



Acidificación oceánica: una consecuencia preocupante del aumento de CO₂ en la atmósfera

Ocean acidification: a worrying consequence of increased CO₂ in the atmosphere

Resumen

El carbono es un elemento esencial para la vida, este pasa por un ciclo de transformaciones entre los seres vivos, el medio terrestre y acuático, siendo de gran impacto para el clima del planeta; en el cual el océano, representa un importante papel. Cuando es alterado en cantidad presente ocurren procesos como la acidificación oceánica, la cual se caracteriza por ser la disminución del pH causada por un aumento del dióxido de carbono (CO₂) disuelto en el agua, lo cual provoca efectos dañinos en los ecosistemas marinos.

Palabras claves: pH, combustibles fósiles, organismos calcificadores y calentamiento global.

Abstract

Carbon is an essential element for life, it goes through a cycle of transformations between living beings, terrestrial and aquatic environments and has a great impact on the planet's climate; in which the ocean plays an important role. When it is altered, processes such as ocean acidification occur, which is characterized by the decrease in pH caused by an increase in carbon dioxide (CO₂) dissolved in the water, which causes harmful effects on marine ecosystems.

Keywords: pH, fossil fuels, calcifying organisms and global warming.

Al caminar en la playa, observamos restos de conchas, caracoles y caparazones de distintos organismos. Para muchos existe un impulso innato de recogerlos y recolectarlos; estos nos indican la riqueza de especies que se encuentra en el inmenso océano. Demostrando, que no es necesario adentrarnos en él para conocer la vida que posee.

¿Qué sucedería si en un futuro ese rastro de vida tan sencillo desapareciera?

El carbono es un elemento fundamental para la vida. Este pasa por un ciclo de transformaciones entre elementos vivos, la atmósfera, sistemas acuáticos y terrestres de un ecosistema. Se encuentra presente en la atmósfera de forma gaseosa, en el suelo o litósfera en reservas de petróleo y en el agua se disuelve en forma de carbonatos tales como: el ácido carbónico (H₂CO₃), bicarbonato (HCO₃) y carbonato (CO₃); compuestos fundamentales para el ciclo del carbono en sistemas acuáticos.

Presentado: noviembre, 2022

Aceptado: marzo, 2023

Gabriela María Espinoza Ramos

Escuela de Biología

Universidad de El Salvador

er17001@ues.edu.sv



Cuando el equilibrio del ciclo de este elemento se ve alterado, las repercusiones se ven mostradas en la disponibilidad del carbono en el ecosistema y el equilibrio en la biodiversidad. El océano se considera el reservorio de carbono más grande e importante del planeta, ya que juega un rol esencial en la regulación del clima y la temperatura de la tierra.

El ciclo de este elemento en el océano comienza cuando el dióxido de carbono (CO₂) proveniente de la atmósfera, se disuelve en agua y forma compuestos como el ácido carbónico (H₂CO₃), el cual es utilizado por diminutas algas que constituyen el fitoplancton durante el proceso de fotosíntesis, donde obtienen la energía que requieren para sus procesos vitales, tales como: crecer, reproducirse y almacenar sustancias de reserva. Estos organismos fotosintéticos generan oxígeno durante este proceso, el cual es liberado al medio, constituyendo un proceso esencial para el sostenimiento de la vida en el planeta; además estos organismos participan en las

cadena alimenticias de los ambientes acuáticos (Reimer and Rodríguez 2014). Este importante proceso en el cual participan estos organismos se conoce como “la bomba biológica” y permite la absorción del CO_2 disuelto por el fitoplancton o por otros organismos marinos que utilizan el carbono para construir exoesqueletos y otras estructuras de carbonato cálcico (CaCO_3). A medida que todos estos organismos mueren y caen al fondo del océano, el carbono que han fijado en sus cuerpos es transportado hacia las profundidades oceánicas, contribuyendo a las cadenas alimenticias de esta zona. El equilibrio a largo plazo entre las diferentes fuentes de carbono, en el que se sedimenta, en los llamados sumideros naturales de carbono, determina el nivel de CO_2 en la atmósfera (Mann 2022) (Figura 1).

