

## CAPÍTULO V

# CAMBIO CLIMÁTICO, GEOINGENIERÍA Y SEGURIDAD INTERNACIONAL

Armando BERRUECOS REYES\*

SUMARIO: I. *Introducción*. II. *Seguridad internacional, cuestiones ambientales y gobernanza*. III. *Cambio climático y geoingeniería*. IV. *Propuestas y problemática*. V. *Geoingeniería y gobernanza*. VI. *Conclusiones*. VII. *Bibliografía*.

### I. INTRODUCCIÓN

Las líneas de evidencia estudiadas para medir los graduales procesos geológicos que a lo largo de su dilatada existencia ha experimentado la Tierra dejan clara su naturaleza dinámica, fluctuante, vibrante y compleja (Hazen, 2015: 16); 4,500 millones de años de lento y sostenido cambio le han otorgado una configuración, hasta ahora la única conocida, que le permite albergar la presencia de vida en una gran diversidad de ecosistemas, para lo que sólo requiere un mínimo de agua en estado líquido y una fuente de energía utilizable (Briones, 2010: 31).

Si bien en la historia del planeta los periodos de variabilidad climática siempre han estado presentes, sus efectos en los entornos atmosférico, terrestre y oceánico sólo de manera excepcional han alcanzado el alarmantemente rápido ritmo de cambio actual (Hazen, 2015: 19).

En la actualidad se sabe, más allá de toda duda razonable, que la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se mantuvo estable en un nivel de 280 partes por millón (ppm) durante los últimos 10,000 años

---

\* Doctorando en el Programa de Seguridad Internacional de la Universidad Anáhuac; maestro en Administración Naval por el Centro de Estudios Superiores Navales; ingeniero en Ciencias Navales por la Heroica Escuela Naval Militar.

(Delgado, 2012: 217); por otra parte, y gracias a una creciente cantidad de datos, información y fundamentos desarrollados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), la ciencia demuestra, con una seguridad del 95%, que la actividad humana es la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC, 2013: V).

Este conocimiento ha fomentado el discurso internacional sobre la correspondiente implementación de medidas de mitigación y adaptación en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La complejidad de esta realidad crítica ha estimulado una búsqueda de soluciones a los principales problemas ambientales, cuyo desarrollo y posible implementación claramente requieren un concurso multidisciplinar a escala global.

Con tal contexto, el presente trabajo aborda una posible solución basada en el discurso del desarrollo tecnocientífico, en el que la investigación, el desarrollo y la eficiencia tecnológicas juegan un papel preponderante para estimular el advenimiento de una nueva revolución tecnológica (Delgado, 2012: 219) enfocada a la solución de los principales problemas relacionados con el cambio climático: el despliegue de técnicas de geoingeniería.<sup>1</sup> Esta posibilidad plantea riesgos cuya potencial manifestación podrían resultar inadmisibles, especialmente para los actores del sistema internacional con menor índice de desarrollo.

Como marco referencial se utilizará la perspectiva de la seguridad internacional, una subdisciplina de las relaciones internacionales (RI), que en la mayor parte del siglo XX se dedicó casi exclusivamente al estudio de los problemas de hegemonía, guerra, paz, conflictos y dilemas tanto de defensa como de seguridad-poder en torno a la amorfa figura central del Estado y sus interacciones en un sistema internacional más bien anárquico (Buzan, 1983: 94), y que sólo después del periodo de guerra fría volvió su atención al tema de la seguridad ambiental (Dalby, 2016: 42), asunto que gradualmente ha ido adquiriendo mayor relevancia en el contexto internacional, ante el cúmulo de evidencia sobre los fuertes y críticos impactos que el cambio climático ya ejerce sobre toda la comunidad de Estados, pues queda claro que ningún actor, grande o pequeño, débil o poderoso, estará inmune a las

---

<sup>1</sup> Este escenario se respalda en principios técnicos y supuestos metodológicos no demasiado complicados y, por lo tanto, teóricamente alcanzables, cuya consideración política claramente se vincula a los actores del sistema internacional que detentan más poder económico y tecnológico y que, de forma adicional, se caracterizan por ser los países más contaminadores del clima a nivel mundial (Fundación Heinrich Böll y Grupo ETC, 2017: 1), situación que trae aparejados algunos problemas, tanto de tipo moral como de tipo ético y jurídico.

alteraciones que tal fenómeno podrá provocar en el medio ambiente, tanto natural como construido,<sup>2</sup> o en las economías, no sólo en los ámbitos locales, sino también en los nacionales y regionales (Wijkman y Rockström, 2012: 1), lo que, desde luego, y en el menor de los casos, tendrá un fuerte impacto en la calidad de vida de grandes núcleos de población, como ya se ha empezado a documentar.<sup>3</sup>

## II. SEGURIDAD INTERNACIONAL, CUESTIONES AMBIENTALES Y GOBERNANZA

Al término del periodo de guerra fría, la comunidad académica en materia de seguridad internacional retomó, como un asunto prioritario de análisis sobre contaminación, conservación y recursos (Dalby, 2016: 42), las relaciones entre la actividad humana y la biósfera, tanto a nivel local como planetario (Buzan *et al.*, 1998: 76), situación que, aunque ya había sido planteada con anterioridad, no contaba con el interés que siempre debió suscitar.

Una combinación de rápidos cambios en los índices de crecimiento económico, las presiones políticas nacionales sobre el medio ambiente, la contaminación, el aumento de población, las innovaciones científicas fundamentales y el creciente número de organizaciones ambientales internacionales y de protección a la naturaleza estimularon la cooperación internacional en la esfera ambiental.

En la actualidad, el medio ambiente se ha tornado en un componente clave de las RI (Dalby, 2016: 42), dado que el cambio climático global plantea retos críticos que podrían incluir amenazas a la salud pública, a los ecosistemas y a la estabilidad geopolítica, por lo que se ha generado una atención creciente respecto a los peligros sociales y desiguales consecuencias que dicho fenómeno entrañará para los próximos decenios<sup>4</sup> (Welzer, 2012: 38).

