

Secundaria  
**11-14**



paquete de recursos educativos

# EL CICLO DEL CARBONIO

guía del profesor y hojas  
de trabajo del alumno



EL CICLO DEL CARBONO: Visión general	3
Resumen de actividades	4
El clima desde el espacio	6
Carbono y clima: información general	7
Actividad 1: EL CICLO DEL CARBONO	9
Actividad 2: OCÉANOS ÁCIDOS	13
Actividad 3: SEGUIMIENTO DEL CARBONO DESDE EL ESPACIO	17
Hoja de trabajo del estudiante 1: EL CICLO DEL CARBONO	19
Hoja de trabajo del estudiante 2: OCÉANOS ÁCIDOS	20
Hoja de trabajo del estudiante 3: SEGUIMIENTO DEL CARBONO DESDE EL ESPACIO	23
Hoja de información 1: EL CICLO DEL CARBONO	25
Enlaces	28

paquete de recursos educativos de la iniciativa sobre el cambio climático - EL CICLO DEL CARBONO

<https://climate.esa.int/es/educate/>

Conceptos de actividad desarrollados por la Universidad de Twente (NL) y el Centro Nacional de Observación de la Tierra (Reino Unido)

La Oficina del Clima de la ESA agradece las opiniones y comentarios

<https://climate.esa.int/es/helpdesk/>

Producido por la Oficina del Clima de la ESA

Copyright © Agencia Espacial Europea 2020-2021

# EL CICLO DEL CARBONO: Visión general

## Hechos

**Asignatura(s):** Ciencia, Química, Biología, Ciencias de la Tierra

**Rango de edad:** 11-14 años

**Tipo:** lectura, actividad práctica, investigación en línea

**Complejidad:** de media a avanzada

**Tiempo mínimo requerido:** 4 horas

**Coste:** bajo (5-20 euros)

**Lugar:** en el interior

**Incluye el uso de:** Internet, programas de presentación e imagen, ácidos domésticos

**Palabras clave:** dióxido de carbono, metano, huella y ciclo del carbono, emisión, fuente, sumidero, efecto invernadero, satélite, teledetección, fitoplancton, biomasa, permafrost

## Breve descripción

En este conjunto de actividades, los alumnos aprenderán sobre el ciclo del carbono y lo utilizarán para identificar acciones a nivel individual y comunitario para reducir la cantidad de carbono que se emite a la atmósfera.

Una actividad práctica en la que se utilizan materiales domésticos considera el impacto de la acidificación de los océanos, lo que permite a los estudiantes diseñar un experimento más preciso para llevarlo a cabo en un laboratorio.

En la última actividad, los alumnos utilizan datos climáticos reales en la aplicación web *Climate from Space* para investigar una pregunta sobre una parte del ciclo del carbono.

## Resultados de aprendizaje previstos

**Después de trabajar con estas actividades, los alumnos serán capaces de:**

Crear un diagrama del ciclo del carbono que incluya componentes rápidos y lentos.

Identificar con el ciclo del carbono acciones para reducir el cambio climático inducido por el hombre.

Explicar científicamente por qué es probable que dicha acción tenga un impacto.

Compatibilizar con los puntos de vista de los demás.

Describir el efecto del aumento de la acidez del océano en organismos marinos.

Evaluar las técnicas experimentales y las estimaciones, ampliando los métodos existentes para encontrar información adicional.

Utiliza la aplicación web *Climate from Space* para investigar una pregunta relacionada con el ciclo del carbono.

Seleccionar información clave para informar a los demás.

## Resumen de actividades

	Título	Descripción	Resultado	Aprendizaje previo	Tiempo
1	El ciclo del carbono	Tarea de lectura y actividad de evaluación opcional (juego)	Crear un diagrama que muestre el ciclo del carbono, incluyendo los componentes rápidos y lentos. Utilizar el ciclo del carbono para identificar acciones que puedan ayudar a reducir el cambio climático inducido por el hombre. Estructurar una explicación científica de por qué es probable que dicha acción tenga un impacto. Compatibilizar con los puntos de vista de los demás.	Un entendimiento de las cadenas alimentarias, la fotosíntesis, el efecto invernadero y el ciclo de las rocas son deseables pero no esenciales	1 hora +1/2 hora para la actividad de evaluación opcional
2	Océanos ácidos	Actividad práctica	Describe el efecto del aumento de la acidez del océano en los organismos marinos. Evaluar las técnicas experimentales y las estimaciones, ampliando los métodos existentes para encontrar información adicional.	Ninguno	Preparación 1/2 hora; 5 minutos una hora después y una vez al día durante los 2 o 3 días siguientes; sesión plenaria 1/2 hora
3	Seguimiento del carbono desde el espacio	Tarea de investigación	Utilizar la aplicación web <i>Climate from Space</i> para investigar cuestiones relacionadas con el ciclo del carbono. Seleccionar información clave para informar a los demás.	El ciclo del carbono - por ejemplo, la actividad 1	1 1/2 hora

Los tiempos indicados se refieren a los ejercicios principales, suponiendo que se dispone de pleno acceso a las tecnologías informáticas o que se distribuyen los cálculos repetitivos y los gráficos en la clase. Incluye el tiempo para la puesta en común de los resultados, pero no la presentación de los mismos, ya que esto variará en función del tamaño de la clase y de los grupos. Los enfoques alternativos pueden llevar más tiempo.

## Notas prácticas para los profesores

El **material necesario** para cada actividad se indica al principio de la sección correspondiente, junto con notas sobre la preparación que puede ser necesaria aparte de la copia de las hojas de trabajo y las de información.

Las **hojas de trabajo** están diseñadas para un solo uso y pueden copiarse en blanco y negro.

Las **hojas de información** pueden contener imágenes de mayor tamaño para que las inserte en sus presentaciones en el aula, información adicional para los alumnos o datos para que trabajen con ellos. Es mejor imprimir o copiar estos recursos en color, pero pueden reutilizarse.

Todas las **hojas de cálculo, conjuntos de datos o documentos adicionales** necesarios para la actividad pueden descargarse siguiendo los enlaces a este paquete desde <https://climate.esa.int/es/educate/climate-for-schools/>

Las ideas ofrecidas para la **ampliación del contenido** y las sugerencias de **diferenciación** se incluyen en los puntos adecuados de la descripción de cada actividad.

Para apoyar **la evaluación**, se incluyen las respuestas de las hojas de trabajo y los resultados de las actividades prácticas. En la parte correspondiente de la descripción de la actividad se sugiere la posibilidad de utilizar criterios locales para evaluar competencias básicas como la comunicación o el manejo de datos.

### Salud y seguridad

En todas las actividades, hemos dado por sentado que seguirá sus procedimientos habituales en relación con el uso del equipo común (incluidos los dispositivos eléctricos, como los ordenadores), el movimiento dentro del entorno de aprendizaje, los tropiezos y derrames, los primeros auxilios, etc. Como la necesidad de estos procedimientos es universal, pero los detalles de su aplicación varían considerablemente, no los hemos detallado siempre. En su lugar, hemos destacado los peligros particulares de una determinada actividad práctica para alimentar su evaluación de riesgos.

