

## ■ Propuestas peligrosas y sorprendentes para enfrentarse a una crisis climática

Luisa HURTADO GONZÁLEZ

*Agencia Estatal de Meteorología*

**Resumen:** El cambio climático, como problema global, está haciendo que algunos científicos y filósofos exploren con seriedad soluciones peligrosas y sorprendentes, creativas quizás, llegando a hacer propuestas que pueden parecer una auténtica locura. Esta colaboración hace un breve repaso de algunas de estas ideas calificadas tanto de grandiosas como de idiotas, a las que no pocos se muestran reacios aludiendo a los efectos secundarios no previstos y otros celebran por ser la única forma real de enfrentarse al problema. Entre esas asombrosas y polémicas propuestas es posible encontrar: una sombrilla espacial, un bosque de árboles artificiales, el cultivo de los mares con polvo de hierro o un parche para evitar el consumo de carne.

**Palabras clave:** cambio climático, geoingeniería, filosofía, dióxido de carbono.

### LA GEOINGENIERÍA

Se llama geoingeniería o ingeniería climática al conjunto de técnicas diseñadas para modificar deliberadamente y a gran escala el clima terrestre con el propósito de combatir el calentamiento global, si bien algunos investigadores también han analizado la posibilidad de llevarlas a cabo a nivel local para, por ejemplo, proteger los arrecifes de coral, las secoyas o las capas de hielo.

Aunque suene a ciencia ficción, lo cierto es que el hombre sin quererlo, sin saberlo y de una forma irresponsable, ya ha hecho geoingeniería con el clima del planeta. La atmósfera terrestre tenía un equilibrio pero el ser humano, con la industrialización, ha sacado el CO<sub>2</sub> que estaba soterrado y lo ha introducido en la atmósfera, alterando el clima tal y como era.

Los métodos que se van a describir, que varían tanto en su efectividad como en los potenciales efectos adversos que podrían causar en el medio ambiente (algunos de los cuales no se conocen a día de hoy), pueden agruparse en dos grandes categorías: la gestión de la radiación solar y la reducción del dióxido de carbono.

#### *La gestión de la radiación solar o geoingeniería solar*

El propósito de estas estrategias es gestionar la radiación solar que llega a la atmósfera terrestre, ya que los gases de efecto invernadero presentes en ella la absorben con una gran eficacia.

- a) El **aumento del albedo**, es decir, el aumento del porcentaje de radiación que la Tierra devuelve al espacio impidiendo que llegue a calentar la atmósfera, objetivo que se lograría, entre otras posibilidades, con la siembra de nubes. Se trataría de «blanquear los cúmulos» de forma que reflejen más luz solar, aun cuando existen otras propuestas como el desmonte de los bosques que hay en áreas cubiertas de nieve la mayor parte del año, o la generación de millones de minúsculas burbujas de aire en los océanos.

El blanqueamiento de las nubes se haría esparciendo, gracias a una flota de embarcaciones, gotas microscópicas de agua marina en el cielo. La idea de partida es la siguiente: la cantidad de luz solar reflejada por una nube depende de la superficie de las gotas de agua que la componen, superficie que aumenta si se tienen muchas gotas minúsculas (lo que se lograría inyectando gotas marinas) en vez de algunas gotas grandes, dando lugar a nubes más reflectantes y blancas.



*Cartel sobre la geoingeniería solar en la COP25, la 25.ª conferencia de las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en Madrid en 2019.*

más o menos reversible, ya que siempre se podría cesar la inyección de agua salada durante días o semanas o incluso modificar el número de barcos que realizan la intervención.

- b) La **inyección de aerosoles estratosféricos** o compuestos sulfúricos, como ocurre en las erupciones volcánicas, para que la radiación solar pudiera salir y alejarse con mayor facilidad; lo que algunos llaman «esponjar los cirros», una operación a escala planetaria que haría que los atardeceres fuesen más rojos, el cielo más pálido y la superficie de la Tierra (en promedio) más fría, tal y como ocurrió tras la erupción del monte Pinatubo en Filipinas.

Los investigadores que están a favor de este método añaden además que todos los millones de toneladas de dióxido de azufre, que la quema de combustibles fósiles introduce en la baja atmósfera y matan a medio millón de personas en el mundo al año, serían útiles en la estratosfera, donde ellos querrían introducirlos, dejando de causar muertes aunque no acaben de concretar qué otros problemas provocarían.

Los estudiosos en contra de la inyección estratosférica llaman la atención sobre el hecho de que el  $\text{CO}_2$  que está en la atmósfera actúa tanto durante el día como durante la noche, tanto en verano como en invierno; de forma que, a medida que los hielos se derriten y los paisajes blancos y fríos son sustituidos por otros más oscuros, el calentamiento por  $\text{CO}_2$  se amplifica en los polos. Si se añadiesen partículas de sulfato en la estratosfera para bloquear el Sol (solo y cuando brilla) no afectaría sustancialmente al invierno polar (cuando es de noche) pero sí enfriaría los trópicos, justo lo contrario de lo que se necesita si lo que se desea es volver al estado preindustrial del clima. Aunque nada es tan simple como parece, la inyección estratosférica también afectaría en verano a los polos, los enfriaría y ayudaría a que el mar permaneciera congelado. Y esto hablando solo de la temperatura, la introducción de compuestos sulfúricos también afectaría a los vientos y a la lluvia de forma impredecible, aquellos quizás serían menores a nivel global y estas más ácidas; por no hablar del agujero de la capa de ozono y su

Los impulsores de esta idea han calculado que unos 1500 barcos, expeliendo unos 30 litros por segundo de agua salada y desplegados en un 4 por ciento de la extensión de los océanos, podrían compensar el calentamiento global causado por el doble de  $\text{CO}_2$  preindustrial.