---

<sup>2</sup> El medio construido refiere a los grandes espacios urbanos cuya edificación involucró grandes afectaciones al medio ambiente natural; constituye el signo distintivo de todas las agrupaciones humanas que devienen en civilizaciones (Nava, 2013: 149). Este asunto es relevante en la medida en que aproximadamente el 54 % de la población mundial vive en ciudades (Ecosoc ONU, 2014).

<sup>3</sup> El cambio climático, sólo a modo de ejemplo y como una de muchas posibles consecuencias, puede exacerbar la degradación ambiental, con la consiguiente potencialidad para generar desastres repentinos y latentes, ocasionando deterioro de medios de sustento y movimientos migratorios (Ibarra, 2016: 68), como disparadores de una cadena de eventos con mayores efectos.

<sup>4</sup> Si bien las naciones industrializadas del hemisferio boreal, las mayores emisoras de gases de efecto invernadero, van a resultar, en principio, beneficiadas y, posteriormente, po-

El discurso sobre el medio ambiente ha generado una amplia variedad de comunidades epistémicas, organizaciones internacionales, departamentos gubernamentales y movimientos sociales (Buzan *et al.*, 1998: 71), situación que se ha consolidado de manera formal con la creación del IPCC, principal órgano internacional para la evaluación del cambio climático, por parte del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial, lo que fue un avance significativo para ofrecer una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el caso y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas, especialmente teniendo en cuenta las fluctuaciones de las percepciones sobre las amenazas ambientales (Buzan *et al.*, 1998: 71), no sólo en la población en general, sino también en los líderes con influencia global.<sup>5</sup>

Por otra parte, el decidido concurso de los actores no estatales proporciona insumos que han enriquecido e impregnado a la idea de gobernanza con una conceptualización más amplia (Ibarra, 2017: 54), aunque es evidente que el camino por recorrer aún es largo y será arduo, pues existen numerosas dificultades no sólo para el ambicioso trabajo de regular, sino también para tratar de abordar los múltiples problemas interconectados del cambio climático.

En el aspecto formal, quizá el legado más importante de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, que se celebró en Estocolmo en 1972, es que las cuestiones ambientales quedaron firmemente colocadas en la agenda internacional, considerando la protección y el mejoramiento del medio humano como una cuestión fundamental que afecta al bienestar de los pueblos y al desarrollo económico del mundo entero (ONU, 1972: 3), sembrando la semilla que después daría lugar al Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Posteriormente, los debates sobre el desarrollo sostenible condujeron a la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en Río de Janeiro, creándose la CMNUCC en 1992.

Hasta ahora una de las principales estrategias de negociación en el marco de las Conferencias de las Partes de la CMNUCC se ha centrado en los

---

drán disponer de cierto tiempo para adaptarse, no ocurre lo mismo con aquellas regiones no favorecidas por la geografía, y que adicionalmente no han alcanzado niveles de desarrollo humano y tecnológico que les permitan implementar de forma adecuada las medidas de adaptación pertinentes en cada caso.

<sup>5</sup> En este aspecto es claramente ilustrativa la descripción de las distintas opiniones de la gente respecto a su percepción sobre la gravedad del cambio climático: desde escépticos peleoneros cuyas ideas no están basadas en la ciencia hasta realistas extremos que consideran que la adaptación es la única vía a tomar en cuenta (Wijkman y Rockström, 2012: 90 y 91).

mecanismos financieros,<sup>6</sup> que han sido utilizados como herramientas internacionales en un intento de hacer frente al cambio climático y estimular la reducción de carbono atmosférico; pero los resultados no han sido precisamente alentadores (Ibarra, 2012; Gilbertson y Reyes, 2010).

### III. CAMBIO CLIMÁTICO Y GEOINGENIERÍA

En términos generales, el cambio climático reúne todas las características para ser considerado como el problema más difícil que haya enfrentado la humanidad; su complejidad es multifactorial y radica no sólo en la comprensión de sus dimensiones conceptuales, temporales y espaciales, sino también en el análisis de los profundos impactos de seguridad, ambientales, sociales, económicos, políticos, éticos y jurídicos que plantea (Dalby, 2016: 44).

A estos factores se les suma la dificultad práctica para implementar, controlar y evaluar tanto las acciones técnicas de respuesta práctica y viable como las de política y gobernanza concertadas vertical y horizontalmente a través de múltiples niveles de gestión, y sobre diferentes arenas que involucran actores públicos y privados (Sosa-Núñez, 2016: 94), para paliar, mitigar o adaptarse a sus consecuencias. Para abordar la multivariada naturaleza del fenómeno, se hace indispensable la decidida participación del mayor número de profesionales y especialistas de distintas disciplinas científicas en los ámbitos de las ciencias naturales y sociales.

En esa tesitura, hasta el momento los esfuerzos para enfrentar el cambio climático se han centrado casi exclusivamente en aspectos de mitigación o intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2013: 196); sin embargo, la reducción de las emisiones de GEI no sólo no se ha llevado a cabo, sino que además las emisiones han aumentado consistentemente año con año (IPCC, 2013: 12) y las tendencias, en definitiva, están lejos de ser prometedoras. La planificación de medidas de adaptación ha comenzado, pero se considera que éstas tienen aún más limitaciones en términos de alcance e implementación que las medidas de mitigación (Lin, 2013: 115). Éste es el telón de fondo en el que aparece la geoingeniería como posible alternativa que pudiera complementar las acciones de mitigación y adaptación, o ésa podría ser la primera impresión.

---

<sup>6</sup> Los mecanismos de aplicación conjunta, los mecanismos de desarrollo limpio y el comercio de emisiones se encuentran fundamentados en los artículos 6o., 12 y 17, respectivamente, del Protocolo de Kioto, aprobado en 1997.

Los componentes etimológicos del término “geoingeniería” implican una definición sencilla. La raíz griega *geo* significa “tierra” y la palabra “ingeniería” se refiere a “la aplicación de la ciencia a la conversión óptima de los recursos de la naturaleza para los usos de la humanidad” (Keith, 2000: 248); pero ése no es precisamente el sentido de este término *ad hoc*, que no existe en los diccionarios de uso general. Desde que hizo su aparición en la corriente principal del debate sobre el cambio climático durante la última década del siglo XX, el término ha sido generalmente aplicado a las propuestas para manipular el entorno, con el objetivo de reducir el cambio climático, no deseado, causado por influencia humana.

