

A. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

1. El efecto invernadero

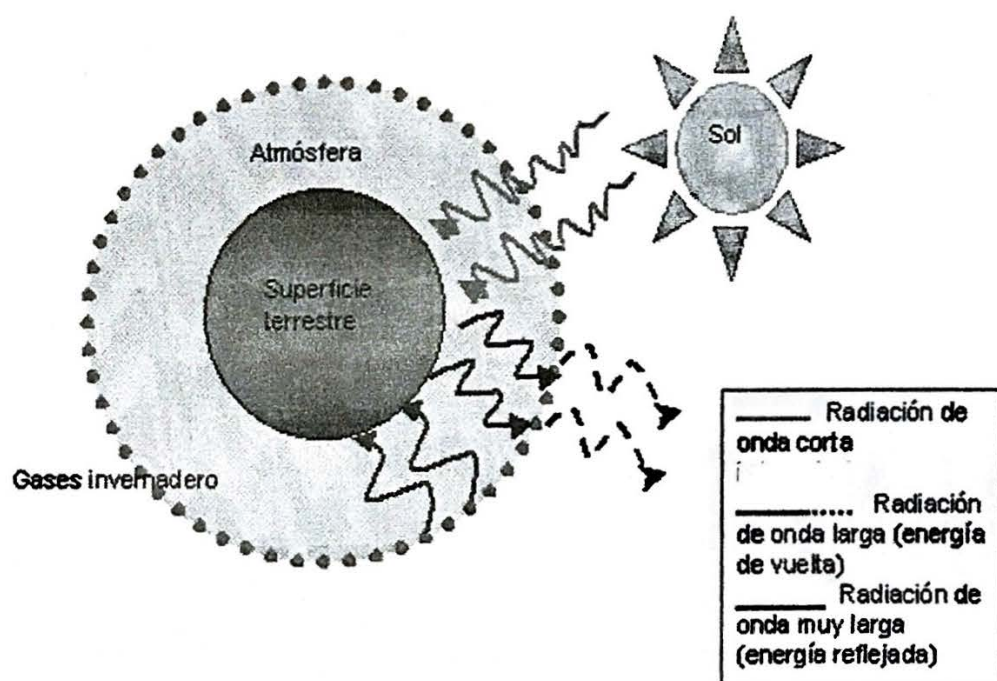
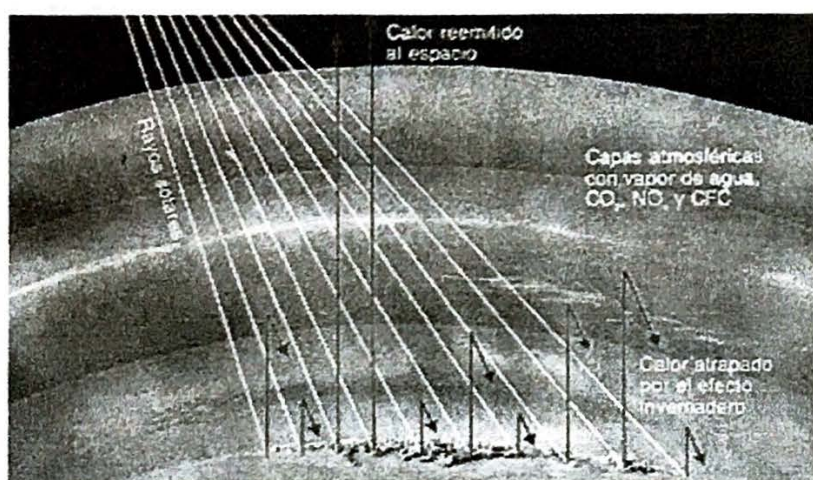
A lo largo de su historia, el clima de la Tierra ha pasado por sucesivas épocas de glaciaciones y períodos interglaciares, con un período de unos 100.000 años aproximadamente. En estos ciclos, la temperatura media del planeta ha variado en un rango de unos 5°C a 7°C. En la actualidad nos encontramos en una fase interglacial relativamente cálida.

