

¡EL OCÉANO!



Parte 3:

El Océano y el aire

SUSTAINABLE DEVELOPMENT **GOALS**

preparado por



Smithsonian
Science Education Center

en colaboración con

iap **SCIENCE**
HEALTH
POLICY
the interacademy partnership

Aviso de copyright

© 2024 Institución Smithsonian

Todos los derechos reservados. Primera edición 2024.

Aviso de copyright

No se puede utilizar ni reproducir ninguna parte de este módulo, o trabajos derivados de este módulo, para ningún propósito, excepto el uso legítimo, sin el permiso por escrito del Centro Smithsonian de Educación Científica.

El Centro Smithsonian de Educación Científica agradece enormemente los esfuerzos de todas las personas que se enumeran a continuación en el la preparación de *¡El Océano! ¿Cómo podemos crear un futuro sostenible para el océano?* parte 3. Cada uno aportó su experiencia para garantizar que este proyecto sea de la más alta calidad. Para ver la lista completa de agradecimientos, consulta la sección de agradecimientos al principio de esta guía.

Personal de desarrollo de módulos del Centro Smithsonian de Educación Científica

Directora Ejecutiva - Dra. Carol O'Donnell

Director de la División de Planes de Estudios, Medios Digitales y Comunicaciones - Dr. Brian Mandell

Desarrolladora del plan de estudios de ciencias - Heidi Gibson

Becarios colaboradores

Alexandra Barrington

Nikki Kanakis

Mentor de investigación

Dra. Rebecca Albright

Revisor técnico

Dr. Luiz Drude Delacerda

Las contribuciones del personal del Centro Smithsonian de Educación Científica, los asesores del proyecto, los mentores de investigación y los revisores técnicos figuran en la sección de agradecimientos.

Créditos de las imágenes

Portada - AshleyWiley/iStock/Getty Images Plus; Damocean/ iStock/Getty Images Plus

Figura 3.1 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.2 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.3 - VectorMine/iStock/Getty Images Plus

Figura 3.4 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.5 - Damocean/iStock/Getty Images Plus

Figura 3.6 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.7 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.8 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.9 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.10 - Patrick Magonigal, GCREW, Institución Smithsonian

Figura 3.11 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.12 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.13 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.14 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.15 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.16 - Centro Smithsonian de Educación Científica

Figura 3.17 - Centro Smithsonian de Educación Científica



PARTE 3: EL OCÉANO Y EL AIRE

Agenda	82
Tarea 1: ¿Cómo contribuyen los sistemas oceánicos a regular el aire de la Tierra?	85
Descubre: ¿Cómo el aire conecta mi comunidad con el océano?	85
Comprende: ¿Qué papel desempeña el océano en los ciclos del carbono y el oxígeno de la Tierra?	89
Actúa: ¿Cómo podemos ser una parte positiva del sistema para regular el aire de la Tierra?	101
Tarea 2: ¿Cómo podemos prevenir la acidificación de los océanos?	104
Descubre: ¿Cómo afecta el aumento de dióxido de carbono a la química de los océanos?	104
Comprende: ¿Qué significa la acidificación de los océanos para los ecosistemas oceánicos?	110
Actúa: ¿Cómo podemos evitar que el océano se acidifique?	113
Notas finales	119
Glosario	120

Para saber más

Para ver más recursos y actividades, visita el esquema narrativo de *¡El Océano!* en bit.ly/OCEAN2030.



Agenda

Actividad	Descripción	Materiales y tecnología	Materiales adicionales	Tiempo aproximado	Número de página
Tarea 1: ¿Cómo contribuyen los sistemas oceánicos a regular el aire de la Tierra?					
Descubre	Conecta con tu respiración y con el océano a través de la atención plena, y examina los datos sobre la producción de oxígeno en la Tierra.	<ul style="list-style-type: none"> • Papel • Bolígrafo o lápiz 	<u>Mapa de identidad oceánica</u>	20 minutos	85
Comprende	Aprende sobre el ciclo del carbono, examina datos sobre el carbono atmosférico e investiga los sumideros de carbono azul.	<ul style="list-style-type: none"> • Papel • Bolígrafo o lápiz • Tarjetas de juego de carbono azul • Tijeras • Cinta adhesiva de color (opcional) • 2 juegos de 20 objetos pequeños cada uno: clips, piedrecitas, bloques, etc. 	<u>Diagrama del sistema de aire y océano</u> <u>Mapa de identidad oceánica</u> <u>Observa, Piensa Pregúntate</u>	40 minutos	89
Actúa	Considera diferentes perspectivas sobre las formas de actuar para reducir el dióxido de carbono en el aire.	<ul style="list-style-type: none"> • Papel • Bolígrafo o lápiz 	<u>Diagrama del sistema de aire y océano</u> <u>Mapa de identidad oceánica</u>	15 minutos	101



Actividad	Descripción	Materiales y tecnología	Materiales adicionales	Tiempo aproximado	Número de página
Tarea 2: ¿Cómo podemos prevenir la acidificación de los océanos?					
Descubre	Reflexiona sobre las emisiones de dióxido de carbono de tu comunidad e investiga cómo el dióxido de carbono en el aire provoca la acidificación de los océanos.	<ul style="list-style-type: none"> • 4 vasos transparentes de plástico o cristal (5 si se hacen las opciones 1 y 2) • Marcadores • Indicador de pH natural (como repollo morado, arándanos, frambuesas, moras, uvas o ciruelas) y agua hirviendo y un colador, o medidor o tiras de pH • Un ácido, como vinagre o zumo de limón • Un alcalino, como bicarbonato sódico • Para la opción 1: popote o pajita • Para la opción 2: papel de aluminio, envoltorio de plástico (film adherente) 	<u>Diagrama del sistema de aire y océano</u>	45 minutos	104
Comprende	Investiga el impacto de la acidificación del océano en los caparzones de los organismos marinos.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 caparzones (de ostra, mejillón o huevo) • 5 vasos transparentes de cristal o plástico • Balanza digital pequeña (opcional) • Marcadores • Un ácido, como vinagre o zumo de limón • Agua 	<u>Mapa de identidad oceánica</u> <u>Diagrama del sistema de aire y océano</u>	30 minutos + toda la noche + 15 minutos	110
Actúa	Llega a un consenso y toma medidas sobre la acidificación de los océanos.	<ul style="list-style-type: none"> • Papel • Bolígrafo o lápiz 	<u>Mapa de identidad oceánica</u> <u>Diagrama del sistema de aire y océano</u>	25 minutos + tiempo de acción	113



Conoce a tu mentora de investigación

Conoce a la Dra. Rebecca Albright. Rebecca será tu mentora de investigación para ayudarte a comprender mejor el sistema del océano y el aire de la Tierra.

Rebecca es curadora en la Academia de Ciencias de California. Estudia la acidificación de los océanos y su impacto en los arrecifes de coral. También codirige la iniciativa Esperanza para los Arrecifes de la Academia. Rebecca tiene un doctorado en biología marina y pesca. Sin embargo, también tiene conocimientos y perspectivas que proceden de otras partes de su identidad. Dado que Rebecca trabaja ahora contigo, es importante saber quién es.

Mapa de identidad de Rebecca

Mujer

Creció en Ohio

Tiene una hermana mayor

Conservador de la Academia de Ciencias de California

Madre de dos hijos, una niña y un niño

Vivió en Australia por tres años

Tiene un gato que se llama Mochi

Le encanta bailar salsa (y bailar en general)

Le gusta pintar

Sus colores favoritos son el morado y el verde

Le gusta estar al aire libre (senderismo, etc.)

Impartió clases en un colegio bilingüe de la República Dominicana



Tarea 1: ¿Cómo contribuyen los sistemas oceánicos a regular el aire de la Tierra?

Algunos llaman al océano los "pulmones de la Tierra". Pero a diferencia de los pulmones humanos (que absorben oxígeno y producen dióxido de carbono), el océano absorbe dióxido de carbono y produce oxígeno. En esta tarea vas a **descubrir** más sobre las conexiones entre el aire de tu comunidad y el océano. Luego investigarás para **comprender** los procesos del océano implicados en esta relación con el aire de la Tierra. Por último, vas a **actuar** para que las personas sean una parte más positiva de este sistema.

Antes de comenzar el resto de la parte 3, piensa en silencio para ti mismo sobre el mapa de identidad de Rebecca y compáralo con tu *Mapa de identidad personal*.

- ¿Hay cosas que tengas en común con Rebecca?
- ¿Hay cosas en las que te diferencias de Rebecca?
- ¿Puedes ver algo en la identidad de Rebecca que se relacione con la comprensión del sistema del océano?

A lo largo de la parte 3, verás que Rebecca comparte ideas y experiencias contigo. Puede que te ayude a entender mejor cómo hacer tu investigación o que comparta algunas de las investigaciones que ella ha realizado.



Descubre: *¿Cómo el aire conecta mi comunidad con el océano?*

La **atmósfera** es la mezcla de gases que rodea la Tierra. Hace miles de millones de años, casi no había oxígeno en la atmósfera terrestre. Con el tiempo, el proceso de **fotosíntesis** evolucionó en unos organismos marinos llamados **cianobacterias**, que también reciben el nombre de algas verdeazuladas. En la actualidad, la fotosíntesis la realizan las plantas, las algas y algunas especies de bacterias. La fotosíntesis absorbe dióxido de carbono y produce oxígeno. A través del proceso de fotosíntesis, el oxígeno que forma parte de la atmósfera terrestre ha aumentado con el tiempo.



En la actualidad, alrededor del 21 % de la atmósfera terrestre es oxígeno. Este oxígeno es esencial para la supervivencia de la mayoría de los organismos de la Tierra, incluidas las personas. Respiramos el aire de la atmósfera. Al inhalar oxígeno, producimos dióxido de carbono. Esto es lo contrario de lo que ocurre durante la fotosíntesis.

Hay una atmósfera, igual que hay un océano. El oxígeno, el dióxido de carbono y otros gases producidos en distintas partes del planeta se mezclan entre sí, al igual que el agua del océano se mezcla con el tiempo. En esta actividad reflexionarás sobre el sistema y el equilibrio entre el oxígeno y el dióxido de carbono en el aire y en el océano.

