

*Jonathan Gómez Cantero**

La geoingeniería como técnica de
lucha contra el cambio climático

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

La geoingeniería como técnica de lucha contra el cambio climático

Resumen:

La geoingeniería empieza a plantearse como una técnica que puede mitigar los peores impactos del cambio climático sin influir en nuestro modelo económico, industrial y social actual. Algunos países llevan años desarrollando algunas de estas herramientas con la finalidad de modificar la meteorología y el estado del tiempo en un momento y lugar determinado, pero ya hay quien lo ve como una solución para modificar el clima del futuro. En otras ocasiones se ha usado con fines militares y como herramienta de guerra, pero es que además también puede crear fuertes tensiones y conflictos geopolíticos. Aún se desconoce mucho sobre este asunto y eso ha creado algunas leyendas urbanas que cada vez ganan más adeptos que desconocen la realidad de un conjunto de teorías que podrían estar con nosotros los próximos años.

Palabras clave:

Geoingeniería, cambio climático, meteorología, tiempo y clima.

Geoengineering as a technique to fight against climate change

Abstract:

Geoengineering begins to be considered as a technique that can mitigate the worst impacts of climate change without influencing our real economic, industrial and social models. Some countries have been using these tools for years with the purpose of

***NOTA:** Las ideas contenidas en los **Documentos de Opinión** son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

modifying weather conditions at a specific time and place. However, it is already considered as a solution to change the climate of the future. On other occasions, it has been used for military purposes and as a tool of war, but it is also known that it can generate tensions and geopolitical conflicts. We still do not know much about this issue and that has created some urban legends that are gaining supporters who do not know the reality of an array of theories that could be with us in upcoming years.

Keywords:

Geoengineering, climate change, meteorology, weather, climate.

Introducción

En los últimos años, el problema del cambio climático ha saltado del mundo científico a la sociedad y a distintos sectores que ven este problema con preocupación. Ante la cierta pasividad que se ha transmitido desde el panorama político internacional y ante lo que para algunos es un problema irreversible, se han puesto en marcha teorías de «solución» al problema, asentadas sobre tecnologías y técnicas experimentales que podrían ser consideradas al mismo tiempo de ambiciosas y poco éticas.

Aunque parezca sorprendente, desde hace décadas, distintos Estados, grupos de investigación y empresas, han trabajado en técnicas de manipulación meteorológica, para intentar provocar precipitaciones o inhibir la formación de granizo entre otros ejemplos. Aquí se hace especialmente importante diferenciar entre –tiempo y clima-. Por un lado, existen y se plantean técnicas de manipular la atmósfera en un momento y lugar determinado, por ejemplo, una tormenta aislada, es a lo que llamamos –tiempo-, mientras que si lo que se pretende es modificar las condiciones a lo largo de varios años y en un amplio territorio o incluso en toda la superficie terrestre, hablamos de modificar las condiciones –climáticas-.

La geoingeniería para muchos podría ser una solución, y para otros un ejemplo más de la perversión humana para cambiar la naturaleza y que podría tener peores consecuencias al no saber y no poder adelantarnos a los impactos que pudiera provocar. A lo largo de este texto vamos a ver qué es, cómo puede ayudarnos, que proyectos existen en el mundo, y si podría ser verdaderamente una solución. Además, también se han de ver los problemas del cambio climático y poder relacionar los impactos esperados y el porqué del surgimiento de estas teorías.

El cambio climático

El cambio climático se ha convertido en el mayor reto ambiental que la humanidad tendrá que afrontar en los próximos años. Desde la época preindustrial, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), no ha dejado de aumentar (Figura 1), dándose un claro, constatado e inequívoco aumento de la temperatura media del planeta, que año a año

se refleja en récords de temperatura media¹. Ese aumento no ha sido igual en todas las regiones y subregiones, sino que en cada zona se ha manifestado con mayor o menor intensidad, por ejemplo, en la Europa mediterránea con olas de calor más frecuentes e intensas, tales como la del año 2003 que dejó miles de fallecidos en Europa ² o las del año 2017 en España que nos dejaron el récord absoluto de temperatura máxima, con 46,9°C en Córdoba³.

