



ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS



ECOEXploratorio



Proyecto E-STEM

**Tema transversal: Educación para la
Concienciación Ecológica y Ambiental**

Guía del maestro

Acidificación de los Océanos

MÓDULO 07

Objetivos

Mediante este módulo, el estudiante identifica las causas de la acidificación de los océanos y analiza los efectos a corto y largo plazo en la seguridad alimentaria.

Pregunta esencial

¿Cómo se afecta la seguridad alimentaria y la economía por la acidificación de los océanos?

Áreas de destrezas a reforzar

Español, inglés, matemáticas y ciencias

Destrezas de aprovechamiento académico

Ordenar el pensamiento, procesar información, comprensión lectora, resolución de problemas, uso de gráficas y medición.

Fases del módulo: Explora, Conceptualiza, Analiza y Aplica

1. **Explora:** El estudiante se introduce en el tema a través de la observación, indagación y recopilación de información. En esta fase se busca despertar y promover la formulación de preguntas clave relacionadas con el fenómeno científico a estudiar.
2. **Conceptualiza:** En esta fase, se establecen las bases teóricas a partir de las observaciones realizadas. Los estudiantes interpretan y organizan la información, desarrollan conceptos científicos y generan explicaciones preliminares.
3. **Analiza:** Se profundiza en el tema mediante el uso del razonamiento crítico. Los estudiantes evalúan datos, experimentan, identifican patrones y contrastan hipótesis, relacionando conceptos con evidencia científica.
4. **Aplica:** Finalmente, el conocimiento adquirido se pone en práctica en contextos reales o prácticos. Los estudiantes diseñan proyectos, resuelven problemas, o desarrollan soluciones consolidando su aprendizaje mediante experiencias aplicadas.

Este enfoque integra teoría y práctica, fortaleciendo habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la aplicación innovadora del conocimiento científico.

Introducción para el maestro:

¿Qué es la acidificación de los océanos?

El dióxido de carbono (CO_2) constituye sólo una pequeña porción de los gases que forman la atmósfera, representando aproximadamente el 0.04 % de su volumen (NASA, 2024). Sin embargo, las emisiones de CO_2 producto de las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles (gas natural, carbón y petróleo), están provocando efectos severos como la acidificación de los océanos y el aumento del nivel del mar, entre otros (IPCC, 2021). La acidificación oceánica ocurre cuando el CO_2 presente en la atmósfera es absorbido por los océanos, se disuelve y reacciona formando ácido carbónico, lo cual provoca una disminución del pH del agua, afectando las estructuras metabólicas de un gran número de organismos marinos (NOAA, 2022).

La acidificación del océano no se debe únicamente al CO_2 atmosférico, sino también a fuentes de contaminación terrestre, especialmente en las zonas costeras, donde los desechos procedentes de las actividades agrícolas e industriales pueden incrementar el proceso de acidificación (EPA, 2024). Según los científicos, la acidificación está generando impactos significativos en los ecosistemas marinos. Las especies con concha como las almejas y mejillones, de las que depende gran parte de la humanidad para su alimentación, son especialmente vulnerables porque la acidez del agua no permite que estas especies puedan construir, mantener o reparar sus estructuras calcáreas (Borunda, 2024). La disminución de estas especies podría tener efectos sobre los ecosistemas marinos, afectando tanto la biodiversidad, como la pesca y la alimentación humana, ya que los mariscos y peces son recursos esenciales en muchas dietas a nivel mundial (EPA, 2024).

Recursos adicionales:

EcoExploratorio. (2024). Arrecifes de coral. EcoExploratorio. <https://ecoexploratorio.org/vida-en-el-mar/ecosistemas-marinos/arrecifes-de-corales/>

Natural Resources Defense Council (NRDC). (2024). Acidificación de los océanos: lo que debes saber. NRDC. <https://www.nrdc.org/es/stories/acidificacion-oceanos-lo-debes-saber>

National Geographic. (2024). ¿Qué es la acidificación de los océanos y por qué se produce? National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-la-acidificacion-de-los-oceanos-y-por-que-se-produce>

Science in School. (2021). Carbon dioxide at sea. Science in School. <https://www.scienceinschool.org/es/article/2021/carbon-dioxide-at-sea/>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2024). Una introducción a la acidificación oceánica y costera. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/espanol/una-introduccion-la-acidificacion-oceanica-y-costera>

Referencias:

Borunda, A. (2024). ¿Qué es la acidificación de los océanos y por qué se produce? National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-la-acidificacion-de-los-oceanos-y-por-que-se-produce>

EPA. (2024). Ocean and Coastal Acidification. <https://www.epa.gov/ocean-acidification>

IPCC Sixth Assessment Report. (2022). <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/sixth-assessment-report>

NASA. (2024). Dióxido de carbon- Signos vitales – Climate Change. <https://climate.nasa.gov/en-espanol/signos-vitales/dioxido-de-carbono/?intent=111>

NOAA. (2022). What is Ocean Acidification? National Oceanic and Atmospheric Administration. Obtenido de <https://noaa.gov>

Explora

ACTIVIDAD 01

Objetivo

El estudiante explora su conocimiento sobre la generación y manejo de los residuos sólidos en sus actividades cotidianas a nivel familiar.

Aprovechamiento académico

Ordenar el pensamiento y procesar información

Trabajo

Individual

Tiempo

20 minutos

Instrucciones:

A. Completar la columna "Lo que sé" basado en la pregunta guía presentada en la columna "Pregunta".

Pregunta	Lo que sé	¿Qué información puedo agregar al ver el video?	Mi respuesta final después de socializar con mis pares
¿Qué es la acidificación de los océanos?			

B. Luego del ver el video titulado: *La acidificación del mar*, <https://www.youtube.com/watch?v=nYZFyWT2nN0>, regresa a la tabla anterior y completa las próximas columnas.

La acidificación del mar



Conceptualiza

ACTIVIDAD 02

Objetivo

El estudiante comprueba por medio de un experimento el impacto del CO_2 en el océano y sus efectos en las especies marinas.

Aprovechamiento académico

Interpretación de datos y medición

Trabajo

En pareja

Tiempo



20 minutos

Materiales

- Vaso de precipitado de 250 mL con tapón de goma
- Dos matraces de Erlenmeyer de 250 mL
- Agua destilada
- Indicador universal o azul de bromotimol
- Vinagre (ácido acético)
- Bicarbonato de sodio

NOTA: Si no tiene indicador de pH, puedes prepararlo de manera casera con repollo violeta:
<https://www.youtube.com/watch?v=94RILZdh2Rk>

Instrucciones:

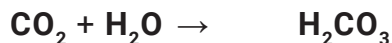
A. Estudia la siguiente **reacción química** y explica en tus propias palabras como el CO_2 contribuye a la acidificación:

Esta reacción química es importante en el contexto de la acidificación de los océanos, ya que la absorción de grandes cantidades de dióxido de carbono atmosférico por los océanos lleva a un incremento de iones H^+ en el agua, disminuyendo su pH. Esto puede afectar a los ecosistemas marinos, especialmente a organismos que dependen del carbonato cálcico (CaCO_3), como los corales y moluscos, ya que la disponibilidad de carbonato (CO_3^{2-}) disminuye con la acidificación.

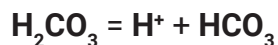
De manera resumida, el dióxido de carbono contribuye a la acidificación al disolverse en agua y formar ácido carbónico, que luego se disocia liberando iones de hidrógeno que disminuyen el pH del medio.

Reacción química:

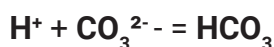
Cuando el CO_2 se disuelve en el agua en la superficie del océano, reacciona con el agua para formar ácido carbónico (H_2CO_3).



El ácido carbónico es la misma sustancia química que aporta el burbujeo a las bebidas carbonatadas. El ácido carbónico se disocia, o separa, en un ion de hidrógeno (H^+) y un ion de bicarbonato (HCO_3^-).



La acidez se mide mediante el pH, una escala logarítmica de la concentración de iones de hidrógeno. A medida que aumenta la concentración de iones de hidrógeno, aumenta la acidez y disminuye el pH. Cambiar el pH del medio ambiente tiene un impacto significativo en las reacciones químicas y los procesos vitales. El ion de hidrógeno libre se une con un ion de carbonato disuelto (CO_3^{2-}) para formar otro ion de bicarbonato (HCO_3^-).



