

JUNIO 2023

Informe de Soluciones de Climate Central: Carbono Oceánico

PARTE DE LA SERIE SOLUCIONES CLIMÁTICAS



Los océanos regulan el clima global y mantienen los gases que atrapan el calor fuera de la atmósfera. Pero el calentamiento causado por la mano del hombre y la continua contaminación de carbono ejercen una tremenda presión sobre los ecosistemas marinos y los procesos naturales que mueven el carbono del aire a las profundidades del océano para su almacenamiento a largo plazo.

Los seres humanos pueden apoyar y proteger los ecosistemas marinos que extraen el dióxido de carbono que atrapa el calor del aire y lo almacenan en el océano. Las tecnologías emergentes podrían mejorar o modificar la capacidad del océano para la captura de carbono.

Restaurar y proteger nuestros océanos no es solo una solución climática, sino que también puede aumentar la resiliencia climática, apoyar las economías costeras y preservar la biodiversidad. Pero estas soluciones no son suficientes para frenar el calentamiento global por sí solas; deben combinarse con recortes profundos y rápidos a la contaminación por carbono.

Este informe de investigación explica el ciclo del carbono oceánico y resume algunas de las formas en que los humanos pueden reforzar la capacidad del océano como solución climática.

Almacenamiento de carbono en el océano

Índice	
LOS OCÉANOS COMO ALMACENAMIENTO GLOBAL DE CARBONO.....	2
CARBONO OCEÁNICO: DE LA SUPERFICIE AL FONDO MARINO.....	3
SOLUCIONES DE CARBONO AZUL.....	6
ENFOQUES EMERGENTES PARA LA ELIMINACIÓN DE CO ₂ EN LOS OCÉANOS.....	8
GLOSARIO DE TÉRMINOS CLAVE.....	11
RECURSOS.....	11

El carbono se mueve continuamente entre la atmósfera, los ecosistemas terrestres y el océano. El ciclo del carbono oceánico es sostenido por los factores vivos y no vivos que comprenden los ecosistemas marinos.

Los océanos **secuestran** (o remueven) **aproximadamente el 26%** del CO₂ que los humanos liberan al aire cada año principalmente al quemar carbón, petróleo y gas natural. Los océanos almacenan alrededor de 45 veces más carbono que la atmósfera y 12 veces más que los ecosistemas terrestres, haciéndolos el **sumidero de carbono más grande** del planeta, donde se capturan y retienen grandes cantidades de carbono durante largos períodos de tiempo. La mayor parte del carbono del océano se almacena en el agua como un gas disuelto.

El tiempo que se almacena el carbono en el océano depende principalmente de **la profundidad a la que se hunde**. Las aguas menos profundas sirven como almacenamiento de carbono a corto plazo (en términos de meses o años). Pero parte del carbono se transporta a las profundidades del océano, donde estará fuera de contacto con la atmósfera durante décadas o siglos. El carbono que llega al fondo marino puede quedar retenido en sedimentos y formaciones rocosas durante milenios o más, potencialmente el reservorio de carbono más importante del planeta.

Recuadro 1. El ciclo del carbono oceánico en un mundo que se calienta

El ciclo del carbono oceánico se ha alterado a medida que los humanos inyectan más contaminación de carbono a la atmósfera, principalmente a través de la quema de combustibles fósiles. Los últimos informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático afirman que el proceso del carbono oceánico está empezando a cambiar en respuesta al calentamiento.

Las concentraciones atmosféricas de CO₂ están en niveles récord y aumentan cada año. Las concentraciones más altas de CO₂ en el aire significan que se absorbe más en el océano, causando la acidificación del océano, un cambio fundamental en la química del agua de mar. Desde la Revolución Industrial, el CO₂ que se mueve de la atmósfera al océano ha aumentado la acidez del océano en alrededor del 30%. La acidificación continuará mientras los humanos continúen emitiendo contaminación de carbono. Esta alteración de la química oceánica, incluido el aumento de la acidez, hace que sea más difícil para los animales marinos como caracoles, ostras, corales y algunos fitopláctones construir sus conchas y esqueletos.

