008-2012. Véase http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php.

⁶ El Banco Mundial estima que del incremento de 140% en los precios de los alimentos observado entre 2002 y 2008, 75% fue debido a la producción de agrocombustibles. Véase Asbjorn Eide, “The Right to Food and the Impact of Liquid Agrofuels (Biofuels)”, FAO, Roma, 2008, disponible en Internet: http://www.fao.org/righttofood/publi08/Right_to_Food_and_Biofuels.pdf y Olivier de Schutter, *Background Note: Analysis of the World Food Crisis by the UN Special Rapporteur on the Right to Food*, disponible en Internet: <http://www.srfood.org/images/stories/pdf/otherdocuments/1-srtrfnoteglobalfoodcrisis-2-5-08.pdf>.

⁷ http://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/fact_sheet_on_technology.pdf.

⁸ Grupo de Trabajo *Ad hoc* para la Acción Cooperativa de Largo Plazo, FCCC/AWGLCA/2009/INF.2 15 de septiembre de 2009, disponible en Internet: <http://unfccc.int/resource/docs/2009/awglca7/eng/inf02.pdf>.

⁹ CMNUCC, *Clean Development Mechanism: 2008 in Brief*, p. 3, disponible en Internet: http://unfccc.int/resource/docs/publications/08_cdm_in_brief.pdf.

¹⁰ En 2008, por ejemplo, tres cuartas partes de los proyectos se adjudicaron a China, India, Brasil y México. Menos del 3% de los proyectos se han ido a África. Véase CMNUCC, *Clean Development Mechanism: 2008 in Brief*, disponible en Internet: http://unfccc.int/resource/docs/publications/08_cdm_in_brief.pdf.

¹¹ James Fleming, “The Climate Engineers”, en *Wilson Quarterly*, primavera de 2007, disponible en Internet: http://www.wilsoncenter.org/index.cfm?fuseaction=wq.essay&essay_id=231274. CMNUCC, *Clean Development Mechanism: 2008 in Brief*, p. 3, disponible en Internet: http://unfccc.int/resource/docs/publications/08_cdm_in_brief.pdf.

¹² *Ibid.* El resto de la presente sección se basa principalmente en el artículo de Fleming.

¹³ Edward Teller, Lowell Wood y Roderick Hyde, “Global Warming and Ice Ages: I. Prospects For Physics-Based Modulation Of Global Change”, 15 de agosto de 1997.

¹⁴ P.J. Crutzen, “Geology of Mankind” *Nature*, v. 415, 3 de enero de 2002.

