

# LA GESTIÓN DEL HIELO ÁRTICO Y OTROS PROYECTOS DE GEOINGENIERÍA MARINA DEBEN SEGUIR SIENDO CIENCIA FICCIÓN

April 12, 2024



*Esta actualización sobre geoingeniería marina a través de la gestión del hielo ártico, resume los últimos avances que se presentan en el Mapa del Monitor de Geoingeniería. La gestión del hielo ártico es una más de las nuevas tendencias a seguir por parte de la sociedad civil y los movimientos de justicia climática que se oponen a la geoingeniería a nivel mundial. Esta actualización es la tercera parte de la reciente información sobre geoingeniería marina publicada por el equipo de Monitor de Geoingeniería. Otras actualizaciones cubrieron el aumento de la alcalinidad oceánica y el hundimiento de biomasa.*

*Anja Chalmin investigó y redactó la actualización y se publica con el apoyo del equipo del Monitor de Geoingeniería.*

**En esta actualización:**

- **Avances críticos en la geoingeniería marina a través de la gestión del hielo ártico y otras propuestas**
- **Arctic Ice y Bright Ice: Los proyectos de gestión del hielo ártico amenazan con dañar gravemente el medio marino**
- **Otros proyectos basados en la gestión del hielo ártico**
- **Otros proyectos de geoingeniería marina**
  - Método ISA: Remoción de metano combinada con blanqueamiento de nubes marinas y fertilización de los océanos
  - Solid Carbon: Captura directa del aire y mineralización del CO<sub>2</sub> en la Cuenca de Cascadia
  - Brilliant Planet Ltd: Vertido de biomasa de algas cultivadas en enormes estanques costeros
  - Generación de créditos de carbono a partir de monocultivos de algas marinas

## Avances críticos en la geoingeniería marina: gestión del hielo ártico y otras propuestas

- Las propuestas de geoingeniería marina van más allá de los mares y océanos, se dirigen también a entornos como el hielo ártico, las formaciones geológicas bajo el lecho marino, las zonas costeras y la atmósfera sobre los océanos.
- El Proyecto Arctic Ice propone cubrir vastas zonas de hielo ártico con miles de millones de diminutas bolas de cristal huecas reflectantes, pero le resta importancia a sus posibles efectos afirmando que el material no es más que una ayuda digestiva para las aves.
- La Iniciativa Bright Ice tiene previsto utilizar el mismo método para restaurar el hielo glaciar, y ya ha realizado una prueba de dos meses en un glaciar en Islandia.
- El material utilizado por el proyecto Arctic Ice y la iniciativa Bright Ice es en realidad un borosilicato duradero que se utiliza en la fabricación de equipos de laboratorio. Se ha descubierto que tiene un índice de reflexión inferior al de la nieve, lo que podría acelerar la pérdida del hielo.
- Varias empresas, como Real Ice Development Company Ltd, con sede en el Reino Unido, planean utilizar la gestión del hielo ártico para generar “créditos de enfriamiento” con base en el efecto reducido de calentamiento por un mayor albedo del hielo.
- Tres empresas, entre ellas gM-Engineering, están comercializando proyectos de inyección atmosférica de aerosoles de sales de hierro sobre los océanos para remover metano de la atmósfera, blanquear las nubes marinas y fertilizar los océanos.
- Brilliant Planet Ltd, con sede en el Reino Unido, está vendiendo créditos de carbono mediante el cultivo de algas en estanques costeros, que luego seca y entierra en vertederos de Marruecos. Es probable que los vertederos no estén adecuadamente revestidos y por lo tanto corran el riesgo de contaminar las aguas subterráneas.
- Se está trabajando en la elaboración de una nueva norma voluntaria para que las granjas de algas vendan créditos de carbono, a pesar de que varios estudios recientes, incluido un informe especial del IPCC, arrojan serias dudas sobre la viabilidad del cultivo de algas como estrategia de mitigación del cambio climático.

### Arctic Ice y Bright Ice: Los proyectos de gestión del hielo ártico amenazan con dañar gravemente el medio marino

El Proyecto Arctic Ice (AIP, por sus siglas en inglés) propone cubrir el hielo terrestre y marino del Ártico con miles de millones de minúsculas bolas de vidrio huecas para ralentizar el deshielo y/o restaurar el hielo. El AIP describe la capa de material reflectante flotante que utiliza como “un vidrio amorfo compuesto principalmente de dióxido de silicio (‘sílice’)”. Añade que “la sílice es un compuesto inerte formado por dos de los materiales más abundantes de la Tierra” y es “un constituyente principal de la arena.”