Los océanos también han absorbido el 90% del calor adicional causado por la contaminación por carbono, y 2022 fue el año más cálido registrado para los océanos. El agua caliente no absorbe el carbono tan bien como el agua fría. Si los océanos absorben menos CO₂, entonces queda más en la atmósfera para continuar calentando (y dañando) el planeta.

Carbono oceánico: de la superficie al fondo marino

El ciclo del carbono oceánico comienza en la superficie del mar, donde el CO₂ atmosférico difunde en el agua a través de la mezcla física y las reacciones químicas. Pequeños organismos similares a las plantas llamados fitoplancton convierten el CO₂ en **carbono orgánico** (carbono incorporado en las formas de vida) a través de la fotosíntesis.

El carbono orgánico en el fitoplancton y los animales que consumen fitoplancton se llama **biomasa**. El carbono orgánico que no termina en la biomasa es utilizado por el fitoplancton y los animales para obtener energía, y regresa al agua como CO₂.

Además de almacenarse en organismos marinos vivos, el carbono en el océano puede tomar otro camino: puede hundirse. El hundimiento de la biomasa en el océano varía,

desde células microscópicas de fitoplancton hasta los cadáveres de grandes ballenas. Este hundimiento transfiere carbono de la atmósfera, a través de la red alimentaria y hacia las profundidades del océano. Los oceanógrafos lo llaman la **bomba biológica de carbono**.

Recuadro 2. Presión a causa de la actividad humana

Además del calentamiento, los océanos enfrentan otras presiones por la actividad humana que afectan su salud, biodiversidad y capacidad para almacenar y secuestrar carbono. Reducir estas presiones puede ayudar a los ecosistemas marinos a capear algunos de los efectos del cambio climático (hasta cierto punto).

Las prácticas insostenibles de la pesca y captura han disminuido o agotado los recursos marinos en lugares de todo el mundo. Las técnicas como la pesca de arrastre de fondo dañan el hábitat (como los arrecifes de coral de aguas profundas), capturan vida marina que no sea el pez objetivo (incluidos mamíferos, tortugas marinas y otros peces) y liberan potencialmente enormes reservas de carbono en el fondo marino al dragar sedimentos. Millas de cuerda utilizadas para atrapar langostas y cangrejos, así como grandes barcos comerciales, pueden herir y matar ballenas.

La actividad humana en tierra también afecta al océano. El desarrollo costero puede introducir contaminantes en el agua y afectar la función de los ecosistemas cercanos a la costa (como los humedales y los manglares). Según la NOAA, el 80% de la contaminación en el medio marino se origina en tierra, de fuentes como fugas en fosas sépticas, vehículos motorizados y escorrentía de actividades agrícolas. Los escombros y contaminantes llegan al agua a través de prácticas legales e ilegales de vertido en el océano.