La intención y la magnitud de la escala desempeñan un papel central en una primera definición de geoingeniería: la manipulación deliberada y a gran escala del medio ambiente. En este sentido, para que una acción sea considerada bajo el paraguas teórico de la geoingeniería, la intención y el efecto de la manipulación sobre el medio ambiente deben ser a gran escala, por ejemplo, continental o global, y el cambio ambiental debe ser el objetivo principal de tal acción, no un efecto secundario (Keith, 2000: 247).

Una segunda y más actualizada aproximación al concepto es aportada en los documentos del Programa de Geoingeniería que se lleva a cabo en la Oxford Martin School,<sup>7</sup> en donde se le define como la intervención deliberada a gran escala en los sistemas naturales de la tierra, con la finalidad de combatir los síntomas del cambio climático (Oxford Martin School, 2018).

Por su parte, el IPCC define a la geoingeniería como la intervención deliberada a gran escala en el sistema Tierra, a fin de contrarrestar impactos indeseables del cambio climático sobre el planeta (Stocker y Qin, 2013: 98).

Aterrizando las definiciones citadas a cuestiones prácticas, la Real Sociedad, a través del reporte de su grupo de trabajo sobre el tema, cita que la geoingeniería no implica un conjunto de técnicas científicas conexas, sino que se refiere a un conjunto de tecnologías que involucran diferentes fenómenos científicos y medios de implementación, con el propósito de contrarrestar los elevados niveles de carbono<sup>8</sup> que causan el cambio climático (The Royal Society, 2009: 1). Así que, finalmente, la geoingeniería queda referida a la implementación de una variedad de arriesgadas propuestas

---

<sup>7</sup> Ésta es una comunidad de más de 200 académicos de diferentes disciplinas científicas con base en la Universidad de Oxford, quienes trabajan en equipos colaborativos transversales, que investigan cuestiones complejas de alcance global que no pueden ser abordadas ni abarcadas de manera efectiva por una sola disciplina.

<sup>8</sup> La reducción del CO<sub>2</sub> atmosférico tiene por objetivo desacelerar e, incluso, revertir los aumentos proyectados de concentraciones futuras, acelerando su remoción natural y aumentando el almacenamiento de carbono en la tierra, los océanos y los reservorios geológicos (IPCC, 2013: 98).

técnicas no convencionales, que serían puestas en práctica a escala planetaria, para contrarrestar las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y gestionar el almacenamiento de carbono en los océanos.

Habida cuenta de que el gran número y complejidad de las variables involucradas en una escala planetaria redonda en que los modelos climáticos en uso y la potencia de cómputo disponible sean claramente insuficientes, en la actualidad no existen proyectos de geoingeniería que hayan sido implementados ni técnicas listas para llevarse a la práctica (Lin, 2013: 116). Tampoco existen condiciones viables para realizar pruebas de campo, por lo cual los esfuerzos de investigación se han concretado principalmente en el modelado computacional,<sup>9</sup> lo que, con las limitaciones citadas, complica la obtención de resultados confiables.

La naturaleza de las actividades que se relacionan con el objetivo de la geoingeniería debería tender a favorecer su supervisión internacional coordinada, de manera que se pueda lograr un efecto sinérgico con las actividades nacionales y regionales de mitigación y adaptación, lo que tácitamente implica una coordinación regida mediante mecanismos de gobernanza internacional (Lin, 2013: 116), pues dado que cualquier proyecto de semejante naturaleza sería, por definición, diseñado para afectar el clima mundial, esta situación visiblemente podría tener efectos adversos no intencionales en grandes áreas geográficas.

#### IV. PROPUESTAS Y PROBLEMÁTICA

Las propuestas de geoingeniería se centran en responder a las consecuencias indirectas de las grandes concentraciones atmosféricas de GEI. Esas propuestas se dividen en dos categorías generales: la remoción de CO<sub>2</sub> y la gestión de radiación solar hacia el espacio (The Royal Society, 2009: 1). Con la disminución de los niveles CO<sub>2</sub> en la atmósfera, se espera que el clima del sistema Tierra sea más manejable, mientras que la gestión de radiación solar<sup>10</sup> intentaría controlar las condiciones climáticas, al reducir la cantidad de radiación

---

<sup>9</sup> Un ejemplo sería los experimentos llevados a cabo para investigar si las emergencias climáticas podrían evitarse mediante la gestión de energía solar, a través de la inyección de aerosoles de sulfato en la estratosfera, lo que implicó el modelado de componentes de la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre y los movimientos de hielo (McCusker *et al.*, 2011: 3099).

<sup>10</sup> La gestión de la radiación solar tiene por objeto contrarrestar el calentamiento asociado al aumento de concentraciones de GEI, al reducir la cantidad de luz solar absorbida por el sistema climático. Mediante una técnica conexas se pretende disminuir deliberadamente el

absorbida por la Tierra, técnica que implica mayores riesgos e incertidumbres (Lin, 2013: 120).

Respecto a la primera técnica citada, se busca optimizar el ciclo global del carbono. Éste es intercambiado naturalmente entre la atmósfera, los océanos, la tierra y los seres vivos (United States Government Accountability Office, 2011: 3), de manera que las técnicas de remoción buscan mejorar partes de este ciclo para reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Algunas técnicas incluyen la fertilización de los océanos, la captura directa de emisiones de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y la mejora de los procesos químicos en los que los minerales de los recursos naturales reaccionan con el CO<sub>2</sub> (The Royal Society, 2009: X).

Por lo que toca a la fertilización de los océanos, una propuesta parte de las correlaciones inversas entre el CO<sub>2</sub> atmosférico y la cantidad de hierro en el polvo atmosférico; algunos científicos han postulado al hierro como la limitación micronutriente más importante para potenciar la producción de fitoplancton, así que la adición de un átomo de hierro podría conducir a la incautación de 100,000 átomos de carbono orgánico. Sin embargo, independientemente de que el lecho oceánico ya se encuentra sobrecargado, tal y como lo atestiguan los crecientes niveles de acidificación y consecuente muerte de los bancos de coral, no parece ser en absoluto cierto que la fertilización del océano generará considerables cantidades de fitoplancton muerto para hundirse en la profundidad de los océanos con el carbono incautado. Incluso, si la fertilización del océano fuera eficaz y ampliamente aplicada, podría secuestrar sólo una pequeña fracción de las emisiones de carbono generadas por los seres humanos cada año. Los planes de fertilización del océano, en última instancia, implican una alteración significativa del riesgo en la química de los océanos y de los ecosistemas marinos.

