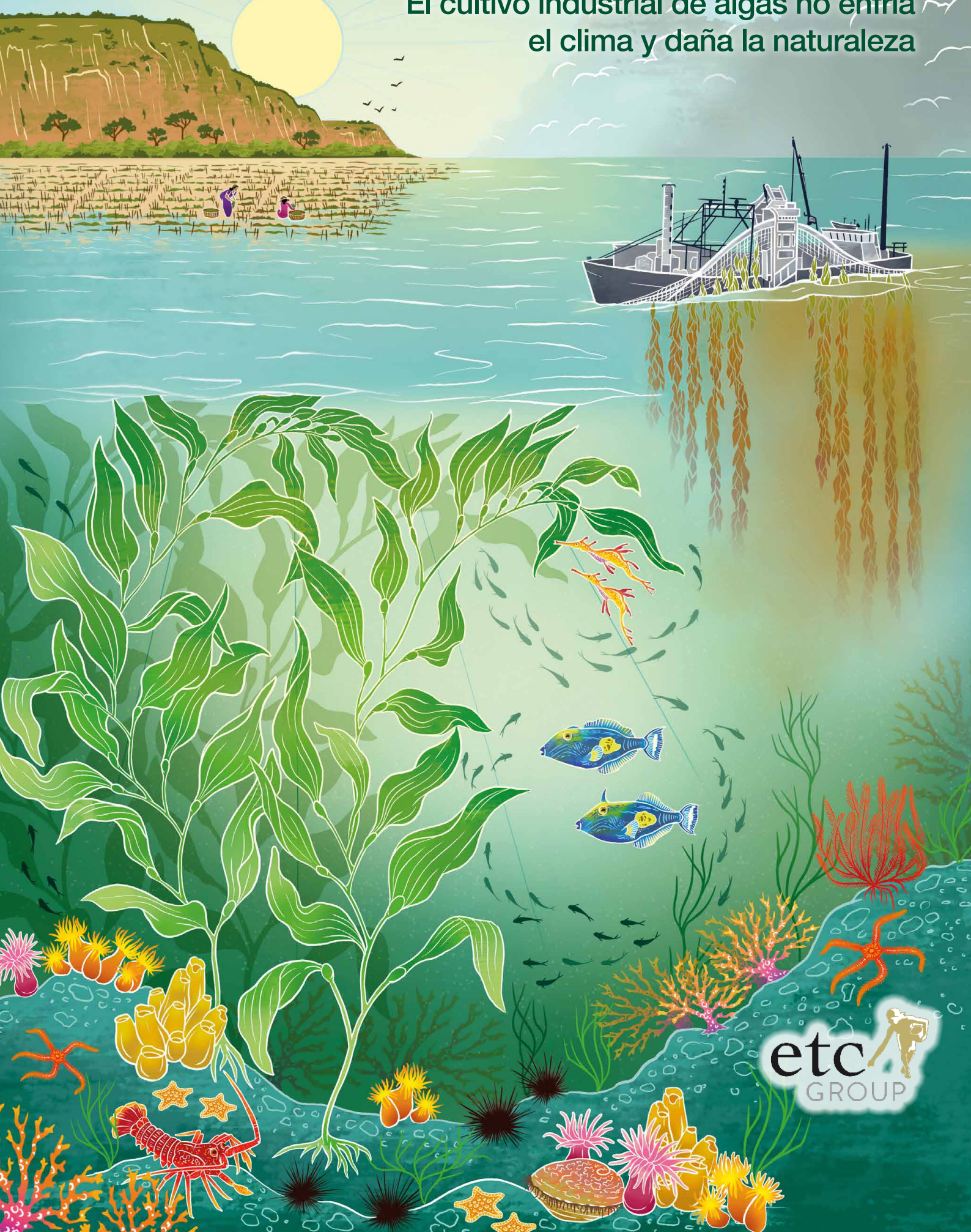


EL ESPEJISMO DE LAS ALGAS

El cultivo industrial de algas no enfría
el clima y daña la naturaleza



Contenido

- 4 Panorama**
- 5 Cuadro 1: Los ecosistemas basados en algas marinas
- 6 Cuadro 2: Manifiesto por la precaución y el uso tradicional de las algas
- 7 Introducción**
- 8 La estafa. Prometer grandes negocios con algas en mercados de carbono**
- 10 Los mitos. Cinco supuestos erróneos sobre las algas marinas**
- 10 1: "Las algas marinas son un importante sumidero de carbono"
- 12 2: "Escalar la producción de algas es bueno para los ecosistemas marinos"
- 14 3: "Las algas son biomasa rápida"
- 14 4: "Hay océano de sobra"
- 15 5: "La industrialización de las algas es buena para las comunidades costeras"
- 16 La mercadotecnia. Las algas marinas después del Acuerdo de París**
- 16 Cómo vender en 1 minuto la remoción de CO₂
- 16 Financiarización de las algas para los mercados de carbono
- 18 Más allá del carbono: apostar a mercados de biodiversidad (e inventarlos)
- 19 El Reparto. Nuevo cabildeo del comercio de algas y sus grandes inversores**
- 19 Cuadro 3: Las algas desde el lente corporativo: mercado, actores e incentivos
- 21 El diablo en los detalles. Cuatro esquemas industriales para las algas marinas**
- 21 1 Grandes criaderos de algas
- 22 2 Hundimiento de algas
- 23 3 Sustitución de plásticos, proteínas animales, fertilizantes y piensos con algas marinas
- 24 4 "Recuperación" y "restauración" de la diversidad de algas
- 27 Resistencia creciente. Derechos de los pueblos indígenas, campesinos y pescadores ante la industrialización de las algas**
- 28 Gobernanza precautoria. Políticas para las algas marinas**
- 28 Pueblos indígenas, campesinos y pescadores
- 28 Océanos y gobernanza marina
- 29 Gobernanza climática
- 29 Gobernanza alimentaria
- 29 Gobernanza de la biodiversidad
- 31 Conclusiones y próximos pasos. Cambiar radicalmente las políticas para defender las algas marinas como bienes comunes**
- 33 Anexo 1: Tabla 1: Lista de proyectos a gran escala de algas marinas, con captura de carbono y otros reclamos ambientales**
- 36 Notas**

Agradecemos a la Fundación Swift, la Fundación Christopher Reynolds, CS Fund, Fundación Böll México y El Caribe y Seaweed Commons por su apoyo.

Autores
Jim Thomas y el Grupo ETC
Edición: Kathy Jo Wetter y el Grupo ETC

Cubierta:
Isabel Morgan Illustration
<https://isabellemorganillustration.weebly.com/>

Diseño gráfico:
Daniel Passarge
danielpassarge@gmail.com

Traducción al castellano:
Natalia Núñez Silvestri
natalianunezsilvestri@gmail.com

Este informe se encuentra en línea para consultar y descargar sin costo en castellano aquí:
<https://www.etcgroup.org/es>

Referencias y notas: todas las ligas se revisaron y se encontraron activas en julio de 2023

Septiembre de 2023

www.etcgroup.org

Contacto:
etc@etcgroup.org



CC BY-NC-SA 4.0



Mensajes clave



Ante la crisis climática, el mundo busca urgentemente alguna salida. En ese contexto, las algas marinas –o “macroalgas”– han pasado a ser un centro de atención, aunque no necesariamente lo sean. Pero con cientos de millones de dólares en publicidad y gran entusiasmo comercial por las inversiones “verdes”, una nueva industria de “carbono azul” basada en la producción industrial de algas marinas está invadiendo costas y mares, con un discurso que busca cobijo en el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático establecido en 2015.



A mediados de 2023 había más de 1,300 empresas involucradas en el comercio de algas marinas, incluidas más de 200 *startups*. Muchas de estas empresas son dirigidas por ejecutivos de software, finanzas, ingeniería y medios de comunicación, sin experiencia previa en acuicultura, ecología de algas, recolección de algas o maricultura. Sólo ven en el horizonte nuevas oportunidades de generar ganancias.



Casi ninguno de los argumentos que se usan para promover estos proyectos de “carbono azul” con algas marinas resultan coherentes. Por ejemplo, entre esos planes se incluye el cultivo y hundimiento de algas a escala industrial y proyectos de supuesta restauración y recuperación de “variedades silvestres”. En realidad se ha revelado que los ecosistemas de algas marinas pueden incluso ser fuentes de carbono en lugar de sumideros, y podrían emitir hasta 150 toneladas de CO₂ por km² al año.



Pueblos indígenas, comunidades tradicionales y pesqueras que dependen de los ecosistemas costeros se verán gravemente afectados si se materializan los planes de expansión a escala industrial de monocultivos de algas marinas. Un estudio sugiere que para secuestrar sólo el 0.2% de las emisiones globales de CO₂ se necesitaría un cultivo de algas en el océano equivalente a un cinturón de 100 metros de ancho alrededor del 63% de la costa mundial. Implicaría una apropiación sin precedentes de territorios costeros, que causaría desplazamientos y erosionaría sistemas vitales de alimentación y sustento.



Las opciones en aguas profundas no son mejores. Un grupo de científicos ha explicado que la carrera por hundir grandes volúmenes de algas en el océano supera la capacidad de la ciencia para evaluar sus riesgos, incluso

para considerar superficialmente los impactos ambientales y los beneficios sociales. Son enormes las incertidumbres sobre los impactos en la vida en el fondo marino del hundimiento masivo de algas marinas.



El cultivo de algas marinas a escala industrial se promueve agresivamente a pesar de que llevará a los mares los muchos problemas ya conocidos asociados con los monocultivos de árboles: amenazas a la diversidad de especies marinas y costeras (incluidas las algas silvestres) y a ecosistemas enteros; condiciones para la propagación de patógenos y para el acaparamiento de recursos, así como desplazamiento de comunidades tradicionales.



Los ecosistemas de algas marinas naturales y gestionados tradicionalmente están entre las áreas biológicamente más productivas de la naturaleza: ayudan a generar una cantidad importante del oxígeno mundial y reducen la acidificación de los océanos, proporcionando hábitats para muchos otros organismos y nutriendo la cadena alimentaria de los océanos. Son un elemento clave de la seguridad alimentaria sostenible y una base crucial para muchos medios de vida campesinos e indígenas.



Por eso es de suma importancia que los ecosistemas naturales y artesanales de algas sean reconocidos y protegidos como bienes comunes. Se deben priorizar y reconocer las prácticas tradicionales de los recolectores de algas, pueblos indígenas y comunidades costeras cuya vida y cultura depende de estos cuidados y cultivos. Urge proteger las algas como bien común para las generaciones presentes y futuras.



Con este fin, la ONU y los gobiernos deben afirmar la necesidad de precaución y actuar con urgencia para detener el cultivo industrial de algas marinas y las propuestas para hundirlas al fondo del mar, se debe prohibir la concesión de licencias y su expansión, así como la liberación de algas genéticamente modificadas u otros organismos transgénicos en esos ecosistemas y otros asociados. El cultivo industrial de algas marinas y su hundimiento intencional al fondo del mar también deben excluirse de las discusiones sobre nuevos mercados de carbono en el marco del Artículo 6 del Acuerdo de París y cualquier otra instancia de Naciones Unidas.

Panorama

¿La “revolución” de las algas? Mientras el mundo lucha por una solución climática, las algas marinas como el kelp, también llamadas “macroalgas”, han pasado al centro de la atención. Impulsadas por la publicidad y cientos de millones de dólares en inversiones a raíz del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático (2015), las algas marinas industriales son la última invasión “verde” con cientos de empresas emergentes que prometen cultivar, cosechar, transformar (y, en algunos casos, dedicarse sólo a sumergir) hasta 500 millones de toneladas de biomasa de algas¹ y restaurar los bosques submarinos de kelp. Algunos incluso afirman que en el proceso absorberán un billón de toneladas de CO₂ del aire.²

Quienes promueven el comercio de algas dicen que las macroalgas tienen el triple beneficio de crecer rápido, ser muy escalables y capaces de almacenar carbono en un depósito oceánico profundo. Las startups de geoingeniería (muchas de ellas con fondos de Elon Musk, Microsoft y Jeff Bezos de Amazon) planean obtener créditos de carbono mediante el cultivo de algas marinas con robots, en mar abierto, o arrojando grandes cantidades de biomasa de algas al océano. Algunos empresarios esperan establecer monocultivos de algas marinas a lo largo de las costas. Otros apuntan a barrer el sargazo flotante mediante un submarino no tripulado. Otros más dicen que grandes volúmenes de algas pueden usarse como alimento para ganado, y que como fertilizantes y proteínas alternativas, desplazarán a los combustibles fósiles y reducirán las emisiones de metano.

¿O el espejismo de las algas? Al igual que con previas exageraciones tecnológicas, las historias que se cuentan a posibles inversionistas y gobiernos no resisten el escrutinio. Recolectores tradicionales y pueblos indígenas que conocen los ecosistemas de algas desde hace siglos señalan que la diversidad

de algas y sus especies son parte de las culturas locales y han estado “salvando el planeta” mucho antes de que los inversionistas de Silicon Valley aparecieran en el horizonte.³ Advierten que, así como los monocultivos de árboles son completamente diferentes de los bosques naturales, el monocultivo industrial de algas no se parece en nada a la recolección artesanal de algas. Estos monocultivos introducen nuevos riesgos a los ecosistemas marinos, muchos de los cuales ya están en peligro y amenazarán el sustento de los cultivadores de algas en pequeña escala.

Los posibles impactos ecológicos incluyen impedir el paso de luz hacia el lecho marino, las praderas marinas y las algas naturales; alterar las corrientes oceánicas locales, contaminar y erosionar la diversidad genética y robar nutrientes al plancton y a las comunidades marinas preexistentes. La evidencia del cultivo industrial de algas marinas en China no es alentadora: algas que provienen de granjas acuícolas chinas han creado la mayor proliferación de algas oceánicas dañinas en el planeta, a medida que mareas verdes de aspecto apocalíptico inundan las playas en el Mar Amarillo Meridional cada verano y privan al agua de oxígeno, una advertencia drástica de que el equilibrio de los ecosistemas marinos se altera fácilmente.⁴

Nuevos estudios científicos sugieren que los promotores de la producción industrial de algas exageran enormemente cuando aseguran que las algas pueden absorber una gran cantidad de carbono atmosférico, y en el mejor escenario, de todos modos esta producción industrial de algas es demasiado costosa para ser rentable. En el peor escenario, la escalada con fines comerciales podría convertirse en un nuevo desastre para los ecosistemas y minar los esfuerzos por combatir el cambio climático. Una vez hechos los cálculos, aparece que los ecosistemas de algas industriales pueden en realidad ser emisores netos de

CO₂. Por lo tanto, aumentar la superficie de algas industriales podría generar más CO₂ en la atmósfera, no menos.

Algunos defensores del escalamiento de las algas marinas están bajando el tono de su retórica salvadora del clima, y en su lugar intensifican una promesa diferente, que tampoco está comprobada: dicen que rescatarán la biodiversidad de los océanos. Esperan que el nuevo Marco Mundial de Biodiversidad Kunming-Montreal destrabe los fondos y futuros créditos para la biodiversidad, además de la financiación climática que ya ha fluido hacia la industrialización de las algas marinas.

Hemos visto esto anteriormente, con olas anteriores de exageraciones fuera de lugar

y en última instancia dañinas, sobre soluciones tecnológicas como los biocombustibles, el “carbón limpio” y otras falsas “soluciones” a las crisis alimentaria, climática y de biodiversidad. Conforme es más claro que las algas no son una solución climática, este es un momento clave para que los responsables de las políticas ambientales eviten mayores daños. Haciendo caso tanto a la ciencia independiente como a las advertencias de los recolectores artesanales de algas y pueblos indígenas, es momento clave para frenar el tren industrial de las algas y garantizar que las algas cultivadas tradicionalmente y las preciosas algas naturales del mundo, que forman nuestros “bienes comunes de algas”, estén debidamente protegidas.

Cuadro 1: Los ecosistemas basados en algas marinas

Las algas silvestres y el cultivo artesanal de algas marinas proveen múltiples funciones ecosistémicas, que ayudan a mantener saludables a las comunidades marinas y humanas.

Ecosistemas basados en algas marinas:

- Están entre las áreas biológicamente más productivas de la naturaleza, similares a los bosques.
- Ayudan a generar entre el 50 y el 80% del oxígeno global, (junto con el fitoplancton y la vegetación marina).
- Ayudan a reducir la acidificación de los océanos.
- Proporcionan criaderos y hábitats para muchos organismos.
- Nutren la cadena alimentaria del océano.
- Protegen a las especies de los predadores y las turbulencias del agua.
- Estabilizan los sedimentos, ralentizan las tormentas, reducen la presión del oleaje en las playas y protegen las costas vulnerables.
- Ayudan al ciclo de nutrición al mitigar el escurrimiento de nutrientes mediante la absorción de fosfato y nitrógeno.
- Filtran los metales pesados y otros tóxicos en el agua.
- Producen carbonatos que forman dunas y playas.
- Influyen en la formación de nubes y en el clima⁵.



Foto: Pahala Basuki, Unsplash.



Foto: Seaweed farming. Ron de Boom, flickr.

Los cultivadores artesanales de algas trabajan en ciclos naturales, y al igual que ocurre con los bosques, aumentan su biodiversidad. Además de sus muchas e

importantes funciones ecosistémicas, estos ecosistemas también son una fuente de sustento para las comunidades costeras, especialmente para las mujeres.

Cuadro 2: Manifiesto por la precaución y el uso tradicional de las algas: “Seaweed Commons”

Una visión muy diferente de la “gran industria de las algas” que exige miles de millones de dólares de inversión, proviene de una red llamada Seaweed Commons, (Las algas como bienes comunes). Esta red, que se describe a sí misma como un colectivo internacional de cultivadores en pequeña escala, científicos y defensores de las algas, sostiene que los desarrollos relacionados con éstas deben guiarse por el principio de precaución, y cuidando que se conserven los medios de vida de los pueblos que recolectan algas y cutlivan algas artesanalmente. Señalan la necesidad de mantener una escala adecuada del cultivo, con propiedad local, y priorizando el control democrático de esa actividad económica.

En una declaración escrita para advertir contra la actual fiebre de industrialización de las algas marinas, la red Seaweed Commons señala cómo un escalamiento veloz puede tener “efectos perjudiciales de gran alcance tanto para el medio ambiente como para la salud socioeconómica de las comunidades”, además de propiciar monopolios corporativos. Abogan por más investigaciones sobre los impactos de la industrialización de las algas marinas, marcos regulatorios sólidos que apoyen a las comunidades indígenas y ecológicas, y prácticas de cultivo y recolección artesanal a pequeña escala. Su documento está firmado por varios líderes de los movimientos por los océanos, la alimentación y las algas, principalmente de América del Norte y Europa, incluidos recolectores de algas indígenas, reconocidos chefs y expertos en políticas oceánicas. La declaración de posición de Seaweed Commons se puede leer en www.seaweedcommons.org

Introducción

“Algas marinas” es un nombre común que engloba una diversidad de especies de organismos marinos: algas de roca, fucos, kelp, dulce, sargazo, maraña marina y otros. También hay tipos de algas estuarinas y de agua dulce, pero en este trabajo nos referimos específicamente a las que se dan en el mar.

