

□ Eduardo Estrada

### La geoingeniería ambiental y el cambio climático

"No existe ningún escenario sustentable de emisiones en el que la temperatura global alcance su máximo, y al mismo tiempo su declive, en 2010. Por lo que serán necesarias acciones de geoingeniería para enfriar el planeta". Con estas palabras concluyó el informe de los científicos reunidos en 2010, en Londres, convocados por la prestigiosa Royal Society del Reino Unido.

El objetivo de esta reunión era encontrar soluciones al calentamiento global del planeta como consecuencia de las grandes emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>), derivadas del alto consumo de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Curiosamente, esta única salida avizorada por la Royal Society va de la mano con los países que hasta la fecha se han negado a cumplir con lo pactado en el Acuerdo de Kyoto sobre el Cambio Climático de 1997.

En dicho acuerdo se aprobó, entre otras cosas, el derecho de los países o las empresas al uso de los llamados bonos de carbono. El objetivo: mitigar la generación de gases de invernadero, beneficiando con dichos bonos a quienes no emitan o disminuyan su emisión. Sin embargo, han surgido críticas a dicho plan de financiamiento del control de emisiones, como considerarlo insuficiente para reducir las concentraciones de CO<sub>2</sub> a los niveles requeridos y por su propensión a los vaivenes del mercado.

La geoingeniería es la manipulación a escala global del medio ambiente y de las condiciones atmosféricas planetarias para contrarrestar las consecuencias del cambio climático

generadas por causas humanas (antropogénicas), o para regular el clima y prevenir catástrofes naturales ocasionadas por huracanes y tornados, provocar o inhibir las lluvias, según sea el caso. Para lograrlo, la geoingeniería propone la aplicación, a gran escala, de ciertas tecnologías entre las que destacan: los aerosoles estratosféricos, reflectores espaciales, la aceleración o disminución de la meteorización, fertilización de los océanos, el uso de grandes reflectores terrestres, secuestro y captura de carbono, árboles artificiales, depuradores gigantes de CO<sub>2</sub>, y la inducción de erupciones.

Con estas tecnologías, la civilización industrial pretende perpetuar una expansión y un crecimiento insostenible con los actuales recursos finitos del globo, en su búsqueda de un desarrollo económico sin fin.

En su informe, la Royal Society evalúa la factibilidad técnica de los distintos enfoques arriba mencionados, su costo y las posibles consecuencias a gran escala para el clima al



Imagen: ecologiaverde.com

modificar alguno de estos patrones climáticos. Precisamente, a causa de estas probables consecuencias colaterales, en la décima reunión de las partes firmantes del Convenio de Diversidad Biológica de 2010, en Japón, se logró el establecimiento de una moratoria, llamando a no desarrollar ningún proyecto o experimento de geoingeniería de origen público o privado, hasta que se hayan evaluado los riesgos para el ambiente, la biodiversidad y los impactos económicos y culturales asociados.

Otras voces críticas, derivadas de fuentes no oficialistas (Ongs, movimientos ecologistas y sociales), han hecho énfasis en que la geoingeniería también podría ser usada con intención *non sancta* como arma de guerra potencial, de lo cual existen precedentes comprobados en documentos recientemente desclasificados, los cuales muestran a EE.UU. manipulando el clima durante la guerra de Vietnam (Operación Popeye).

Otros señalan que, con el pretexto del uso de la geoingeniería, los países que se niegan a reducir sus emisiones podrían seguir emitiendo gases responsables del calentamiento global, al mismo tiempo que aplican la geoingeniería para enfriar el planeta y cobrar por bonos de créditos de carbono para absorber gases, como el despliegue del uso de tales tecnologías derivando en un "negocio redondo".

Aunque la geoingeniería podría traer algunas ventajas al manipular los patrones atmosféricos, como bajar los índices de radiaciones solares, o implementando mecanismos para reducir la contaminación, modificar el rumbo de los huracanes y tornados, frenar las mareas, provocar la lluvia, etc.

Cabe resaltar que si estas prácticas podrían ser deseables en un momento determinado, se deben considerar los efectos globales indeseables que pueden ocasionar los probables beneficios de dichas aplicaciones en otras latitudes, del planeta.

Lo que también se debe destacar son los esfuerzos que la comunidad internacional ha realizado para aliviar el calentamiento del planeta de forma convencional. Los cuales, aunque han sido bien intencionados, han resultado insuficientes.