1. Busca un lugar cómodo para sentarte.
2. Haz que una persona, como un profesor o un compañero de equipo, lea lentamente en voz alta *Consciencia: Respirar con el océano*. Sigue las instrucciones.

Consciencia plena: Respirar con el océano

Relaja el cuerpo y cierra los ojos.

Inspira profundamente y luego espira. Mientras hablo, sigue inspirando y espirando a un ritmo que te resulte cómodo.

Inspira, imaginando que el aire fluye hacia tus pulmones desde el espacio que te rodea. Imagina que el oxígeno de ese aire entra en tu cuerpo a través de los pulmones.

Agradece el oxígeno que permite que tu cuerpo funcione.

Imagina que el dióxido de carbono que produce tu cuerpo sale de él a través de los pulmones. No lo necesitas. Expúlsalo.

Piensa en la planta más cercana. Puede ser un árbol, una brizna de hierba, una enredadera, un arbusto o incluso lo que a veces se llama una mala hierba. Imagina que esa planta verde absorbe tu dióxido de carbono y expulsa oxígeno. Inhala el oxígeno de la planta. Exhala el dióxido de carbono que utiliza la planta. Respira unas cuantas veces, imaginando el equilibrio entre tú y las plantas que te rodean.

Ve más lejos en tu mente hasta los confines de tu comunidad. Imagina que todas las plantas de tu comunidad absorben dióxido de carbono y producen oxígeno, y que todas



las personas y otros animales de tu comunidad respiran oxígeno y expulsan dióxido de carbono. Entrar y salir. En equilibrio. El aire se mezcla. No hay límites. No hay fronteras.

Ahora envía tu mente hasta el océano. Aproximadamente la mitad del oxígeno que se produce en la Tierra procede del océano. Imagina las hierbas marinas, los manglares y los bosques de algas del océano. Inhala el oxígeno que producen. Exhala el dióxido de carbono que utilizan.

Imagina el **plancton** — las algas, las plantas a la deriva, las bacterias. Producen más oxígeno que cualquier otra cosa en la Tierra. Inhala el oxígeno que te dan. Agradece el oxígeno vital que es producido por algo que es demasiado pequeño para verlo.

Inspira y espira unas cuantas veces más. Imagina que regresas lentamente el aliento, primero a tu comunidad, luego a la planta más cercana y, por último, al lugar donde empezaste: tú. Encuentra la gratitud por el equilibrio del sistema en el que algunos seres vivos necesitan oxígeno y producen dióxido de carbono, y algunos seres vivos necesitan dióxido de carbono y producen oxígeno. Tú formas parte de este sistema.

Abre los ojos cuando estés preparado.

3. Saca una hoja de papel y rotúlala "Diagrama del sistema de aire y océano".
4. Considera los elementos del sistema de aire de la Tierra en los que acabas de pensar. Puedes volver atrás y leer *Consciencia plena: Respirar con el océano* de nuevo si necesitas recordártelo. Piensa en las personas, en otros seres vivos de tu comunidad y en otros seres vivos del océano.
5. Para cada elemento en el que hayas pensado, escribe su nombre y dibuja un recuadro a su alrededor. Asegúrate de incluir a personas. Incluye también al menos otro ser vivo de tu comunidad y al menos otros dos seres vivos del océano, incluido el plancton. La figura 3.1 muestra un ejemplo de un diagrama de sistema, por si necesitas ayuda.



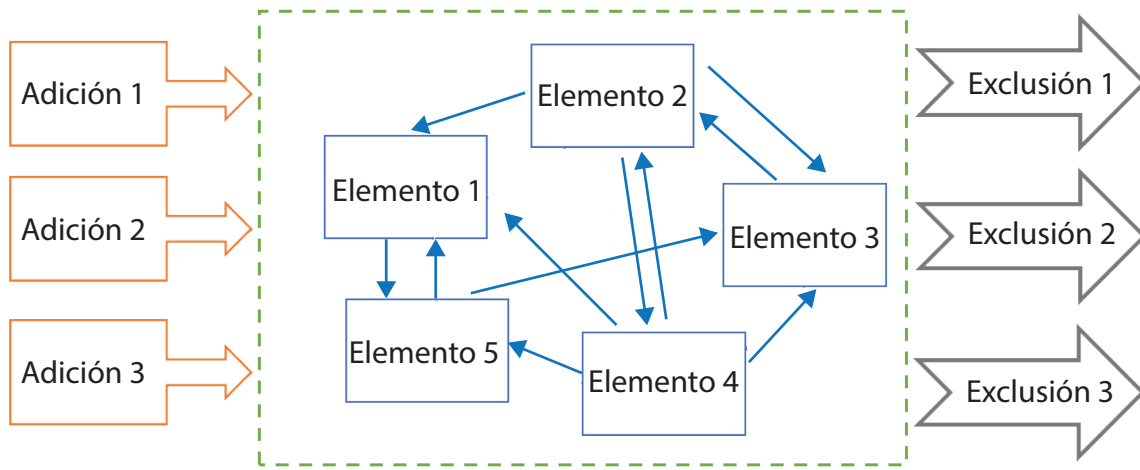


Figura 3.1: Ejemplo de diagrama de sistema que incluye elementos, relaciones, límites, adiciones y exclusiones.

6. Piensa en cómo se mueve el oxígeno entre los elementos de tu sistema. Dibuja y rotula flechas para mostrar ese movimiento.
7. Piensa en cómo se mueve el dióxido de carbono entre los elementos de tu sistema. Dibuja y rotula flechas para mostrar ese movimiento.
8. Dirígete a uno de tus compañeros y debate: ¿Por qué puede ser importante que algunos seres vivos produzcan dióxido de carbono y otros oxígeno?
9. Examina el gráfico circular de la figura 3.2.

Producción de oxígeno en la Tierra



Figura 3.2: Este gráfico muestra la contribución de los ecosistemas terrestres y oceánicos a la producción de oxígeno de la Tierra.

10. En equipo, saca una hoja de papel o utiliza una pizarra y divídela en tres columnas. Etiqueta estas columnas "Observa", "Piensa" y "Pregúntate".



11. En equipo, debatan las siguientes preguntas y anoten sus respuestas.
- Observa: ¿Qué notas en la figura 3.2? ¿Hay cosas que te sorprendan o te parezcan importantes? Anota tus ideas en la columna *Observa* .
 - Piensa: ¿Por qué crees que es importante saber qué tipos de ecosistemas producen oxígeno? ¿Crees que hay elementos importantes de la figura 3.2 que faltan en tu *Diagrama del sistema de aire y océano*? Anota tus ideas en la columna *Piensa*. Añade cualquier elemento importante que falte a tu *Diagrama del sistema de aire y océano*.
 - Pregúntate: ¿Qué te hace pensar la figura 3.2? Por ejemplo, ¿te hace plantearse cosas sobre el sistema del aire y el océano, o preguntarte qué le pasaría a nuestra atmósfera si hubiera menos cosas que produjeran oxígeno? Anota tus ideas en la columna *Pregúntate*.
12. Lee las reflexiones de Rebecca sobre las conexiones entre las personas, la atmósfera y el océano.

Rebecca dice . . .



Aproximadamente la mitad del oxígeno que respiramos (cada dos respiraciones) procede del océano, sobre todo de algas diminutas y microscópicas, o **fitoplancton**, que realizan la fotosíntesis, convirtiendo el dióxido de carbono, la luz solar y el agua en alimento y liberando oxígeno en el proceso.

13. Saca tu *Mapa de identidad oceánica*. Piensa en lo que has aprendido sobre la conexión entre el aire que respiras y el océano. Añade palabras, imágenes, dibujos o cualquier otra cosa para representar esa conexión en el círculo *Conexiones* .



Comprende: ¿Qué papel desempeña el océano en los ciclos del carbono y el oxígeno de la Tierra?

Los organismos fotosintéticos del océano producen oxígeno, que circula entre el aire y otros organismos del océano y de la tierra. El carbono también circula entre el aire y muchos **sumideros de carbono** diferentes, que son entornos o seres vivos que almacenan



carbono. En realidad, el mayor sumidero de carbono de la Tierra es el agua de los océanos. Obtendrás más información al respecto en la tarea 2. Los seres vivos del océano también son importantes sumideros de carbono. En esta actividad investigarás más sobre los cambios recientes en el **ciclo del carbono** de la Tierra. También reflexionarás sobre el papel que desempeñan los ecosistemas oceánicos en el ciclo del carbono.

1. Saca tu *Diagrama del sistema de aire y océano* y dibuja un círculo alrededor de los elementos existentes. Rotula este círculo "seres vivos".
2. Añade cuatro nuevos elementos — "océano", "tierra", "aire" y "combustibles fósiles" — alrededor del círculo *seres vivos*.
3. Lee *El ciclo del carbono*, y cada vez que observes formas en las que el carbono se mueve entre *el océano, la tierra, el aire, los seres vivos y los combustibles fósiles*, dibuja y rotula flechas en tu *Diagrama del sistema de aire y océano* para mostrar ese movimiento.

El ciclo del carbono

El ciclo del carbono es el movimiento cíclico de diferentes formas de carbono entre organismos, el océano, la tierra y el aire. La figura 3.3 ilustra el ciclo del carbono.

Todos los organismos están formados por moléculas que contienen carbono. Cada ser vivo actúa como un sumidero de carbono. Cuando los organismos mueren y se descomponen, normalmente este carbono se libera de nuevo al aire en forma de dióxido de carbono. Una parte del dióxido de carbono permanece en el aire y otra se disuelve en el agua del océano.

Sin embargo, a veces el carbono de los seres vivos queda enterrado bajo la tierra o el océano. Si los seres vivos están aislados del aire, es posible que no se **descompongan**, especialmente si están enterrados bajo el agua. Esto se denomina **almacenamiento de carbono**. A lo largo de millones de años, el calor y la presión pueden transformar el carbono enterrado en **combustibles fósiles** como el petróleo (oil), el gas natural y el carbón. El petróleo y el gas natural generalmente se formaron cuando el plancton del océano murió y quedó enterrado por **sedimentos** en el fondo del océano. El carbón se formaba generalmente cuando las plantas y los animales de los pantanos morían y quedaban enterrados por los sedimentos del fondo del pantano. Aunque estos combustibles fósiles se formaron en el océano o en pantanos, hoy en día los lugares donde se encuentran pueden ser muy diferentes, como tierra seca o incluso desierto.



