



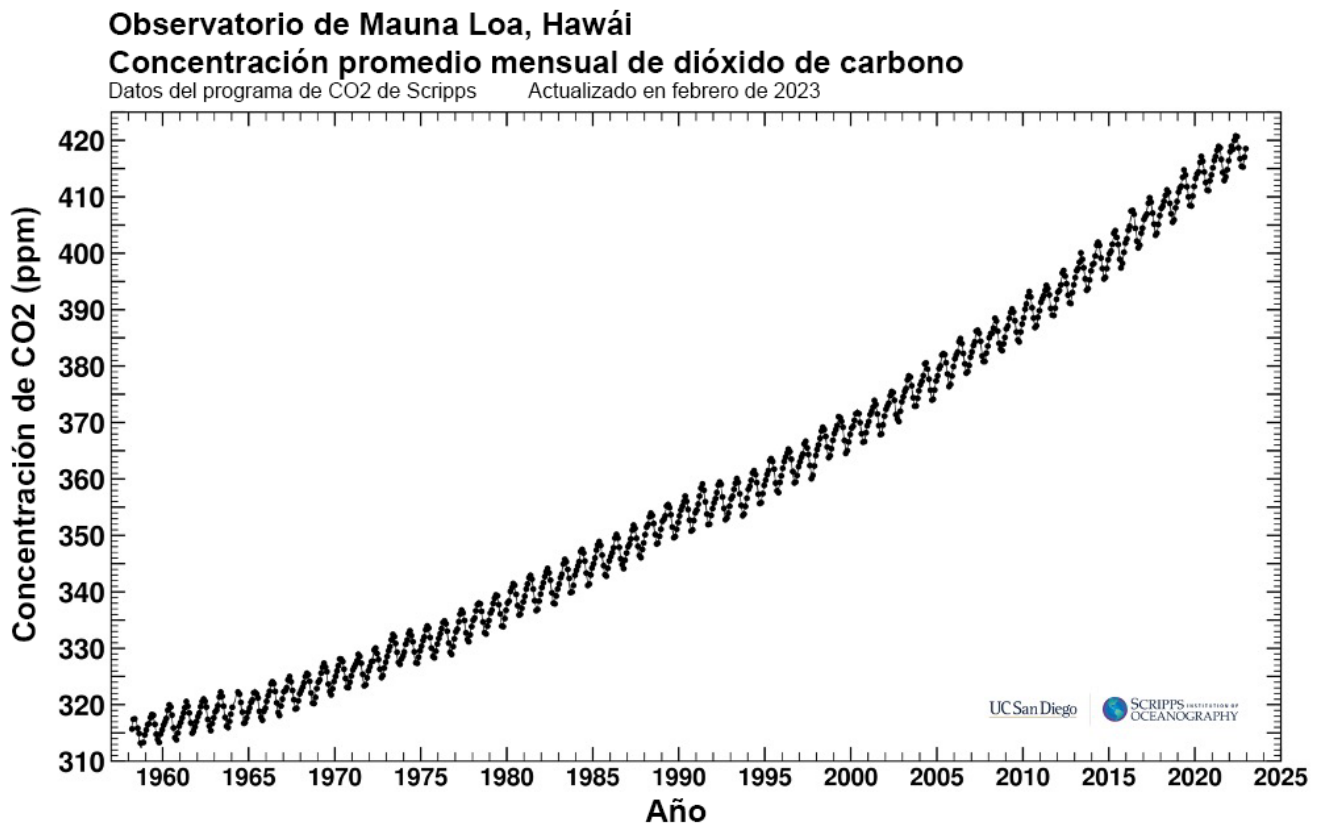
## INTRODUCCIÓN

En esta actividad explorarás una de las colecciones de datos científicos más icónicas: el registro histórico de **dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** de nuestra atmósfera. Explorarás los procesos que agregan y extraen CO<sub>2</sub> a la atmósfera. También manipularás un modelo para probar diferentes aportes y salidas y descubrirás si tus predicciones coinciden con las observaciones. Al terminar la actividad, deberías poder explicar los procesos y las causas de los patrones de los datos.

### PARTE 1: Carbono en la atmósfera

Durante más de un siglo, los científicos han advertido que la quema de combustibles fósiles libera CO<sub>2</sub>, un gas de efecto invernadero que afecta el clima de la Tierra. Sin embargo, nadie había podido medir continuamente el CO<sub>2</sub> de la atmósfera antes del científico Charles Keeling.

En 1958, Keeling comenzó a medir los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub> en el observatorio de Mauna Loa en Hawái. Eligió este lugar porque está lejos de una gran cantidad de automóviles, fábricas y otras fuentes de posible contaminación. El registro continuo de mediciones de CO<sub>2</sub> en Mauna Loa se conoce como la **Curva de Keeling** (Figura 1).

