

¿Cómo contribuyen las actividades humanas a los cambios climáticos? y ¿Cómo se comparan con las influencias humanas?

Las actividades humanas contribuyen al cambio climático provocando cambios en la atmósfera terrestre en cuanto a las cantidades de gases de efecto invernadero, aerosoles (partículas pequeñas) y la nubosidad. La mayor contribución conocida proviene de la combustión de combustibles fósiles, que libera el gas de dióxido de carbono a la atmósfera. Los gases de efecto invernadero y los aerosoles afectan al clima al alterar la radiación solar entrante y la radiación (térmica) infrarroja saliente, que forman parte del equilibrio energético de la Tierra. La variación de la abundancia de la atmósfera o las propiedades de estos gases y partículas, puede conducir a un calentamiento o enfriamiento del sistema climático. Desde el comienzo de la era industrial (alrededor de 1750), el efecto general de las actividades humanas sobre el clima ha sido provocar el calentamiento. El impacto de los seres humanos en el clima durante esta era es muy superior a esto debido a cambios conocidos en los procesos naturales, tales como cambios solares y erupciones volcánicas.



PF 2.1, Figura 1. Concentraciones importantes de gases de efecto invernadero de larga vida en los últimos 2000 años. Los incrementos experimentados desde aproximadamente el año 1750 se atribuyen a las actividades humanas de la era industrial. Las unidades de concentración se miden en partes por millones (ppm) o partes por miles de millones (ppb), indicando la cantidad de moléculas de gases de efecto invernadero por millones o miles de millones de moléculas de aire, respectivamente, en una muestra de la atmosférica. (Datos combinados y simplificados de los capítulos 6 y 2 del presente informe.)

Gases de efecto invernadero

Las actividades humanas traen como consecuencia la emisión de cuatro gases de efecto invernadero principales: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y los halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro y bromo). Estos gases se acumulan en la atmósfera, provocando un incremento de sus concentraciones con el paso del tiempo. En la era industrial se han producido incrementos significativos de todos estos gases (Véase Figura1) Todos estos incrementos se atribuyen a las actividades humanas.

- El dióxido de carbono ha aumentado debido al uso de combustibles en el transporte, los sistemas de calefacción y aire acondicionado de edificaciones, la producción de cemento y otros bienes. Con la deforestación se libera CO₂ y se reduce la absorción de CO₂ de las plantas. El dióxido de carbono se libera también en procesos naturales como la descomposición de la materia vegetal.

- El metano ha aumentado como resultado de las actividades humanas relacionadas con la agricultura, la distribución del gas natural y los vertederos. También hay procesos naturales en los que se libera metano, como por ejemplo, en los humedales. Las concentraciones de metano no están aumentando actualmente en la atmósfera porque su tasa de crecimiento disminuyó en los dos últimos decenios.

- Como resultado de las actividades humanas se emite también el óxido nitroso con el uso de fertilizantes y la quema de combustibles fósiles. Los procesos naturales de los suelos y los océanos también liberan N₂O.

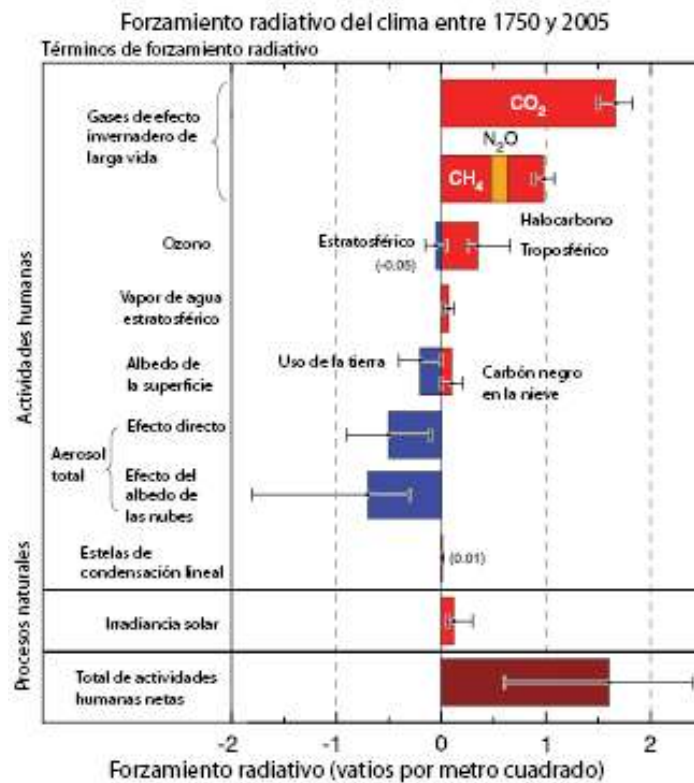
- Las concentraciones de halocarbonos han aumentado básicamente debido a las actividades humanas. Los procesos naturales también han sido una fuente pequeña. Entre los halocarbonos principales se incluyen los Clorofluorocarbonos (como CFC- 11 y CFC- 12), que se utilizaban extensivamente como agentes de refrigeración y en otros procesos industriales antes de que se conociese que su presencia en la atmósfera causara el agotamiento del ozono en estratosfera. Las altas concentraciones de Clorofluorocarbonos disminuye como resultado de las regulaciones internacionales diseñadas para proteger la capa de ozono.

