

HUNDIR BIOMASA EN MAR ABIERTO ES UNA ESTRATEGIA DE REMOCIÓN DE CARBONO NO PROBADA, PERO ESTO NO IMPIDE A LAS EMPRESAS VENDER CRÉDITOS DE CARBONO POR HACERLO

April 10, 2024



Esta actualización sobre geoingeniería marina, se refiere al hundimiento de biomasa y resume los últimos avances en el Mapa del Monitor de Geoingeniería, destaca nuevas tendencias a seguir en los esfuerzos de la sociedad civil y los movimientos de justicia climática para oponerse a la geoingeniería a nivel mundial. Esta actualización es la segunda parte de tres sobre geoingeniería marina, y también cubre el aumento de la alcalinidad oceánica (OAE) y la gestión del hielo ártico.

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: hundimiento de biomasa**
- **Se ignoran los impactos en el medio marino profundo que puede tener el hundimiento de biomasa**
- **Desarrollos recientes en los proyectos de hundimiento de biomasa**

Avances críticos en la geoingeniería marina: hundimiento de biomasa

- El vertido de biomasa (lo que se conoce como “hundimiento de biomasa”), como madera o algas, en medios marinos para secuestrar carbono se considera cada vez más una estrategia viable de mitigación del cambio climático, a pesar de que muchas preguntas sobre sus repercusiones ecológicas siguen sin respuesta.
- Numerosas empresas afirman que pueden garantizar que el carbono que hunden permanezca en las profundidades marinas durante cientos o miles de años, pero estas afirmaciones no están respaldadas por la investigación científica actual.
- Los proyectos de hundimiento de biomasa están pasando cada vez más de la fase de pruebas a la de comercialización y son cada vez más extensos, como Seaweed Generation Ltd, que ha firmado contratos de compensación de carbono para hundir 50 mil toneladas de biomasa, y Seafields Solutions Ltd, que proyecta una granja de algas de 6 mil kilómetros cuadrados.
- Un gran número de proyectos ya están vendiendo créditos de carbono a través de proyectos de hundimiento de biomasa, y las ganancias que pueden generarse de esta forma son un gran incentivo para estas maquinaciones.
- Running Tide Technologies Ltd hundió recientemente mil boyas cubiertas de algas a cambio de créditos de carbono que vendió a Shopify, a pesar de que la Comisión Europea ha dicho que “la ciencia no es lo suficientemente sólida como para que los créditos de carbono azul se extiendan a los ecosistemas de algas y al cultivo de algas”.
- La escala de los posibles impactos negativos causados por los proyectos de hundimiento de biomasa se pone de relieve por la preocupación de que la descomposición de la biomasa en el fondo marino pueda dar lugar a la liberación de metano, un gas de efecto invernadero que es 84 veces más potente que el CO₂ en una escala de tiempo de 20 años.

Se ignoran las repercusiones que puede tener el hundimiento de biomasa en el medio marino profundo

Cada vez son más las empresas que vierten algas y biomasa terrestre (como madera) en el océano para que ésta y el carbono que contiene se hundan en el fondo marino. Cada vez son más los proyectos de vertido de biomasa a escala comercial, **a pesar de los temores** de que repercuta negativamente en los ecosistemas oceánicos, la biogeoquímica y las redes alimentarias marinas, sobre todo si se lleva a cabo a gran escala.

El hundimiento de biomasa se comercializa como una estrategia de remoción de dióxido de carbono (RDC), y las empresas afirman que pueden secuestrar carbono a largo plazo para generar créditos de carbono. Numerosas empresas y proyectos prometen que el carbono que hunden permanecerá de forma segura en el fondo marino por mil años o más, entre ellos:

- Carboniferous Inc: “Efectivamente, el 100 por ciento del carbono de la biomasa que llega a la cuenca profunda queda atrapado al menos por mil años”;
- Phykos PBC: “Cultivamos algas y las hundimos en las profundidades del océano [...] secuestrando de forma segura el exceso de carbono por mil años o más”;
- Running Tide Technologies Inc: “Almacenamos carbono en las profundidades marinas por cientos de años”;
- GigaBlue Ltd: “Está verificado que la remoción de carbono de Gigablue permanece química y físicamente estable en su forma bionatural por más de mil años”;
- Brilliant Planet: “El CO₂ enterrado en nuestra biomasa seca es altamente estable. Cada tonelada secuestrada permanece almacenada por mucho más de mil años”;
- Arbon Earth AB: “Fijar el carbono al fondo marino por cientos o millones de años”;
- Rewind: “Almacenado en el fondo del mar, el carbono quedará secuestrado por miles de años”.

Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que estas afirmaciones carecen de fundamento y **ponen de relieve preocupaciones ambientales** como la falta de conocimientos sobre el impacto de estos proyectos en los ecosistemas de aguas profundas y el hecho de que se desconoce cómo reaccionarán las comunidades microbianas del fondo marino ante el vertido de grandes cantidades de biomasa. Estas preocupaciones son especialmente ciertas en el caso de los proyectos que planean hundir biomasa a gran escala. Dado que sólo el 5% del lecho marino ha sido explorado por el ser humano, es imposible conocer a fondo o vigilar eficazmente las posibles repercusiones de estos proyectos en los entornos marinos profundos.

Además, las empresas que cultivan y vierten algas no pueden garantizar que no se propaguen más allá, por ejemplo después de las tormentas. **Esto podría provocar** el agotamiento del oxígeno y la acidificación del agua del mar, especialmente en las zonas costeras, y favorecer la propagación de especies de algas invasoras de rápido crecimiento como *Sargassum spp.* Otra cuestión sin respuesta es si el cultivo de algas a gran escala agotará las reservas de nutrientes para otras formas de vida marina.

Un estudio reciente publicado en la revista *Nature Communications Earth & Environment* estima que se necesitaría alrededor de un millón de kilómetros cuadrados de las regiones oceánicas más productivas —una superficie del tamaño de Etiopía— para cultivar suficientes algas para remover una gigatonelada de carbono de la atmósfera cada año. Fuera de las aguas marinas más productivas, esta superficie tendría que triplicarse. Estas cantidades tan grandes de algas tendrían una altísima demanda de nutrientes, lo que podría afectar negativamente a la ecología de los océanos y a las cadenas alimentarias marinas, como el crecimiento del fitoplancton. La reducción de la productividad del fitoplancton, debido al agotamiento de nutrientes, significaría a su vez que se secuestrara menos carbono en el océano a través de procesos naturales.

Otras publicaciones recientes han arrojado más dudas sobre el hundimiento de biomasa como estrategia de mitigación climática. Por ejemplo, el informe **Blue Bioeconomy** de la Comisión Europea (2023) concluyó que “el hundimiento de algas marinas con fines de secuestro de carbono no cuenta hasta ahora con ninguna prueba de beneficios ambientales, climáticos o económicos. Por lo tanto, en el estado actual de conocimientos, no debería considerarse como una opción política válida [...] La ciencia no es lo suficientemente sólida como para que los créditos de carbono azul se extiendan a los ecosistemas y cultivos de algas marinas”.

Ese mismo año, el informe del PNUMA sobre el cultivo de algas marinas (2023) concluyó que “el cultivo de algas entraña diversos riesgos ambientales, como la competencia con los hábitats silvestres por los nutrientes y la luz, la propagación de enfermedades y especies invasoras, la contaminación genética de los cultivos al medio ambiente y el enmarañamiento de la megafauna marina con las cuerdas y otras infraestructuras de cultivo de algas”.

Desarrollos recientes en proyectos de hundimiento de biomasa a nivel global

Seaweed Carbon Solutions: Un proyecto industrial conjunto frente a las costas de Noruega