A las algas a menudo también se les llama “macroalgas”, lo que indica que no son plantas terrestres ni lo que normalmente llamaríamos simplemente “algas”. Macroalgas se refiere a unas 11 mil especies diferentes de grandes organismos marinos parecidos a plantas,⁶ que pueden utilizar todo su cuerpo para realizar la fotosíntesis. Las algas marinas son rojas, pardas o verdes y generalmente se encuentran en las costas o en el fondo del mar a menos de 100 metros de profundidad. Cartografías recientes estiman que los bosques submarinos de algas cubren por sí solos un área, en el mar, comparable a la cuenca de la selva amazónica, o dos veces el tamaño de la India.⁷

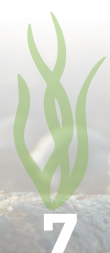
Las algas marinas han tenido históricamente importancia económica y social en muchas culturas. Los campesinos, las comunidades costeras y las comunidades indígenas recolectan algas como fertilizante, medicina y alimento, y continúan integrándolas en prácticas y ceremonias tradicionales. Por su importancia y belleza, los emperadores chinos llevaban imágenes de algas en sus túnicas.⁸

El cultivo comercial de algas marinas en líneas de cuerdas en el agua surgió como una industria en Asia a partir de la década de 1950. El sector creció mil veces en setenta años, pero la mayor parte de ese crecimiento se produjo entre 2010 y 2020 (sólo en esos 10 años se duplicó), impulsado por los usos industriales de las algas.⁹ Hoy en día, diez especies se cultivan

intensivamente en 50 países. 98% de esa producción ocurre en Asia, especialmente en China donde tiene lugar la mitad de toda la producción.¹⁰ En 2019, se cultivaban y exportaban 35.8 millones de toneladas húmedas de algas marinas para un mercado con un valor de 15 mil millones de dólares en 2021 (pero se espera que crezca a 25 mil millones para 2028).¹¹ La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) afirma que las algas marinas cultivadas son el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento.¹² Representa más de la mitad (51.3%) del total de la acuicultura marina mundial en peso.¹³

La mayoría de estas algas comerciales cultivadas se procesa en “coloides de algas” como carragenina y agar, y se utiliza en productos de belleza y alimentos procesados. Las algas marinas también están ganando popularidad como alimento directo, como alimento para el ganado, mantillo y abono. Los bioprospectores estiman que se han encontrado más de 3 mil productos naturales marinos o moléculas bioactivas que se pueden extraer de las algas, aunque relativamente pocos se han comercializado.¹⁴ Durante la crisis del petróleo de la década de 1970, y brevemente de nuevo a principios de la década de 2010, había grandes esperanzas con respecto a convertir las algas en biocombustibles, pero la burbuja de los biocombustibles de algas estalló en ambas ocasiones porque convino económicamente.¹⁵

Es significativo que, como ocurre con otras importantes fuentes de alimentos comercializadas internacionalmente, la industria actual de las algas está dominada por comercializadores de productos agrícolas y gigantes de los ingredientes como Cargill, Kerry Group, FMC y DowDuPont.¹⁶



La estafa

Prometer grandes negocios con algas en mercados de carbono

“Las algas han sido uno de los grandes recursos sin explotar. Pero se avecina una revolución. La industria de las algas está a punto de transformarse.”

– Manifiesto de la revolución de las algas, apoyado por The Global Seaweed Coalition (grupo de la industria)¹⁷

La firma en 2015 del Acuerdo de París sobre el Cambio Climático (en el contexto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, CMNUCC) impulsó entre los empresarios, la idea de que las algas marinas podrían servir para un eficaz secuestro de carbono, lo que abriría grandes negocios con un nuevo mercado de carbono. Esto ocasionó que la industria de las algas tuviera un crecimiento significativo y un cambio en su carácter y propósito, lo que algunos de estos empresarios llamaron “la revolución de las algas”. Para 2019, había surgido una nueva fiebre “verde” por las algas industriales, impulsada por el supuesto de que el cultivo de algas podría secuestrar dióxido de carbono atmosférico para cumplir los compromisos de reducción asumidos por líderes políticos y corporativos.

El Acuerdo de París estableció el objetivo de lograr un equilibrio entre las emisiones de gases con efecto de invernadero lanzadas a la atmósfera y los sumideros existentes para capturarlos. Así, la idea de mejorar los “sumideros” naturales (sistemas que podrían



absorber y almacenar permanentemente el CO₂ del aire) pasó a la vanguardia de la agenda climática mundial empresarial, ofreciendo a las sucias industrias de combustibles fósiles y sectores relacionados una forma de evadir las reducciones reales de emisiones a través de compensaciones. Se esperaba que las naciones firmantes del Acuerdo de París

elaboraran planes nacionales ante los cuales tendrían que rendir cuentas, y una oleada de grandes corporaciones, municipios y otros se comprometieron a llegar a emisiones de carbono “cero netas”. Esto significaba que en lugar de reducir realmente las emisiones podrían seguir emitiendo, pero “compensarían” sus emisiones con diferentes formas de remoción de CO₂ de la atmósfera. En julio de 2023, 942 de las 2000 principales empresas que cotizan en las bolsas del mundo habían anunciado su “compromiso” de lograr cero neto en emisiones en algún momento en el futuro o al menos elaborar una “estrategia corporativa” para llegar allí.¹⁸

En la prisa por cumplir (o aparentar cumplir) con los compromisos de reducción de carbono, los enfoques que explotan los mecanismos biológicos se han promovido agresivamente bajo nuevos términos que disfrazan su naturaleza industrial, como el vidrioso concepto “*soluciones basadas en la naturaleza*”. Pronto se hizo evidente que el potencial biofísico de los bosques terrestres para secuestrar CO₂ adicional era limitado,¹⁹ y la atención se dirigió crecientemente a los océanos, praderas y suelos agrícolas. Por lo tanto, el concepto de “carbono azul” se trasladó a la mesa de apuestas de la acción climática. Éste se refiere al carbono absorbido y supuestamente almacenado —por un período incierto y no definido— por los ecosistemas marinos y costeros.

Muchos proyectos de “carbono azul” se enfocan en restaurar manglares o pastos marinos, y las grandes ONG de conservación y consultores también han presionado para incluir a las algas como “carbono azul”.²⁰ Esto ha llevado a la financiación de proyectos relacionados con las algas marinas como “proyectos climáticos” por parte de algunos gobiernos y financiadores privados, con la esperanza de que sean elegibles para créditos de carbono. Junto a esto hay una creciente industria de certificadores, verificadores, mercados de compensación y grupos comerciales de algas marinas.

A finales de 2021, los países acordaron un nuevo mecanismo para establecer la base de un mercado de carbono de conformidad con el artículo 6.4 del Acuerdo de París. Meses después, comenzaron un proceso para determinar las fuentes y técnicas elegibles que podrían generar créditos para la “remoción” de carbono, incluyendo varias propuestas de geoingeniería marina.²¹ Este proceso dio lugar a la creación de incentivos económicos para impulsar una rápida ampliación de las llamadas técnicas de *remoción de dióxido de carbono*, (RDC) un término para las propuestas de geoingeniería que implican secuestrar carbono de la atmósfera.

La geoingeniería se refiere a la manipulación tecnológica del clima, a gran escala e intencional. Algunos geoingenieros esperan poder cultivar microalgas en grandes espacios oceánicos (de forma similar a como se realiza la fertilización oceánica), pero acciones de este tipo están bajo una moratoria global en el Convenio de la ONU sobre Biodiversidad y en el Convenio de Londres/Protocolo de Londres sobre vertidos marinos.²² Otra preocupación es que la remoción de carbono con algas podría ser usada para relajar las importantes restricciones precautorias que existen. De hecho, algunos actores clave detrás de la nueva ola de algas marinas industriales también son defensores de la fertilización del océano.

En 2022, se alcanzó otro acuerdo global en el marco del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB): el Marco Global de Kunming-Montreal para la Diversidad Biológica. Este acuerdo incluye disposiciones para establecer créditos adicionales (aún por desarrollar) sobre biodiversidad y otras formas de financiarización de la biodiversidad.²³ Esto también podría aumentar la inversión en el sector de algas industriales. Los movimientos por justicia ambiental y por los derechos de los indígenas y las comunidades costeras se oponen enérgicamente a esa financiarización.²⁴



Los mitos

Cinco supuestos erróneos sobre las algas marinas



La industria de las algas fomenta una serie de mitos para justificar e impulsar el desarrollo de enormes monocultivos de algas y nuevos mercados de créditos de carbono y de compensaciones de biodiversidad.

MITO 1:



“Las algas marinas son un importante sumidero de carbono”

No, no lo son. El supuesto de que las algas son importantes sumideros de carbono ha sido el factor más poderoso detrás de la expansión industrial de las algas marinas desde 2015. Según se estudia y acumula evidencia, esto puede ser muy exagerado o incluso falso. De hecho, los ecosistemas de algas son también una fuente de carbono.

Las algas marinas absorben el CO_2 a medida que crecen, pero también liberan carbono al agua y al medio ambiente cuando se descomponen o se comen. Sólo una pequeña parte de la biomasa de algas marinas se añade a los sedimentos oceánicos, e incluso sólo pueden considerarse realmente secuestradas si permanecen allí, lo cual es incierto.²⁵ Un estudio sugiere que secuestrar tan sólo una décima parte de una gigatonelada de CO_2 al año (lo que equivale a sólo el 0.2% de las emisiones mundiales) requeriría un monocultivo de algas marinas más grande que Irlanda o un cinturón de 100 metros de ancho alrededor del 63% de la línea costera mundial.²⁶

Mediciones recientes de carbono en sedimentos que se encuentran debajo de 20 monocultivos de algas en todo el mundo muestran que en realidad hay una amplia variación en los niveles de carbono almacenados en el fondo marino.²⁷ En una cuarta parte de los sitios de la muestra, no se midió la captura de carbono, o ésta fue insignificante; y el carbono medido en los sitios restantes no se pudo atribuir a las algas marinas que crecieron por encima. La interpretación más optimista de los datos sugiere que una hectárea de algas - que crece en el lugar correcto y de la manera correcta - puede secuestrar entre 1.06 y 8.10 toneladas de CO_2 por año²⁸ —lo que está en el rango de las emisiones anuales promedio de un vehículo de pasajeros en los Estados Unidos.²⁹ Y las estimaciones para la capacidad de secuestro que tienen las algas marinas excluye las emisiones de carbono del ciclo de vida industrial del cultivo, su cosecha, secado, procesamiento y transporte.

Otros datos significativos provienen de un estudio histórico realizado por John Barry Gallagher, Victor Shelamoff y Cayne Layton, que considera el papel de las algas marinas en el secuestro de carbono de manera más integral, desacreditando (e incluso invirtiendo) el supuesto de que las algas marinas son un importante sumidero de carbono.³⁰ Gallagher, y otros, muestran que si bien las algas pueden fijar el CO_2 y soltar un poco en los sedimentos, los ecosistemas de algas marinas parecen ser productores netos de CO_2 . Los autores explican que debido a que ecosistemas como los bosques de algas atraen y nutren muchas formas de vida acuática, es necesario considerar el equilibrio de carbono de todo el ecosistema, no sólo de las macroalgas. Al resumir la investigación, Gallagher explica: “Encontramos que los ecosistemas de algas marinas son fuentes naturales de carbono, pues liberan en promedio 20 toneladas por km^2 cada año. Pero podría ser mucho más alto aún. Cuando calculamos cuánto carbono regresó a la atmósfera por las algas sumergidas en el mar profundo que fueron ingeridas por otras especies o se descompusieron, encontramos que las algas podrían ser una fuente natural mucho mayor [de carbono]. Sus emisiones podrían llegar a ser tan altas como 150 toneladas por km^2 cada año.”³¹ Y esas estimaciones no consideran las emisiones de carbono que ocurren en la cosecha, secado, transporte y el procesamiento de algas cultivadas industrialmente.

Otro estudio centrado en el sargazo llegó a conclusiones similares, documentando que las algas reducen la fijación de carbono realizada por el plancton en el agua.³² El estudio también llamó la atención sobre las criaturas microscópicas asociadas con algas marinas que generan un proceso de calcificación, emitiendo CO_2 atmosférico a medida que lo hacen. Este proceso de calcificación reduce la alcalinidad del agua de mar, por lo que se vuelve menos capaz de absorber CO_2 de la atmósfera. De nuevo, los investigadores concluyeron que los sistemas de sargazo eran probablemente una fuente neta de emisiones de CO_2 o, en el mejor de los casos, limitadas en su capacidad para secuestrar carbono. Finalmente, los autores postulan que la biota marina no debe ser el foco de las propuestas de remoción de dióxido de carbono debido a la “complejidad inherente de los sistemas biológicos”.³³

Gallagher y sus colegas no dudan del significado de sus hallazgos: “Si los datos sobre secuestro de carbono en algas son equivocados, podríamos ver resultados adversos, cuando las industrias dicen compensar sus emisiones financiando la preservación o restauración de algas - pero al hacerlo, en realidad aumentan las emisiones en lugar de reducirlas”.³⁴ Un meta-análisis de 2023 de más de 180 estudios científicos concluyó: “encontramos muy poca evidencia de que los monocultivos [de algas] puedan contribuir directamente al secuestro de carbono a largo plazo”.³⁵

“Cuando calculamos cuánto carbono regresó a la atmósfera por las algas sumergidas en el mar profundo que fueron ingeridas por otras especies o se descompusieron, encontramos que las algas podrían ser una fuente natural mucho mayor [de carbono]. Sus emisiones podrían llegar a ser tan altas como 150 toneladas por km^2 cada año.”³⁶

“Si los datos sobre secuestro de carbono en algas son equivocados, podríamos ver resultados adversos, cuando las industrias dicen compensar sus emisiones financiando la preservación o restauración de las algas - pero al hacerlo, en realidad aumentan sus emisiones en lugar de reducirlas.”³⁷

**“Escalar la producción de algas es bueno para los ecosistemas marinos”**

No necesariamente. Si bien se conocen a fondo las funciones ecológicas de las algas naturales, hay pocas pruebas que respalden las afirmaciones sobre las algas cultivadas industrialmente para salvar el planeta. Elizabeth Cottier-Cook, de la Asociación Escocesa de Ciencias Marinas, informó sobre la falta de pruebas contundentes que respalden las afirmaciones de los beneficios para todo el ecosistema del cultivo industrial de algas marinas, a pesar de una encuesta realizada con más de 20 expertos y la revisión de casi 300 documentos de investigación.³⁸

De hecho, el aumento de la producción industrial de algas marinas puede tener efectos adversos en los ecosistemas, algunos de los cuales ya se han observado en cultivos de algas en China.³⁹ Aquí presentamos ocho maneras en que la industrialización de las algas marinas puede amenazar los ecosistemas:

- **Impacto en hábitats costeros de pastos marinos, maerl (algas similares al coral) y kelp**

Dada la intensidad y la escala de los cultivos industriales de algas, sus operaciones podrían dañar los hábitats costeros existentes, incluidas las praderas marinas naturales, los maerl y ecosistemas de kepl. Los efectos negativos pueden sobrevenir de la destrucción de las raíces de las praderas marinas, la instalación de cultivos sobre éstas y sobre los lechos de algas silvestres, y del impedimento del paso de la luz hacia el fondo marino, que afecta a las comunidades biológicas naturales incluidos los corales. La biomasa de las algas cultivadas puede asfixiar a las comunidades biológicas existentes, y la presencia de estructuras y actividades industriales podría perturbar las migraciones de animales marinos y las zonas de alimentación de toda la fauna.⁴⁰ En Maine, Estados Unidos, por ejemplo, hay preocupación por los mamíferos marinos, como la ballena franca del Atlántico Norte, en peligro de extinción, que pueda enredarse en las cuerdas de los monocultivos de algas y en las redes.⁴¹

- **Cambiar el movimiento del agua y la conectividad ecológica**

El cultivo intensivo de algas marinas puede alterar la hidrodinámica costera (cómo se mueve el agua) al acumular sedimentación y ralentizar el flujo de agua.⁴² Esto, combinado con plataformas flotantes, puede ralentizar o redirigir las olas, afectando los niveles de luz, los ecosistemas costeros y provocando erosión. La construcción de instalaciones de maricultura de algas que provoquen cambios en el agua y los fondos marinos también podría perturbar la conectividad ecológica de las especies marinas⁴³ (es decir, la medida en que las poblaciones, comunidades, ecosistemas o hábitats espacialmente distintos están vinculados por el intercambio de genes, organismos, nutrientes y energía).⁴⁴

- **Desviar nutrientes de las microalgas, dañando a los corales**

Para rastrear el impacto de un nuevo organismo en un ambiente, es crucial monitorear los organismos que desplaza y con los que compite. Para las macroalgas, esto significa buscar cambios en las poblaciones de microalgas (por ejemplo, plancton), que podrían tener efectos negativos en la cadena alimentaria local. Además, los científicos advierten sobre el potencial de alelopatía, donde las algas producen compuestos que pueden dañar a otros organismos, como el coral.⁴⁵

- **Cambios en el agua: pérdida de oxígeno, aumento de la producción de metano y carbono disuelto**

Las algas son importantes en relación con varios gases. En particular, son la mayor fuente mundial de oxígeno, por lo que es necesario vigilar el desplazamiento de las microalgas por macroalgas debido a los posibles efectos sobre los niveles de oxígeno en el agua. El aumento de las cantidades de algas marinas que se descomponen en el agua también podría causar menores concentraciones de oxígeno (hipoxia) y una mayor liberación de metano del fondo del océano.⁴⁶ Además, el aumento de las cantidades de algas marinas podría elevar los niveles de carbono orgánico disuelto en el agua, lo que podría afectar a las comunidades biológicas en alta mar, incluidas las comunidades microscópicas poco conocidas.

- **Escapes, invasión, proliferación de algas y plagas**

Se han introducido unas 280 especies de algas en ambientes marinos no nativos.⁴⁷ Las algas cultivadas que crecen en ambientes de mar abierto pueden escapar fácilmente y persistir en la naturaleza. Pueden invadir los ecosistemas naturales de algas, superar a las algas nativas o causar otros daños ecológicos. Este problema se conoce desde hace algún tiempo, con ejemplos como las especies de algas rojas asiáticas *Kappaphycus*, que han asfixiado y matado a los arrecifes de coral en Hawái desde su introducción experimental en la década de 1970.⁴⁸ Un ejemplo dramático ocurre en el Mar Amarillo de China, donde ahora cada año se produce el florecimiento más grande del mundo de algas no nativas. Estos florecimientos comenzaron en 2008 después de que las esporas y vástagos del cultivo comercial de algas Nori escaparan, se reprodujeran y prosperaran, nutridas por la escorrentía de fertilizantes. En 2021, la reproducción anual de algas flotantes cubrió 1746 kms² (área más grande que Montreal).⁴⁹ Sombrías imágenes de familias bañándose en las verdes manchas de Nori en Qingdao han dado la vuelta al mundo.⁵⁰ Estas manchas viscosas evitan que la luz solar y el aire entren en el océano, agotan los niveles de oxígeno y sofocan la vida marina. El cultivo de algas también puede convertirse en un vector de nuevas plagas y especies invasoras, con ejemplos como el caracol *Lacuna Vincta* en Maine.⁵¹ En una revisión reciente de las plagas de algas marinas se concluyó que “el cultivo intensivo de macroalgas favorece brotes de enfermedades más frecuentes y dañinos”, y se observó que esas plagas suelen ocasionar pérdidas del 15 al 30% del volumen en algunas cosechas de algas asiáticas; también pueden propagarse y amenazar a las poblaciones silvestres.⁵²

- **Contaminación y pérdida de diversidad genética**

Los recolectores de algas silvestres están preocupados por el impacto del monocultivo en las poblaciones naturales de macroalgas si los genes fluyen a esas poblaciones silvestres. Los productores industriales priorizan la uniformidad genética y el crecimiento de la biomasa, lo que puede dañar la diversidad natural. Las normas de la Columbia Británica restringen el uso de algas marinas no autóctonas para la siembra⁵³ pero no tienen en cuenta la diversidad genética, incluso entre poblaciones cercanas de la misma especie. La experiencia de China sugiere que la fertilización cruzada entre algas silvestres y cultivadas es común y provoca disminución de la diversidad genética y debilidad.⁵⁴

- **Contaminación con algas manipuladas genéticamente**

Es alarmante que algunos empresarios de algas estén proponiendo estrategias de mejoramiento industrial con ingeniería genética, para que las algas estén “preparadas para el clima” y aumenten su producción de biomasa. En los laboratorios se experimenta con transgenie de algas y con nuevas técnicas genéticas “priming” (inducción de actividad metabólica).⁵⁵ Alterar deliberadamente la genética de las algas marinas es una nueva

frontera enormemente experimental y arriesgada para un reino de organismos en su mayoría no domesticados. A diferencia de los cultivos agrícolas, no hay antecedentes de “cría de cepas de algas marinas”, y la alteración de genomas en una especie que escapa libremente y se cruza, plantea graves riesgos de bioseguridad y para los ecosistemas.

