
Ingenierizar el clima: resumen y actualización

J. G. Shepherd

Phil. Trans. R. Soc. A 2012 **370**, 4166-4175

doi: 10.1098/rsta.2012.0186

Referencias

Artículo citado en:

<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/370/1974/4166.full.html#>

Publicaciones sobre el tema

Podrán encontrarse artículos sobre el tema en las siguientes colecciones.

[Climatología \(101 Artículos\)](#)

Phil. Trans. R. Soc. A (2012) **370**, 4166–4175
doi:10.1098/rsta.2012.0186

Revisión

Ingenierizar el clima: resumen y actualización

Escrito por J. G. SHEPHERD*

School of Ocean and Earth Science, National Oceanography Centre, University of Southampton, European Way, Southampton SO14 3ZH, UK

El cambio climático que estamos experimentando en la actualidad está causado por un aumento de los gases efecto invernadero como consecuencia de la actividad humana, incluyendo la combustión de materias fósiles, la agricultura y la deforestación.

Se cree que el calentamiento global de 2° C por encima de los niveles preindustriales sería peligroso y por lo tanto debería evitarse. No obstante, a pesar de la creciente preocupación al respecto y de los muchos intentos para acordar la reducción de las emisiones globales de CO₂, éstas han continuado aumentando. Hecho que ha llevado a algunos expertos a sugerir alternativas de “geoingeniería” más radicales en vez de reducir las emisiones globales de CO₂. La geoingeniería es la intervención deliberada en el sistema climático para mitigar el calentamiento global causado por el hombre. Existen dos clases de geoingeniería: la eliminación directa de dióxido de carbono, y la gestión de la radiación solar orientada a enfriar el planeta reflejando la luz solar de nuevo al espacio. Las conclusiones del análisis sobre la geoingeniería llevado a cabo por la Royal Society del Reino Unido en 2009 se resumen aquí, incluyendo los efectos en el clima, los costes, los riesgos, las investigaciones y la gobernanza de los distintos enfoques. Se analiza el posible papel de la geoingeniería en un abanico de respuestas al cambio climático, al tiempo que se revisan varias iniciativas para establecer una buena praxis de la actividad de investigación.

Las conclusiones principales son las siguientes:

- La Geoingeniería no es una varita mágica y en modo alguno es una alternativa a la reducción de las emisiones de CO₂;
- Reducir a nivel global la emisión de gases de efecto invernadero debe ser nuestra prioridad número uno; (i) aunque en vista de la dificultad la geoingeniería puede ser de ayuda;
- La geoingeniería es técnicamente posible; (i) sin embargo existen grandes dudas al respecto, y riesgos potenciales sobre su eficacia, coste, e impacto medioambiental;
- Se necesita mucha más investigación, un compromiso público, y un sistema de regulación (en el caso de puesta en marcha, y de eventuales pruebas a gran escala)
- La aceptación de la geoingeniería vendrá determinada tanto por consideraciones sociales, legales o políticas, como por factores científicos y tecnológicos.

[*j.g.shepherd@noc.soton.ac.uk](mailto:j.g.shepherd@noc.soton.ac.uk)

Contribución de los 12 participantes en el debate sobre ‘Geoingeniería, ¿tomando el control del clima de nuestro planeta?’.

Algunos métodos en ambos tipos de geoingeniería implicarían la dispersión de materiales en el medio ambiente, ya sea en la atmósfera o en los océanos, en zonas fuera de jurisdicción nacional. El impacto esperado en el clima afectaría en cierta medida a muchos o a todos los países. Por lo tanto existen implicaciones inherentes a nivel internacional para la puesta en marcha de estos métodos (y posiblemente también para algunas formas de investigación), que necesitan considerarse seriamente antes de que la puesta en marcha de experimentos a gran escala puedan llevarse a cabo de forma responsable.

Palabras clave: geoingeniería; cambio climático; gobernanza; dudas.

1. INTRODUCCIÓN

No está claro, si la geoingeniería fuera necesaria, y si lo fuera, tampoco se sabe cuál sería el momento más idóneo para considerar su puesta en marcha con el fin de aumentar los esfuerzos convencionales orientados a moderar el cambio climático, mediante la mitigación, y en su caso adaptación a sus efectos. No obstante, los esfuerzos globales para reducir las emisiones de CO₂ no han tenido el éxito necesario que permita confiar en que se puedan lograr las reducciones exigidas para evitar el peligro del cambio climático.