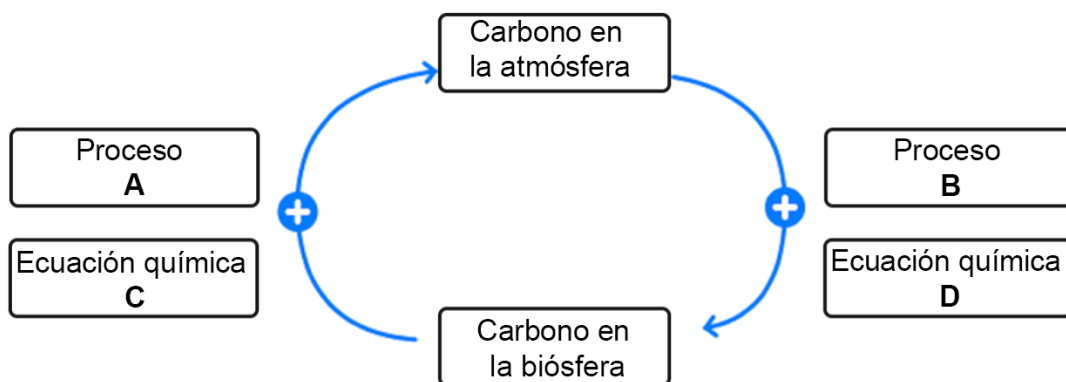


**Figura 1.** Las concentraciones promedio mensuales de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, medidas en partes por millón (ppm), en el observatorio de Mauna Loa desde 1958 hasta febrero de 2023.

1. Describe dos patrones principales de la Figura 1.
  
2. La Figura 1 muestra que la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera varía a lo largo del tiempo.
  - a. Con base en lo que ya sabes, ¿cuáles son los procesos que *agregan* CO<sub>2</sub> a la atmósfera?
  
  - b. ¿Cuáles son algunos procesos que *capturan* CO<sub>2</sub> de la atmósfera?

A continuación, se muestra un modelo simplificado de cómo el carbono (que puede estar en forma de CO<sub>2</sub> o de materia orgánica) se mueve entre la atmósfera y la **biósfera**, la parte del sistema terrestre donde transcurre la vida. Este modelo incluye dos procesos (A y B) que mueven carbono, y cada proceso tiene una ecuación química (C y D).

Un diagrama conceptual que muestra cómo se mueve el carbono entre la atmósfera y la biósfera. Un rectángulo en la parte superior del diagrama está etiquetado como Carbono en la atmósfera y otro rectángulo en la parte inferior del diagrama está etiquetado como Carbono en la biósfera. Una flecha azul con un signo más lleva de la atmósfera a la biósfera y otra flecha azul con un signo más lleva de la biósfera a la atmósfera. La flecha de la derecha tiene dos rectángulos al lado, uno etiquetado como Proceso B y otro etiquetado como Ecuación química D. La flecha de la izquierda tiene dos rectángulos al lado, uno etiquetado como Proceso A y otro etiquetado como Ecuación química C.

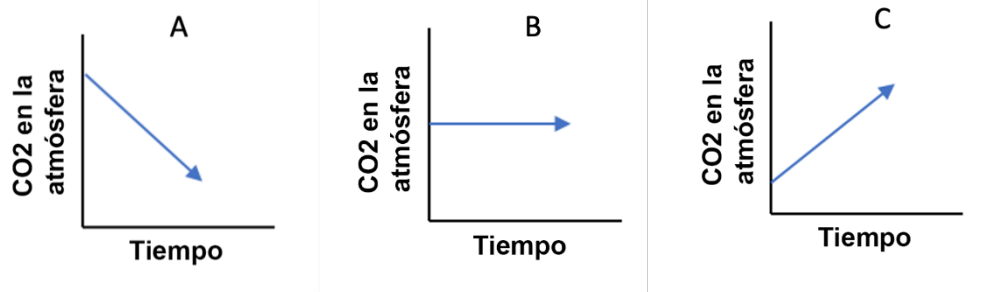


3. Relaciona los siguientes procesos y ecuaciones con las letras en el modelo. Anota las letras en la tabla.

Proceso o ecuación	Letra
$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energía lumínica} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$	
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energía química}$	
Fotosíntesis	
Respiración	

La respiración y la fotosíntesis son procesos naturales inversos. Un proceso agrega CO<sub>2</sub> a la atmósfera y el otro lo captura. Piensa en cómo el equilibrio entre estos dos procesos podría afectar los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Estas tres gráficas muestran cómo los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera podrían variar a lo largo del tiempo.