Seaweed Carbon Solutions es un proyecto industrial conjunto de tres años dirigido por la Fundación para la Investigación Industrial y Técnica (SINTEF) de Noruega. El objetivo del proyecto es verificar el potencial de remoción de CO₂ de las algas marinas, monitorear su impacto ambiental y optimizar las estrategias de cultivo, los rendimientos y la tecnología de recolección. En 2023 se cultivaron plántulas de algas en laboratorios y se sembraron en cuerdas, y su cultivo comenzó en noviembre frente a la costa de Trøndelag, cerca de la isla de Frøya, en **Storflua, Frohavet**. La granja marina de 20 hectáreas consiste en una red de 55 kilómetros de cuerdas de algas ancladas al fondo marino. La primera cosecha tendrá lugar en el verano de 2024, y las algas cosechadas se hundirán en el lecho marino a más de mil metros de profundidad o se convertirán en biocarbón. La producción de biocarbón consume energía de forma intensiva, y las algas deben transportarse primero a tierra y secarse antes de la pirólisis, donde se queman a unos 600 °C en un entorno sin oxígeno. Las algas pirolizadas se mezclan con algas compostadas y tierra, y se van a probar como enmienda del suelo. SINTEF calcula que una granja de algas de un kilómetro cuadrado puede producir 20 toneladas de algas al año, equivalentes a tres toneladas de CO₂. Hay planes para expandir la granja a 65 hectáreas para 2030.

Running Tide Technologies Inc: Hundir boyas y vender créditos de carbono sin tener el concepto probado

Esta empresa estadounidense hunde biomasa terrestre y de algas y el carbono que contiene en las profundidades del océano y vende créditos de carbono por hacerlo. Las boyas con forma de pelotas de baloncesto están hechas de biomasa terrestre (madera), recubiertas de carbonato cálcico (CaCO₃) y sembradas de algas marinas como el kelp. Inicialmente, las boyas flotarán en la superficie del océano a medida que crezcan las algas, y el CaCO₃ alcalino se disolverá, aumentando la alcalinidad del océano. En teoría, al cabo de unos tres meses, las algas pesarán demasiado y las boyas se hundirán, llevándose consigo las algas al fondo del océano.

Running Tide Technologies Inc. tiene su sede en Maine y hasta ahora ha recaudado más de 70 millones de dólares. También está vendiendo créditos de carbono generados por la biomasa que hunde, a pesar de la preocupación que han suscitado las repercusiones potenciales de su plan en los ecosistemas marinos. La compañía está realizando pruebas en varios lugares:

Cuenca de Cascadia: Las pruebas en la cuenca de Cascadia se llevan a cabo en colaboración con Ocean Networks Canada (ONC) en su observatorio del fondo marino NEPTUNE, en el emplazamiento de Clayoquot Slope, frente a la costa occidental canadiense, a unos mil 250 metros de profundidad. Esta prueba inicial tendrá una duración de un año y su objetivo es investigar qué ocurre con la biomasa hundida y las posibles repercusiones que tiene en el medio ambiente de las profundidades marinas de este lugar.

Estrecho de Fram: Otra prueba de hundimiento de biomasa tiene lugar en la zona del estrecho de Fram, en el Océano Ártico, a unos 150 kilómetros al oeste del archipiélago de Svalbard. Se evaluará el ritmo de degradación de la biomasa terrestre y algal en el fondo marino a una profundidad de 3 mil 483 metros. El estudio se lleva a cabo en el observatorio Hausgarten del Instituto Alfred Wegener (AWI) en colaboración con Seafields Solutions Ltd, y el equipo de investigación tiene previsto regresar en el

verano de 2024 para desplegar un dispositivo que captará imágenes de la biomasa hundida y tomará muestras.

Islandia: Running Tide tiene una oficina en Reikiavik, un centro de investigación de macroalgas en Akranes y un centro de procesamiento y despliegue de boyas en Grundartangi. En 2023, la empresa obtuvo un permiso para pruebas en mar abierto de cuatro años para hundir 50 mil toneladas de biomasa frente a las costas islandesas y 450 mil toneladas en aguas internacionales. Ese mismo año, se hundieron mil toneladas de boyas de madera tratadas con CaCO_3 frente a las costas islandesas para cumplir parte de una compra de créditos de carbono por parte de Shopify. Aún no se ha anunciado públicamente dónde y cuándo se volverá a hundir biomasa.

Portland (EUA): La empresa está realizando pruebas piloto de hundimiento de biomasa con algas marinas en la bahía de Casco, frente a las costas de Portland y las comunidades vecinas.