Algunas de estas actividades utilizan la aplicación web *Climate from Space* u otros sitios web interactivos. Es posible navegar desde ellas a otras partes del sitio de la Iniciativa sobre el Cambio Climático de la ESA o de la organización anfitriona y, a partir de ahí, a sitios web externos. Si no puede -o no desea- limitar las páginas que los alumnos pueden ver, recuérdelos las normas locales de seguridad en Internet.

## El clima desde el espacio

Los satélites de la ESA desempeñan un importante papel en la vigilancia del cambio climático. La aplicación web *Climate from Space* (Clima desde el espacio) ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)) es un recurso en línea que utiliza historias ilustradas para resumir algunas de las formas en que nuestro planeta está cambiando y destacar el trabajo de los científicos de la ESA.

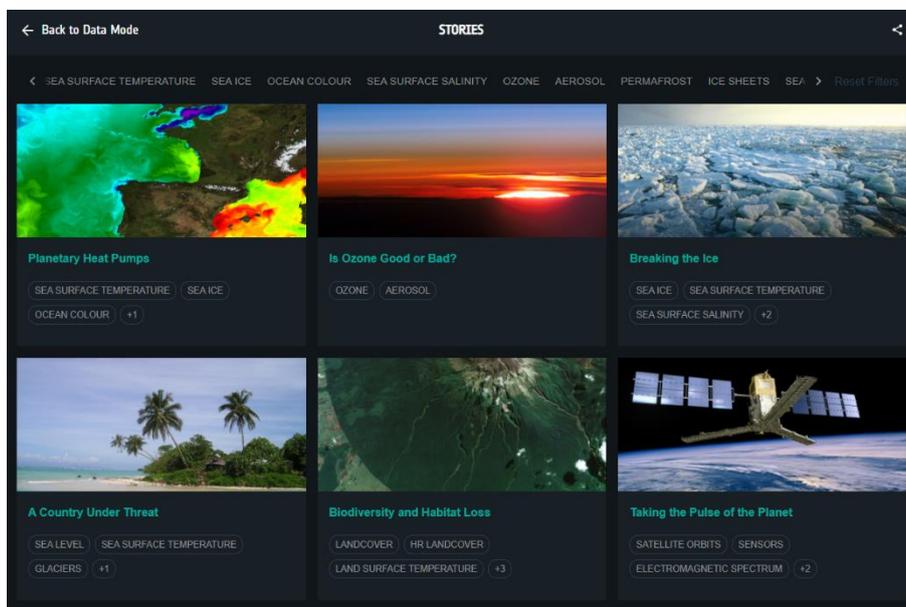


Figura 1: Historias en la aplicación web *Climate from Space* (Fuente: ESA CCI)

El programa de la Iniciativa sobre el Cambio Climático de la ESA produce registros globales fiables de algunos aspectos clave del clima conocidos como Variables Climáticas Esenciales (ECVs, en inglés). La aplicación web *Climate from Space* le permite entender mejor el impacto del cambio climático explorando datos por sí mismo.



Figura 2: Comparación de los datos de dióxido de carbono y metano en la aplicación web *Climate from Space* (Fuente: ESA CCI)

## Carbono y clima: información general

### El ciclo del carbono

La abundancia relativa de carbono en la atmósfera y la corteza terrestre es sorprendentemente baja: menos del 0,5% en ambos casos. Sin embargo, los compuestos de carbono son esenciales para la vida, ya que forman los tejidos de todos los seres vivos. Todo el carbono orgánico, y casi todo el almacenado en los océanos y el suelo bajo nuestros pies, se fijó primero desde la atmósfera mediante la fotosíntesis. Los átomos individuales pasan a formar parte de diferentes moléculas, almacenadas en distintos depósitos (sumideros), y pueden tardar de segundos a eones en volver a la atmósfera.

La forma en que el carbono se mueve a través del ciclo del carbono es bien conocida y se describe en la ficha de información 1 (véase también la figura 3). Sin embargo, a medida que las actividades humanas alteran el ciclo -liberando compuestos de carbono a la atmósfera más rápido de lo que son absorbidos-, la necesidad de averiguar cuánto carbono se almacena en los distintos sumideros o depósitos, y cuánto se transfiere por cada proceso, se vuelve cada vez más importante. Esto es especialmente cierto en situaciones en las que un planeta que se calienta puede dar lugar a una retroalimentación positiva. Por ejemplo, el metano liberado por el deshielo del permafrost contribuye a un mayor calentamiento.



Figura 3: El ciclo del carbono (Fuente: Jeff Lockwood, utilizado bajo CC BY-NC-SA 3.0)

## Cambio climático y ciclo del carbono

La clave para controlar el cambio climático es gestionar el ciclo del carbono: aumentar la cantidad de carbono almacenado en los sumideros y reducir las emisiones. La figura 4 muestra el tamaño de algunos de estos almacenes y las transferencias (flujos). La actividad 1 permite a los alumnos relacionar las acciones individuales y comunitarias con estos procesos.

### El ciclo global del carbono

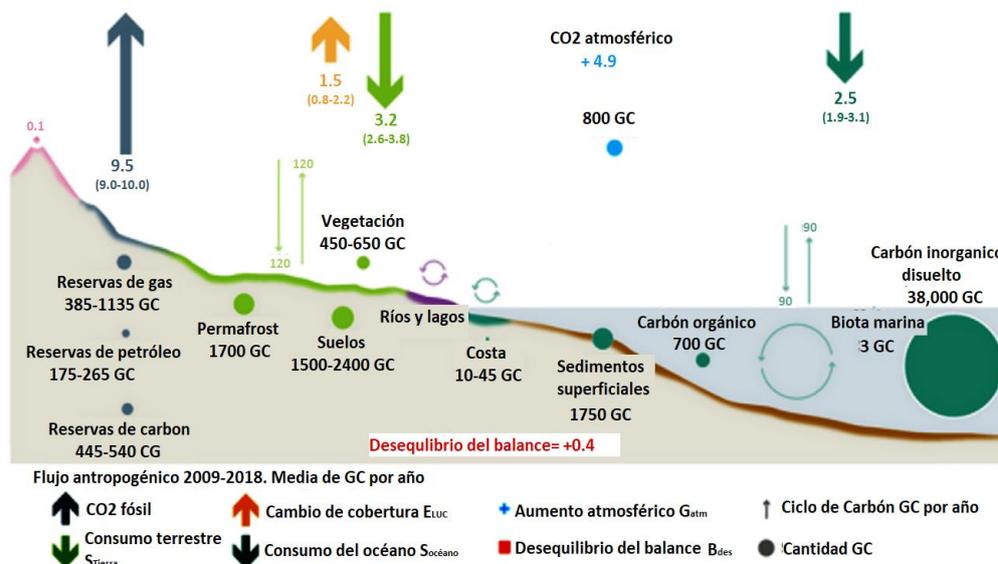


Figura 4: Impacto humano en el ciclo global del carbono

(Fuente: Pierre Friedlingstein, Matthew W. Jones, Michael O'Sullivan et al.; utilizado bajo CC BY-SA 4.0)

## Recolección de datos sobre el carbono

Como muestran las figuras 3 y 4, necesitamos información sobre un gran número de cosas si queremos entender el ciclo del carbono y su impacto en el clima. La recopilación de datos sobre, por ejemplo, la proporción de suelo que permanece congelado durante todo el año en el Ártico no sería posible si sólo pudiéramos hacer mediciones en el lugar. Algunos satélites en órbita alrededor de la Tierra "miran" todo un hemisferio del planeta cada quince minutos. Otros orbitan cada parte del planeta una vez cada diez días aproximadamente. Una imagen de satélite puede contener más información que la que podría acopiar un grupo de personas en el terreno.