Aunque también y siempre sobre el papel, se cree que esta intervención acarrearía cambios impredecibles en las temperaturas locales (con un aumento quizás de las olas de frío y calor) y menos lluvia (las nubes con gotas minúsculas son más duraderas). Incluso algunos investigadores han añadido que el uso de un tamaño de gotas incorrecto podría dar lugar a un calentamiento, el efecto del que se desea huir, y que las nubes son muy complicadas de modo que, en cuanto empiecen a ser manipuladas, darán lugar a una gran cantidad de interacciones diferentes e impredecibles.

Habría que tener en cuenta también dos cuestiones más: es un método no demasiado caro (bastaría con inyectar en el aire una bruma de mar mientras se navega para lo que no se necesita tripulación), lo que implicaría que podría hacerse de forma unilateral pasando por encima de cualquier acuerdo a nivel internacional; y es

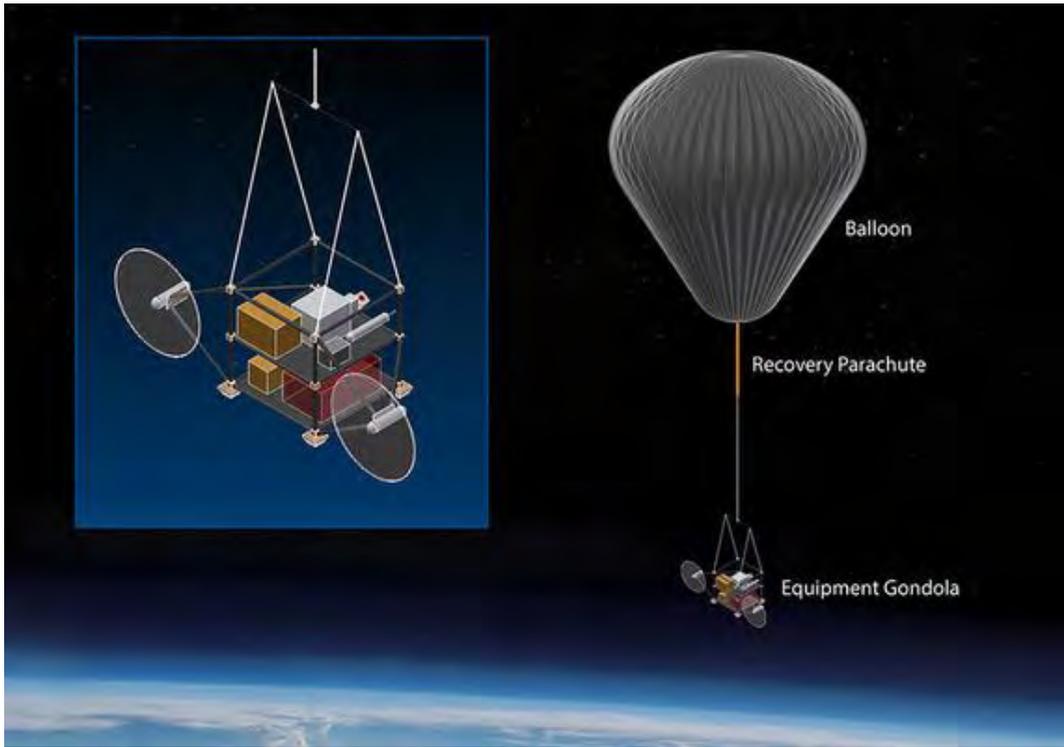


Diagrama del experimento SCoPEX llevado a cabo por un globo científico (Fuente: Universidad de Harvard).

recuperación que, tras la intervención, se retrasaría entre 30 y 70 años pudiendo incluso darse el caso de que apareciese un nuevo agujero.

En relación con esta técnica de geoingeniería solar, la Universidad de Harvard (EE. UU.) ya ha empezado a reunir fondos y a realizar algunos estudios bajo el nombre de Experimento de Perturbación Estratosférica Controlada (SCoPEX), proyecto que engloba diferentes experiencias como esta: utilizando un globo con hélices se dispersarán aerosoles (partículas de carbonato cálcico que no dañan la capa de ozono) en un sector de cielo de un kilómetro de largo por 100 de diámetro, a 20 kilómetros de altura y durante 24 horas, y se medirán los cambios que se produzcan tanto en la química atmosférica como en la dispersión de la luz solar.

El experimento descrito, aun cuando sea modesto, es el primero que se desarrollará en la historia del ser humano bajo la bandera de la geoingeniería solar; lo que no quiere decir que no se estén desarrollando otros o ya se hayan hecho; simplemente es que se va a hacer en público buscando el debate que a buen seguro se desarrollará a continuación. Sus impulsores, conscientes de las opiniones en contra y hasta de los miedos, avanzan con cautela (o eso simulan) y han solicitado un comité asesor externo que examine todo el proceso. Sin embargo, y con independencia de los resultados que se obtengan, lo importante quizás sea que con este experimento se atraviesa una peligrosa frontera y se inicia un camino para que se realicen (de forma ya oficial) muchos más.

Por otra parte, desde un punto de vista puramente económico, hacer que la estratosfera sea más reflectora no resulta ser demasiado caro, ya que unas partículas inyectadas en ella se extenderían rápidamente por el globo y podrían permanecer «ahí arriba» por un periodo en torno a los dos años. De hecho es tan barato que una de las preocupaciones es que, si el cambio climático empieza a agudizarse y los gobiernos entran en pánico, muchos países

(incluso hasta algunos individuos) podrían ir por su cuenta y riesgo; preocupación que quizás solo se puede atajar si se empieza a hablar ya de lo que implicaría hacer o no geoingeniería solar y se intentan eludir los peligros asociados al no entender o no saber, razones que avalan que se haya hablado ya de este tema en la reunión anual del Protocolo de Montreal y se haya solicitado una asesoría científica sobre los efectos potenciales de esta técnica en la capa de ozono y en la estratosfera.

