

## Fitoplancton: una solución prometedora para capturar y almacenar CO<sub>2</sub> Phytoplankton: a promising solution for capturing and storing CO<sub>2</sub>

J. A. Cobos-Murcia <sup>a</sup>, L. Cruz-Ortiz <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

### Resumen

La captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en fitoplancton se perfila como una alternativa natural y efectiva para combatir el cambio climático. Este microorganismo, es una parte esencial del ciclo del carbono marino, tiene la capacidad de absorber el CO<sub>2</sub> del aire a través de la fotosíntesis, convirtiéndolo en una herramienta valiosa en la mitigación del cambio climático. El fitoplancton puede capturar cantidades significativas de CO<sub>2</sub>, transformándolo en biomasa y disminuyendo su presencia en la atmósfera. En este artículo se analizan de manera teórica los desafíos y consideraciones en la implementación de esta estrategia a gran escala, incluyendo la optimización de condiciones ambientales y la gestión de posibles impactos ecológicos. Aunque se requieren investigaciones y experimentación práctica para evaluar su viabilidad y efectividad, este trabajo destaca el potencial del fitoplancton como una herramienta teórica en la lucha contra el cambio climático.

**Palabras Clave:** Fitoplancton, almacenamiento, captura, cambio climático, dióxido de carbono.

### Abstract

The capture and storage of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in phytoplankton is emerging as a natural and effective alternative to combat climate change. This microorganism, an essential part of the marine carbon cycle, has the ability to absorb CO<sub>2</sub> from the air through photosynthesis, making it a valuable tool in climate change mitigation. Phytoplankton can capture significant amounts of CO<sub>2</sub>, transforming it into biomass and reducing its presence in the atmosphere. This article theoretically analyzes the challenges and considerations in implementing this strategy on a large scale, including the optimization of environmental conditions and the management of potential ecological impacts. Although research and practical experimentation are required to assess its feasibility and effectiveness, this work highlights the potential of phytoplankton as a theoretical tool in the fight against climate change.

**Keywords:** Phytoplankton, storage, capture, climate change, carbon dioxide.

### 1. Introducción

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad. Las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), son la principal causa del calentamiento global. Para abordar este problema, se han desarrollado tecnologías de captura y almacenamiento de carbono. El aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la actividad humana ha provocado un calentamiento global significativo y un cambio climático que amenaza la estabilidad de los ecosistemas del planeta (IPCC, 2018). La captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> es una estrategia importante para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Keith et al., 2018).

El fitoplancton se refiere a una comunidad de microorganismos fotosintéticos, principalmente compuesta

por algas unicelulares y cianobacterias, que flotan en la columna de agua de cuerpos acuáticos. Son organismos fundamentales en los ecosistemas acuáticos, ya que constituyen la base de la cadena alimentaria, proporcionando alimento para una amplia variedad de organismos marinos (Falkowski, 2012). En un estudio reciente realizado por Basterretxea, Tuval y Font Muñoz (2020), se destaca el papel del fitoplancton como fijador de carbono en los océanos, resaltando su importancia en la captura y almacenamiento de dióxido de carbono. En la época temprana de la Tierra, estos organismos fotosintéticos transforman la composición de la atmósfera, lo que permitió el surgimiento y la continuidad de la vida tal como la conocemos actualmente (Falkowski, et al., 2004).

\*Autor para la correspondencia: cr419910@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: jose\_cobos@uaeh.edu.mx (José Angel Cobos-Murcia), cr419910@uaeh.edu.mx (Leonel Cruz-Ortiz).