Los sensores satelitales no sólo pueden tomar fotografías para mostrar el aspecto de la Tierra, que de hecho puede, por ejemplo, ayudarnos a evaluar cómo utilizamos la tierra, sino que también nos permiten medir muchas variables relacionadas con las partes del ciclo del carbono que no son visibles a simple vista, como la concentración de gases en la atmósfera, la temperatura de la superficie terrestre y marina, y la cantidad de carbono almacenado como biomasa. La actividad 3 ofrece a los alumnos la oportunidad de interactuar con algunos de estos datos. Pueden encontrar más información sobre los paquetes de recursos educativos "Tomando el pulso al planeta", disponibles en <https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>.

## Actividad 1: EL CICLO DEL CARBONO

*Esta actividad permite a los estudiantes comprender el ciclo del carbono, entender cómo las actividades humanas lo están perturbando y cómo su entendimiento puede ayudarnos a identificar acciones para mitigar el cambio climático. Las tareas apoyan a los alumnos en la lectura para comprender, escribir, informar y persuadir acerca del tema. Además, se los anima a pensar en forma crítica sobre sus conocimientos y a empatizar considerando otros puntos de vista. Todas o parte de las tareas de la hoja de trabajo pueden asignarse como deberes. Sigue una sugerencia sobre cómo utilizarla en el aula, complementada con una actividad adicional.*

### Equipo

- Hoja informativa 1 (2 páginas)
- Hoja de trabajo del estudiante 1
- Aplicación web Climate from Space: Historia del *ciclo del carbono* (opcional)
- Acceso a Internet
- Materiales para la elaboración de carteles o programas informáticos de creación/tratamiento de imágenes que los alumnos conozcan- opcional
- Una pelota de tenis o voleibol para cada grupo de 4 a 6 alumnos (opcional)

### Ejercicio

1. Lea la ficha 1 pasos 1 y 2 en clase o pida a los alumnos que la lean individual o en grupo. Si los alumnos trabajan en parejas o grupos, anímelos a compartir su comprensión de los términos en negrita y remita solo a trabajos anteriores, libros de texto o Internet si ninguno/a de ellos/as está familiarizado/a con el concepto. Si trabaja con toda la clase, puede ilustrar la segunda lectura de la hoja informativa con imágenes de la historia del *ciclo del carbono* en la aplicación web Climate from Space, en particular el vídeo de la diapositiva 4.
2. Pida a los alumnos que creen diagramas del ciclo del carbono. Los alumnos pueden trabajar individualmente, en parejas o grupos. Podrían utilizar papel A4, una página de sus cuadernos, o un software de creación/procesamiento de imágenes; u otros medios en función del tiempo y los recursos disponibles. Anímelos a no hacer el diagrama demasiado apretado para que tengan espacio para añadir más información en el paso 5 de la ficha.
3. Una vez que los alumnos hayan añadido información sobre el papel del metano en el ciclo del carbono a su diagrama (pasos 4 y 5 de la ficha), puede utilizar la actividad "Carbono circulante" descrita a continuación para evaluar su comprensión del ciclo. Las respuestas a los pasos 6 y 7 de la ficha también pueden utilizarse de esta manera.
4. La siguiente sección se centra en la acción para reducir las emisiones. Comienza con un debate general sobre el cambio climático. ¿Creen los alumnos que les afecta? ¿Qué acciones individuales están llevando a cabo a tal efecto?
5. Los pasos 8-10 de la hoja de trabajo del alumno se refieren a las intervenciones en forma de petición o presión como acción de mitigación del cambio climático a nivel social. Puede especificar el tamaño de la zona y/o la localidad a considerar

y al tipo de personalidad a la que se debieran dirigir. Por ejemplo, en el Reino Unido, los alumnos podrían considerar la posibilidad de hablar con los concejales de una ciudad sobre una acción que ésta podría llevar a cabo, o con los diputados si sugieren una política nacional.

En las instrucciones de la hoja de trabajo se pide a los alumnos que expongan un argumento lógico para que adopten su plan de mitigación, que consideren los posibles puntos débiles del mismo y que identifiquen la forma de abordarlos. Parte de la información adicional necesaria para elaborar un buen argumento (véanse las ideas en las respuestas de la hoja de trabajo, más abajo) puede ser bastante técnica o difícil de conseguir.

Aun así, es posible que desee que los alumnos lleven a cabo la investigación adicional necesaria y que eleven al representante o representantes adecuados con una propuesta, especialmente si trabajan a nivel comunitario. Si se puede organizar una visita, los alumnos podrían presentar sus propuestas. En este caso, sería conveniente que los alumnos trabajaran en grupo.

### Carbono circulante (actividad de evaluación opcional)

Esta actividad debe realizarse al aire libre o en una sala grande o gimnasio.

La idea es trabajar en grupo para inventar historias que muestren cómo un solo átomo de carbono, representado por una bola, se mueve a través del ciclo del carbono. Los alumnos representan los lugares donde el átomo se almacena durante algún tiempo.

A medida que los alumnos se pasen la pelota entre ellos, dirán qué representan, de qué forma y/o dónde "sostienen" el átomo de carbono, y mediante qué proceso lo están pasando a otros compartimentos (compañeros). Los alumnos pueden recibir la pelota más de una vez y cambiar de papel a medida que el "átomo" avanza por el ciclo y vuelve al punto de partida. Por ejemplo:

ESTUDIANTE 1: Soy fitoplancton y este carbono (la pelota) está en los compuestos de mi célula. Me come un pez. (El ESTUDIANTE 1 lanza la pelota al ESTUDIANTE 2.)

ESTUDIANTE 2: Soy un pez. Digiero el fitoplancton y el carbono pasa a formar parte de una molécula de grasa en mis tejidos. Me come un pájaro. (El ESTUDIANTE 2 lanza la pelota al ESTUDIANTE 3.)

ESTUDIANTE 3: Soy un pájaro. Digiero el pescado y utilizo la energía almacenada en su grasa para respirar. Exhalo el átomo de carbono a la atmósfera en forma de dióxido de carbono. (El ESTUDIANTE 3 lanza la pelota al ESTUDIANTE 4.)

ESTUDIANTE 4: Yo soy la atmósfera. Esta molécula de dióxido de carbono es absorbida por una gota de lluvia. (El ESTUDIANTE 1 lanza la pelota al ESTUDIANTE 1.)

ESTUDIANTE 1: Soy una gota de lluvia que contiene ácido carbónico ...

La gota de lluvia puede caer al océano y ser absorbida por el fitoplancton, cerrando el ciclo, o tomar un camino más tortuoso.