Además, dentro de este importante rol, participan otros factores tales como las corrientes oceánicas, las cuales desempeñan un papel crucial en la distribución del CO_2 y otros gases disueltos en el océano (Gruber 2011). Ya que existen corrientes marinas que pueden transportar agua rica en nutrientes y CO_2 que se ha sedimentado desde las profundidades oceánicas hasta la superficie, favoreciendo el crecimiento del fitoplancton (Sarmiento y Gruber 2006). Las corrientes de aire durante este proceso, permiten movimientos y distribución del CO_2 en estado gaseoso por todo el planeta (Gruber, 2011), contribuyendo al intercambio de este elemento entre la atmósfera y el océano.

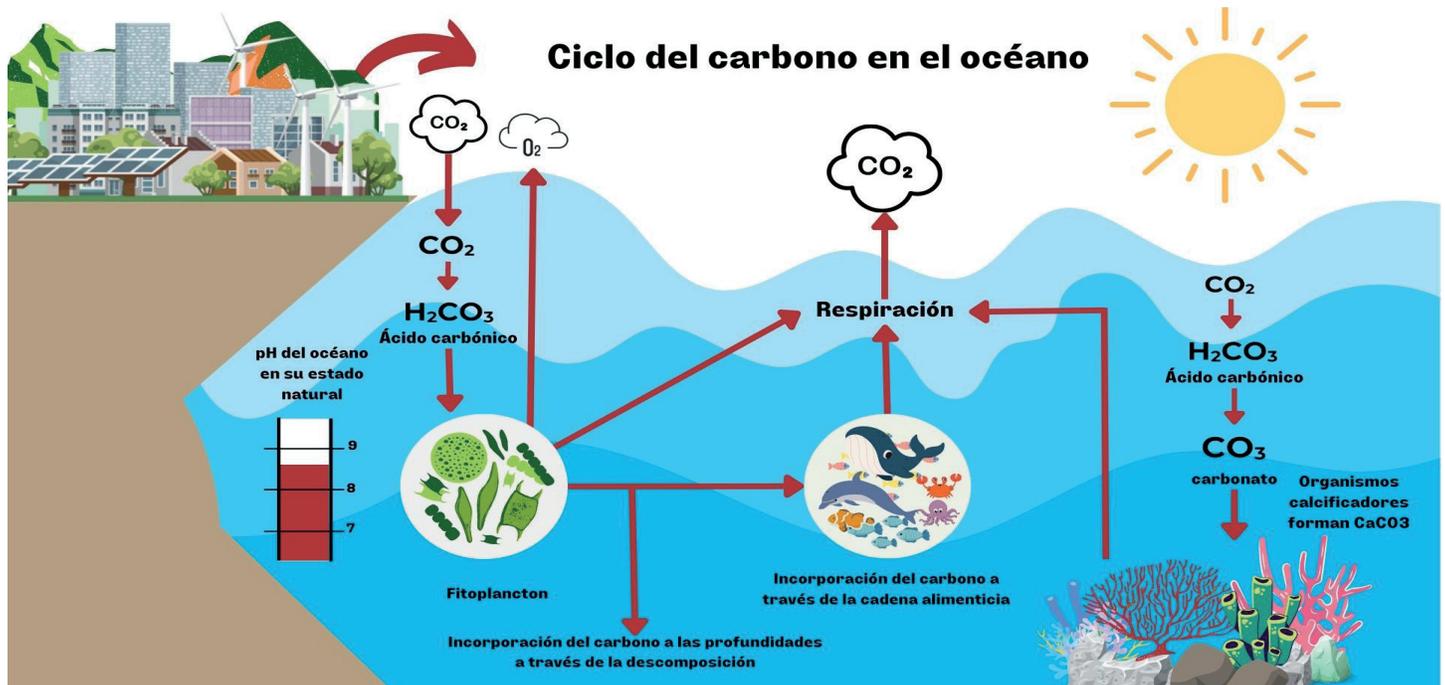


Figura 1. Ciclo del carbono en el océano.

