

Cambio climático global y ciencia

Esta sección de *Sanando la Tierra* nos ayuda a responder las siguientes preguntas, planteadas también al final del estudio de caso:

- ¿Qué es el cambio climático mundial y cómo se ha producido?
- ¿Cuáles son los impactos del cambio climático global?

Clima, tiempo atmosférico y atmósfera

Los términos “tiempo atmosférico” y “clima” se utilizan algunas veces indistintamente, pero hay diferencias importantes entre ellos.

El tiempo se refiere al promedio de temperatura, precipitación, nivel del mar, y cantidad de hielo en los polos, glaciares y nevados a partir de los cambios cotidianos en la atmósfera sobre una base local. El tiempo está compuesto por una combinación de factores, tales como temperatura, humedad, nubosidad, precipitación y viento en un espacio determinado. Alternativamente, el clima describe la media o promedio, así como los dos extremos de las condiciones climáticas en la ubicación de una región durante largos períodos de tiempo. Los cambios en el clima a lo largo de extensos períodos de tiempo son detectados por y los climatólogos, que estudian las pautas del clima e identifican las tendencias a largo plazo.

Visita la página web [U.S. National Aeronautics and Space Administration](https://www.nasa.gov) (NASA) y conoce más acerca de las diferencias entre el tiempo y el clima.

La atmósfera de la Tierra

El tiempo y el clima tienen lugar en la atmósfera de la Tierra, la delgada capa de gases que rodea la Tierra que se mantiene en su lugar por la gravedad de la Tierra. Sin la atmósfera, la vida en la Tierra no podría existir. Contiene el oxígeno que respiramos, ayuda a calentar la Tierra, nos protege de la dañina radiación ultravioleta del Sol y es una pieza fundamental en el ciclo del agua, como vimos en el capítulo del agua.

La atmósfera está compuesta por una mezcla de diferentes gases, las diminutas gotas de agua y pequeñas partículas sólidas suspendidas (ver el Tabla 1). Algunos de estos componentes se consideran componentes permanentes, mientras que otros son variables. Los componentes permanentes, como el nitrógeno y el oxígeno, se caracterizan por su presencia estable y constante en la atmósfera en un momento dado. Sin embargo, la presencia y la cantidad de los componentes variables, como el vapor de agua, puede fluctuar dependiendo de los diferentes factores que examinaremos más adelante.

Veremos en la próxima sección sobre cambio climático global y espiritualidad cómo para algunas religiones el aire que respiramos es un símbolo espiritual del aliento de Dios.

Permanent Components		Variable Components	
Constituent	ppmV	Constituent	ppmV
Nitrogen (N ₂)	780,840	Water Vapor (H ₂ O)	0 to 40,000
Oxygen (O ₂)	209,460	Carbon dioxide (CO ₂)	399
Argon (Ar)	9,340	Methane (CH ₄)	1.8
Neon (Ne)	18.18	Nitrous oxide (N ₂ O)	0.320
Helium (He)	5.24	Ozone (O ₃)	0.01-0.10
Hydrogen (H ₂)	0.56	Particles (dust, soot, etc.)	0.01
Xenon (Xe)	0.09	Chlorofluorocarbons (CFC)	0.0002

Adapted from Atmospheric Composition and Vertical Structure by Thomas W. Schlatter.

Tabla 1. La composición de la atmósfera terrestre. [efn_note] Adapted from [https://ruc.noaa.gov/AMB_Publications_bj/2009%20Schlatter_Atmospheric%20 C...](https://ruc.noaa.gov/AMB_Publications_bj/2009%20Schlatter_Atmospheric%20C...) [efn_note]

En comparación con el radio de la Tierra, la profundidad o el espesor de la atmósfera de la Tierra es muy delgada. Más de 99% de las moléculas gaseosas (en masa) que componen la atmósfera de la Tierra se encuentran en la capa de 50 km de espesor más cercana a la superficie de la Tierra (ver la Figura 1).