Un estudio reciente encargado por el AIP y realizado en el entorno simulado del océano Ártico que gestiona el instituto noruego de investigación SINTEF revela que el material son microesferas huecas de vidrio (HGM, por sus siglas en inglés), comercialmente disponibles y muy estables, que son ligeras, muy reflectantes y resistentes al aplastamiento. El estudio analizó el efecto albedo, la ecotoxicología y los métodos de despliegue de cuatro HGM, y un vidrio de borosilicato comercializado por Potters Industries LLC obtuvo los mejores resultados en las pruebas.

El vidrio de borosilicato que el AIP pretende utilizar en grandes cantidades se describe como un material muy duradero y que ya se utiliza en equipos de laboratorio, utensilios de cocina y bombillas, entre otras cosas. El AIP le resta importancia a las repercusiones del material, afirmando que “los seres humanos, los animales, las aves y los peces ingieren sílice con regularidad. Las aves buscan y seleccionan los granos más grandes de sílice para facilitar la digestión en sus estómagos y los peces nadan a través de ella en aproximadamente una parte por millón de agua oceánica”. El AIP también afirma que las HGM se degradan al cabo de entre seis y doce meses, mientras que el estudio del SINTEF recomienda que se realicen pruebas de toxicidad y concluye que “se necesitan más estudios para determinar la disolución de elementos de las HGM y otras posibles implicaciones ambientales, como el impacto en los organismos”.

El AIP ha estado modelando el despliegue de las microesferas de vidrio en regiones seleccionadas del Ártico desde 2018, en áreas como el Giro de Beaufort y el Estrecho de Fram, y también está modelando la forma en que las HGM podrían aplicarse a gran escala, como el uso de barcos con sopladores. En su página web, el AIP afirma que “los estudios de campo sólo comenzarán cuando nos hayamos asegurado de que nuestra metodología de HGM es científicamente sólida”. Sin embargo, el hecho de que el AIP ya ha realizado pruebas de campo en cinco lagos de Estados Unidos y Canadá contradice esta afirmación. Además, las comunidades locales no fueron consultadas sobre los ensayos, nunca dieron su consentimiento para que se llevaran a cabo y se opusieron a la realización de nuevas pruebas de campo.

En una prueba de campo se desplegó una capa de HGM de 0.5 milímetros de espesor sobre 302 metros cuadrados de un lago

privado de agua dulce, lo que requirió 18 kilogramos del material. Aplicar la misma capa sobre 15 mil a 100 mil kilómetros cuadrados en el Estrecho de Fram o el Giro de Beaufort, como propuso en 2018 la fundadora del AIP, Leslie Field, requeriría de 0.9 a 5.9 millones de toneladas de HGM.

Leslie Field dejó el AIP en 2022 para poner en marcha la **Iniciativa Bright Ice** (BII, por sus siglas en inglés), que pretende aplicar el mismo método a los glaciares. BII tiene una estrategia de comunicación similar a la del AIP y **describe las microesferas de vidrio** como naturales y seguras. La empresa ya realizó una prueba de dos meses en el **glaciar Langjokull** de Islandia en 2023 y también está solicitando permiso para llevar a cabo una prueba de tres años en el **glaciar Chhota Shigri**, en el Himalaya indio.

Tanto AIP como BII intentan legitimar su enfoque mediante la publicación de artículos en revistas científicas revisadas por pares, como un **artículo publicado en *Earth's Future* en 2022** conjuntamente por las dos empresas. El artículo examina el albedo de las HGM y **concluye** que el “enfoque de mejora del albedo muestra potencial para ayudar a preservar el hielo en regiones seleccionadas del Ártico y otros lugares”. Sin embargo, un **estudio publicado en la misma revista**, el mismo año pero sin la participación de AIP y BII, **concluye** que las microesferas de vidrio pueden en realidad acelerar el deshielo, y el autor afirma que “el uso de microesferas como forma de restaurar el hielo marino del Ártico no es factible”.

### **Otros proyectos de geoingeniería marina basados en la gestión del hielo ártico**

La empresa británica **Real Ice Development Company Ltd**, fundada por estudiantes de la Universidad de Bangor, ha desarrollado un dispositivo de formación de hielo que extrae agua salina de debajo de la superficie del hielo marino y la rocía por encima, creando un charco de agua en la superficie que supuestamente se congela. Se han realizado pruebas de prototipo en varios lugares, incluida una prueba de 10 días en **Cambridge Bay**, Nunavut, Canadá, en enero de 2024. Ese mismo mes, **Real Ice anunció planes** para realizar una **prueba a gran escala** en 100 kilómetros cuadrados de hielo en Canadá y vender “créditos de enfriamiento” en el proceso. Funcionarían de forma similar a los créditos de carbono y **se calcularían en función del efecto de enfriamiento** creado por el aumento del albedo del hielo.