El carbono de los combustibles fósiles ha estado encerrado en la atmósfera terrestre durante millones de años. Sin embargo, en los últimos 150 años aproximadamente, la gente ha empezado a utilizar muchos de estos combustibles fósiles como fuentes de energía. Cuando se queman, los combustibles fósiles liberan mucha energía que puede utilizarse para propulsar un coche, generar electricidad o calentar una casa. La quema de combustibles fósiles también libera dióxido de carbono y otros **gases de efecto invernadero** a la atmósfera. Estos gases liberados se denominan **emisiones**. Los gases de efecto invernadero son gases como el dióxido de carbono y el metano que atrapan el calor y provocan el calentamiento de la atmósfera. Puedes ir a la guía *¡Energía!* si quieres más información sobre los combustibles fósiles y otras posibles fuentes de energía.

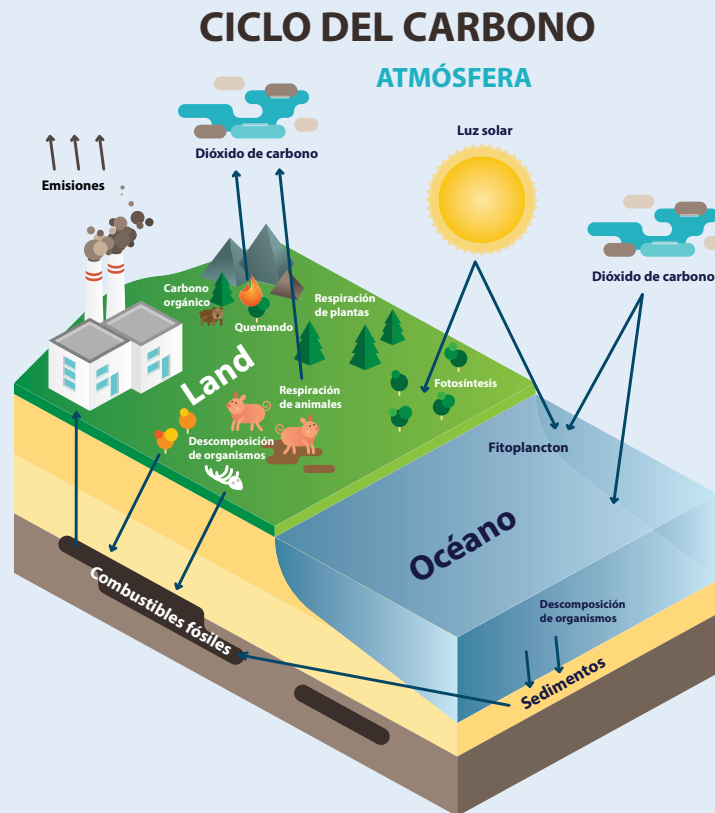


Figura 3.3: El ciclo del carbono.

- Dirígete a un compañero y comparen sus *Diagramas del sistema de aire y océano*. ¿Pueden ambos trazar la forma en que el carbono se mueve entre *los seres vivos, el aire, la tierra, el océano y los combustibles fósiles*? Ayúdense mutuamente a asegurarse de que ambos tienen el ciclo completo del carbono. Vuelve a leer *El ciclo del carbono* de nuevo si tienes dudas.



5. Examina el gráfico de la figura 3.4, que muestra el dióxido de carbono atmosférico (la línea azul) y las emisiones de dióxido de carbono (la línea naranja) entre los años 1750 y 2020.

Dióxido de carbono atmosférico mundial comparado con las emisiones anuales (1751-2022)

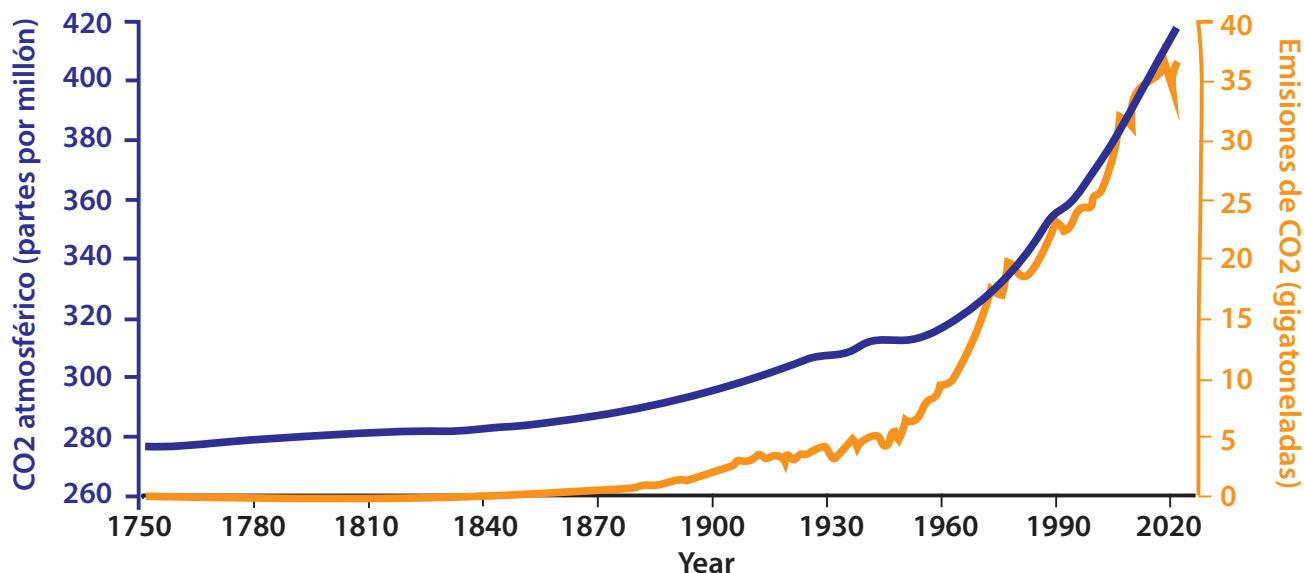


Figura 3.4: La variación del dióxido de carbono atmosférico a lo largo del tiempo¹.

6. Saca tu hoja *Observa, Piensa, Pregúntate* de la actividad Descubre y útilízala para responder a estas preguntas.
- En la columna *Observa* anota tus respuestas a estas preguntas:
 - ¿Qué observas en las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) desde 1750 hasta 2020 (línea naranja)?
 - ¿Qué observas en el dióxido de carbono atmosférico (CO_2) desde 1750 hasta 2020 (línea azul)?
 - ¿Qué notas en la relación entre esas dos líneas?
 - En la columna *Piensa* anota tus ideas sobre el impacto del dióxido de carbono atmosférico adicional. Este dióxido de carbono atmosférico es una nueva *Adición* al sistema de aire y océano. ¿Qué crees que podría cambiar en el sistema al aumentar la cantidad de dióxido de carbono atmosférico? Utiliza los *elementos* y *relaciones* de tu *Diagrama del sistema de aire y océano* para ayudarte a pensar.
 - En la columna *Pregúntate* anota lo que piensas sobre lo que te hace preguntarte la figura 3.4. Por ejemplo, ¿te preguntas de dónde procede el aumento del dióxido de carbono o qué significará para el planeta?



14. Lee ¿Qué es el carbono azul?

¿Qué es el carbono azul?

Como has aprendido, a través del ciclo del carbono las plantas absorben y almacenan dióxido de carbono. Cuando estas plantas mueren, normalmente el carbono que contienen se devuelve a la atmósfera al descomponerse.

Sin embargo, algo especial ocurre en los humedales costeros, como los manglares, los lechos de hierbas marinas y las marismas de sal. Hay falta de oxígeno en el sedimento costero. Esto significa que el carbono de las plantas y otros organismos a menudo no se descompone y permanece enterrado en el lodo durante cientos o incluso miles de años. Si se compara una superficie del mismo tamaño, estos tipos de ecosistemas pueden ser incluso mejores que los bosques terrestres a la hora de almacenar carbono. Este almacenamiento de carbono oceánico se denomina a veces **carbono azul**.



Figura 3.5: Manglares por debajo y por encima del nivel del agua.

Sin embargo, hay un problema. Si estos ecosistemas se alteran o destruyen, pueden liberar rápidamente una gran cantidad de carbono a la atmósfera. Esto a veces se denomina **bomba de carbono**.

15. Prepárate para jugar al Juego del Carbono Azul preparando las cartas que necesitarás. Puedes imprimir las cartas de la figura 3.6. Si no tienes impresora, haz las cartas escribiendo las palabras en un pedazo de papel o cartulina. Corta las cartas para tener 15 cartas separadas.