Otra propuesta técnica de remoción es la captura directa de CO<sub>2</sub> del ambiente mediante el uso de procesos químicos; el CO<sub>2</sub> removido sería almacenado utilizando técnicas de captura de carbono. Los procesos químicos serían relativamente sencillos, pero el hecho de que el CO<sub>2</sub> represente solamente el 0.04% de la atmósfera (Pérez, 2017) implica un serio reto técnico. De hecho, la energía necesaria para capturar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera puede generar más de una tonelada de carbono por cada tonelada de carbono capturada (Lin, 2013: 119).

Otro conjunto de técnicas de remoción busca acelerar los procesos naturales que remueven el CO<sub>2</sub> de la atmósfera a través de reacciones químicas con aerosoles estratosféricos (The Royal Society, 2009: 29), una de las pro-

---

efecto invernadero en el sistema climático, a través de la alteración de la nubosidad a gran altura (IPCC, 2013: 98).



puestas discutidas más seriamente debido a su aparente viabilidad técnica y económica.<sup>11</sup> El modelado realizado hasta ahora se apoya en supuestos bastante simplificados del sistema climático de la Tierra; la logística necesaria para apoyar ese plan implica el uso de una flota de aviones especializados, que tendrían que hacer miles de vuelos por día para liberar la suficiente cantidad de azufre a la estratósfera, a un ritmo sostenido durante cientos de años (Lin, 2013: 122).

Como potenciales consecuencias adversas, se podrían generar impactos globales sobre el medio ambiente; se producirían importantes perturbaciones en climas regionales, modificando los monzones de verano de Asia y África (Lin, 2013: 122), con graves consecuencias sobre el suministro de alimentos para miles de millones de personas; en muchas regiones, la seguridad humana, especialmente en el caso de las personas más vulnerables, quedaría seriamente comprometida al afectar derechos y oportunidad de desarrollo humano (Neack, 2017: 161 y 162).

Otra propuesta consiste en aplicar técnicas de blanqueamiento de nubes sobre el océano, con la finalidad de incrementar de manera significativa el albedo a la Tierra y reducir así la cantidad de radiación solar que absorbe (McCusker *et al.*, 2011: 3097). Los aerosoles que se utilizarían tienen relativamente breve duración, por lo que tendrían que ser constantemente re-puestos; la ventaja ante cualquier problema es que el experimento podría ser detenido de forma inmediata. Los costos para llevar a cabo tales planes son desconocidos. El blanqueamiento de las nubes marinas a gran escala probablemente tendría efectos regionales en la temperatura, precipitaciones pluviales, corrientes de viento y oceánicas.

Las técnicas de gestión de la radiación solar intentan bloquear una fracción de la radiación solar entrante y parten del principio de que el clima se mantiene relativamente constante debido a una cuestión de balance de la radiación (Delgado, 2012: 223): la Tierra irradia calor hacia el espacio aproximadamente en la misma tasa que absorbe la energía del Sol, y los GEI reducen la cantidad de energía irradiada. En teoría, se pueden implementar en la superficie de la Tierra, en diferentes capas de la atmósfera o en el espacio ultraterrestre. No obstante, son técnicas controversiales,<sup>12</sup> puesto que, si bien podrían implementarse con rapidez, implican riesgos e incertidumbres

---

<sup>11</sup> Así, por ejemplo, la inyección de sulfatos en las nubes es una de las principales propuestas, debido a que su implementación no sería cara, utilizaría la tecnología existente y tendría un rápido efecto sobre las temperaturas superficiales, pudiendo interrumpirse rápidamente (McCusker *et al.*, 2011: 3097).

<sup>12</sup> Ocasionalmente son caracterizadas como potencial respuesta de emergencia a un empeoramiento repentino y catastrófico del clima. La tentación de implementarlas, incluso en ausencia de emergencia climática, ha crecido (Lin, 2013: 121).

aún mayores que los planteados por las técnicas de remoción de CO<sub>2</sub>. Un enfoque de este tipo involucra el despliegue de reflectores en el espacio ultraterrestre; un escudo compuesto de partículas de polvo, láminas de aluminio o grandes espejos sería colocado en órbitas entre la Tierra y el Sol. Su despliegue podría tener distintos efectos en climas regionales, generaría desechos que podrían interferir con la órbita de satélites, sería extremadamente caro y podría tomar décadas (Lin, 2013: 123).

Una deficiencia importante en el esquema teórico que soporta la proposición de las técnicas de gestión de radiación solar es que no toman en consideración su nulo efecto sobre el problema real: las elevadas concentraciones atmosféricas de GEI, lo que las convierte en un oneroso paliativo que, a fin de cuentas, sólo podría servir como medida provisional para disponer de tiempo adicional para reducir emisiones o encontrar otros medios de lucha contra el cambio climático, constituyendo, en tal sentido, un esquema profundamente irreal e injusto para las generaciones venideras. Otro serio problema es que, una vez implementadas, posiblemente habría que continuar con su operación por varios cientos de años; su repentino cese conllevaría un rápido cambio, ante el cual los ecosistemas tendrían poco margen de tiempo para adaptarse.

En el plano ético, el complejo conjunto de políticas que requiere la geoingeniería plantea serias preocupaciones, como la posibilidad de que estas técnicas sean fácilmente malinterpretadas como una rápida y sencilla solución al complicado problema del cambio climático.<sup>13</sup> Esta presunción, mediante la desviación de los urgentes, justos y necesarios recursos, afectaría el financiamiento e investigación de metas ya comprometidas en el plano internacional, con el consecuente debilitamiento de las políticas económicas, sociales y de apoyo a las principales líneas de acción de mitigación y adaptación.