Los cambios experimentados por el clima a lo largo del tiempo, como resultado de procesos naturales se denominan variabilidad del clima. La principal causa natural de estos cambios son las modificaciones en el balance entre la energía solar absorbida y emitida por la Tierra (forzamiento radiativo), factor responsable de la temperatura media del planeta.

El sol es la única fuente externa de calor de la Tierra. La energía solar llega en forma de radiación de onda corta, parte de la cual es reflejada por la superficie terrestre y la atmósfera. Sin embargo, la mayor parte de la radiación solar pasa directamente a través de la atmósfera ya que esta es casi transparente a la radiación de onda corta. La radiación remanente es absorbida por la superficie terrestre, calentándose y entibiando la atmósfera. La superficie terrestre se desprende de dicha energía enviándola nuevamente al espacio en forma de radiación infrarroja, de onda larga. La radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre es absorbida por determinados gases presentes en la atmósfera, conocidos como Gases de Efecto Invernadero, y reemiten la radiación de onda larga devolviéndola a la superficie terrestre, causando el aumento de temperatura en la Tierra, fenómeno denominado Efecto Invernadero.

Estos gases de efecto invernadero desempeñan un papel importante en el calentamiento de la atmósfera, ya que gracias a su existencia, la temperatura

de la Tierra tiene un valor medio global de unos 15°C , esencial para la vida en el planeta, en lugar de los -18°C que tendría si estos gases no estuviesen presentes en la atmósfera.



El efecto invernadero, en su evolución natural, ha mantenido las temperaturas medias de la Tierra. Sin embargo, las emisiones ocasionadas por la actividad

del hombre han hecho aumentar las concentraciones de esos gases en la atmósfera, incrementando en consecuencia la capacidad de dichos gases para absorber energía y potenciando así el efecto invernadero.

Actualmente, los modelos climáticos indican que las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (en especial las de CO_2) han comenzado a provocar importantes variaciones en el sistema climático mundial, y su intensificación se manifiesta en forma de modificaciones significativas del clima en general, y del ciclo hidrológico en particular.

Al aumentar la capacidad de la atmósfera para absorber la radiación infrarroja, las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas alteran la forma en que el clima mantiene el equilibrio entre la energía incidente y la irradiada. El clima debe adaptarse de alguna manera para deshacerse de ese excedente. Se extrae como conclusión que la actividad humana está influyendo en el clima.

2. Los gases de efecto invernadero: Fuentes y efectos

Los gases de efecto invernadero (GEI) responsables del efecto que estamos tratando, pueden tener su origen en procesos naturales o ser consecuencia de la acción del hombre.

Los GEI naturales son: el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano, (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el ozono (O_3). pero el hombre ha añadido otro tipo de gases o a modificado el nivel de los anteriores:

- **CO_2 :** Se origina, fundamentalmente, en los procesos de quema de combustibles fósiles. La cantidad de carbono varía significativamente de un combustible a otro. En realidad, siempre que se realice una combustión por limpia que sea, emite como mínimo CO_2 y vapor de agua.

- Es importante conocer que los diferentes GEI, contribuyen con magnitudes diferentes al posible calentamiento futuro. De acuerdo con este

comportamiento y un horizonte temporal en años, se definen los llamados Potenciales de Calentamiento Global (PCG).

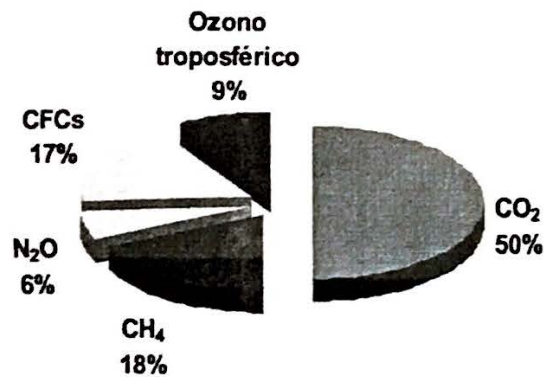
El potencial de calentamiento global, PCG, es un índice que permite comparar la capacidad que tienen los distintos gases de efecto invernadero para participar en el calentamiento expresados en función de una base equivalente, en este caso los efectos producidos por el CO₂.