Cuando el dióxido de carbono (CO_2) en estado gaseoso, se acumula en grandes cantidades en la atmósfera, contribuye a que se retenga la radiación solar, provocando capturas de calor, que generan aumento en la temperatura; lo cual se conoce como **efecto invernadero** (Solomon et al. 2009), causante a su vez del calentamiento global de la temperatura atmosférica y de los cuerpos de agua del planeta, que es una de las problemáticas ambientales más importantes por mitigar en la actualidad. Es bien sabido, que acciones humanas tales como: el uso de combustibles fósiles, la deforestación, las emanaciones de gases por la industria y la ganadería; así como la fabricación del cemento, entre otros, están logrando que la bomba biológica en el océano ya no sea tan eficiente en algunos puntos del planeta. En la medida que el océano absorbe

más CO_2 , disminuye la capacidad de la bomba biológica para actuar como sumidero de carbono, lo que provoca una mayor acumulación de CO_2 en la atmósfera, agravando el calentamiento global y el cambio climático; a su vez causa uno de los procesos más devastadores en los ambientes marinos: la acidificación oceánica.

La acidificación oceánica es aquella que es causada por altos niveles de dióxido de carbono (CO_2) disueltos en el agua, lo que ocasiona un aumento de moléculas de iones de hidrógeno, produciendo una disminución del pH del agua; convirtiéndola en una solución ácida (Álvarez-Borrego 2007). El pH es un valor que representa la alcalinidad o acidez de una solución líquida; esta va en una escala logarítmica de 0 a 14, entre más ácida es una

solución, más bajo es el pH, y al ser más alto es más alcalina o básica. Cuando el pH no es ácido ni básico, la solución es neutra; en el caso del agua de mar, esta es considerada ligeramente alcalina, teniendo valores alrededor de los 8,2 (NOAA 2020).

Al disminuir el pH del agua de mar, compuestos como el carbonato (CO_3) disminuyen su disponibilidad para unirse a minerales como el calcio (Ca), lo que impide los procesos de calcificación de algunos organismos que forman estructuras de la unión de estos compuestos (Carbonato de calcio (CaCO_3)), provocando crecimientos más lentos e incluso la muerte de los mismos (Figura 2).

Desde la revolución industrial, el pH del agua de mar ha descendido de 8,2 a 8,1 y se espera que disminuya de

0,3 a 0,4 unidades para finales de siglo debido a actividades antropogénicas (Bennett 2018).

“Si los niveles de pH continúan descendiendo al ritmo actual, a finales de este siglo disminuirá hasta 7,8 o 7,7; creando el océano más ácido de la historia del planeta en los últimos 20 millones de años”- Bennett (2018).

Los efectos de la acidificación oceánica son desde ecológicos hasta económicos, a continuación, entre estos están:

- **Ostras, corales y otros organismos con exoesqueletos más débiles:** Al disminuir la cantidad de carbonato disponible, estos organismos no pueden tomarlo del agua para fabricar sus exoesqueletos y presentan una mayor disolución de sus cuerpos; esto causa grandes