Historial del manuscrito: recibido el 13/11/2023, última versión-revisada recibida el 27/02/2024, aceptado el 31/05/2024, en línea (postprint) desde el 05/06/2024, publicado el DD/MM/AAAA. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v12i24.12070>



Los océanos cubren 71% de la superficie de nuestro planeta y cumplen un rol fundamental al ser el segundo mayor reservorio de carbón (solo superado por las cantidades de carbón almacenado en rocas y sedimentos) y la principal fuente del oxígeno atmosférico (Ruddiman, 2014). Los océanos realizan la absorción de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, principalmente a través del proceso de disolución. La capacidad de los océanos para incorporar el dióxido de carbono en su superficie es mayor cuando se encuentran en condiciones de mayor frescura y menor concentración de salinidad. A pesar de ser un mecanismo efectivo para remover el dióxido de carbono de la atmósfera, por sí solo, este no es eficiente en el tiempo. Esto se debe a que la superficie del océano se satura rápidamente, dejando de disolver el dióxido de carbono. (Doney et al., 2009). Es aquí donde entran en la escena el trabajo que realizan millones de plantas (en este caso algas) microscópicas que habitan la superficie de los océanos, el fitoplancton (Tetzner, 2021).

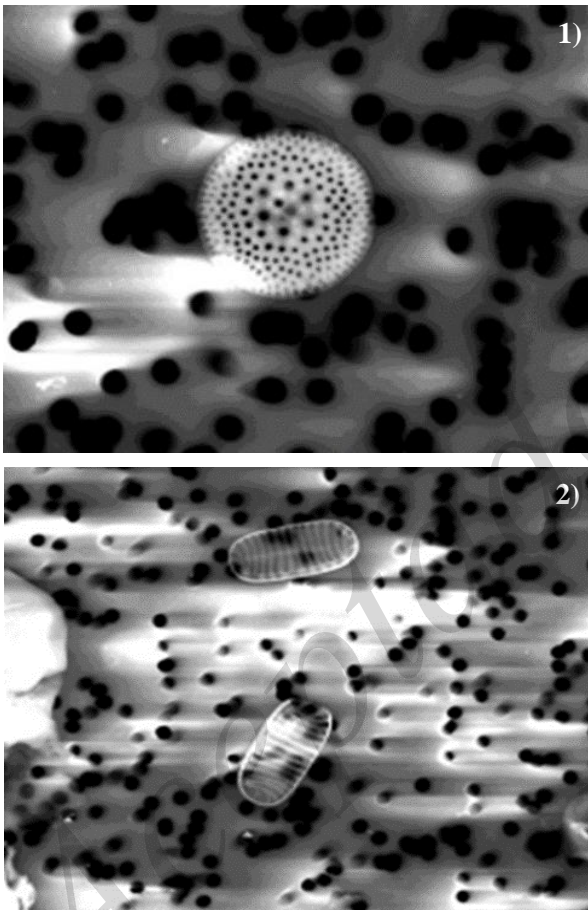


Figura 1 y 2: Fotografía de diatomea a través microscopio electrónico (Tomado de D., Tetzner., 2021).

## 2. Proceso de captura

La captura de CO<sub>2</sub> por el fitoplancton se lleva a cabo mediante el proceso de fotosíntesis, en el cual se convierte la energía solar en energía química. El fitoplancton es una herramienta prometedora para la captura de carbono, ya que puede fijar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> como se había mencionado antes. La efectividad de esta depende de la selección de las cepas de fitoplancton adecuadas para este

propósito. Algunas especies, como el género *Chlorella*, han demostrado ser más eficientes en la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (Kumar et al., 2019).

Una vez que el CO<sub>2</sub> es capturado por el fitoplancton, puede ser almacenado en el fondo del océano a través del proceso de sedimentación. Durante este proceso, las células de fitoplancton muertas y los restos de materia orgánica se hunden hacia el fondo del océano y se acumulan en capas de sedimentos. Esta acumulación de materia orgánica se conoce como carbono orgánico enterrado y puede permanecer en el fondo del océano durante siglos o incluso milenios. El almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el fitoplancton es una forma natural y efectiva de reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Además, el carbono orgánico enterrado también puede proporcionar beneficios adicionales, como la mejora de la calidad del agua y la creación de hábitats para la vida marina (Kvale et al., 2013).