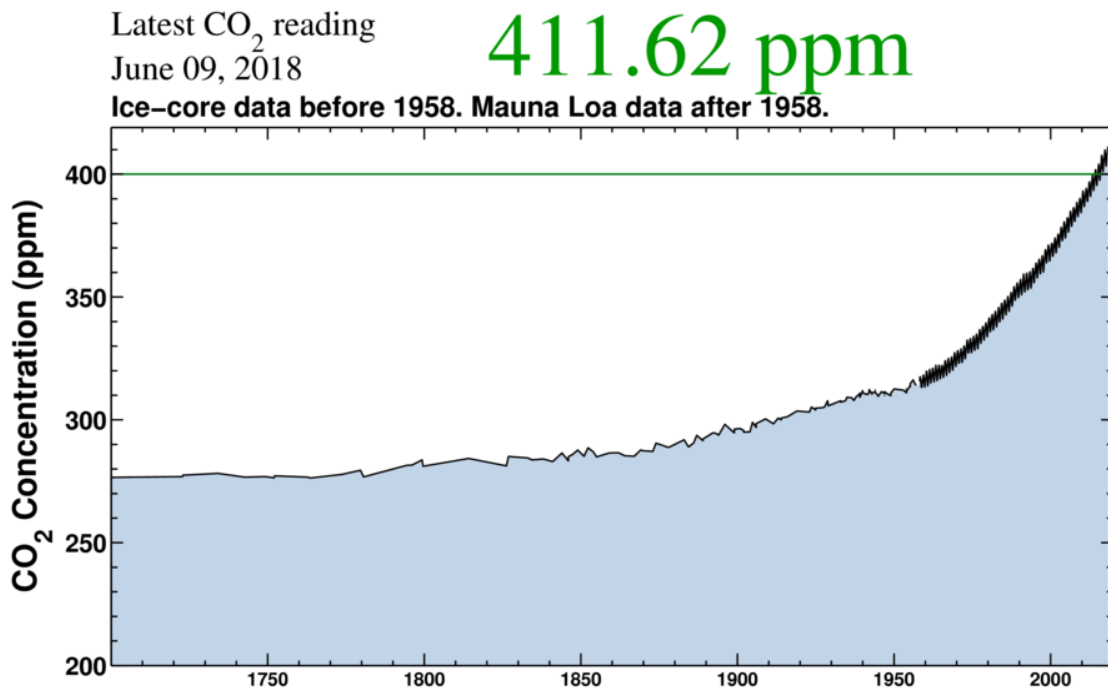


Figura 1: Cantidad de CO₂ en la atmósfera a 9 de junio de 2018 según el Observatorio Internacional de Mauna Loa. Fuente: Scripps Institution of Oceanography

Estos cambios, también han influido en el régimen de precipitaciones de algunas zonas, dándose cada vez mayores y más marcadas variabilidades interanuales; etapas muy secas, pueden dar lugar a episodios húmedos de lluvia torrencial. Por otro lado, tenemos en otros lugares menor días de nevadas, y, por lo tanto, de menor acumulación de

¹ “2017 sigue siendo uno de los años más cálidos jamás registrado. WMO. 2017. [Resumen del año 2017](#).

² Navarro Martínez, F., Simón-Soria, F., López-Abente G.: “Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad”. Gac Sanit 2004;18 Supl 1:250-8 - Vol. 18. <http://www.gacetasanitaria.org/es/valoracion-del-impacto-ola-calor/articulo/13062535/>

³ “España bate su récord de temperatura con 46,9°C” El País. 2017. https://politica.elpais.com/politica/2017/07/14/actualidad/1500050328_325911.html

reservas de agua. Las sequías podrían convertirse en algo más frecuente las próximas décadas y especialmente suponer un desastre en países en vías de desarrollo⁴.

Los eventos extremos de origen atmosférico, tales como huracanes, tifones... podrían aumentar igualmente en frecuencia e intensidad. A lo largo de 2017, una temperatura anormalmente alta en el Atlántico provocó que se formara por primera vez desde que existen registros un huracán categoría 5 fuera del mar Caribe. Otros huracanes dejaron el dato más alto de lluvia en 24 horas jamás registrado en Estados Unidos y un huracán categoría 3 rozaba también por primera vez las costas atlánticas de Europa (Figura 2).



Figura 2: El huracán Ophelia frente a las costas de Europa con categoría 3 el 15 de octubre de 2017. Fuente: Eumetsat

⁴ “Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático” Informe SREX. IPCC. 2011 https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf

Todos estos tienen a su vez un efecto cascada sobre otros sectores y factores ambientales⁵. Los ecosistemas se ven dañados por el calor, el riesgo de incendio forestal se dispara, se dan desplazamientos de distintas especies, nuevos parásitos en zonas que no los padecían, cambios en la fenología de las plantas y en la migración de las aves... Además de impactos en la agricultura, la ganadería, la pesca, el turismo, la salud humana o incluso en la política y la seguridad debido a tensiones geopolíticas por falta de agua, hambrunas o enfermedades, que pueden provocar grandes movimientos de personas hacia otros países. Los refugiados climáticos empiezan a ser una realidad y será un problema con el que habrá que luchar⁶.

Es cierto que a lo largo de la historia geológica del planeta se han dado multitud de cambios climáticos, pero este ocurre por causas antropogénicas a una gran velocidad, lo que no da tiempo a la adaptación y a la evolución de las especies ni de los ecosistemas. Este ritmo viene marcado por las emisiones de CO₂ a la atmósfera y es que año a año se bate un nuevo récord de concentración a nivel mundial. Ya se supera por primera vez, las 411ppm⁷.

Medidas de adaptación y mitigación

Para evitar que el cambio climático siga incrementándose, se han puesto en marcha multitud de herramientas de adaptación (para reducir y limitar las emisiones de GEI) y mitigación (para reducir la vulnerabilidad ante los impactos). No debemos olvidar, que los impactos del clima en los próximos años, dependerán de cuánto sigamos emitiendo a la atmósfera en la actualidad.

En cuanto a las medidas de adaptación las más conocidas son: eficiencia energética, mayor uso de energías renovables, impuestos sobre el carbono... mientras que para la mitigación se han dado construcciones más seguras ante inundaciones, cambios de cultivos por otros mejor adaptados, sistemas de alerta...