- **Cambio climático y del clima local**

Muchas algas, incluyendo algunas algas marinas, producen sustancias en el aire que pueden alterar el clima. Las algas rojas emiten bromoformo, que espesa las nubes e impacta el ozono.⁵⁶ Las algas verdes del norte, bajo estrés, pueden producir un compuesto conocido como DMSP (dimetilsulfoniopropionato), que se descompone en DMS (sulfuro de dimetilo) y ácido acrílico para disuadir a los herbívoros;⁵⁷ cuando se libera en la atmósfera, el DMS afecta la formación de nubes.⁵⁸ Las macroalgas también pueden emitir varios halocarbonos, que afectan el ozono.⁵⁹

MITO 3:

“Las algas son “biomasa rápida”

Bueno, no tan rápida en realidad. Los industriales citan con frecuencia la increíble tasa de crecimiento de las algas marinas, con afirmaciones comunes de que las macroalgas pueden crecer hasta 2-3 pies por día (entre 60 y 90 cm aproximadamente).⁶⁰ Aunque se ha registrado que algunas especies de kelp cabeza de toro del Pacífico crecen 60 cm por día durante ciertas épocas del año, en condiciones ideales,⁶¹ no es exacto presentar esto como la tasa de crecimiento diario promedio para la mayoría de las especies de algas marinas (ni siquiera para el kelp cabeza de toro). Generalizar las tasas de crecimiento excepcionales de una sola especie en condiciones ideales para calcular el potencial total de la industria de las algas es muy problemático y puede llevar a cálculos incorrectos y planes de negocio engañosos, o al menos defectuosos.

MITO 4:

“Hay océano de sobra”

“Debemos inyectar un poco de realismo en esta conversación... Paso mucho tiempo trabajando con planificadores oceánicos, personas que deciden cómo usamos el espacio oceánico y, en realidad, nuestras zonas económicas exclusivas están completamente llenas de actividades humanas. Es difícil asignar nuevos espacios a nuevas actividades.” - Dra Ana Queirós, Plymouth Marine Laboratory, Reino Unido.⁶²

No, no lo hay.

Los financiadores del carbono se sienten atraídos por el océano por su vasto tamaño y su potencial sin explotar. Sin embargo, lo cierto es que las zonas más adecuadas para el cultivo de algas marinas, en particular las regiones costeras, no están vacías y tienen importancia cultural e histórica, además de sustentar los medios de vida tradicionales de las comunidades costeras. Las autoridades que participan en la “Planificación Espacial Marina” buscan equilibrar la creciente demanda de desarrollo industrial y los esfuerzos de conservación. Como se señaló, las granjas de algas tendrían que ocupar una porción significativa de las costas mundiales para reclamar incluso un pequeño impacto en la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero. Las zonas costeras tienen una alta biodiversidad y están sujetas a contaminación y conflictos sobre derechos y acceso. Además, hay muchas propuestas para actividades oceánicas y costeras, incluidas la extracción de hidrocarburos y minerales, el turismo y las actividades militares. Estas presiones sobre los océanos se están conociendo como la “aceleración azul.”⁶³



Foto: Seaweed farmers, Indonesia. Hiswaty Hafid, USAID Biodiversity & Forestry, flickr.

MITO 5:



“La industrialización de las algas es buena para las comunidades costeras”

No. Hay una amplia gama de impactos sociales, económicos y culturales.

Se ha promovido el cultivo intensivo de algas como una industria prometedora que puede rendir beneficios económicos a las comunidades costeras mediante la creación de empleos y el apoyo a los medios de vida. Sin embargo, la afirmación del Banco Mundial de que la industria de las algas podría crear 100 millones de empleos⁶⁴ es poco realista y se basa en la extrapolación de una situación pasada, en donde las algas fueron recolectadas a mano o cultivadas a pequeña escala. Los actuales inversores y empresarios de algas marinas imaginan instalaciones grandes y eficientes que dependen de nuevas tecnologías, como sistemas de cosecha autónomos y robóticos, que requieren poca atención humana. Si las algas marinas se transforman en una industria de biomasa intensiva, las necesidades de mano de obra deberán reducirse para seguir siendo competitivas.

Además, el cultivo tradicional de algas marinas está integrado en sistemas socioecológicos complejos, y los impactos de la ampliación de la producción de algas marinas pueden ser mayores y más espinosos de lo que piensan quienes promueven las algas industriales. Si bien hay pruebas de que el cultivo tradicional de algas marinas ha mejorado a menudo los ingresos y las oportunidades de subsistencia, los estudios se han centrado abrumadoramente en la producción en pequeña escala en el Sur, y es poco probable que estos beneficios se extiendan al cultivo de algas marinas industrializadas. Un reciente meta-estudio de los impactos de las algas marinas advirtió que “en los lugares donde la adopción de cultivos de algas ha sido rápida o fuertemente industrializada, las tradiciones agrícolas familiares y la gestión comunitaria han disminuido a favor de la agricultura privada y de ubicación fija que ha debilitado la cohesión social y provocado el desplazamiento de la población,”⁶⁵ causando pérdida de medios de subsistencia. Los pequeños agricultores de los países más pobres corren el riesgo de perder el control de sus zonas costeras y de sus medios de subsistencia tradicionales de cultivo de algas. En cambio, pueden verse atrapados en cadenas de suministro inequitativas y cada vez más vulnerables a medida que fluctúan los precios mundiales de los productos básicos. Incluso pueden tener dificultades para negociar salarios decentes. Además, la rápida industrialización podría conducir a una pérdida de normas comunitarias tradicionales que antes fueron fundamentales para mantener el uso sostenible de los recursos marinos locales.

La mercadotecnia

Algas marinas después del Acuerdo de París

Cómo vender en 1 minuto la remoción de CO₂ con algas

Como se explicó antes, es poco probable que los proyectos de algas funcionen para la remoción de dióxido de carbono. Sin embargo, muchas compañías industriales de algas marinas afirman esto basándose en tres puntos comunes pero erróneos (que a su vez provienen de los mitos):

1. Velocidad: “Las algas marinas crecen rápidamente”: por ejemplo, las algas gigantes pueden crecer entre 60 y 90 cm en un día.⁶⁷

2. Escala: “La producción de algas marinas puede incrementarse”: el océano cubre más del 70% de la superficie del planeta. Los defensores de las algas prometen operaciones a escala de cuenca.⁶⁸

3. Capacidad de captura: “Las algas fijan el CO₂ en la biomasa”: investigaciones han estimado que las macroalgas pueden capturar alrededor de 173 millones de toneladas métricas de carbono en el océano profundo y los sedimentos costeros cada año.⁶⁹ La FAO afirma que para 2050 la producción de algas marinas cultivadas podría absorber otros 135 millones de toneladas de CO₂ al año.⁷⁰

Con base en estas falsas suposiciones, las compañías de algas marinas que prometen remoción de CO₂ ofrecen los siguientes planes de negocio:

a) “Cultivaremos una gran cantidad de biomasa de macroalgas”, ya sea expandiendo el cultivo de algas marinas costeras,

restaurando los bosques naturales de algas o aumentando el crecimiento del sargazo flotante de los océanos profundos.

b) “Trasladaremos carbono a los océanos profundos”. Así se reconoce que no basta con el simple crecimiento de algas en la costa, ya que la mayor parte de la biomasa llega a tierra y se descompone.

c) “Generaremos créditos de carbono”. Algunas empresas de algas marinas ofrecen sus propios créditos de carbono auto-autorizados y auto-certificados. Otras se están asociando con empresas de verificación.

Mercados de carbono y financiarización de las algas marinas

Si bien las algas marinas en sí son un mercado en crecimiento (para la alimentación, por ejemplo), la gran promesa de nuevos lucros con la revolución de las algas marinas es generar ingresos por créditos de carbono negociables por secuestrar CO₂. Las compensaciones de carbono son utilizadas por los contaminadores para reportar “menores” emisiones de gases invernadero mediante la compra de créditos que supuestamente compensan sus emisiones con una actividad en otro lugar que, argumentan, está secuestrando más CO₂ atmosférico. Los movimientos de justicia climática se oponen con fuerza a los créditos y compensaciones de carbono, ya que brindan un medio para que los grandes contaminadores sigan emitiendo gases con efecto invernadero, una situación que generará mayor calentamiento global.⁷¹ Además, las cifras recientes del Grupo Intergubernamental de

Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) muestran que no hay lugar para compensaciones si se trata de frenar el aumento de la temperatura.⁷²

No obstante, la CMNUCC está sembrando el terreno y los estándares para un nuevo mercado global de créditos de carbono, mientras que los mercados voluntarios llevan algún tiempo operando y se espera que alcancen un valor de entre 10 y 40 mil millones de dólares para 2030.⁷³ Se espera que la demanda de compensaciones y créditos (por parte de los actores corporativos que han hecho promesas de reducción de carbono) supere la oferta para 2024.⁷⁴

En la búsqueda frenética de nuevos créditos de carbono, mucha de la atención se está volviendo ahora al **carbono azul**. El Foro Económico Mundial ha creado una “Alianza de Compradores de Carbono Azul” para apoyar un nuevo mercado de créditos de carbono azul.⁷⁵ Verra, uno de los mayores desarrolladores de programas voluntarios de comercio de carbono, publicó la primera metodología de compensación de carbono azul y está desarrollando dos metodologías de crédito que cubren el cultivo de algas marinas, la restauración y el hundimiento.⁷⁶ Su competidor, Gold Standard, también está buscando créditos basados en algas marinas.⁷⁷

Hay cuestiones importantes sobre la reputación y la integridad de los programas voluntarios de carbono y sus tecnologías de contabilidad de carbono, como ejemplifica el reciente escándalo sobre los créditos de carbono forestal fantasma de Verra, después de descubrirse que más del 96% de sus créditos de compensación de la selva tropical no representan reducciones reales de carbono.⁷⁸

Incluso los partidarios entusiastas señalan las dificultades con la medición de los créditos de carbono basados en las algas marinas. Un informe reciente de McKinsey concluye: “No puede negarse el hecho de que las soluciones de carbono azul están, en su mayoría, en su infancia. Hasta la fecha, sólo



“Estamos hablando de algas marinas. Un recurso que crece ferozmente, puede extenderse tan ancho como el océano y capturar grandes cantidades de carbono; es una seria solución de restauración climática a nivel de gigatoneladas.” Peter Fiekowsky, inversor en geoingeniería ⁶⁶

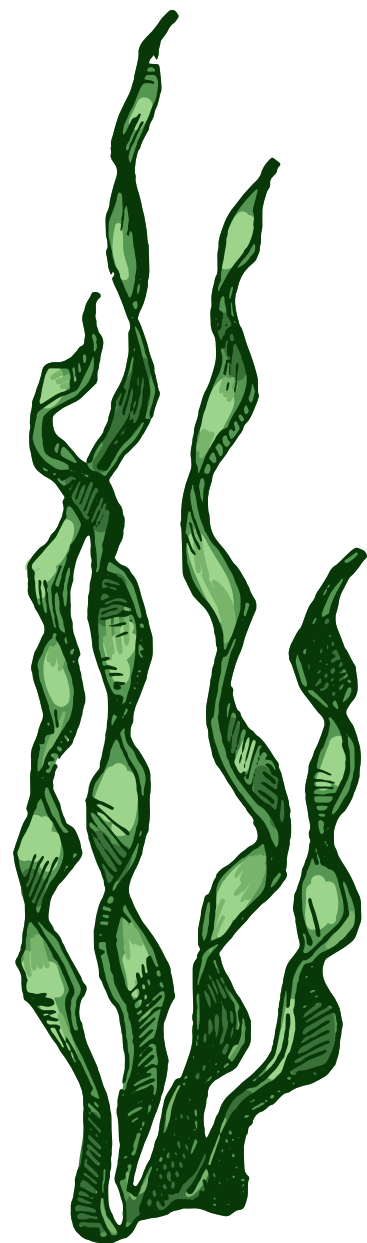
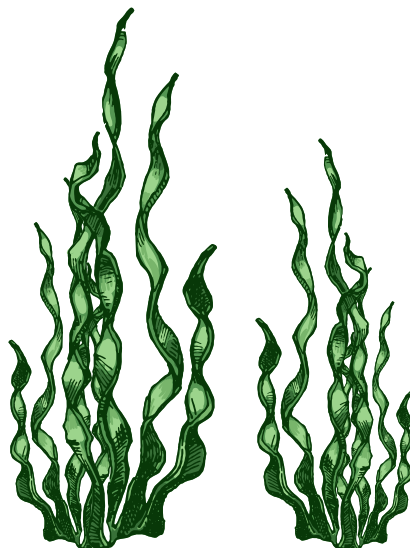
nos proyectos han clasificado para los mercados de carbono, y hay importantes obstáculos financieros, prácticos y legales para escalar en los ambientes oceánicos y costeros.”⁷⁹ El informe también destaca la “incertidumbre científica” como un obstáculo significativo. Por ejemplo, el cultivo de algas marinas puede no contar como un esquema de remoción de CO₂ adicional, ya que se está expandiendo a la demanda de alimentos. La investigación muestra que las algas cultivadas exhiben un modesto⁸⁰ o nulo secuestro en los sedimentos de los fondos marinos costeros, y hay pruebas científicas de que los ecosistemas de algas provocarían una liberación neta de CO₂.⁸¹

Aun si se implementa un programa de compensación de carbono para las algas marinas, los créditos podrían resultar prohibitivos. Una estimación de 2022 del costo que tendría secuestrar CO₂ mediante algas marinas arrojó la exorbitante cifra de 17 mil 048 dólares por tonelada de CO₂ - en comparación con los 2 a 11 dólares que se calcula cuesta el secuestro forestal.⁸² En ausencia de mercados formales, empresas como Canopy Blue, The Seaweed Company y Running Tide han estado vendiendo compensaciones de carbono a las corporaciones sin esperar a que se establezca la ciencia.⁸³ Los créditos de carbono de las algas marinas también se están mezclando con criptomonedas y tokens digitales - como el 'KelpCoin' digital emitido por The Climate Foundation.⁸⁴

Más allá del carbono: apostar a mercados de biodiversidad (e inventarlos)

Las nuevas empresas de algas marinas también afirman que mejorarán la conservación de la biodiversidad y brindarán "servicios ecosistémicos" (una forma de monetizar los ciclos naturales de los ecosistemas). La financiarización de estos "servicios" de la naturaleza recibió un importante visto bueno en diciembre de 2022 con el Marco Mundial Kunming-Montreal de la Diversidad Biológica. El Objetivo 19 de dicho marco compromete a los países a estimular esquemas innovadores como el pago por servicios ecosistémicos, bonos verdes, compensaciones y créditos de biodiversidad, y mecanismos de distribución de beneficios.⁸⁵

En vista de ello, cada vez hay más esfuerzos por monetizar las funciones de los ecosistemas de algas marinas. Por ejemplo, un estudio de 2022 dirigido por el "equipo de suministro sostenible de alimentos y agua" de The Nature Conservancy estimó que el "servicio" de remoción de nitrógeno de los cultivos de algas marinas podría valer entre 84 y 505 dólares por tonelada de algas marinas.⁸⁶ También señalaron que el cultivo de algas ofrece hábitat a otros peces, que podrían generar entre 972 y 2,504 dólares adicionales por hectárea al año.⁸⁷ The Nature Conservancy gestiona miles de millones de dólares en activos terrestres y oceánicos⁸⁸ y tiene un gran interés en ampliar y financiar las granjas de algas marinas en Belice, Indonesia y otros lugares - ya sea para financiar directamente sus actividades o mejorar su solvencia mediante los controvertidos canjes de "deuda por naturaleza".⁸⁹



El reparto

Nuevo cabildeo del comercio de algas y sus grandes inversores

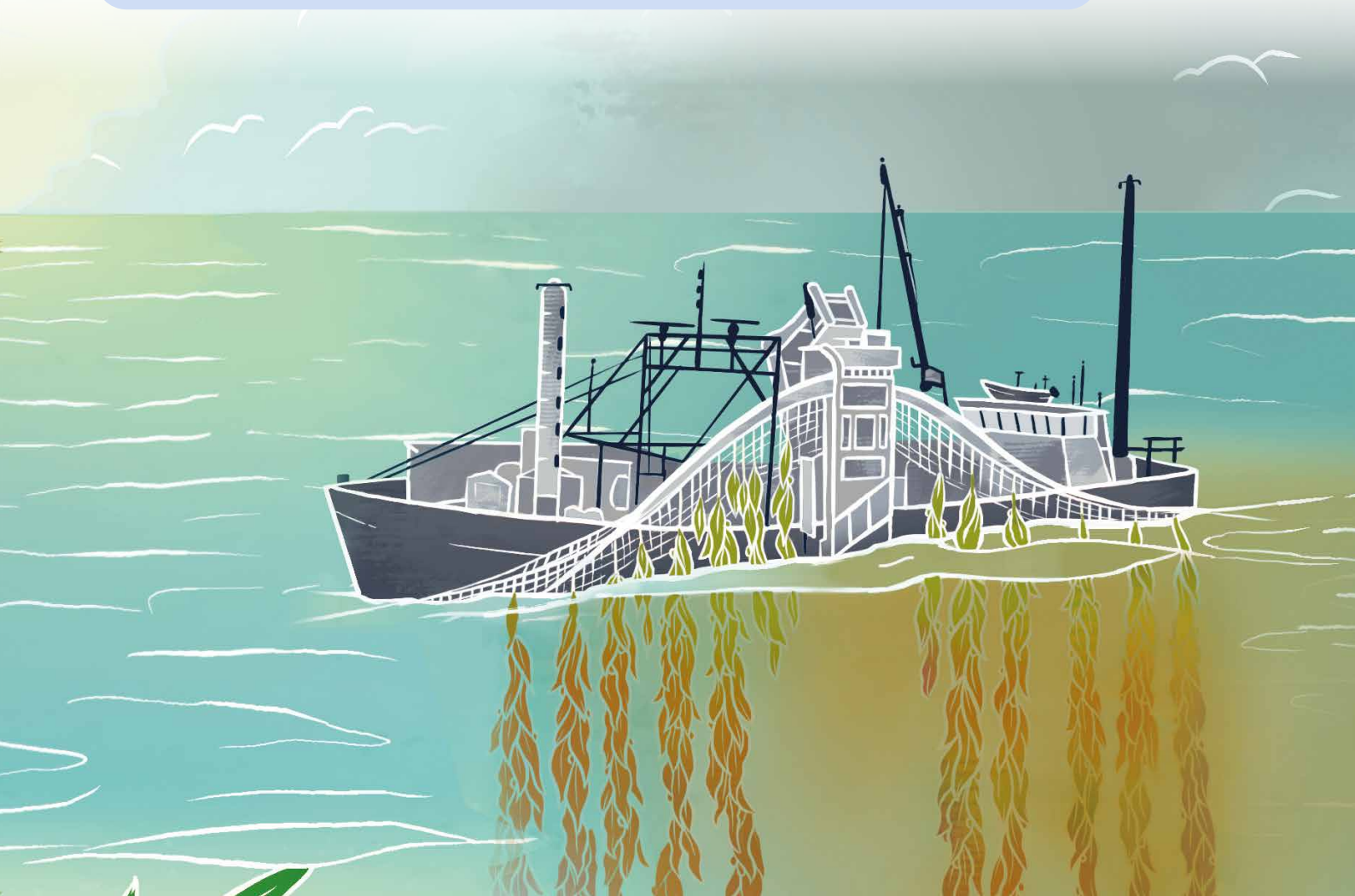
Cuadro 3: las algas desde el lente corporativo: mercado, actores y premios

Inversión: más de 250 mil millones de dólares en inversión comercial en los dos años 2020 y 2021.⁹⁰

Protagonistas: a mediados de 2023 había más de 1,300 empresas involucradas en algas comerciales, incluidas más de 200 emergentes.⁹¹

Premio del mercado: se espera que la industria de algas aumente sus ganancias a través de la producción de alimentos en base a algas y por las ventas de créditos de carbono. Se espera que el mercado de alimentos basados en algas alcance más de 25 mil millones de dólares para 2028;⁹² la remoción de CO₂ mediante florecimientos de algas marinas podría contribuir a un mercado con valor de un billón de dólares para 2050.⁹³

Oportunistas: muchas nuevas empresas de algas son lideradas por individuos que vienen del software, las finanzas, ingeniería o medios sin experiencia previa en acuicultura, ecología de algas, recolección de algas o maricultura.⁹⁴



Cabilderos del comercio de algas

Entre estos se encuentran la Global Seaweed Coalition (Coalición mundial de algas marinas), cuyos miembros apoyan el manifiesto *Seaweed Revolution* (Revolución de las algas marinas).⁹⁵ También es notable el lanzamiento del grupo Seaweed for Europe en 2020 por SYSTEMIQ, una corporación de “cambio de sistemas” con sede en Reino Unido que dirige varias otras coaliciones industriales.⁹⁶

Geoingenieros

La remoción de CO₂ es vista como una vía clave de geoingeniería. Los defensores de la geoingeniería que impulsan el escalamiento de la producción industrial de algas incluyen:

- El Cambridge Center for Climate Repair, en Reino Unido, dirigido por Sir David King, que fue asesor científico principal del ex primer ministro británico Tony Blair y está afiliado a SYSTEMIQ.⁹⁷
- El geoingeniero Victor Smetacek (asesor científico y fundador de la empresa Seafields).
- El inversor en geoingeniería Peter Fiekowsky y su “Foundation for Climate Restoration” (Fundación para la restauración del clima).