Desde la reunión de Copenhague, en 2009, la cual se tradujo en un rotundo fracaso, provocado por la incapacidad

para cerrar la brecha entre las demandas de los países ricos y pobres, hasta la reunión de Cancún (2010), en donde se adoptaron metas más modestas que las de Copenhague, logrando de esta forma un conjunto de acuerdos, entre los que destacan la implementación de un llamado Fondo Verde de 30 mil millones de dólares para financiar acciones de mitigación, así como la transferencia de tecnología a los países en desarrollo para la aplicación de energías renovables junto con el pago de servicios ambientales para la preservación de los bosques que, sin embargo, son tremendamente insuficientes para prevenir las catastróficas consecuencias previstas para el planeta en general.

La mayoría de los países aceptaron el acuerdo, con la excepción de Bolivia, que pedía acuerdos más ambiciosos de los recortes de emisiones y en las responsabilidades de los grandes emisores de gases. Como indicó el expresidente brasileño Lula Da Silva, la cumbre de Cancún nació muerta y nunca revivió.

Tales opiniones, finalmente, fueron marginadas en la reunión, quedando como esperanza que en el presente año, en Durban, las naciones desarrolladas, junto con EE.UU. y China, estén preparadas para hacer mayores concesiones.

La moratoria declarada contra la geoingeniería es un paso muy importante; EE.UU. ha publicado un informe oficial sobre formas de regularla. Sin embargo, el calentamiento derivado del capitalismo global es un gran problema que enfrenta la humanidad, y no se debe seguir perdiendo el tiempo en falsas soluciones. Las naciones desarrolladas deben aceptar que el único remedio para restablecer el equilibrio en la atmósfera del planeta es abandonar el uso de combustibles fósiles, y sustituirlos por energías limpias, dejando, al mismo tiempo, de consumir en la forma desenfrenada en que actualmente lo hacemos, por lo que se requiere un profundo cambio paradigmático del orden económico-social establecido, y esto se tiene que hacer lo más pronto posible, antes de que el planeta nos pase la factura.

Al presente, existen tecnologías alternativas para producir energía renovable en gran escala, como: la solar, la eólica, la biomasa, la geotérmica, la mareomotriz, la hidráulica, etc.

Más información en:  
[www.econoticias.com](http://www.econoticias.com)  
[www.dinama.org](http://www.dinama.org)  
[www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)

### El anacronópete o la máquina del tiempo

Por lo general, se piensa que la idea de viajar en el tiempo surge a finales del siglo XIX, con H. G. Wells en su obra *La máquina del tiempo* (1895). Sin embargo, la obra de Wells había sido precedida en años anteriores por relatos como *El reloj que marchaba hacia atrás*, de Edward Page Mitchell (1891), o *El anacronópete*, del español Enrique Gaspar, en 1887. En esta obra Gaspar nos presenta el artilugio de una gran caja de hierro fundido alimentada con electricidad y con un misterioso fluido que el autor denomina García, utilizando cuatro grandes cucharas mecánicas para desplazarse, el cual hace que los pasajeros no rejuvenezcan cuando viajan hacia atrás en el tiempo. El anacronópete incluye toda clase de comodidades en su interior, entre otras maravillas: escobas que barren solas.

Ya en terrenos de la ciencia, aunque los viajes hacia el futuro aún no son algo corriente, los enunciados de Einstein contenidos en las teorías especial y general de la relatividad (1905-1916), demuestran que altas velocidades o la intensificación de la gravedad pueden incidir en el viaje en el tiempo hacia adelante. Otro caso sería pretender hacerlo en el sentido contrario, en el que nos encontraríamos con el impedimento planteado por la llamada "conjetura sobre protección cronológica", enunciada por el físico Stephen Hawking. Esta conjetura formula que una curva cerrada de tipo tiempo no permitiría viajar a un tiempo anterior al de su creación. En otras palabras: como aún no se ha construido ninguna máquina del tiempo, no habría porqué esperar turistas temporales del futuro.

La velocidad y la gravedad pueden curvar el espacio-tiempo de la misma manera en que lo haría una pesada pelota sobre una fina lámina de plástico. Entre más intensa es

la velocidad o más fuerte la gravedad, mayor será la curvatura o dilatación del tiempo.

En los orígenes de la física moderna, Isaac Newton (1642-1727) pensaba que el tiempo era universal; sin embargo, en la mecánica relativista de Einstein, el tiempo depende del sistema de referencia donde está situado el observador y de su estado de movimiento, y es considerado como una dimensión más del espacio.