Entre los efectos negativos de estas intervenciones, teniendo en cuenta las simulaciones realizadas, habría que considerar y asumir: un aumento en el tiempo de recuperación del agujero de ozono, el desplazamiento de los trópicos, el descenso de la temperatura sobre los polos y la alteración de los patrones meteorológicos en las latitudes medias así como del ciclo hidrológico; si bien, y siempre sobre el papel, parece que la dispersión de aerosoles de diamante y aluminio (en vez de sulfatos) supondría una menor pérdida de la capa de ozono, menos daños ambientales y quizás un mayor enfriamiento de la atmósfera, aunque teniendo en cuenta lo limitado del conocimiento de la microfísica de las nubes los resultados de las simulaciones han de tener un error muy elevado. Incluso algunos investigadores añaden, sin precisar de ningún tipo de simulación, que aunque ensombrecer el planeta y mantenerlo más fresco ayudaría a que las cosechas creciesen mejor, también las causarían problemas; eso sin mencionar los peligros climáticos que la geoingeniería no aborda como la acidificación de los océanos.

- c) **El uso de reflectores situados en el espacio exterior**, espejos o prismas, que actuarían como escudos o sombrillas y servirían para reducir la cantidad de luz solar que llega a la Tierra con la ventaja de no manipular la atmósfera.

En relación con esta idea algunos aportan sorprendentes cifras: una nube de 100 000 kilómetros de longitud por 7000 de diámetro, con un peso no superior a los 20 millones de toneladas, que tendría que estar «aparcada» en el punto interior de Lagrange (L1) en el que se igualan las gravedades del Sol y de la Tierra, formada por discos voladores de cerámica de nitruro de silicio dotados de un sistema de navegación (cuarenta veces más finos que el plástico con el que se envuelve comida y un peso no mayor a un gramo), transparentes y salpicados de miles de pequeños agujeros, discos que lanzarían en cilindros (o apilamiento de un millón de ellos) a razón de un cilindro por minuto durante 30 años o más. Sin embargo, dejando aparte las apabullantes cifras o lo aparatoso de la construcción, lo esencial serían los agujeros de los discos por los que pasarían los fotones solares, los que los atravesasen se adelantarían un poco y acabarían interfiriendo destructivamente con los retrasados, siendo así como llegaría menos luz a la Tierra y se dispersaría un dos por ciento del total alrededor del planeta.

A la vista de esas cifras es fácil deducir que el coste económico de la intervención sea muy alto (algunos hablan de 5 billones de dólares que bien podría emplearse en energías renovables) como muy largo es el tiempo de «construcción» (los 30 años que se mencionaron).

Entre las posibles consecuencias de dicha sombrilla planetaria habría que mencionar: cambios impredecibles en los vientos locales y en los patrones de lluvia, una menor evaporación y en consecuencia una reducción de la lluvia global; eso sin mencionar el mantenimiento de la propia sombrilla que si fallase haría que las temperaturas ascendieran muy deprisa o el tener que convencer a la comunidad internacional de que no se usará como arma, ya que utilizando el sistema de navegación de los discos se podría cambiar la cantidad de luz solar que llega a determinados lugares de la Tierra.

Además la sombrilla no impediría que el CO<sub>2</sub> siguiese fluyendo hacia los océanos, aumentando su acidez día a día, lo que pasado el tiempo sería un problema ecológico de nefastas consecuencias.

Otra cosa sería que, en vez de una sombrilla para todo el planeta, EE. UU. decida salvar la capa de hielo de Groenlandia, o China los glaciares del Himalaya, o Suiza su industria de esquí; lo que reduciría los costes y supondría no tener que negociar ningún tratado mundial.

La gestión de la radiación solar describe un conjunto de técnicas que buscan contrarrestar el cambio climático incrementando de forma artificial el reflejo de la radiación solar de vuelta al espacio. El factor común de todas estas tecnologías es que no se proponen influir en la concentración de los gases invernadero (la principal causa del cambio climático), su único propósito es contrarrestar alguno de los efectos, en particular el aumento de la temperatura. Por otra parte, aun cuando su objetivo sea combatir el cambio climático, bien pueden usarse con un propósito militar o ser una excusa perfecta para evitar los acuerdos internacionales sobre reducciones en las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Por todas estas razones en 2010 193 países, partes del Convenio sobre Diversidad Biológica de la ONU, establecieron una moratoria sobre la mayoría de las formas de geoingeniería, decisión en la que se reafirmaron en 2012 y en 2016. Sin embargo, los promotores de estas técnicas están propiciando que se realicen pruebas experimentales de dichas técnicas a las que llaman «pequeños experimentos al aire libre» en los que están desarrollando capacidades tecnológicas y herramientas, obviando la obtención de información útil y necesaria sobre los impactos que tendrían en el planeta alguna de estas técnicas.

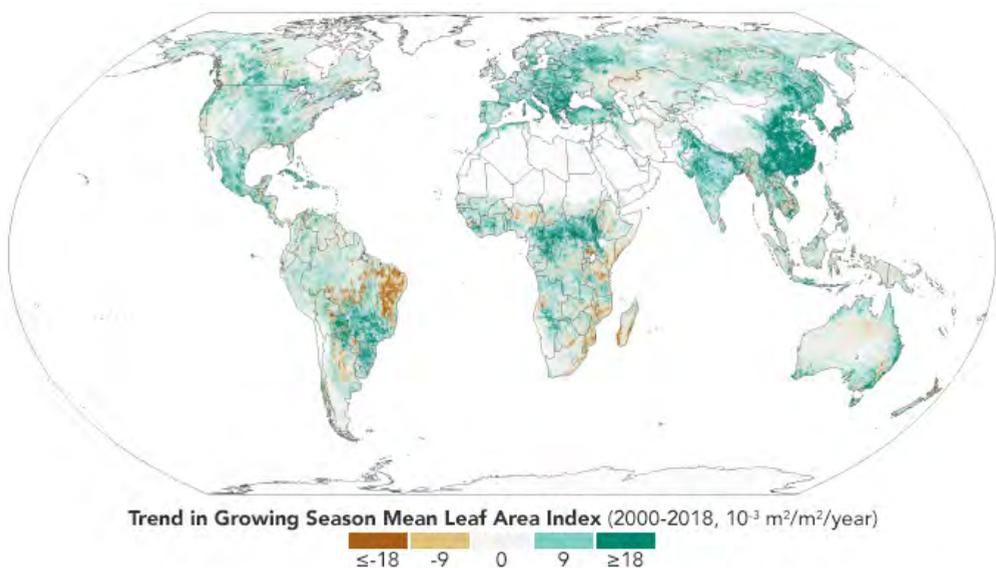
### *La reducción del dióxido de carbono*