Filantrocapitalistas e instituciones conexas

- En 2021 el Bezos Earth Fund establecido por el fundador de Amazon, Jeff Bezos, otorgó 100 millones de dólares al grupo de conservación mundial World Wildlife Fund (WWF), para la ampliación y desarrollo de algas marinas.⁹⁸ A principios de 2023, el Right Now Climate Fund de Amazon, que en 2019 prometió 100 millones para apoyar “soluciones basadas en la naturaleza”,⁹⁹ aportó 1.5 millones de dólares para establecer una granja de algas marinas de 10 hectáreas en Holanda, como primer paso hacia una escalada más grande.¹⁰⁰
- La fundación estadounidense ClimateWorks es una ubicua presencia filantrópica que financia la industrialización de las algas marinas. ClimateWorks prioriza fondos que se dediquen a la remoción de CO₂ en el mar.¹⁰¹ Ocean Visions, una colaboración de varias universidades e instituciones de Estados Unidos, aboga por la investigación y el uso de técnicas de geoingeniería en los océanos, incluyendo el cultivo de algas marinas y su arrastre al fondo del mar para la remoción de carbono.¹⁰²

Otros actores son los titanes tecnológicos, los mogules de la conservación y los grandes de las finanzas. Entre ellos: Microsoft, X-prize Foundation (Elon Musk), Y Combinator (“aceleradora de emprendimientos”), Shopify, Stripe, De Beers, McKinsey & Co., Banco Mundial, Asian Development Bank, The Nature Conservancy y Conservation International.¹⁰³

El diablo en los detalles

Cuatro esquemas industriales para las algas marinas

1. Criaderos de algas

Contexto: Muchos nuevos planes de negocio para la industrialización de algas marinas se centran en la expansión de la superficie de cultivo. Hay, teóricamente, 48 millones de km² de aguas costeras donde el cultivo de macroalgas podría llevarse a cabo - un área que junta equivale aproximadamente a seis veces el tamaño de Australia.¹⁰⁵ Firmas como Cascadia Seaweed o Kelp Blue prometen liderar el camino en la transformación de miles de hectáreas de océano costero para cultivar algas marinas en líneas, redes o plataformas.¹⁰⁶ Esta actividad está copiando a la industria de cultivo de algas marinas que existe hace tiempo en partes de China, la novedad sería llevarla a nuevas geografías como las costas de África, el Mar del Norte en Europa, alrededor de la costa india y a lo largo de las costas de América del Norte. Algunas operaciones de cultivo de algas marinas están trasladando la producción de algas a los océanos profundos para permitir una escala mucho más amplia de lo que es posible en aguas costeras.

En algunos esquemas, los nuevos productores industriales de algas están obteniendo licencias de las comunidades indígenas para obtener derechos de explotación en alta mar (por ejemplo, Cascadia, Columbia Británica)¹⁰⁷ o proponiendo mezclar el cultivo de algas marinas con proyectos existentes, como los parques eólicos marinos frente a la costa de los Países Bajos.¹⁰⁸ Kelp Blue, que acaba de recibir una inversión de

“Al final del día, se trata de producir una gran cantidad de biomasa de calidad a un precio bajo, y la forma de hacerlo es a través de la expansión: hay que hacerlo en grande, por ejemplo, con una granja de cien hectáreas.” Mike Williamson, CEO de Cascadia Seaweed¹⁰⁴

2 millones de dólares del gigante minero de diamantes DeBeers, está trabajando para establecer una granja de algas de 70 mil hectáreas en Luderitz en aguas más profundas frente a la costa de Namibia. La compañía afirma que “tendrá acceso” a 120 mil toneladas de algas por año.¹⁰⁹ Esperan expandirse para manejar cultivos de kelp del tamaño de una “gran barrera de arrecifes” en seis lugares en todo el mundo.¹¹⁰ El cultivo de algas en alta mar también se está expandiendo al sargazo, una invasiva alga flotante. Seafields planea cultivar sargazo en corrales flotantes con la intención de aumentar su monocultivo de sargazos hasta que alcance alrededor de 94 mil km², un área un poco más grande que Portugal.¹¹¹ Seafields también propone colocar grandes tuberías oceánicas en la columna de agua para bombear agua rica en nutrientes hasta la superficie del océano¹¹² -un enfoque de georingeniería llamado “mezcla de océanos” o surgencia— para tener suficientes nutrientes en los corrales de mar abierto para cultivar algas, y tal vez un ingreso adicional de créditos de carbono.

“El hundimiento de algas en el océano profundo, cuyo objetivo es la neutralidad del carbono, está por delante de la ciencia y más allá de la ética”.¹¹⁵

La promesa: empresas como Cascadia y Kelp Blue describen las granjas de algas como “forestación oceánica”.¹¹³ A pesar de que las algas marinas serán cosechadas y traídas a tierra para procesarlas, se afirma que las algas marinas exhiben algún nivel de secuestro debido a la “exportación biológica natural” de biomasa de algas marinas a áreas más allá de la granja de algas. Las empresas que se enfocan en aguas más profundas afirman que la biomasa de sus operaciones será secuestrada más rápidamente en los océanos profundos y puede combinar la agricultura en el mar con el hundimiento de algas (más sobre esto a continuación). Algunas granjas afirman que el cultivo de algas brinda un hábitat adicional a la vida silvestre, ayuda a filtrar toxinas y absorbe el exceso de nutrientes, limpiando los océanos.

El problema: es engañoso comparar las granjas industriales de algas marinas con los bosques de algas naturales, ya que los primeros son hábitats de monocultivo artificial que tienen sus propios impactos ecológicos y socioculturales negativos. Las granjas industriales de algas ocupan el espacio y alteran los ecosistemas marinos al cambiar los niveles de luz y la química del aire y los océanos. Como han advertido los investigadores,¹¹⁴ es poco probable que una cantidad significativa de carbono sea secuestrada en general en un sistema de cultivo costero, y el traslado de algas marinas a escala industrial al océano abierto tiene impactos aún más inciertos. Las compañías de cultivo de algas como Cascadia pueden beneficiarse de una imagen amigable con el clima, pero es probable que hagan poco para secuestrar directamente el carbono. Cualquier uso de tecnologías de “mezcla de océanos” puede traer CO₂ previamente almacenado de nuevo a la atmósfera, negando el punto de crecimiento de algas marinas como una técnica de remoción de dióxido de carbono.

2. Hundimiento de algas

Contexto: Entre las empresas de cultivo de algas cuyo objetivo es remover carbono de la atmósfera, probablemente las más visibles son las que afirman que cultivarán o recolectarán algas para sumergirlas en el océano profundo. El secuestro de carbono es su negocio principal. Sumergir o hundir algas se refiere a llevar una gran cantidad de algas marinas o sargazos, a una ubicación de océano abierto y luego moverla física/mecánicamente por debajo de las olas, en el océano profundo, para que llegue al lecho marino. Las técnicas propuestas para sumergir algas incluyen el uso de redes grandes, submarinos robóticos y robots autónomos que transportan las algas a aguas lo bastante profundas como para que no regresen a la superficie. Startups como Phykos¹¹⁶ y Pull to Refresh¹¹⁷ han desarrollado plataformas de cultivo en alta mar y buques autónomos para cultivar y sumergir algas marinas. Running Tide está desarrollando un método de cultivo de algas marinas en boyas flotantes temporales que se degradan, causando que las algas se hundan.¹¹⁸ Otras, como Seaweed Generation y Seafields, se enfocan en el hundimiento del sargazo.

La promesa: quienes promueven las técnicas de hundimiento de algas marinas sostienen que en la actualidad muy poca biomasa natural de algas se dirige al sedimento oceánico para ser almacenada como parte del largo ciclo del carbono. Al sumergir el material a las profundidades del mar, las empresas que se dedican a ello esperan aumentar la cantidad de carbono que se puede reportar como secuestrado (y por lo tanto ganar más créditos de carbono). De hecho, Running Tide ya ha vendido créditos a compradores de alto perfil como Microsoft, Chan Zuckerberg Initiative, Stripe y Shopify.¹¹⁹ Afirman que en aguas profundas pueden almacenar biomasa de algas marinas durante mil años.¹²⁰

El problema: sumergir intencionalmente biomasa de algas en el océano es una propuesta novedosa que implica una ampliación de la actividad industrial en el difícil y

complejo entorno del océano abierto. No será fácil, barato o sin impacto. El cultivo de especies de algas marinas en una gran área de mar abierto cambiará la ecología local y la dinámica de la cadena alimentaria. Tampoco sabemos cómo la adición de grandes cantidades de biomasa de algas a los fondos marinos afectará a las comunidades marinas. En 2009, una propuesta similar para verter biomasa agrícola en las profundidades oceánicas fue evaluada como fuente de preocupación, debido al posible “impacto físico significativo” que tendría cubrir el lecho marino. Además, puede haber impactos químicos y biológicos más amplios causados por reducciones de oxígeno y aumentos potenciales de sulfuro de hidrógeno, metano, óxido nitroso y nutrientes como nitrógeno y compuestos de fósforo derivados de la degradación de la materia orgánica.”¹²¹

Las propuestas para hundir intencionalmente grandes cantidades de algas han causado fuerte oposición de científicos de la vida marina. En agosto de 2022, un grupo de académicos, algunos asociados con el cultivo de algas, publicó un artículo titulado “El hundimiento de algas en el océano profundo, cuyo objetivo es la neutralidad del carbono, está por delante de la ciencia y más allá de la ética.”¹²² En su artículo, advirtieron sobre los riesgos ecológicos de desviar nutrientes y los impactos en las comunidades biológicas de los fondos marinos. Alertan de que el frenesí por las técnicas de hundimiento de algas está superando cualquier capacidad científica para evaluar los riesgos asociados, los impactos ambientales y los beneficios sociales. Sin embargo, —continúan— esta falta de evidencia científica y de procedimientos arbitrados para verificar el éxito de la práctica, no ha impedido que el sector privado ofrezca la captura de carbono mediante algas marinas como un atractivo producto comercial, al que se le han invertido millones de dólares. Concluyen que la urgencia de hallar soluciones que ayuden a frenar el cambio climático no justifica sumergir deliberadamente enormes cantidades de algas en las profundidades del océano sin evaluar las consecuencias.”

3. Sustitución de plásticos, proteínas animales, fertilizantes y piensos con algas marinas

Contexto: Empresas emergentes prometen transformar la biomasa de algas marinas en materia prima para plásticos, alimentos vegetales y más. Las algas marinas ya se utilizan como alimento para el ganado y como fertilizante biológico para la agricultura, y las empresas están explorando cómo convertir la biomasa de algas marinas en carbón vegetal y “remedios para los suelos” que estimulen el crecimiento de las plantas (a estos remedios se les apoda *bioestimulantes*). Al menos 19 empresas de algas producen bocadillos y productos proteicos a base de plantas que comercializan como ecológicos, veganos y con bajas emisiones de carbono.¹²³ Las algas rojas en particular pueden tener hasta 47% de su composición seca como proteína,¹²⁴ y se estima que el mercado de proteína de algas alcanzará los 1,510 millones de dólares en 2030.¹²⁵ Mientras tanto, al menos 36 empresas están trabajando en plásticos a base de algas marinas.¹²⁶ Firmas como Oceanium¹²⁷ y Cascadia Seaweed están construyendo biorrefinerías de algas para transformar su biomasa en compuestos útiles para materiales e ingredientes industriales. El creciente interés en el uso de algas como bioestimulante también está atrayendo a la industria de las algas marinas a grandes corporaciones agroquímicas y de fertilizantes como Yara (India y Noruega), Syngenta, FMC, UPL y BASF.¹²⁸

La promesa: Las compañías de algas afirman que su uso como materia prima “basada en la naturaleza” desplazará a los combustibles fósiles y ayudará a “descarbonizar” la economía. Otros afirman que las algas pueden añadir un 10% a la actual oferta mundial de alimentos, liberando tierras para restaurarlas en vez de cultivarlas.¹²⁹ Algunos creen que la oferta de proteínas de algas marinas disminuirá el consumo de carne y lácteos, reduciendo a su vez las emisiones globales de carbono (de la agricultura animal). Los defensores de los fertilizantes a base de algas marinas apuntan a reemplazar las emisiones de efecto invernadero de la producción de fertilizantes.

También se afirma que alimentar el ganado con algas marinas reduce significativamente las emisiones de metano, un potente gas de efecto invernadero. *Asparagopsis taxiformis* (un alga roja) produce un compuesto llamado bromoformo, que inhibe las bacterias productoras de metano en los estómagos del ganado. Los estudios muestran que la adición de pequeñas cantidades de estas algas a la dieta de los rumiantes redujo las emisiones de metano entre 40 y 98%.¹³⁰ También se hacen afirmaciones triunfalistas sobre el uso de las algas como “bioestimulantes” de cultivos para aumentar los rendimientos.¹³¹

El problema: expandir el uso de las algas como fuente de proteínas no garantiza la sustitución de otras fuentes de proteínas más hostiles al clima. Incluso mientras las ventas de proteínas alternativas aumentaron 54% entre 2018 y 2021,¹³² las ventas de carne y lácteos también crecieron ese mismo período, y hay poca evidencia de reemplazo. La realidad es que las grandes corporaciones de la proteína industrial están creando un nuevo flujo de ingresos.¹³³ El argumento de que las emisiones de carbono se reducirán con el remplazo de las proteínas animales no está siendo probado.

El procesamiento de la biomasa de algas a niveles masivos, en biorrefinerías, probablemente dependa de biotecnologías riesgosas, y requiera la construcción de una extensa cadena logística para recolectar, secar, procesar y transportar algas marinas mientras se enfrentan factores como el moho y las infecciones. Las algas marinas húmedas son muy pesadas para transportar y secar, por lo que han surgido propuestas para que las biorrefinerías se sitúen en el mar para reducir la distancia —pero parece muy probable que este enfoque genere nuevos riesgos para el medio marino. En general, convertir las algas marinas en biocombustibles es poco realista. Seaweed for Europe, que es un grupo de promoción de algas marinas industriales, señala: “Los costos de la conversión de algas marinas en combustibles no se abaratarán lo suficiente en los próximos 10 años como para permitir que los biocombustibles derivados

de algas marinas compitan con otras alternativas”.¹³⁴

El uso de algas como alimento para el ganado también plantea serias preguntas. Los investigadores señalan que la principal sustancia derivada de algas marinas que inhibe la producción de metano (bromoformo) es tóxica para animales y humanos y puede aparecer en la leche y la orina. “Por algo hay límites para la cantidad máxima de bromoformo en el agua potable”, explica Wouter Muizelaar, investigador de Wageningen Livestock Research: “Que la sustancia pueda aparecer en la leche es sumamente preocupante”.¹³⁵ Dado que el bromoformo también agota la capa de ozono, la escalada de algas con alto contenido de bromoformo para alimentar al ganado puede aumentar el agotamiento del ozono.¹³⁶

4. Recuperación y restauración de la diversidad de algas

Contexto: Mientras la mayoría de los productores industriales de algas se centran en la expansión de las hectáreas cultivadas, los bosques naturales de algas marinas están desapareciendo rápidamente en algunas regiones, debido a los impactos del clima y al desarrollo humano. Investigadores han estimado el valor de los “servicios ecosistémicos” proporcionados por los bosques de algas marinas en 500 mil millones de dólares por año¹³⁷ y algunas empresas apuestan a que pueden ganar mucho si promueven la protección de las algas, la restauración de los ecosistemas y las actividades de recuperación en un futuro mercado de financiación de la biodiversidad. Aunque actualmente no existe un mercado *formal* de biodiversidad, tras la COP15 del CBD en 2022 el potencial para los créditos de biodiversidad (incluyendo los créditos de carbono “carismático”) es cada vez más evidente.¹³⁸ Por ejemplo la primera concesión de “créditos de carbono azul” del mundo para la restauración de kelp a la compañía Urchinomics, de recolección de erizos, que le otorgó la Japan Blue Economy Association.¹³⁹ Otro ejemplo son las actividades de la empresa británica Mossy Earth,



Foto: Benjamin L. Jones, Unsplash.

que vende créditos para la restauración de algas frente a las costas de Portugal.¹⁴⁰

Además de las corporaciones “de restauración”, nuevas *startups* buscan ganancias por la “limpieza” de algas invasoras y molestas, como el sargazo, que está impactando muchas actividades costeras en el Caribe y Centroamérica. Algunas firmas proponen cosechar el sargazo y sumergirlo o procesarlo en materiales de alto valor.¹⁴¹ La acuicultura multitrófica¹⁴² es otra propuesta que involucra el cultivo de algas marinas junto a otras actividades acuícolas para crear sistemas de producción mixtos, donde residuos y nutrientes de un aspecto del sistema alimentan otras partes.

La promesa: a diferencia de su cultivo industrial o hundimiento masivo, las algas marinas “restauradas” no crearían una cadena artificial de suministro de biomasa, sino que abordan un real y grave problema ecológico: la pérdida de bosques naturales de algas. Por ejemplo, California tuvo una desastrosa pérdida del 95% de la cubierta forestal natural de algas marinas cabeza de toro entre 2008 y 2019 debido a grandes cantidades de erizos púrpura que las

reemplazaron, dejando áreas totalmente estériles.¹⁴³ En tal situación, la “reforestación” con algas naturales mejoraría los ecosistemas oceánicos regionales y podría ampliarse rápidamente. Asimismo, el impacto del sargazo en el turismo, la pesca y la ecología costera del Caribe es un gran desafío para los gobiernos de los países afectados. Por lo tanto, la recolección, el hundimiento y el procesamiento del sargazo aparece como una solución tecnológica atractiva. La acuicultura multitrófica brindaría la oportunidad de aumentar la captura de proteínas de pescado y productos derivados, en un intento por crear sistemas de producción más ecológicos y circulares.

El problema: Suena bien. Pero las algas silvestres ya han estado “salvando el planeta”, mucho antes de que los industriales y financieros intentaran colocarse en la ecuación para hacer negocios. Estos ecosistemas han sido en general atendidos por comunidades costeras, pesquerías indígenas y campesinas y cultivadores artesanales de algas. La erosión y devastación de estos sistemas ha ocurrido a pesar de sus esfuerzos y ha sido causada por una variedad de actividades industriales y contaminación.

La toma de la supuesta “conservación y restauración” de los ecosistemas de algas marinas por parte de empresas privadas plantea importantes preocupaciones sobre el desplazamiento de los medios de vida tradicionales, la financiarización y privatización de la naturaleza y de la conservación y el consiguiente acaparamiento de recursos marinos. Los programas de conservación basados en la tierra como REDD+ han provocado decomisos de tierras tradicionales, interrupción del control comunitario y militarización de áreas a medida que las organizaciones buscaban (y a menudo competían por) el doble propósito de conservación y obtención de un retorno financiero. Los derechos humanos de pueblos indígenas, pescadores y campesinos suelen ser la primera víctima de la conservación privatizada. Aún más, incorporar la financiación privada y el afán de obtener beneficios de una supuesta limpieza de la contaminación (como la cosecha de sargazo) puede crear incentivos perversos para evitar abordar las causas profundas (es decir, el problema que crea el exceso de sargazo debe persistir para que los beneficios continúen).