B. Experimento:

1. En el **matraz # 1** de 250 mL, añade 10 mL de ácido acético (vinagre) y luego añade poco a poco el bicarbonato de sodio. Espera hasta que deje de burbujear.
2. En el **matraz # 2** de 250 mL, añade 50 mL de agua destilada y 1 mL del indicador.
3. Vierte el contenido del **matraz #1** en el **matraz # 2** y tápalo inmediatamente.
4. Anota los datos cualitativos en la siguiente tabla:

Día 1: color en el matraz	Día 2: color en el matraz
Se observa el mismo color del indicador, al pasar los minutos se torna color más rojo porque se está generando ácido carbónico. Desglose explicado en el # 2	Se observa un color neutral semejante al indicador. Desglose explicado en el # 3



5. Contesta las siguientes preguntas:

a. ¿Qué está ocurriendo dentro del matraz?

La reacción química entre el ácido acético (CH_3COOH) y el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) es una reacción ácido-base, que produce acetato de sodio, agua y dióxido de carbono (CO_2). Es una reacción muy conocida por generar burbujas debido al gas CO_2 liberado. A continuación, la reacción paso a paso:



Desglose de la reacción:

El ácido acético (CH_3COOH), que es un ácido débil, reacciona con el bicarbonato de sodio (NaHCO_3), que es una base (una sal de ácido carbónico), en un proceso de neutralización ácido-base.

Durante la reacción, el ion bicarbonato (HCO_3^-) del bicarbonato de sodio actúa como base y reacciona con el ión hidrógeno (H^+) del ácido acético, produciendo ácido carbónico (H_2CO_3).

El ácido carbónico es inestable y rápidamente se descompone en agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2), que se libera en forma de gas.

b. ¿Cómo este experimento explica la acidificación en los océanos?

En los océanos, el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico se disuelve en el agua y forma ácido carbónico (H_2CO_3), lo que lleva a la liberación de iones hidrógeno (H^+) y disminuye el pH, haciendo el agua más ácida. Esto es similar a lo que ocurre cuando se genera CO_2 en la reacción entre ácido acético y bicarbonato de sodio.

En el experimento puedes observar la formación de burbujas de CO_2 , que simulan la forma en que el CO_2 se disuelve en los océanos y provoca cambios en el pH.

Analiza

ACTIVIDAD 03

Objetivo

El estudiante analiza el efecto de la acidificación que sucede en los corales y en especies con caparazón de carbonato de calcio.

Aprovechamiento académico

Interpretación de datos y medición.

Trabajo

Grupal

Tiempo



20 minutos

Materiales

- Agua destilada
- Vinagre
- Cáscaras de huevo
- 2 vasos de 250 mL (identifícalos con el número 1 y 2)

* Dato importante:

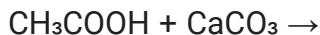
La cáscara del huevo de gallina está formada principalmente por carbonato de calcio. Los corales duros crean esqueletos de carbonato de calcio, una sustancia caliza dura.

Procedimiento:

1. En el **vaso #1**, añade 50 mL de agua destilada y una porción de cáscara de huevo.
2. En el **vaso # 2**, añade 50 mL de ácido acético y una cáscara de huevo.
3. Anota tus observaciones en la siguiente tabla:

Vaso # 1	Vaso # 2

4. Completa la siguiente ecuación química y explica cómo el ácido afecta a los corales y otros organismos.



Respuesta:



La acidificación de los océanos tiene efectos graves en los corales y otros organismos marinos que dependen del carbonato de calcio (CaCO_3) para construir sus estructuras esqueléticas y conchas. A medida que aumenta la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, una mayor cantidad de este gas se disuelve en los océanos, lo que provoca una serie de reacciones químicas que reducen el pH del agua y disminuyen la disponibilidad de carbonato, una forma clave de construcción para muchos organismos marinos.

5. ¿Cómo la temperatura puede empeorar los efectos de la acidificación de los océanos?

La temperatura intensifica estos impactos afectando:

1. Reducción de la solubilidad del CO_2 en agua:

A temperaturas más altas, el CO_2 es menos soluble en el agua. Esto significa que, aunque el océano sigue absorbiendo grandes cantidades de CO_2 de la atmósfera, una menor proporción se disolverá en agua. Como resultado, una mayor cantidad de CO_2 queda disuelta en las capas superficiales del océano, lo que aumenta la concentración de ácido carbónico (H_2CO_3) y, por lo tanto, la acidificación en esas capas. Aunque el océano profundo es menos afectado por cambios de temperatura, la mayor parte de la vida marina y los ecosistemas se encuentran en las capas superficiales, que son las más vulnerables a los efectos combinados del calentamiento y la acidificación.