<p>Quieres construir una granja de camarones. Puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 2 espacios de manglar <u>Ganar:</u> +2 puntos de persona</p>	<p>Los manglares son un lugar ideal para que crezcan las crías de los peces. Esto ayuda a los pescadores locales.</p> <p><u>Si hay al menos 3 manglares en el tablero:</u> <u>Ganar:</u> +2 puntos de persona</p>	<p>Quieres construir un nuevo complejo turístico. Puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 3 espacios de conexión (pueden ser manglares o vacíos) <u>Ganar:</u> +3 puntos de persona</p>
<p>Quieres construir una granja de camarones. Puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 1 espacio de manglar <u>Ganar:</u> +1 punto de persona</p>	<p>Los manglares producen un carbón vegetal excelente. Puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 1 espacio de manglar <u>Ganar:</u> +1 punto de persona</p>	<p>Te encanta estar cerca del mar y quieres construirte una casa allí. Puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 2 espacios de conexión (pueden ser manglares o vacíos) <u>Ganar:</u> +2 puntos de persona</p>
<p>Tú gestionas la restauración costera para tu gobierno local. Algunos quieren que se conserven los manglares, pero eso hace infelices a otros. Puedes elegir:</p> <p><u>Cambiar:</u> 1 espacio vacío o construido a un manglar <u>Ganar:</u> 0 puntos de persona</p>	<p>Eres un ecologista que trabaja para restaurar los manglares. Puedes elegir:</p> <p><u>Cambiar:</u> 1 espacio vacío o construido a un manglar <u>Ganar:</u> +1 punto de persona</p>	<p>Eres un activista medioambiental que trabaja para restablecer el equilibrio. Puedes elegir:</p> <p><u>Cambiar:</u> 1 espacio vacío o construido a un manglar <u>Ganar:</u> +1 punto de persona</p>
<p>Diriges una empresa de ecoturismo que ayuda a los turistas a explorar los manglares. <u>Si hay al menos 3 manglares en el tablero:</u></p> <p><u>Ganar:</u> +2 puntos de persona</p>	<p>Las empresas de tu zona producen cada vez más bienes, pero necesitas construir un puerto para trasladarlos a nuevos mercados. Puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 3 espacios de conexión (pueden ser manglares o vacíos) <u>Ganar:</u> +3 puntos de persona</p>	<p>Utilizas leña como combustible y hay manglares cerca de tu casa. Si lo deseas, puede recoger mangles para hacer leña:</p> <p><u>Usar:</u> 1 espacio de manglar <u>Ganar:</u> +1 punto de persona</p>
<p>Tu ciudad está creciendo y necesita nuevos espacios para viviendas y comercios. Si quieres construir, puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 2 espacios de conexión (pueden ser manglares o vacíos) <u>Ganar:</u> +2 puntos de persona</p>	<p>A la gente le gustaría poder conducir a lo largo de la costa. Puedes construir una carretera si eliges:</p> <p><u>Usar:</u> 2 espacios de conexión (pueden ser manglares o vacíos) <u>Ganar:</u> +2 puntos de persona</p>	<p>Tienes una granja y quieres desviar agua dulce para regar tus cultivos. Este desvío puede cambiar la salinidad del océano y dañar los manglares. Puedes elegir:</p> <p><u>Usar:</u> 1 espacio de manglar <u>Ganar:</u> +1 punto de persona</p>

Figura 3.6: Cartas de juego de carbono azul.



16. Lee *El juego del carbono azul* y juega con tu equipo.

Juego del carbono azul

Ahora jugarás a un juego para aprender más sobre el carbono azul, utilizando los manglares como ejemplo. Este juego se juega mejor con dos a cinco jugadores.

Preparación

- Baraja las *Cartas del juego del carbono azul* que hiciste a partir de la figura 3.6.
- Pide a cada jugador que saque un pedazo de papel o cualquier otra cosa en la que pueda marcar sus puntos personales.
- Reúne tus piezas: Necesitas dos juegos de 20 objetos pequeños cada uno. Estos objetos pueden ser clips, piedrecitas, bloques o cualquier otra cosa que esté a mano. Un juego de estos artículos será Piezas de manglar. El otro conjunto serán Piezas construidas que representan cosas construidas por personas.
- Crea el tablero de juego: Necesitarás un tablero con 20 espacios. Puedes dibujarlo en una hoja de papel dividida en 20 rectángulos. También puedes utilizar cinta adhesiva de colores y una mesa y dividirla en 20 espacios. Asegúrate de que las piezas de juego que acabas de reunir caben en los espacios.
- Prepara el tablero: Coloca 10 piezas de manglar en 10 espacios cualesquiera de los 20 de tu tablero de juego. Estos espacios pueden estar uno al lado del otro o espaciados. La figura 3.7 muestra un ejemplo.

X	X	X	X	X
X	X	X	X	X

Figura 3.7: Ejemplo de configuración de un tablero de juego. Las marcas X representan las piezas de manglar.



El juego

f. Tu objetivo es conseguir el mayor número de puntos de persona posible. Cada jugador lleva la cuenta de sus propios puntos de persona.

g. Hay cinco años, o rondas. Para cada año:

- En primer lugar, ve alrededor en círculo y haz que cada jugador tome su turno.
- En segundo lugar, calcula tu puntuación de carbono.
- En tercer lugar, lee la sección *Evento anual* y sigue las instrucciones.
- Por último, vuelve a barajar tus Cartas del juego del carbono azul y comienza la siguiente ronda.

En tu turno

a. Elige una Carta del juego del carbono azul.

b. Puedes seguir las instrucciones de la carta o no hacer nada.

c. Indicaciones de la Carta del juego del carbono azul:

- Usar: Si decides utilizar un espacio, añade una Pieza Construida a ese espacio. Si el espacio está vacío, basta con añadir la Pieza Construida. Si el espacio tiene una Pieza Manglar, sustitúyela por tu Pieza Construida. Mantén juntas las Piezas Manglar que se hayan retirado durante la ronda, para poder contarlas al final del año.
- Cambiar: Si decides cambiar un espacio, añade una Pieza Manglar a ese espacio. Si el espacio está vacío, basta con añadir la Pieza Manglar. Si el espacio tiene una Pieza Construida, sustitúyela por tu Pieza Manglar. Si añades Piezas Manglar, no utilices las mismas que retiraste anteriormente en la ronda.
- Ganar: Añade los puntos de persona que hayas ganado a tu pedazo de papel.

d. Descarta tu Carta del juego del carbono azul y el siguiente jugador comienza su turno.

Calcula tu puntuación de carbono

e. Después de que cada jugador haya tenido un turno, elige a un anotador para que calcule la puntuación de carbono del grupo.

f. Después del Año 1 (la primera ronda), haz que el anotador cree la Hoja de puntuaciones de carbono. Imprime la hoja de puntuaciones que se muestra en la figura 3.8 o crea una hoja de puntuaciones similar en una hoja de papel o en una pizarra. Esta hoja de puntuación se utilizará durante todo el juego.



Año	Carbono atmosférico	Balance del exceso de carbono remanente	Bomba de carbono (cualquier manglar que elimines en este año)	Sumidero de carbono azul (número de casillas de manglar al final del año)	Balance del exceso de carbono
1	10	0			
2	10	(del Año 1)			
3	10	(del Año 2)			
4	10	(del Año 3)			
5	10	(del Año 4)			

Figura 3.8: Hoja de puntuación del carbono.

g. Al final del año, cuenta:

- El número de Piezas Manglar retiradas durante el año. Registra este número en la columna *Bomba de carbono*.
- El número de Piezas Manglar que te quedan en tu tablero de juego. Registra este número en la columna *Sumidero de carbono azul*.

h. Calcula:

- Suma: el *Carbono atmosférico* (siempre 10) + el *Balance del exceso de carbono remanente* (0 para el año 1, luego toma el número del año anterior) + la *Bomba de carbono*
- Resta: *Sumidero de carbono azul*
- Ecuación general: (Carbono atmosférico + Balance del exceso de carbono remanente + Bomba de carbono) - Sumidero de carbono azul = Balance del exceso de carbono

i. Anota la cifra que calculaste en *Balance del exceso de carbono* para tu año. Anota también este número en la columna *Balance del exceso de carbono remanente* para el año siguiente. Si tu exceso de carbono es inferior a 1, utiliza ese número negativo en tus cálculos.

Eventos anuales

j. Lee el *Evento anual* de la figura 3.8 para el año que acabas de completar y sigue las instrucciones.



Después del primer año: Si tu *Balance del exceso de carbono* es cero o menos, enhorabuena, has equilibrado tu carbono. Si tienes una casilla vacía, crea una nueva casilla de manglar a medida que tu bosque se amplíe.

Después del segundo año: Una tormenta tropical azota tu zona, pero los manglares pueden ayudar a proteger de la marea de tormenta. Si tienes menos de 8 manglares, cada jugador pierde 2 puntos de persona, o tantos como tenga si son menos de 2.

Después del tercer año: El exceso de carbono en el aire provoca un aumento de las temperaturas, lo que a su vez provoca un aumento del nivel del mar. Si tienes más de 5 *Balance del exceso de carbono* al final de esta ronda, elimina 2 manglares después de que se vean perjudicados por la subida del nivel del mar. Registra estos manglares eliminados en *Bomba de carbono* para el cuarto año.

Después del cuarto año: El exceso de carbono en el aire provoca un aumento de las temperaturas, lo que se traduce en un clima más extremo. Si tienes más de 5 *Balance del exceso de carbono* al final de esta ronda, una poderosa tormenta tropical azota tu zona y daña los manglares. Elimina 2 manglares y cada jugador pierde 2 puntos de persona.

Después del quinto año: El exceso de carbono en el aire provoca un aumento de las temperaturas, lo que hace que las personas se sientan incómodas y que sea más difícil hacer crecer los cultivos. Si tienes más de 5 *Balance del exceso de carbono* al final de esta ronda, cada jugador pierde 3 puntos de persona.


Figura 3.9: Eventos anuales para leer después de cada ronda.

- k. Continúa jugando hasta que completes el Año 5.
- l. Haz que cada jugador sume todos sus puntos de persona.

Después de jugar, coméntalo con tu equipo:

- a. ¿Quién tenía más puntos de persona? ¿Cómo te sentiste por eso?
- b. ¿Hubo algo que te preocupara al final del 5º año?
- c. ¿Cuáles son las diferentes perspectivas (social, medioambiental, económica y ética) que pudieran tener las distintas personas de esta comunidad?
- d. ¿Qué relación crees que tiene este juego con lo que está ocurriendo con los manglares y otros sumideros de carbono azul?



 Consejo de seguridad emocional

Puede resultar desalentador pensar que se está acumulando un balance del exceso de carbono en el juego, al igual que ocurre en la atmósfera terrestre. Pero no tiene por qué ser así. La gente puede tomar decisiones diferentes. Ahora volverás a jugar el juego con un objetivo diferente, para pensar cómo podrían ser esas diferentes elecciones.

Vuelve a jugar

Imagina que hubieras empezado con un objetivo diferente: asegurarte de que no hubiera un *Balance del exceso de carbono*. ¿Cómo crees que habrías jugado de otra manera?

Vuelve atrás y juega de nuevo. Pero esta vez, en lugar de intentar conseguir el mayor número de puntos de persona para ti como individuo, intenta cooperar con los demás jugadores para asegurarte de que no haya un *Balance de exceso de carbono* al final de cada año. Compartan todos los puntos de persona como grupo en lugar de llevar la cuenta de ellos por cada individuo.

 Consejo de seguridad emocional

Comenten sus ideas e intenten trabajar juntos. Sin embargo, aunque juegues de forma cooperativa, algunas personas pueden tomar decisiones con las que no estés de acuerdo. Muestra respeto por tus compañeros y sus decisiones.