Las emisiones de cada uno de los gases se multiplican por el factor PCG de ese gas en particular, obteniéndose CO₂equivalente. De esta forma todas estas emisiones podrán sumarse a las emisiones de CO₂.

Principales compuestos	Potencial de Calentamiento Global, PCG (calculado para un período de 100 años)
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	23
Óxido Nitroso (N ₂ O)	296
Hidrofluorocarbonados (HFCs):	
HFC-23	12.000
HFC-125	3.400
HFC-134 ^a	13.000
HFC-152a	120
Hidrocarburos perfluorados (PFCs):	
Tetrafluorometano (CF ₄)	
Hexafluorometano (C ₂ F ₆)	5.700
	11.900
Hexa-fluoruro sulfúrico (SF ₆)	22.200

Fuente. IPCC Panel Integubernamental sobre el Cambio Climático

Aportación al efecto invernadero



Contribución de los distintos GEI al efecto invernadero

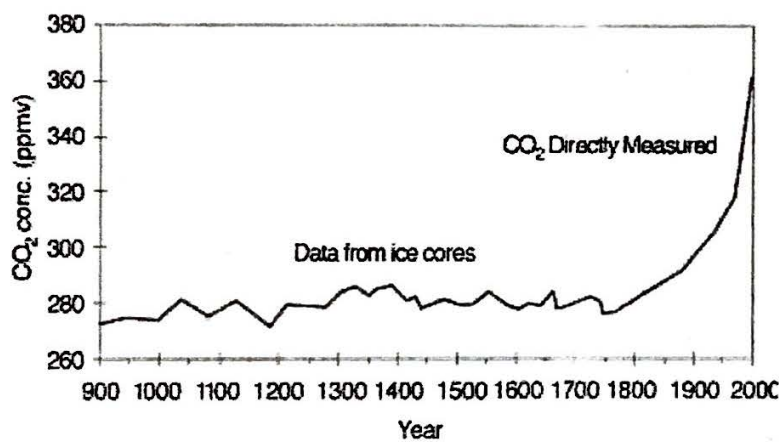
3. Las evidencias del Cambio Climático

El **Cambio Climático** se define como aquellas variaciones del clima que se puedan achacar directa o indirectamente a las actividades humanas que modifican la composición de la atmósfera terrestre y se suman a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

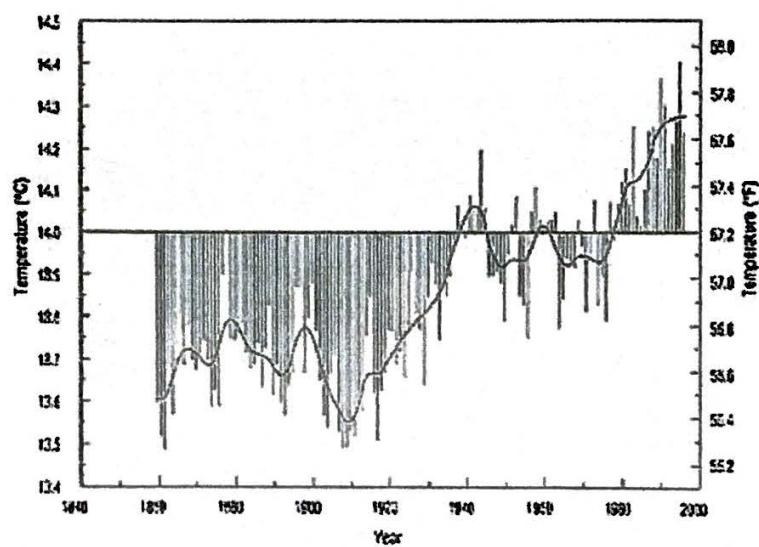
El fenómeno en cuestión es atribuido, en forma directa o indirecta, al hombre. Las causas que generan cambio climático son, entre otras, la quema de combustibles fósiles, la destrucción de bosques y los productos de la actividad humana que cambian la composición de la atmósfera, conocidos como gases efecto invernadero.