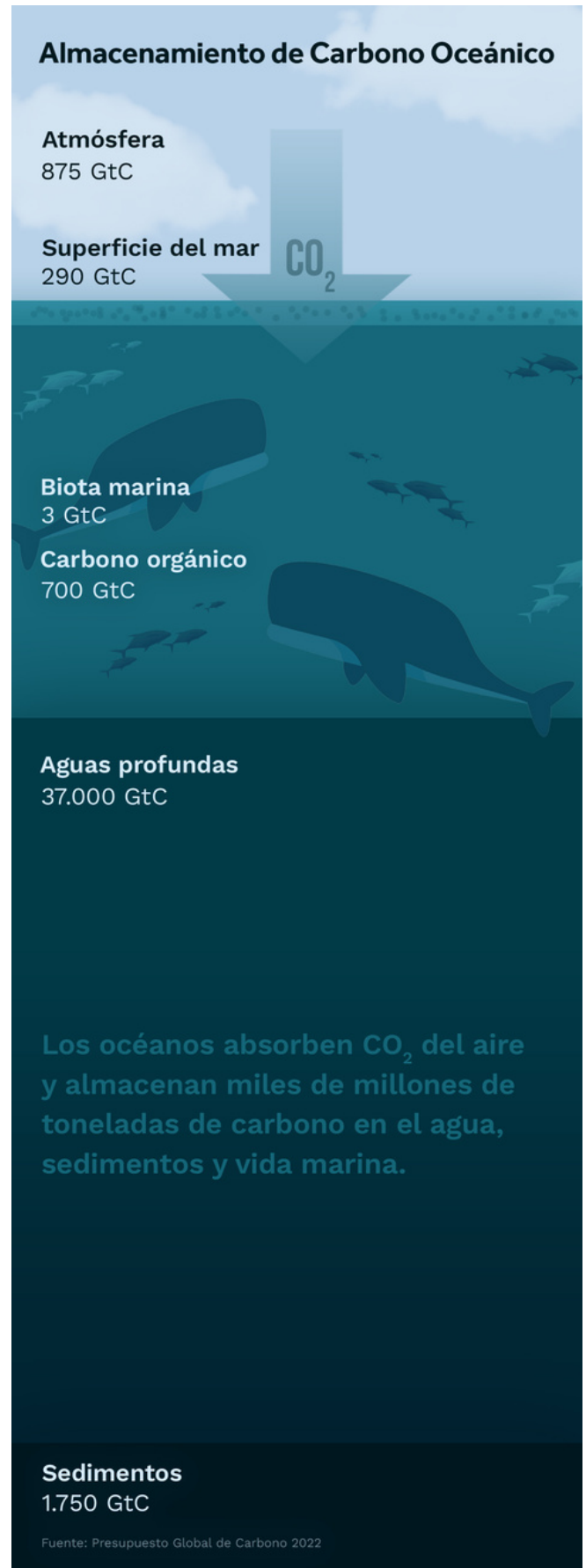
CARBONO EN LA RED ALIMENTARIA MARINA

El fitoplancton es la base de una vasta **red trófica marina**. El zooplancton (animales que se desplazan con las corrientes) come fitoplancton. Los peces pequeños y muchos otros tipos de vida marina se alimentan de plancton cerca de la superficie del océano. Estos organismos son a su vez consumidos por peces depredadores más grandes (por ejemplo, atún o tiburones) y grandes mamíferos marinos (ballenas), acumulando carbono en animales más grandes a lo largo de la cadena alimentaria.

Las plantas y los animales almacenan carbono en sus cuerpos o estructuras, aumentando la cantidad a medida que se alimentan y crecen, y sirviendo como almacenamiento temporal de carbono durante su vida. Los organismos marinos contienen colectivamente alrededor de **3 gigatoneladas de carbono (GtC)** en su biomasa.

Las plantas y animales marinos liberan algo de CO₂ a través de la respiración, que regresa a la atmósfera para comenzar el ciclo nuevamente. Los organismos también liberan carbono a través de sus desechos y descomposición. Gran parte de los desechos son descompuestos por microbios, y el carbono se disuelve de nuevo en el agua, donde una vez más alimenta el fitoplancton en la superficie.

El resto del material de desecho llueve desde aguas poco profundas hacia las profundidades del océano. Este material a veces se conoce como "**nieve marina**" por su aspecto pálido y esponjoso a medida que se desplaza. En el camino, muchos copos son consumidos por detritívoros (animales que se alimentan de material orgánico en descomposición), y el resto se hunde en el fondo marino.



Fuente: **Presupuesto Global de Carbono 2022**

CARBONO DE LA ZONA CREPUSCULAR

Cada noche, se produce una migración masiva de organismos marinos entre la superficie del mar y las [profundidades mesopelágicas](#), también conocida como la "zona crepuscular" del océano. Miles de millones de peces e invertebrados viven en esta zona, que se extiende entre 660 y 3.300 pies debajo de la superficie iluminada por el sol.