Existe un alto riesgo de que las medidas de mitigación no se introduzcan a tiempo, a pesar de que la tecnología está disponible y es económicamente viable [1]. Es muy posible que el calentamiento global exceda los 2° C este siglo si las emisiones globales de CO₂ no se recortan en 50% para el año 2050, y en un porcentaje superior a partir de esa fecha [2]. No existe un escenario creíble de emisiones según el cual el promedio global de la temperatura subiría a máximos y comenzaría a declinar para el año 2100. Si los futuros esfuerzos para reducir la emisión de gases invernadero no logran superar los resultados actuales, sería necesario recurrir a la geoingeniería en caso de tener que enfriar el aire en algún momento de este siglo.

Las propuestas de geoingeniería o intervención climática¹ son muchas y diversas. Y para el estudio de la Royal Society [3], se adoptó un enfoque deliberadamente amplio con el fin de garantizar la pluralidad de la revisión. Se ha hablado mucho en los medios de comunicación y en otros ámbitos sobre los posibles métodos de geoingeniería, y existe mucha confusión sobre la factibilidad, la posible eficacia y otros impactos. Por lo tanto, el objeto general del estudio fue el de reducir esa confusión y malinterpretación, con el fin de facilitar un debate bien documentado al respecto, entre científicos, ingenieros, responsables de políticas, y público.

El equipo de trabajo se compuso de 12 miembros, sobre todo científicos e ingenieros, pero también había un sociólogo, un abogado y un economista. Los participantes eran principalmente del Reino Unido, aunque hubo alguno de Estados Unidos y Canadá. El estudio tenía en sí mismo un ámbito internacional. Los integrantes del grupo no eran defensores de la geoingeniería, y mantuvieron opiniones distintas sobre el tema, desde una aprobación con reservas a un total escepticismo.

Las premisas para el estudio incluían considerar, y, dentro de lo posible, evaluar los programas propuestos para moderar el cambio climático mediante técnicas de geoingeniería, específicamente:

- Considerar *lo que se sabe, y lo que no se sabe* sobre los efectos previsibles, las ventajas y desventajas de estos programas;
- Evaluar su *factibilidad, eficacia, posibles impactos ambientales*, y cualquier consecuencia inesperada; e
- Identificar *la necesidad de realizar investigaciones adicionales*, además de cualquier política específica y de las implicaciones legales.

Se tuvieron en cuenta todos los métodos orientados a moderar el cambio climático mediante la intervención deliberada a gran escala con el fin de incidir en el sistema climático natural de la tierra, excluyendo:

- Fuentes energéticas de baja producción de CO₂, y métodos convencionales para reducir la emisión de gases de efecto invernadero;
- La captura y almacenamiento de carbono en el punto de emisión; y
- Programas convencionales de reforestación y de prevención de la deforestación, porque o bien no tienen nada que ver con la geoingeniería en sí mismos, o porque ya se consideran dentro de otras políticas [4].

1 El término geoingeniería es ampliamente usado, pero otros términos como intervención climática, ingeniería climática, ingeniería del sistema terrestre, y remediación o restauración climática son usados por otros autores. Todos ellos son considerados aquí sinónimos.

2. Planteamientos Generales

Los métodos considerados entran dentro de dos categorías que difieren entre sí, en cuanto a su aplicación, duración de su efectividad, los efectos en la temperatura y en otros aspectos importantes del clima, de manera que puedan ser analizados por separado. Estas categorías son:

- Técnicas de eliminación del dióxido de carbono (CDR), que tratan el origen del cambio climático mediante la eliminación de la atmósfera de los gases de efecto invernadero;
- Técnicas de gestión de la radiación solar (SRM) para paliar los efectos del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero reflejando un pequeño porcentaje de la luz solar de nuevo hacia el espacio.