Si bien cada propuesta tiene sus riesgos inherentes, todas tienen impactos potencialmente graves para el medio ambiente; todas comparten riesgos clave. En efecto, empezar un despliegue necesariamente masivo, por definición, genera consecuencias imprevistas, no intencionales y, además, masivas. A la fecha no existen métodos ni capacidad de cómputo para generar modelos fiables acerca de la intensiva intervención en dinámicos y complejos sistemas de los que aún se entiende poco, como el clima y la ecología de los océanos, lo que, aunado a la manifestación impredecible de fenómenos

---

<sup>13</sup> Así, resulta lógico que negadores del cambio climático y los gobiernos de algunas naciones desarrolladas prefieran la geoingeniería como respuesta para relajar las restricciones sobre las industrias altamente contaminantes, así como evitar los costos políticos inherentes a los programas de reducción de carbono, con la correspondiente exclusión y marginación de los intereses de los actores vulnerables (Fundación Heinrich Böll y Grupo ETC, 2017: 2 y 3).

naturales catastróficos o, incluso, de impactos transfronterizos sociales, hace que los riesgos se tornen inaceptables. Este tipo de conocimiento especializado deja abierta la posibilidad de generar una especie de monopolio privado, a través del uso de patentes, sobre “derechos” de modificación del clima, con la consecuente comercialización y especulación; además, la masividad de la intervención ocasionaría un fenómeno de irreversibilidad en muchos puntos de inflexión del sistema climático global: los daños ecológicos o sociales no podrían revertirse.<sup>14</sup>

Finalmente, no es conveniente olvidar que el concepto de control del clima y la temperatura proviene de las estrategias militares; es posible que exista mucha información no disponible sobre el desarrollo de sistemas bélicos enfocados a este objetivo, pues, a pesar de la existencia de tratados y convenciones,<sup>15</sup> es difícil suponer que algunos Estados dejarán de mantener todas sus opciones abiertas para determinar las realidades climáticas regionales o globales, cuando se trate de velar por sus intereses geopolíticos (Fundación Heinrich Böll y Grupo ETC, 2017: 3 y 4).

En este sentido, y a pesar del estado relativamente subdesarrollado de tales tecnologías, algunos gobiernos nacionales, organizaciones internacionales y tanto la comunidad científica como la académica están comenzando a reconocer la necesidad de generar una gobernanza *ad hoc* (Oxford Martin School, 2018), teniendo muy en cuenta la experiencia que supuso la imposibilidad de las partes, para colaborar de manera democrática en la elaboración de un tratado internacional legalmente vinculante sobre cambio climático.

## V. GEOINGENIERÍA Y GOBERNANZA

### 1. *La necesidad para generar una gobernanza*

En la mayoría de los casos, poco o nada se ha investigado en campo, las propuestas de geoingeniería son teóricas en gran parte y su despliegue, si alguna vez ocurre, puede sobrevenir en décadas (Lin, 2013: 124). Existen, sin embar-

---

<sup>14</sup> Si, por ejemplo, se inicia un proceso de enfriamiento artificial del planeta y continúa el ritmo de emisiones de combustibles fósiles, será imposible detenerse a medio camino (Fundación Heinrich Böll y Grupo ETC, 2017: 2).

<sup>15</sup> Al efecto, la Asamblea General de la ONU elaboró la Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles (ENMOD). En su artículo primero, cada Estado parte se compromete a no utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles que tengan efectos vastos, duraderos o graves, como medios para producir destrucción, daños o perjuicios a otro Estado parte (Asamblea General de la ONU y Comité Internacional de la Cruz Roja, 1976).

go, varias razones convincentes para iniciar esfuerzos de creación de gobernanza inmediatamente.

En primer lugar, los esfuerzos de gobernanza suelen ser más eficaces si se aplican en las primeras fases de desarrollo tecnológico, ya que el impulso que se acumula detrás de tecnologías no reguladas puede sobrepasar los esfuerzos posteriores para incorporar aportaciones académicas, gubernamentales o públicas encaminadas a regular o imponer una supervisión significativa sobre las entidades interesadas, cuyo propósito final no necesariamente puede tener en cuenta los legítimos intereses y las posibles afectaciones a las partes más vulnerables.<sup>16</sup>

Por ejemplo, la gobernanza para la investigación puede determinar el tipo de prioridades, la dirección de permisibilidad de ensayos de campo, la identificación de riesgos y el establecimiento de las directrices para los esfuerzos de investigación, de manera que los ensayos de campo a gran escala, que necesariamente se relacionan con cualquier técnica de geoingeniería, así como cualquier prueba con potencial para provocar efectos adversos en áreas geográficas significativas, deberían estar sujetos a una clara supervisión por parte de terceras partes confiables, imparciales y dotadas con los instrumentos de gobernanza adecuados, a fin de mantener tales actividades dentro de los cauces originalmente previstos.<sup>17</sup>

El hecho de que, en teoría, los principios científicos para desplegar técnicas de geoingeniería no sean extraordinariamente complejos deja abierta la posibilidad de que una nación con el suficiente desarrollo tecnológico y económico pueda iniciar esfuerzos de implementación (Lin, 2013: 126). A la fecha, una pequeña serie de países industrializados cuenta ya con los recursos económicos y la capacidad tecnológica para realizar de forma independiente la fertilización del océano, la liberación de aerosoles estratosféricos u otros proyectos de geoingeniería, lo que proporciona una mayor razón para establecer a la brevedad un instrumento de gobernanza que permita y facilite la supervisión internacional, pues los peligros, riesgos e impactos potenciales no se han entendido a plenitud.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> Una gobernanza proactiva puede ser un medio para identificar y analizar asuntos éticos; fomentar debates políticos mundiales, regionales, nacionales y locales; formular condiciones que deba cumplir cualquier país para justificar tanto investigación como despliegue, y, finalmente, proteger a la comunidad internacional contra un potencial despliegue hostil o unilateral (Lin, 2013: 125).

<sup>17</sup> Y es que, a guisa de pequeño ejemplo, a pesar de décadas de experiencia con la siembra de nubes, los científicos aún no pueden determinar si esta modesta modificación del clima realmente funciona, incluso a escala local (Lin, 2013: 126).

<sup>18</sup> Por esta razón, es necesario mantener y estimular una creciente investigación sobre el desarrollo de tecnologías específicas (Bipartisan Policy Center, 2010: 3), lo que adicionalmente

Una tercera razón es proporcionada por el potencial riesgo moral que presenta, ya que su implantación podría dar lugar a la falsa percepción de que las reducciones de las emisiones de GEI y las medidas de adaptación son innecesarias.