1. Pida a los alumnos que formen grupos de 4 a 8 personas. Cada grupo necesitará una pelota y deberá colocarse en un círculo.
2. Demuestre la idea interviniendo en un grupo para que comiencen mientras los demás observan.
3. De a los grupos entre diez y veinte minutos para que elaboren la cadena más larga que puedan.
4. Pida a cada grupo, por turno, que muestre su cadena más larga. Los demás grupos pueden limitarse a disfrutar de la historia o pedirles que evalúen la comprensión de sus compañeros y den su opinión.

Las cadenas pueden incluir secciones como:

carbono en un pájaro prehistórico → murió en una cueva → la cueva se derrumba → cuerpo comprimido con los de muchos otros → átomo de carbono ahora en el petróleo → petróleo extraído y quemado en el motor de un coche → carbono emitido a la atmósfera como CO<sub>2</sub>

carbono en una hoja → la hoja cae al suelo del bosque → la hoja es descompuesta por un hongo → el hongo es comido por una termita...

## Respuestas a la hoja de trabajo

1. Las definiciones no son completas, pero ilustran el nivel de comprensión del término en este contexto.
  - **Efecto invernadero:** la luz solar que atraviesa la atmósfera calienta la Tierra; el CO<sub>2</sub> y otros gases de la atmósfera impiden que este calor se vuelva a irradiar al espacio
  - **fotosíntesis:** creación de azúcares simples a partir de CO<sub>2</sub> y agua en presencia de la luz
  - **respiración:** descomposición de azúcares simples en CO<sub>2</sub> y agua para suministrar energía a los seres vivos
  - **descomposición** de la materia orgánica a lo largo del tiempo; puede implicar la digestión por parte de otros organismos, así como procesos químicos
  - **roca sedimentaria** formada cuando se comprime material como la arena o los restos de organismos
  - **roca metamórfica:** roca sedimentaria que ha sido transformada por presión alta y/o el calor
  - **combustibles fósiles:** formados cuando restos de organismos prehistóricos han sido sometidos a calor y presión (carbón, petróleo y gas)
  - **Revolución industrial:** el rápido crecimiento de la fabricación basada en la energía del vapor que tuvo lugar a partir de alrededor de 1750.
2. Respuestas individuales.
3. Véase la figura 3 de la página 7.

4. Humedales, ganado, vertederos, incendios forestales, extracción de combustibles fósiles.
5. Véase la figura 3 de la página 7.
6. La cantidad de carbono o CO<sub>2</sub> que un individuo o una comunidad libera a la atmósfera, sin incluir lo que exhala.
7. Los estudiantes podrían considerar trabajos como la replantación o la repoblación forestal de determinadas zonas; los incentivos financieros o el desarrollo de infraestructuras del transporte de bajas o nulas emisiones o la reducción de los desplazamientos; la calefacción o la refrigeración de los edificios públicos, y/o el apoyo para hacer más eficiente la de los edificios de propiedad privada; la generación de electricidad y la eficiencia energética; la gestión de los residuos, etc.
8. Respuestas individuales.
9. Los datos adicionales necesarios para evaluar la viabilidad de un plan varían, pero pueden incluir los costes de establecimiento (fijos) y los costes continuos (equipos, terrenos, tiempo); los beneficios adicionales que pueden mitigar los costes; la diferencia en las emisiones que supondrá el cambio; la aceptación por parte de la comunidad, especialmente si la gente tendrá que hacer cambios en su forma de vida; el número de personas afectadas por el plan (tanto de forma positiva como negativa); el efecto en el empleo, etc.
10. Las posibles fuentes de estos datos adicionales también variarán. Los alumnos podrían sugerir bases de datos públicas para obtener información sobre la población y las infraestructuras; empresas tecnológicas para obtener detalles sobre dispositivos concretos; literatura científica para conocer el impacto en términos de emisiones; sondeos de opinión y encuestas para evaluar la demanda y la posible respuesta, etc.

## Actividad 2: OCÉANOS ÁCIDOS

Estas actividades prácticas permiten a los alumnos ver los efectos de la acidificación de los océanos, relacionarlos con la reacción química que se produce y considerar cómo podrían averiguar más cosas utilizando un equipamiento sencillo. El uso de materiales cotidianos hace que las actividades sean apropiadas para el aprendizaje en casa o a distancia.

### Equipo

- Hoja de trabajo del alumno 2 (3 páginas)
- 3 frascos o vasos de precipitados (laboratorio) por grupo
- 2 botellas o tarros más pequeños por grupo
- Vinagre destilado - suficiente para llenar la mitad del frasco o vaso de precipitados más grande y llenar las dos botellas o frascos más pequeños
- Zumo de limón o lima - para llenar un tarro hasta la mitad
- 4 cáscaras de huevo por grupo
- 2 globos por grupo
- Protección de los ojos
- Paños o toallas de papel
- Pinzas o fórceps

### Preparación y notas sobre el equipo

Pida a los alumnos que recojan -¡y limpien! - cáscaras de huevo con antelación.

Para la primera parte de la actividad se necesitan frascos o vasos de precipitados con una abertura lo suficientemente amplia como para que quepa un huevo.

El tarro o la botella para la segunda parte debe tener un cuello lo suficientemente estrecho como para que quepa un globo en él, pero lo suficientemente ancho como para que el globo quede bien ajustado. Si es necesario, se puede utilizar cinta adhesiva, cuerda o una goma elástica para mejorar el cierre.

**Nota:** las botellas delgadas de PET (usualmente botellas de plástico) pueden expandirse por sí mismas, por lo que no son adecuadas para esta actividad.

El uso de zumo de limón o lima embotellado (del tipo que se vende para cocinar) le ahorrará bastante tiempo y trabajo. Si utilizas fruta fresca, cuela el zumo para eliminar la pulpa.

Las conchas marinas de los proveedores de artesanía son una alternativa más realista que las cáscaras de huevo, pero es probable que tarden más en hacer efecto. Si las utilizas, comprueba que son de origen sostenible.

### Salud y seguridad

Se debe usar protección para los ojos.

En esta actividad se utilizan productos alimenticios, por lo que hay que decir a los alumnos que no prueben nada.

Asegúrese de que hay material disponible para tratar los derrames.

## Ejercicio

1. Explique que los océanos más cálidos pueden absorber más CO<sub>2</sub> de la atmósfera y esto, a su vez, hace que los océanos sean más ácidos.  
**Nota:** Aunque este es el caso por el momento, las investigaciones sugieren que el calentamiento continuado puede reducir la capacidad de los océanos para absorber CO<sub>2</sub>
2. Exploraremos el efecto de la acidificación del océano con un modelo en el que:
  - Mariscos y corales están representados por cáscaras de huevo (que están hechas del mismo material)
  - Barritas de tiza representan acantilados o costas formadas por roca sedimentaria
  - Los ácidos débiles (vinagre) que están en la cocina representan un océano acidificado.
3. Pida a los alumnos que preparen su equipo siguiendo las instrucciones de la Ficha del alumno 2.1 y que anoten sus observaciones iniciales. Podrían anotar algunos puntos clave en la Ficha del alumno 2.2, tomar fotografías y/o registrar descripciones más detalladas en sus cuadernos.  
**Nota:** Estire previamente los globos para relajar la goma, pues el CO<sub>2</sub> producido no crea tanto exceso de presión como los pulmones de los alumnos.
4. No es necesario que los intervalos entre las observaciones sean exactos, por lo que observaciones realizadas después de una hora podrían hacerse al final de la lección. Si se hace esto, el intervalo podría utilizarse para discutir las preguntas 3, 4 y 5 de la hoja de trabajo del alumno 2.3.
5. Cuando los alumnos hayan recogido sus resultados, pídeles que completen las preguntas de la Ficha del alumno 2.3.  
Esto puede servir de evaluación o ser discutido en clase. Puede establecer algunas o todas las preguntas como tarea para casa.  
Puede ayudar a los alumnos más jóvenes o menos capaces a responder a las preguntas 4 y 5 sugiriéndoles que utilicen material adicional (véase la hoja de respuestas, más abajo).  
Si se discute en clase, convendría hablar del bucle de retroalimentación positiva que resulta de este proceso.
6. Puede pedir a los alumnos que investiguen más sobre el impacto de la acidificación de los océanos en la vida marina.