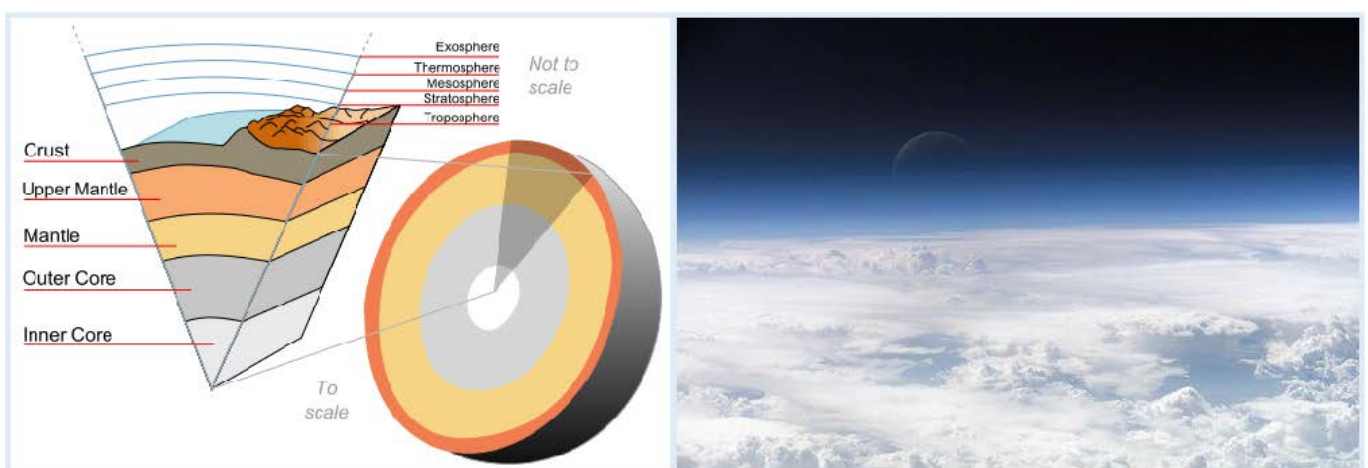


Figura 1. La atmósfera de la Tierra es una capa de gases relativamente delgada y frágil: a. representación de un artista, b. una imagen satelital: la delgada franja azul de gas que se ve aquí flotando sobre la superficie de la Tierra es nuestra frágil atmósfera. Dentro de esta franja, que es de tan sólo 50 km de espesor, se producen 99.8% de las moléculas de gas que apoyan y protegen todas las formas de vida en la Tierra. [efn_note] a. By Surachit CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons b. By NASA Earth Observatory

[Public domain], via Wikimedia Commons Source:

a.<https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AEarth-crust-cutaway-english.svg> ,

b.https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATop_of_Atmosphere.jpg [/efn_note]

Los dos gases más abundantes en la atmósfera de la Tierra son el nitrógeno (N_2), que constituye 78% del volumen de la atmósfera, y el oxígeno (O_2), que representa el 21%. Aunque el nitrógeno y el oxígeno junto con los otros gases permanentes constituyen casi toda la atmósfera (>99%) y son cruciales para la vida en la Tierra, tienen poco o ningún impacto sobre el tiempo y el clima. Son los componentes variables escasos, como el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), y el óxido nitroso (N_2O) los que influyen en el tiempo y el clima.

El vapor de agua es el más abundante de los componentes variables de la atmósfera. Su concentración cambia de vez en cuando y de un lugar a otro. En promedio, el vapor de agua comprende 0.25% de la atmósfera. Como se explica en el capítulo del agua, el ciclo hidrológico forma nubes a partir del vapor de agua y produce precipitaciones que reponen el agua en los suelos, lagos y ríos. Este proceso de condensación (el enfriamiento del vapor de agua para formar agua líquida) también libera calor almacenado, que desempeña un papel importante en el desarrollo de tormentas. De esta manera, el vapor de agua juega un papel fundamental en el clima.

Veremos en la próxima sección sobre cambio climático global y ética que la atmósfera de la Tierra tiene un valor intrínseco. Aquí, podremos entender la razón por la cual una atmósfera sana es necesaria para toda la vida en la Tierra.

Otros gases entre los componentes variables de la atmósfera están presentes en cantidades muy pequeñas, pero pueden tener una poderosa influencia sobre el tiempo. En algunos casos, estos gases de aspecto variable son también extremadamente importantes para la vida en la Tierra.



Figura 2. Un invernadero está hecho de ventanas de vidrio o de plástico. La luz solar pasa a través de las ventanas, pero el calor queda atrapado en el interior. Las verduras y

las flores pueden crecer incluso durante los meses de más frío. [efn_note] Courtesy NASA/JPL-Caltech
Source:<https://climatekids.nasa.gov/review/greenhouse> [/efn_note]

Por ejemplo, el ozono, que se produce naturalmente en la estratosfera (entre 10-50 km de altitud en la atmósfera), filtra la radiación ultravioleta (UV) del Sol que, de otro modo, llegaría a la superficie de la Tierra a niveles perjudiciales para los organismos vivos. La proyección de la radiación UV se produce en concentraciones muy bajas de ozono (0.000004%). El ozono es también uno de los gases de efecto invernadero (GEI), y tiene una fuerte influencia en el calentamiento global.