⁵ Gómez Cantero, Jonathan: "El cambio climático en Europa 1950-2050. Percepción e impactos" Los Verdes, ALE. 2015 <http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/cambio-climatico-europa-1950-2050-percepcion.aspx>

⁶ Gómez Cantero, J.: "Llaman a tu casa para decirte que tienes que irte" El Huffington Post. https://www.huffingtonpost.es/jonathan-gomez-cantero/llaman-a-tu-casa-para-dec_b_13178988.html

⁷ "Nuevo récord en la concentración de CO₂" Centro de Investigación Atmosférica de Izaña, AEMET.2018

La geoingeniería se incluiría dentro de las medidas de mitigación, de forma que actuaría como herramienta para evitar todos estos impactos o minimizarlos en medida de lo posible.

La geoingeniería

Según el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC), la geoingeniería es la manipulación a gran escala del ambiente planetario^{8 9} aunque en los últimos años, también se usa para referirse a las técnicas de manipulación meteorológica a pequeña escala. Sus métodos a gran escala pueden clasificarse en dos grupos generales: incidencia en la radiación solar y absorción de CO₂.

El yoduro de plata y técnicas similares

A pequeña escala ha sido una la técnica empleada y conocida por excelencia, el bombardeo de nubes con yoduro de plata. A esta técnica también se la conoce como «fertilización de nubes», «siembra de nubes» o «estimulación de nubes», y el proceso es más o menos simple.

Dentro de una nube hay partículas de agua de muy pequeño tamaño que se mantienen suspendidas. A su vez, existen de forma natural «núcleos de condensación» también conocidos como «partículas higroscópicas», tales como partículas de sal, ceniza, polvo, cristales de hielo... que atraen las pequeñas gotas de agua hacia ellos, y cuando se han juntado las suficientes, como pesan más, por la fuerza de la gravedad caen hacia el suelo provocando la lluvia. Es un proceso que ocurre diariamente y gracias a él tenemos las precipitaciones.

El yoduro de plata actúa como estas partículas, que son en su estructura, muy similares al hielo, por ello, si es soltado en el momento propicio del desarrollo de la nube, pueden ayudar a provocar precipitaciones pues acelera o incluso fomenta que esa lluvia se produzca. Esto no quiere decir que, de resultado, pues en la mayor parte de los casos

⁸ VVAA: "IPCC Expert Meeting on Geoengineering". 2011 https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/EM_GeoE_Meeting_Report_final.pdf

⁹ "¿El recurso a la geoingeniería?" Research*eu: revista del espacio europeo de la investigación. 2007

no lo da, y por otro lado tiene una duración muy corta en el tiempo y en el espacio, porque en cuestión de minutos queda disperso en el aire, desapareciendo el efecto buscado¹⁰.

Es también importante conocer que no sirve en un día de cielos despejados, porque no se dispone de las gotas de agua, del mismo modo que no todos los tipos de nubes son válidos para esta técnica, pues si hablamos de nubes altas, no tendría ningún efecto al ser muy poca la cantidad de agua líquida contenidas en ellas (Figura 3).



Figura 3: Izquierda, nubes tipo cumulus, con potencial de inducir lluvias. Derecha, nubes tipo cirrus, con las que no se podría provocar lluvias. Fuente: elaboración propia

En este mismo sentido, el yoduro de plata también se ha utilizado y se intenta utilizar para inhibir la formación de granizo. Si tenemos una nube de tormenta de gran desarrollo vertical, conocidas como cumulonimbo, en su interior se puede formar el granizo, con graves daños para la agricultura. Utilizar el yoduro de plata antes de que se forme, para provocar lluvia líquida, puede hacer que el granizo no llegué a desarrollarse o no adquiera un gran tamaño, minimizando los daños (Anexo 1).

¹⁰ “La geoingeniería: el “arma silenciosa” para combatir el cambio climático”. Eldiarioclm. 2016. https://www.eldiario.es/clm/geoingenieria-silenciosa-paliar-cambio-climatico_0_512699568.html