Los métodos de eliminación del dióxido de carbono considerados en este estudio incluyen:

- Gestión del uso de terrenos para proteger los sumideros de carbono, o de mejorarlos;
- Uso de biomasa y otras fuentes energéticas neutras para eliminar el carbono;
- Aceleración de los procesos de meteorización geológicos y climáticos naturales para eliminar el CO₂ de la atmósfera;
- Captura directa del CO₂, ingenierizada, del aire ambiente; y
- Aumento de la absorción de CO₂, por ejemplo, fertilizando los océanos con nutrientes naturales deficitarios; o aumentando los procesos adecuados de surgencias.
- Las técnicas de gestión de la radiación solar solo tardarían unos años en tener efecto en el clima una vez se han puesto en marcha, y podrían ser útiles en el caso de tener que dar una respuesta rápida, por ejemplo, para evitar alcanzar un límite climático en el clima. Los métodos considerados en el estudio incluían:
 - o Aumentar la reflectancia de la superficie del planeta aclarando los edificios (por ejemplo pintándolos de blanco), plantando especies vegetales que sean reflectoras, o cubriendo los desiertos con material reflectante;
 - o Incrementar la luminosidad de las nubes marinas (reflectancia);
 - o Imitar los efectos de las erupciones volcánicas inyectando partículas de aerosoles en la baja estratosfera (por ejemplo sulfatos); y
 - o Situando escudos o reflectores en el espacio para reducir la cantidad de energía solar que llega a la tierra.

La escala espacial del impacto necesario para mejorar el cambio climático es global, y su magnitud es enorme. A efectos prácticos para que la gestión de la radiación solar tenga resultados en el calentamiento global producido por el hombre, sería necesario lograr una potencia de radiación de unos cuantos vatios por metro cuadrado, y para más efectividad del método, deberían eliminarse varias toneladas de billones de carbono al año durante décadas.

Existen diferentes criterios para evaluar las propuestas de geoingeniería, algunos no de fácil cuantificación. Para el estudio de la Royal Society [3] se tuvieron en cuenta métodos de evaluación preliminares, y semi-cuantitativos, con distintos criterios técnicos, por ejemplo, la eficacia, asequibilidad, seguridad, y los plazos, a nuestro juicio más prometedores. Las previsiones actuales de costes son totalmente dudosas por lo que en este momento sería prematuro intentar cualquier análisis detallado coste-beneficio.

3. Aspectos técnicos: factibilidad, coste, impacto medio ambiental, y efectos secundarios.

El estudio concluyó que la geoingeniería del sistema climático terrestre desde el punto de vista tecnológico, es posible. Sin embargo, la tecnología para llevarlo a cabo es reciente y existen dudas razonables en relación con su efectividad, coste, e impacto medio ambiental. Si pudieran reducirse esas dudas, los métodos de geoingeniería podrían ser útiles en el futuro para aumentar los esfuerzos encaminados a mitigar el cambio climático reduciendo las emisiones. Considerando las dudas existentes sería razonable adoptar un enfoque de precaución: más y mejor información es necesaria para valorar los riesgos potenciales de manera que sean aceptados o descartados. En otras palabras, los métodos potencialmente útiles deberán ser objeto de investigación y de un análisis detallado, con especial atención al aspecto medioambiental (sin olvidar los aspectos tecnológicos y los socioeconómicos).

Los métodos de eliminación del dióxido de carbono (CDR) son preferibles a los de gestión de la radiación solar (SRM), ya que restauran el sistema climático devolviéndolo al estado natural preindustrial, lo que implica menos dudas y riesgos. Ninguno de los métodos (CDR) evaluados ha demostrado eficacia a un coste razonable, con efectos secundarios aceptables. Además, la eliminación del CO₂ de la atmósfera es muy lenta y se tardarían décadas en reducir las temperaturas. Si pudieran aplicarse métodos seguros y económicos a una escala apropiada, supondría una gran contribución a la reducción de las concentraciones de CO₂ y un complemento útil de los métodos convencionales de reducción de emisiones. Incluso podrían ser valiosos a la hora de tratar el problema de acidificación del océano, y posiblemente estos métodos pudieran influir en la futura reducción de concentraciones atmosféricas de CO₂. Los métodos (CDR) que eliminan el CO₂ de la atmósfera sin perturbar los sistemas naturales, y sin tener que convertir el uso de la tierra a gran escala, como la captura de CO₂ del aire (y posiblemente también mejorarían la meteorización geoquímica), tendrían menos efectos secundarios. Las técnicas de captura de carbono que sin embargo tienen implicaciones en el uso de la tierra (como los métodos basados en la biomasa, incluyendo el carbón (biochar) y la mejora de la meteorización del suelo) pueden contribuir eficazmente a pequeña escala. Aunque quedan por determinar las condiciones en las que serían económicamente viables, y social y ecológicamente sostenibles. Realmente no se sabe hasta qué punto los métodos que implican manipulación de los sistemas ecológicos a gran escala (como la fertilización de los océanos) pueden capturar carbono de forma económica y fiable sin causar efectos secundarios medioambientales.