Se estima que en los océanos se encuentran alrededor de 4,000 a 5,000 especies de fitoplancton, agrupadas en aproximadamente 15 clases principales. Entre ellas, las diatomeas (*Bacillariophyceae*) (ver Figura 1 y 2) sobresalen por su eficacia en la fijación de CO<sub>2</sub> en comparación con otras clases de microalgas (Falkowski et al., 2004). Su actividad fotosintética contribuye significativamente a la captura de carbono en los océanos, superando el 40% del total. Y la efectividad de este mecanismo es tal, que se ha estimado que la fotosíntesis llevada a cabo por el fitoplancton es capaz de remover aproximadamente el 30-40% del dióxido de carbono producido por el ser humano (Gruber et al., 2019), equivalente a cuatro Amazonas juntos.

## 3. Limitantes

Sin embargo, este proceso no está exento de desafíos. La eficiencia de la captura de CO<sub>2</sub> por parte del fitoplancton se ve influenciada por una serie de factores. La disponibilidad de nutrientes esenciales, como nitrógeno y fósforo, desempeña un papel crucial. La carencia de estos elementos puede disminuir significativamente la tasa de crecimiento del fitoplancton y, por lo tanto, su capacidad para fijar CO<sub>2</sub> (Smith et al., 2010). Además, las condiciones medioambientales como las temperaturas del agua extremadamente altas o bajas, así como variaciones en la salinidad, intensidad lumínica, aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>, e inclusive el aumento del nivel del mar pueden impactar negativamente la actividad fotosintética del fitoplancton, reduciendo su capacidad de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

Una limitación adicional en la actualidad es que la mayoría de los estudios sobre acidificación de los océanos han investigado las respuestas de las células de fitoplancton aclimatadas a condiciones ambientales cambiantes en escalas de tiempo demasiado cortas para que la evolución produzca cambios importantes (Mackey, et al., 2015). No obstante, es importante tener en cuenta que el fitoplancton es una parte crucial de la cadena alimentaria marina, por lo que su captura y almacenamiento podrían tener un impacto negativo en la vida marina y la pesca. Por lo tanto, se requieren investigaciones

adicionales para evaluar los impactos ambientales de esta estrategia y posibles soluciones a estos problemas.

La captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> por medio del fitoplancton es una estrategia complementaria a otras medidas de mitigación del cambio climático y no puede considerarse como una solución única (ver Figura 3). La implementación exitosa de esta estrategia requiere un enfoque multidisciplinario que abarque biología marina, geología, oceanografía y ciencias ambientales. Por lo que es fundamental llevar a cabo investigaciones a largo plazo para comprender completamente los efectos a escala global y garantizar la viabilidad y sostenibilidad de este enfoque.

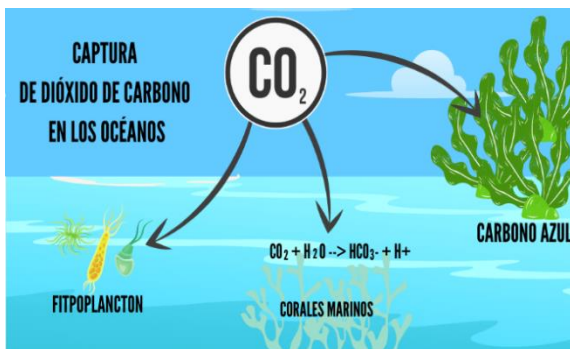


Figura 3: Dióxido de carbono capturado por diferentes organismos marinos (Tomado de Carbon Neutral +, 2022).

#### 4. Resultados

En este estudio teórico sobre la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> mediante fitoplancton, se analizaron diversas investigaciones para analizar el potencial de este enfoque en la mitigación del cambio climático. La revisión de la literatura demuestra que diversas especies de fitoplancton pueden ser particularmente eficientes en este proceso de mitigación.