Durante este viaje diario a la parte superior del océano, conocido como **migración vertical dial**, estos organismos se alimentan de plancton antes de retirarse a las profundidades. Esta red alimentaria vertical es otra vía que lleva carbono superficial a las profundidades del océano, como parte de la bomba biológica de carbono. La migración vertical de los peces, así como sus heces que se hunden, podrían contribuir con alrededor del [16% del carbono total](#) transferido a las profundidades del mar cada año.

La zona crepuscular es grande, profunda y oscura, y mucho de este extremo entorno y sus habitantes sigue siendo un misterio. Los investigadores están desarrollando herramientas y [tecnología](#) especializadas para explorar la [zona crepuscular](#), con el objetivo de comprender mejor cómo funciona y, tal vez, [cómo se puede aprovechar para un mayor almacenamiento de carbono](#).

CARBONO EN LA GRAN VIDA MARINA: BALLENAS

Los grandes animales marinos (a saber, [las ballenas](#)) son eslabones únicos en el ciclo del carbono oceánico porque mueven nutrientes a grandes distancias y contienen enormes cantidades de carbono en sus cuerpos durante una vida útil de muchas décadas.

Las ballenas se sumergen bajo el agua para alimentarse y regresan a la superficie del mar para respirar, donde liberan penachos fecales ricos en nutrientes que alimentan el plancton. Las ballenas también migran largas distancias entre las zonas de alimentación y reproducción. Durante este viaje, la ["gran cinta transportadora de ballenas"](#) libera toneladas de desechos (materia fecal y urea) y circula nutrientes a diferentes partes del océano, estimulando aún más el crecimiento del fitoplancton.

Cuando las ballenas u otros animales marinos grandes mueren, sus cadáveres se hunden en el fondo del mar (conocido como carbono muerto), donde alimentan a organismos de aguas profundas y finalmente se incorporan a los sedimentos.

HUNDIMIENTO PROFUNDO DEL CARBONO

El carbono que llega a las profundidades del océano se extrae de la bomba biológica de carbono y potencialmente puede ser [retenido durante milenios](#), lo que convierte al fondo marino en uno de los reservorios de carbono más críticos del planeta. Los sedimentos de la superficie del fondo marino almacenan [alrededor de 1.750 Gt de carbono](#). Durante millones de años, estos depósitos se comprimen en formaciones rocosas del fondo marino y submarino para el almacenamiento de carbono en escalas de tiempo geológicas.

LA BOMBA DE CARBONO FÍSICA

La circulación y las corrientes oceánicas afectan la absorción y el movimiento de gases (incluidos el CO₂ y el oxígeno) entre la atmósfera y las capas del océano.

El agua superficial caliente fluye desde los trópicos hacia los polos. A medida que el agua se mueve y se enfría, absorbe CO₂ de la atmósfera. En algunos lugares alrededor de Groenlandia y la Antártida, el agua se vuelve lo suficientemente densa como para hundirse miles de pies debajo de la superficie, alejando el carbono disuelto de la atmósfera y llevándolo a las profundidades del océano. Esta agua profunda fluye alrededor del mundo como parte de la ["cinta transportadora oceánica global."](#) Estas aguas profundas son almacenes de carbono de gran importancia.

Mientras que el agua de mar que se hunde almacena carbono, los lugares donde el agua de mar sube a la superficie (un proceso llamado **aflorescimiento**) pueden liberar CO₂ a la atmósfera. Estos lugares incluyen la banda de corrientes alrededor de la Antártida y el Pacífico ecuatorial.