Las técnicas de gestión de la radiación solar (SRM) se espera que sean relativamente económicas y tardarían solo unos años en tener efecto sobre el clima una vez se hayan puesto en marcha. Sin embargo existen muchas dudas en cuanto a sus consecuencias y riesgos añadidos. Es posible que con el tiempo, asumiendo que se puedan reducir esas dudas y esos riesgos, los métodos SRM puedan utilizarse para aumentar la mitigación convencional. Sin embargo la adopción de métodos SMR a gran escala podría crear un delicado equilibrio artificial entre un permanente aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero y una reducción de la radiación solar que tendría que mantenerse eventualmente durante muchos siglos. Es muy dudoso que este equilibrio fuera sostenible durante tanto tiempo; particularmente si las emisiones de gases de efecto invernadero siguen produciéndose o incluso aumentando. La puesta en marcha de cualquier método SRM a gran escala supondría la introducción de riesgos adicionales y por lo tanto solo debería realizarse durante un periodo limitado, paralelamente a otros métodos convencionales de reducción de emisiones, y, o, métodos CDR.

Entre las técnicas consideradas de gestión de la radiación solar SRM, las que parecen tener más potencial son las de aerosoles estratosféricos porque pueden reducir las temperaturas a nivel global de forma rápida, ya que sus efectos se distribuirían más uniformemente que otros métodos y podrían ponerse en marcha de inmediato. Sin embargo conllevan efectos secundarios relevantes y riesgos asociados por lo que antes de que se pongan en marcha experimentos a gran escala es necesario realizar una investigación detallada. Los métodos para aumentar la luminosidad de las nubes quizás sean menos efectivos ya que solo reducirían la temperatura a nivel local, pero también parece que podrían estar listos para su ejecución. Los ensayos a pequeña escala supondrían menos problemas de gobernanza que otros métodos SRM. Los métodos SRM en el espacio aportarían un efecto de enfriamiento más uniforme que los métodos de superficie, o métodos basados en dar luminosidad a las nubes. Y si se habla de geoingeniería a largo plazo, esta opción es más rentable que otros métodos SRM, aunque posiblemente el desarrollo de la tecnología apropiada lleve décadas.

4. La dimensión humana y los aspectos internacionales

La aceptación de la geoingeniería vendrá determinada tanto por factores legales, éticos y políticos, como por factores científicos y tecnológicos. El clima terrestre ha sido modificado a escala global por el cambio climático, y las tecnologías de geoingeniería lo modificaría aún más, por diseño. En consecuencia se presentan problemas serios y complejos de gobernanza a nivel nacional e internacional que deberán ser resueltos si se quiere que la geoingeniería se convierta en un método aceptable para moderar el cambio climático (acuerdos semejantes a los que ya hay para la reducción de las emisiones de CO₂).

No existen tratados internacionales o instituciones con competencias para cubrir todos los métodos posibles, no obstante, algunos podrían enmarcarse en los tratados existentes ampliándolos en vez de elaborar unos nuevos, aunque esto no sea fácil. Un ejemplo de ampliación exitosa lo constituye el Convenio de Londres y el Protocolo para cubrir la investigación de la fertilización de los océanos. Sería indeseable para los métodos de geoingeniería que requieren de aplicaciones o de efectos que superen los límites nacionales con excepción de los de eliminar los gases de efecto invernadero de la atmósfera, que se pusieran en marcha antes de crear los mecanismos más apropiados de gobernanza.