Como se ha planteado, los diversos problemas éticos, jurídicos, políticos y técnicos que implica la geoingeniería argumentan a favor de la generación de principios de gobernanza. La planificación y ejecución de cualquier plan en una escala planetaria para contrarrestar el calentamiento global será logísticamente compleja, por lo que asegurar su funcionamiento confiable durante décadas o siglos presenta enormes desafíos de gobernanza institucional, basada tanto en debates internacionales como en aportaciones de actores no estatales.

Por fortuna, existen varias opciones para generarla, que van desde la promulgación de leyes nacionales hasta el desarrollo de tratados de derecho internacional. Aunque los programas y políticas nacionales podrían ser establecidos de una manera más fácil, necesariamente tenderían a ocupar una posición subordinada frente a las políticas internacionales en razón de las dimensiones mundiales de inevitable aplicación. Alternativamente, la gobernanza puede ser expresada a través de la investigación de directrices o normas informales desarrolladas tanto por la comunidad científica como por un conjunto más amplio de partes interesadas (Lin, 2013: 143). Dadas las limitaciones de cada enfoque, es probable que sea conveniente utilizar ambos de manera complementaria.

## 2. *Gobernanza formal*

En la actualidad, no hay ningún tratado internacional que aborde directamente acuerdos relacionados con la geoingeniería o la supervisión de sus actividades de investigación científica; no obstante, es probable indirectamente encontrar una vinculación entre varios tratados mediante la adecuada interpretación. Un ejemplo destacado es la CMNUCC: los compromisos asumidos en la Convención son generales, se centran principalmente en el fomento de acciones de mitigación y no crean ninguna obligación clara respecto a la geoingeniería; sin embargo, considera la formación de protocolos para posteriores acuerdos sobre materias específicas, al desarrollarse más información y construirse mayor apoyo internacional (ONU, 1992: 2).

---

daría una idea de los costos asociados y ampliaría la visión de los detalles técnicos de aplicación efectiva que, naturalmente, aún no se han resuelto.

La Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) es otro instrumento que podría aplicarse. Aunque no tiene una liga directa con la geoingeniería o el cambio climático, el despliegue de tales técnicas impactaría directamente a la biodiversidad (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992: 3) en diferentes ecosistemas, lo que daría pauta para invocar la citada Convención.

El Convenio de Londres y el Protocolo de Londres —un régimen que regula el vertido de residuos en el mar (OMI, 1972: 3)— también han considerado la permisibilidad de los experimentos de fertilización del océano. En 2007, las partes acordaron que la fertilización cae dentro de su jurisdicción y que, dado el estado actual de los conocimientos sobre el caso, las operaciones de fertilización a gran escala no se justifican y, por lo tanto, no serán permitidas (OMI, 2008: 2).

Los regímenes convencionales existentes en la actualidad son probablemente más apropiados para abordar la fertilización oceánica que otras técnicas de geoingeniería, como la liberación de los aerosoles estratosféricos, pues mientras que los océanos están sujetos a los regímenes de la Convención y del Protocolo de Londres, así como a la Convención sobre el Derecho del Mar, no hay un instrumento diseñado para la protección integral de la atmósfera del planeta. Aun en este caso, si se consideran seriamente los experimentos con aerosol estratosférico, un régimen internacional que podría entrar en juego es el Protocolo de Montreal,<sup>19</sup> ya que los aerosoles de azufre intensifican el efecto de sustancias que agotan la capa de ozono, presentes en la estratósfera (Lin, 2013: 132).

Finalmente, la Convención sobre Contaminación Transfronteriza de Aire de Largo Alcance es un acuerdo marco regional que básicamente agrupa a la mayor parte de los países industrializados que se localizan en el hemisferio norte. Esta Convención proporciona soporte para protocolos contra clases específicas de contaminantes, y podría servir como un foro para considerar la gestión de liberación de aerosoles estratosféricos (Unión Europea, 1979: 3).

### 3. *Diseño de gobernanza*

El hecho de que existan países con la capacidad de poner en práctica métodos particulares de geoingeniería que la sociedad podría encontrar objetables, que incrementen las tensiones internacionales o que precipiten

---

<sup>19</sup> El Protocolo de Montreal restringe el consumo y producción de sustancias que agotan la capa de ozono, de manera que podría ser modificado para incluir los aerosoles de azufre como sustancia regulada.

desastres ecológicos y climáticos, aumenta la necesidad de empezar a delinear sólidos mecanismos de gobernanza para garantizar que las actividades llevadas a cabo en este campo se realicen de forma responsable y bajo supervisión internacional.

Los actuales mecanismos que pudieran servir como base para el desarrollo de una gobernanza aplicada a la geoingeniería son claramente insuficientes, pues los tratados existentes no fueron diseñados para abordar tal temática. Así, sería particularmente necesario formular un acuerdo internacional sobre el propuesto uso de los aerosoles estratosféricos, debido a las probables y graves consecuencias adversas que pudiera ocasionar su uso sobre grandes extensiones geográficas.

Incluso, la supervisión especial para los métodos de geoingeniería sujetos a distintos tratados, como la fertilización oceánica, puede ser problemática, lo que requiere continua atención al desarrollo de dichas tecnologías, pues, en general, la aplicación fragmentaria de los regímenes convencionales existentes podría resultar en políticas incoherentes y en una falta de coordinación con otro tipo de medidas.

Aun sin existir obligaciones vinculantes, las partes vulnerables oponentes a la implementación de técnicas de geoingeniería pueden invocar normas ambientales internacionales, como el principio de precaución<sup>20</sup> o la obligación de evitar contaminantes transfronterizos, para detener el despliegue o la experimentación a gran escala. La aplicación de estas normas, sin embargo, estará abierta a debate.

A pesar de sus limitaciones, el derecho internacional existente puede proporcionar un punto de partida para el desarrollo y gestión futura de gobernanza. Concretamente, la geoingeniería debería abordarse dentro de la estructura de la CMNUCC, aprovechando su principio fundamental de que “las partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras de la humanidad” (ONU, 1992: 4).