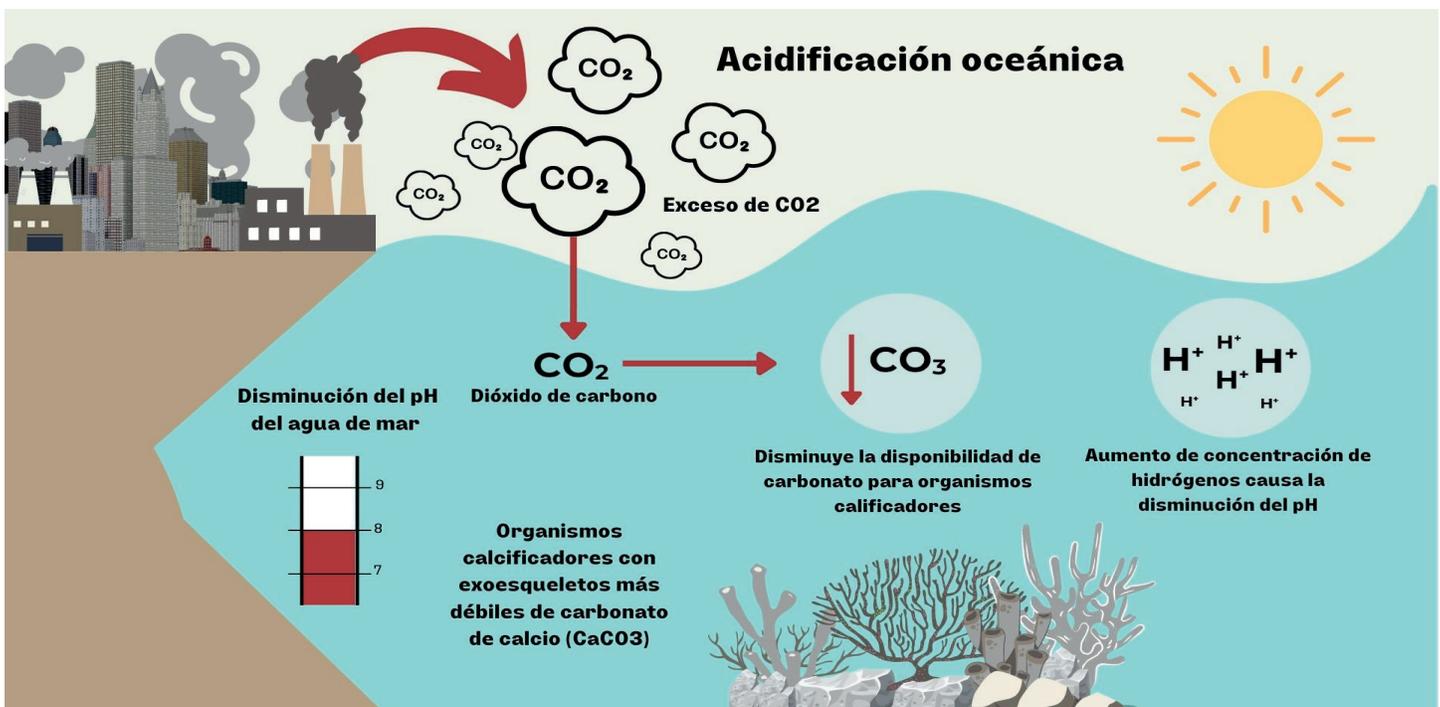


Figura 2. Acidificación oceánica.

repercusiones en el crecimiento de estos organismos. En el caso de los corales, estos presentan un doble ataque. El calentamiento global provoca el blanqueamiento coralino debido al aumento de temperatura en el agua y la acidificación oceánica impide que puedan regenerarse del impacto (Figura 3).

- **Efectos fisiológicos en organismos marinos:** Algunos organismos tales como el pez payaso, en condiciones de pH ácido presentan daños en neurotransmisores que modulan la actividad cerebral y sistema nervioso, causando cambios de comportamiento que pueden afectar su supervivencia (Fischetti 2012).

- **Impactos económicos y sociales:** Como se ha mencionado anteriormente, organismos calcificadores tales como las ostras y conchas dependen de la disponibilidad del carbonato para formar sus corazas duras, por lo que al disminuir el pH afectan gravemente su crecimiento e incluso pueden morir. Esto causa pérdidas económicas y sociales a millones de personas que se dedican al comercio de estos organismos (Grossman 2011).

Para combatir la acidificación de los océanos, la problemática no debe verse de forma aislada, sino como uno de los muchos efectos causados por la emisión de gases de efecto invernadero tales como el CO_2 , que

provocan, el calentamiento global y en consecuencia el cambio climático; por lo que solucionar la acidificación de los océanos requiere de reducir la emisión de este gas en la atmósfera, logrando de manera simultánea: reducir la acidificación y el calentamiento global.



Figura 3. Antes y después del blanquimiento coralino en arrecife de coral en el arrecife coralino de Samoa (Fotografía: The Ocean Agency).

Además, el manejo inadecuado de los desechos sólidos, pueden contribuir a la acidificación oceánica, mediante la liberación de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero durante la descomposición de desechos orgánicos como residuos de alimentos, papel y plásticos (Geyer et al. 2017). Por lo que promover un manejo adecuado de los desechos sólidos, es esencial para reducir efectos del calentamiento global, acidificación oceánica y contaminación.

“Reducir las altas emisiones de CO_2 y el uso de plástico de un solo uso, permite que los océanos puedan actuar como peldaños importantes para combatir el calentamiento global y cambio climático”.

Es necesario tomar conciencia y acción para reducir las emisiones de CO_2 que la sociedad humana produce. Como ciudadanos del mundo una buena forma es empezando a calcular nuestra huella de carbono, lo que permite conocer cuáles son nuestras emisiones de CO_2 en la atmósfera y de esta forma tomar medidas que permitan reducirlas.