Del mismo modo, el dióxido de carbono constituye sólo 0.04% de la atmósfera, pero es un importante gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento de la Tierra, y también es esencial para la fotosíntesis, que proporciona a las plantas y los animales su principal fuente de carbono.

En la sección de cambio climático global y espiritualidad veremos que las tradiciones espirituales como el hinduismo y el Islam creen que la relación interdependiente entre la atmósfera, las plantas, los animales, el agua y el suelo tiene un carácter sagrado.

Gases de efecto invernadero

Muchos de los componentes variables de la atmósfera son especialmente relevantes para explicar el cambio climático global, porque absorben la radiación infrarroja de onda larga (IR o calor). Estos gases se denominan gases de efecto invernadero (GEI), porque funcionan de manera similar a un invernadero e incluye H₂O, CO₂, CH₄, N₂O, O₃, y CFCs.

Los invernaderos se utilizan para el cultivo de plantas en las estaciones frías, y para la protección de cultivos susceptibles cuando se siembran a gran escala, como algunas hortalizas y flores en países tropicales y están hechos de techos y paredes de vidrio o plástico, que permiten la entrada de la luz solar (ver Figura 2). Cuando la luz solar alcanza las plantas y el suelo, o cualquier otra superficie en el invernadero, se absorbe y se convierte en IR o calor. El techo de vidrio o plástico retiene este calor para que las plantas puedan crecer dentro.

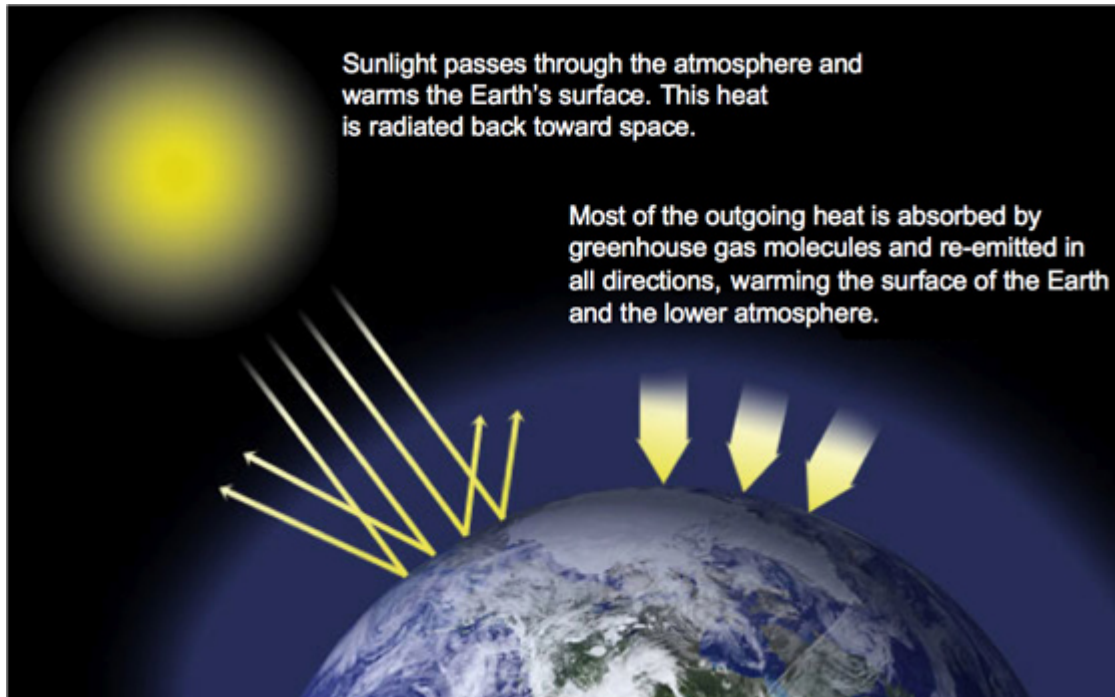


Figura 3. El efecto invernadero. La radiación solar de onda corta solar (luz) que entra en la atmósfera es absorbida por la superficie de la Tierra y emitida como radiación infrarroja de onda larga de (calor) que luego es absorbida por los gases de efecto invernadero y reenviada en varias direcciones, calentando la superficie de la tierra.