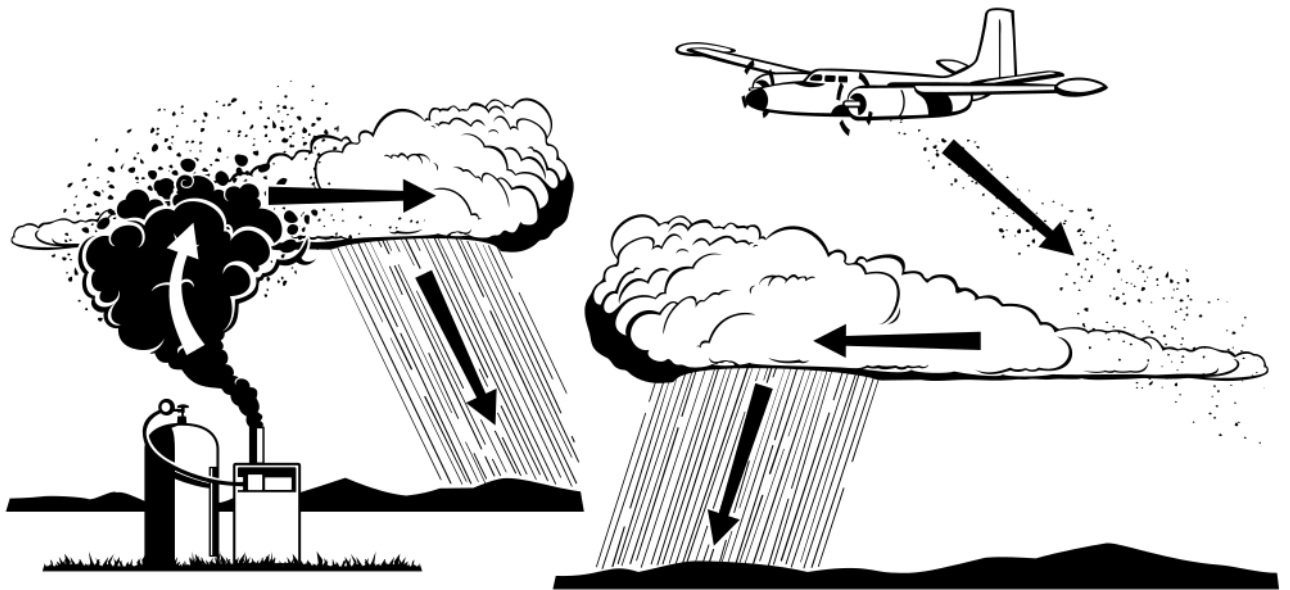


Figura 4: Ejemplos de dispersión de yoduro de plata

Esta siembra, puede ser hecha desde generadores en tierra que lo expulsan hacia arriba, desde aviones o con cohetes que estallan en el interior de las nubes (Figura 4). En los últimos años se empiezan a utilizar como pruebas otros compuestos químicos como el bromuro de plata que parecen tener un mejor resultado, pero aún no hay resultados concluyentes.

La técnica del yoduro se ha usado, y mucho, en el último siglo, y no siempre con una buena finalidad. Veamos algunos ejemplos:

- *Operación Popeye*: Durante la guerra de Vietnam, Estados Unidos quiso hacer que el monzón fuera mucho más intenso para inundar el Vietcong y dejar los caminos y carreteras intransitables, de forma que tuviera mayor ventaja táctica. Se cree que no llegó a tener efecto, aunque multitud de documentos describen la lluvia incesante durante semanas.
- *Accidente de Chernóbil*: Tras el desastre de la central nuclear, la radiación y los compuestos químicos se dirigían hacia Moscú, por lo que Rusia decidió enviar varios aviones para provocar lluvias y que no llegaría a afectar a la capital. La lluvia se produjo y descargó sobre Bielorrusia, donde el impacto fue aún más severo.

- *La nieve y los huracanes en Estados Unidos:* California, Nevada, Wisconsin o Utah tienen programas para incentivar las nevadas en sus montañas, por un lado, para tener abastecimientos de agua y también para favorecer el esquí. A nivel nacional, entre 1963 y 1983 desarrollaron el *Proyecto Stormfury* para detener los huracanes o en medida de lo posible amainar su fuerza. Los resultados en la mayor parte de los casos fueron nulos, pero sí que en algunos casos se dio una disminución de su energía. A día de hoy aún no se ha podido corroborar que haya sido por el yoduro que lanzaron los aviones. Actualmente tanto el Gobierno como distintas empresas están investigando estas técnicas.
- *Australia:* Desde hace años investiga y lleva a cabo técnicas para provocar nevadas con la intención de tener una mayor disponibilidad hídrica en Snowy Mountains y también en la lucha contra el granizo.
- *Israel:* Todos sus esfuerzos se centran en provocar lluvias en zonas desérticas para poder desarrollar cultivos y abastecer a la población. Afirman tener resultados en algunas regiones de hasta un 10 % más, pero no en otras. Algunos de sus resultados son confidenciales. Mucha de su tecnología experimental se ha trasladado a otros países como España.
- *Argentina:* El Gobierno, en colaboración con departamentos universitarios ha desarrollado proyectos que aún hoy están vigentes, para actuar contra el granizo en la zona de Mendoza, un territorio ubicado a gran altitud en la cordillera andina donde se dan una de las plantaciones de viñedos más grandes y valorados de todo el país, de forma que las pérdidas sean menores. Afirman tener buenos resultados y la técnica se mantiene casi diariamente.
- *China:* Es el país con diferencia que más avanzados tiene los estudios. Las autoridades provocaron lluvia días antes de los Juegos Olímpicos de Pekín para limpiar la atmósfera, pero también con la intención de no estropear la inauguración ni los fuegos artificiales. El 1 de noviembre de 2009 cayó una gran nevada en la capital provocada artificialmente y certificada según la Agencia Meteorológica, mientras que en ese mismo año provocaron lluvias durante la noche de antes de un desfile militar para no «aguar» el acto. En su severa sequía de 2014 decidieron volver a provocar precipitaciones, y lo consiguieron en distintos puntos, pero no lo suficiente como para solucionar la escasez. Actualmente tienen en marcha un proyecto, con una red de

lanzadores de yoduro, aviones y equipo de seguimiento, para provocar lluvias en un área de miles de kilómetros cuadrados¹¹.