Algunos métodos de geoingeniería podrían llevarse a cabo por una nación, de forma independiente, y otros podrían llevarse a cabo por empresas o individuos. Sin embargo, las consecuencias afectarían a todas las naciones y a todas las personas; y a pesar de que las intenciones sean positivas (mejorar el cambio climático), los efectos secundarios previstos o imprevistos, no serían uniformes. Es muy probable que haya ganadores y perdedores, por lo que toda ejecución deberá estar sujeta a reforzar los mecanismos de gobernanza. Si bien queda potencial para acciones unilaterales por parte de cualquier nación u organización con capacidad tecnológica. En el caso de los métodos de eliminación de dióxido de carbono, CDR, esto tendría una ventaja, ya que al considerarse más suaves (ejemplo captura del aire aunque no la fertilización del océano) se perciben como menos amenazadores por lo que requerirían menos gobernanza; al menos hasta que se hayan logrado reducir las concentraciones atmosféricas de CO₂ (tras lo cual sería necesario alcanzar acuerdos internacionales sobre el nivel al que deben ser reducidas éstas, por ejemplo 350, o, 280 ppm, u otro nivel, etc.). No obstante, las acciones unilaterales serían más proclives a poner en marcha de forma prematura la tecnología de gestión de radiación solar en respuesta a la percepción de una amenaza climática, como la pérdida de la capa de hielo marino del verano ártico, la percepción del impacto en los sistemas

pluviosos ecuatoriales (monzones), o la sequía del Mediterráneo o de la Amazonia, todos posibles objetivos. No está claro qué mecanismos internacionales, si es que los hay, podrían ser capaces de prevenir o gestionar este tipo de intervención.

Por ello, deberá determinarse la forma más apropiada para crear mecanismos de gobernanza eficaces (tanto para la investigación, y el desarrollo, como para la ejecución), y de llevar a cabo una revisión de los entes, tratados y mecanismos, de forma prioritaria.

5. Desarrollos recientes

- Desde que el informe de la Royal Society se publicara en Septiembre de 2009 [3], han tenido lugar un gran número de reuniones relevantes, publicaciones y otros eventos, entre los que caben destacar los siguientes:
- En el Reino Unido los Consejos de Investigación, dirigidos por el Consejo de Investigación de Ciencias Físicas y de Ingeniería llevó a cabo un pequeño programa de investigación de geoingeniería climática con capital de riesgo. La financiación disponible fue de 3 millones de libras esterlinas para un periodo de 3 años (el 3% de lo sugerido en el informe de la Royal Society [3]). Esta cifra se distribuyó entre dos proyectos [5].
- La Cámara de los Comunes, en el Reino Unido también, el selecto Comité de Ciencia y Tecnología abrió una línea de investigación sobre la regulación de la geoingeniería. El informe está disponible [6] al igual que la respuesta gubernamental [7], que hace una referencia extensa a las recomendaciones del informe de la Royal Society [3].
- Los temas de gobernanza sobre la investigación en geoingeniería fueron objeto de estudio en conferencias internacionales relevantes sobre tecnologías de intervención climática celebradas en Asilomar, CA, Estados Unidos, en Marzo del 2010. El resumen y el informe completo del Comité Científico Organizador, están disponibles [8].
- El Consejo de Investigación Medioambiental Natural del Reino Unido [9], inició un ejercicio de diálogo titulado “Experimento Tierra” para recabar opiniones sobre la posible financiación de investigación, cuyos resultados fueron publicados.
- En Estados Unidos, el Comité de Ciencias de la Cámara de Representantes mantuvo tres audiencias públicas, cuyo informe a cargo del Presidente del Comité está disponible [10]. El Servicio de Investigación del Congreso de Estados Unidos [11] y la Oficina de Responsabilidad Gubernamental [12], han publicado los correspondientes informes.
- La Comisión Nacional de Política Energética de los Estados Unidos, que es un proyecto del Centro de Política Bipartisana del Congreso, llevó a cabo un amplio estudio sobre geoingeniería y cambio climático. Se ha publicado un informe al respecto [13] y recomienda que los Estados Unidos lleven a cabo un programa de investigación relevante.