La idea que se encuentra tras los métodos que se relacionan a continuación es eliminar de la atmósfera este gas de efecto invernadero, olvidando quizás otros como el metano; intervenciones que en general son mejor aceptadas por la comunidad científica que la geoingeniería solar si bien hay excepciones.

- a) La **aforestación** o plantación de nuevos bosques quienes se ocuparían de eliminar el dióxido de carbono de forma natural.

En contra de lo que algunos pudieran pensar los científicos han establecido que el mundo es más verde ahora de lo que era a principios de la década de 1980, tendencia que continúa y, en consecuencia, reducirá (un poco) el cambio climático.

En el mapa se pueden ver los lugares en donde el verdor aumentó (verde) y disminuyó (marrón) en todo el planeta entre los años 2000 y 2018. De forma más concreta muestra la



*Mapa de la Tierra donde el verdor aumentó (verde) y disminuyó (marrón) en todo el planeta entre 2000 y 2018.*

tendencia en el «índice de área de la hoja» o la cantidad de área de la hoja en relación con el área del suelo durante la temporada de crecimiento; índice que se calcula utilizando datos del sensor MODIS en los satélites Terra y Aqua de la NASA y en el que las áreas blancas vienen a ser esas zonas en las que la tierra es árida, está cubierta por construcciones, hielo, humedales o agua. El mapa no muestra el verdor en general, muestra cómo ha cambiado; así se ven en verde lugares como China e India, donde la agricultura se ha intensificado y los gobiernos han hecho esfuerzos para conservar y expandir los bosques, o se aprecia el resultado de una clara tendencia ecológica en las regiones boreales y árticas.

También, tras revisar más de 250 artículos publicados que han utilizado datos satelitales, modelos y observaciones de campo, los científicos han concluido que, a escala mundial, dicha tendencia al enverdecimiento se ha de atribuir al aumento de dióxido de carbono en la atmósfera, el cual hace que sea mayor la tasa de fotosíntesis y el crecimiento en las plantas. Se da además otra cuestión importante: la vegetación no solo consume dióxido de carbono, también realiza la evapotranspiración (similar a la sudoración humana) que puede tener un efecto de enfriamiento en el aire.

Teniendo en cuenta todo esto y hechos los correspondiente cálculos, los científicos han concluido que el enverdecimiento global desde principios de la década de 1980 puede haber reducido el calentamiento global en 0,2 o 0,25 °C; lo que vendría a querer decir que el mundo sería más cálido aun si no fuera por este aumento en el crecimiento de las plantas y que no se puede desdeñar el trabajo que realizan, razones por las que se ha sugerido un programa mundial de plantación masiva de árboles para acabar con dos tercios de las emisiones de gases invernadero.

Todo se reduciría a ver qué áreas de la Tierra son viables para forestar y la cantidad necesaria de árboles. Tras analizar 80 000 imágenes de satélite y combinar los resultados con factores como la topografía y el clima para encontrar las áreas más adecuadas, serían precisos 1700 billones de árboles nativos lo que vendría a ser en torno a un 11 % de la superficie terrestre (o cubrir por completo los Estados Unidos y China).



*Bosque de árboles artificiales.*

Los partidarios del proyecto están convencidos de que es viable y el más efectivo de todos, el más barato con un coste aproximado de 30 céntimos de dólar por árbol y el más rápido, incluso aunque haya que plantar los árboles, esperar a que crezcan y empiecen a limpiar la atmósfera, lo que vendrían a ser entre 50 y 100 años. En cuanto a sus detractores, ellos afirman que las cuentas no están bien hechas y que, sin mencionar el número de árboles y para que estos se encarguen de eliminar el carbono, son precisos cientos de años, no 50.

Todo esto ha llevado a que algunos investigadores hayan empezado a hablar de los llamados «árboles artificiales», unas feas torres de 60 metros de altura dotadas de filtros capaces de absorber  $\text{CO}_2$  del aire y convertirlo en un gas comprimido o líquido que después se podría almacenar o dedicar a usos industriales.

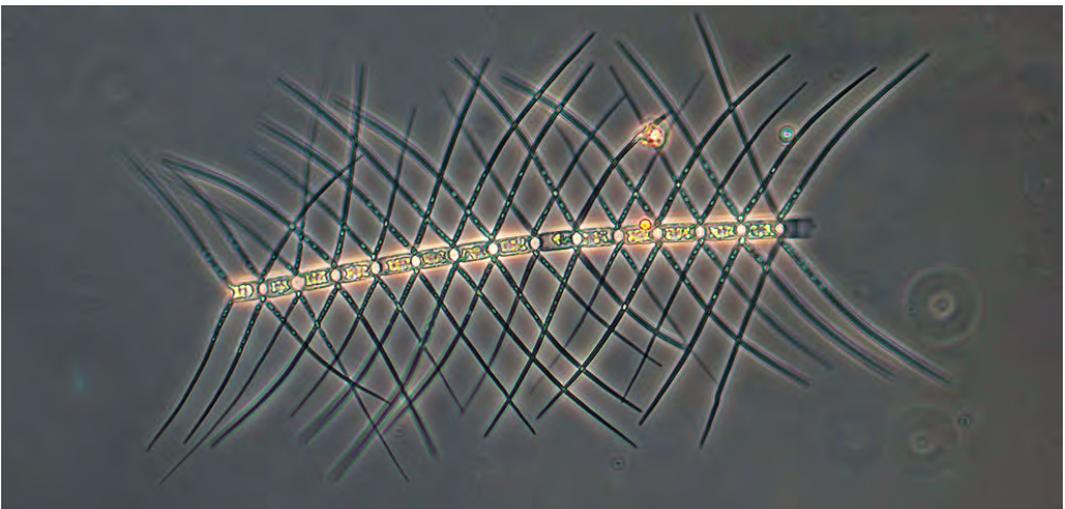
Llegado este momento quizás una de las preguntas que cabría hacerse fuese: si el árbol artificial es 5 o 10 veces más eficaz capturando energía solar y fijando  $\text{CO}_2$ , ¿sería también y solo 5 o 10 veces más caro que uno natural?