2. Estrés adicional para los corales:

Blanqueamiento de corales: A medida que las temperaturas del océano aumentan, los corales experimentan estrés térmico, lo que provoca el blanqueamiento. El blanqueamiento ocurre cuando los corales expulsan las zooxantelas, algas simbióticas que viven dentro de ellos y que les proporcionan nutrientes. Sin estas algas, los corales pierden su color y su principal fuente de alimento, lo que los debilita y puede llevarlos a la muerte. Cuando los corales están estresados por la temperatura, son más susceptibles a los efectos de la acidificación. Ya debilitados por el calor, su capacidad para formar y mantener sus esqueletos de carbonato de calcio disminuye aún más bajo condiciones de pH reducido.

3. Aumento en la tasa de disolución de carbonato de calcio:

El carbonato de calcio (CaCO_3), que constituye los esqueletos de los corales y las conchas de muchos organismos marinos, se disuelve más rápidamente en agua cálida y ácida. A medida que la temperatura del agua aumenta, la solubilidad del carbonato de calcio aumenta, lo que significa que los esqueletos y conchas de los organismos marinos se disuelven más rápidamente. Esto amplifica

el efecto de la acidificación, haciendo más difícil que los corales, moluscos y otros organismos calcificadores puedan mantener sus estructuras.

4. Efectos sobre el metabolismo y el crecimiento:

Los organismos marinos, incluidos los corales, moluscos y otros animales, tienen un rango de temperatura óptimo en el que pueden sobrevivir y prosperar. Cuando la temperatura del agua aumenta por encima de este rango, su metabolismo se acelera, lo que aumenta la demanda de energía. Sin embargo, en condiciones de acidificación y temperaturas elevadas, los organismos tienen que gastar más energía para mantenerse y formar sus estructuras de carbonato de calcio. Esto reduce su capacidad para crecer y reproducirse, lo que lleva a una disminución en sus poblaciones.

5. Cambios en la química del océano:

La combinación de temperaturas más altas y acidificación afecta las propiedades químicas del agua de mar. El aumento de la temperatura puede modificar la proporción de los iones bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3^{2-}), que son esenciales para la formación de carbonato de calcio. En aguas más cálidas y ácidas, la disponibilidad de iones carbonato (CO_3^{2-}) disminuye, lo que dificulta aún más que los organismos puedan usar estos iones para formar sus esqueletos y conchas. Esto acelera el debilitamiento de sus estructuras y aumenta el riesgo de disolución.

6. Busca imágenes de 2 organismos marinos que estén compuestos de carbonato de calcio y pégalas en los recuadros correspondientes.

Nombre: _____

¿Dónde se encuentra? _____

¿En qué parte de su cuerpo tiene carbonato de calcio? _____

Ej. corales, moluscos, equinodermos, crustáceos

Nombre: _____

¿Dónde se encuentra? _____

¿En qué parte de su cuerpo tiene carbonato de calcio? _____



Aplica

ACTIVIDAD 04

Objetivo

El estudiante aplica los conocimientos aprendidos para investigar las comunidades más afectadas a corto y largo plazo por la acidificación de los océanos en función de la seguridad alimentaria.

Aprovechamiento académico

Compresión lectora

Trabajo

Individual

Instrucciones:

A. Lee el siguiente artículo del *Natural Resources Defense Council* e investiga cuáles comunidades en Puerto Rico son más vulnerables a los efectos de la acidificación y las altas temperaturas en la seguridad alimentaria y economía. **Subraya las oraciones más importantes.**

¿Por qué es un problema la acidificación de los océanos?

Lo que resulta especialmente alarmante de la acidificación de los océanos en la actualidad es la velocidad del cambio y sus impactos directos en los ecosistemas oceánicos.

Cuando el CO₂ se disuelve en el océano, reduce la disponibilidad de carbonato: un componente esencial para que los mariscos como los mejillones, las almejas y las ostras puedan crear sus conchas y esqueletos protectores. Por lo tanto, las concentraciones más bajas de carbonato en los hábitats marinos afectan directamente a las posibilidades de supervivencia de estos animales, como han demostrado los investigadores que estudian las opciones de mariscos en declive en el Golfo de Maine. Si la acidez aumenta lo suficiente, el agua del mar podría literalmente disolver las conchas.