- *España*: Entre 1986 y 2005 se llevaron a cabo campañas de lucha contra el granizo en Lleida, que, según algunos informes, redujeron el daño entre el 30 % y el 40 %. En los últimos años solo se han utilizado en Alcañiz (Teruel) y Cariñena (Zaragoza) de hecho, el Instituto Geológico y Minero de España investiga actualmente si existen residuos en la Laguna de Gallocanta ¹². Desde 2006 la Comunidad de Madrid importó tecnología israelí para incrementar las precipitaciones, especialmente en forma de nieve en la sierra y abastecer al Canal de Isabel II, pero el proyecto quedó descartado. Actualmente, de forma ilegal algunos agricultores también lanzan cohetes de yoduro o lo dispersan desde pequeñas avionetas para proteger sus cultivos, sin que se sepa si esto tiene algún tipo de efecto.

Todos estos casos tenemos que entenderlos desde el enfoque de que en la mayor parte de las actuaciones es difícil saber si ocurre naturalmente o es inducido, además de tener muy claro que el efecto tiene una duración muy limitada y concreta, pues una vez que ha caído al suelo, se pierde cualquier tipo de influencia.

Técnicas a gran escala

En la lucha contra el cambio climático, son muchas las teorías de la geoingeniería que se proponen a nivel planetario (Figura 5), algunas de ellas de dudable ética ambiental, pero lo cierto es que para muchos podría ser la única y última oportunidad de revertir el problema.

Se pueden clasificar en dos grupos principales:

Gestión de la radiación: La cantidad de energía procedente del Sol y que queda acumulada en nuestra atmósfera gracias al efecto invernadero, se incrementa cada vez más, debido a que los GEI no dejan de aumentar. Se produce lo que se conoce como

¹¹ “El ambicioso proyecto con el que China quiere controlar el clima en una región tan grande como Alaska” BBC. 2018. <http://www.bbc.com/mundo/noticias-44109310>

¹² “Los sistemas antigranizo despiertan reticencias en el entorno de Gallocanta”. Agencia EFE. http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/aragon/sistemas-antigranizo-despiertan-reticencias-entorno-gallocanta_1263373.html

«forzamiento radiativo» y el balance energético del planeta se rompe, traduciéndose en un aumento de temperaturas. Si se evita que esa radiación llegue o se pueda reflejar desde la superficie del planeta de nuevo hacia el espacio exterior, estamos quitando parte de esa energía.

- *Aumentar el albedo terrestre:* Desarrollar técnicas que permitan que una parte de la radiación entrante se refleje. Lanzar cristales de hielo y/o de sal a la alta atmósfera puede ser un ejemplo, ya que actuarían como un espejo.
- *Reflectores en el espacio exterior:* Otras teorías puramente teóricas, apuestan por lanzar cristales y algunos tipos de aleaciones al espacio para que hagan el mismo efecto, pero antes de que la radiación entre al planeta, de forma que entre menos, actuando a modo de escudo espacial.

Control del dióxido de carbono: Ya que este GEI es el que más aumenta su concentración debido a las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles, una de las soluciones que puede parecer más lógicas e incluso sencillas desde el punto de vista teórico, es retirar el CO₂ que haya de más en la atmósfera.

- *Captura y almacenamiento de CO₂ industrial:* Tecnología puntera sería la encargada de absorber el CO₂ del aire y este podría inyectarse en el subsuelo en un determinado tipo de capa geológica o bien podría usarse como fertilizante para algas y poder extraer posteriormente biocombustibles.
- *Captura de CO₂ natural:* Sembrar bosques modificados genéticamente para que tengan un rápido crecimiento y puedan absorber mayores cantidades de dióxido de carbono mediante el proceso de la fotosíntesis. Otro proceso sería cultivar algas en tierra firme en grandes sistemas para que crecieran con este gas y poder usarlas posteriormente.
- *Fertilización oceánica:* Añadiendo sulfatos de hierro u otros nutrientes en áreas de baja actividad biológica marina, se estimularía el crecimiento del fitoplancton, que absorbería gran cantidad de CO₂, y una vez muriese se iría al fondo. El problema es que produciría una gran acidificación y podría provocar cambios en los ecosistemas coralinos y la ictiofauna. En el 2010 la Convención de la ONU sobre Biodiversidad decretó una moratoria de experimentos de geingeniería en el espacio y en el mar, salvo los que fueran a pequeña escala.

- *Meteorización química aumentada*: Consistiría en exponer minerales que reaccionan con el CO₂ de la atmósfera y almacenar los compuestos resultantes en los océanos o bajo tierra.

Algunas de estas técnicas, especialmente la captura de CO₂, ya se han puesto en marcha en algunas zonas, y hay países que ya invierten parte de su I+D+i en estas soluciones ingenieriles que para muchos son la puerta de salvación hacia el problema que nos encontramos.