- b) El **biocarbón** es un tipo de carbón vegetal que se obtiene al quemar materiales orgánicos en ambientes con bajo oxígeno, proceso en el que se reduce tanto  $\text{CO}_2$  como  $\text{N}_2\text{O}$ . Dicho carbón sería posteriormente mezclado en los suelos como fertilizante mediante su entierro directo en la tierra.

Es decir se produciría energía, crecerían las cosechas y se frenaría la deforestación, aunque los críticos afirman que el biocarbón no es la panacea ante el cambio climático y presenta algunas incertidumbres como: ¿secuestra el  $\text{CO}_2$  tanto y tan bien?, ¿es por sí mismo el fertilizante que se dice que es?

- c) La **bioenergía con captura y almacenamiento de carbono**, técnica en la que se integra el crecimiento de plantas y árboles o biomasa (cuyo crecimiento reduce el dióxido de carbono) con su transformación en combustible en industrias de procesamiento para generar electricidad y su posterior almacenamiento.
- d) La **captura directa de  $\text{CO}_2$  atmosférico** mediante máquinas que pueden extraerlo del ambiente para acabar inyectándolo en pozos de petróleo o gas ya vacíos.

Carbon Engineering, una compañía canadiense con Bill Gates como uno de sus inversores, ha patentado una tecnología que extrae  $\text{CO}_2$  del aire (una tonelada por día), lo mezcla con hidrógeno y utiliza para producir combustible de transporte sintetizado, empleando energía solar y eólica en el proceso. Climeworks, una empresa suiza, ha empezado a comercializar el  $\text{CO}_2$  que captura del aire gracias a unos inmensos ventiladores que llegan a absorber hasta



*Algas diatomeas que captan  $\text{CO}_2$  para fabricar su esqueleto.*

50 toneladas de  $\text{CO}_2$ , cada uno y por año; frente a los 50 kilos que absorbe un árbol en ese periodo de tiempo.

Aunque hoy esta energía sea costosa, es previsible que se abarate sustancialmente cuando se optimice la tecnología y se inicie su producción a gran escala. Sin embargo, una vez más, la captura de  $\text{CO}_2$  atmosférico no es la solución al problema climático, tiene altos costes económicos y medioambientales que no deben de olvidarse por lo que los expertos, aun cuando reconocen su importancia y el papel que puede jugar en un futuro próximo, recomiendan tener expectativas más realistas.

- e) La **meteorización optimizada** que implicaría disolver minerales triturados (principalmente silicatos) en la tierra y en el mar para que reaccionen y fijen el  $\text{CO}_2$  atmosférico en los suelos y en los océanos.
- f) La **fertilización oceánica** con hierro u otros nutrientes propiciando un crecimiento intensivo del fitoplancton, organismos que realizan la fotosíntesis, absorben con una eficacia excepcional el dióxido de carbono y, al morir, arrastran el contaminante al fondo del mar donde permanece; método que supone una enorme interferencia en el ecosistema y un impacto ambiental quizás demasiado caro en comparación con los beneficios.

Además algunas valoraciones recientes de su eficacia para mitigar el cambio climático lo cuestionan seriamente y ponen el foco de atención en sus efectos perniciosos: un aumento de la producción de metano y óxido de nitrógeno (potentes gases de efecto invernadero), un aumento de la nubosidad, una posible disminución del ozono estratosférico, el cambio a largo plazo e irreversible del régimen ecológico y un impacto a gran escala en los ecosistemas marinos; razones que han hecho que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático considere que dicha estrategia contra el cambio climático sea especulativa, simple y potencialmente muy nociva.

- g) El **olivino**, una roca de tonos verdes que captura el  $\text{CO}_2$  del aire (una tonelada de olivino puede absorber dos terceras partes de una tonelada de  $\text{CO}_2$ ) y es muy abundante en la naturaleza, lo que permitiría que miles de millones de toneladas de dióxido de carbono se convirtiesen en un buen montón de rocas para la construcción o decoración de jardines.

El olivino por sí solo no debe ser visto como una solución a la crisis climática, pero sí puede representar un refuerzo a todas las otras acciones que han de realizarse; si bien habría que valorar las consecuencias y emisiones que acarrearían su extracción y distribución por todo el mundo.

La idea de la geoingeniería no es tan nueva como pudiera parecer; ya en 1965, un comité de expertos avisó al presidente americano de los cambios perjudiciales que se podrían producir en el clima debido a las emisiones de dióxido de carbono y ya entonces dicho comité, sin ni siquiera mencionar la posibilidad de reducir las emisiones, habló de la diseminación de partículas reflectantes muy pequeñas sobre cerca de quince millones de kilómetros cuadrados de océano con la intención de desviar hacia el espacio un uno por ciento de la luz solar.