A partir de mediados del siglo XVIII, tras la Revolución Industrial, las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera han ido aumentando sin control debido fundamentalmente a la utilización intensiva de combustibles fósiles por las demandas cada vez mayores de energía.

Como consecuencia de este aumento, la temperatura global del planeta ha subido en los últimos 100 años entre 0,4 y 0,8 grados centígrados en su temperatura media sufriendo un fuerte aumento a finales de los años 80, y se estima que en los próximos años aumentará de 2 a 6 grados centígrados.



Concentraciones de CO₂ medidas a lo largo del último milenio



4. El Problema del Cambio Climático

Se han encontrado evidencias cada vez más fuertes de que el cambio climático se está produciendo de una forma acelerada.

La velocidad de respuesta del sistema climático a la variación en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera es lenta y tan importante como la magnitud de los propios cambios en el clima, es la velocidad con que se produzcan, ya que será vital para propiciar, o no, la adaptación de los ecosistemas a los mismos.

Los cambios en el clima afectarán a la salud humana, los ecosistemas terrestres y acuáticos y también los sistemas socioeconómicos.

Los impactos y manifestaciones que pueden producir los GEI al potenciar el aumento de la temperatura del aire que se relacionan con el Cambio Climático serían:

- El aumento del nivel de las aguas oceánicas, con la consiguiente desaparición de numerosas islas y cayos.
- Aumento de la erosión costera, desaparición de playas....
- Incremento de la temperatura mundial.
- Incremento de los períodos de sequía en algunas regiones del planeta.
- Aumento de las inundaciones en algunas regiones con la disminución de las lluvias y aumento de las sequías en otras.
- Deshielo de los casquetes polares y glaciares continentales, con el resultado de severas inundaciones y aumento en el nivel del mar mundial.

- Migraciones de la flora y la fauna de una latitud a otra.
- Aumento de las enfermedades, sobre todo las infectocontagiosas. Extensión de las enfermedades tropicales (Ejemplo: la malaria en Europa)
- Variaciones en el ciclo e intensidad de los huracanes.

Los cambios en el clima afectarán a la salud humana, los ecosistemas terrestres y acuáticos y también los sistemas socioeconómicos, sectores básicos en el desarrollo de la humanidad, como la agricultura, silvicultura, pesca y recursos hídricos son especialmente sensibles al cambio climático.

El IPCC (Panel Intergubernamental para el cambio Climático de la ONU) realizó una serie de previsiones acerca de los impactos previstos de carácter global, al descender a nivel regional estas previsiones se hacen más inciertas, y a nivel local no es posible definir cuál será el comportamiento exacto de los sistemas. Para ello hizo un análisis de la sensibilidad de los sistemas, que se resume a continuación:

• Ecosistemas terrestres y acuáticos.

La composición y distribución geográfica de muchos ecosistemas (bosques, pastizales, desiertos, etc...) variará al responder las especies a los cambios en el clima, lo cual puede tener una especial incidencia entre otras cosas en la producción de alimentos, medicinas, etc...

- *Bosques.* Se prevén importantes cambios en los tipos de vegetación en aproximadamente 1/3 de la superficie mundial de bosques, como consecuencia de los cambios de temperatura y disponibilidad de agua.
- *Desiertos.* Destaca la previsión de que la desertificación de zonas semiáridas se intensifique.

– *Ecosistemas montañosos*. Se prevé que la distribución en altitud de la vegetación se desplace a mayor altura.