## Resultados de la muestra

Burbujas aparecerán casi inmediatamente alrededor de las cáscaras de huevo en vinagre y en zumo de limón. Puede haber algunas burbujas alrededor de las cáscaras de huevo en el agua, pero es probable que sean de aire atrapado y se dispersen a lo largo de la hora o los días (véase la figura 5 en la página siguiente).

La mayoría de las tizas de pizarra son de yeso y sólo contienen pequeñas cantidades de carbonato cálcico. Es probable que las burbujas que se desprendan de la tiza sean más pequeñas (véase la figura 6 de la página siguiente), aunque probablemente habrá más de ellas, al menos al principio.

Al cabo de una hora, las cáscaras de huevo sumergidas en los ácidos pueden haber empezado a ablandarse o mostrar algunas picaduras, sobre todo en los bordes, que pueden haberse suavizado. La reacción de los ácidos con las tizas puede haber cesado por completo si todo el carbonato cálcico accesible ha reaccionado.



Figura 5: Cáscaras de huevo en vinagre, zumo de limón y agua después de una hora aproximadamente (Fuente: ESA CCI)

La cáscara que está en el vinagre se habrá disuelto por completo al cabo de dos o tres días, y la cáscara en el zumo de limón estará avanzada (véase la figura 7).



Figura 6: Burbujas más pequeñas de las tizas en vinagre, comparadas con las de las cáscaras de huevo de la figura 5. (Fuente: ESA CCI)



Figura 7: Cáscaras de huevo tras un día en vinagre (izquierda) y en zumo de limón (derecha) (Fuente: ESA CCI)

Es poco probable que el globo situado sobre el tarro que contiene las tizas se expanda mucho, pero el situado sobre el tarro que contiene la cáscara de huevo es probable que recoja una cantidad razonable de gas, aunque puede no suponer una diferencia visible durante la primera hora aproximadamente (véase la figura 8).

A medida que la reacción entre el vinagre y la cáscara de huevo se ralentiza, el volumen del globo puede permanecer constante, o incluso disminuir si el gas se difunde a través del material del globo más rápidamente que el gas adicional que se está desarrollando.



Figura 8: Globos para la parte 2 de la actividad después de varias horas: cáscara de huevo y vinagre (izquierda), tizas y vinagre (derecha) (Fuente: ESA CCI)

## Respuestas a la hoja de trabajo

1. Aliméntalo con agua de cal, que se enturbiará si el gas es CO<sub>2</sub>.
2. a. Las conchas de los moluscos se blanquearán y se volverán más finas, haciéndolas vulnerables.  
Los esqueletos de los corales -la parte que consideramos coral- se disolverán.  
b. La meteorización química de la roca se acelerará.  
c. Esto aumentará.
3.  $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
4. a. El método más simple es usar una cuerda para medir la circunferencia del globo. Suponiendo que tiene una sección circular se puede calcular el radio y suponiendo que es una esfera se puede calcular el volumen a partir del radio. Dependiendo del globo utilizado, los alumnos también pueden aproximar el globo como un cilindro, o una combinación de esfera y cilindro, y sugerir que se tomen las medidas correspondientes.  
b. Esto depende de la forma del globo y de las suposiciones realizadas (véase más arriba).  
Por ejemplo, en el caso de los globos de la figura 8, la sección transversal horizontal es elíptica y no circular, por lo que es probable que el radio sea menor que el calculado a partir de la circunferencia, lo que llevaría a una sobreestimación.  
Sin embargo, la región inflada sobresaldría por encima y por debajo de la esfera que se imagina que llena, por lo que el volumen real puede ser mayor que el calculado. Existe la posibilidad de que ambos errores se anulen.
5. Puntos que podrían incluirse en las respuestas de los alumnos:
  - Utilice vinagre/ácido de diferentes diluciones.
  - Medir el tiempo que tarda un determinado volumen de CO<sub>2</sub> en ser liberado, o el globo en alcanzar una determinada circunferencia (esto último es más arriesgado, ya que es posible que se pierda el momento clave).
  - Mide la circunferencia del globo a intervalos y compárala o traza un gráfico.
  - Utiliza una línea marcada alrededor del globo para asegurarte de que la circunferencia se mide siempre en el mismo punto.
  - Mide el volumen de ácido y la masa de cáscaras de huevo usados cada vez.
  - Los alumnos más capacitados matemáticamente pueden sugerir que se calcule la tasa dividiendo el volumen por el tiempo o utilizando la pendiente de una gráfica. También pueden ser conscientes de que, aunque no calculen volúmenes, deben utilizar el cubo de cualquier medida lineal para asegurarse de que están considerando algo proporcional al volumen.
  - Los que conocen los factores que afectan a la velocidad de una reacción pueden observar la necesidad de una temperatura constante y de tener el sólido en trozos de tamaño similar cada vez.

**Nota:** Dado que el vinagre es una solución diluida de un ácido débil, los volúmenes de dióxido de carbono desprendidos son demasiado pequeños, incluso en teoría, para que una investigación como ésta resulte práctica. Sin embargo, los alumnos podrían utilizar el método que conciben como base para el trabajo de laboratorio con ácido clorhídrico y trozos de mármol.

## Actividad 3: SEGUIMIENTO DEL CARBONO DESDE EL ESPACIO

En esta actividad, los alumnos utilizan la aplicación web Climate from Space para investigar un aspecto sobre una parte del ciclo del carbono y preparar una presentación para explicar sus conclusiones a los demás. Puede realizarse de forma individual o en parejas o pequeños grupos. Si los alumnos trabajan juntos y/o no están familiarizados con la aplicación web, sería útil realizar al menos la primera parte del ejercicio en clase, aunque la actividad es adecuada para el aprendizaje independiente.