La investigación de estas cuestiones recae en la mayor parte de los casos en los Ministerios de medio ambiente correspondientes, aunque en otros casos recae sobre los servicios meteorológicos. En algunos casos, también se cuenta con la participación de Defensa, pues no deja de ser un arma que podría servir de lucha en caso de conflicto bélico, tal y como ya ha ocurrido en el pasado.

La carrera de investigación en geoingeniería no deja de crecer y ya no solo se trata de inversiones gubernamentales, sino de empresas y empresarios como Bill Gates de Microsoft o Niklas Zennstrom de Skype, por lo que debería existir de forma breve un control legislativo nacional, comunitario e internacional que regulara estas prácticas, así como asegurar siempre un buen uso de las mismas, siempre y cuando hayan sido avaladas por un comité de ética científica.

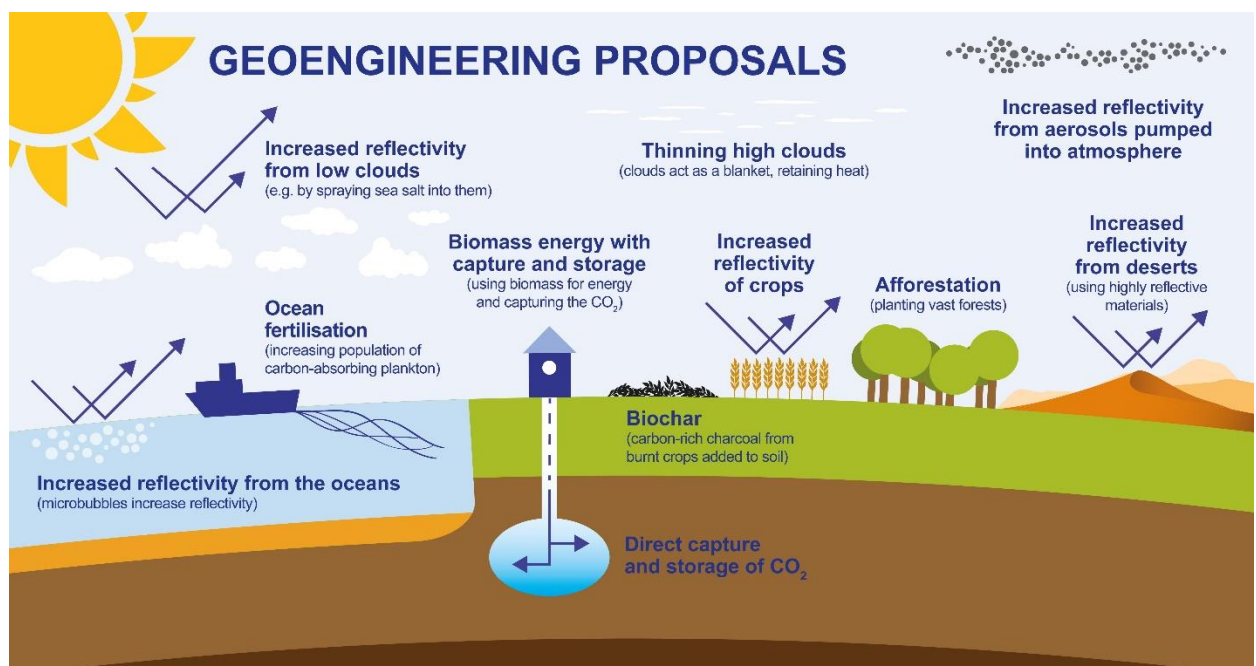


Figura 5: Ejemplos de técnicas de geoingeniería. Fuente: Universidad de Leeds

La leyenda urbana de los ‘chemtrails’

El desconocimiento de estas técnicas y la intencionalidad de ciertos sectores por crear leyendas, hacen saltar a menudo las alarmas con una teoría conocida como *chemtrails*, del inglés –*chemical trails*- o lo que es lo mismo, trayectorias químicas. En ocasiones, cuando existen unas condiciones atmosféricas determinadas, caracterizadas especialmente por aire frío en las capas altas de la atmósfera, los aviones de mercancías y de pasajeros, pueden dejar una estela a su paso debido a que el gas que liberan los motores queda cuasi congelado y se mantiene durante unos minutos, algo parecido a cuando exhalamos vapor por la boca un día de frío.

Estas estelas (Figura 6), conocidas técnica y oficialmente por el nombre de *contrails* son confundidas en ocasiones por técnicas de geoingeniería o incluso con fumigaciones químicas contra la población, algo totalmente inexistente pero que cientos de páginas web y bulos intentan afirmar día a día cada vez con más adeptos.

Si es cierto que, en ocasiones, como se ha visto, una avioneta particular puede despegar de forma ilegal porque su propietario cree que puede inhibir la formación de una tormenta de granizo, aunque eso sea en la mayor parte de los casos imposible. Por otro lado, el yoduro de plata al verterse en las capas bajas, no deja estelas tras de sí.



Figura 6: Contrails de un avión comercial bajo un cielo sin nubes

Estas creencias también hacen que ya existan grupos sociales agrupados en asociaciones legalmente establecidas contra los *chemtrails* y la geoingeniería, incluso con recogida de firmas para pedir investigaciones ante algunas sequías e inundaciones que se han dado. Esto carece de todo fundamento científico, pues hasta el día de hoy, la tecnología y la geoingeniería hacen que sea completamente imposible provocar de forma artificial una sequía, ya que necesitaría de un periodo largo y prolongado sin lluvias, y eso solo se puede explicar con una dinámica atmosférica a gran escala, no con el efecto aislada y puntual del yoduro de plata.