**Arctic Reflections B.V.**, fundada por investigadores de la Universidad de Delft, Países Bajos, está comercializando el mismo enfoque que Real Ice y tiene previsto llevar a cabo lo que será la primera prueba de campo de este tipo en **Spitsbergen, Svalbard** en 2024. Ambos planteamientos para acelerar el crecimiento del hielo marino se basan en el **trabajo de modelización** de S. J. Desch, investigador de la Universidad Estatal de Arizona.

### **Otros proyectos de geoingeniería marina**

#### **Método ISA: Remoción del metano combinada con blanqueamiento de las nubes marinas y fertilización de los océanos**

La empresa **GM-Engineering**, fundada por Franz Oeste, propone utilizar aerosoles de sales de hierro (ISA, por sus siglas en inglés) para combinar la remoción del metano atmosférico con el **blanqueamiento de las nubes marinas** y la **fertilización de los océanos**. Los aerosoles serían liberados en la atmósfera baja sobre un océano, inicialmente para actuar como núcleos de condensación y promover la formación de nubes marinas. Al mismo tiempo, los ISA iniciarían procesos de oxidación que descompondrían el metano en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . En una fase posterior, se espera que los aerosoles ricos en hierro sean expulsados de la atmósfera al océano, estimulando el crecimiento de algas marinas.

**Atmospheric Methane Removal (AMR) AG**, con sede en Suiza, también pretende comercializar el método ISA de Franz Oeste y planea liberar ISA a la atmósfera en una amplia zona marina construyendo plataformas de remoción de metano con torres de ~400 metros de altura, por ejemplo, en plataformas petroleras desmanteladas. Según AMR, sería necesario dispersar 1.8 millones de toneladas de ISA desde 40 torres para remover anualmente la mitad del metano mundial. AMR prefiere ubicar las plataformas en regiones oceánicas cercanas al ecuador, como el Pacífico frente a las costas de Chile o el Atlántico frente a las costas de Namibia. AMR también ha anunciado planes para vender certificados de remoción de metano, **calculando que un certificado por tonelada de metano equivaldría a 25 créditos de carbono**. Estaba previsto que en 2023 comenzara una prueba de campo de un año de duración, pero parece que se ha retrasado. El consejo asesor científico de AMR incluye a Franz Oeste, que trabajó como consultor para la empresa **Blue Dot Change**, con sede en Silicon Valley, y que también anunció planes para comercializar el método ISA. Aún no se ha fijado un calendario para las pruebas al aire libre.

#### **Solid Carbon: Captura directa del aire y mineralización de $\text{CO}_2$ en la Cuenca de Cascadia**

La asociación de investigación **Solid Carbon**, dirigida por Ocean Networks Canada, ha diseñado una plataforma flotante de demostración capaz de capturar  $\text{CO}_2$  del aire ambiente e inyectarlo bajo el lecho marino en formaciones basálticas profundas para su mineralización. Los socios del proyecto actualmente buscan financiación para llevar a cabo una demostración en la **Cuenca de Cascadia**, frente a la Columbia Británica, en Canadá.

## **Brilliant Planet Ltd: Vertido de biomasa de algas cultivada en enormes estanques costeros**

Brilliant Planet Ltd, con sede en el Reino Unido, está vendiendo créditos de carbono generados por el cultivo de microalgas en estanques costeros llenos de agua de mar (estanques poco profundos con un flujo de agua tortuoso y continuo), para luego cosechar y secar las algas y enterrarlas en vertederos revestidos en zonas desérticas. La compañía utiliza surgencia artificial para bombear agua marina rica en nutrientes a los estanques y proporcionar a las algas los nutrientes y el CO<sub>2</sub> necesarios.

Según Brilliant Planet, una vez que el agua de mar se utilizó en los estanques, se le agota el CO<sub>2</sub> y se devuelve al océano. La empresa afirma que la biomasa de algas y el CO<sub>2</sub> que contiene pueden almacenarse de forma segura por más de mil años porque los vertederos están revestidos con una geomembrana y la biomasa es seca, muy salada y ácida. Tras las pruebas piloto realizadas en Sudáfrica, Marruecos y Omán, Brilliant Planet Ltd arrendó 6 mil 100 hectáreas de terreno a las afueras de Akhfenir, en el sur de Marruecos, y ha construido tres hectáreas de estanques de canalización.