A pesar de las limitaciones mencionadas, se han hecho progresos significativos en la optimización de las condiciones de cultivo del fitoplancton para su uso en la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Un ejemplo es el uso de luz LED, que puede aumentar notablemente la tasa de crecimiento y la eficiencia de la captura de CO<sub>2</sub> en algunas especies de fitoplancton.

Otro aspecto del almacenamiento de CO<sub>2</sub>, es la sedimentación del fitoplancton muerto y la materia orgánica asociada. Este carbono orgánico se deposita en el fondo oceánico, donde puede permanecer almacenado durante largos periodos, contribuyendo al secuestro a largo plazo del carbono. Los modelos teóricos sugieren que este proceso podría representar una solución efectiva y natural para reducir los niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico, aunque su eficiencia y sostenibilidad a gran escala requieren más investigación específica y tomando no solo las condiciones ambientales actuales, sino también proyecciones a futuro.

Finalmente, los resultados del análisis de la literatura resaltan la necesidad de optimizar las prácticas de cultivo y selección de cepas para maximizar la eficiencia de captura de CO<sub>2</sub> por el fitoplancton. La implementación de esta estrategia

a gran escala requiere un enfoque multidisciplinario y de amplia experimentación científica.

#### 5. Discusión

La captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en fitoplancton es una tecnología emergente que presenta grandes oportunidades para mitigar el cambio climático. Sin embargo, como se ha mencionado, existen varios desafíos que deben ser abordados para su implementación exitosa.

Actualmente, el fitoplancton produce entre el 50 y el 85 % del oxígeno que se libera cada año a la atmósfera (Rodríguez, H., 2023). El carbono, capturado en forma de compuestos orgánicos, sostiene el funcionamiento de las redes alimentarias de agua dulce y marinas. Sin embargo, el éxito de esta estrategia depende en gran medida de la optimización de las condiciones de cultivo y la selección de cepas de fitoplancton adecuadas para este propósito.

Además de la selección de la especie adecuada de fitoplancton (ver Figura 4), es importante considerar los impactos ambientales de la liberación de biomasa de fitoplancton en los ecosistemas acuáticos y los posibles efectos negativos de la fertilización de los océanos con nutrientes. En este sentido, se deben llevar a cabo más investigaciones para evaluar los posibles impactos ambientales y desarrollar estrategias sostenibles de cultivo y cosecha de fitoplancton.

Aunque se ha demostrado que el fitoplancton puede absorber grandes cantidades de CO<sub>2</sub> de la atmósfera por medio de fotosíntesis, es necesario seguir investigando para determinar la viabilidad y eficacia de esta estrategia a escala global. También se han desarrollado técnicas de manipulación genética para mejorar la eficiencia fotosintética del fitoplancton y su capacidad de captura de CO<sub>2</sub>, lo que ofrece perspectivas interesantes para el futuro.

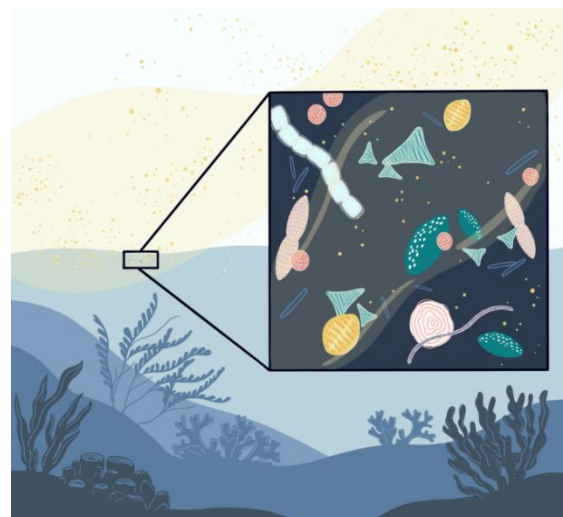


Figura 4: Organismos plantónicos (Tomado de Lebrún, N, 2021).