Desde entonces y hasta el verano de 2006 el concepto de geoingeniería solo ha aparecido de forma ocasional en algunos trabajos de investigación y conferencias científicas; pero ese verano Paul Crutzen, químico atmosférico ganador del premio Nobel por su investigación sobre los peligros del creciente



*Olivino*

agujero de ozono, animó a la comunidad científica a realizar investigaciones de geoingeniería ya que, según él, el cambio climático era una amenaza tan grande que valía la pena explorar una solución aun cuando pudiese generar otros problemas, un informe de una gran repercusión al que añadir dos realidades: a pesar de los tratados y acuerdos internacionales las emisiones de CO<sub>2</sub> siguen creciendo, así como la dependencia del carbono; y el hielo en los polos se funde mucho más deprisa que nunca, lo que podría querer decir que el clima está mucho más cerca del límite de lo que se esperaba.

Muchos no dudan en calificar la mayoría de las propuestas hechas por la geoingeniería como la peor de las pesadillas ya que, al fallido experimento de la industrialización del planeta y las nefastas consecuencias que se desean solucionar ahora, se añadirían algunos experimentos que, una vez iniciados, solo podrían seguirse con independencia de que salgan bien o no. Para otros la cuestión se reduce a asumir que si se aplica geoingeniería, en algún momento se producirá una catástrofe, y si no, habrá una catástrofe en algún lugar. Para la mayoría el peligro real radica en ver en la geoingeniería una solución a todos los problemas y abandonar los acuerdos internacionales para la descarbonización de la economía mundial, eludiendo la verdadera raíz del calentamiento global tomando un camino más corto y peligroso. Y para aquellos que creen que la reducción de las emisiones (la mejor de todas las soluciones) no llegará a tiempo, es preciso hablar de geoingeniería cuanto antes para estudiar sus beneficios y efectos adversos, para regularla, puesto que sería irresponsable no explorar algo que podría salvar vidas, especies y ecosistemas, siempre y cuando se combine con la reducción de las emisiones. E incluso existen algunos más que, considerando la geoingeniería peligrosa, se preguntan si no lo son también las hambrunas, las inundaciones e incendios, las extinciones masivas y las migraciones que ya ha empezado a provocar la crisis climática.

Importantes cuestiones a las que añadir una más: ¿quién tendría la responsabilidad de regular el termostato de la Tierra?, ¿habría un cierto consenso internacional o, como ya ha ocurrido, los países que puedan hacer geoingeniería la harán, sin sopesar las opiniones del resto del mundo?

Para algunos el único modo de deshacerse de los combustibles fósiles y hacer geoingeniería a la vez sería vinculando los dos temas en una única regulación internacional: «Si su gobierno quiere tener un voto en la colación de países que decide el uso de la geoingeniería, primero ha de demostrar que está haciendo todo lo que debe de hacer en la mitigación de emisiones».

En cualquier caso, con acuerdo internacional o sin él, se hayan reducido las emisiones de gases de efecto invernadero o no, algunos ven 2040 como una fecha aproximada en la que el hombre empezará hacer geoingeniería y... 2040 está a la vuelta de la esquina.

## MATTHEW LIAO, PROPUESTAS QUE INCITAN A LA REFLEXIÓN

Matthew Liao es profesor de filosofía y director del Centro de Bioética de la Universidad de Nueva York, la institución con el departamento de filosofía mejor valorado del mundo, y suele iniciar todas sus conferencias aclarando que está absolutamente en contra de toda forma de coacción, cuestión que aclara porque muchas de las ideas que propone son originales y polémicas, provocadoras y descabelladas, que incitan a la reflexión y son (en algunos casos y como él mismo admite) ciencia ficción.

El profesor propone hacer uso de la ingeniería humana, de la modificación biomédica de las personas para luchar contra el cambio climático. Como filósofo, consciente de que las soluciones que se han dado (reciclar más, utilizar menos el coche, potenciar las energías renovables...) no están funcionando, considera su obligación pensar con originalidad, intentar que el ser humano «abra la mente», proponer soluciones que ya existen y se usan aunque no como él plantea para hacer frente a la geoingeniería, cuyas intervenciones son a gran escala y sin vuelta atrás.

El punto de partida sería el siguiente: Si no se logra contrarrestar el cambio climático ¿por qué no se debería modificar el organismo de los seres humanos para mitigar sus efectos? Quizás el cambio climático haya alcanzado ya (o esté cerca) su punto de no retorno, quizás no se pueda revertir modificando las costumbres de los ciudadanos y cumpliendo las acciones impulsadas por los gobiernos; sin



*Matthew Liao exponiendo sus propuestas en OpenMind BBVA, un portal de divulgación gratuito y en castellano.*

embargo, afirma Liao, nada impide explorar otras soluciones, no consideradas hasta el momento y que no presentan tantos riesgos como otras; además, añade, el cambio climático es un gran problema y es mejor tener un buen puñado de soluciones muy diferentes entre sí, soluciones que en algunos casos ya se están utilizando.

A continuación se exponen las propuestas del profesor:

- Utilizar el diagnóstico genético preimplantacional, empleado ya en las clínicas de fertilidad para evaluar embriones con determinadas enfermedades de transmisión genética, para elegir a los bebés que tengan una menor estatura; es decir, una selección, no una modificación del material genético.

El cambio climático puede conllevar un agotamiento de los recursos por lo que, reducir el tamaño de las futuras generaciones, ayudaría a disminuir el consumo de comida y principalmente de energía.

Liao, consciente de lo polémica que puede llegar a ser esta idea, se pregunta: ¿por qué hay que ser altos?, las personas más altas viven menos y tienen un riesgo mayor de sufrir cáncer, problemas articulares y cardiovasculares; hace cien años la estatura media de los ciudadanos del planeta era, de media, 15 centímetros inferior y eso no era un problema. Además, con el tiempo, es posible que haya que adoptar en todo el planeta la política de hijo único de China, política que sí que es restrictiva, por lo que siempre es mejor ofrecer opciones y permitir que los padres eligiesen entre tener un hijo o varios de menor estatura.