[efn_note] Courtesy NASA/JPL-Caltech. Source:<https://climate.nasa.gov/causes/>
[/efn_note]

Al igual que el vidrio o el plástico de un invernadero, la atmósfera de la Tierra es casi transparente a la radiación solar entrante, que se compone principalmente de radiación de longitud de onda corta (luz). Como resultado, la mayoría de la luz solar pasa a través de la atmósfera sin ser absorbida. Cuando la luz solar llega a la Tierra, es absorbida por las estructuras líquidas y sólidas como el agua, el suelo, las plantas y los edificios. Una vez que la luz se absorbe, se convierte en radiación infrarroja de longitud de onda larga (IR) o calor. Este calor calienta la superficie del planeta, por lo que es adecuado para la vida en la Tierra. De esta manera, la delgada capa de la atmósfera de la Tierra ayuda a mantener la Tierra caliente, al igual que el vidrio y el plástico del invernadero ayuda a conservar el calor dentro de la estructura del invernadero.

La superficie de la Tierra refleja parte de la radiación solar que recibe de vuelta al espacio. Esta reflectancia se conoce como albedo de la Tierra y varía de una región a otra. Las concentraciones naturales de gases de efecto invernadero atmosféricos absorben este IR liberado, lo que reduce la pérdida de calor de la Tierra hacia el espacio (ver Figura 3). Este fenómeno, llamado efecto invernadero, cuando está en equilibrio, ayuda a mantener el rango de temperatura de la Tierra adecuado para los organismos vivos.

Sin el efecto invernadero, la temperatura promedio de la superficie de la Tierra sería -18°C (0°F), demasiado fría para soportar la mayoría de la vida las plantas y los animales. Sin embargo, el exceso de gases de efecto invernadero en la atmósfera ha causado el cambio climático global y los impactos del

calentamiento que la Tierra está experimentando en la actualidad.

Los diversos gases de efecto invernadero (GEI) tienen capacidades diferentes para atrapar el calor. Por ejemplo, entre los cinco principales gases de efecto invernadero, el vapor de agua es el más abundante y contribuye con 90% del efecto invernadero. Mientras que el metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) no son tan abundantes como el dióxido de carbono (CO_2), y sin embargo son entre 20 y 300 veces más potentes que el CO_2 respectivamente, para atrapar el calor.

Las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), las prácticas agrícolas industriales y la deforestación han provocado que las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera aumenten vertiginosamente desde el comienzo de la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII (Figura 4).

Las prácticas agrícolas industriales producen más emisiones de gases de efecto invernadero que cualquier otra actividad humana a través de la fabricación de fertilizantes inorgánicos, la operación de maquinaria agrícola, el transporte de suministros a las granjas y de alimentos a los mercados, y la energía necesaria para el riego por bombeo.

La deforestación en todo el mundo se realiza principalmente para expandir la agricultura y el desarrollo urbano, y elimina un “sumidero” de dióxido de carbono de enorme importancia al eliminar la densa vegetación forestal. Al eliminar la vegetación, con su capacidad fotosintética que “absorbe” el dióxido de carbono, aumentamos efectivamente las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Los combustibles fósiles y los bosques tienen un valor instrumental para la vida humana. Sin embargo, cuando usamos estos recursos de una manera que no es sostenible para la atmósfera de la Tierra, violamos moralmente el valor intrínseco de la naturaleza. Este tema los abordaremos en la próxima sección de biodiversidad y ética.

Por ejemplo, el promedio mundial de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado de 280 ppm a 400 ppm desde mediados del siglo XVIII. En noviembre de 2018, niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanzaron nuevos niveles máximos. Puedes conocer en la página web de la [US National Oceanic & Atmospheric Administration – NOAA](#) (NOAA) la concentración actual de CO_2 en la atmósfera. El incremento del dióxido de carbono ha incrementado el efecto invernadero y, en consecuencia, ha contribuido a un aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra. Un análisis más detallado de cómo la quema de combustibles fósiles interrumpe el equilibrio natural del ciclo del carbono del planeta se describe más adelante en este capítulo.