- ¹⁵ M.I. Hoffert, K. Caldeira *et al.* “Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet”, *Science*, v. 298, 1 de noviembre de 2002, pp. 981-987, y P.J. Crutzen, “Geology of Mankind”, *Nature*, v. 415, 3 de enero de 2002.
- ¹⁶ E. Teller, R. Hyde y L. Wood, “Active Climate Stabilization: Practical Physics-Based Approaches to Prevention of Climate Change” 18 de abril de 2002.
- ¹⁷ P.J. Crutzen, “Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?”, *Climatic Change*, 2006.
- ¹⁸ William J. Broad, “How to Cool a Planet (Maybe)”, *The New York Times*, 27 de junio de 2006.
- ¹⁹ William J. Broad, “How to Cool a Planet (Maybe)”, *The New York Times*, 27 de junio de 2006.
- ²⁰ Se condujeron búsquedas de publicaciones el 25 de agosto de 2009. Para artículos académicos: Google Scholar para los años 1994-2001 y 2002-a la fecha (términos de búsqueda “geoingeniería”, “cambio” “clima” en las siguientes categorías: Biología, Ciencias de la Vida y Ciencias Ambientales; Química y Ciencia de los Materiales; Ingeniería, Ciencias de la Computación y Matemáticas; Física, Astronomía y Ciencias Planetarias; Ciencias Sociales, Artes y Humanidades. Para una cobertura mediática mayor: Lexis Nexis para los años 1994-2001 y 2002 a la fecha (términos de búsqueda “geoingeniería”, “clima”, “cambio”) en notas periódicas (de los principales periódicos del mundo), weblogs y revistas.
- ²¹ Seth Borenstein, Associated Press, 9 de abril de 2009. Véase “Global warming is so dire, the Obama administration is discussing radical technologies to cool Earth’s air”, disponible en Internet: <http://abcnews.go.com/Technology/GlobalWarming/wireStory?id=7295178>.
- ²² Steven Chu discutió el tema de la geoingeniería en el Simposio de Premios Nobel en el Palacio de St. James, de Londres, realizado del 26 al 28 de mayo de 2009.
- ²³ Véase www.americasclimatechoices.org/GeoEng%20Agenda%206-11-09.pdf.
- ²⁴ J. J. Blackstock, D. S. Battisti, K. Caldeira, D. M. Eardley, J. I. Katz, D. W. Keith, A. A. N. Patrinos, D. P. Schrag, R. H. Socolow y S. E. Koonin, *Climate Engineering Responses to Climate Emergencies* (Novim, 2009), disponible en Internet: <http://arxiv.org/pdf/0907.5140>.
- ²⁵ Último acceso: 16 de octubre de 2009 en <http://carbonsequestration.blogspot.com/2008/02/uk-environmental-minister-ocean.html>.
- ²⁶ Véanse las Recomendaciones 24 y 25 del Comité Parlamentario Británico para la Innovación, la Ciencia, las Universidades y las Capacidades, *Engineering: turning ideas into reality, Fourth Report of Session 2008–09*, v. 1, p. 117.
- ²⁷ Para más información, véase el comunicado de prensa del Grupo ETC, “German Geo-engineers Show Iron Will to Defy Global UN Moratorium”, 8 de enero de 2009, disponible en Internet: http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=710.
- ²⁸ El Principio de Chatham House es un precepto de confidencialidad sobre la fuente de información recibida en una reunión que establece que, cuando una reunión, o alguna de las personas que participan en ella, se adhiere al principio, los participantes están en libertad de utilizar la información recibida, pero no están en libertad de divulgar la identidad ni la afiliación de los demás participantes en el encuentro [N. del T.]
- ²⁹ Véase <http://www.irgc.org/Geoengineering.html>.
- ³⁰ Disponible en Internet: www.royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=35151.
- ³¹ Incluso los esquemas de geoingeniería, como la cobertura de desiertos con capas de polietileno-aluminio o la colocación de espejos en el espacio, por ejemplo, no han sido descartadas para su consideración futura y, por tanto, podrían ser elegibles para financiamiento del gobierno británico.
- ³² Comunicación personal vía correo electrónico entre el Director de Política Científica de la Real Sociedad Británica y el Grupo ETC.
- ³³ http://www.iop.org/Media/Press%20Releases/press_36613.html.
- ³⁴ “Geoengineering the world out of climate change”, en *World Development Report 2010: Development and Climate Change*, Recuadro 7.1, p. 301; disponible en Internet: <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/EXTWDRS/EXTWDR2010/0..menuPK:5287748~pagePK:64167702~piPK:64167676~theSitePK:5287741.00.html>.
- ³⁵ PNUMA, *Climate Change Science Compendium 2009*, disponible en Internet: <http://www.unep.org/compendium2009/>.
- ³⁶ *Ibid.*, p. 53.
- ³⁷ <http://newt.org/tabid/102/articleType/ArticleView/articleId/3475/Default.aspx>.
- ³⁸ Disponible en Internet: <http://fixthecimate.com/component-1/the-solutions-new-research/climate-engineering>.
- ³⁹ Alex Steffen, “Geoengineering and the New Climate Denialism”, 29 de abril de 2009; disponible en Internet: <http://www.worldchanging.com/archives/009784.html>.
- ⁴⁰ Chris Bowlby, “A quick fix for global warming”, BBC News, 31 de julio de 2008; disponible en Internet: http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/magazine/7533600.stm.
- ⁴¹ Grupo ETC, “¿Quién nos alimentará? Cuestionamientos a los negociadores de las crisis alimentaria y climática en Roma y Copenhague”, Comunicado #102, noviembre de 2009, www.etcgroup.org.
- ⁴² Grupo ETC, “Patenting the ‘Climate Genes’... And Capturing the Climate Agenda”, Comunicado #99, mayo-junio de 2008, disponible en Internet: http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=687.
- ⁴³ Véanse, por ejemplo, los planes de la Pacific Gas and Electric Company (de California) para utilizar el sembrado de nubes en las cuencas Pit y McCloud para compensar la pérdida de nieve debida al cambio climático: Christina Aanestad, “Seeding Clouds

for Hydropower”, *Climate Watch*, KQED Radio, 2009, disponible en Internet:

<http://blogs.kqed.org/climatewatch/2009/09/05/seeding-clouds-for-hydropower/>.

⁴⁴ http://groups.google.com/group/geoengineering/browse_thread/thread/2b6e7fdb90155e4f.