Soluciones de carbono azul

El [carbono azul](#) es el término para el carbono capturado por los ecosistemas marinos y costeros. Hay muchas maneras en que los humanos pueden restaurar, proteger o administrar mejor los ecosistemas marinos que capturan y almacenan CO₂. Cuando se combinan con [recortes profundos en las emisiones](#), las soluciones que se centran en la conservación y la restauración pueden reforzar la capacidad del océano para el almacenamiento de carbono.

Proteger y mejorar el carbono azul tiene muchos beneficios colaterales y pocos riesgos potenciales en comparación con otros métodos para la eliminación de CO₂ en el océano que se basan en manipulaciones de ecosistemas. (Nota: Estos enfoques se analizan con más detalle en la sección titulada *"Enfoques emergentes para la eliminación de CO₂ en los océanos."*)

En general, los organismos oceánicos secuestran una cantidad relativamente pequeña de carbono, pero el aumento de la biodiversidad crea resiliencia en un clima cambiante y apoya pesquerías más robustas, que proporcionan alimentos a miles de millones de personas y [apoyan los medios de vida de millones de personas en todo el mundo](#). Además de almacenar carbono, los ecosistemas costeros intactos ofrecen hábitat para la vida silvestre, barreras naturales contra las marejadas ciclónicas y oportunidades de recreación.

El [Grupo de Trabajo Nacional de Carbono Azul](#) coordina y apoya el trabajo de conservación del carbono azul en los EE. UU. e internacionalmente. El grupo incluye docenas de agencias y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA PESCA

La sobrepesca (captura de peces más rápido de lo que pueden reproducirse) puede causar disminuciones de la población que dañan los ecosistemas y reducen las cosechas a largo plazo que proporcionan alimentos e ingresos.

Mantener pesquerías saludables es una forma de conservar la vida marina y mantener la reserva temporal de carbono oceánico almacenado en las redes alimentarias marinas.

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) es la agencia federal que **implementa y hace cumplir** las leyes y regulaciones de pesca comercial y recreativa en los EE. UU. Las leyes relacionadas a las actividades pesqueras se rigen principalmente por la **Ley de Conservación y Gestión Pesquera Magnuson-Stevens**. Uno de esos mecanismos es **establecer y monitorear límites anuales de captura** para reducir la sobrepesca y gestionar de manera sostenible las poblaciones de peces. Estos enfoques han permitido a los EE. UU. **mantener la mayoría de las poblaciones en niveles saludables y reconstruir 49 poblaciones que alguna vez fueron sobreexplotadas**. Sin embargo, el calentamiento de las temperaturas oceánicas es una **amenaza creciente para las pesquerías en ambas costas**.

DEJAR QUE LOS PECES GRANDES SE HUNDAN

Los peces grandes, tiburones y ballenas tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono en sus cuerpos durante una larga vida. Cuando mueren, sus cadáveres, al hundirse, mueven ese carbono al fondo marino, evitando que regrese a la atmósfera.

Los estudios sugieren que la gestión de la pesca comercial podría **optimarse para un mejor almacenamiento de carbono** limitando la extracción de carbono azul (es decir, peces) para apoyar la reconstrucción de las poblaciones y **aumentando la cantidad de carbono muerto**, particularmente en áreas donde tales extracciones no son rentables sin subsidios.

RESTAURACIÓN DE POBLACIONES DE BALLENAS

Los seres humanos han reducido las poblaciones mundiales de ballenas durante los últimos 150 años a través de las operaciones de caza de ballenas y pesca. Los EE. UU. puso fin a la caza comercial de ballenas en 1972 con la Ley de Protección de Mamíferos Marinos. Diez años más tarde, la Comisión Ballenera Internacional hizo lo mismo. Las poblaciones actuales de ballenas enfrentan **presiones del cambio climático** y las actividades humanas en las zonas de alimentación y las rutas de migración (por ejemplo, **colisiones de barcos en rutas marítimas**, enredos en redes de pesca comercial).