- La Royal Society, en colaboración con la Academia de Ciencias para los Países Desarrollados, y la Fundación de Defensa Medioambiental, puso en marcha una iniciativa para facilitar y promover los temas de la gobernanza de la gestión de la radiación solar a nivel internacional que se plantean en relación con las tecnologías relativas a ese método. Se publicó un primer informe [14].
- En Octubre de 2010, las Naciones Unidas en el Convenio sobre Diversidad Biológica adoptaron una resolución sobre geingeniería en su reunión COP10 en Nagoya, Japón, por la que se invita a las partes, y a otros gobiernos... a considerar las directrices siguientes: .. (w) Garantizar que no se ponga en marcha ninguna actividad de geingeniería del clima que afecte a la biodiversidad... con excepción de estudios científicos a pequeña escala que serían llevados a cabo en un escenario controlado de acuerdo con el Artículo 3, debiendo pasar una evaluación preliminar de los eventuales impactos en el medio ambiente. [15, para. 8 (w)]
- La resolución por lo tanto busca prevenir la puesta en marcha prematura de la tecnología de geingeniería mientras que por otro lado se permite la investigación regulada. El significado de escenario adecuado es muy ambiguo pero las referencias al Artículo 3 implican que la investigación estará sujeta a la jurisdicción nacional y que deberán evitarse los impactos transfronterizos. La resolución es orientativa, no prescriptiva, y la redacción ambigua. Tal y como está redactada descartaría actividades que afectarían a la biodiversidad tanto de forma positiva como negativa, algo que en principio no es intencional. No se sabe cuál será el impacto de esta resolución en la futura actividad de investigación de la geingeniería, pero el comité sobre biodiversidad ha creado un grupo de enlace para considerar las implicaciones de la geingeniería para la biodiversidad de forma más detallada [16].

6. Principales conclusiones y recomendaciones

La geingeniería ha recibido una atención pública y de los medios de comunicación considerable en los últimos años, provocando opiniones encendidas a favor y en contra tanto por considerarla una opción política, como por la investigación de eventuales métodos. A pesar de ello el número de reuniones y estudios realizados al respecto, el volumen actual de investigación y la cantidad de información clave disponible en este momento no es significativa. Las dudas siguen ahí y las conclusiones del estudio de la Royal Society [3] siguen siendo válidas y pueden resumirse de la forma siguiente:

El método más seguro y previsible de moderar el cambio climático es actuar a tiempo y de forma eficaz para reducir las emisiones de gas con efecto invernadero. No existen métodos de geingeniería que puedan aportar una alternativa fácil y aceptable al problema del cambio climático. La geingeniería no es una varita mágica y no es una alternativa a la reducción de emisiones de CO₂.

Reducir las emisiones globales de los gases de efecto invernadero debe ser nuestra mayor prioridad. Los grupos en el Marco del Convenio del Cambio Climático de las Naciones Unidas deben redoblar sus esfuerzos para la mitigación y adaptación al cambio climático, y muy especialmente para lograr acuerdos de reducción de las emisiones del 50% para el 2050; y más después de esa fecha. No hay nada en el uso de la geingeniería que nos dé razones para obviar esos esfuerzos.

La geoingeniería podría ser técnicamente posible. Sin embargo existen grandes dudas y riesgos potenciales sobre su eficacia, costes, impacto social y medioambiental. Por ello deberán llevarse a cabo más investigación y desarrollo para determinar si se pueden aplicar otros métodos con menos riesgos en caso de ser necesaria una intervención para reducir el índice de calentamiento este siglo. Sin olvidar las observaciones pertinentes, el diseño y uso de modelaciones climáticas, y la planificación detallada y ejecución de los experimentos. El Reino Unido debiera aportar 10 millones de Libras al año durante un periodo de 10 años, una cifra inicial moderada, para financiar un programa internacional, esperando que las contribuciones de los Estados Unidos y de la Unión Europea sean bastante mayores.

La aceptación de la geoingeniería vendrá determinada tanto por factores legales, éticos y políticos, como por factores científicos y tecnológicos. Una mayor investigación es necesaria al tiempo que un compromiso público y el desarrollo de sistemas de regulación tanto para una puesta en marcha como para pruebas a larga escala. Los retos de gobernanza que plantea la geoingeniería deberán explorarse de forma más detallada por un ente internacional apropiado, por ejemplo la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, y establecer procedimientos para el desarrollo de mecanismos de políticas para resolverlos.