Muchas comunidades indígenas y tradicionales se oponen firmemente a reducir el complejo funcionamiento de los ecosistemas y las relaciones culturales con el océano al lenguaje financiero que los define como “servicios de los ecosistemas” y pone precio a la biodiversidad. Cientos de años de historia demuestran que una vez que se establece un precio en sus territorios y a sus relaciones naturales, se facilita y avanza la expropiación colonial. En los casos en que ha ocurrido la entrega de derechos territoriales a empresas de conservación y cultivo de algas marinas, algunos grupos indígenas involucrados pueden no ser conscientes de que esto puede facilitar una nueva ola de apropiación colonial verde. En realidad, el lenguaje de “restauración” suele ser poco más que una etiqueta de relaciones públicas para actividades industriales que no tienen nada que ver con la recuperación de los bosques naturales de algas.¹⁴⁴



“El monocultivo de kelp es el equivalente marino de las plantaciones de árboles. Los monocultivos difieren de los ecosistemas naturales en que extirpan especies que crecen espontáneamente y perturban la dinámica, carecen de diversidad biológica, actúan como vectores patógenos extraños, carecen de resistencia a las amenazas y requieren una cosecha cíclica.”¹⁴⁵

Resistencia creciente

Derechos de los pueblos indígenas, campesinos y pescadores ante la industrialización de las algas

La rápida industrialización de las algas marinas plantea una amenaza a las culturas y economías costeras tradicionales, en particular a las comunidades indígenas, con sus prácticas y conocimientos, que tienen un papel vital en el cuidado de estos ecosistemas y el aumento de la biodiversidad. La producción de monocultivos de algas marinas podría contaminar o desplazar zonas de pesca y recolección que son cruciales para los modos de vida costeros.

Los derechos humanos existentes y la toma de decisiones por parte de comunidades costeras tradicionales, cultivadores artesanales de algas, recolectores de algas y pueblos indígenas, son amenazados con la siembra industrial de algas que busca generar ganancias mediante la supuesta captura de carbono, o cuando se presenta como un tipo de biodiversidad que puede financiarizarse y ser objeto de comercio. Las algas naturales y cultivadas tradicionalmente son vitales para la seguridad alimentaria, son parte importante de los medios de vida y las culturas de las comunidades costeras, por eso surgen preocupaciones directas sobre la vulnerabilidad de los derechos humanos ante las plantaciones industriales de algas.

Algunas algas constituyen lo que se ha llamado “especies clave de la cultura”. Este concepto se estableció a partir de los estudios de los grupos indígenas de Columbia Británica y su relación con las algas Red Laver (así como con el Cedro Rojo Occidental y la planta conocida como wapato o sagitaria).¹⁴⁶ La Plataforma Intergubernamental

Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IP-BES) reconoció que especies como las algas marinas silvestres son esenciales para el bienestar de los pueblos indígenas y las comunidades locales.¹⁴⁷

En algunas áreas, los derechos y formas de vida indígenas ya son tema importante y de preocupación en el debate sobre la industrialización de las algas marinas. Mientras que algunas comunidades indígenas han aceptado negociar con productores de algas para arrendar terrenos tradicionales,¹⁴⁸ otras han expresado una fuerte oposición. Un ejemplo es el Consejo Intertribal de Áreas Silvestres de Sinkyone, que representa a diez tribus indígenas del norte de California, cuyos territorios tradicionales se extienden hasta el Océano Pacífico. En una carta de 2021 a la legislatura de California, el Consejo explicó: “Las tribus han sido testigos de una serie de ataques continuos contra el medio marino que han causado la extinción y grave declive de numerosas especies y hábitats.”¹⁴⁹ Los pueblos de Sinkyone rechazan los llamados reclamos “verdes” de la agricultura de algas marinas y pidieron a la legislatura que no confundiera los lechos de algas naturales con los monocultivos. El Consejo escribió: “El monocultivo de kelp es el equivalente marino de las plantaciones de árboles. Los monocultivos difieren de los ecosistemas naturales en que extirpan especies que crecen espontáneamente y perturban la dinámica, carecen de diversidad biológica, actúan como vectores patógenos extraños, carecen de resistencia a las amenazas y requieren una cosecha cíclica.”¹⁵⁰

Gobernanza precautoria

¿Qué políticas necesitamos para proteger las algas marinas y los bienes comunes?

La formulación de políticas sobre las algas marinas abarca varios ámbitos de la gobernanza nacional, regional e internacional, pero la adopción de decisiones sobre el mar es controvertida y complicada.

Pueblos indígenas, pescadores y campesinos

La gobernanza relacionada con las algas marinas no debe reducirse a considerarlas como biomasa o recursos marinos; nunca deben aislarse de su importante relación histórica y económica actual con las comunidades que tradicionalmente las han cultivado.

La Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (conocida como UNDRIP por sus siglas en inglés) subraya la importancia de obtener el Consentimiento Libre Previo e Informado para cualquier actividad que afecte los derechos de los pueblos indígenas a la tierra, el territorio y los recursos.¹⁵¹

Además, los pueblos indígenas deben estar correctamente informados (incluso antes del desarrollo de proyectos) sobre los impactos ambientales y los riesgos del cultivo de algas marinas. Esto incluye descartar las promesas que involucran supuestos créditos de carbono y beneficios climáticos, afirmaciones que para nada están probadas e incluso podrían tener efecto contrario. La Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los campesinos y otras personas que trabajan en las zonas rurales (UNDROP, por sus siglas en inglés)¹⁵² destaca también los derechos al consentimiento informado previo de las comunidades costeras dedicadas a la pesca y la recolección, incluidas las algas. Especifica que las personas tienen derecho al acceso y uso de los recursos naturales de manera sostenible.

La ubicación de instalaciones de producción industrial de algas en áreas tradicionales de pesca y recolección, particularmente si impactan negativamente a las poblaciones silvestres, conllevan altas probabilidades de socavar los derechos establecidos en estas Declaraciones.



Océanos y gobernanza marina

Las autoridades nacionales y regionales tienen voz en la planificación del espacio marino, y las autoridades tribales e indígenas también son reconocidas como agentes de la planificación marina en algunos países (y en otros, deberían serlo). Ejemplos de iniciativas regionales y nacionales incluyen un plan de acción de la Unión Europea de noviembre de 2022 para promover el cultivo de algas.¹⁵³ El Congreso de Estados Unidos introdujo una ley en 2023 para promover el cultivo industrial de algas marinas, aunque la ley estableció también un fondo que se refiere a las naciones indígenas.¹⁵⁴ – Las autoridades nacionales deben tener en cuenta los impactos sociales y ambientales de estas iniciativas en lugar de promover su cultivo industrial.

En el plano internacional, las propuestas de cultivo y hundimiento de algas marinas podrían quedar bajo la supervisión del nuevo *Tratado de alta mar* recientemente aprobado, pero sólo entrará en vigor cuando lo ratifiquen 60 países.¹⁵⁵ La Convención de Londres y el Protocolo de Londres (sobre el vertido de materias y desechos al mar) tienen la responsabilidad de regular las actividades de geoingeniería marina¹⁵⁶ – esto debe incluir el hundimiento y el cultivo de algas marinas en alta mar. Las decisiones sobre el medio marino deben ser coherentes con la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM). La ONU mantiene un proceso regular para la presentación de informes y evaluación del estado del medio marino, incluyendo aspectos socioeconómicos, para construir una Evaluación Mundial de los Océanos.¹⁵⁷ Esta evaluación se encuentra ahora en su tercer ciclo y puede considerar cuestiones relacionadas con el cultivo industrial de algas marinas.

Gobernanza climática

El papel de las algas marinas en el clima y la vida oceánica se ha discutido en los Diálogos sobre los océanos de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio

Climático (CMNUCC). Es muy preocupante es que el escalamiento de cultivos industrial de algas surgió en el marco de las negociaciones sobre los mecanismos del mercado de carbono como un medio para generar ganancias. Se estableció un Órgano de Supervisión para el artículo 6.4 del Acuerdo de París, para estudiar y formular propuestas sobre las fuentes de remoción de carbono aceptables, incluidas la geoingeniería marina y otros tipos de geoingeniería.¹⁵⁸ La industria de las algas y sus aliados están presionando para que se reconozca el cultivo y el hundimiento de algas marinas como técnicas de remoción de CO₂ para los nuevos mercados de carbono. Es imperativo respetar las decisiones de precaución relativas a la geoingeniería marina establecidas en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y en la Convención de Londres/Protocolo de Londres. El hecho de que la ciencia independiente sobre los ecosistemas de algas -y sobre los sistemas artificiales industriales de su cultivo- afirma que no son sumideros de carbono significativos, y que muy lejos de lo que los empresarios promueven, podrían incluso ser fuente de emisión de carbono, debe sentar las bases para excluir el cultivo y hundimiento de algas de todas las discusiones sobre los mercados de carbono y las estrategias de remoción de carbono en los debates del Artículo 6 de la CMNUCC y en otros espacios, incluidos los mercados voluntarios.

Gobernanza alimentaria

Dado que las algas marinas son un alimento que proviene de los océanos y se utilizan en la agricultura como alimento de animales, y en forma de fertilizantes y bioestimulantes, la FAO supervisa los desarrollos comerciales de las algas marinas y publicó un resumen de la producción mundial en 2021.¹⁵⁹ En 2022, junto con la Organización Mundial de la Salud, publicó otro informe sobre la seguridad alimentaria basada en las algas marinas, en el que se recomendaba que el *Codex Alimentarius* elaborara normas de salud y seguridad.¹⁶⁰ La FAO está preparando una hoja de ruta



“para que los sistemas alimentarios sean más sostenibles”, que puede referirse al papel de las algas en cambio climático.

¹⁶¹ Ni la FAO ni el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial han abordado el impacto que puede tener la industrialización de las algas marinas en las formas alimentarias tradicionales e indígenas, incluido el desplazamiento de la pesca y las actividades alimentarias costeras.

Gobernanza de la biodiversidad

A medida que los promotores de las algas amplían su enfoque a los beneficios de la biodiversidad y la financiación de la biodiversidad, el CDB puede resultar un foro importante para la supervisión y regulación preventiva de la industrialización de las

algas marinas. El CDB protege la biodiversidad marina y costera y el uso sostenible por los pueblos indígenas y las comunidades locales. Tanto el CDB como el Panel Internacional de Expertos en Biodiversidad y Servicios de Ecosistemas (IPBES) destacan la importancia de proteger las especies silvestres, particularmente por razones culturales y ecológicas, y reconocen el papel esencial desempeñado por los pueblos indígenas y las comunidades locales. Los objetivos 4, 5, 6 y 9 del Marco Mundial Kunming-Montreal de la Diversidad Biológica aprobado en 2022 enfatizan la diversidad genética, el uso sostenible de especies silvestres, los riesgos de las especies invasoras y la importancia de proteger el uso consuetudinario de los pueblos indígenas y las comunidades locales.¹⁶²

Conclusiones y próximos pasos

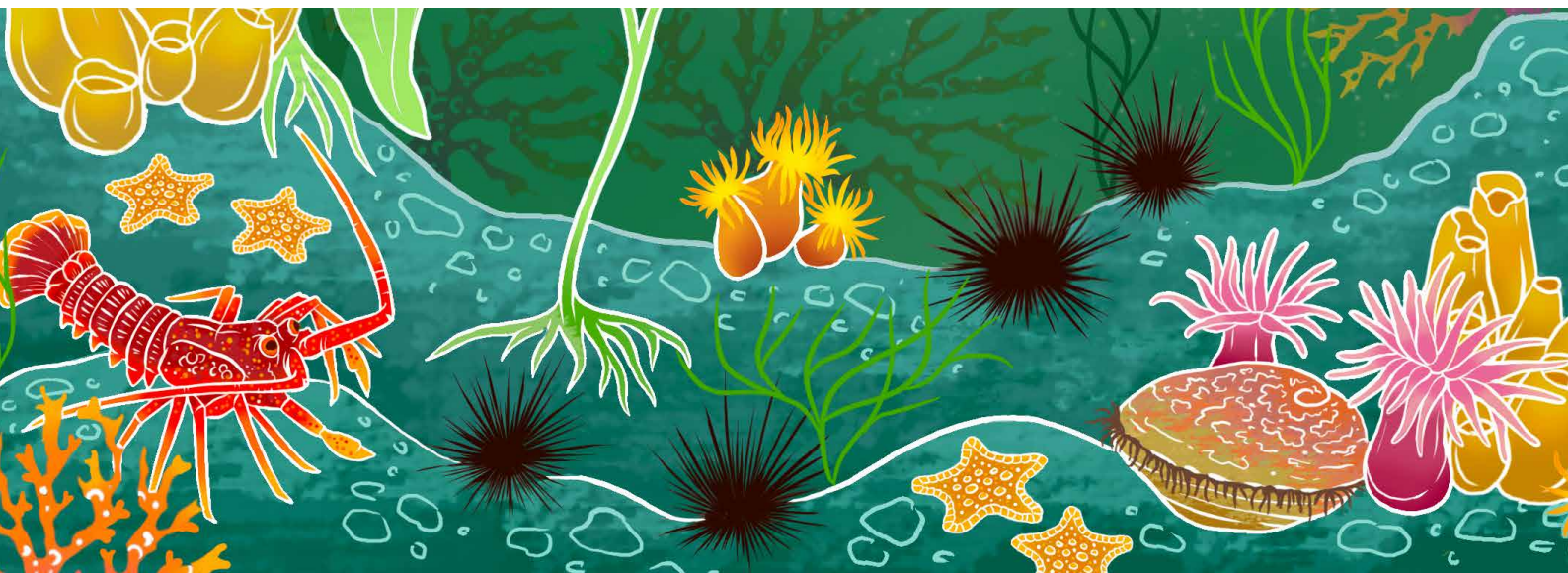
Defender las algas marinas como bienes comunes

Hemos visto en este reporte que las algas marinas no son una solución climática mágica, pero sí son muy importantes. Es necesario fortalecer un movimiento para defender sus hábitats naturales y a las comunidades y pueblos indígenas que las han cultivado durante siglos frente a la escalada para convertirlas en un monocultivo industrial, que conllevará enorme impactos ambientales y sociales.

Por desgracia, hemos visto este tipo de escalada antes. Por ejemplo, entre 2005 y 2010, empresarios “verdes”, inversores en tecnología y algunos activistas climáticos apoyaron e impulsaron con entusiasmo la ampliación de los biocombustibles agroindustriales y la electricidad basada en la producción industrial de biomasa. Fue necesaria una crisis alimentaria global, violentos acaparamientos de tierras y una protesta masiva de agricultores y movimientos de soberanía alimentaria para conseguir que enfriaran su entusiasmo a regañadientes. Finalmente reconocieron, estudios científicos de por medio, que el cambio en el uso de la tierra

para producir bioenergía industrial no resultaba en el secuestro de carbono como afirmaban en sus cálculos iniciales.¹⁶³ Aun así, la formulación de políticas ha tardado años en ponerse al día con la ciencia crítica. Las lecciones deben aprenderse mucho más rápidamente en el caso de las algas.

Al igual que con los biocombustibles agroindustriales, los resultados reales del secuestro de carbono a través del cultivo industrial de algas marinas son cada vez más claros, en particular debido a los estudios que muestran que habría una liberación potencial neta de carbono en las áreas de algas marinas cultivadas industrialmente. Las grandes organizaciones “verdes” y quienes financian acciones climáticas deben informarse y reconocer los serios límites del cultivo industrial de algas marinas y sus impactos potencialmente muy graves en las comunidades tradicionales, los pueblos indígenas y el ambiente, y frenar la retórica de las algas marinas industriales como “salvadoras” del planeta y la crisis climática.



Debemos centrarnos en lo que realmente importa: proteger los ecosistemas y poblaciones de algas naturales junto a las culturas y las economías tradicionales artesanales de algas que los salvaguardan, frente a los intentos de convertir el cultivo de algas en una enorme y nociva industria.

Los derechos de los pueblos indígenas, pescadores, campesinos, de comunidades costeras y cultivadores tradicionales de algas, incluidos sus derechos a la consulta y al libre consentimiento previo e informado para cualquier actividad que afecte su acceso a la tierra, el territorio, y los recursos, deben ser honrados e implementados, como se establece en la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas (UNDRIP) y la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los campesinos y otras personas que trabajan en las zonas rurales (UNDROP). El despliegue industrial de la producción de algas en las zonas tradicionales de pesca y recolección socava estos derechos.

Por lo tanto, para crear el cambio necesario en la política de las algas marinas, los gobiernos deben considerar urgentemente:

- **Prohibir** el cultivo industrial y el hundimiento de algas a gran escala, incluyendo no otorgar licencias y evitar su expansión. Como primera medida inmediata, debe establecerse una moratoria sobre su despliegue industrial.
- **Excluir** el cultivo y el hundimiento de algas marinas de todas las discusiones sobre el Artículo 6 en la CMNUCC e impedir su inclusión en cualquier esquema de remoción de carbono o mercado de carbono, incluidos los mercados voluntarios.
- **Establecer** normas de precaución, elaboradas conjuntamente y acordadas con los pueblos indígenas y las comunidades costeras tradicionales, para proteger las algas silvestres, sus ecosistemas y los cultivos artesanales y medios de vida tradicionales.
- **Asegurar** que las actividades de algas

se mantengan en pequeña escala, culturalmente apropiadas y basadas en el cultivo ecológico.

- **Prohibir** la liberación de algas u otros organismos modificados genéticamente en ecosistemas de algas marinas y otros ecosistemas relacionados.
- **Implementar** normas estrictas que rijan la llamada “restauración” de las algas marinas para asegurar que sean actividades informadas y dirigida por las comunidades tradicionales, haciendo hincapié en el uso tradicional sostenible y consuetudinario y en la protección de las algas, y no en la financiarización; y garantizar que todo proyecto que involucre restauración se base en un proceso de consulta y consentimiento libre, previo e informado con los pueblos indígenas y las comunidades costeras afectadas.
- **Promover y proporcionar** financiación para la evaluación tecnológica precautoria y participativa y la investigación multidisciplinaria sobre la realidad de las afirmaciones relativas a las algas marinas como sumideros de carbono, sustitutos de proteínas, bioestimulantes y fuente de alimentación animal; y de intervenciones tecnológicas propuestas, como la ingeniería genética y la automatización en la industria de las algas, que permitan una investigación completa de las preocupaciones relacionadas con los impactos culturales, económicos y ambientales de estas actividades industriales, incluidas las cuestiones relacionadas con la seguridad y la bioseguridad.

Se deben priorizar, reconocer y proteger los medios de vida, las prácticas culturales y tradicionales de los recolectores y cultivadores artesanales de algas, pueblos indígenas y comunidades costeras donde las algas son una especie cultural clave. Es hora de actuar para proteger las algas marinas como medio de vida tradicional y un bien común para las generaciones futuras.