Brilliant Planet Ltd ya ha recaudado más de 26 millones de dólares y vendido créditos de carbono basándose en este concepto, pero aún quedan por resolver los siguientes problemas:

- No hay ningún estudio independiente a disposición del público que confirme que el geotextil que utiliza la empresa dure más de mil años y sea resistente a la biomasa altamente salina y ácida.
- Una comparación de las técnicas de vertido no da la impresión de que las de Blue Planet estén diseñadas para el largo plazo. Por ejemplo, en Europa existe el requisito de que incluso los residuos no peligrosos deben estar contenidos por múltiples capas por encima y por debajo de un vertedero para proteger el suelo y las aguas subterráneas. Estas capas deben tener un grosor mínimo de 0.5 metros por debajo y de 1.5 metros por encima del vertedero.
- La región de Akhfenir es una zona con acuíferos poco profundos, y no está claro quién será responsable si se daña el revestimiento y se contaminan las aguas subterráneas.
- No se sabe con qué frecuencia, con qué minuciosidad y durante qué periodo de tiempo la empresa va a realizar inspecciones y monitorear los vertederos.
- En las zonas con deriva de arena (donde la arena es fácilmente arrastrada por el viento), los estanques de las pistas suelen estar cubiertos para evitar la contaminación. Sin embargo, los estanques de la planta de Brilliant Planet en Marruecos están descubiertos y el contenido de carbono de las algas se determina por peso, entre otros métodos. No está claro si se toma en cuenta la variación del contenido de arena.

Brilliant Planet anunció planes para ampliar sus estanques de Marruecos a 200 hectáreas y luego a mil hectáreas, y también está interesada en otros lugares, como los desiertos costeros de Chile y Namibia.

## **Generación de créditos de carbono a partir de monocultivos de algas marinas**

Además de cultivar algas para hundirlas, hay compañías que cultivan algas en zonas cercanas a la costa para generar créditos de carbono. La idea es que las algas absorban el CO<sub>2</sub> disuelto en el agua de mar y que éste pueda capturarse recolectando las macroalgas. Entre ellas están Kelp Blue Biotech B.V., en los Países Bajos, y Carbon Kapture Ltd., en el Reino Unido. Esta última instaló su primera granja en el noroeste de Irlanda, en Mulroy Bay, al norte de Donegal. La granja consiste en cuerdas de 100 metros de largo sembradas con plántulas de algas jóvenes y fijadas al fondo marino con un ancla. La empresa planea utilizar las algas cosechadas para producir biocarbón, que luego se esparcirá en terrenos agrícolas para vender créditos de carbono.

Kelp Blue Biotech planea establecer granjas de kelp a gran escala de forma similar y utilizar las algas cosechadas en productos de consumo, así como vender créditos de carbono. La empresa opera una granja piloto de kelp en las aguas costeras de Sheerwater Bay, en Namibia, y una planta de transformación en Luderitz, y tiene previsto establecer granjas a gran escala en aguas costeras de Namibia, cerca de Craig y Klawock en la isla Príncipe de Gales de Alaska, y en Akaroa Bay en Nueva Zelanda.

Otro desarrollo en el cultivo de algas es la Fundación Oceans 2050, que ha puesto en marcha el Seaweed Carbon Farming Project (Proyecto de Cultivo de Carbono en Algas Marinas), un estudio de 15 meses para medir el CO<sub>2</sub> secuestrado por algas en sedimentos. Está trabajando con 21 granjas de algas marinas en 12 países de los cinco continentes. Basándose en este estudio, Oceans 2050 planea desarrollar una nueva norma voluntaria de carbono para certificar los créditos de carbono generados por el cultivo de algas marinas.

Sin embargo, un estudio reciente publicado en la revista *Nature Communications Earth & Environment* calcula que se necesitaría alrededor de un millón de kilómetros cuadrados de las regiones oceánicas más productivas para cultivar suficientes

algas como para eliminar una gigatonelada de carbono de la atmósfera cada año. La superficie tendría que triplicarse fuera de las zonas marinas más productivas. Las grandes cantidades de algas también tienen una gran demanda de nutrientes, lo que puede tener un **impacto negativo en la ecología de los océanos**, como el crecimiento del fitoplancton. La reducción de la productividad del fitoplancton, debido al agotamiento de los nutrientes, significa a su vez que **se podría secuestrar menos carbono en el océano**, y también se temen repercusiones negativas en las cadenas alimentarias marinas. El informe especial del IPCC **“El océano y la criosfera en un clima cambiante”** (2022) también se muestra crítico con el cultivo de algas. En él se afirma: “Actualmente existe poca confianza en que el aumento de la producción natural de algas pueda proporcionar una respuesta de mitigación significativa, debido a las grandes incertidumbres relacionadas con la duración y la eficacia del secuestro. Tales consideraciones se refieren a las vías de transporte, el destino del material transportado a aguas más profundas y los plazos de su posterior retorno a la atmósfera en escalas de tiempo que van de décadas a siglos”. Por otra parte, “los ecosistemas costeros de carbono azul, como los manglares, las marismas saladas y las praderas marinas, pueden contribuir a reducir los riesgos e impactos del cambio climático, con múltiples beneficios colaterales”.