#### *4. Desarrollo de gobernanza ascendente y descendente*

El proceso legislativo formal, particularmente en el plano internacional, puede ser lento, difícil y potencialmente ineficaz (Lin, 2013: 137), como bien se ha demostrado con los índices de cumplimiento a las disposiciones

---

<sup>20</sup> El principio de precaución básicamente involucra la existencia de una incertidumbre científica. Ésta no permite una evaluación completa del riesgo que pueda amenazar al medio ambiente o a la salud humana, animal o vegetal, con el correspondiente nivel de protección o medidas apropiadas que se deban tomar para prevenir el daño (Cozar, 2005: 139).

del Protocolo de Kioto. Podría ser más fácil llegar a un consenso profesional sobre cumplimiento de normas, porque se obviaría el cumplimiento de compromisos que atan la flexibilidad de los Estados. En principio, ambos enfoques (descendente y ascendente) son necesarios para la generación de gobernanza sobre la geoingeniería.

Este tipo de negociaciones se podrían celebrar a la sombra de los debates más amplios sobre el cambio climático. Al menos, se podría comenzar a trabajar en un acuerdo internacional para establecer reglas básicas para la investigación, y proporcionar un foro de resolución de conflictos sobre normas y mecanismos de supervisión informal, mediante la cooperación y el diálogo entre los científicos que trabajen en esta temática (Lin, 2013: 138).<sup>21</sup>

Un punto importante es que la gobernanza de la geoingeniería no funciona bajo una perspectiva general y única; la implantación de diferentes metodologías y categorías de investigación más bien deben ser adaptadas de acuerdo con el ámbito nacional o internacional en que se quieran desarrollar técnicas específicas, y a los distintos riesgos e incertidumbres que generen, tanto su posible efectividad como los potenciales riesgos (Bipartisan Policy Center, 2010: 14).

### 5. *Las cuestiones de responsabilidad*

Sería importante incluir disposiciones sobre responsabilidad por los daños ocasionados por su implementación, en cualquier régimen de gobernanza que la regule, por lo que serán necesarias tanto una significativa participación de la sociedad en general como alguna forma de consentimiento para legitimar la investigación o aplicación de las técnicas de geoingeniería; ambos puntos son extremadamente difíciles de llevar a la práctica, en especial sobre una base global.

Un control verdaderamente democrático puede ser imposible, pues no hay público global que comparta una identidad colectiva ni existen estructuras políticas plausibles para controlar de manera democrática las instituciones internacionales (Lin, 2013: 141). Sin embargo, la opción de abandonar la política de geoingeniería a naciones individuales o, incluso, a la comunidad

---

<sup>21</sup> En 2009 se dio un primer paso en esta dirección con la redacción de los Principios de Oxford, presentados como propuesta al parlamento británico. Tal documento propone una geoingeniería reglamentada como bien público, la participación pública en la toma de decisiones, la divulgación de la investigación y resultados, la evaluación independiente de los efectos de la investigación y el establecimiento de estructuras de gobernanza antes de la implementación (Oxford Martin School, 2018).



científica es inaceptable, debido a la exposición a la influencia de agentes que tendrían fuertes incentivos para convencer al público de que las técnicas de geoingeniería ofrecen una relativamente indolora alternativa a la mitigación, estimulando los sesgos psicológicos que podrían conducir a sobrevalorar la magnitud de un posible buen resultado e infravalorar la probabilidad estadística asociada con ese resultado.

## VI. CONCLUSIONES

El actual estado de conocimiento sobre los efectos involuntarios que pudiera acarrear el despliegue de las técnicas de geoingeniería no permite considerar a corto ni mediano plazo su implementación, en términos necesariamente masivos, para contener los efectos del cambio climático a escala global.

Sin embargo, esta situación no debe ser obstáculo para profundizar en la investigación de sus componentes tecnológicos y en el continuo perfeccionamiento del modelado de sus variables, con la finalidad de disponer de elementos de juicio con la menor carga de incertidumbre posible, que permitan retroalimentar los procesos de supervisión, regulación, control o prohibición.

El debate que vincula la seguridad al medio ambiente sugiere que el cambio ambiental proporciona con frecuencia oportunidades para la cooperación en lugar de conflicto (Dalby, 2016: 49), situación que bien merece ser cultivada en aras de obtener un resultado más consensuado en la permanente construcción del marco general de gobernanza que requiere la multifactorial naturaleza del cambio climático. En este aspecto es necesaria una respuesta global para hacer frente a este desafío; la acción colectiva debe realizarse verticalmente a través de múltiples organismos internacionales y niveles de gobierno, así como horizontal y transversalmente a través de múltiples ámbitos, involucrando a los actores públicos y privados, esto es, incluyendo modos tradicionales de gobierno y modos de orientación no jerárquicos.