Anexo 1

Una selección parcial de compañías de algas

Nombre de la empresa	Sitio web	País	Tipo de alga	Modelo de negocio	¿Afirma sobre Clima / carbono?	Créditos o certificados de carbono
Arctic Seaweed	https://aseaweed.com	Noruega	Kelp	CULTIVO DE ALGAS/ AUTOMATIZACIÓN	Sí	Sí
Akua	https://akua.co/	NY, USA	Kelp	PROTEÍNA ALTERNATIVA DE ALGAS	Sí	
Algae Demo Project	https://www.algaedemo.eu/the-project/	USA (Países Bajos/Bélgica)	Kelp de azúcar, Wakame	CULTIVO DE ALGAS/ AUTOMATIZACIÓN		
Atlantic Sea farms	https://atlanticseafarms.com	USA	Kelp	CULTIVO DE ALGAS:		
Australis Holdings (Greener Grazing)	https://www.greenergrazing.org/project	USA / Vietnam	Asparagopsis Taxiformis	CULTIVO DE ALGAS: ALIMENTO PARA GANADO	Sí	
Biome Algae	https://www.biomealgae.co.uk/seaweed	RU	Kelp de azúcar, Wakame	CULTIVO DE ALGAS/ BIORREFINERÍA		
Blu3	https://blu3.io	San Francisco, USA		CADENA DE SUMINISTRO DE ALGAS	Sí	Sí
Blue Evolution	https://www.blueevolution.com	California y Alaska, USA	Kelp	CULTIVO/CRÍA DE ALGAS	Sí	
Bzeos	https://www.bzeos.com	Oslo, Noruega		PLÁSTICOS DE ALGA		
Canopy Blue /Grey Innovation	https://canopyblue.co	Australia Occidental	Kelp	CULTIVO DE ALGAS	Sí	Sí
Cascadia	https://www.cascadiaseaweed.com	Columbia Británica, Canadá	Kelp	CULTIVO DE ALGAS /ALIMENTO/ BIORREFINERÍA	Sí	Sí
Climate Foundation	https://climatefoundation.org	Seattle, USA		CULTIVO DE ALGAS MAR ABIERTO/ HUNDIMIENTO	Sí	Sí
Dutch Seaweed Group	https://www.dutchseaweedgroup.com/en/	Países Bajos	Kelp de azúcar, Wakame	CULTIVO DE ALGAS		
Everything Seaweed	https://www.everythingseaweed.net	Maine, USA		BIORREFINERÍA DE ALGAS		
Fearless Fund	https://www.fearlessfund.org	USA	Sargazo	SARGAZO: REMOCIÓN/ CRECIMIENTO	Sí	
First Gigaton / Sea Cat	https://www.sea.cat	Filipinas		CULTIVO DE ALGAS	Sí	
Greenwave	https://www.greenwave.org		Kelp	CULTIVO DE ALGAS	Sí	

Una selección parcial de compañías de algas

Nombre de la empresa	Sitio web	País	Tipo de alga	Modelo de negocio	¿Afirma sobre Clima / carbono?	Créditos o certificados de carbono
(continuación)						
Hortimare	www.Hortimare.com	Países Bajos	Varios	CRIADERO DE ALGAS		
Kelp Blue	https://kelp.blue/	Namibia, Alaska, Nueva Zelanda	Kelp	CULTIVO DE ALGAS/ BIORREFINERÍA	Sí	
Kelpi	Kelpi.net	RU	Kelp	PLÁSTICOS DE ALGA		
Loliware	https://www.loliware.com	NY, USA		PLÁSTICOS DE ALGA	Sí	
Nordic Sea farms	https://en.nordicseafarm.com	Gothenburg, Suecia	Kelp	CULTIVO DE ALGAS	Sí	
Notpla	www.notpla.com/	RU		PLÁSTICOS DE ALGA		
Oceanium	https://oceanium.world	Escocia	Kelp	BIORREFINERÍA DE ALGAS		
Ocean Rainforest	https://www.oceanrainforest.com	Islas Feroe / California	Kelp	CULTIVO DE ALGAS/ MATERIALES A BASE DE ALGAS	Sí	
Ocean Regenerative	https://www.oceanregenerative.com	Columbia Británica, Canadá	Kelp	CULTIVO DE ALGAS/ BIORREFINERÍA	Sí	
Origin by Ocean	https://www.originbyocean.com	Helsinki, Finlandia		BIORREFINERÍA DE ALGAS		
Phykos	https://www.phykos.co	USA	Kelp	AUTOMATIZACIÓN / HUNDIMIENTO DE ALGAS		
Primary Ocean	http://www.primaryocean.com	Los Ángeles, USA		CULTIVO DE ALGAS/ BIORREFINERÍA	Sí	
Pull to Refresh	https://pulltorefresh.earth	Colorado, USA	Sargazo	RECOLECCIÓN / AUTOMATIZACIÓN / HUNDIMIENTO DE SARGAZO	Sí	Sí
Running Tide	www.runningtide.com	Maine, USA	Kelp	CULTIVO DE ALGAS/ AUTOMATIZACIÓN / HUNDIMIENTO	Sí	Sí
Sea 6	www.Sea6energy.com	Bengaluru India, También Indonesia		CULTIVO DE ALGAS/ AUTOMATIZACIÓN		
Seafields	https://www.seafields.eco	RU	Sargazo	CULTIVO / HUNDIMIENTO DE SARGAZO	Sí	Sí
Seaweed Carbon Solutions	see https://www.dnv.com/news/commencing-carbon-capture-with-seaweed-228139	Noruega	Kelp	CULTIVO DE ALGAS/ HUNDIMIENTO / BIOCOMBUSTIBLE		
Seaweed Generation	https://www.seaweedgeneration.com	RU	Sargazo	HUNDIMIENTO / AUTOMATIZACIÓN DE CULTIVO DE SARGAZO	Sí	Sí
Seaweed Solutions	https://seaweedsolutions.com	Noruega, Portugal		CULTIVO DE ALGAS EN MAR ABIERTO		
SOS Carbon	https://soscarbon.com/about-us	USA	Sargazo	AUTOMATIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE SARGAZO		Sí

Una selección parcial de compañías de algas

Nombre de la empresa	Sitio web	País	Tipo de alga	Modelo de negocio	¿Afirma sobre Clima / carbono?	Créditos o certificados de carbono
(continuación)						
The Southern Ocean Carbon Company	https://southernoceancarbon.com	Tasmania Australia	Kelp	CULTIVO DE ALGAS/ BIOCOMBUSTIBLE	Sí	
Sway the future	https://swaythefuture.com	Oakland, USA		BIORREFINERÍA DE ALGAS		
Tango Seaweed	https://www.tangoseaweed.no	Noruega	Kelp	CULTIVO DE ALGAS	Sí	Sí
Tend Ocean	https://www.tendocean.com	USA		AUTOMATIZACIÓN DE ALGAS	Sí	
The Seaweed Company	https://www.theseaweedcompany.com	Países Bajos, Irlanda, India, Marruecos	Varios	CULTIVO DE ALGAS Y ALIMENTO	Sí	Sí
Urchinomics	https://www.urchinomics.com/faqs/	Noruega, Japón	Kelp	RESTAURACIÓN DE KELP / CULTIVO DE ERIZOS	Sí	Sí
Volta Greentech	https://www.voltagreentech.com	Suecia	Asparagopsis Taxiforme	ALIMENTO PARA GANADO DE ALGAS	Sí	

Notas

- 1 World Bank Group. (2016) Seaweed aquaculture for food security, income generation and environmental health in tropical developing countries. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/306396642>
- 2 Ver el argumento de Arin Crumley en Temple, J. (2021) "Companies hoping to grow carbon-sucking kelp may be rushing ahead of the science", MIT Technology Review, septiembre 19, 2021. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/2021/09/19/1035889/kelp-carbon-removal-seaweed-sinking-climate-change/>
- 3 The Seaweed Commons. (2022) A Precautionary Approach to Seaweed Aquaculture in North America - A Position Paper. Disponible en: <https://seaweedcommons.org/wp-content/uploads/Seaweed-Commons-Position-Paper-on-Kelp-11.pdf>
- 4 Zhang, Q.-C., Yu, R.-C., Chen, Z.-F., Qiu, L.-M., et al. (2018) "Genetic evidence in tracking the origin of *Ulva* proliferate blooms in the Yellow Sea, China", *Harmful Algae*, 78, pp. 86-94. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.08.002>
- 5 Cotas, J., Gomes, L., Pacheco, D., Pereira, L. (2023) "Ecosystem Services Provided by Seaweeds", *Hydrobiology*, 2(2023), pp. 75-96. Disponible sólo en inglés en: <https://doi.org/10.3390/hydrobiology2010006>
- 6 De acuerdo con la base de datos AlgaeBase, hay unas 11 mil especies de algas, de las cuales 7500 son rojas (Rhodophyta), 2000 son pardas y 1500 son verdes. Guiry, M. D. y Guiry, G. M. (2023) AlgaeBase, National University of Ireland, Galway. Disponible en: <https://www.algaebase.org> (consultado en junio 26, 2023).
- 7 Sherriff, L. (2023) "The hidden underwater forests that could help tackle the climate crisis", *The Guardian*, enero 2, 2023. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2023/jan/02/kelp-seaweed-forests-research-climate-crisis>
- 8 Pérez-Lloréns, J. L., Mouritsen, O. G., Rhatigan, P., Cornish, M. L., Critchley, A. T. (2020) "Seaweeds in mythology, folklore, poetry, and life", *Journal of Applied Phycology*, 32(5), pp. 3157-3182. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02133-0>
- 9 Sultana, F., Wahab, M. A., Nahiduzzaman, M., Mohiuddin, M. et al. (2023) "Seaweed farming for food and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, and women empowerment: A review", *Aquaculture and Fisheries*, 8(5). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.09.001>. La fuente de las estadísticas es la ONU. Ver: Cai, J. (FAO). (2021) "Global status of seaweed production, trade and utilization", presentación, Seaweed Innovation Forum, Belice, mayo 28, 2021. Disponible en: <https://www.competecaribbean.org/wp-content/uploads/2021/05/Global-status-of-seaweed-production-trade-and-utilization-Junning-Cai-FAO.pdf>. Ver también la tabla de HATCH Innovation Services, basada en datos de la ONU: Seaweed Insights. (n.d.) "Global Production Overview", disponible en: <https://seaweedinsights.com/global-production/>
- 10 Nayer, S. y Bott, K. (2014) "Current status of global cultivated seaweed production and markets", *World Aquaculture*, 45(2), pp. 32-37. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265518689_Current_status_of_global_cultivated_seaweed_production_and_markets
- 11 Sultana, F., Wahab, M. A., Nahiduzzaman, M., Mohiuddin, M. et al. (2023) "Seaweed farming for food and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, and women empowerment: A review", *Aquaculture and Fisheries*, 8(5). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.09.001>. Para el tamaño del mercado en 2021, ver Fortune Business Insights. (n.d.) "Commercial Seaweed Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Type (Red Seaweed, Brown Seaweed, and Green Seaweed), Form (Flakes, Powder, and Liquid), End-uses (Food & Beverages, Agricultural Fertilizers, Animal Feed Additives, Pharmaceuticals, and Cosmetics & Personal Care), and Regional Forecast, 2021-2028". Disponible en: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/commercial-seaweed-market-100077>
- 12 UN FAO. (2021) "An underwater ally for food security and healthy ecosystems", marzo 18, 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/gfcm/news/detail/en/c/1381819/>. Ver también, Hermans, S. (2021) "Seaweed Aquaculture's Untapped Potential", *Protein Report*, octubre 12, 2021. Disponible en: <https://www.proteinreport.org/seaweed-aquacultures-untapped-potential>
- 13 Troell, M., Henriksson, P. J. G., Buschmann, A. H., Chopin, T. y Quahe, S. (2022) "Farming the Ocean – Seaweeds as a Quick Fix for the Climate?", *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, DOI: 10.1080/23308249.2022.2048792. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23308249.2022.2048792>
- 14 "Según la Dra. Lynn Cornish: Con base en métricas de publicación científica, los esfuerzos de bioprospección entre 1965 y 2012 resultaron en un total de 3129 productos marinos naturales (MNP) o moléculas bioactivas de las algas marinas." La cita es de Cai, J. (FAO). (2021) "Global status of seaweed production, trade and utilization", presentación, Seaweed Innovation Forum, Belice, mayo 28, 2021. Disponible en: <https://www.competecaribbean.org/wp-content/uploads/2021/05/Global-status-of-seaweed-production-trade-and-utilization-Junning-Cai-FAO.pdf>
- 15 Para una reseña de la explosión más reciente de la burbuja de biocombustible, ver Anon. (2022) "Stop trying to make algae biofuels happen", *Canary Media*, febrero 01, 2022. Disponible en: <https://www.canarymedia.com/articles/climatetech-finance/stop-trying-to-make-algae-biofuels-happen>
- 16 Fortune Business Insights. (n.d.) "Commercial Seaweed Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Type (Red Seaweed, Brown Seaweed, and Green Seaweed), Form (Flakes, Powder, and Liquid), End-uses (Food & Beverages, Agricultural Fertilizers, Animal Feed Additives, Pharmaceuticals, and Cosmetics & Personal Care), and Regional Forecast, 2021-2028". Disponible en: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/commercial-seaweed-market-100077>

- 17 Giercksky, E. y Doumeizel, V. (2020) *Seaweed Revolution: A Manifesto for a Sustainable Future*, Lloyd's Register Foundation. Disponible en: <https://ungc-communications-assets.s3.amazonaws.com/docs/publications/The-Seaweed-Manifesto.pdf> y The Global Seaweed Coalition About us webpage, disponible en: <https://www.safe-seaweedcoalition.org/about-us/>
- 18 Ver Net Zero Tracker en <https://zerotracker.net>
- 19 Ver, por ejemplo, Greenpeace UK. (2021) "Net expectations: assessing the role of carbon dioxide removal in companies' climate plans", enero 2021, p. 8. Disponible en: <https://www.greenpeace.org.uk/wp-content/uploads/2021/01/Net-Expectations-Greenpeace-CDR-Briefing-updated2.pdf>
- 20 McKinsey & Company. (2022) "Blue Carbon: The potential of Coastal and Oceanic Climate Action", mayo 13, 2022. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/blue-carbon-the-potential-of-coastal-and-oceanic-climate-action>
- 21 Geoengineering Monitor. (2022) "UNFCCC article 6.4: No to legitimizing geoengineering and land-based offsets", noviembre 2022. Disponible en: <https://www.geoengineeringmonitor.org/2022/11/unfccc-article-6-4-no-to-legitimizing-geoengineering-and-land-based-offsets/>
- 22 Currie, D. E. J. (2012) "A Brief Primer on Ocean Fertilization in the CBD and the London Convention and Protocol", octubre 19, 2012. Disponible en: <https://www.etcgroup.org/content/brief-primer-ocean-fertilization-cbd-and-london-convention-and-protocol>
- 23 Ver Target 19, United Nations Convention on Biological Diversity. (2022) The Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, especialmente el acuerdo Target 19 (d), diciembre, 2022. Disponible en: <https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>
- 24 Ver, por ejemplo, Friends of The Earth International on the Financialisation of Nature. Disponible en: <https://www.foei.org/what-we-do/forests-and-biodiversity/financialisation-of-nature/>
- 25 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022) *A Research Strategy for Ocean-based Carbon Dioxide Removal and Sequestration*, Washington, D. C: The National Academies Press, p. 134. Disponible en: <https://doi.org/10.17226/26278>
- 26 Burns W. (2022) "Can kelp help? The potential role of ocean afforestation", *Illuminem*, julio 13, 2022. Disponible en: <https://illuminem.com/illuminemvoices/can-kelp-help-the-potential-role-of-ocean-afforestation>. La estimación es de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022) *A Research Strategy for Ocean-based Carbon Dioxide Removal and Sequestration*, Washington, D. C: The National Academies Press, p. 133. Disponible en: <https://doi.org/10.17226/26278>
- 27 Duarte, C. M., Delgado-Huertas, A., Marti, E., Gasser, B. et al. (2023) "Carbon Burial in Soils below Seaweed Farms", *bioRxiv* preimpresión publicada el 02 de abril, 2023, p. 11. Disponible en: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.01.02.522332v2/>
- 28 Duarte, C. M., Delgado-Huertas, A., Marti, E., Gasser, B. et al. (2023) "Carbon Burial in Soils below Seaweed Farms", *bioRxiv* preimpresión publicada el 02 de abril, 2023, p. 11. Disponible en: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.01.02.522332v2/>
- 29 Según la EPA de EE.UU. un vehículo de pasajeros típico emite alrededor de 4.6 toneladas métricas de CO₂ por año. Ver U.S. EPA (n.d.), Tailpipe Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle. Disponible en: <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>
- 30 Gallagher, J. B., Shelamoff, V., Layton, C. (2022) "Seaweed ecosystems may not mitigate CO₂ emissions", *ICES Journal of Marine Science*, 79, pp.585–592. Disponible en: <https://academic.oup.com/icesjms/article/79/3/585/6525671>
- 31 Gallager, J. (2022) "Kelp won't help: why seaweed may not be a silver bullet for carbon storage after all", *The Conversation*, marzo 10, 2022. Disponible en: <https://theconversation.com/kelp-wont-help-why-seaweed-may-not-be-a-silver-bullet-for-carbon-storage-after-all-178018>
- 32 Bach, L. T., Tamsitt, V., Gower, J., Hurd, C. L. et al. (2021) "Testing the climate intervention potential of ocean afforestation using the Great Atlantic Sargassum Belt", *Nature Communications* 12, 2556. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22837-2>
- 33 Bach, L. T., Tamsitt, V., Gower, J., Hurd, C. L. et al. (2021) "Testing the climate intervention potential of ocean afforestation using the Great Atlantic Sargassum Belt", *Nature Communications* 12, 2556. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22837-2>
- 34 Gallager, J. (2022) "Kelp won't help: why seaweed may not be a silver bullet for carbon storage after all", *The Conversation*, marzo 10, 2022. Disponible en: <https://theconversation.com/kelp-wont-help-why-seaweed-may-not-be-a-silver-bullet-for-carbon-storage-after-all-178018>.
- 35 Spillias, S., Kelly, R., Cottrell, R. S., O'Brien, K. R. et al. (2023) "The empirical evidence for the social-ecological impacts of seaweed farming", *PLOS Sustainability and Transformation* 2(2): e0000042. Disponible en: <https://journals.plos.org/sustainabilitytransformation/article?id=10.1371/journal.pstr.0000042>
- 36 Gallager, J. (2022) "Kelp won't help: why seaweed may not be a silver bullet for carbon storage after all", *The Conversation*, marzo 10, 2022. Disponible en: <https://theconversation.com/kelp-wont-help-why-seaweed-may-not-be-a-silver-bullet-for-carbon-storage-after-all-178018>
- 37 Gallager, J. (2022) "Kelp won't help: why seaweed may not be a silver bullet for carbon storage after all", *The Conversation*, marzo 10, 2022. Disponible en: <https://theconversation.com/kelp-wont-help-why-seaweed-may-not-be-a-silver-bullet-for-carbon-storage-after-all-178018>.
- 38 Jones, N. (2023) "Banking on the seaweed rush", *Hakai Magazine*, marzo 14, 2023. Disponible en: <https://hakaimagazine.com/features/banking-on-the-seaweed-rush/>
- 39 Hu, Z.-M., Qin, L.-J., Ye, N.-H., Liu, Y. y Chen, J. (2021). "Kelp aquaculture in China: a retrospective and future prospects", *Reviews in Aquaculture*, 13, pp. 1324-1351. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/raq.12524>