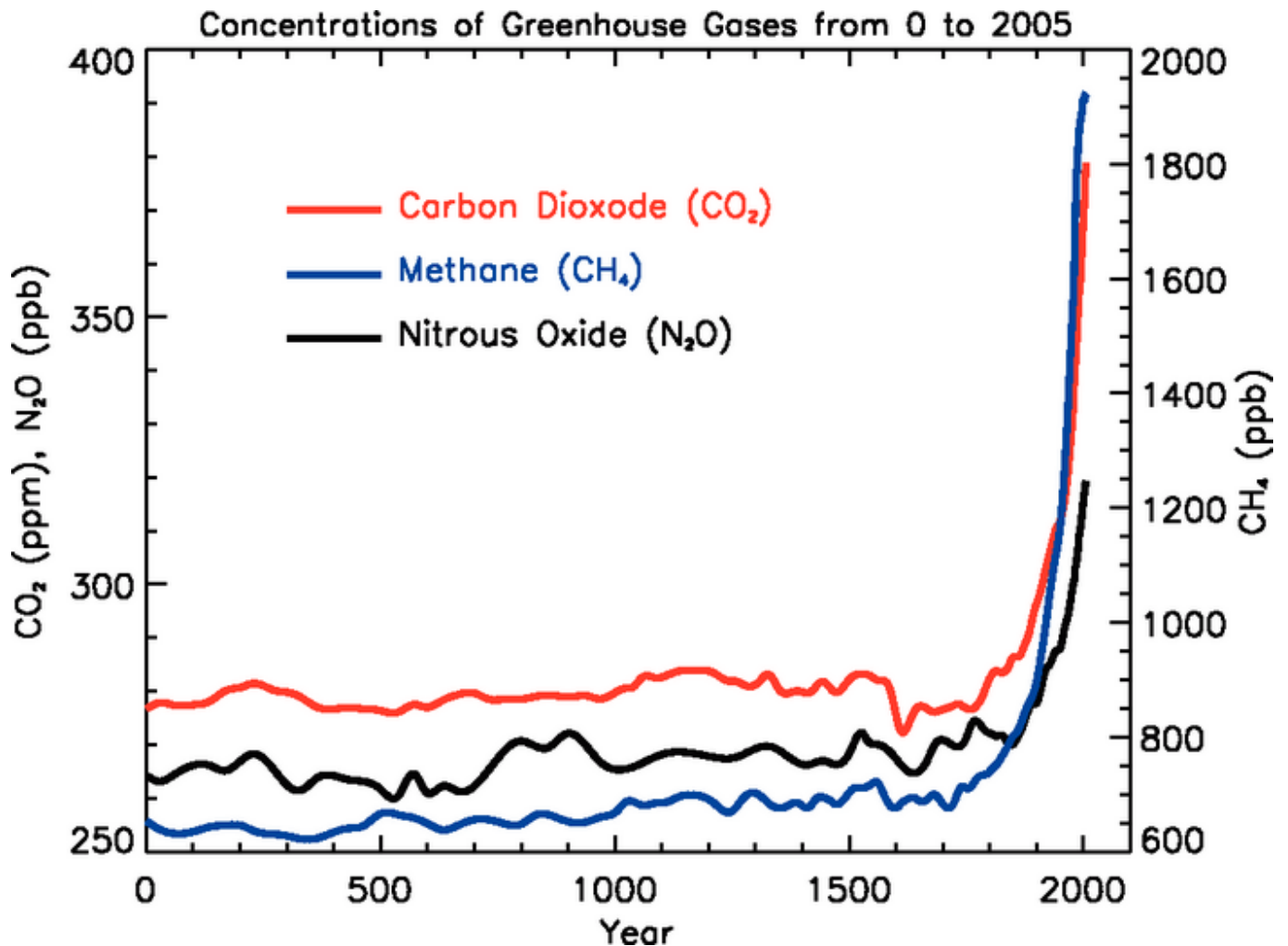


Figura 4. Concentraciones atmosféricas de tres gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano y óxido nítrico) en los últimos 2 000 años. Ten en cuenta que cada uno de estos gases ha aumentado desde 2005 y el CO₂ ahora está rondando los 400 ppm. Puedes ver los valores de concentración más recientes de estos gases de efecto invernadero en el el Carbon Dioxide Information Analysis Center. [efn_note] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis.

Source:https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/fig/faq-2-1-figure-1-l.png [efn_note]

¿Tienes alguna persona mayor en tu familia o entre tus amigos y vecinos con quien puedas conversar sobre el clima? Si es así, pregúntales si han experimentado personalmente un cambio en los patrones del clima y el clima en el curso de sus vidas.

Si han experimentado cambios en el clima a lo largo de sus vidas, ¿qué factores crees que podrían explicar estos cambios?

¿Qué significado tienen sus experiencias para la forma en que piensas acerca de los patrones climáticos y el clima?