Algunos métodos de geoingeniería, de los dos tipos, implicarían la dispersión de materiales en el medio ambiente, ya sea en la atmósfera o en el océano; y muy posiblemente en áreas fuera de jurisdicción. Las implicaciones internacionales inherentes para controlar la ejecución de los métodos de geoingeniería y posiblemente también para controlar algunos tipos de investigación, son un hecho; y requieren un marco de colaboración en la fase previa antes toda ejecución de experimentos a gran escala para que éstos se lleven a cabo de forma responsable.

Mientras que por un lado se ha avanzado en algunos temas como ya se ha dicho, por otro, la falta de financiación de la investigación incluso a los niveles modestos propuestos, hace poco probable que se puedan resolver las dudas existentes antes de la eventual necesidad de aplicar urgentemente algunas formas de geoingeniería.

Nota del traductor:

Las siglas de los distintos métodos de geoingeniería y las referencias se han mantenido en inglés.

Referencias

1 Stern, N. 2007 *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

2 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007 *Climate change 2007: the physical science basis*. In *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds S. D. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquie, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

3 Royal Society. 2009 'Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty': Royal Society Policy Document 10/09. See <http://royalsociety.org/policy/publications/2009/geoengineering-climate/>.

4 IPCC. 2005 *IPCC special report on carbon dioxide capture and storage*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Nougier, P. J. van der Linden & D. Xiaosu). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- 5 Engineering and Physical Sciences Research Council. 2010 Climate geoengineering sandpit. See <http://www.epsrc.ac.uk/funding/calls/2010/Pages/climategeoengsandpit.aspx>.
- 6 House of Commons. 2010 Select Committee on Science & Technology report: the regulation of geoengineering. See <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200910/cmselect/cmsstech/221/22102.htm>.
- 7 Department for Energy and Climate Change. 2010 Government response to the House of Commons Science and Technology Committee 5th report of session 2009–10: the regulation of geoengineering. See <http://www.official-documents.gov.uk/document/cm79/7936/7936.pdf>.
- 8 Climate Response Fund. 2010 The Asilomar conference: recommendations on principles for research into climate engineering techniques. See <http://www.climateresponsefund.org/images/Conference/finalfinalreport.pdf>.
- 9 Natural Environment Research Council. 2010 Report of public dialogue on geoengineering 'Experiment Earth'. See <http://www.nerc.ac.uk/about/consult/geoengineering-dialogue-finalreport.pdf>.
- 10 US House of Representatives. 2010 Committee on Science & Technology, Chairman's report Engineering the Climate: Research Needs and Strategies for International Collaboration. See <http://www.who.edu/files/server.do?id=74967&pt=2&p=81828>.
- 11 US Congressional Research Service. 2010 Geoengineering: governance and technology policy. See <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R41371.pdf>.
- 12 US Government Accountability Office. 2010 Climate change: a coordinated strategy could focus federal geoengineering research and inform governance efforts. See http://democrats.science.house.gov/Media/file/Reports/GAO_ClimateChangeandGeoengineering.pdf. *Phil. Trans. R. Soc. A* (2012)
- Downloaded from rsta.royalsocietypublishing.org on August 20, 2012
Review. Geoengineering: overview and update 4175
- 13 Bipartisan Policy Center. 2011 Geoengineering: a national strategic plan for research on the potential effectiveness, feasibility, and consequences of climate remediation technologies. See <http://www.bipartisanpolicy.org/sites/default/files/BPC%20Climate%20Remediation%20Final%20Report.pdf>.
- 14 Solar Radiation Management Governance Initiative. 2011 Solar radiation management: the governance of research. See <http://www.srmgi.org/report/>.
- 15 Convention on Biological Diversity. COP 10, Decision X/33. See <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=12299>.
- 16 Convention on Biological Diversity. 2011 Report of the Liaison Group meeting on climate-related geo engineering as it relates to the Convention on Biological Diversity. See <http://www.cbd.int/doc/meetings/cc/lgcrng-eng-01/official/lgcrng-eng-01-05-en.pdf>. *Phil. Trans.*