### Equipo

- Acceso a Internet
- Aplicación web Climate from Space
- Hoja de trabajo del alumno 3 (2 páginas, la segunda página es opcional)
- Programas de presentación como PowerPoint

### Ejercicio

1. Dé a los alumnos un tiempo para que se familiaricen con la aplicación web Climate from Space, o demuestre su uso, siguiendo las instrucciones del recuadro que aparece en la parte superior de la ficha del alumno 3.1. El mapa base (océanos en gris oscuro y tierra en gris pálido) muestra los lugares en los que no ha sido posible calcular de forma fiable la cantidad de dióxido de carbono en el aire. Esto puede deberse a que la nubosidad impidió que el sensor del satélite recogiera suficientes datos para estar seguros de la medición. Cuando los alumnos exploran otras variables, también pueden notar que los píxeles tienen tamaños diferentes para las distintas cantidades. Hay varias razones para ello, entre ellas que se necesitan más datos brutos para calcular algunas variables que otras, y que los distintos instrumentos pueden tener resoluciones diferentes. Hay más información al respecto en los paquetes "Tomando el pulso al planeta" (*Taking the Pulse of the Planet*), disponibles en <https://climate.esa.int/es/educate/climate-for-schools/>
2. Pida a los alumnos que investiguen una de las preguntas sugeridas y elaboren una breve presentación como se describe en la Ficha del Alumno 3.1. Puede asignar las preguntas a determinados alumnos o grupos. Aunque la tarea es abierta y permite la diferenciación por resultados, las primeras preguntas pueden ser más fáciles que las últimas, dependiendo de los conocimientos previos de la clase. La hoja de trabajo 3.2 proporciona apoyo sugiriendo áreas en las que centrarse (los alumnos podrían tener que utilizar una aplicación de mapas para localizar estas áreas) y, en algunos casos, algunas preguntas más detalladas.
3. Si los alumnos tienen que presentar sus conclusiones entre ellos, puede añadir una limitación de tiempo a la lista de instrucciones para la presentación, y/o discutir los criterios apropiados para la evaluación de los compañeros.

## Respuestas a la hoja de trabajo

En esta actividad, lo fundamental es que los alumnos aporten pruebas que respalden sus respuestas, en lugar de limitarse a exponer la conexión obvia con pocos detalles de apoyo.

Sin embargo, a grandes rasgos:

- La estacionalidad de los niveles de CO<sub>2</sub> se discute en la hoja informativa 1 y la tendencia a largo plazo de aumento de los niveles se muestra claramente en el cambio del color predominante de los datos.
- Las regiones de cultivo de arroz o las zonas propensas a los incendios presentan claros cambios estacionales en los niveles de metano. Estos datos también muestran un claro aumento anual.
- La superficie cubierta por el permafrost está disminuyendo -lo que se muestra en los datos mediante colores más pálidos, así como su tamaño- y esto se correlaciona con el aumento de los niveles de gases de efecto invernadero. Induzca a los alumnos a pensar si esta correlación muestra o no una causalidad y, en caso afirmativo, en qué dirección.
- En general, el aumento de la superficie quemada está relacionada con el aumento de los niveles de carbono atmosférico y la reducción de la biomasa, y a menudo se asocia con los cambios en la cobertura del suelo de los bosques hacia la agricultura. Los estudiantes pueden o no ser capaces de evidenciar esto en función de las áreas que elijan para estudiar.

	Dic-feb	Mar-May	Jun-Ago	Sep-Nov
Colombia	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Bajo</i>
Brasil	<i>Bajo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
Camerún	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Bajo</i>
Zambia	<i>Bajo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
Norte de Australia	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>

- El afloramiento de agua más fría puede aumentar el suministro de nutrientes y, por lo tanto, provocar un mayor crecimiento del plancton, que puede no ser lo que los estudiantes esperan ver.

La actividad podría utilizarse para evaluar las habilidades de investigación, y la presentación, para evaluar las habilidades de comunicación, según criterios locales.

## Hoja de trabajo del estudiante 1: EL CICLO DEL CARBONO

1. Lee la Ficha de información 1.  
Si no estás seguro de lo que significa alguna de las palabras o frases en **negrita**, averígualo antes de pasar al siguiente paso.

Vas a dibujar un diagrama que muestre el ciclo completo del carbono. Tu diagrama mostrará las *fuentes* y los *sumideros* de carbono y etiquetará los procesos que lo mueven a través de los ciclos rápido y lento.

2. Lee la hoja informativa con más atención, esta vez buscando los detalles que tendrás que incluir en tu diagrama.  
Puedes subrayar los puntos clave o hacer un boceto mientras lees.
3. Crea tu diagrama. Puedes utilizar diferentes colores o estilos de letra para mostrar la diferencia entre fuentes y sumideros y/o procesos que forman parte de los ciclos lentos y rápidos.

La hoja informativa dice que *el metano*, CH<sub>4</sub>, es otro importante gas de efecto invernadero. Como puedes ver en su fórmula química, el metano también contiene carbono.

El suelo absorbe una pequeña cantidad de metano de la atmósfera, pero la mayor parte permanece en el aire hasta que sufre una reacción química que lo transforma en dióxido de carbono y agua.

4. Realiza una investigación para encontrar fuentes de metano.
5. Añade información sobre el metano a tu diagrama.

La hoja informativa ofrece algunas medidas que los particulares pueden adoptar para reducir su *huella de carbono*.

6. Utiliza lo que has aprendido en la hoja para escribir tu propia definición de este término. Procura no utilizar más de veinte palabras.
7. Elige una acción que reduzca la huella de carbono de toda tu comunidad, ciudad, región o incluso país.  
Usa tu diagrama del ciclo del carbono para identificar por qué esto tendrá un impacto. Piensa en qué fuentes, sumideros y procesos están implicados.

Imagina que tienes la oportunidad de hablar con un grupo de responsables de la toma de decisiones que podrían poner en práctica esta acción.

8. Expone tus puntos de vista en forma de listado.

Piensa en las preguntas que podrían hacer los responsables de la toma de decisiones o en las objeciones que podrían plantear.

9. ¿Qué información adicional necesitarías para responder a sus preguntas o resolver sus dudas?
10. ¿Cómo puede encontrar esta información?

Si crees que alguna de estas informaciones debería añadirse a tus puntos clave, reescribe tu lista para mostrar dónde la incluirías.

## Hoja de trabajo del estudiante 2: OCÉANOS ÁCIDOS

### Lo que necesitas

- 3 tarros o vasos de precipitado
- 2 botellas o tarros más pequeños
- Vinagre
- Zumo de limón o lima
- 4 cáscaras de huevo limpias
- 2 barras de tiza de pizarra
- 2 globos

### Salud y seguridad

- Trabaja con cuidado para evitar derrames y salpicaduras.
- Utiliza protección para los ojos.
- Si te entra algo en el ojo, lávelo inmediatamente con abundante agua limpia y fría.
- No pruebes nada ni te toques la cara.

### Qué hacer: Parte 1

1. Llena un frasco o vaso de precipitados hasta la mitad con vinagre destilado, otro con zumo de limón y el tercero con agua.
2. Pon dos medias cáscaras de huevo en cada frasco.
3. ¿Qué ocurre en cada frasco? Anota algunas palabras clave en la tabla de la hoja de trabajo del alumno 2.2. Puedes hacer fotos de apoyo.
4. Después de al menos una hora, saca con cuidado un trozo de cáscara de huevo de cada tarro. ¿Qué aspecto y tacto tienen las cáscaras?
5. Devuelve las cáscaras de huevo al frasco correcto.
6. Repite tus observaciones a diario hasta que no veas más cambios. Si usas la tabla de la hoja de cálculo 2.2 del alumno, tal vez debas añadir filas adicionales.