Incluso, en relación con cómo se podría sentir ese hijo, Liao afirma que el pequeño no debería quejarse ya que la otra opción implicaría que él no existiría y, como es más pequeño, es posible que pueda vivir en una sociedad con un ambiente más limpio. Además, la elección de los padres podría ser «premiada» con incentivos fiscales o un seguro médico gratuito si bien, para que no se llegue a una sociedad de personas altas y ricas frente a personas pobres y bajas, habría que tener un umbral mínimo de altura que permitiera y asegurase un cierto nivel de igualdad.

Argumentos a los que podría añadirse uno más, en la colonización de Marte, una cuestión de la que ya se habla, muy posiblemente habrá restricciones de altura dado que las personas bajas tienen menos requisitos energéticos y menos necesidades en cuanto a comida y calorías.

- Reducir los índices de natalidad mediante fármacos potenciadores de la inteligencia o de las funciones cognitivas, dado que se ha observado que las familias con menor capacidad cognitiva

y menor nivel educativo tienen un mayor número de hijos. Es decir, reducir la natalidad de forma indirecta haciendo a las personas más inteligentes y listas.

Lo cierto es que hoy en día algunos estudiantes ya toman medicamentos para mejorar su cognición, algo que aprueban sus padres. De forma que, lo que Liao propone aunque con otro propósito, ya se está haciendo hoy de una forma voluntaria.

Por otra parte, y de nuevo para evitar una posible separación entre «listos y tontos», habría que asegurarse de que las personas con menor nivel adquisitivo tengan acceso a los fármacos mencionados y de que la sociedad en su conjunto sea «más lista».

- Inducir mediante fármacos la intolerancia hacia la carne roja, lo que reduciría de forma significativa las emisiones derivadas de las explotaciones del ganado incluida la deforestación para ampliar las zonas de pasto; según Liao, se podrían producir parches de carne similares a los actuales de nicotina, una solución mucho menos drástica que pretender que el progreso del planeta retroceda y se vuelva a vivir sin coches ni teléfonos y cuidando los animales y la tierra.

El filósofo llama la atención sobre el hecho de que muchos restaurantes vegetarianos y veganos tienen en sus cartas sustitutivos de la carne, lo que para él quiere decir que a las personas les gusta (en ocasiones mucho) ese sabor. La idea sería «meter» ese deseo en un parche, sin necesidad de ser vegetariano, e incluso inducir en él la intolerancia solo a determinados animales, por lo que se podría seguir consumiendo pescado, por poner un ejemplo.

Lo cierto es que no hay que investigar mucho porque la naturaleza ya lo ha hecho. Existe una garrapata que, cuando pica a una persona, le inyecta una proteína en el torrente sanguíneo que activa el sistema inmune de forma que, si la persona come carne en ese momento, sufre una reacción alérgica; lo que implica que ya se tiene una base científica sobre la que comenzar a trabajar para obtener los parches, idea por la que alguna farmacéutica ya ha mostrado interés.

- Estimular la empatía y altruismo en los seres humanos mediante fármacos ya disponibles en el mercado (como la oxitocina), de forma que sean más proclives a luchar por el bien común y a mejorar sus hábitos para reducir las emisiones.

El profesor no quiere decir que haya que añadirla al agua (como se ha hecho con el fluoruro porque es mejor para los dientes), insiste en el uso selectivo y voluntario de esa opción y añade que... quizás fuese interesante que los políticos reciban una inyección de oxitocina antes de acudir a una reunión.

- Otras posibles intervenciones serían aumentar la resistencia de los humanos al calor y a las enfermedades tropicales y, ya en el terreno de la ciencia ficción como el propio filósofo indica, dotar a los humanos de ojos de gato para que puedan ver mejor en la oscuridad y así reducir el consumo energético.

Matthew Liao asume que sus ideas puedan parecer «un poco locas», sin embargo su intención es incitar a la reflexión, dejando claro que todas las actividades propuestas son en su mayoría reversibles, que deben ser una opción personal adoptada y elegida por cada ciudadano ya que, en el caso de ser impuestas, las soluciones podrían ser peores que el problema que se desea enfrentar.

## CONCLUSIÓN

La crisis climática puede que esté más cerca de lo que se piensa, a medida que pasa el tiempo hay más ecosistemas, formas de vida y seres humanos amenazados, los hielos polares parecen fundirse más rápido de lo previsto y que el océano sea más ácido tampoco es una buena noticia. Por si fuera poco los acuerdos internacionales, logrados con muchos esfuerzos y que algunos no parece que vayan a respetar, puede que sean demasiado conservadores y no hayan adoptado soluciones suficientemente ambiciosas.

Los cambios producidos por los seres humanos y sus actividades han causado y causan múltiples efectos en cascada a través del sistema Tierra de formas muy complejas que aún no se conocen

bien. Estos efectos interactúan entre sí y dan lugar a escala local y regional a situaciones difíciles de comprender y predecir.

En estas circunstancias no parece mala idea estudiar todas las soluciones posibles, vengan de donde vengan, ser creativo y arriesgarse a que las propuestas aportadas sean calificadas de polémicas, y disponer de un abanico amplio de medidas y métodos a los que recurrir, siempre y cuando se conozcan y se hayan podido valorar de forma adecuada sus consecuencias.

En este sentido, las propuestas de la geoingeniería solar, intervenciones al clima planetario, presentan algunas grandes lagunas y riesgos nada desdeñables. En cuanto a las intervenciones para la reducción del dióxido de carbono, con la excepción de la fertilización oceánica, parecen más locales y menos agresivas aun cuando haya que seguir estudiándolas. En cuanto al profesor Liao, nada que no haya dicho él, intervenciones en el hombre, no en el planeta, voluntarias, algunas incluso reversibles y que, en parte, ya se están llevando a cabo con otros fines.