Analicen en equipo:

- ¿Cómo el jugar en colaboración cambió el juego para ti?
- ¿Sentías que tenías que hacer sacrificios cuando jugabas de forma cooperativa?
¿Estás contento con el resultado de esos sacrificios?
- ¿Qué lecciones crees que puedes aprender de las diferencias entre las dos formas de jugar?



Reflexiona sobre el juego:

- a. Un manglar recién plantado necesita muchos años de crecimiento antes de poder almacenar la misma cantidad de carbono azul que un manglar maduro. El cálculo del *Sumidero de carbono azul* en este juego trata los manglares nuevos y los maduros como si fueran lo mismo, pero esto es inexacto. ¿Cómo cambiarías los cálculos para ayudar a la gente a entender que los manglares recién plantados no pueden reemplazar el almacenamiento de carbono en un manglar más viejo?

13. Lee *En el Smithsonian* y coméntalo con tu equipo: ¿Cómo puede ayudarnos el trabajo de los científicos a prever y planificar lo que podría ocurrir en el futuro?



En el Smithsonian

Los lugares con carbono azul, como los manglares y las marismas de sal, no solo proporcionan un importante almacenamiento de carbono. También contribuyen a la calidad del agua, proporcionan hábitats para plantas y animales y protegen a las comunidades contra **las mareas de tormenta**. Pero, ¿qué les ocurrirá cuando cambie el clima? El Centro Smithsonian de Investigación Medioambiental (SERC) está trabajando para averiguarlo.

El Humedal de Investigación del Cambio Global del SERC incluye un experimento de 38 años de duración, el más largo del mundo sobre cambio climático. A lo largo de los años se han añadido muchos experimentos al área de investigación de las marismas saladas, cada uno de ellos basado en el anterior. Por ejemplo, en un experimento se añade dióxido de carbono a espacios de investigación para entender cómo cambia la marisma en respuesta. Otro calienta una zona para observar los cambios. Otro examina cómo la subida del nivel del mar asociada al cambio climático podría modificar el sistema de marismas, y hay muchos más.





Figura 3.10: Foto aérea del Humedal de Investigación del Cambio Global mostrando algunas instalaciones experimentales.

Si queremos asegurarnos de que este ecosistema de marismas saladas pueda seguir almacenando carbono y ayudando a la gente de otras maneras, tenemos que saber cómo protegerlo. Los científicos han aprendido mucho sobre cómo responderá este importante ecosistema de carbono azul a los cambios globales. Este tipo de investigación es una forma de ayudar a la gente a prepararse para los efectos del cambio climático.

Para ver un video sobre el Humedal de Investigación del Cambio Global, visita el esquema narrativo de ¡El Océano!.



Actúa: ¿Cómo podemos ser una parte positiva del sistema para regular el aire de la Tierra?

Como has aprendido, los seres vivos de la Tierra viven generalmente en un sistema equilibrado de aire, océano y tierra. El oxígeno y el carbono circulan entre estos diferentes elementos del sistema. Sin embargo, recientemente, la gente ha añadido mucho carbono al sistema al quemar combustibles fósiles. Este dióxido de carbono atmosférico adicional ha desequilibrado el sistema. Esto está cambiando nuestro clima global.

El dióxido de carbono atmosférico adicional también significa que ahora se disuelve más dióxido de carbono en el océano. En la tarea 2 aprenderás más sobre los efectos del aumento de las cantidades de dióxido de carbono en el océano. En esta actividad pensarás en cómo se pueden limitar los cambios en el sistema existente cuando las personas actúan de forma diferente.

1. Sacar tu Diagrama del sistema de aire y océano y examínalo.
 - a. Piensa en las acciones humanas sobre las que has aprendido, como las emisiones de la quema de combustibles fósiles o la creación de bombas de carbono al eliminar los manglares.



- b. Rodea con un círculo las flechas en las que creas que las acciones de las personas pueden estar desequilibrando el sistema.
2. Lee las ideas de Rebecca sobre lo que está desequilibrando el sistema de océano y aire. Si te hace pensar en cualquier otro lugar donde el dióxido de carbono adicional de las personas podría estar cambiando el sistema, rodea con un círculo esas flechas en tu *Diagrama del sistema de aire y océano*.

Rebecca dice . . .



Los océanos han absorbido entre el 25 % y el 30 % del dióxido de carbono que los humanos han liberado a la atmósfera. La mayor fuente de este dióxido de carbono es la quema de combustibles fósiles. Cuando el CO₂ se disuelve en el agua de mar, cambia fundamentalmente la química de esa agua de diversas maneras, haciéndola en última instancia más **ácida**, con amplias consecuencias para la vida marina.

3. Debate con tu equipo tus ideas sobre lo que podría restablecer el equilibrio en los lugares desequilibrados que has identificado. He aquí algunas ideas:
- Cambiar comportamientos específicos para utilizar menos combustibles fósiles, por ejemplo, caminar en lugar de conducir o utilizar menos energía para calentar la casa.
 - Cambiar el sistema, por ejemplo intentando fomentar distintos tipos de producción de electricidad o transporte que utilicen fuentes de energía que no sean combustibles fósiles.
 - Modificar la cantidad de carbono almacenado, por ejemplo ayudando a proteger los ecosistemas de carbono azul.
 - Cambiar otras cosas que se te ocurran para restablecer el equilibrio.
4. Decidan, individualmente o en equipo, qué quieren hacer para ayudar a restablecer el equilibrio del sistema atmosférico.
5. Coge una hoja de papel o una pizarra de clase y divídela en cuatro secciones. Rotula las secciones "**Social**", "**Medioambiental**", "**Económica**" y "**Ética**". La figura 3.11 muestra un ejemplo.



<u>Social</u>	<u>Medioambiental</u>
<u>Ética</u>	<u>Económica</u>

Figura 3.11: Ejemplo de gráfico que muestra las cuatro perspectivas.

6. Piensa en tu idea para restablecer el equilibrio. ¿Cuáles son los posibles efectos sociales, medioambientales, económicos y éticos en tu comunidad local y mundial?
7. Pide a cada miembro del equipo que escriba los efectos positivos o negativos que se le ocurran en la sección correspondiente a cada perspectiva.
8. Piensa en tu idea para restablecer el equilibrio. ¿Existen problemas sociales, medioambientales, económicos o éticos?
9. Saca tu *Mapa de identidad oceánica* y recuérdate a ti mismo tus *Esperanzas y Preocupaciones* por el océano.
10. Pide a cada miembro del equipo que enumere sus preocupaciones en la sección correspondiente.
11. En equipo, examinen su idea de reequilibrio y las perspectivas que han enumerado. ¿Hay alguna forma de modificar la idea para resolver los problemas?
12. Escribe tu idea modificada o busca otra forma de recordarla. La necesitarás de nuevo al final de la tarea 2.



Tarea 2: ¿Cómo podemos prevenir la acidificación de los océanos?

A medida que el dióxido de carbono aumenta en la atmósfera, reacciona con el agua del océano. Esto cambia la química del océano. En esta tarea vas a **descubrir** más sobre cómo funciona este proceso. Luego investigarás para **comprender** cómo los cambios en la química del océano podrían afectar a los seres vivos del océano. Por último, decidirás cómo **actuar** para compartir lo que has aprendido y **colaborar** con otros para abordar los problemas relacionados con estos cambios.



Descubre: ¿Cómo afecta el aumento de dióxido de carbono a la química de los océanos?

En la tarea 1 aprendiste cómo el ciclo del carbono de la Tierra mueve lentamente el carbono entre la tierra, el océano, el aire y los seres vivos. Este ciclo equilibrado lleva funcionando millones de años y es la fuente de la mayor parte del movimiento del carbono alrededor del planeta. Sin embargo, incluso cambios relativamente pequeños en este sistema a lo largo del tiempo pueden tener grandes consecuencias. En la figura 3.4 habrás observado que en los últimos 150 años, a medida que el ser humano ha ido utilizando más y más combustibles fósiles, la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado cada vez más rápidamente. Actualmente hay un 50 % más de dióxido de carbono en el aire que hace 150 años. En esta investigación recopilarás información sobre cuándo tú y tu comunidad utilizan combustibles fósiles y cómo el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera está cambiando la química del océano.

1. Sacar tu *Diagrama del sistema de aire y océano*.
2. Dibuja un límite alrededor de los elementos de tu diagrama del sistema para mostrar la atmósfera y el océano actuales.
3. Añade *Adiciones* que muestren cualquier cosa en tu comunidad local que pudiera estar añadiendo dióxido de carbono adicional a la atmósfera. La figura 1.7 muestra un ejemplo, por si necesitas ayuda. Asegúrate de tener en cuenta:
 - a. Transporte en tu comunidad que puede utilizar combustibles fósiles (como coches, camiones y autobuses que funcionan con gasolina)
 - b. Edificios o espacios de tu comunidad que utilizan combustibles fósiles para hacerlos confortables y utilizables (como para la iluminación o la calefacción o refrigeración del aire)
 - c. Cocinar con combustibles fósiles



- d. La fabricación de artículos puede utilizar energía procedente de combustibles fósiles
- e. Si quieres saber más sobre el uso de combustibles fósiles y la energía, puedes visitar la guía Smithsonian Science for Global Goals *Energy!* .
4. Coméntalo con tu equipo: ¿Cuáles son las principales cosas de tu comunidad que crees que pueden estar añadiendo dióxido de carbono a la atmósfera? Si tienes tiempo, puedes visitar el esquema narrativo de *¡El Océano!* para más recursos sobre cómo encontrar las fuentes de dióxido de carbono de tu comunidad.
5. Examina tu *Diagrama del sistema de aire y océano*.
- a. ¿Cómo crees que puede afectar al océano el aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera?
- b. ¿Cómo pueden afectar al océano las emisiones de una comunidad alejada del este?
6. Lee *Investigando el cambio del pH oceánico* y sigue las instrucciones.

Investigando el cambio del pH oceánico

El agua del océano es el mayor sumidero de carbono de la Tierra. Cuando el agua del océano está junto al aire, absorbe dióxido de carbono del aire. El movimiento del agua, como la acción de las olas y el rocío marino, también mezcla aire en el agua. Cuanto más dióxido de carbono hay en el aire, más absorbe el agua del océano. Los científicos calculan que el agua de los océanos ha absorbido alrededor del 31 % de las emisiones de carbono atmosférico procedentes de las personas. Pero la absorción de este carbono extra tiene un impacto en el océano.