Phykos PBC: Cultivo y vertido de algas con energía solar

La empresa californiana Phykos PBC ha desarrollado una embarcación robotizada e impulsada por energía solar que arrastra las líneas de algas que se encuentran debajo, y está vendiendo créditos de carbono en función de la cantidad de algas que hunde. Una vez plantadas las algas en las líneas, el barco navega en mar abierto y se controla mediante software para evitar zonas como las rutas marítimas. Según Phykos, este navío dispone de un mecanismo para recoger las algas, que se espera que se hundan de forma natural. También dispone de una báscula para pesar las algas después de cada cosecha y calcular la cantidad de carbono que se ha hundido. Se está probando un prototipo en el Océano Pacífico.

Arbon Earth AB: Hundir bambú y algas en el Atlántico

Esta empresa sueca pretende hundir biomasa terrestre y de algas en el océano profundo y vender créditos de carbono en el proceso. Produce "oceanpods", vainas marinas hechas de bambú, cuerda y algas. Las cuerdas llenas de algas se atan a las vainas de bambú y se sueltan en el mar, donde se espera que se hundan en el lecho marino tras varios meses de crecimiento de las algas. Según el mercado de carbono Onsets, la compañía está hundiendo biomasa en el océano Atlántico, y Arbon Earth menciona una colaboración con la Universidad de las Azores, con sede en el archipiélago portugués, pero no hay información pública sobre la ubicación exacta y la escala del proyecto.

King Tide Carbon Canada Ltd: Cultivar y hundir algas en el Golfo de Maine

Esta empresa pretende trabajar con productores de algas para cultivar biomasa algal y vender créditos de carbono. Las algas cosechadas (kelp) se transforman en biocarbón o se vierten en las profundidades oceánicas. En 2023, la compañía creó una empresa conjunta con Springtide Seaweed LLC, un productor de algas marinas del estado de Maine (EUA). Según los términos de la colaboración, Springtide se encargará principalmente de cultivar y cosechar las algas, mientras que King Tide será responsable de cuantificar la cantidad de carbono capturado y vender créditos de carbono. El centro de producción de algas de Springtide ocupa 22 hectáreas y está situado en la bahía de Frenchman, en el golfo de Maine.

Seafields Solutions Ltd: Miles de kilómetros cuadrados de granjas de sargazo

Esta empresa con sede en el Reino Unido planea cultivar la invasora y de rápido crecimiento macroalga *Sargassum spp.* en mar abierto, prensarla en pacas y hundirla en las profundidades oceánicas para vender créditos de carbono. Para alimentar las algas cultivadas, bombeará agua rica en nutrientes desde aguas profundas hasta la superficie a través de tuberías de varios centenares de metros de longitud. Desde 2021, la empresa ha estado probando el cultivo de algas, los equipos de cultivo, la degradación de la biomasa y la surgencia artificial en mar abierto en varios lugares, entre ellos frente a San Vicente y las Granadinas, la costa de México, el estrecho de Fram y la costa sur del Reino Unido.

La empresa tiene previsto ampliar sus actividades en cuanto se establezcan sus fuentes de ingresos mediante la venta de créditos de carbono y productos a base de algas marinas, como los fortificantes vegetales. Estos planes incluyen:

- En 2024 tiene previsto llevar a cabo una prueba de un año en el Caribe, al noroeste de Isle à Quatre, una isla situada entre San Vicente y Granada. El objetivo es confirmar la viabilidad operativa y comercial, ultimar su metodología de créditos de carbono y realizar una evaluación ambiental.
- Para 2025, Seafields planea tener tres granjas comerciales en el Caribe y hasta 100 granjas en la región que cubran 6 mil kilómetros cuadrados de océano para 2030.
- A partir de 2026, la empresa planea establecer una "Giga Granja" en el Giro del Atlántico Sur, constituida por componentes agrícolas modulares que cubrirán un área de aproximadamente 95 mil kilómetros cuadrados.

Seafields no proporciona información sobre el impacto potencial de su proyecto en el medio marino y no ha dado detalles sobre los tipos y cantidades de equipos que se utilizarán.