4. Relaciona los siguientes escenarios con cada una de las gráficas. Anota las letras de las gráficas en la tabla.

Escenario	Gráfica
Respiración = Fotosíntesis	
Respiración > Fotosíntesis	
Respiración < Fotosíntesis	

### PARTE 2: Variaciones estacionales en los procesos naturales

Las tasas de respiración y fotosíntesis cambian con las estaciones. En algunos meses, la respiración es mayor que la fotosíntesis. En otros meses, la respiración es menor que la fotosíntesis. Estas diferencias estacionales dan como resultado el patrón de **dientes de sierra**, o zigzag, en la Curva de Keeling (Figura 1), donde los niveles de CO<sub>2</sub> aumentan y disminuyen a lo largo de cada año.

Ahora utilizarás un simulador para recrear este patrón con un modelo de respiración y fotosíntesis. Para acceder al simulador, abre el *Haz clic & aprende* de BioInteractive titulado [La biósfera que respira y la contribución humana](#). Dirígete a la pestaña “**Procesos naturales**” y lee la información en la parte superior. Selecciona el enlace “Leer más” subrayado en azul para mostrar más detalles.

Ajusta la configuración en el simulador para que los niveles del modelo (puntos azules) se ajusten lo más posible a los niveles observados (triángulos negros). Mientras más cercano a 1 sea el “**Puntaje de ajuste**” que se muestra junto a la gráfica, mejor será el ajuste. Estos son algunos consejos para empezar:

- El observatorio de Mauna Loa está en Hawái, que se encuentra en el hemisferio norte. Piensa en qué mes podría ocurrir la tasa máxima de fotosíntesis y respiración allí.
- La estimación anual de las tasas de fotosíntesis y respiración es de alrededor de 60 ppm/año. Puedes usar esta medición como punto de partida para estimar las tasas en ppm/mes en el simulador.
- Aumenta la tasa máxima de fotosíntesis a tu valor estimado. Los niveles del modelo deben caer por debajo de los niveles observados. A continuación, aumenta la tasa máxima de respiración para equilibrar la fotosíntesis.
- Ten en cuenta que la fotosíntesis varía más con las estaciones y cae casi a cero en el invierno. (La respiración también tiene un máximo, pero se distribuye de manera más uniforme a lo largo del año).

5. Una vez que encuentres el mejor ajuste posible, registra tus configuraciones y el puntaje de ajuste en la tabla siguiente.

Configuración/Puntaje	Valor
Tasa máxima de fotosíntesis	
Mes de fotosíntesis máxima	
Tasa máxima de respiración	
Mes de respiración máxima	
Puntaje de ajuste	

- Los datos observados en el simulador provienen del observatorio de Mauna Loa en Hawái, que se encuentra en el hemisferio norte. ¿Esperarías el mismo patrón de un observatorio en la Antártida? Explica tu respuesta.

### PARTE 3: La contribución humana

En la Parte 2, simulaste dos procesos naturales (respiración y fotosíntesis) para modelar variaciones estacionales en los niveles de CO<sub>2</sub>. A nivel mundial, la respiración y la fotosíntesis mueven alrededor de 120 mil millones de toneladas de carbono por año.

- Además de las variaciones estacionales, la Curva de Keeling (Figura 1) también muestra un aumento general de CO<sub>2</sub> desde 1958. Según lo aprendido en las preguntas anteriores, ¿se puede explicar este aumento con el equilibrio natural de la respiración y la fotosíntesis? Explica tu respuesta.

La Figura 2 (al final de esta hoja de trabajo) muestra el **ciclo del carbono**: una serie de procesos que mueven el carbono entre la atmósfera, la biósfera y otras partes de la Tierra.

- ¿Qué proceso de la Figura 2 es el que tiene más probabilidad de ser responsable del aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico? (*Sugerencia*: busca el mayor desequilibrio en el movimiento de carbono hacia la atmósfera)

Vuelve al Haz clic & aprende. Dirígete a la pestaña “**La contribución humana**” y lee la información en la parte superior. Usa el control deslizante para ajustar la contribución humana al modelo y los datos observados de la mejor manera posible.

- Una vez que encuentres el mejor ajuste posible, registra tu configuración y puntaje de ajuste en la siguiente tabla.

Configuración/Puntaje	Valor
Contribución humana anual	
Puntaje de ajuste	

- La actividad humana libera el CO<sub>2</sub> excedente a la atmósfera, lo que está provocando el cambio climático global. ¿Cuáles son algunas acciones que cada persona y la sociedad pueden tomar para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>?



**Figura 2.** Diagrama simplificado del ciclo del carbono “a corto plazo”. (Los procesos a más largo plazo, como el ciclo del carbono en las profundidades del océano, no se incluyen). Las unidades se expresan en términos de “mil millones de toneladas de carbono”. Las flechas muestran el movimiento anual de carbono (miles de millones de toneladas por año). Los números rojos muestran cambios en la cantidad de carbono transferido o almacenado como resultado de la actividad humana.