- 40 Boyd, P. W., Bach, L. T., Hurd, C. L., Lenton, A., Gruber, N. y Trull, T. W. (2022). "Potential negative effects of ocean afforestation on offshore ecosystems", *Nature Ecology & Evolution*, 6, pp. 675-683. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01722-1>
- 41 Grebe, G. S., Buschmann, A. H., Camus, C. y Duarte, C. M. (2019) "An ecosystem approach to kelp aquaculture in the Americas and Europe", *Aquaculture Reports*, 15. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100215>
- 42 Campbell, I., Macleod, A., Sahlmann, C., Neves, L., Funderud, J., Øverland, M., Hughes, A. D. y Stanley, M. (2019) "The Environmental Risks Associated With the Development of Seaweed Farming in Europe - Prioritizing Key Knowledge Gaps", *Frontiers in Marine Science*, 6, marzo 22, 2019. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2019.00107>
- 43 Bishop, M. J., Mayer-Pinto, M., Airolidi, L., Firth, Morris, R. L. et al. (2017) "Effects of ocean sprawl on ecological connectivity: impacts and solutions", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 492, pp. 7-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.021>
- 44 La definición es de Balbar, A. C. y Metaxas, A. (2019) "The current application of ecological connectivity in the design of marine protected areas", *Global Ecology and Conservation*, 17. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00569>
- 45 Rasher, D. B. y Hay, M. E. (2010) "Chemically rich seaweeds poison corals when not controlled by herbivores", *PNAS*, 107(21), pp. 9683-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.0912095107>
- 46 Ross, F., Tarbuck, P. y Macreadie, P. (2022) "Seaweed afforestation at large-scales exclusively for carbon sequestration: Critical assessment of risks, viability and the state of knowledge", *Frontiers in Marine Science*, 9, artículo 1015612. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1015612>
- 47 Williams, S. L. y Smith, J. E. (2007) "A global review of the distribution, taxonomy, and impacts of introduced seaweeds", *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 38, pp. 327-359. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095543>
- 48 Conklin, E. y Smith, J. (2005) "Abundance and Spread of the Invasive Red Algae, *Kappaphycus* spp., in Kaneohe Bay, Hawai'i and an Experimental Assessment of Management Options", *Biological Invasions*, 7, pp. 1029-1039. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10530-004-3125-x>
- 49 Guo, X., Zhu, A. y Chen, R. (2021) "China's algal bloom suffocates marine life", *Science*, 373, pp. 751-751. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.abl5774>
- 50 Por ejemplo, National Geographic. (2011) "Photos: Thick Green Algae Chokes Beach—Swimmers Dive In", julio 27, 2011. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.com/travel/article/110725-algae-china-beaches-qingdao-swimming-science-environment-world>
- 51 Genter, E. (2023) "A minuscule snail is attacking Maine's Growing Seaweed Farms", *Bangor Daily*, enero 11, 2023. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20230111060027/https://www.bangordailynews.com/2023/01/11/news/midcoast/sea-snails-maine-seaweed-farms-joam40zk0w/>
- 52 Ward, G. M., Faisan, J. P., Cottier-Cook, E. J., Gachon, C. et al. (2020) "A review of reported seaweed diseases and pests in aquaculture in Asia", *Journal of the World Aquaculture Society*, 51, pp. 815-828. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jwas.12649>
- 53 Held, L. (2021) "Kelp at the Crossroads: Should Seaweed Farming Be Better Regulated?", *Civil Eats*, julio 20, 2021. Disponible en: <https://civileats.com/2021/07/20/kelp-at-the-crossroads-should-seaweed-farming-be-better-regulated/>
- 54 Fletcher, R. (2021) "Stopping the Rot in China's Seaweed Aquaculture Sector", *The Fish Site*, 04 June 2021. Disponible en: <https://thefishsite.com/articles/stopping-the-rot-in-chinas-seaweed-aquaculture-sector>
- 55 En 2017, Synthetic Genomics, Inc., una empresa de biología sintética fundada por el pionero del genoma Craig Venter, anunció que había utilizado con éxito la tecnología CRISPR-CAS9 para diseñar un alga marina para producir un aumento de lípidos (potencialmente para biocombustible). La investigación se describió en Ajawi, I., Verruto, J., Aqui, M., Soriaga, L. B. et al. (2017) "Lipid production in *Nannochloropsis gaditana* is doubled by decreasing expression of a single transcriptional regulator", *Nature Biotechnology* 35, pp. 647-652, Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nbt.3865>. "Cebado" se define como "una técnica común en la agricultura de cultivos en que las plantas adquieren una memoria de estrés que mejora el rendimiento bajo una segunda exposición al estrés. Es probable que los mecanismos moleculares subyacentes al cebado térmico incluyan mecanismos epigenéticos que cambian de estado y desencadenan permanentemente genes preventivos del estrés después de la primera exposición al estrés. El cebado puede tener un potencial considerable para la restauración de ecosistemas y cultivo de macroalgas para mejorar de inmediato el rendimiento y la resistencia al estrés y, por lo tanto, para mejorar el éxito de la restauración y la seguridad de la producción bajo los desafíos ambientales." La cita es de Jueterbock, A., Minne Antoine, J. P., Cock, J. M., Coleman, M. A., Wernberg, T., Scheschonk, L., Rautenberger R., Zhang, J., Hu., Z.-M. (2021) "Priming of Marine Macrophytes for Enhanced Restoration Success and Food Security in Future Oceans", *Frontiers in Marine Science*, 8:658485. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.658485>. Reconociendo los desafíos regulatorios transfronterizos asociados con las algas modificadas genéticamente, los autores proponen el uso de técnicas de ingeniería epigenética para potenciar las algas comerciales: "Debido a que los organismos cebados no se consideran modificados genéticamente, pueden cultivarse en países donde se aplican restricciones de OMG". Los autores esperan que el cebado "pueda ser una forma menos controvertida y más socialmente aceptable de aumentar la resiliencia en los macrófitos en relación con los enfoques de edición de genes propuestos".

- 56 Jia, Y., Quack, B., Kinley, R. D., Pisso, I. y Tegtmeier, S. (2022) "Potential environmental impact of bromoform from Asparagopsis farming in Australia", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(11), pp. 7631-7646. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/acp-22-7631-2022>
- 57 Van Alstyne, K. L., Butler, J. K. y Smith, N. (2023) "Airborne dimethyl sulfide (DMS) cues dimethylsulfoniopropionate (DMSP) increases in the intertidal green alga *Ulva fenestrata*", *Scientific Reports*, 13, artículo 4298. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30881-9>
- 58 Para una explicación básica del DMS y el DMSP, ver Hall, D. (2018) "The Cloud Factories that Live in the Sea", *Smithsonian*, marzo 2018. Disponible en: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plankton/cloud-factories-live-sea>
- 59 Al-Adilah, H., Feiters, M. C., Carpenter, L. J., Kumari, P., Carrano, C. J., Al-Bader, D., Küpper, F. C. (2022) "Halogens in Seaweeds: Biological and Environmental Significance", *Phycology* 2(1), pp. 132-171. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/phycology2010009>
- 60 Para la afirmación de que las algas marinas crecen 2-3 pies al día, ver Shapiro, A. y Evstatieva, M. (2017) "Scientists Hope To Farm The Biofuel Of The Future In The Pacific Ocean", *National Public Radio*, agosto 22, 2017. Disponible en: <https://www.npr.org/sections/the-salt/2017/08/22/542903378/scientists-hope-to-farm-the-biofuel-of-the-future-in-the-pacific-ocean>
- 61 Monterey Bay Aquarium (n.d.) "Giant Kelp", consultado en abril 22, 2023. Disponible en: <https://www.montereybayaquarium.org/animals/animals-a-to-z/giant-kelp>
- 62 La cita es del Panel sobre la remoción de carbono mediante ecosistemas costeros de carbono azul (en CMNUCC COP27), noviembre 08, 2022, video, a las 17:27, disponible en: <https://www.iaea.org/topics/climate-change/the-iaea-and-cop/cop27/carbon-removal-using-coastal-blue-carbon-ecosystems>
- 63 Jouffray, J.-B., Blasiak, R., Norström, A. V., Österblom, H., Nyström, M. (2020) "The Blue Acceleration: The Trajectory of Human Expansion into the Ocean", *One Earth*, 2(1), pp. 43-54, enero 24, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.016>
- 64 World Bank Group. (2016) *Seaweed aquaculture for food security, income generation and environmental health in tropical developing countries*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/306396642>
- 65 Spillias, S., Kelly, R., Cottrell, R.S., O'Brien, K. R. (2023) "The empirical evidence for the social-ecological impacts of seaweed farming", *PLOS Sustainability and Transformation* 2(2): e0000042. Disponible en: <https://journals.plos.org/sustainabilitytransformation/article?id=10.1371/journal.pstr.0000042>
- 66 La cita es de Fiekowsky, Peter con Carole Dougliis. (2022) *Climate Restoration: The Only Future That Will Sustain the Human Race*, Nueva York: Rivertowns Books.
- 67 Ver, por ejemplo, Shapiro, A. y Evstatieva, M. (2017) "Scientists Hope To Farm The Biofuel Of The Future In The Pacific Ocean", *National Public Radio*, agosto 22, 2017. Disponible en: <https://www.npr.org/sections/the-salt/2017/08/22/542903378/scientists-hope-to-farm-the-biofuel-of-the-future-in-the-pacific-ocean>
- 68 University of Tasmania Institute for Marine and Antarctic Studies. (2021) *Testing the climate-intervention potential of basin-scale seaweed farming*, mayo 11, 2021. Disponible en: <https://www.imas.utas.edu.au/news/news-items/testing-climate-intervention-potential-of-basin-scale-seaweed-farming>
- 69 Krause-Jensen, D. y Duarte, C. M. (2016) "Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration", *Nature Geoscience* 9, pp. 737-742. En este artículo, los autores afirman que "las macroalgas podrían secuestrar alrededor de 173 TgC año⁻¹ (con un rango de 61–268 TgC año⁻¹) globalmente".
- 70 UN FAO. (2021) "An underwater ally for food security and healthy ecosystems", marzo 18, 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/gfcm/news/detail/en/c/1381819/>. Ver también, Giercksky, E. y Doumeizel, V. (2020) *Seaweed Revolution: A Manifesto for a Sustainable Future*, Lloyd's Register Foundation. Disponible en: <https://ungc-communications-assets.s3.amazonaws.com/docs/publications/The-Seaweed-Manifesto.pdf>
- 71 Ver, por ejemplo, el trabajo de Carbon Trade Watch, disponible en: <http://www.carbontradewatch.org>
- 72 Climate Land Ambition and Rights Alliance (CLARA) (n.d.) No space for ANY offsets in IPCC's remaining carbon budget, disponible en: <https://static1.squarespace.com/static/610ffde0dd5c39015edc6873/t/64134f6d5e62fc778c9f7775/1678987118518/No+space+for+ANY+offsets++FINAL.pdf>
- 73 Varadhan, S. y Sithole-Matarise, E. (ed.) (2023) "Voluntary carbon markets set to become at least five times bigger by 2030 -Shell", *Reuters*, enero 19, 2023. Disponible en: <https://www.reuters.com/markets/carbon/voluntary-carbon-markets-set-become-least-five-times-bigger-by-2030-shell-2023-01-19/>
- 74 Varadhan, S. y Sithole-Matarise, E. (ed.) (2023) "Voluntary carbon markets set to become at least five times bigger by 2030 -Shell", *Reuters*, enero 19, 2023. Disponible en: <https://www.reuters.com/markets/carbon/voluntary-carbon-markets-set-become-least-five-times-bigger-by-2030-shell-2023-01-19/>
- 75 Business Alliance to Scale Climate Solutions. (2021) *Presentation: Blue Carbon Buyers Alliance*, November 2021. Disponible en: <https://scalingclimatesolutions.org/wp-content/uploads/2021/11/Blue-Carbon-Buyers-Alliance.pdf>
- 76 Verra ha revelado que recibió dos propuestas preliminares de metodologías para las algas de los socios de la iniciativa Seascape Carbon. Las metodologías propuestas pueden consultarse en <https://verra.org/methodologies/methodology-for-creation-of-seaweed-or-kelp-farms/> y <https://verra.org/methodologies/methodology-for-carbon-removals-through-seaweed-aquaculture/>
- 77 Jenkins, M. (2021) "Verra and Gold Standard explore Seaweed credits", *Environmental Finance*, junio 27, 2021. Disponible en: <https://www.environmental-finance.com/content/news/verra-and-gold-standard-explore-seaweed-credits.html>

- 78 Greenfield, P. (2023) "Revealed: more than 90% of rain-forest carbon offsets by biggest certifier are worthless, analysis shows", *The Guardian*, 18 January 2023. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2023/jan/18/revealed-forest-carbon-offsets-biggest-provider-worthless-verra-aoe> (consultado en agosto 8, 2023).
- 79 McKinsey & Company. (2022) "Blue Carbon: The potential of Coastal and Oceanic Climate Action", mayo 13, 2022. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/blue-carbon-the-potential-of-coastal-and-oceanic-climate-action>
- 80 Duarte, C. M., Delgado-Huertas, A., Marti, E., Gasser, B. et al. (2023) "Carbon Burial in Soils below Seaweed Farms", *bioRxiv* artículo en preimpresión, publicado el 02 de abril, 2023, p. 11. Disponible en: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.01.02.522332v2/>
- 81 Gallagher, J. B., Shelamoff, V., Layton, C. (2022) "Seaweed ecosystems may not mitigate CO2 emissions", *ICES Journal of Marine Science*, 79, pp. 585–592. Disponible en: <https://academic.oup.com/icesjms/article/79/3/585/6525671>
- 82 Coleman, S., Dewhurst, T., Fredriksson, D. W., St. Gelais, A. et al. (2022). "Quantifying baseline costs and cataloging potential optimization strategies for kelp aquaculture carbon dioxide removal", *Frontiers in Marine Science*, 9: 1460. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.966304>. El costo por remoción de carbón de los bosques es de Openda, S. (2023) "Carbon Credit Pricing Chart: Updated 2023", *8billiontrees.com*, julio 11, 2023. Disponible en: <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/new-buyers-market-guide/carbon-credit-pricing/>
- 83 Para información sobre los 'Créditos de Reforestación de Kelp' de Canopy Blue, ver: <https://canopyblue.co/kelp-reforestation-credits/>. Para información sobre los 'certificados de algas' de The Seaweed Company, ver: <https://www.theseaweedcompany.com/our-certificates>. Ver también Judge, P. (2023) "Microsoft pays Running Tide to remove 12,000 tons of CO2 by sinking biomass into the ocean", *Data Center Dynamics*, marzo 14, 2023. Disponible en: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/microsoft-pays-running-tide-to-remove-12000-tons-of-co2-by-sinking-biomass-into-the-ocean/>
- 84 Ver Climate Foundation. (n. d.) "Kelp Coin® Security Token", disponible en: <https://www.climatefoundation.org/kelp-coin.html>. Según Climate Foundation, "la kelp coin puede ser comprada y mantenida hasta su madurez, después de lo cual anticipamos que puede ser intercambiada en mercados abiertos y servir como un depósito de carbono, una tonelada de capital natural cultivada en una permacultura marina que regenera la vida en los océanos..."
- 85 United Nations Convention on Biological Diversity. (2022) *KunMing-Montreal Global Biodiversity Framework*, diciembre 2022. Disponible en: <https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>
- 86 Barrett, L. T., Theuerkauf, S. J., Rose, J. M., Alleway, H. K. et al. (2022) "Sustainable growth of non-fed aquaculture can generate valuable ecosystem benefits", *Ecosystem Services*, 53, febrero 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101396>
- 87 Barrett, L. T., Theuerkauf, S. J., Rose, J. M., Alleway, H. K. et al. (2022) "Sustainable growth of non-fed aquaculture can generate valuable ecosystem benefits", *Ecosystem Services*, 53, febrero 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101396>
- 88 En 2022, The Nature Conservancy reportó sus activos totales en más de US\$9,300 millones, de los cuales más de US\$4,800 millones fueron tierras y servidumbres de Conservación. Ver The Nature Conservancy. (2022) "Financial Overview for Fiscal Year 2022", *TNC Annual Report*. Disponible en: <https://www.nature.org/en-us/about-us/who-we-are/accountability/annual-report/2022-annual-report/>
- 89 Woolston, C. (2023) "I helped to broker a historic deal to protect the seas", *Nature*, 615(7950), febrero 27, 2023. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-00576-2>
- 90 Phyconomy rastreó US\$168 millones de inversión en emprendimientos de algas marinas en 2021 más una inversión "filantrópica" clave de US\$100 millones del Bezos Earth Fund con un enfoque en algas marinas (a WWF). Hermans, S. (2021) "State of the Seaweed Industry 2022", *Phyconomy*, diciembre 20, 2021. Disponible en: <https://phyconomy.net/articles/state-of-the-seaweed-industry-2022/>
- 91 La base de datos de Phyconomy sobre la industria de algas marinas está disponible en: <https://airtable.com/shrGYaj6CikiaXEhH/tblZFNBiWgVocM5BA/viwpawOq-6LL8eHnqL>
- 92 Research and Markets. (2023) "Global Commercial Seaweed Market to Reach \$25 Billion by 2028: Adoption of Commercial Seaweed in the Food and Beverage Industry Drives Growth", marzo 23, 2023, disponible en: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-commercial-seaweed-market-to-reach-25-billion-by-2028-adoption-of-commercial-seaweed-in-the-food-and-beverage-industry-drives-growth-301779969.html>
- 93 Gibbs, E., Patel, M., Siccardi, G. y Shreya, V. (2022) "Carbon removals at the forefront of McKinsey's inaugural Green Business Building Summit in Stockholm", *McKinsey Sustainability*, blog, septiembre 21, 2022. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/sustainability-blog/key-takeaways-on-carbon-removals-from-the-mckinsey-green-business-building-summit>
- 94 Held, L. (2021) "Kelp at the Crossroads: Should Seaweed Farming Be Better Regulated?", *Civil Eats*, julio 20, 2021. Disponible en: <https://civileats.com/2021/07/20/kelp-at-the-crossroads-should-seaweed-farming-be-better-regulated/>
- 95 Giercksky, E. y Doumeizel, V. (2020) *Seaweed Revolution: A Manifesto for a Sustainable Future*, *Lloyd's Register Foundation*. Disponible en: <https://ungc-communications-assets.s3.amazonaws.com/docs/publications/The-Seaweed-Manifesto.pdf>

- 96 El sitio web de Seaweed for Europe está disponible en: <https://www.seaweedeurope.com>. SYSTEMIQ también dirige la Coalición de Alimentos y Uso de la Tierra (FOLU), el Grupo de Trabajo de Finanzas Combinadas y la Comisión de Transición Energética. SYSTEMIQ desempeñó un papel destacado en el moldeo y la gestión de la polémica Cumbre de Sistemas Alimentarios de la ONU 2021. Según la compañía, SYSTEMIQ es “un diseñador desarrollador e innovador de sistemas colaborativos, que combina la creación de coaliciones, servicios de asesoramiento especializado, transformación de liderazgo, desarrollo de políticas, rediseño de mercados y cadenas de valor, movilización de capital, acción sobre el terreno, así como la incubación y la inversión en empresas en fase inicial”. Disponible en: <https://www.systemiq.earth/what-is-systemiq/>
- 97 Ver <https://www.csap.cam.ac.uk/network/david-king/> and <https://www.climaterepair.cam.ac.uk/remove>. King es un “socio afiliado” de SYSTEMIQ. Ver: <https://privatebank.barclays.com/ideas/2022/april/2022-sustainable-portfolio-management-report/sir-david-king-climate-crisis-actions-needed-now/>
- 98 Anon. (2020) “Seaweed farming set to benefit from Bezos’s billions”, The Fish Site, noviembre 16, 2020. Disponible en: <https://thefishsite.com/articles/seaweed-farming-set-to-benefit-from-bezoss-billions>
- 99 Ver Anon. (n. d.) “Nature Based Solutions”, Amazon: Sustainability. Disponible en: <https://sustainability.aboutamazon.com/environment/nature-based-solutions>
- 100 Durakovic, A. (2023) “Amazon Finances First-Ever Commercial-Scale Seaweed Farm Located Between Offshore Wind Turbines”, offshoreWIND.biz, febrero 16, 2023. Disponible en: <https://www.offshorewind.biz/2023/02/16/amazon-finances-first-ever-commercial-scale-seaweed-farm-located-between-offshore-wind-turbines/>. Se espera que North Sea Farm coseche 6.000 kg de algas marinas comerciales en 2024 a partir de su proyecto piloto de granjas de viento y algas marinas.
- 101 Para una descripción del proyecto CDR de ClimateWorks, ver: <https://www.climateworks.org/programs/carbon-dioxide-removal/oceans/>
- 102 Ver el boletín de Ocean Visions. (2022) “Ocean Visions Develops Framework to Guide Research on Seaweed Cultivation and Sinking for Carbon Dioxide Removal”, octubre 13, 2022. Disponible en: <https://oceanvisions.org/sinking-seaweedresearchframework/>
- 103 Para Microsoft, ver Judge, P. (2023) “Microsoft pays Running Tide to remove 12,000 tons of CO2 by sinking biomass into the ocean”, Data Center Dynamics, marzo 14, 2023. Disponible en: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/microsoft-pays-running-tide-to-remove-12000-tons-of-co2-by-sinking-biomass-into-the-ocean/>. Para X-prize Foundation (Elon Musk), ver Anon. (2022) “Algae a Winner in Elon Musk-funded Greenhouse Gas Contest”, Associated Press, abril 22, 2022. Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-04-22/algae-a-winner-in-elon-musk-funded-greenhouse-gas-contest#xj4y7vzkg>. Para Y Combinator, ver el perfil de Phykos disponible en: <https://www.ycombinator.com/companies/phykos>. Para Shopify y Stripe, ver Twidale, S. (2022) “Stripe, Shopify commit \$11 million to carbon removal projects”, Reuters, diciembre 15, 2022. Disponible en: <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/stripe-shopify-commit-11-million-carbon-removal-projects-2022-12-15/>. Para De Beers, ver el boletín De Beers. (2022) “De Beers Group invests US\$2 million in Kelp Blue, an innovative start-up focused on growing underwater Kelp forests to lock away CO2”, abril 22, 2022. Disponible en: <https://www.debeersgroup.com/media/company-news/2022/de-beers-group-invests-us2-million-in-kelp-blue-an-innovative-start-up-focused-on-growing-underwater>
- 104 La cita es de DeGobbi, F. (2022) “Cascadia Seaweed with Mike Williamson – Starting as a seaweed entrepreneur, focusing on 3 verticals, branding, and the challenges of processing seaweed when it doesn’t behave like spinach!” Inside Seaweed Podcast, episodio 3, julio 4, 2022. Disponible en: <https://insideseaweed.com/podcast/page/2/>
- 105 Froehlich, H. E., Afflerbach, J. C., Frazier, M., Halpern, B. S. (2019) “Blue Growth Potential to Mitigate Climate Change through Seaweed Offsetting”, Current Biology, 29(18), pp. 3087-3093. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982219308863>
- 106 Ver, por ejemplo, Cascadia Seaweed <http://www.cascadiaseaweed.com>. Para Kelp Blue, ver: <http://kelp.blue>
- 107 Ver Depner, W. (2021) “Operation aims to help restore surrounding ecology, boost Tsawout economic stability”, Peninsula News Review, noviembre 13, 2021. Disponible en: www.vicnews.com/business/sidneys-cascadia-seaweed-partners-with-tsawout-first-nation-on-james-island-farm/. Tony Ethier, cofundador de Cascadia, dice que Cascadia está “contenta de que Tsawout haya reconocido los beneficios ambientales, económicos y sociales del cultivo de algas”.
- 108 Durakovic, A. (2023) “Amazon Finances First-Ever Commercial-Scale Seaweed Farm Located Between Offshore Wind Turbines”, offshoreWIND.biz, febrero 16, 2023. Disponible en: <https://www.offshorewind.biz/2023/02/16/amazon-finances-first-ever-commercial-scale-seaweed-farm-located-between-offshore-wind-turbines/>. Ver también el boletín de Amazon. (2023) “Introducing the world’s first commercial-scale seaweed farm located between offshore wind turbines”, Amazon News: Sustainability, febrero 16, 2023. Disponible en: <https://www.aboutamazon.eu/news/sustainability/introducing-the-worlds-first-commercial-scale-seaweed-farm-located-between-offshore-wind-turbines>
- 109 Ver De Beers. (2022) “De Beers Group invests US\$2 million in Kelp Blue, an innovative start-up focused on growing underwater Kelp forests to lock away CO2”, abril 22, 2022. Disponible en: <https://www.debeersgroup.com/media/company-news/2022/de-beers-group-invests-us2-million-in-kelp-blue-an-innovative-start-up-focused-on-growing-underwater>. Ver también, Agro & Chemistry editorial office. (2023) “Oil Companies Dive Into Algae Farming”, enero 23, 2023. Disponible en: <https://www.agro-chemistry.com/news/oil-companies-dive-into-algae-farming/>.

