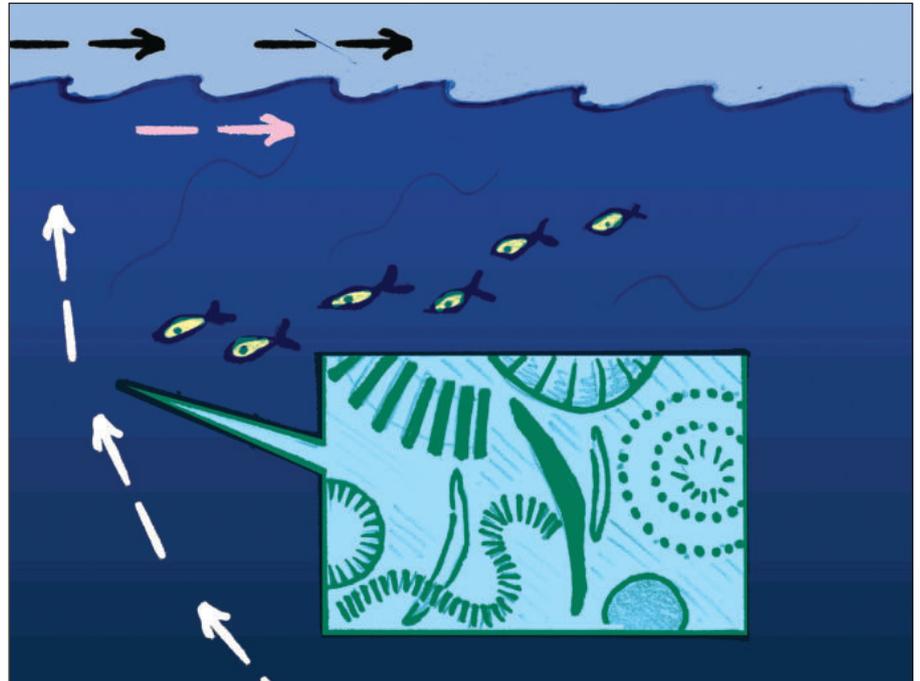


Surgencia artificial

Descripción y propósito de la tecnología

La surgencia artificial es una tecnología de remoción de gases de efecto invernadero que pretende transportar artificialmente a la superficie agua oceánica profunda, rica en nutrientes, para estimular el crecimiento de fitoplancton. Algunos investigadores plantean que el nuevo fitoplancton absorberá CO₂ atmosférico adicional y almacenaría carbono a medida que el fitoplancton muerto se hunde en el fondo del océano. La surgencia artificial es solamente hipotética, no está probado que funcione como se espera pero la evidencia disponible indica que podría impactar negativamente las poblaciones de peces, las comunidades de pesca artesanal, los ciclos ecológicos y el clima.

Se le llama surgencia al ascenso de agua oceánica profunda a la superficie. La surgencia o afloramiento natural es causado por los vientos y la rotación de la Tierra, que entremezclan el agua profunda, generalmente más fría, con el agua de las capas superiores del océano. El agua oceánica profunda suele ser rica en nutrientes y por eso puede aumentar la producción primaria en las capas superiores del océano iluminadas por el sol. Es por ello que los defensores de la surgencia artificial afirman que esta tecnología podría aliviar la presión sobre las poblaciones de peces y que el agua oceánica profunda



El afloramiento natural estimula el crecimiento de fitoplancton cuando los vientos y la rotación de la Tierra hacen que el agua fría, a menudo más rica en nutrientes, suba desde las profundidades. La surgencia artificial utilizaría un sistema de tubos gigantes —potencialmente millones de ellos.

bombeada podría enfriar el aire superficial y/o el océano en los arrecifes de coral.¹

Durante los últimos cincuenta años, se han hecho pruebas de diversas tecnologías de surgencia artificial en interiores y exteriores. Las bombas eléctricas han resultado ser sumamente

costosas y la surgencia basada en gradientes de temperatura o salinidad tiene un grado muy alto de ineficiencia.