Este proceso no necesita y no debe esperar los resultados de la investigación de geoingeniería. La cuestión es, como cita el profesor Albert Lin en su libro *Prometheus Reimagined* (2013: 141), fomentar las tres características esenciales de la gobernanza global: 1) apertura, a fin de que los procesos de toma de decisiones sean justos y transparentes; 2) capacidad de respuesta, de modo que las decisiones reflejen los valores y actitudes públicos, y 3) responsabilidad, para que la gobernanza genere efectos sobre comunidades y generaciones presentes y futuras.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- AMADOR, Carlos (2014), *Mundo finito*, México, Fondo de Cultura Económica.
- ASAMBLEA GENERAL DE LA ONU Y COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA (1976), Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles (ENMOD), 10 de diciembre, disponible en: <https://www.icrc.org/spa/resources/documents/misc/treaty-1976-enmod-convention-5tdm2l.htm> (fecha de consulta: 21 de febrero de 2018).
- BIPARTISAN POLICY CENTER (2010), *Task Force on Climate Remediation Research. Geoengineering: A National Strategic Plan for Research on the Potential Effectiveness, Feasibility, and Consequences of Climate Remediation Technologies*, Washington, Bipartisan Policy Center.
- BRIONES, Carlos (2010), “Planeta vivo: el origen y la evolución temprana de la Tierra”, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 18, núm. 1.
- BUZAN, Barry (1983), *People, States and Fear: The National Security Problems in International Relations*, Brighton, Wheatsheaf Books Ltd.
- BUZAN, Barry et al. (1998), *Security. A New Framework for Analysis*, Boulder, Lynne Rienner Publishers Inc.
- COZAR ESCALANTE, José Manuel de (2005), “Principio de precaución y medio ambiente”, *Revista Española de Salud Pública*, vol. 79, núm. 2, marzo-abril.
- DALBY, Simon (2016), “Environment and International Politics: Linking Humanity and Nature”, en SOSA-NÚÑEZ, Gustavo y ATKINS, Ed (coords.), *Environment, Climate Change and International Relations*, Bristol, E-International Relations.
- DELGADO, Gian Carlo (2012), “Geoingeniería, apuesta incierta frente al cambio climático”, *Estudios Sociales*, vol. XX, núm. 40.
- ECOSOC ONU (2014), “Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo”, Nueva York, 10 de julio.
- FUNDACIÓN HEINRICH BÖLL Y GRUPO ETC (2017), *Geoingeniería: resumen desde la sociedad civil. Cambio climático y espejismos*, Berlín.
- GILBERTSON, Tamra y REYES, Oscar (2010), *El mercado de emisiones. Cómo funciona y por qué fracasa*, Carbon Trade Watch.
- HAZEN, Robert M. (2015), *La historia de la Tierra*, México, Océano.
- IBARRA, Rosalía (2012), *El mecanismo de desarrollo limpio. Estudio crítico de su régimen jurídico a la luz del imperativo de sostenibilidad*, Pamplona, Aranzadi.
- IBARRA, Rosalía (2016), “Cambio climático y conflictos socioambientales: migraciones forzadas”, en CARMONA, María del Carmen y ACUÑA, Ana Lau-

ra (coords.), *La Constitución y los derechos ambientales*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas.

IBARRA, Rosalía (2017), “Derecho del cambio climático y gobernanza”, *Defensor. Revista de Derechos Humanos*, núm. 5, mayo.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2013), “Resumen para responsables de políticas”, en STOCKER, Thomas *et al.*, *Cambio climático 2013: bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Cambridge (Reino Unido)-Nueva York (Estados Unidos de América).

IRWIN, Ruth (2011), “Bienvenidos al antropoceno”, *El Correo de la UNESCO*, octubre-diciembre.

KEITH, David (2000), “Geoengineering the Climate: History and Prospect”, *Annual Reviews Energy Environment*.

LIN, Albert (2013), “Geoengineering a Technological Solution to Climate Change?”, en LIN, Albert, *Prometheus Reimagined*, Michigan, University of Michigan Press.

MCCUSKER, Kelly *et al.* (2011), “The Climate Response to Stratospheric Sulfate Injections and Implications for Addressing Climate Emergencies”, *Journal of Climate*, vol. 25, octubre.

MC GEE, Mike (2015), *CO2.Earth*, 13 de noviembre, disponible en: <https://www.co2.earth/> (fecha de consulta: 6 de febrero de 2018).

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA) (2018), *ESRL Global Monitoring Division – Mauna Loa Observatory*, disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/aboutus/aboutus.html> (fecha de consulta: 6 de febrero de 2018).

NAVA, César (2011), “El principio de precaución en el derecho internacional ambiental”, en NAVA, César, *Estudios ambientales*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas.

NAVA, César (2013), *Ciencia, ambiente y derecho*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas.

NEACK, Laura (2017), *National, International, and Human Security*, Maryland, Rowman & Littlefield.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU) (1972), *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*, Estocolmo, ONU.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU) (1992), Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), disponible en: [https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf) (fecha de consulta: 10 de febrero de 2018).

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU) (1998), Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> (fecha de consulta: 10 de febrero de 2018).
- ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI) (1972), Convenio y Protocolo de Londres, disponible en: <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/LCLP/Paginas/Default.aspx> (fecha de consulta: 31 de octubre de 2017).
- ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI) (2008), “Geoingeniería marina”, 31 de octubre, disponible en: <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/LCLP/EmergingIssues/geoengineering/Paginas/default.aspx> (fecha de consulta: 7 de febrero de 2018).
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2017), “Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2016”, *Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero*, núm. 13, 30 de octubre.
- OXFORD MARTIN SCHOOL (2018), *Oxford Geoengineering Programme*, disponible en: <http://www.geoengineering.ox.ac.uk/> (fecha de consulta: 7 de febrero de 2018).
- PÉREZ, Guillermo (2017), *Ciclo del carbono.org*, disponible en: [https://www.cidodelcarbono.com/carbono\\_en\\_la\\_atmosfera](https://www.cidodelcarbono.com/carbono_en_la_atmosfera) (fecha de consulta: 31 de octubre de 2017).
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (1992), Convention on Biological Diversity, 22 de mayo, disponible en: <https://www.cbd.int/convention/> (fecha de consulta: 31 de octubre de 2017).
- SCHIPPER, Lisa (2007), “Climate Change Adaptation and Development: Exploring the Linkages”, *Tyndall Centre Working Paper*, núm. 107.
- SOSA-NÚÑEZ, Gustavo (2016), “Transversal Environmental Policies”, en SOSA-NÚÑEZ, Gustavo y ATKINS, Ed (coords.), *Environment, Climate Change and International Relations*, Bristol, E-International Relations.
- STOCKER, Thomas y QIN, Dahe (2013), *Cambio climático 2013. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas*, Nueva York, IPCC.
- THE ROYAL SOCIETY (2009), *Geoengineering the Climate*, Londres, Science Policy Centre.
- UNIÓN EUROPEA (1979), Convenio de Ginebra sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, 13 de noviembre, disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l28162&from=ES> (fecha de consulta: 7 de febrero de 2018).

- UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (2011), *Climate Engineering: Technical Status, Future Directions and Potential Responses*, Washington, GAO.
- VILCHES, Amparo y GIL, Daniel (2011), “El antropoceno como nuevo periodo geológico y oportunidad de construir un futuro sostenible”, *Boletín Biológica*, núm. 22, octubre-diciembre.
- WELZER, Harald (2012), *Climate Wars*, Cambridge, Polity Press.
- WIJKMAN, Anders y ROCKSTRÖM, Johan (2012), *Bankrupting Nature*, Nueva York, Routledge.