Recuadro 3. Tratado de Alta Mar de las Naciones Unidas

Lo que sucede en una parte del océano puede afectar a los mares de todo el mundo. Pero los países no siempre están de acuerdo en cómo administrar los recursos o controlar las actividades en aguas internacionales compartidas conocidas informalmente como "alta mar".

En 2023, miembros de las Naciones Unidas firmaron un tratado de alta mar legalmente vinculante, conocido como el tratado de Biodiversidad Más Allá de la Jurisdicción Nacional. El tratado proporciona un marco para preservar la biodiversidad marina en aguas internacionales a través del desarrollo de áreas marinas protegidas, regulaciones sobre el acceso a los recursos marinos y la estandarización global de las actividades marinas comerciales.

Un **estudio realizado en 2010** comparó la abundancia previa a la caza de ballenas de ocho especies de ballenas barbadas en el Atlántico Norte (aproximadamente 2,6 millones de individuos) con los niveles de 2001 (alrededor de 880.000 individuos). Esta disminución en las poblaciones de ballenas resultó en una pérdida de casi 164.000 toneladas de carbono por año que podrían trasladarse a las profundidades del océano. La restauración de las ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) a las poblaciones previas a la caza de ballenas podría resultar en 200.000 toneladas de almacenamiento de carbono anualmente.

Aunque estos grandes animales constituyen una pequeña porción de la biomasa oceánica total, centrarse en la [recuperación de ballenas](#) y peces grandes, [un objetivo internacional importante](#), podría cosechar beneficios de almacenamiento de carbono.

ESTABLECIMIENTO DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS

[Las áreas marinas protegidas](#) (AMP) son una forma de regular las actividades que pueden dañar potencialmente la vida marina y el carbono que almacenan. Las AMP son áreas marinas definidas en las que ciertas actividades, como la pesca o la extracción de combustibles fósiles, están limitadas o prohibidas para preservar ecosistemas con un valor ecológico y cultural significativo.

Alrededor de una cuarta parte de las áreas marinas en los EE. UU. son AMP designadas, y la mayor parte del área protegida (alrededor del 98%) se encuentra dentro de la región de las Islas del Pacífico. Alrededor del 23% de las AMP estadounidenses no permiten la pesca comercial, pero solo el 3% tiene prohibiciones sobre todas las actividades extractivas (como la pesca o la minería).

RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS

La conservación y restauración de humedales costeros y ecosistemas cercanos a la costa, incluidos [los manglares](#), las praderas de pastos marinos y las marismas, tienen muchos beneficios para las personas y la vida silvestre. En los EE. UU., [las AMP a menudo incluyen estos hábitats importantes](#). Los ecosistemas costeros saludables e intactos tienen un enorme potencial para el almacenamiento de carbono en los suelos, los sedimentos y la biomasa vegetal.

En algunos casos, la restauración de los ecosistemas puede mejorar su capacidad para almacenar carbono. Otras veces, la conservación de los ecosistemas existentes e intactos evitará la pérdida de un importante almacenamiento de carbono. [Las praderas de pastos marinos](#) contienen alrededor del 11% del carbono azul enterrado, pero se encuentran entre los ecosistemas costeros más amenazados del mundo. Al menos el 7% de los ecosistemas mundiales de pastos marinos se pierden debido al desarrollo o la degradación cada año. Cuando estos ecosistemas disminuyen, el carbono azul que contienen se libera nuevamente a la atmósfera, donde contribuye al calentamiento.

Enfoques emergentes para la eliminación de CO₂ en los océanos

Varios [enfoques emergentes](#) tienen como objetivo mejorar la capacidad del océano para eliminar el CO₂ aprovechando los procesos bióticos y abióticos. Estos enfoques a menudo se clasifican como **geoingeniería**. Los estudios sobre la mayoría de las soluciones de geoingeniería para la remoción de dióxido de carbono (RDC) basado en el océano son aún incipientes, pero algunas pueden ser prometedoras.