– **Ecosistemas costeros.** Son particularmente vulnerables, especialmente a la subida del nivel del mar, y pueden tener graves repercusiones sobre el abastecimiento de agua dulce, la pesca, etc...

- **Hidrogeología y recursos hídricos:**

En los modelos se prevé que entre un tercio y la mitad de la masa de glaciares montañosos desaparezca en los próximos 100 años.

El cambio climático supondrá una intensificación del ciclo hidrológico global, con importantes repercusiones en los recursos hídricos regionales.

Los cambios en la cantidad total de precipitación y en su frecuencia e intensidad influyen directamente en la magnitud y el momento de la escorrentía, así como en la intensidad de las crecidas y las sequías, pero los efectos regionales concretos son de momento, inciertos.

La cantidad y la calidad de los abastecimientos de agua plantean ya graves problemas en numerosas regiones, incluidas algunas zonas costeras bajas, deltas e islas pequeñas, resultando los países de estas regiones particularmente vulnerables.

El efecto del cambio climático sobre el flujo fluvial y la recarga de agua subterránea variará regionalmente y de acuerdo a los escenarios posibles, siguiendo fundamentalmente los cambios proyectados en la precipitación.

Un tercio de la población mundial, aproximadamente 1.700 millones de individuos, viven actualmente en países carentes de agua suficiente. El crecimiento poblacional y las proyecciones crecientes de demanda de agua elevarán ese número a 5.000 millones para el año 2025. El cambio climático disminuiría las cantidades de agua disponible en varios países, particularmente en Asia central, sur de África y en los países alrededor del Mediterráneo.

La magnitud y frecuencia de las inundaciones probablemente aumentarán, como consecuencia del aumento en la frecuencia de eventos de precipitación intensa.

El cambio climático tenderá a degradar la calidad del agua a través de: temperaturas más altas del agua; carga creciente de contaminantes por escorrentía y sobre-flujo de áreas de desechos y agroquímicos, y por reducciones en el flujo. Estos impactos pueden hacer perder los beneficios de flujos crecientes en ciertas áreas.

Donde las caídas de nieve son una componente importante del balance hídrico, una proporción mayor que la actual de precipitación puede caer como lluvia y trasladar el pico del flujo fluvial de la primavera al invierno.

Las vulnerabilidades mayores se producirán con mayor posibilidad en sistemas hídricos sin manejo alguno y en sistemas que son manejados con fallas y de manera no sostenible, debido a los precios existentes u otras políticas que no promueven la conservación del agua y la protección de su calidad, donde se observan fallas en el manejo de suministros y demandas de agua variables, o donde se carece de asesoramiento profesional apropiado.

Las técnicas del manejo de los recursos hídricos, particularmente aquellas de manejo integrado, pueden ser aplicadas para adaptar los efectos hidrológicos del cambio climático, y a las incertidumbres adicionales, de manera de reducir las vulnerabilidades.

Agricultura y Seguridad Alimentaria

Las respuestas de los rendimientos de los cultivos al cambio climático varían ampliamente, dependiendo de las especies, cultivares, condiciones del suelo, otros factores locales, los efectos directos del dióxido de carbono sobre las plantas, y las formas adoptadas para la adaptación.

Los progresos en la investigación de las respuestas de los cultivos al dióxido de carbono sugieren que los efectos beneficiosos pueden ser mayores bajo ciertas condiciones de tensión (stress), tales como temperaturas más altas y sequía. Estos progresos han sido incorporados, junto con recientes avances en la

investigación respecto de la adaptación, están siendo incorporadas en los modelos matemáticos utilizados para evaluar los efectos del cambio climático en los rendimientos de los cultivos, el suministro de alimentos y los precios.

Los impactos del cambio climático sobre la agricultura resultarían en pequeños cambios porcentuales del ingreso global, con valores positivos en la mayoría de los países desarrollados y con valores menores y negativos en las regiones en desarrollo.