(Fuente: ESA CCI)

### Qué hacer: Parte 2

Organiza esto al mismo tiempo que la parte 1. Reparte las tareas entre tu grupo para poder pasar rápidamente de la etapa 3 a la 4.

1. Infla y desinfla el globo varias veces hasta que se infle fácilmente.
2. Llena las botellas o los tarros más pequeños casi hasta arriba con vinagre.
3. Pon una cáscara de huevo en el vinagre en un frasco y dos barras de tiza en el otro. Si son grandes, rómpelas en trozos más o menos del mismo tamaño y añade todos los trozos al vinagre al mismo tiempo.
4. Fija el globo al cuello de cada botella. Es posible que tengas que utilizar cinta adhesiva, cuerda o una goma elástica para que quede bien sellado.
5. Registra lo que ocurre con los globos al cabo de una hora y luego a intervalos diarios. Una vez más, puedes tomar fotos para apoyar tus observaciones.



(Fuente: ESA CCI)

**Resultados**

	Contenedor abierto, cáscara de huevo			Sello de globo, vinagre	
	Agua	Zumo de limón	Vinagre	Cáscara huevo	Tizas
<b>Primeras observaciones</b>					
<b>Después de 1 hora</b>					
<b>Después de 1 día</b>					
<b>Después de 2 días</b>					

## Exploración de los resultados

1. ¿Cómo podrías demostrar que el gas emitido en esta reacción es CO<sub>2</sub>?

---



---

2. Si el océano se vuelve más ácido ¿qué indican tus resultados que ocurrirá con:

a. ¿moluscos marinos y arrecifes de coral? \_\_\_\_\_

---

b. ¿las costas formadas por calizas y rocas similares? \_\_\_\_\_

---

c. el ritmo de agregación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera \_\_\_\_\_

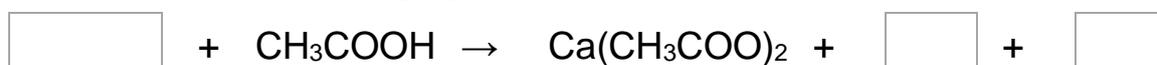
---

El ácido del vinagre es el ácido etanoico (acético), CH<sub>3</sub>COOH, y el compuesto de las cáscaras que reacciona con el ácido es el carbonato de calcio. La reacción produce etanoato de calcio (acetato), agua y dióxido de carbono.

3. Completa la ecuación de la reacción añadiendo:

a. las fórmulas del carbonato de calcio, el dióxido de carbono y el agua en las casillas

b. cuando sea necesario, agrega los coeficientes para equilibrar la ecuación.



4. Piensa en cómo podrías utilizar el globo para calcular la cantidad de dióxido de carbono que desprende la cáscara del huevo.

a. Explica qué medirías, cómo, y qué cálculos que realizarías.

---



---

b. ¿Qué suposiciones has hecho en este cálculo? Para cada una de ellas, di si es probable que tu respuesta sea demasiado grande o demasiado pequeña.

---



---

5. ¿Cómo podrías utilizar las ideas de esta actividad para investigar cómo varía la velocidad a la que se desprende el CO<sub>2</sub> con la concentración de ácido?

Discute tus ideas con un compañero o con tu grupo.

Cuando tengas un plan, escribe una lista del equipo y los productos químicos necesarios, así como las instrucciones paso a paso, mostrando cómo te asegurarás de llevar a cabo una prueba validada.

## Hoja de trabajo del estudiante 3: SEGUIMIENTO DEL CARBONO DESDE EL ESPACIO

Abra la aplicación web Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Haga clic en el símbolo de capas de datos (arriba a la derecha) y seleccione Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

Reproduce la animación repetidamente y verifica que entiendes cómo los controles de la pantalla te ayudan a fijarte mejor en determinados lugares o momentos.

Vuelva a hacer clic en el símbolo de Capas de Datos, desplácese hasta Metano y esta vez haga clic en COMPARAR.

Compruebe que entiende el uso de los controles en la parte inferior derecha de la pantalla para cambiar entre el mapa y el globo y descargar lo que hay en la pantalla.

1. Ahora que ya sabes cómo utilizar la aplicación web Climate from Space, utilízala para investigar una o varias de las preguntas sobre el ciclo del carbono que aparecen a continuación. Puedes investigar una pregunta diferente de tu elección relacionada con el ciclo del carbono con la aprobación de tu profesor.
2. Utiliza lo que has aprendido en este tema, y la información de otros recursos en línea, para ayudarte a explicar los patrones, las tendencias y las relaciones que has identificado en los datos que se muestran en Climate from Space.
3. Elabora una breve presentación de no más de cuatro diapositivas para resumir lo que has descubierto y cómo. Las diapositivas deben:
  - incluir al menos tres imágenes relevantes de Climate from Space para proporcionar evidencias de tu respuesta a la pregunta
  - no tener más de cuatro imágenes en cada diapositiva
  - no tener más de 100 palabras en cada diapositiva - esto incluye las etiquetas de los diagramas.

### Las preguntas

1. ¿Qué patrones y tendencias se observan en las mediciones de CO<sub>2</sub>?
2. ¿Qué patrones y tendencias se observan en las mediciones de metano?
3. ¿Qué relación existe, si la hay, entre la concentración de permafrost y los niveles de dióxido de carbono o/y metano?
4. ¿Cómo se relacionan los niveles de dióxido de carbono y metano en la atmósfera con los incendios?
5. ¿Qué efecto tienen los incendios en la cubierta vegetal a corto y largo plazo?
6. ¿Qué efecto tienen los incendios en los niveles de biomasa a corto y largo plazo?
7. ¿Cómo responde el fitoplancton a los cambios de temperatura de la superficie del mar?

## Algunas sugerencias para empezar

### Preguntas 1 y 2

Podrías comparar dos lugares, uno en cada hemisferio (como París y Johannesburgo).

Busca los ciclos estacionales recorriendo lentamente algunos años.

¿Cuándo alcanzan los niveles máximos para cada gas en cada lugar?

¿Cuál es la tendencia durante el periodo que abarcan los datos?

Si estás investigando la pregunta 2, también puedes recordar lo que has averiguado sobre las fuentes de metano en la actividad 1.

### Pregunta 3

El permafrost es un suelo que permanece congelado durante todo el año.

Podrías centrarte en una zona como la península de Yamal, donde en los últimos años se han abierto enormes agujeros en el suelo previamente congelado.

Busca los ciclos estacionales.

### Preguntas 4-6

Puedes empezar completando una tabla como ésta para mostrar los niveles de actividad de los incendios en una serie de lugares en diferentes momentos del año.

	Dic-feb	Mar-May	Jun-Ago	Sep-Nov
Colombia	<i>Alto</i>			
Brasil				
Camerún				
Zambia				
Norte de Australia				<i>Medio</i>

Podrías utilizar una tabla similar para ayudarte a investigar la otra variable en la que estás interesado, y luego comparar las dos tablas.

### Pregunta 7

El conjunto de datos del color del océano muestra la concentración de clorofila, por lo que da una idea de la cantidad de fitoplancton.

La costa del Pacífico de América es un buen punto de partida: hay que buscar lugares a ambos lados del Ecuador.

¿Los efectos son inmediatos o hay un lapso de tiempo?