- El ozono es un gas de efecto invernadero que se produce y destruye continuamente en la atmósfera debido a reacciones químicas. En la troposfera, ha aumentado la concentración de ozono como resultado de las actividades humanas en las que se liberan gases tales como monóxido de carbono, hidrocarburos y óxido de nitrógeno, que reaccionan químicamente produciendo el ozono. Como se menciona anteriormente, los halocarbonos liberados como consecuencia de las actividades humanas destruyen el ozono en la estratosfera y han abierto el hueco de ozono sobre la Antártida.

- El vapor de agua es el gas de efecto invernadero más abundante e importante presente en la atmósfera. Sin embargo, las actividades humanas tienen sólo una pequeña influencia directa respecto de la cantidad de vapor

de agua en la atmósfera. De manera indirecta, los seres humanos tienen la capacidad de incidir sustancialmente sobre el vapor de agua y cambiar el clima. Por ejemplo, una atmósfera más cálida contiene más vapor de agua. Las actividades humanas también influyen en el vapor de agua a través de las emisiones de CH₄, debido a que este último sufre una destrucción química en la estratosfera, produciendo así una cantidad pequeña de vapor de agua.

- Los aerosoles son partículas pequeñas presentes en la atmósfera que tienen un amplio rango de variación en cuanto a concentración, composición química y tamaño. Algunos aerosoles se emiten directamente a la atmósfera mientras que otros se forman a partir de compuestos emitidos. Los aerosoles contienen compuestos que se producen de forma natural y otros que son emitidos como resultado de las actividades humanas. La quema de combustibles fósiles y de biomasa ha incrementado el por ciento de aerosoles que contienen compuestos de azufre, compuestos orgánicos y carbón negro (hollín). Las actividades humanas tales como la explotación minera a cielo abierto y los procesos industriales han incrementado las cantidades de polvo en la atmósfera. Entre los aerosoles naturales están el polvo mineral liberado por la superficie, los aerosoles de la sal marina, las emisiones biogénicas del suelo y los océanos, y los aerosoles de polvo y en sulfato producidos por las erupciones volcánicas.



PF 2.1, Figura 2. Resumen de los componentes principales del forzamiento radiativo del cambio climático. Todos estos forzamientos radiativos ocurren debido a uno o más factores que afectan el clima y se asocian a actividades humanas o procesos naturales como se analiza en el texto. Los valores representan los forzamientos en 2005, en relación con la era industrial (aproximadamente 1750). Las actividades humanas provocan cambios significativos en los gases de larga vida, el ozono, el vapor de agua, el albedo de la superficie, los aerosoles y las estelas de condensación. El único incremento de un forzamiento natural de importancia entre 1750 y 2005 ocurrió en el caso de la irradiación solar. Los forzamientos positivos conducen al calentamiento del clima y los negativos, al enfriamiento. La línea negra delgada anexa a cada barra de color representa el rango de incertidumbre para el valor respectivo. (Figura adaptada de la Figura 2.20 de este informe.)

Forzamiento radiativo de factores afectados por las actividades humanas

La Figura 2 muestra las contribuciones a los forzamientos radiativos hechas por algunos de los factores influenciados por actividades humanas. Los valores reflejan el forzamiento total en comparación con el comienzo de la era industrial (alrededor de 1750). Los forzamientos para todos los incrementos de los gases de efecto invernadero -los mejor entendidos debido a las actividades humanas-, son positivas porque cada gas absorbe la radiación infrarroja ascendente en la atmósfera. De los gases de efecto invernadero, el aumento de CO₂ ha sido el que ha causado un mayor forzamiento en este período. Los incrementos del ozono en la troposfera han contribuido también al calentamiento mientras que la disminución del ozono en la estratosfera ha contribuido al enfriamiento.