⁴⁵ Drake Bennett, “Don’t like the weather? Change it”, *The Boston Globe*, 3 de julio de 2005, disponible en Internet:

http://www.boston.com/news/globe/ideas/articles/2005/07/03/dont_like_the_weather_change_it/ (último acceso: 15 de octubre de 2009).

⁴⁶ En un reciente artículo, investigadores de cinco institutos de investigación asiáticos (todos provenientes de países que cumplen con el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (TRIPS) —India, China, Indonesia, Malasia y Tailandia—), concluyeron que la propiedad intelectual ha obstaculizado, directa o indirectamente la transferencia de tecnologías climáticas, incluso a la luz del mandato legal para la transferencia tecnológica establecido en la CMNUCC y el Protocolo de Kioto. TERI, *Emerging Asia contribution on issues of technology for Copenhagen*, Nueva Delhi: The Energy and Resources Institute, 2009.

⁴⁷ El punto 15 de la solicitud de patente WO2008131485A1, “Método para atraer y concentrar peces”, dice: “Un pez cosechado utilizando el método del punto 13 o 14”.

⁴⁸ En un correo electrónico al Grupo ETC, fechado el 1 de noviembre de 2007, Jones escribió: “La Ocean Nourishment Foundation posee los derechos sobre la proteína marina generada por los procesos patentados de nutrición oceánica”.

⁴⁹ Página electrónica de CQuestrate sobre su enfoque de código abierto: <http://www.cquestrate.com/open-source> (último acceso: 15 de octubre de 2009).

⁵⁰ Véase, por ejemplo, “Geoengineering: Giving us the Time to Act”, Institute of Mechanical Engineers (Reino Unido), agosto de 2009, disponible en Internet: <http://www.imeche.org/>.

⁵¹ Ejemplos obvios incluyen los problemas generados por los asbestos, los CFCs y, más recientemente, la introducción de los combustibles agroindustriales en gran escala. Véase, por ejemplo, www.biofuelwatch.org.uk.

⁵² La Agenda 21 contiene, por ejemplo, un ambicioso programa para la transferencia de tecnologías ambientalmente seguras. Véase: <http://www.unep.org/Documents.multilingual/Default.asp?DocumentID=52&ArticleID=84&l=en>.

⁵³ Los párrafos relevantes de la Declaración de Río son los 2, 13 y 14 y se hace eco de ellos en el preámbulo de la CMNUCC. Véase también: Simon Terry, *Restoring the Atmosphere: Dangerous Climate Change and the New Governance Required*, Sustainability Council of New Zealand, agosto de 2009, pp. 82-83.

⁵⁴ Los organizadores carecieron tanto de credibilidad como de independencia: la principal organizadora, la Dra. Margaret Leinen es la madre de Dan Whaley, presidente de Climos, una empresa de riesgo dedicada a la fertilización oceánica, cuyos “experimentos” han enfrentado una amplia oposición y el Jefe de Asesores Científicos, Michael MacCracken, escribió un documento para el Banco Mundial que es absolutamente revelador en su evaluación hiper-optimista de la geoingeniería y de la necesidad de ya comenzar a trabajar en ella. Mike MacCracken, citado en Eli Kintisch, “March Geoengineering Confab Draws Praise”, *Criticism*, 6 de noviembre de 2009, disponible en Internet: <http://blogs.sciencemag.org/scienceinsider/2009/11/march-geoengine.html>.

⁵⁵ En términos de los organismos internacionales que tienen un interés directo y experiencia específica sobre la cuestión de la geoingeniería, se pueden señalar, entre otros, al Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA), a la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas sobre Derechos Humanos, a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a la Organización Marítima Internacional, a la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres, al Foro Permanente de las Naciones Unidas sobre Cuestiones Indígenas, a la Comisión de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sustentable, a la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, a la Oficina de las Naciones Unidas para los Asuntos del Espacio Exterior, a la Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios, a la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura (UNESCO), a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y a la Organización Meteorológica Mundial. Aunque no existe un marco jurídico internacional que esté específicamente adecuado para abordar la serie de tecnologías contempladas aquí, algunos son de relevancia evidente: sobresalen la Convención sobre la Prohibición de Utilizar Técnicas de Modificación Ambiental con Fines Militares u Otros Fines Hostiles (Tratado ENMOD), la Convención sobre la Diversidad Biológica y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), pero también están la Convención de las Naciones Unidas sobre la Ley del Mar, el Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, la Convención sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia, y otras más.

⁵⁶ Véase, por ejemplo, la Declaración de Anchorage de los Pueblos Indígenas sobre el Cambio Climático, abril de 2009, disponible en Internet: <http://www.indigenoussummit.com/servlet/content/declaration.html>.