## Hoja de información 1: EL CICLO DEL CARBONO

En los últimos años, se informa con más frecuencia de temperaturas récord. Los veranos más calurosos y los inviernos más cálidos son habituales en muchos países de Europa. En 2020, la Oficina Meteorológica del Reino Unido dijo a la BBC que en 2040 la mayoría de los habitantes del Reino Unido no verán nieve en invierno.

Las actividades humanas están contribuyendo al calentamiento global al acrecentar la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y aumentar el **efecto invernadero**. Los científicos advierten que, de seguir así, habrá consecuencias negativas para los seres humanos, las economías y la naturaleza. Por ello, muchas personas tratan de hacer cambios para reducir su *huella de carbono*. Puede que eviten volar, que usen menos el coche, que piensen en el impacto de los alimentos que consumen o que eviten los productos que se producen destruyendo las selvas tropicales.

Pero, ¿qué tienen que ver estas cosas con el CO<sub>2</sub> en la atmósfera?

El movimiento del carbono -en CO<sub>2</sub> y otros compuestos- entre la atmósfera, la tierra y el agua está en un delicado equilibrio. El ciclo del carbono describe cómo este se desplaza entre *los sumideros* (lugares que retienen el carbono, impidiendo o retrasando su liberación a la atmósfera) y *las fuentes* (que generan o liberan al aire gases que contienen carbono).

### El ciclo rápido del carbono

Las plantas toman el CO<sub>2</sub> del aire durante la **fotosíntesis**, lo almacenan en sus tejidos mientras crecen. Devuelven una parte al aire por **respiración** y cuando mueren y se descomponen. Los árboles de hoja caduca absorben más CO<sub>2</sub> cuando le crecen hojas nuevas cada primavera. En otoño, la fotosíntesis se para y la **descomposición** de las hojas caídas devuelve el CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Podríamos pensar que si es primavera en el hemisferio norte, es otoño en el sur, así que estos canjes estacionales se anularían. Pero no. No sólo hay más tierra en el hemisferio norte, sino que gran parte -sobre todo en Siberia y Canadá- son bosques. Por tanto, los niveles globales de CO<sub>2</sub> alcanzan su máximo en mayo.

Las plantas también pueden ser comidas por los animales. En este caso, el carbono almacenado en los tejidos vegetales se libera cuando el animal respira o cuando, a su vez, muere y su cuerpo se descompone.



Algunas partes de la selva tropical de Borneo se están talando para cultivar palmeras aceiteras reduciendo la cubierta forestal, liberando carbono almacenado. El aceite de palma se utiliza desde jabón hasta las galletas. (Fuente: contiene datos modificados de Copernicus Sentinel (2019), procesados por la ESA).

Después de un tiempo el CO<sub>2</sub> vuelve a la atmósfera, pero todo el proceso se produce a lo largo de meses o años y suele denominarse ciclo rápido del carbono.

## El ciclo lento del carbono

En cambio, un átomo de carbono puede tardar cientos de miles -incluso millones- de años en recorrer el lento ciclo del carbono.

La superficie del océano absorbe el CO<sub>2</sub>, y aunque una parte vuelve rápidamente a la atmósfera, otra llega a aguas profundas permaneciendo disuelto por siglos. El carbono también llega al océano por el ciclo del agua. El agua de lluvia absorbe el CO<sub>2</sub>, haciéndola ligeramente ácida. El ácido débil reacciona con rocas y los suelos, descomponiéndolos, formando nuevos compuestos que pueden llegar al mar.

Los organismos oceánicos, incluidos el fitoplancton y los corales, absorben carbono a medida que crecen. Cuando mueren, sus cuerpos caen al fondo marino y el carbono de sus caparazones o esqueletos queda encerrado en **la roca sedimentaria**, el mayor almacén de carbono de la Tierra. Este carbono se vuelve a la atmósfera a medida que el material del fondo marino se desplaza a través del ciclo de las rocas: algunos de los procesos que conducen a la producción de **roca metamórfica**, la expansión del fondo marino y los volcanes, todos liberan CO<sub>2</sub>.

El carbono pasa del ciclo rápido a formar parte del ciclo lento cuando los restos de plantas y animales no pueden descomponerse completamente, sino que se acumulan y se transforman con el tiempo en turba, pizarra y **combustibles fósiles**.

La quema de combustibles fósiles libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera, eludiendo parte del ciclo lento del carbono. La deforestación reduce la capacidad de la Tierra para absorber y almacenar carbono, y si se quema o se deja descomponer, el carbono que almacenó vuelve al ciclo rápido antes de lo que lo haría de otro modo. Aunque parte del exceso de CO<sub>2</sub> fue absorbido por la tierra y los océanos, el resto se acumula en la atmósfera, provocando un aumento del 30% en los últimos 150 años.

## Crear un equilibrio

Las acciones individuales comentadas en el primer párrafo pueden contribuir a reducir el ritmo al que añadimos carbono a la atmósfera. Muchas comunidades aspiran a conseguir el objetivo de *cero neto*, es decir, garantizar que no añaden a la atmósfera más carbono del que eliminan. Sin embargo, el gas persiste en la atmósfera durante mucho tiempo, por lo que serán necesarias acciones adicionales si se quiere volver a los niveles que existían antes de la **Revolución Industrial**.

Los datos recogidos por los satélites permiten seguir el ciclo del carbono en todo el planeta. Los sensores de los satélites miden la concentración de CO<sub>2</sub> (y de metano, CH<sub>4</sub>, otro gas de efecto invernadero) en la atmósfera. El seguimiento de la cubierta terrestre y de la biomasa desde el espacio nos permiten determinar la cantidad de carbono almacenado en la vegetación de la tierra; y con el estudio del color del océano se puede estimar la cantidad de carbono que absorbe el fitoplancton.

Los científicos usan esta información para crear modelos que explican el cambio del clima en el pasado y para predecir lo que podría ocurrir en el futuro. Los planificadores usan estos modelos para determinar cómo podemos gestionar nuestras actividades societarias para restablecer el equilibrio en el ciclo del carbono.

## Enlaces

### Recursos

Aplicación web Climate from Space

<https://cfs.climate.esa.int>

Clima para las escuelas

<https://climate.esa.int/es/educate/climate-for-schools/>

Enseñar con el espacio

[http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3)

Animación del ciclo del carbono

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2018/02/Carbon\\_Cycle](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/02/Carbon_Cycle)

El carbono y los océanos

animación [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2017/12/Carbon\\_dioxide\\_ocean\\_atmosphere\\_exchange/\(lang\)](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2017/12/Carbon_dioxide_ocean_atmosphere_exchange/(lang))

### Proyectos espaciales de la ESA

Oficina del Clima de la ESA

<https://climate.esa.int/>

Espacio para nuestro clima

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

Misiones de observación de la Tierra de la ESA

[www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/ESA\\_for\\_Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Exploradores de la Tierra

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth\\_Explorers](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers)

Copernicus Sentinels

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

### Otras fuentes

Vídeo sobre el espacio para el clima

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

Clima y permafrost

<https://climate.esa.int/projects/permafrost/news/picturing-permafrost-arctic/>

Más vídeos de la Tierra desde el espacio

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_from\\_Space\\_programme](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme)

ESA Kids

[https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate\\_change/Climate\\_change](https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change)