Fue Kip Thorne, a mediados de los ochenta del siglo pasado, el primero que propuso construir una probable máquina del tiempo. Por máquina del tiempo entendemos un instrumento que nos permita movernos en el tiempo, independientemente de cuál fuera su sentido. Aunque el viaje hacia atrás, como ya se mencionó, plantea serias dificultades, además de algunas paradojas como la de recibir cierta información antes de ser mandada, o si la causa puede ser observada después del efecto, etc.

Aunque las objeciones recogidas en la conjetura sobre protección cronológica para viajar al pasado de Hawking son muy serias, se han sugerido escenarios previstos por la teoría general de la relatividad, en determinadas circunstancias, como la construcción de una máquina del tiempo para viajar a través de agujeros de gusano. Paul Davies, en 2001, reflexionó seriamente en ello. En su libro, sobre *Cómo cons-*

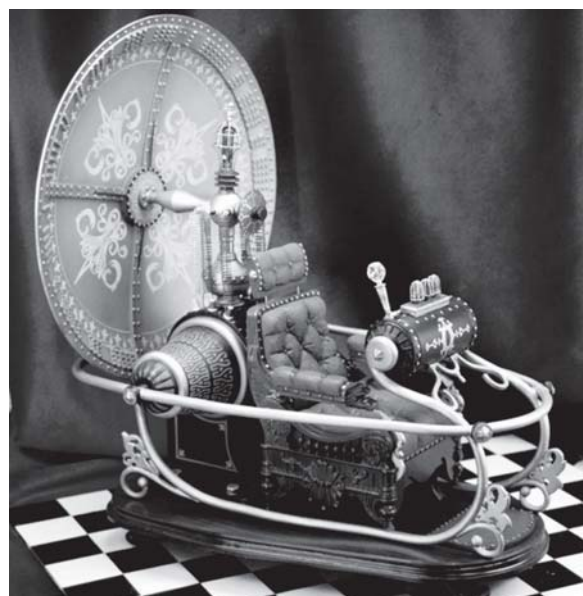


Imagen: metatamala.blogspot.com

*truir una máquina del tiempo*, ideó un modelo de viaje al pasado a partir de una variante de los agujeros negros: los agujeros de gusano. Según Davies, la construcción de una máquina implica unir dos agujeros negros a través de un agujero de gusano.

Un agujero de gusano, o puente de Einstein-Rosen, es una probable característica topológica del espacio-tiempo descrito por las ecuaciones de la relatividad específica, siendo esencialmente un "atajo" a través del espacio y el tiempo. Un agujero de gusano tiene por lo menos dos extremos conectados, por donde se desplazaría la materia de un extremo a otro. Un obstáculo a vencer por la probable tecnología con la que se pretenda realizar esta excursión es que en el momento del tránsito, las fluctuaciones en la energía del vacío puedan incrementar la densidad de energía, destruyendo toda posible información que intentemos enviar por el agujero.

A decir de Davies, se requieren tres pasos para llegar al pasado: en primer lugar la creación de un minúsculo agujero de gusano a través de un acelerador de partículas. En segundo lugar, y aquí viene lo más difícil: conservar el agujero de gusano en un "exótico" contenedor de materia como la antigravedad.

Paso tres: una boca del agujero de gusano se haría girar en el acelerador de partículas a una velocidad cercana a la de la luz durante una década, buscando establecer una diferencia de dilatación del tiempo entre las dos aperturas del agujero de gusano. Y, por último, al juntar las dos aperturas del agujero tendríamos una máquina del tiempo en condiciones para viajar al pasado. Aunque Davies no es el único que ha estado ocupado últimamente en resolver la conjetura de Hawking. Amos Ori, del Instituto de Tecnología de Haifa, Israel, también ha propuesto un modelo teórico de máquina del tiempo, sólo que sin el uso de alguna materia exótica o hipotética para funcionar. Ori propone una zona vacía de tipo toroidal (rosquilla) envuelta por una esfera de materia ordinaria. La distorsión del espacio tiempo se daría como resultado del acercamiento de una gran masa exterior, como un agujero negro. Para retroceder al pasado, el crononauta

circularía dentro de la rosquilla, retrocediendo una fracción de tiempo con cada vuelta.

Sin embargo, aunque la ciencia y la ficción hacen parecer el viaje al futuro más fácil y asequible que hacia el pasado, aquél también acarrea dificultades muy complejas. En un hipotético viajero al futuro, notaremos que éste nunca se desprende de su tiempo presente. De hecho, si se llegara a pensar que el pasado y el futuro no existen, y que el presente es la única realidad, este tipo de viaje en el tiempo seguiría teniendo sentido. Sin embargo, en un salto instantáneo al futuro, sería necesario que eso que llamamos "futuro" exista como algo físico. Podemos viajar por una calle porque la calle existe; pero si pretendemos viajar al futuro de esta manera, ¿qué realidad o existencia tiene aquello a donde queremos llegar?; ¿acaso el futuro ya está determinado y fijo, y podemos acceder a él a nuestro antojo?