Ahora modelarás esto e intentarás averiguar si esta reacción hace que el agua del océano sea más acídica o más **básica**. La escala de pH permite medir el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. La escala de pH oscila entre 0 y 14. Las medidas en el extremo inferior de la escala son ácidos fuertes. Las medidas en el extremo superior de la escala son bases fuertes.

- a. Coge cuatro recipientes transparentes, como vasos de plástico o de cristal.
- b. Etiqueta tus recipientes A, B, C y D.
- c. Decide si vas a utilizar un indicador de pH u otro método para medir el pH, y utiliza las instrucciones para el indicador de pH u otro método.



Utilización de un indicador de pH

- a. Encuentra un indicador de pH. Puedes utilizar indicadores elaborados a partir de plantas como el repollo morado. Para utilizar el repollo morado u otras plantas similares para hacer un indicador de pH, vierte agua hirviendo en un recipiente que contenga varias hojas o frutos de la planta. La figura 3.12 muestra un ejemplo. Después de unos 5 minutos, cuele las hojas o la fruta. El líquido debe ser de color azul oscuro. El esquema narrativo de *¡Océano!* tiene más información si la necesitas.



Figura 3.12: Preparación de un indicador de pH de repollo morado.

- b. Añade alrededor de media taza del líquido indicador a cada vaso.
 c. No añadas nada más al vaso A. Éste será tu vaso de control.
 d. Al vaso B añade un ácido, como zumo de limón o vinagre. Esta será tu vaso de ácido.
 e. Al vaso C añade un alcalino, como bicarbonato sódico. Este será tu vaso alcalino. La figura 3.13 muestra un ejemplo de estos vasos.

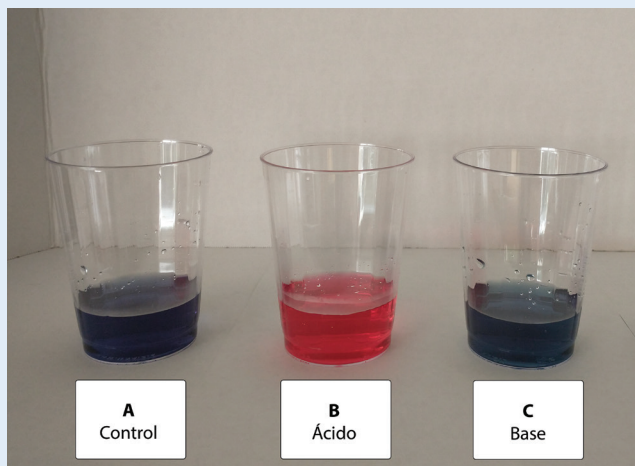


Figura 3.13: Ejemplo de vaso A (control), vaso B (ácido) y vaso C (base) utilizando el indicador de repollo morado.




f. Añade dióxido de carbono al vaso D. Este será tu vaso de experimento. Puedes hacerlo de dos maneras. Prueba una o las dos.


a. Opción 1: Coloca un popote en el vaso D y sopla por el popote durante unos 30 segundos. Recuerda que exhalas dióxido de carbono, por lo que estás añadiendo dióxido de carbono al agua. La figura 3.14 muestra un ejemplo.



Figura 3.14: Añadir dióxido de carbono al vaso D utilizando la opción 1.

 Consejo de seguridad física

Sopla solo cuando utilices el popote. El indicador de pH del repollo morado no te hará daño, pero el sabor no será agradable. No compartas los popotes con otras personas.

 Consejo de seguridad emocional

Aunque exhales dióxido de carbono y cambies la química del agua, se trata solo de un modelo. El dióxido de carbono que exhalas como persona no es la razón por la que aumenta el dióxido de carbono en la atmósfera. Tu inhalación y exhalación forman parte natural del ciclo del carbono. Otros comportamientos humanos, como el uso de combustibles fósiles, son la causa del aumento del dióxido de carbono atmosférico.



b. Opción 2: Utiliza papel de aluminio o de estaño y crea un pequeño recipiente ahuecado que se enganche sobre el borde del vaso D. Añade bicarbonato sódico a este pequeño recipiente. Coloca un pedazo de plástico adherente o film transparente parcialmente sobre el vaso. La figura 3.15 muestra un ejemplo. Añade una cucharada o dos de vinagre solo en el recipiente pequeño y cubre inmediatamente el resto del vaso con plástico adherente. El bicarbonato de sodio y el vinagre reaccionan para crear dióxido de carbono. Ahora has atrapado dióxido de carbono en el aire junto a tu indicador de pH.



Figura 3.15: Añadir dióxido de carbono al vaso D utilizando la opción 2.

- g. Observa atentamente el vaso D. Empezó siendo igual que el vaso A. ¿Está ahora más cerca del vaso B (ácido) o del vaso C (base)?
- h. ¿Crees que el dióxido de carbono ha hecho que el agua del líquido indicador sea más ácida o más básica?

Uso de una tira o medidor de pH

- a. Si prefieres no utilizar un indicador, puede utilizar un medidor de pH o tiras para medir el pH.
- b. Añade alrededor de media taza de agua a todos los vasos.
- c. Sigue los pasos c hasta f en *Indicador de pH*.
- d. Comprueba el pH de los vasos A, B y C.
- e. Anota los resultados de tus mediciones. Todos los vasos empezaron igual que el vaso A (agua). El vaso B debe ser más ácido (pH inferior a 7) y el vaso C debe ser más básico (pH superior a 7).



- f. Añade dióxido de carbono al vaso D utilizando las opciones 1 o 2.
- g. Haz la prueba en el vaso D. ¿Es el pH superior o inferior a 7?
- h. ¿Crees que el dióxido de carbono hizo el agua más ácida o más básica?

Coméntalo con tu grupo o equipo:

¿Crees que el pH del océano está cambiando a medida que aumenta el dióxido de carbono en la atmósfera?

La escala de pH es **logarítmica**. Esto significa que un cambio entre 7 y 6 significa que una sustancia es 10 veces más ácida. Así que incluso pequeños cambios en el pH pueden tener grandes repercusiones.

7. Lee las reflexiones de Rebecca sobre los cambios en el pH. ¿Cómo te hace sentir acerca de cualquier cambio del pH del océano?

Rebecca dice ...



El océano abierto solía tener un pH de 8,2. Ahora es 8,1. Como se trata de una escala logarítmica, eso supone un aumento de la acidez del 30 %. Un aumento del 30 % de la acidez en el pH de la sangre tendría graves consecuencias para el organismo. Es un cambio enorme.

8. Examina el gráfico de la figura 3.16. Muestra el cambio en el pH del océano desde 1988. Coméntalo con tu equipo:
- a. Observa: ¿Qué notas en el gráfico?
 - b. Piensa: Compara la figura 3.16 con el gráfico de datos atmosféricos de la figura 3.4. El gráfico de la figura 3.16 empieza en 1988, pero el de la figura 3.4 comienza en 1750. Rebecca te dijo que el pH del océano abierto solía ser de 8,20. Pero en la figura 3.16 el primer pH medido es de alrededor de 8,11. Pensando en el aumento del dióxido de carbono atmosférico que se muestra en la figura 3.4 y en su relación con el descenso del pH, ¿qué crees que ocurrió con el pH del océano entre 1750 y 1988?
 - c. Pregúntate: ¿Qué te preguntas sobre cómo afecta este cambio al océano?



Acidificación de los océanos: pH medio del agua de mar

El pH medio del agua de mar se basa en las mediciones in situ del pH de la estación de Aloha en Hawái

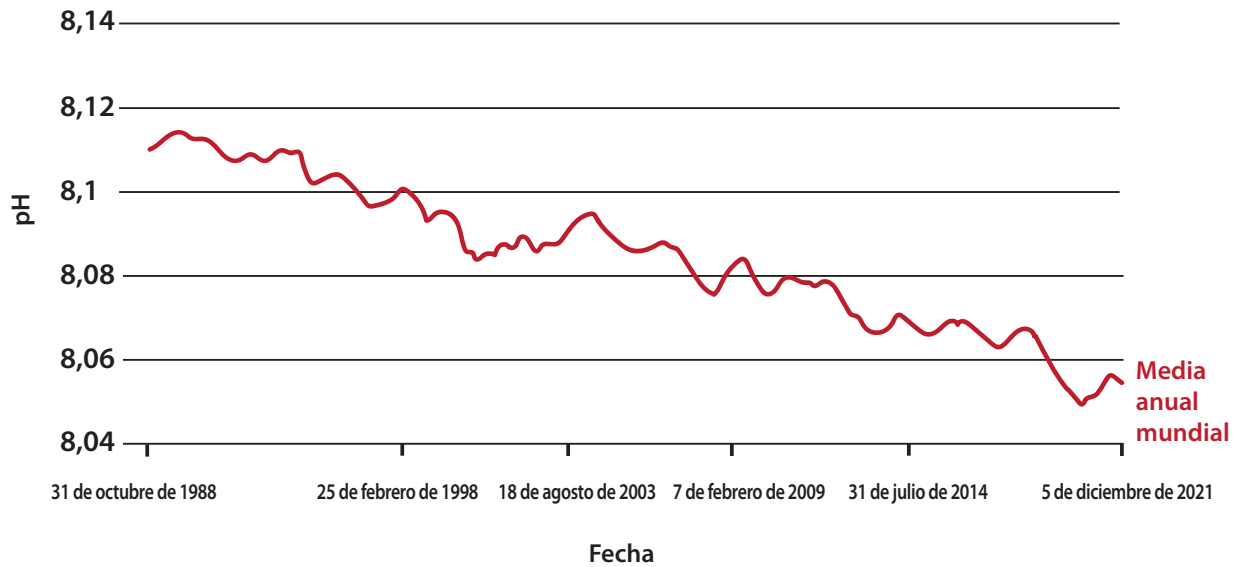


Figura 3.16: Cambios en el pH del agua de mar entre 1988 y 2021².



Comprende: ¿Qué significa la acidificación de los océanos para los ecosistemas oceánicos?