Los enfoques más recientes implican bombas de aire, que funcionan con energía solar y aire comprimido y sistemas impulsados por el viento o las olas. Independientemente del método utilizado, la surgencia artificial requiere añadir tubos de plástico que alcancen cientos de metros de profundidad,



a menudo en combinación con plataformas de natación o buceo.² Si se instalan a gran escala, estas estructuras podrían causar graves problemas para la vida marina, la navegación y la pesca.

En las últimas décadas se han llevado a cabo al menos 20 pruebas en mares, pero no han cumplido las expectativas: hay poca evidencia que sugiera que el carbono quedaría almacenado realmente.

La surgencia artificial se basa en una falsa equivalencia entre las complejidades de los eventos naturales de surgencia y los artificiales, e irónicamente, este método también podría provocar la "surgencia" de carbono almacenado naturalmente, transportando a la superficie agua oceánica profunda rica en carbono inorgánico disuelto, es decir, liberar a la atmósfera carbono adicional.³

La surgencia artificial presenta diversos problemas ambientales, que no se conocen bien e incluyen impactos imprevisibles y potencialmente muy perjudiciales para los ecosistemas marinos.⁴

Actores implicados

Universidades e instituciones públicas de investigación en China, la Unión Europea, Japón, Noruega y Estados Unidos han financiado y realizado la mayoría de las actividades de investigación y las pruebas en mar abierto de surgencia artificial.⁵

La Universidad de Zhejiang (China) lleva décadas estudiando detalles técnicos de la surgencia artificial y ha realizado varios ensayos al aire libre para probar y seguir desarrollando la tecnología de surgencia, por ejemplo en el lago Qiandao y en zonas marinas costeras. En otras pruebas han utilizado un tanque de agua y la Universidad ha llevado a cabo estudios de investigación y modelización, incluyendo uno en el que se examina el cultivo de alga kelp combinado con surgencia artificial.⁶

// Los estudios de modelización predijeron que la surgencia de aguas oceánicas profundas más frías aumenta la absorción de calor en las aguas oceánicas subsuperficiales. Cuando la surgencia se detiene, el calor absorbido se vuelve a liberar en el aire, lo que provoca un calentamiento adicional de la atmósfera terrestre. Este efecto de terminación significa que una vez que los dispositivos de surgencia se enciendan, no deberían apagarse nunca. //

Organismos públicos japoneses han financiado ensayos de surgencia entre 1989 y 2012 frente a las costas de Japón. Entre 2002 y 2010 se llevaron a cabo pruebas de surgencia en cuatro fiordos noruegos, financiados por instituciones de investigación y centrales hidroeléctricas noruegas.⁷

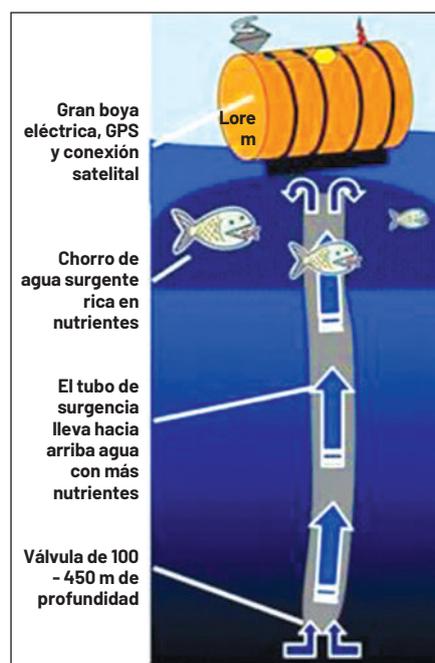


Diagrama que muestra una forma de generar surgencia artificial. (Creado por AtMotion)

El proyecto de investigación paneuropeo Ocean artUp, financiado por la Comisión Europea y coordinado por el Centro GEOMAR Helmholtz de Investigación Oceánica (Kiel, Alemania), tiene como objetivo estudiar la viabilidad, la eficacia y los riesgos asociados a la surgencia artificial, así como su potencial para aumentar la productividad de los océanos, incrementar la producción pesquera y mejorar la captura de CO₂ oceánico. El proyecto, de cinco años de duración (2017-2021), terminó sus pruebas de surgencia artificial en el puerto de Taliarte, en Gran Canaria.