En otros casos incluso algunos ayuntamientos¹³ han solicitado estudios para ver si verdaderamente esas creencias populares eran ciertas, algo totalmente desacreditado, pero que es entendible que cree alarma entre la población, dado el desconocimiento.

Se han dado incluso preguntas políticas, debates ciudadanos y notas de prensa afirmando que la sequía que por ejemplo ha sufrido el sureste español (de Alicante a Almería) durante años, ha sido provocada intencionadamente por sector turístico, para que acudieran más clientes en busca de sol, una cuestión que solo se explica por su ubicación geográfica y por el desgaste que sufren los frentes lluviosos según avanzan sobre la península.

Actualmente solo se puede actuar, y en un número muy limitado de ocasiones sobre eventos pequeños como una tormenta y solo durante unos minutos.

Los acuerdos internacionales

Actualmente no existe ningún acuerdo internacional para el uso de la geoingeniería, y las leyes de cada país difieren enormemente, por no hablar de los vacíos legales que aún existen sobre este asunto.

El Acuerdo de París¹⁴ ratificado por la práctica totalidad de los países del mundo, se publicó en 2015 para luchar contra el cambio climático. En su primer párrafo ya se dice

¹³ “Camuñas recoge firmas para que Agricultura investigue la presencia de avionetas 'anti-lluvia'” 2017. eldiario.es https://www.eldiario.es/clm/Camunas-Agricultura-investigue-presencia-antilluvia_0_681382405.html

¹⁴ UNFCCC: “Acuerdo de París” 2015. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf

que «la temperatura media del planeta no deberá subir más de 2°C y en medida de lo posible quedarse en 1,5°C de aumento», un umbral que se estableció desde el mundo científico y que se considera como punto de no retorno. Una vez pasados esos +2°C con respecto a la temperatura media, estaríamos abocados a los peores escenarios del calentamiento global y lo cierto es que la temperatura ya ronda el +1°C de aumento. La mitad del camino está recorrido.

Aunque el acuerdo dice eso, no dice cómo debe hacerse y tampoco da los mecanismos para conseguirlo, ni limita las emisiones ni pone umbrales a los países. Para muchos científicos, dejó abierta la puerta a la geoingeniería, y dado el avance que están haciendo algunos países desde esa fecha, podríamos estar cada vez más cerca de algunas de estas técnicas, en vista a que las naciones no se ponen de acuerdo para frenar sus emisiones y estas no dejan de aumentar año a año. La única solución para algunos, solo puede estar en estas aplicaciones.

En vez de atacar las causas de fondo, y cambiar el modelo económico y de desarrollo actual, puede parecer que haya cierto interés en seguir con nuestro crecimiento sustentando en estos combustibles, para poder seguir emitiendo sin cambiar nada, pero que a cambio tengamos quien nos retire del CO₂ o quien enfríe el planeta con escudos para que no siga calentándose.

Reflexión del autor

Todas las técnicas que hemos visto podrían evitarse si consiguiéramos en la actualidad mitigar el cambio climático, aunque también nos enfrentaremos a sequías y tormentas naturales, de las que siempre han ocurrido y ¿podría la geoingeniería evitarlas? ¿podría la geoingeniería dar de beber en zonas áridas y a poblaciones sin agua?

Si atendemos a distintos fenómenos que pueden darse en el planeta, la geoingeniería puede ser planteada como última opción, cuando ningún otro medio sea posible y cualquier otra opción se haya dado por perdida, y siempre desde un punto de vista humanitario y moral, jamás con fines bélicos, pues los países desarrollados estarían en clara ventaja con los que no lo están, y por otro lado sería una cuestión que también afectaría a la población civil, infraestructuras, alimentación...

Lo que quizá no sea necesario es buscar en la geoingeniería el problema que estamos creando actualmente en el planeta y solventarlo de raíz, porque cualquier desarrollo tecnológico también conlleva un riesgo, y por suerte la solución actual si la tenemos y no tiene un impacto potencial tan alto sobre el medio ambiente.