## 6. Abreviaciones y Acrónimos

**CO<sub>2</sub>**: Dióxido de Carbono

**LED**: Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)

## 7. Conclusiones

Podemos concluir que la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en fitoplancton es una técnica muy prometedora que podría desempeñar un papel importante en la lucha contra el cambio climático. Esta técnica tiene la ventaja de ser efectiva, natural y capaz de proporcionar beneficios adicionales, como la mejora de la calidad del agua y la creación de hábitats para la vida marina.

A pesar de los avances significativos en la tecnología en las últimas décadas, la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en fitoplancton es un enfoque único que tiene el potencial de marcar una gran diferencia en la lucha contra el cambio climático. Sin embargo, aún se necesitan más investigaciones para comprender mejor su potencial, determinar su viabilidad y eficacia y cómo podría ser implementada a gran escala.

También es importante tener en cuenta cuidadosamente los efectos secundarios negativos, por ejemplo: cambios en el ecosistema, eutrofización, producción de toxinas, y cambio de acidez en el océano. También se debe considerar desarrollar tecnologías sostenibles para la cosecha y el almacenamiento de biomasa de fitoplancton. Aunque se han identificado algunos desafíos ya mencionados, creemos que la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en fitoplancton es una estrategia prometedora para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover un futuro más sostenible para todos.

## Referencias

- Basterretxea, G., Tuval, I., & Font Muñoz, J. S. (2020). El fitoplancton como fijador de carbono en los océanos. *Biodiversidad. Los enlaces de la vida*. Carbon Neutral +. (2022, abril 4). Bonos de carbono azul: ¿Qué son y cuál es su importancia? CARBON NEUTRAL+.
- Doney, S. C., et al. (2009). Acidificación del océano: el otro problema del CO<sub>2</sub>. *Annual Review of Marine Science*, 1, 169-192.
- Falkowski, P. (2012). Ocean Science: The power of plankton. *Nature*, 483(7387), S17-S20. <https://doi.org/10.1038/483s17a>
- Falkowski, P., Scholes, R.J., Boyle, E., Canadell, J., Canfield, D., Elser, J., Gruber, N., Hibbard, K., Hogberg, P., Linder, S., Mackenzie, F.T., Moore III, B., Pedersen, T., Rosenthal, Y., Seitzinger, S., Smetacek, V., & Steffen, W. (2004). The global carbon cycle: A test of our knowledge of Earth as a system. *Science*, 304(5679), 367-372.
- Falkowski, P., Katz, M. E., Knoll, A. H., Quigg, A., Raven, J. A., Schofield, O., y Taylor, F. J. R. (2004). La evolución del fitoplancton eucariota moderno. *Science*, 305(5682), 354-360.
- IPCC. (2018). Calentamiento global de 1.5°C. Un informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1.5°C por encima de los niveles preindustriales y las posibles vías de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, en el contexto del fortalecimiento de la respuesta global a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza. Masson-Delmotte, V., et al. (Eds.). Cambridge University Press.
- Keith, D.W., Holmes, G., St. Angelo, D., & Heidel, K., (2018). A Process for Capturing CO<sub>2</sub> from the Atmosphere, Joule. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.006>
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. y Tamura, K. (2019). MEGA X: Análisis molecular y evolutivo de la genética en plataformas informáticas. *Molecular Biology and Evolution*, 36(12), 2731-2734.
- Mackey, K. R. M., Morris, J. J., Morel, F. M. M., Kranz, S. A., (2015). Respuesta de la fotosíntesis a la acidificación de los océanos. *Oceanografía*. 28, 74–91.
- Rodríguez, H. (2023). El verdadero pulmón del planeta está en los océanos. National Geographic España. [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/verdadero-pulmon-planeta-esta-oceanos\\_14776](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/verdadero-pulmon-planeta-esta-oceanos_14776)
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (2010). Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.
- Tetzner, D., & Lebrún, N. Universidad de Cambridge. (2021, enero 25). Los océanos y el fitoplancton: nuestros mejores aliados para combatir el cambio climático. De la raíz al plato.