El problema climático es global y todo el mundo puede aportar algo, también el ciudadano de a pie, bastaría con que redujese sus emisiones de dióxido de carbono para lo cual solo tendrá que hacer cosas que ya sabe: un uso responsable de los electrodomésticos, mejor aún si estos tienen un buen grado de eficiencia energética; separar y depositar las basuras en su correspondientes contenedores, sobre todo cuando son tóxicas; intentar reducir el uso de plásticos, de papel o papel de aluminio; recordar que en invierno hace frío y en verano calor y no intentar invertir las estaciones dentro de las casas a golpe de caldera y sistemas de aire acondicionado; y hacer un consumo responsable del agua, un bien escaso en la Tierra.

## SITIOS WEB

### ABC:

[https://www.abc.es/ciencia/abci-matthew-liao-podremos-ahorrar-energia-si-disenamos-humanos-vision-nocturna-201704072109\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2Fhttps://www.abc.es/ciencia/abci-matthew-liao-podremos-ahorrar-energia-si-disenamos-humanos-vision-nocturna-201704072109\\_noticia.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-matthew-liao-podremos-ahorrar-energia-si-disenamos-humanos-vision-nocturna-201704072109_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2Fhttps://www.abc.es/ciencia/abci-matthew-liao-podremos-ahorrar-energia-si-disenamos-humanos-vision-nocturna-201704072109_noticia.html)

### BBC:

[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130925\\_ciencia\\_geoingenieria\\_tecnologias\\_para\\_revertir\\_cambio\\_climatico\\_np](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130925_ciencia_geoingenieria_tecnologias_para_revertir_cambio_climatico_np)  
[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/04/110406\\_verde\\_blanqueo\\_nubes\\_calentamiento\\_global\\_lh](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/04/110406_verde_blanqueo_nubes_calentamiento_global_lh)

### Cambio climático:

<https://www.cambio-climatico.com/ideas-locas-para-frenar-el-calentamiento-global>

### Consumer:

<https://www.consumer.es/medio-ambiente/biocarbon-la-solucion-para-el-cambio-climatico.html>

### EcoInventos:

<https://ecoinventos.com/geoingenieria-filtro-solar-estratosfera-para-enfriar-la-tierra/>

### Eldiario:

[https://www.eldiario.es/internacional/geoingenieria-solucionar-climatico-provocar-guerras\\_0\\_939306478.html](https://www.eldiario.es/internacional/geoingenieria-solucionar-climatico-provocar-guerras_0_939306478.html)

### Energías renovables:

<https://www.energias-renovables.com/biomasa/el-ipcc-cree-en-la-bioenergia-para-20190830>

### El País:

[https://elpais.com/elpais/2018/01/31/ciencia/1517422520\\_564058.html](https://elpais.com/elpais/2018/01/31/ciencia/1517422520_564058.html)  
[https://elpais.com/elpais/2017/04/06/ciencia/1491499309\\_778401.html](https://elpais.com/elpais/2017/04/06/ciencia/1491499309_778401.html)  
[https://elpais.com/diario/2009/01/21/futuro/1232492402\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2009/01/21/futuro/1232492402_850215.html)  
[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2017/04/07/fortunas/1491577429\\_543776.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2017/04/07/fortunas/1491577429_543776.html)

### ETC Grupo:

[https://mx.boell.org/sites/default/files/radiacion\\_solar\\_final.pdf](https://mx.boell.org/sites/default/files/radiacion_solar_final.pdf)

### Ethic:

<https://ethic.es/2019/05/frenar-calentamiento-global-capturando-co2/>

### Greenpeace Internacional:

[http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio\\_climatico/la-fertilizaci-n-oceanica.pdf](http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/la-fertilizaci-n-oceanica.pdf)

## Investigación y ciencia:

<https://www.investigacionyciencia.es/noticias/oscurecer-el-sol-para-enfriar-la-tierra-el-primer-experimento-17020>

<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/entre-el-cerebro-y-la-mquina-477/escudos-contrala-radiacin-solar-1171>

## LatinClima:

<https://latinclima.org/articulos/geoingenieria-para-detener-el-calentamiento-global-solucion-o-problema>

## La Voz de Galicia:

[https://www.lavozdegalicia.es/noticia/biodiversa/2019/11/13/visionario-propone-encoger-humanos-mitigar-cambio-climatico/0003\\_201911G13P24991.htm](https://www.lavozdegalicia.es/noticia/biodiversa/2019/11/13/visionario-propone-encoger-humanos-mitigar-cambio-climatico/0003_201911G13P24991.htm)

[https://www.lavozdegalicia.es/noticia/biodiversa/2018/12/29/experimento-enfriar-planeta/0003\\_201812H29P55991.htm](https://www.lavozdegalicia.es/noticia/biodiversa/2018/12/29/experimento-enfriar-planeta/0003_201812H29P55991.htm)

## MIT Technology Review:

<https://www.technologyreview.es/s/11361/ocho-preguntas-para-entender-la-geoingenieria-y-por-que-es-importante>

## Monitor de geoingeniería:

<http://es.geoengineeringmonitor.org/inicio-que-es-la-geoingenieria/>

## OpenMind BBVA:

<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/geoingenieria-solar-una-sombrilla-sobre-la-tierra-contrael-cambio-climatico/>

<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/ingenieria-humana-una-solucion-rompedora-para-la-emergencia-climatica/>

## Quo:

<https://www.quo.es/ciencia/g67089/bajar-la-temperatura-del-planeta-manualmente-los-proyectos-mas-locos-para-controlar-el-clima/>

## Tiempo:

<https://www.tiempo.com/ram/enverdecimiento-del-planeta-y-la-reduccion-del-calentamiento-global.html>

## Xataka:

<https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/bosque-como-eeuu-china-juntos-estos-investigadores-dicen-tener-plan-efectivo-barato-para-frenar-cambio-climatico>

## Wikipedia:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Geoingenier%C3%ADa>