Las ballenas y otros animales marinos ya hacen un gran trabajo mezclando nutrientes en las aguas superficiales.
Foto: Christopher Michel, tomada de Flickr.

En 2020, GEOMAR también realizó pruebas en la corriente de Humboldt de la costa de Perú, en el marco del proyecto CUSCO, financiado por el Ministerio de Educación e Investigación de Alemania.⁸

La Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos financió tres estudios de surgencia artificial en aguas de Hawaii entre 1992 y 2008. Desde 2019, el Departamento de Energía estadounidense apoya el proyecto piloto a escala Blue Fields Demonstration, cuyo objetivo es suministrar nutrientes a las macroalgas mediante la surgencia de aguas oceánicas profundas. Los dispositivos de surgencia propuestos se instalarán a 3 km de la costa del oeste de Hawaii e incluyen una plataforma de natación de 40 m², así como bombas accionadas por las olas con tuberías que se extienden a una profundidad de hasta 300 m.⁹

Dos empresas privadas dedicadas a las actividades de surgencia artificial tienen sus raíces en Estados Unidos: Ocean-Based Climate Solutions hizo pruebas en mar abierto frente a Morro Bay, California con el objetivo de comercializar su propia tecnología de surgencia. La fundación estadounidense The Climate Foundation (TCF), fundada en 2007 y dirigida por Brian von Herzen, probó en 2008 la tecnología de surgencia impulsada por olas a 100 km al norte de Hawaii. TCF anunció planes para proyectos de surgencia en una zona

// A gran escala, la surgencia artificial requeriría instalar en el océano enormes estructuras como tubos de plástico de varios cientos de metros de longitud y plataformas con instalaciones para garantizar el suministro de energía necesario. Existen serias dudas sobre sus impactos ambientales y la compatibilidad de las estructuras artificiales de surgencia a gran escala con la navegación y la pesca. //

costera de arrecifes en las Filipinas y en Storm Bay, Tasmania, entre otros lugares, con el objetivo de restablecer la producción de algas marinas.¹⁰

Impactos de la tecnología

Un equipo internacional de científicos en Kiel, Alemania elaboró un modelo de los efectos de la surgencia artificial a escala mundial y determinó que el método no era viable: "este método tiene [...] un potencial de captura de carbono muy limitado y riesgo de provocar efectos secundarios sustanciales".¹¹ El Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino (GESAMP, por sus siglas en inglés), organismo que asesora a Naciones Unidas sobre los aspectos científicos de la protección del medio ambiente marino, confirmó que los beneficios de la surgencia artificial serían limitados y que los estudios de campo realizados hasta la fecha no presentaban evidencia de que el carbono fuera secuestrado a gran escala. Además, ambos estudios mencionaban graves riesgos ambientales y sociopolíticos, como desoxigenación en los océanos, aumento de la liberación de metano, cambios sustanciales en la composición de las especies, así como posibles efectos transfronterizos sobre

pescadores artesanales, comunidades costeras, pesquerías y en los patrones meteorológicos.¹²

La surgencia artificial puede dar lugar a una composición desfavorable de los gases disueltos: la absorción adicional de carbono contribuiría a una mayor acidificación del océano. La surgencia de aguas oceánicas profundas ricas en nutrientes, a menudo también ricas en carbono disuelto, puede liberar más CO₂ a la atmósfera. El aumento de la productividad biológica puede agotar los niveles de oxígeno en la parte superior del océano y causar perjuicios a la vida marina.

Los estudios de modelización también concluyeron que la surgencia de aguas oceánicas profundas más frías aumenta la absorción de calor en las aguas oceánicas subsuperficiales. Cuando la surgencia se detiene, el calor absorbido se vuelve a liberar en el aire, lo que provoca un calentamiento adicional de la atmósfera terrestre.¹³ Este efecto de terminación implica que una vez que los dispositivos de surgencia se enciendan, no deberían apagarse nunca.