Las partículas de aerosoles influyen directamente en los forzamientos radiativos y en la absorción de la radiación solar e infrarroja de la atmósfera. Algunos aerosoles traen como consecuencia un forzamiento positivo mientras otros producen uno negativo. La suma de los forzamientos radiativos directos y todos los tipos de aerosoles es negativa. De manera indirecta, los aerosoles traen como resultado también un forzamiento radiativo negativo debido a los cambios que causan en las propiedades de las nubes.

Desde el comienzo de la era industrial, las actividades humanas han modificado la naturaleza de la envoltura terrestre en todo el mundo, sobre todo mediante cambios en las tierras agrícolas, los pastizales y los bosques. Han modificado además las propiedades reflectoras del hielo y la nieve. En general, es probable que actualmente se refleje más radiación solar de la superficie terrestre debido a las actividades humanas. Este cambio trae como resultado un forzamiento negativo.

Los aviones dejan atrás una cola lineal de condensación (estela de condensación) en las regiones donde hay temperaturas bajas y alta humedad. Las estelas de condensación son una forma de cirro que refleja la radiación solar y absorbe la radiación infrarroja. Las estelas lineales de las operaciones aeronáuticas a nivel mundial han incrementado la nubosidad de la Tierra y se calcula que producen un pequeño forzamiento radiativo positivo.

Forzamientos radiativos a partir de cambios naturales

Los forzamientos naturales surgen debido a los cambios solares y las explosiones de las erupciones volcánicas. La radiación solar total se ha incrementado gradualmente en la era industrial causando un pequeño forzamiento radiativo (véase Figura 2). Ello se añade a los cambios cíclicos en la radiación solar que tienen un ciclo de 11 años. La energía solar calienta directamente al sistema climático y puede afectar también la abundancia en la atmósfera de algunos gases de efecto invernadero, como el ozono estratosférico. Las explosiones de las erupciones volcánicas pueden crear un forzamiento negativo de breve duración (de 2 a 3 años) mediante el incremento temporal que ocurre en el sulfato en aerosol de la estratosfera.

En la actualidad, la estratósfera se encuentra libre de aerosoles volcánicos pues la última erupción grande fue en 1991 (Pinatubo).

Las diferencias en las estimaciones de los forzamientos radiativos entre los valores actuales y los del comienzo de la era industrial para los cambios en la irradiancia solar y los volcanes son muy pequeñas en comparación con las diferencias en los forzamientos radiativos que se estima son el resultado de la actividad humana. Como consecuencia de ello, en la atmósfera actual, los forzamientos radiativos ocasionados por la actividad humana son mucho más importantes para el cambio climático actual y futuro que los forzamientos radiativos calculados a partir de los cambios en los procesos naturales.

¿Qué es el forzamiento radiativo?

La influencia de un factor que puede causar un cambio climático, como por ejemplo, el gas de efecto invernadero, se evalúa a menudo en términos de su forzamiento radiativo, que constituye una medida de cómo el equilibrio del sistema atmosférico de la Tierra se comporta cuando se alteran los factores que afectan el clima. La palabra radiativo proviene del hecho de que estos factores cambian el equilibrio entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja saliente dentro de la atmósfera terrestre. El equilibrio radiativo controla la temperatura de la superficie terrestre. El término forzamiento se utiliza para indicar que el equilibrio radiativo de la Tierra está siendo separado de su estado normal.

Un forzamiento radiativo se cuantifica por lo general como la ‘tasa de cambio de energía por área de unidad del planeta medida en la parte superior de la atmósfera’ y se expresa en ‘Vatios por metro cuadrado’ (véase Figura 2). Cuando el forzamiento radiativo de un factor o grupo de factores se evalúa como positivo, la energía del sistema atmósfera -Tierra se incrementará posteriormente, conduciendo al calentamiento del sistema. Por el contrario, un forzamiento radiativo negativo hará que la energía disminuya ulteriormente, conduciendo a un enfriamiento del sistema. Los climatólogos enfrentan el desafío de identificar todos los factores que afectan el clima y los mecanismos mediante los cuales se ejerce un forzamiento, a fin de poder cuantificar el forzamiento radiativo de cada factor y evaluar el forzamiento radiativo total de los grupos de factores.