Recuadro 4. Mercados de carbono azul

A través de mercados voluntarios de carbono, los proyectos de conservación y restauración generan créditos basados en una cantidad de carbono capturado y almacenado. Las empresas pueden comprar créditos en los mercados de carbono, esencialmente pagando para restaurar o mejorar un ecosistema que puede absorber una cantidad de CO₂ equivalente a las emisiones de ciertas actividades relacionadas con los negocios.

El monitoreo de los esfuerzos de conservación y la medición de los resultados es un desafío para los recursos globales, como los del océano abierto. Los investigadores han desarrollado metodologías para asignar créditos para proyectos de carbono azul, principalmente en ecosistemas costeros donde las prácticas de conservación son bien entendidas y la captura de carbono se puede cuantificar con una confianza relativamente alta (como para humedales o manglares). Por ejemplo, tales metodologías para los créditos de ecosistemas costeros se establecen en el Programa de Estándares Verificados de Carbono (VCS) a través de la organización sin fines de lucro Verra.

Conservation International y organizaciones asociadas presentaron un marco sobre Principios y Guías de Carbono Azul de Alta Calidad.

Estos enfoques implicarían manipular o modificar grandes franjas del océano durante períodos de tiempo significativos y, por lo tanto, conllevarían considerables desafíos científicos, legales, financieros y sociales. Se necesita más investigación para comprender las posibles consecuencias en los ecosistemas y si estos enfoques se pueden aplicar en la práctica para tener un impacto a corto plazo en la eliminación de CO₂.

La siguiente lista proporciona breves descripciones de varias categorías de proyectos o investigaciones de RDC basados en el océano.

- **El cultivo de algas marinas** se refiere al crecimiento de macroalgas y algas marinas, que absorben CO₂ a través de la fotosíntesis. **Las algas marinas** pueden servir como **alimento alternativo para el ganado** o ser procesadas en combustible. Sin embargo, los proyectos de cultivo que se centran en el secuestro de carbono requerirían hundir algas marinas profundamente en el océano para su almacenamiento a largo plazo (en lugar de usar las algas marinas para otros fines). El cultivo de algas marinas a gran escala requeriría el acceso a un hábitat costero significativo, así como la expansión a aguas más profundas, lo que podría tener consecuencias para los ecosistemas naturales y requerir fondos y logística significativos. Para secuestrar alrededor de **0,1 Gt de CO₂ anualmente** se requeriría una serie de granjas equivalentes a la mitad del tamaño de Iowa.
- **La fertilización oceánica** implicaría agregar cargas de un nutriente crítico, como el **hierro**, en la superficie del océano para alimentar y promover el crecimiento del fitoplancton. El fitoplancton no consumido moriría y se hundiría, transportando carbono a las profundidades del océano para su almacenamiento a largo plazo. La efectividad potencial de este método no está clara. Estudios sugieren que la fertilización oceánica podría resultar en un secuestro global de alrededor de **3,7 Gt de CO₂ anualmente**, y otras estimaciones varían ampliamente.
- **Afloramiento o hundimiento artificial** simularía el movimiento vertical natural del agua del océano para transportar nutrientes a la superficie (afloramiento) o hundir el agua que contiene CO₂ disuelto más profundo (hundimiento). Teóricamente, cualquiera de los mecanismos podría usarse para mejorar artificialmente el secuestro de carbono, pero hasta la fecha no se ha demostrado una capacidad suficiente (espacial o temporal) en los experimentos. Sobre la base de los conocimientos actuales, se considera poco probable que cualquier despliegue a gran escala conduzca efectivamente a un secuestro sostenible de CO₂ a largo plazo.