Puedes acceder al siguiente enlace para conocer tu huella de carbono:

[Calcula tu huella de carbono - Greenpeace México](#)

Además, deben existir regulaciones gubernamentales y mundiales estrictas ante las emisiones de CO_2 ; promoverse alternativas verdes de transporte que nos permitan tener una menor dependencia de los combustibles fósiles y como

está planteado en el objetivo 13 contra la acción del cambio climático de los ODS, los subsidios a los combustibles fósiles deben desaparecer y los contaminadores deben pagar por su contaminación (Organización de las Naciones Unidas (ONU) 2015). El cortar estos subsidios gubernamentales de las industrias petroleras puede permitir más financiamiento a alternativas ecológicas y sostenibles que a largo plazo reducen la emisión de gases de efecto invernadero.

Es importante apostar al monitoreo de los recursos naturales e investigación científica que permitan poder tomar acciones para reducir los efectos de las altas emisiones de dióxido de carbono; entre estas, proteger y fomentar la investigación hacia ecosistemas y especies claves para combatir la acidificación y calentamiento global; de esta forma las maravillas del océano que se aprecian con tan solo caminar a la orilla de la playa serán disfrutadas por las siguientes generaciones.

Glosario

pH: Índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Cuanto más bajo es el pH, más ácida es la solución (Real academia española (RAE) 2021). La escala de pH va de básico siendo el número más alto 14 (por ejemplo, la lejía tiene un pH de 13, convirtiéndola en una solución básica) a extremadamente ácido siendo 1 (por ejemplo: el zumo de limón tiene un pH de 2 convirtiéndolo en una solución ácida); el pH se considera neutro (ni ácido ni básico) cuando es de 7.

Cambio climático: El cambio climático es un cambio a largo plazo en los patrones de temperatura, humedad, precipitación, viento, entre otros, de una región llegado a redefinir los climas locales, regionales y globales de la Tierra.

Revolución industrial: Es un proceso de transformación económica que inicia en la segunda mitad del siglo XVIII; y se caracteriza por ser el cambio de una economía agraria y artesanal a otra dominada por la industria y la fabricación de maquinaria.

Organismos calcificadores: Son aquellos organismos que combinan minerales como el calcio (Ca) y el carbonato (CO_3) para formar carbonato de calcio, que utilizan formando estructuras como caparzones, espinas y esqueletos duros.

Referencias

- Álvarez-Borrego S. 2007. Principios generales del ciclo del carbono en el océano. En: Carbono en ecosistemas acuáticos de México. Vol. 1. 1st ed. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. P. 11–26.
- Bennett J. 2018. Ocean Acidification. [accessed 2022 Nov 23]. https://ocean.si.edu/ocean-life/invertebrates/ocean-acidification#section_77.
- Fischetti M. 2012. Ocean Acidification Can Mess with a Fish's Mind. Scientific American. [accessed 2022 Nov 23]. <https://www.scientificamerican.com/article/ocean-acidification-can-m/>.
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. Nature. 2017 Jul; 551(7681): 289-295. doi: 10.1038/nature2448.
- Grossman E. 2011. Northwest Oyster Die-offs Show Ocean Acidification Has Arrived. [accessed 2022 Nov 22]. https://e360.yale.edu/features/northwest_oyster_die-offs_show_ocean_acidification_has_arrived.
- Gruber, N. 2011. The marine carbon cycle. In The ocean in a high-CO2 world (pp. 17-44). Island Press.
- Mann M. 2022. Greenhouse gas | Definition, Emissions, & Greenhouse Effect | Britannica. Britannica. [accessed 2023 Feb 17]. <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>.
- [NOAA] Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, EE. UU. 2020. Ocean acidification. [accessed 2023 Mar 13]. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>.
- [ONU] Organización de las Naciones Unidas. 2015. Objetivo 13. Cambio climático – Objetivos del desarrollo sostenible. [accessed 2022 Nov 23]. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>.
- [RAE] Real Academia Española. 2021. pH | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [accessed 2022 Nov 23]. <https://dle.rae.es/pH>.
- Reimer J, Rodríguez-Troncoso A. 2014. Introducción a la química marina: importancia de los principales nutrientes inorgánicos en el océano. In: Temas sobre Investigaciones Costeras. 1ra ed. México: Universidad de Guadalajara. p. 9–27.
- Sarmiento, J. L., & Gruber, N. 2006. Ocean Biogeochemical Dynamics. Princeton University Press.
- Solomon EP, Berg LR, Martin DW. 2009. Biology. 9th ed. Belmont, CA: Brooks/Cole.