El aumento de las emisiones está añadiendo dióxido de carbono a la atmósfera terrestre. Cuando aumenta la cantidad de dióxido de carbono en el aire, también aumenta en el agua. El aumento de la cantidad de dióxido de carbono en el agua reduce el pH del océano y lo hace más ácido. Esta **acidificación oceánica** está cambiando el entorno de los organismos del océano. ¿Cómo crees que puede afectar esto a los seres vivos del océano? En esta actividad investigarás para saber más.

1. Respira hondo y luego otra vez.
2. Piensa para ti mismo: ¿Has estado alguna vez en una situación en la que el aire que respirabas cambiara de alguna manera? Por ejemplo, puede que estuvieras a gran altitud, por lo que había menos oxígeno en el aire, o puede que hubiera humo o algo que te hiciera toser en el aire. ¿Cómo te afectaron a ti y a tu cuerpo los cambios en el aire?
3. Compáralo con los organismos del océano. Piensa para ti mismo:
 - a. ¿En qué se parece nuestra experiencia con el aire que nos rodea a la de los organismos marinos con el agua del océano?



- b. ¿Cómo pueden afectar a los organismos marinos los cambios en la composición química del agua que los rodea?
4. Analiza con tu equipo cualquier idea que tengan sobre las formas en que un océano más ácido podría afectar a los seres vivos del océano. Anota tus ideas.
5. Lee *Investigación sobre la acidificación* y utilízala para explorar cómo la acidificación de los océanos podría afectar a los organismos con caparazones duros.

Investigación sobre la acidificación

- a. En un pequeño grupo o equipo, haz una lista de los organismos marinos que se te ocurran que tengan conchas o caparazones duros.
- b. Si puedes, reúne cinco caparazones del mismo organismo marino para utilizarlas en este experimento. Por ejemplo, puedes utilizar conchas de almeja, ostra o mejillón. Si no dispones de este tipo de conchas, reúne cinco cáscaras de huevo (vacías) para utilizarlas. Cualquier tipo de cáscara de huevo está bien. Las cáscaras de huevo están hechas de un material llamado **carbonato cálcico**, igual que los caparazones o conchas del océano. Si utilizas cáscaras de huevo, intenta eliminar la membrana del interior de la cáscara.
- c. Saca cinco recipientes transparentes, como los que utilizaste para modelar el cambio de pH del océano.
- d. Si tienes una balanza, pesa cada concha o cáscara.
- e. Coloca una concha o cáscara en cada vaso, anotando el peso, si puedes.
- f. Marca los vasos 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 %. La figura 3.17 muestra un ejemplo.

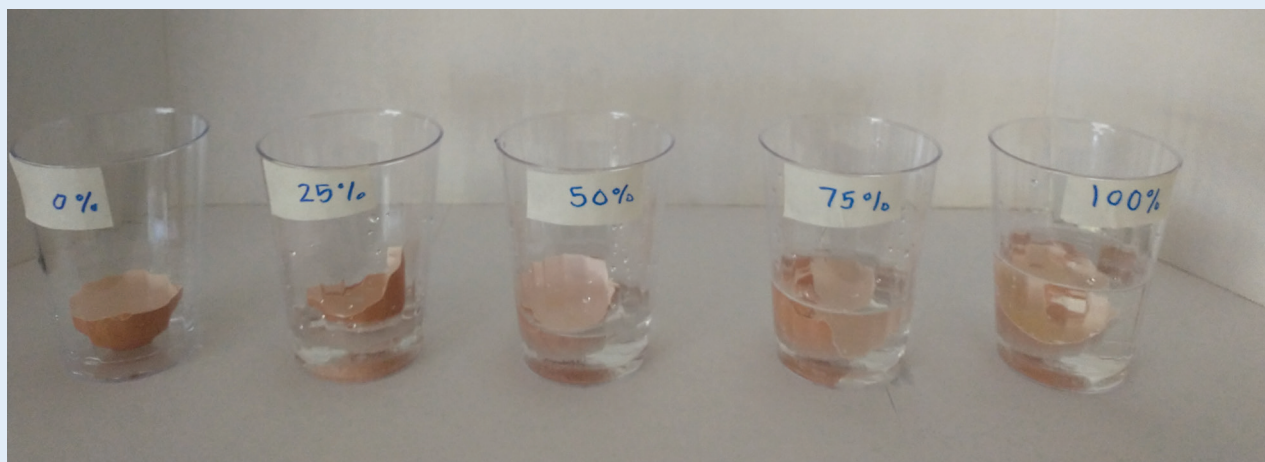


Figura 3.17: El montaje de la Investigación de Acidificación con solo ácido añadido a cada vaso.



- g. Llena el vaso del 0 % con agua. (Para cada vaso, asegúrate de que haya suficiente líquido para sumergir completamente la cáscara o concha).
- h. Llena el vaso del 25% con una cuarta parte de ácido, como vinagre o zumo de limón, y luego llena el resto con agua.
- i. Llena el vaso del 50 % mitad con ácido y mitad con agua.
- j. Llena el vaso del 75 % con tres cuartas partes de ácido y una cuarta parte de agua.
- k. Llene el vaso del 100 % con ácido.
- l. Deja reposar los vasos durante al menos 24 horas.
- m. Vuelve a los vasos al cabo de 24 horas y retira las cáscaras o conchas.
- n. Examina las cáscaras o conchas y anota cualquier cosa que observes sobre las diferencias entre las cáscaras o conchas de los distintos vasos.
- o. Si has pesado las cáscaras o conchas, espere a que se sequen y pésalas de nuevo. Compara estos pesos con los pesos originales.

Coméntalo con tu grupo o equipo:

- a. ¿Qué has observado en los resultados de las distintas soluciones?
- b. ¿Cuál crees que es la causa de esos resultados?
- c. ¿Cómo crees que podría afectar la acidificación del océano a los organismos marinos con caparazón o concha?

La acidificación de los océanos puede dificultar el acceso de los organismos que forman caparazones o conchas a los **iones de carbonato** que necesitan para construir sus caparazones de carbonato cálcico. Esto dificulta su crecimiento. Algunos organismos comunes con caparazones de carbonato cálcico son **los mariscos** como las ostras y los cangrejos, los corales, los erizos de mar y algunos tipos de plancton. A niveles más altos de acidificación, los caparazones pueden empezar a disolverse, como habrá podido comprobar en esta investigación sobre la acidificación.

6. Lea las reflexiones de Rebecca sobre cómo la acidificación de los océanos puede afectar a los seres vivos. ¿Hay cosas que te preocupan que crees que deberían añadirse al círculo *Preocupaciones* de tu *Mapa de identidad oceánica*? Si es así, añádelos ahora.



Rebecca dice...



¿Es grave la acidificación de los océanos? ¿Cuáles son las repercusiones? Los efectos de la acidificación de los océanos están muy extendidos y varían de un animal a otro y de un sistema a otro. Para los corales, un organismo que estudio, la acidificación de los océanos repercute en el crecimiento (**calcificación**) y la reproducción. Se trata de un problema particular porque cuando una especie o una población se ve perjudicada o dañada, por ejemplo durante un episodio de **blanqueamiento de corales**, la reproducción y el crecimiento son dos de los procesos de recuperación más importantes para reconstruir la población.

7. Vuelve a tu *Diagrama del sistema de aire y océano* y añade los elementos o relaciones adicionales que se te ocurran.



Actúa: ¿Cómo podemos evitar que el océano se acidifique?

La mayoría de los organismos marinos prosperan en un pH oceánico de alrededor de 8,2. El pH medio del océano es ahora inferior a 8,1. Para 2100, los científicos estiman que el pH del océano se situará entre 8,05 y 7,75, dependiendo de la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que se produzcan de aquí a entonces. ¿Cómo podemos participar en los esfuerzos para limitar la acidificación de los océanos?

1. Saca una hoja de papel o utiliza una pizarra y divídela en tres secciones.
2. Con tu equipo o un compañero, analiza el impacto de la acidificación de los océanos desde las cuatro perspectivas que has aprendido. Escribe tus ideas en la parte central de tu papel o pizarra. Por ejemplo:
 - a. Perspectiva social: ¿Hay partes del sistema que vinculen el océano o el aire con las culturas humanas, la alimentación o la salud?
 - b. Perspectiva medioambiental: ¿Existen partes del sistema que vinculen diferentes partes del medio ambiente, como por ejemplo entre diferentes organismos en un ecosistema marino?



- c. Perspectiva económica: ¿Hay partes del sistema de las que la gente depende para ganar dinero?
- d. Perspectiva ética: ¿Hay partes del sistema que puedan estar vinculadas de una manera que parezca injusta?

3. Lee los pensamientos de Rebecca para ayudarte a considerar diferentes perspectivas.

Rebecca dice...




La acidificación de los océanos puede afectar a las comunidades de muchas maneras diferentes. Por ejemplo, algunas industrias marisqueras, como la de mejillones, ostras y almejas, están empezando a verse afectadas por la acidificación de los océanos. En muchos casos, las primeras fases de la vida de estos moluscos son muy vulnerables al estrés de la acidificación de los océanos. Por ejemplo, ha habido fracasos de criaderos de ostras

debido a la acidificación de las aguas, que hace que los cultivos de larvas se estrellen y mueran. Esto puede tener enormes consecuencias económicas para las comunidades circundantes, incluidas las industrias pesqueras y de restaurantes.

Los corales, un organismo que estudio, también se ven muy afectados por la acidificación de los océanos. Los corales son los componentes básicos de los ecosistemas de arrecifes coralinos, que albergan alrededor del 25 % de la biodiversidad de los océanos. Los arrecifes de coral sustentan los peces que son la principal fuente de proteínas para millones de personas en todo el mundo. Y los arrecifes de coral protegen a las comunidades humanas, mitigando alrededor del 97 % de la energía de las olas. En zonas de ciclones o huracanes, los arrecifes de coral actúan como un muro de tormenta para proteger las infraestructuras costeras y los medios de subsistencia.

- 4. Piensa con tu equipo: ¿Cuáles son los posibles problemas de la acidificación de los océanos? Añádelos a tu círculo de *Preocupaciones* en tu *Mapa de identidad oceánica*. ¿Qué esperas que ocurra para poner fin a esas preocupaciones? Añade esas ideas a tu círculo de *Esperanzas*.
- 5. Piensa para ti.
 - a. Antes de trabajar en estas tareas, ¿qué también conocías la acidificación de los océanos y la amenaza que supone?
 - b. ¿Qué opinas de estos cambios en el océano?