Estudios disponibles han establecido, aunque de manera incompleta, que es probable que continúe la tendencia decreciente en los precios reales globales de los artículos de consumo del siglo XX en el comienzo del siglo XXI, aunque la seguridad de estas predicciones decrecerá en el futuro.

Las evaluaciones con modelos económicos indican, aunque con baja certidumbre, que los impactos del cambio climático sobre la producción agrícola y los precios resultarían en cambios de porcentaje pequeño en el ingreso global, con mayores aumentos en los países más desarrollados e ingresos menores o declinaciones en las regiones en desarrollo. El mejoramiento de la confianza en estos resultados depende de la investigación futura en la sensibilidad de las evaluaciones de modelos económicos con respecto a las suposiciones de base.

La mayoría de los estudios indican de manera incompleta, aunque ello se da por aceptado, que los aumentos en la temperatura media anual global en unos pocos grados centígrados o algo más, harían que los precios de los alimentos aumenten debido a la lentitud en la expansión del suministro global de alimentos con respecto al crecimiento de la demanda global.

Basados en estudios incluidos en esta evaluación, se observa que, con incrementos de temperatura menores que algunos pocos grados centígrados, los modelos económicos no distinguen claramente la señal del cambio climático de otras fuentes de cambio.

- **Infraestructura humana.**

Con el cambio climático aumentará la vulnerabilidad de algunas poblaciones costeras a las inundaciones y las pérdidas de tierras debido a la erosión.

Se estima que unos 46 millones de personas están expuestas cada año a inundaciones a causa de mareas de tempestad. Si no se adoptan medidas de adaptación, y no se tiene en cuenta el crecimiento previsto de la población, con una elevación del mar de 50 cm esta cifra crecería a unos 92 millones y con una elevación de 1 m, a unos 118 millones de personas.

Según las previsiones, el nivel del mar seguirá creciendo en los próximos siglos después del 2100. Las pérdidas de tierra estimadas varían desde el 0,05% en Uruguay, el 1% en Egipto, el 6% en Países Bajos y el 17,5% en Bangladesh, hasta el 80% en el Atolón de Majuro, en las Islas Marshall.

Algunas naciones insulares pequeñas y los países con mayores densidades demográfica serán más vulnerables, y su población puede verse forzada a una migración interna o internacional.

Salud:

Un informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, alerta que "el incremento en las olas de calor, sumado a mayores humedades relativas y a la contaminación atmosférica, producirá un aumento de las enfermedades cardiovasculares y de las muertes por fallas cardíacas". El impacto será mayor en áreas urbanas y afectará principalmente a los ancianos, a los enfermos y a quines no tengan acceso a sistemas de aire acondicionado.

El incremento en la frecuencia y la intensidad de inundaciones y sequías aumentará el riesgo de diarreas y de enfermedades respiratorias.

Otro impacto ya mencionado es la extensión de las fronteras de enfermedades regionales

Probable impacto relativo en la salud

Efecto en la salud	Cambio de la temperatura media	Fenómenos externos	Velocidad de cambio de la variable
Muertes y enfermedades relacionadas con el calor	—	***	—
Traumatismos físicos y psicológicos relacionados con los desastres	—	****	—
Transmisión por vectores	***	**	*
Enfermedades infecciosas	*	*	—
Efectos respiratorios	**	**	—

****= efecto muy intenso

*= efecto poco intenso

_ = ausencia de relación

Enfermedades transmitidas por vectores y el cambio climático

Enfermedad	Vector	Distribución actual	Probabilidades de alteraciones en la distribución
Malaria	Mosquito	Trópicos/Subtrópicos	***
Dengue	Mosquito	Trópicos/Subtrópicos	**
Fiebre amarilla	Mosquito	América del Sur y África Tropical	**
Esquistosomiasis	Caracoles acuáticos	Trópicos/Subtrópicos	**
Oncocercosis	Mosca negra	América Latina / África	**