La surgencia artificial de agua oceánica profunda más fría también puede influir en la circulación oceánica y afectar a la producción agrícola y a las formas de subsistencia campesina como consecuencia de los cambios en los patrones climáticos.¹⁴

Si se despliega a gran escala, la surgencia artificial requeriría instalar en el océano enormes estructuras, como tubos de plástico

de varios cientos de metros de longitud y plataformas con instalaciones para garantizar el suministro de energía necesario.¹⁵ No se dispone de datos sobre el impacto ambiental de este tipo de estructuras en la vida marina ni de detalles sobre sus requisitos de mantenimiento. Existen serias dudas sobre la compatibilidad de las estructuras artificiales de surgencia a gran escala con la navegación y la pesca.

Nivel de realidad

Se han llevado a cabo varios experimentos de pequeña escala en las profundidades del océano, lagos y fiordos, a menudo vinculados tanto al aumento de la productividad de la piscicultura y la maricultura como al secuestro de CO₂. Existen más experimentos proyectados, pero debido a los costos y otras razones de implementación, el enfoque de las investigaciones se está desplazando a las zonas costeras y a una combinación de surgencia artificial con actividades de maricultura.

Más información

Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll, **"Geoengineering Map"**:
<https://map.geoengineeringmonitor.org/>

Video sobre la importancia de las ballenas para la surgencia natural y el suministro de nutrientes en las capas superiores del océano:
<https://www.youtube.com/watch?v=M18HxXve3CM>

Notas finales

- 1 GESAMP (2019), *High level review of a wide range of proposed marine geoengineering techniques*, Boyd y Vivian (eds), IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UN Environment/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Rep. Stud. GESAMP No. 98, 144 p., <http://www.gesamp.org/publications/high-level-review-of-a-wide-range-of-proposed-marine-geoengineering-techniques>
- 2 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *Geoengineering Map, "Artificial Upwelling"*, <https://map.geoengineeringmonitor.org>
- 3 Oschlies et al. (2010), "Climate engineering by artificial ocean upwelling: Channeling the sorcerer's apprentice", en: *Geophysical Research Letters*, Vol. 37(4), <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2009GL041961>; Dutreuil et al. (2009), "Impact of enhanced vertical mixing on marine biogeochemistry: lessons for geo-engineering and natural variability", en: *Biogeosciences*, Vol. 6: 901-912, <https://www.biogeosciences.net/6/901/2009/>

- 4 Bauman et al. (2015), "Augmenting the Biological Pump: The Shortcomings of Geoengineered Upwelling", en: *Oceanography*, Vol. 27(3): 17-23,
<https://tos.org/oceanography/article/augmenting-the-biological-pump-the-shortcomings-of-geoengineered-upwelling>
- 5 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020).
- 6 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *Geoengineering Map*, "Artificial Upwelling: Zhejiang University",
<https://map.geoengineeringmonitor.org/other/zhejiang-university-artificial-upwelling/>
- 7 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020).
- 8 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *Geoengineering Map*, "Ocean artUp",
<https://map.geoengineeringmonitor.org/other/ocean-artup/>, "Carbon Dioxide Removal: Cusco, Peru",
<https://map.geoengineeringmonitor.org/Carbon-Dioxide-Removal/cusco-peru/>
- 9 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020).
- 10 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020).
- 11 Oschlies et al. (2010), *op. cit.*; IFM-GEOMAR (2010), "CO2 Reduction by artificial ocean upwelling?", comunicado de prensa, publicado en línea el 16 de febrero de 2010,
https://www.geomar.de/uploads/media/pm_2010_10_zauberlehrling_e.pdf
- 12 GESAMP (2019); Oschlies et al. (2010); IFM-GEOMAR (2010).
- 13 GESAMP (2019); Oschlies et al. (2010).
- 14 GESAMP (2019).
- 15 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020).