- **El acrecentamiento de la alcalinidad oceánica** se refiere a la alteración de la química del agua oceánica mediante la adición de grandes cantidades de minerales alcalinos, como silicatos o carbonatos, para retener más CO₂ de la atmósfera. Esto aceleraría un proceso natural a través del cual los minerales se disuelven en el océano durante miles de años. Aumentar la alcalinidad podría tener el beneficio adicional de reducir la acidificación de los océanos. Los modelos sugieren que el acrecentamiento de la alcalinidad a escala global podría secuestrar **más de 1 Gt de CO₂ al año**, pero los impactos en los ecosistemas marinos no están claros.
- **Los enfoques electroquímicos de RDC oceánico** emplean electrólisis para eliminar el CO₂ disuelto del agua de mar y/o aumentar la alcalinidad antes de devolver el agua al mar. Estos procesos requieren una infraestructura y energía sustanciales para operar, de modo que la ampliación podría ser prohibitiva. Por ejemplo, un enfoque electroquímico **para eliminar 1 Gt de CO₂ por año** requeriría una cantidad anual de electricidad equivalente al 20% del aumento total proyectado en el suministro mundial de electricidad para 2040.

Nota: Las descripciones se basan principalmente en los resúmenes de [Una Estrategia de Investigación para la Remoción y Secuestro de Dióxido de Carbono Basado en el Océano](#) (2022), producido por las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina. Para obtener información más detallada sobre la investigación y la tecnología de RDC basadas en el océano, consulte el informe completo en: <https://nap.nationalacademies.org/read/26278>

GLOSARIO

Biomasa: la masa total de organismos (por ejemplo, plantas, animales) en un ecosistema

Carbono azul: carbono capturado por los océanos y los ecosistemas costeros

Remoción de dióxido de carbono (RDC): tecnologías y métodos para eliminar el CO₂ de la atmósfera para su almacenamiento a largo plazo en un sistema artificial o natural

Secuestro de carbono: el proceso de remoción de CO₂ de la atmósfera, medido como la absorción anual de carbono

Sumidero de carbono: cualquier sistema natural en el que se capturan y retienen grandes cantidades de CO₂ durante largos períodos de tiempo

Almacenamiento de carbono: almacenamiento de CO₂ capturado para mantenerlo fuera de la atmósfera, medido como carbono total almacenado

Gigatoneladas de carbono (GtC), equivalente a mil millones de toneladas métricas. Las cantidades se presentan en este informe en unidades de gigatoneladas de carbono (GtC) o gigatoneladas de dióxido de carbono (GtCO₂). Como referencia, 1 GtC equivale a 3,67 GtCO₂. En 2021, las emisiones de CO₂ causadas por la mano del hombre por la quema de combustibles fósiles fueron de aproximadamente 10 GtC (36 GtCO₂).

Geoingeniería: modificaciones a gran escala de los procesos naturales con el objetivo de contrarrestar los efectos del cambio climático

RECURSOS

- [Una Estrategia de Investigación para la Remoción y Secuestro de Dióxido de Carbono Basado en el Océano \(2022\)](#), las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina.
- [Principios y Guías sobre el Carbono Azul de Alta Calidad](#)
- [Datos Rápidos de Carbono Azul de la NOAA](#)
- [Investigaciones de Remoción de Dióxido de Carbono de la NOAA](#)
- [Actualizaciones del Estado de las Poblaciones Pesqueras de la NOAA](#)
- [Carbono Azul Oceánico, GRID-Arendal](#)
- [Métodos de Remoción de Dióxido de Carbono en el Océano \(2022\)](#), Natural Resources Defense Council, Environmental Defense Fund y Ocean Conservancy.
- [La Iniciativa de Carbono Azul](#)

-
- [Hacia Investigaciones y Prioridades de Gobernanza Responsables e Informadas sobre la Remoción de Dióxido de Carbono Basado en el Océano](#) (2022), World Resources Institute.
-

[Climate Central](#) es un grupo independiente de científicos y comunicadores que investigan e informan los hechos sobre nuestro clima cambiante y cómo afecta la vida de las personas. Climate Central es una organización sin fines de lucro 501(c)(3) neutral en cuanto a políticas.