Como vemos, la idea del "viaje por el tiempo", sobre todo cuando nos referimos en hacerlo en sentido inverso a las manecillas del reloj, tiene sus bemoles e implicancias aún no resueltas, ni por los filósofos con sus abordajes como el presentismo, el posibilismo, y el eternalismo, ni por los científicos con sus teorías de los universos paralelos, viajes dimensionales, etc. Lo que sí nos queda claro, después de este recorrido por el tiempo, es que si queremos viajar hacia el futuro, nada es tan sencillo como quedarnos sentados y esperar que el tiempo transcurra.

Más información en:

[www.cienciapopular.com](http://www.cienciapopular.com)  
[eltamiz.com/elcodazo/2009/](http://eltamiz.com/elcodazo/2009/)  
[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

## El regreso de Poseidón

La energía mareomotriz resulta del aprovechamiento de las mareas. Éstas se presentan como efecto de la diferencia de altura media de los mares, según la posición relativa de la Tierra y la Luna, y como consecuencia de la atracción gravitatoria de esta última y del Sol sobre las masas, sobre todo, de agua de los mares. La tecnología implementada



para la producción de energía mareomotriz se aprovecha de esta diferencia de alturas, al colocar partes móviles en el proceso natural de ascenso o descenso de las aguas, para obtener movimiento a través de las ondulaciones verticales en un eje.

Al acoplar todo este mecanismo a un alternador se puede lograr la generación de electricidad, transformando, de esta manera, la energía mareomotriz en energía eléctrica. El resultado es una energía limpia y renovable, a la vez que no origina subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos.

Debemos resaltar el hecho de que el aprovechamiento de la energía de las mareas no es nuevo, este procedimiento se ha usado en Europa desde el siglo XI para el almacenamiento de granos en molinos.

Las mareas tienen su origen en la interacción gravitacional de la Luna y la Tierra; el resultado de dicha interacción es que los océanos del planeta crecen hacia la Luna. En el lado opuesto de la Tierra, el efecto gravitacional está parcialmente neutralizado por la propia Tierra, los océanos ubicados en esa área se alejan de la Luna, debido a las fuerzas centrífugas. Esto es conocido como marea lunar. Esta situación se complica con la interacción gravitacional del Sol que

resulta en un efecto idéntico, con los océanos del planeta creciendo y alejándose del Sol en los lados adyacentes y opuestos de la Tierra. Este fenómeno es conocido como marea solar.

Como el Sol y la Luna no están ubicados en posiciones fijas en la esfera celeste, sino que cambian de posición con respecto uno del otro, su influencia en el rango de mareas (la diferencia entre la marea alta y baja) también se ve afectada. Por ejemplo, cuando la Luna y el Sol están en línea con la Tierra, el rango de marea es la superposición del rango de las mareas lunar y solar. Esto resulta en el rango de marea máximo (mareas de primavera). Por el contrario, cuando la Luna y el Sol están ubicados en ángulo recto a cada uno, se producen las diferencias de mareas más pequeñas resultando en las mareas muertas.

Cabe resaltar que existen otras formas de extraer energía del mar como la energía undimotriz (olamotriz), producida por el movimiento de las olas. La energía originada de esta manera se descompone en dos partes: energía potencial ocasionada por la deformación de la superficie del mar, y la energía de movimiento debida al desplazamiento de la masa de agua. Así como la energía mareotérmica, basada en el gradiente térmico oceánico resultado de la diferencia de temperatura entre la superficie del mar y las aguas profundas.

Actualmente se están implementando algunos proyectos pioneros en la producción de energía mareomotriz en varias partes del mundo. Uno de ellos es la instalación del estrecho de Puget, en la costa oeste de EE.UU. Un equipo de científicos de la Universidad de Washington, liderados por Brian Polay, al mismo tiempo que evalúan el potencial de esta tecnología, valoran los posibles efectos nocivos que las turbinas mareomotrices, con una longitud aproximada de nueve metros de diámetro, podrían tener en la fauna marina, especialmente en los mamíferos anfibios que usan las señales acústicas para navegar y comunicarse entre sí.

Más información en:

[Es.wikipedia.org/](http://Es.wikipedia.org/)

[www.textoscientificos.com](http://www.textoscientificos.com)

[amazing.com/ciencia/](http://amazing.com/ciencia/)