 **Consejo de seguridad emocional**

Puede resultar difícil pensar en los cambios del océano y en la acidificación de los océanos. Está bien sentirse triste, enfadado, frustrado o molesto. La acidificación de los océanos no es culpa tuya, pero puedes participar en los esfuerzos por mejorar la situación.

6. Coméntalo con tu equipo: ¿Crees que la gente de tu comunidad entiende la acidificación de los océanos y su relación con ella?
7. En la primera sección de tu papel o pizarra, escribe o dibuja tus ideas sobre las fuentes o causas de la acidificación de los océanos. ¿Qué produce un exceso de dióxido de carbono en el aire? Puedes utilizar tu *Diagrama del sistema de aire y océano* para ayudarte a recordar.
8. En la sección central, ya deberías tener tus ideas sobre cómo la acidificación del océano puede afectar a los organismos marinos, a la gente de tu comunidad y a la gente de todo el mundo del paso 2.
9. En la tercera sección, escribe o dibuja tus ideas sobre el reequilibrio del sistema de la tarea 1.
10. Añade a la tercera sección cualquier otra acción que tú u otras personas de tu comunidad podrían llevar a cabo para detener la acidificación de los océanos. Intenta ser lo más específico posible sobre las acciones que podrías emprender relacionadas con las siguientes categorías generales:
 - a. Comunicarte con otras personas para compartir información sobre el proceso y los efectos de la acidificación de los océanos.
 - b. Cambiar los comportamientos cotidianos para utilizar menos combustibles fósiles.
 - c. Animar a las empresas locales o al gobierno local a utilizar menos combustibles fósiles.
 - d. Unirte a los grupos existentes para ayudar a amplificar el mensaje sobre las amenazas de la acidificación de los océanos y sus vínculos con las emisiones de dióxido de carbono.
 - e. Otras ideas que pudieran ser importantes para crear el cambio.
11. Si te cuesta encontrar ideas para las acciones, puedes leer las reflexiones de Rebecca para ayudarte.



Rebecca dice . . .



Hay diferentes maneras de pensar en las soluciones a la acidificación de los océanos. Lo mejor es limitar la acidificación de los océanos reduciendo las emisiones de carbono. Eso ayuda a resolver realmente el problema. Pero también podrías pensar en formas de proteger los ecosistemas, ya que la acidificación de los océanos se está produciendo a nivel local o regional. Por ejemplo, puedes intentar eliminar otras fuentes de estrés, como el calor, la contaminación o la sobrepesca. Si puedes eliminar todos esos otros problemas, se alivia la tensión total del sistema.

Lo que he estado investigando recientemente es la posibilidad de amortiguar el agua de mar añadiendo sustancias químicas para invertir la acidificación de los océanos. Se trata de una idea muy nueva y aún estamos en las primeras fases de comprender si podría funcionar. De hecho, dirigí el único estudio de campo que ha evaluado esto en un arrecife de coral. Ayudó al coral, pero apenas estamos empezando a aprender sobre esto, así que nos queda mucho camino por recorrer.

12. Examina con tu equipo las posibles acciones que todos habéis enumerado.
13. Pide a cada miembro del equipo que dibuje una estrella junto a la acción que le parezca más útil para tu comunidad en este momento.
14. Pida a cada miembro del equipo que ponga una marca de cotejo junto a la acción que le parezca más fácil de realizar en este momento.
15. En equipo, examinen la lista de acciones de tu equipo y las estrellas y marcas. Debatan sus ideas hasta encontrar **consenso** sobre qué acción tomar.

Consejo de seguridad emocional

A veces resulta abrumador pensar en todo lo que se podría hacer para mejorar un problema. Puede que te sientas culpable por no hacer más. Como investigador en acción y ente de acción, es importante comprender que no tienes que ni puedes resolver este problema solo. Hay mucha gente en todo el mundo que trabaja para mejorar las cosas. Cuando pienses en pasar a la acción, a veces solo podrás hacer algo pequeño. A veces puedes hacer algo más grande. Eso está bien. Hazlo lo mejor que puedas y recuerda que cualquier cambio positivo ayuda a mejorar las cosas. Poco a poco, la gente está trabajando unida por el progreso global.



16. Con tus compañeros de equipo, elabora un plan para pasar a la acción. Crea una lista con los pasos que debes dar para llevar a cabo tu acción. Asegúrate de tener en cuenta:
 - a. Si necesitas compartir información, ¿dónde, cuándo y con quién la compartirás?
 - b. Si tienes que hacer algo, ¿qué y dónde tienes que hacerlo?
 - c. Si alguien ajeno a tu equipo necesita participar, ¿cómo te comunicarás con él?
 - d. Si necesita reunir materiales, ¿cuándo y dónde se reunirá?
17. Piensa en cómo ayudará cada miembro del equipo. Pon sus nombres con los pasos en los que les gustaría ayudar.
18. Titula una hoja de papel "Plan de acción" y anota lo siguiente:
 - a. Los pasos que tu equipo desea dar
 - b. El orden de dichos pasos
 - c. Quién ayudará en cada paso (puede ser más de una persona)
 - d. Cuándo y dónde tomarán estas medidas
 - e. Socios u otras personas a las que harás partícipes
 - f. Cómo comunicarás tu plan de acción a la comunidad
19. Piensa qué harás si tu plan no funciona o te encuentras con otro problema. Por ejemplo, ¿qué harás si un adulto de tu comunidad te dice que necesitas permiso para hacer algo? Anota estas ideas como parte de tu plan de acción.
20. Recuerda crear un plan de acción **inclusivo**. Ser inclusivo significa que todos los miembros de tu equipo pueden participar de alguna manera. Puede que tengas que hacer cambios en el plan para que todos se sientan seguros, cómodos y capaces de ayudar. ¡Esos cambios están bien! Forman parte de ser un buen compañero de equipo y adoptar medidas sostenibles.
21. Pon tu plan en marcha.
22. Después, reflexiona sobre tu acción:
 - a. ¿Qué te ha parecido bien?
 - b. ¿Qué fue difícil?
 - c. ¿Pudiste hacer los cambios que pensabas que podrías hacer?
 - d. ¿Seguirás con tu plan o hay cosas que harías de forma diferente en el futuro?
23. Guarda tu *Diagrama del sistema de aire y océano*. Lo necesitarás en la parte 7.



¡Felicidades!

Has terminado la parte 3.

Para saber más

Para ver más recursos y actividades, visita el esquema narrativo de *¡E! Océano!* en bit.ly/OCEAN2030.



Notas finales

1. Lindsey, Rebecca. "Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide". NOAA Climate.gov. Consultado el 7 de diciembre de 2023. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>.
2. Our World in Data, y Max Roser. "Conserve and Sustainably Use the Oceans, Seas and Marine Resources". Our World in Data, 21 de julio de 2023. <https://ourworldindata.org/sdgs/life-below-water>.



Glosario

Este glosario puede ayudarte a entender palabras que quizá no conozcas. Puedes añadir dibujos, tus propias definiciones o cualquier otra cosa que te ayude. Si lo deseas, puedes añadir otras palabras al glosario.

Acidificación de los océanos: Proceso por el cual los niveles crecientes de dióxido de carbono en el aire reaccionan con el océano para reducir el pH del agua oceánica

Acído: Tener un pH inferior a 7

Almacenamiento de carbono: Cuando el carbono se entierra y se aísla del aire

Atmósfera: La mezcla de gases que rodea la Tierra

Básico: Tener un pH superior a 7

Blanqueamiento de corales: Cuando el agua alrededor del coral se calienta demasiado, las algas son expulsadas y el coral se vuelve blanco o claro

Bomba de carbono: Liberación a la atmósfera de una gran cantidad de carbono previamente almacenado debido a la alteración o eliminación de un ecosistema

Calcificación: El proceso de depositar carbonato cálcico para que crezcan caparazones u otras estructuras, como los arrecifes de coral

Carbonato cálcico: Sólido natural que se encuentra a menudo en formas como la creta o la caliza y que algunos organismos utilizan para construir caparazones o estructuras coralinas

Carbono azul: Almacenamiento natural de carbono en humedales costeros como manglares, lechos de hierbas marinas y marismas de sal



Cianobacterias: Organismos marinos microscópicos también conocidos como algas verdeazuladas

Ciclo del carbono: El movimiento cíclico del carbono entre los organismos de la Tierra, el océano, el suelo y el aire

Colaborar: Trabajar juntos por un objetivo común

Combustibles fósiles: Tipos de combustibles basados en el carbono, como el petróleo, el gas natural y el carbón

Consenso: Una decisión equilibrada que beneficia a todos los miembros del grupo

Descomponer: Descomposición de los seres vivos para que su materia pueda circular de nuevo por el ecosistema

Económica: Sobre el dinero, los ingresos o el uso de la riqueza

Emisiones: Gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles

Ética: La justicia de algo

Fitoplancton: Organismos fotosintéticos que viven en la parte superior del océano movidos por el agua oceánica; también se denominan microalgas

Fotosíntesis: El proceso que utilizan las plantas para producir alimentos, absorbiendo la luz solar y el dióxido de carbono y liberando oxígeno



Gases de efecto invernadero: Gases como el dióxido de carbono y el metano que atrapan el calor y provocan el calentamiento de la atmósfera

Inclusivo: Asegurarse que nadie se quede fuera

Iones de carbonato: Moléculas esenciales para que los organismos marinos construyan sus caparazones

Logarítmico: Escala en la que la distancia entre dos números enteros, como el 7 y el 8, es diez veces superior o inferior; del mismo modo, la distancia entre el 7 y el 9 sería cien veces superior o inferior

Marea de tormenta: Subida del nivel del océano en una zona donde hay tormenta

Marisco: Molusco (como la ostra o el mejillón) o crustáceo (como el cangrejo o el camarón) que vive en el agua

Medioambiental: Sobre el mundo natural

Plancton: Diminutos organismos a la deriva en el océano que forman parte importante de las redes oceánicas de alimentos

Sedimentos: Materiales que se depositan en el fondo de una masa de agua

Social: Relativo a la interacción de las personas en una comunidad

Sumideros de carbono: Entornos o seres vivos que almacenan carbono