Los arrecifes de coral también sufren las consecuencias. Por ejemplo, la Gran Barrera de Coral de Australia ha mostrado un descenso del 14 por ciento en su calcificación desde 1990. Los arrecifes de coral son una parte esencial de los ecosistemas marinos, ya que proporcionan refugio al 25 por ciento de las especies marinas. Estas estructuras también protegen a las comunidades costeras de la erosión y las tormentas. La acidificación es especialmente dura para los arrecifes que ya se enfrentan a la erosión biológica natural de las especies de peces y gusanos que los corroen. Los arrecifes, que son famosos por su lento crecimiento, no pueden superar esta disolución.

Los impactos de la acidificación de los océanos pueden repercutir en toda la cadena alimentaria, en el agua y en la tierra. Una parte significativa de nuestra economía depende, de una manera u otra, de la riqueza del océano. La industria marisquera estadounidense, por ejemplo, desempeña un papel enorme en las economías costeras, que proporciona empleo a miles de personas y genera millones de dólares en ingresos cada año.

Si no se controla la acidificación de los océanos, se calcula que la industria puede perder más de 400 millones de dólares anuales para el año 2100. “A medida que transformamos el mar con nuestras acciones—por la quema de combustibles fósiles—interferimos en el papel crucial que desempeña para la humanidad, desde la estabilización de nuestro clima y la protección de las comunidades costeras hasta el suministro de alimentos para miles de millones de personas en todo el mundo”, dice Suatoni.

Escribe tus dudas aquí:

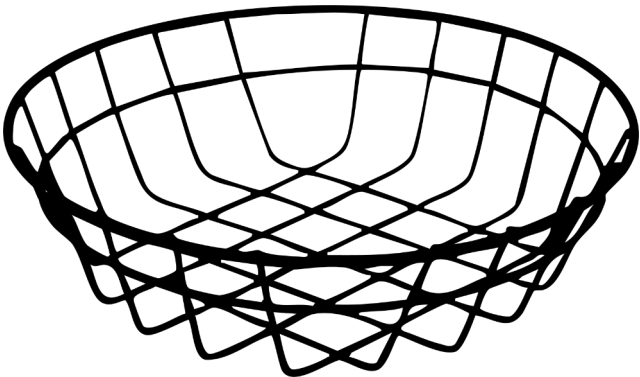
B. Después de investigar qué municipios son los más afectados por la acidificación y las altas de temperaturas en el mar, prepara una canasta de riesgo alimentario (ej. pescados y mariscos de alto consumo en el país) y otra canasta con alimentos sustitutos que garanticen la seguridad alimentaria en caso de que se intensifiquen los efectos de la acidificación y las altas temperaturas en los océanos.

NOTA: Los estudiantes deben investigar sobre la pesca y su consumo en Puerto Rico para poder establecer la conexión con la inseguridad alimentaria.

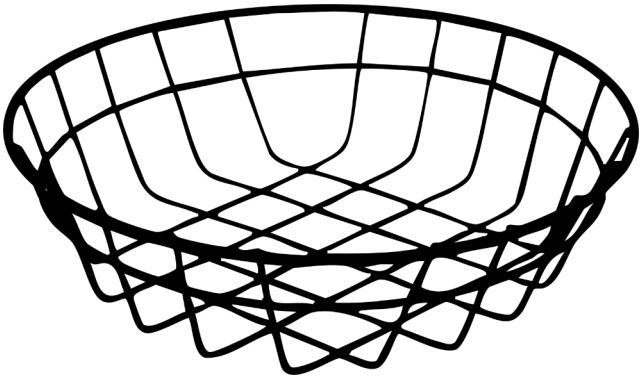
Información para el maestro:

La pesca en Puerto Rico es principalmente artesanal, realizada por pequeños pescadores que operan en comunidades costeras. Sin embargo, la industria pesquera enfrenta desafíos como la sobreexplotación, la contaminación marina y los huracanes, lo que limita la oferta local de pescado. Una gran proporción del pescado consumido en Puerto Rico es importada, principalmente desde los Estados Unidos y otros países. Esto incluye especies como salmón, tilapia y bacalao, que son populares en la dieta puertorriqueña pero no son nativas de la región. Entre las especies más consumidas localmente se encuentran el mero, el chillo (pargo), el dorado y la langosta. Estos son pescados y mariscos típicos en platos tradicionales como el pescado frito, la sopa de pescado y los mariscos guisados.

Canasta de Seguridad Alimentaria



Canasta de Riesgo Alimentario



Síguenos



www.ecoexploratorio.org/e-stem/



ECOEXploratorio
MUSEO DE CIENCIAS DE PUERTO RICO