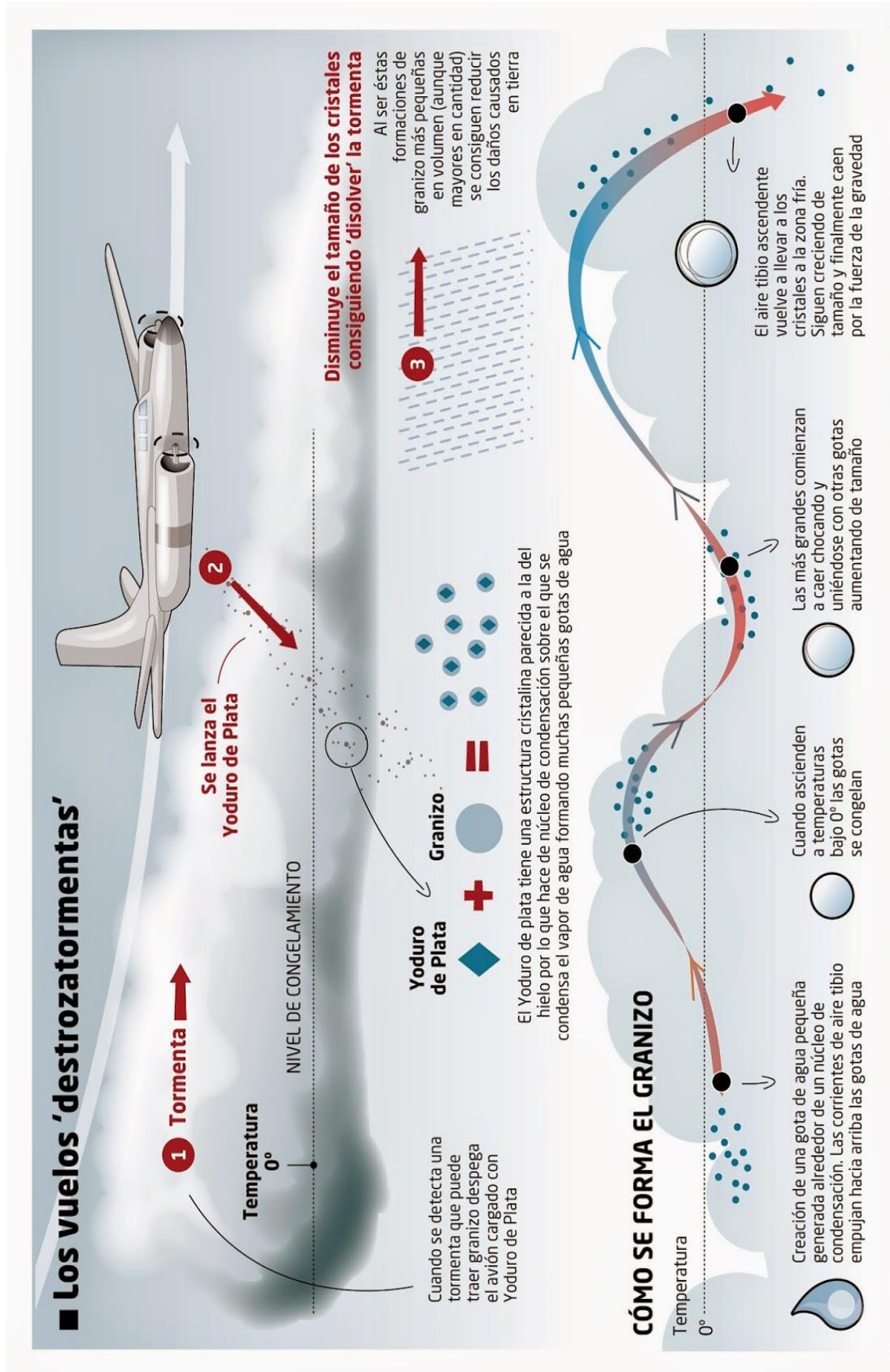
También habría que plantearse quién tiene derecho ante por ejemplo una sequía, a provocar primero las precipitaciones. Si toda España está sumida en un déficit hídrico y un frente que potencialmente puede ser estimulado para dejar precipitaciones entra por Galicia ¿sería esta la primera región en provocar lluvias? ¿debería llegar primero hacia el Mediterráneo? ¿debería hacerlo Madrid capital que tiene mayor población? Entraríamos en un conflicto geopolítico por los recursos, al igual que pasaría entre distintos países, lo que podría crear tensiones internacionales o incluso conflictos bélicos, y si se diera un caso como el de Chernóbil ¿puede producirse lluvia agravando el problema en un país para que no llegue a otro?

El impacto ambiental también debe tenerse en cuenta. Las sequías y las tormentas forman parte de la dinámica natural del clima e incluso cumplen una función ecológica, por eso también habría que valorar si provocar precipitaciones o inhibir el granizo solo porque afecte a las cuestiones humanas es correcto. También la acumulación de yoduro de plata puede tener impactos negativos en el medio ambiente, aunque todos los estudios parecen apuntar a que se trata de un impacto mínimo, pero lo cierto es que se trata de un material que queda depositado y que incluso puede pasar al organismo.

Si las empresas privadas comienzan a investigar en esta línea y se ven capacitados para ponerla en el mercado ¿quién lo regulará? La Cuarta Revolución nos traerá un mayor desarrollo tecnológico y en algunos casos podrá ser beneficioso, pero en otros puede ser un arma de doble filo.

La realidad es que ya hay quien piensa en todo esto como solución, y aunque existe mucho más experimentado de lo que pueda parecer, resulta paradójico o incluso ilógico, que ya pensemos en ello como una solución al cambio climático cuando ya tenemos otras que podemos aplicar en cualquier momento en beneficio del medio ambiente y de la humanidad.

*Jonathan Gómez Cantero**
Investigador geógrafo-climatólogo
Depto. Meteorología de Castilla-La Mancha Media



Anexo 1: Elaborado por Pedro Jiménez para el diario *El Mundo*. Cedido este texto.