UC Santa Barbara: Empacar biomasa de algas o bombearla a profundidades de 50 a 100 metros

Científicos de la Universidad de California en Santa Bárbara e instituciones asociadas investigan cómo hundir kelp en las profundidades oceánicas, qué le sucedería y qué efectos probables tendría en los ecosistemas marinos. Se están evaluando cuatro métodos de hundimiento: (1) Liberar la biomasa en el océano (“hundimiento natural”); (2) Triturar la biomasa y liberarla para que se hunda de forma natural o bombearla hasta la profundidad; (3) Bombear la biomasa a profundidades de 50 a 100 metros, donde se espera que la presión hidrostática mantenga el hundimiento; y (4) Empacar el kelp y hundirlo. Los métodos (3) y (4) se están probando en el Canal de Santa Bárbara, frente a la costa de California en el Océano Pacífico. La Universidad de California en Santa Bárbara también está llevando a cabo un proyecto de dos años para investigar métodos de aumento de la alcalinidad oceánica con roca alcalina en el laboratorio y en mesocosmos en el Canal de Santa Bárbara.

SOS Carbon: Recolección de algas con barcos

Sargassum Ocean Sequestration of Carbon (SOS Carbon), una empresa derivada del Instituto Tecnológico de Massachusetts, pretende comercializar un método de recolección y hundimiento de algas sargazo pardas flotantes antes de que lleguen a las playas del Caribe, mediante un dispositivo que opera de forma manual y se denomina Módulo de Recogida Litoral (LCM, por sus siglas en inglés). El LCM consta de largas redes tubulares sujetas a un aro que se utilizan para recoger las algas y pueden acoplarse a pequeñas embarcaciones. Se pueden llenar cincuenta o más redes y transferirlas a un barco más grande, tras lo cual el sargazo se transporta a una zona de aguas profundas y se bombea a una profundidad de 150 a 200 metros. A esta profundidad, las algas se comprimen por la presión del agua y, una vez liberadas, se espera que se hundan en el lecho marino. SOS Carbon pretende vender créditos de carbono basados en la biomasa hundida, pero también se propone recolectar el sargazo para venderlo o remolcarlo hacia corrientes oceánicas que lo arrastren a mar abierto en vez de llegar a tierra.

Seaweed Generation Ltd: Desarrollo de un robot que recolecta y hunde algas marinas

Esta empresa registrada en el Reino Unido ha desarrollado un robot, AlgaRay, que recolecta sargazo, lo sumerge a 200 metros de profundidad y lo libera. La tecnología fue probada frente a las costas de Antigua y Barbuda en 2023, pero aún no se ha publicado información sobre el número, duración y escala de las pruebas. La empresa ya está generando ingresos con la venta de créditos de carbono en varios mercados de carbono y ha anunciado planes para hundir 50 mil toneladas de sargazo en 2024. Según reportes de prensa, Seaweed Generation obtuvo una licencia de 49 años para realizar pruebas en Antigua y Barbuda. Aún no se ha hecho público si esto incluye o no el hundimiento comercial de sargazo. Un reporte de la Antigua News Room y los comentarios vertidos en el artículo sugieren que las pruebas no han sido bien comunicadas y que existen preocupaciones sobre los impactos a largo plazo en la biodiversidad del fondo marino que son compartidas por los investigadores.

Carboniferous Inc y Rewind: El hundimiento de biomasa en zonas anóxicas del océano plantea graves riesgos

La empresa californiana Carboniferous Inc y la israelí Rewind planean verter biomasa agrícola y forestal a gran escala en zonas anóxicas del océano (zonas desprovistas de oxígeno disuelto) y generar créditos de carbono con el proceso. Carboniferous Inc está especialmente interesada en la cuenca de Orca, en el Golfo de México, y Rewind en el Mar Negro. Ambas empresas están realizando pruebas para determinar la velocidad de descomposición de biomasa como maderas duras, bagazo de caña de azúcar, tallos de maíz, hojas y paja.

Rewind ya vende créditos de carbono, pero investigadores señalan que “urge investigar para comprender mejor los posibles índices de degradación de la biomasa y la mezcla y el transporte de los productos de degradación”. También resaltan las lagunas en el conocimiento de los posibles riesgos ambientales y los impactos potenciales si el método se aplica a una escala relevante para el clima. También se citan como posibles riesgos los procesos metabólicos metanogénicos, por los que los organismos que no necesitan oxígeno liberan metano al descomponer la biomasa, un gas de efecto invernadero 84 veces más potente que el CO₂ en una escala temporal de 20 años. Las altas tasas de descomposición de la biomasa también pueden añadir energía térmica a la capa de agua anóxica, alterando potencialmente la estratificación del agua y provocando la liberación de gases de efecto invernadero. También se desconoce cómo responderán las comunidades microbianas a un aumento significativo de la disponibilidad de biomasa. En la cuenca de Orca, por ejemplo, la biomasa se hundirá a profundidades de más de 2 mil metros; una vez allí, sólo podrá extraerse con gran dificultad.