- La dudosa afirmación de Kelp Blue de tener acceso a 120,000 toneladas anuales de algas marinas está disponible en: <https://www.myglobalvillage.com/events/1748/candidats/>
- 110 World Economic Forum Uplink. (n. d.) "This Startup is Rewilding the Ocean With Kelp", disponible en: <https://www.weforum.org/videos/this-start-up-is-rewilding-the-ocean-with-kelp>
 - 111 L, J. (2022) "Seafields Unveils 1 Billion Carbon Removal Project Off West Africa", CarbonCredits.Com, noviembre 24, 2022. Disponible en: <https://carboncredits.com/seafields-unveils-1-billion-carbon-removal-project-off-west-africa/>
 - 112 Kobayashi-Solomon, E. (2022) "Seafields: An Innovative Ocean-Based Nature-Enhancing Solution To Climate Change", Forbes, junio 07, 2022. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/erikkobayashisolomon/2022/06/07/seafields-an-innovative-ocean-based-nature-enhancing-solution-to-climate-change/?sh=2ae29122d48e>
 - 113 World Economic Forum Uplink. (n. d.) "This Startup is Rewilding the Ocean With Kelp", disponible en: <https://www.weforum.org/videos/this-start-up-is-rewilding-the-ocean-with-kelp>
 - 114 Ver las advertencias expresadas Troell, M., Henriksson, P. J. G., Buschmann, A. H., Chopin, T. y Quahe, S. (2022) "Farming the Ocean – Seaweeds as a Quick Fix for the Climate?", Reviews in Fisheries Science & Aquaculture 31(3), abril 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/359741252_Farming_the_Ocean_-_Seaweeds_as_a_Quick_Fix_for_the_Climate Ver también las advertencias en Ricart, A. M., Krause-Jensen, D., Hancke, K., Price, N. N., Masqué, P. y Duarte, C. M. (2022) "Sinking seaweed in the deep ocean for carbon neutrality is ahead of science and beyond the ethics", Environmental Research Letters 17(081003) DOI 10.1088/1748-9326/ac82ff. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac82ff>
 - 115 Ricart, A. M., Krause-Jensen, D., Hancke, K., Price, N. N., Masqué, P. y Duarte, C. M. (2022) "Sinking seaweed in the deep ocean for carbon neutrality is ahead of science and beyond the ethics", Environmental Research Letters, 17(081003) DOI 10.1088/1748-9326/ac82ff. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac82ff>
 - 116 Ver Peters, A. (2021) "These carbon-capturing robotic seaweed farms are like planting forests in the ocean", Fast Company, septiembre 27, 2021. Disponible en: <https://www.fastcompany.com/90680321/these-carbon-capturing-robotic-seaweed-farms-are-like-planting-forests-in-the-ocean>
 - 117 Ver las afirmaciones de Pull to Refresh en su sitio web, disponible en: <https://pulltorefresh.earth/>
 - 118 Meyer, R. (2022) "Kelp Is Weirdly Great at Sucking Carbon Out of the Sky", The Atlantic, mayo 25, 2022. Disponible en: <https://www.theatlantic.com/science/archive/2022/05/kelp-running-tide-carbon-removal/638421>
 - 119 Reevely, D. (2023) "U.S.-based startup with plans to store carbon in deep oceans skips Canada for Iceland", The Logic, marzo 02, 2023. Disponible en: <https://financialpost.com/the-logic/u-s-based-startup-with-plans-to-store-carbon-in-deep-oceans-skips-canada-for-iceland>
 - 120 Reevely, D. (2023) "U.S.-based startup with plans to store carbon in deep oceans skips Canada for Iceland", The Logic, marzo 02, 2023. Disponible en: <https://financialpost.com/the-logic/u-s-based-startup-with-plans-to-store-carbon-in-deep-oceans-skips-canada-for-iceland>
 - 121 Boettcher, M., Chai, F., Cullen, J., Goeschl, T., Lampitt, R. et al. (2019) GESAMP Working Group 41: high level review of a wide range of proposed marine geoengineering techniques, 10.13140/RG.2.2.29818.03528. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29818.03528>
 - 122 Ricart, A. M., Krause-Jensen, D., Hancke, K., Price, N. N., Masqué, P. y Duarte, C. M. (2022) "Sinking seaweed in the deep ocean for carbon neutrality is ahead of science and beyond the ethics", Environmental Research Letters, 17(081003) DOI 10.1088/1748-9326/ac82ff. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac82ff>
 - 123 La tabla de sustitutos de proteína de algas marinas de Phyconomy está disponible en: <https://airtable.com/shrGYaj6CikiaXEhH/tblZFNBiWgVocM5BA/viwlVVc79xUCaad1U>
 - 124 Naseri, A.; Marinho, G. S.; Holdt, S. L.; Bartela, J. M.; Jacobsen, C. (2020) "Enzyme-Assisted Extraction and Characterization of Protein from Red Seaweed *Palmaria palmata*", Algal Research, Vol 47, 101849. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211926419304485>
 - 125 De Lorenzo, D. (2022) "The Seaweed Protein Market Is Raising Again", Forbes, agosto 27, 2022. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/danieladelorenzo/2022/08/27/the-seaweed-protein-market-is-raising-again/?sh=5567d5f6c4b2>
 - 126 Lingle, R. (2022) "Bioplastics Ecosystem from Seaweed Takes Root", Plastics Today, enero 20, 2022. Disponible en: <https://www.plasticstoday.com/biopolymers/bioplastics-ecosystem-seaweed-takes-root>
 - 127 El sitio web de Oceanium está disponible en: <https://oceanium.world/our-process/>
 - 128 Steven. (2021) "Agchem Giants Move on Seaweed Biostimulant", Phyconomy, octubre 19, 2021. Disponible en: <https://phyconomy.substack.com/p/agchem-giants-move-on-seaweed-biostimulant>
 - 129 Jones, N. (2023) "Banking on the seaweed rush", Hakai Magazine, marzo 14, 2023. Disponible en: <https://hakai-magazine.com/features/banking-on-the-seaweed-rush/>
 - 130 Abbott D. W., Aasen, I. M., Beauchemin, K. A., Grondahl, F. et al. (2020) "Seaweed and Seaweed Bioactives for Mitigation of Enteric Methane: Challenges and Opportunities", Animals, 20(12), p. 2432. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani10122432>

- 131 Jing, L., Van Gerreway, T., Geelen, D. (2022) "A Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials", *Frontiers in Plant Science*, 13, abril 14, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836702>
- 132 Rabb, M. (2022) "Sales of Plant-Based Food Have Grown 54% to \$7.4 Billion Since 2018", *The Beet*, abril 04, 2022. Disponible en: <https://thebeet.com/sales-of-plant-based-food-have-grown-54-to-7-4-billion-since-2018/>
- 133 Ritchie, H., Rosado, P. y Roser, M. (2017, revisado en 2019) "Meat and Dairy Production", *Our World in Data*, 2019. Disponible en: <https://ourworldindata.org/meat-production#global-meat-production>. Los autores usan los datos de la FAO de la ONU para afirmar que la producción mundial de carne en 2021 ascendió a 352.13 millones de toneladas, frente a 343.17 millones de toneladas en 2018. Para más información sobre las estrategias de "grandes proteínas", ver Howard, P. H., Ajena, F., Yamaoka, M. y Clark, A. (2021) "'Protein' Industry Convergence and Its Implications for Resilient and Equitable Food Systems", *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5, agosto 16, 2021. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsu-2021.684181/full>
- 134 Vincent, A., Stanley, A., Ring, J. (2020) Hidden champion of the ocean: Seaweed as a growth engine for a sustainable European future, *Seaweed for Europe*, 2020, p. 20. Disponible en: https://www.seaweedeurope.com/wp-content/uploads/2020/10/Seaweed_for_Europe-Hidden_Champion_of_the_ocean-Report.pdf
- 135 Muizelaar, citado en Wageningen University & Research News, "Seaweed as a methane inhibitor is not free of risks", marzo 12, 2021, disponible en: <https://www.wur.nl/en/research-results/research-institutes/livestock-research/show-wlr/seaweed-as-a-methane-inhibitor-is-not-free-of-risks.htm>
- 136 McFadden, J. (2021) "Hold off – for now – on feeding seaweed to cows to reduce methane", *The Hill*, diciembre 10, 2021. Disponible en: <https://thehill.com/opinion/energy-environment/592243-hold-off-for-now-on-feeding-seaweed-to-cows-to-reduce-methane/>
- 137 Eger, A. M., Marzinelli, E. M., Beas-Luna, R., O'Blane, C. O. et al. (2023) "The value of ecosystem services in global marine kelp forests", *Nature Communications* 14, artículo 1894, abril 18, 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37385-0>
- 138 El "carbono carismático" se refiere a historias de reducción de carbono convincentes y para sentirse bien – sobre todo historias que señalan beneficios para las mujeres en el Sur Global - destinadas a aumentar las ventas de compensaciones en el mercado voluntario de carbono.
- 139 Hermans, S. (2022) "Urchinomics secures world-first kelp restoration blue carbon credits", *Phyconomy*, diciembre 14, 2022. Disponible en: <https://phyconomy.net/articles/urchinomics-secures-world-first-kelp-restoration-blue-carbon-credits/>
- 140 Hay una descripción del proyecto en el sitio web de Mossy Earth. (n. d.) "Scaling up Kelp Forest Restoration", disponible en: <https://www.mossy.earth/projects/kelp-nursery>
- 141 Kobayashi-Solomon, E. (2022) "Seafields: An Innovative Ocean-Based Nature-Enhancing Solution to Climate Change", *Forbes*, junio 07, 2022. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/erikkobayashisolomon/2022/06/07/seafields-an-innovative-ocean-based-nature-enhancing-solution-to-climate-change/?sh=2ae29122d48e>
- 142 Para una explicación de la acuicultura multitrófica, ver la descripción en el sitio web del Centro de Investigación de Acuicultura Cooperativa de la Universidad de Maine. Disponible en: <https://umaine.edu/cooperative-aquaculture/integrated-multi-trophic-aquaculture/>
- 143 Rogers-Bennett, L. y Catton, C. A. (2019) "Marine heat wave and multiple stressors tip bull kelp forest to sea urchin barrens", *Scientific Reports* 9, 15050. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51114-y>
- 144 World Economic Forum Uplink. (n. d.) "This Startup is Rewilding the Ocean With Kelp", disponible en: <https://www.weforum.org/videos/this-start-up-is-rewilding-the-ocean-with-kelp>
- 145 InterTribal Sinkyone Wilderness Council. (2021) Letter addressed to California Representative Jared Huffman, 01 July 2021. La cita se reproduce en Dressel, H. (2022) "In seaweed, climate capitalists see green", *The Breach*, septiembre 28, 2022. Disponible en: <https://breachmedia.ca/in-seaweed-climate-capitalists-see-green/>
- 146 Garibaldi, A. y Turner, N. (2004) "Cultural Keystone Species: Implications for Ecological Conservation and Restoration", *Ecology and Society*, 9(3). Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art1/>
- 147 Fromentin, J. M., Emery, M. R., Donaldson, J., Danner, M. C., Hallosserie, A. y Kieling, D. (eds.) (2022). Thematic Assessment Report on the Sustainable Use of Wild Species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Alemania: IPBES secretariat. Disponible en: <https://www.ipbes.net/sustainable-use-assessment>
- 148 Ver, por ejemplo, Tsawout First Nation. (2021) Tsawout Partnership with Cascadia Seaweed. Disponible en: <https://tsawout.ca/tsawout-partnership-with-cascadia-seaweed/>
- 149 InterTribal Sinkyone Wilderness Council. (2021) Letter addressed to California Representative Jared Huffman, 01 July 2021.
- 150 InterTribal Sinkyone Wilderness Council. (2021) Letter addressed to California Representative Jared Huffman, 01 July 2021.
- 151 Naciones Unidas. (2007). Declaración de los derechos de los pueblos indígenas (UNDRIP), Resolución adoptada por la Asamblea General en septiembre 13, 2007. Disponible en: https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/wp-content/uploads/sites/19/2018/11/UNDRIP_E_web.pdf
- 152 Consejo de Derechos Humanos de la ONU. (2018) Declaración de Naciones Unidas sobre los derechos de los campesinos y otras personas que trabajan en áreas rurales: resolución/adoptada por el Consejo de Derechos Humanos en septiembre 28, 2018. Disponible en: <https://digitallibrary.un.org/record/1650694?ln=en>

- 153 European Commission. (2022) "Commission proposes action to fully harness the potential of algae in Europe for healthier diets, lower CO2 emissions, and addressing water pollution", noviembre 15, 2022. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6899
- 154 U. S. House of Representatives. (2023) House Bill 1461, Coastal Seaweed Farm Act of 2023. Texto disponible en: <https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/1461?s=1&r=1>
- 155 La Conferencia Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica Marina de Zonas fuera de Jurisdicción Nacional adoptó un tratado sobre la diversidad biológica marítima en junio de 2023. El texto del Acuerdo en virtud de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar sobre la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica marina fuera de la jurisdicción nacional puede consultarse en: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/N23/177/28/PDF/N2317728.pdf?OpenElement>
- 156 International Maritime Organization. (n. d.) "Marine Geoengineering", disponible en: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/geoengineering-Default.aspx>
- 157 Para más información sobre la Evaluación Mundial de los Océanos, véase el sitio web de la División de Asuntos Oceánicos y del Derecho del Mar de las Naciones Unidas, disponible en: <https://www.un.org/regularprocess/content/documents>
- 158 Geoengineering Monitor. (2022) "UNFCCC article 6.4: No to legitimizing geoengineering and land-based offsets", noviembre 2022. Disponible en: <https://www.geoengineeringmonitor.org/2022/11/unfccc-article-6-4-no-to-legitimizing-geoengineering-and-land-based-offsets/>
- 159 Cai, J., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L. et al. (2021) "Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development", FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229, Roma: FAO, disponible en: <https://www.fao.org/3/cb5670en/cb5670en.pdf>
- 160 FAO y OMS. (2022) Report of the expert meeting on food safety for seaweed – Current status and future perspectives. Rome, 28–29 October 2021, Food Safety and Quality Series No. 13, Roma: FAO y OMS, disponible en: <https://doi.org/10.4060/cc0846en>
- 161 Seeley, E. (2022) "FAO to Release Roadmap to Make Food Systems More Sustainable", Food Tank, disponible en: <https://foodtank.com/news/2022/11/fao-to-release-roadmap-to-make-food-systems-more-sustainable/>
- 162 United Nations Convention on Biological Diversity. (2022) KunMing-Montreal Global Biodiversity Framework, diciembre 2022. Disponible en: <https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>
- 163 Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F. et al. (2008) "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change", Science 319, pp. 1238-1240. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1151861>





www.etcgroup.org



[Skip to content](#)

[Creative Commons](#)

Menu

- [Who We Are](#)
- [What We Do](#)
- [Licenses and Tools](#)
- [Blog](#)
- [Support Us](#)

- [Search](#)
- [Donate](#)
- Explore CC

- [Global Network](#)

Join a global community working to strengthen the Commons

- [Certificate](#)

Become an expert in creating and engaging with openly licensed materials

- [Global Summit](#)

Attend our annual event, promoting the power of open licensing

- [Chooser](#)

Get help choosing the appropriate license for your work

- [Search Portal](#)

Find engines to search openly licensed material for creative and educational reuse

- [Open Source](#)

Help us build products that maximize creativity and innovation

CC BY-NC-SA 4.0 Deed

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

[See the legal code](#)

You are free to:

Share — copy and redistribute the material in any medium or format

Adapt — remix, transform, and build upon the material

The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.

Under the following terms:

Attribution - You must give [appropriate credit](#), provide a link to the license, and [indicate if changes were made](#). You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.

NonCommercial - You may not use the material for [commercial purposes](#).

ShareAlike - If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the [same license](#) as the original.

No additional restrictions - You may not apply legal terms or [technological measures](#) that legally restrict others from doing anything the license permits.

Notices:

You do not have to comply with the license for elements of the material in the public domain or where your use is permitted by an applicable [exception or limitation](#).

No warranties are given. The license may not give you all of the permissions necessary for your intended use. For example, other rights such as [publicity, privacy, or moral rights](#) may limit how you use the material.

Notice

This deed highlights only some of the key features and terms of the actual license. It is not a license and has no legal value. You should carefully review all of the terms and conditions of the actual license before using the licensed material.

Creative Commons is not a law firm and does not provide legal services. Distributing, displaying, or linking to this deed or the license that it summarizes does not create a lawyer-client or any other relationship.

Creative Commons is the nonprofit behind the open licenses and other legal tools that allow creators to share their work. Our legal tools are free to use.

- [Learn more about our work](#)
- [Learn more about CC Licensing](#)
- [Support our work](#)
- [Use the license for your own material](#)
- [Licenses List](#)

- [Public Domain List](#)

[Creative Commons](#)

- [Contact](#)
- [Newsletter](#)
- [Privacy](#)
- [Policies](#)
- [Terms](#)

Contact Us

Creative Commons PO Box 1866, Mountain View, CA 94042

info@creativecommons.org

[+1-415-429-6753](tel:+14154296753)

- [Twitter](#)
- [Mastodon](#)
- [Facebook](#)
- [LinkedIn](#)

Subscribe to our Newsletter

Support Our Work

Our work relies on you! Help us keep the Internet free and open.

[Donate Now](#)

Except where otherwise [noted](#), content on this site is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](#). Icons by [Font Awesome](#).