Carboniferous Inc: La empresa planea recolectar biomasa y transportarla a un punto de recolección, prepararla para su posterior transporte (trituration y/o briqueteado), cargarla en una barcaza en el río Misisipi para transportarla a la cuenca de Orca y verterla en el océano a unos 130 kilómetros al sur de Luisiana, a una profundidad de 2 mil 400 metros. Las afirmaciones de Carboniferous sobre la estabilidad del carbono en la biomasa son contradictorias. Por un lado, la empresa afirma que

“efectivamente, el 100 por ciento del carbono de la biomasa que llega a la cuenca profunda queda atrapado por al menos mil años”, y por otro afirma que **está investigando** “por cuánto tiempo estará contenido el carbono de esa biomasa” y “reproduciendo condiciones anóxicas en el laboratorio [para obtener] una comprensión precisa de cómo se comporta la biomasa en condiciones anóxicas”.

Rewind: La empresa ya está generando créditos de carbono mediante el vertido de biomasa agrícola y forestal en el lecho marino del Mar Negro, **argumentan que** “en aguas anóxicas, las plantas se descomponen con extrema lentitud y almacenan eficazmente el carbono durante mucho más tiempo” y **afirman que** “almacenado en el fondo del mar, el carbono quedará secuestrado por miles de años”. En 2022, Rewind empezó a probar su propuesta en el **Mar de Galilea**, Israel, **Selker Noor**, Alemania y el **Mar Negro** frente a Trabzon, Turquía. Está utilizando diferentes tipos de biomasa, colocándolos en el lecho marino durante un máximo de 12 meses y comparando el peso seco antes y después. Según un **reporte de prensa**, Rewind planea transportar la biomasa a ríos que la llevarán al Mar Negro. La empresa planea “secuestrar 50 Mt de carbono en el Mar Negro y otros lugares de la costa de Georgia, Turquía, Bulgaria y Rumania”.

GigaBlue Ltd: Grandes inversiones en fertilización oceánica sin evaluación de impacto ambiental

Esta empresa israelí planea liberar partículas enriquecidas con nutrientes en el océano para atraer al fitoplancton y estimular su crecimiento. Esperan que al cabo de dos semanas, las partículas y el fitoplancton acumulado en ellas se hundan en las profundidades del océano. La empresa afirma que el carbono alcanzará una profundidad mínima de mil metros antes de que los agregados puedan ser consumidos por otros organismos de la cadena alimentaria marina, y que el carbono permanecerá en las profundidades por más de mil años. GigaBlue Ltd no aporta pruebas que respalden estas afirmaciones ni información sobre la composición de las partículas enriquecidas con nutrientes, y no se ha llevado a cabo una evaluación independiente del impacto ambiental del proyecto. Sin embargo, ya existen planes detallados para distribuir las partículas en colaboración con compañías navieras y vender créditos de carbono. **La empresa describe** su planteamiento como un “gran avance”, pero el concepto de añadir nutrientes a un sustrato para fertilizar el océano no es nuevo, pues se desarrolló **hace 10 años en Australia**, por ejemplo. Los inversionistas ya han invertido al menos 2.5 millones de dólares en la empresa, sin saber si el concepto es viable ni qué repercusiones tiene en los ecosistemas marinos.

BlueGreen Water Technologies: Usar pesticidas para generar créditos de carbono

Esta empresa israelí planea vender créditos de carbono hundiendo floraciones de algas nocivas, y ha trabajado en varios lugares de agua dulce. Ahora planea ampliar sus operaciones a zonas oceánicas donde desplegará alguicidas para eliminar algas, entre ellos sulfato de cobre, sulfato de aluminio y percarbonato de sodio. Este último libera peróxido de hidrógeno al entrar en contacto con el agua, lo que, según la **Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos**, “es perjudicial para la vida acuática con efectos duraderos”.