



El Cambio climático

En el Convenio Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (1992), se define el cambio climático como una modificación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Respaldado en la evidencia científica y técnica disponible, hoy existe consenso mundial acerca de los inminentes efectos del cambio climático global. La concentración de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero serían los principales responsables del calentamiento del planeta. El cambio climático es consecuencia de la reducción de la capa de ozono y contaminación del aire.

Efecto Invernadero y Calentamiento Global

El efecto invernadero, fue citado por primera vez en 1896 por el químico sueco Svante Arrhenius, y hoy está confirmado por numerosas experiencias de laboratorio y por mediciones atmosféricas, siendo una de las teorías más ampliamente aceptadas en las ciencias de la atmósfera.

La atmósfera terrestre tiene en forma natural un conjunto de gases de efecto invernadero, especialmente el vapor de agua, sin los cuales la Tierra sería un planeta frío y sin vida, con una temperatura media en la superficie de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en lugar de los actuales $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Los expertos mundiales en clima, representantes de 70 naciones reunidos en el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) en 1990 y 1995, han llegado al consenso de que la cantidad de calor retenida en la troposfera depende principalmente de los captores de calor o de los **gases de efecto invernadero** presentes en ella y del periodo de tiempo que permanecen en la atmósfera.



La luz del Sol al penetrar en la atmósfera calienta la superficie de la Tierra, la que a su vez irradia calor (longitudes de onda infrarrojas) a la atmósfera. Los gases de efecto invernadero (especialmente el vapor de agua) absorben parte de las radiaciones infrarrojas que llegan del Sol e irradian una porción de ellas hacia la Tierra.

Cuando los gases de efecto invernadero se acumulan en la atmósfera, se capta más calor cerca de la superficie de la Tierra, con lo que las temperaturas de la superficie de los océanos aumentan, aumentando con ello la evaporación, que hace aumentar la cantidad de vapor de agua en la atmósfera y con ello la temperatura de la superficie de la Tierra.

El vapor de agua es el principal gas captador de calor en la atmósfera, pero como su concentración en ella es alta (1 a 5%), los aportes de vapor de agua debido a las actividades humanas tienen un pequeño impacto sobre este efecto invernadero químico.

Distinto es lo que ocurre con el dióxido de carbono (CO_2), cuya concentración en la atmósfera es tan pequeña (0,036%) que el aporte relativamente grande de CO_2 procedente de las actividades humanas - la quema de combustibles fósiles, agricultura, deforestación, y empleo de CFC- puede afectar significativamente a la cantidad de calor captada por la atmósfera.

Junto al aumento de los niveles de CO_2 , han aumentado los niveles de concentración de otros gases de efecto invernadero como CFC, metano, y óxido nitroso, lo que hará aumentar el efecto invernadero natural de la Tierra, dando origen a un fenómeno denominado **calentamiento global**, siendo el CO_2 el gas de efecto invernadero más importante producido por las actividades humanas dado el mucho mayor aporte.

Gases de efecto invernadero

Dióxido de carbono (CO_2): es el responsable del 50 - 60% del calentamiento global. Las fuentes principales son la utilización de combustibles fósiles (75%) y la limpieza y quema de sembrados (25%). Gran parte del CO_2 procede de la combustión del petróleo, pero un creciente porcentaje proviene de los tubos de escape de los vehículos a motor. El CO_2 permanece en la atmósfera entre 50 y 200 años. Los aumentos y caídas anuales de los niveles de CO_2 , resultan de la fotosíntesis, menor durante el invierno y mayor en el verano.

Clorofluorocarbonos (CFC): tienen como principales fuentes las filtraciones de los acondicionadores de aire y de los frigoríficos, la evaporación de los solventes industriales, la producción de espumas plásticas y los pulverizadores de aerosoles. Los CFC tardan 10-20 años en alcanzar la estratosfera y generalmente captan de 1.500 a 7.000 veces más calor por molécula que el CO_2 . Su empleo se está restringiendo progresivamente.

Metano (CH_4): se produce cuando las bacterias anaeróbicas destruyen sustancias orgánicas muertas en zonas húmedas carentes de oxígeno. Estas zonas pueden ser ciénagas u otros humedales naturales, arrozales y vertederos y el tracto intestinal del ganado, ovejas y termitas. La producción y empleo del petróleo y gas natural (especialmente de las filtraciones de los oleoductos de gas natural) y la combustión incompleta de materiales orgánicos (incluyendo biomasa quemadas en los trópicos) son también fuentes significativas. El CH_4 permanece en la troposfera de 9 a 15 años. Cada molécula de CH_4 capta aproximadamente 25 veces más calor que la molécula de CO_2 .



Óxido Nitroso (N_2O) se libera en la producción de nylon, en la incineración de biomásas y de combustibles ricos en nitrógeno (especialmente carbón), a partir del uso de fertilizantes de nitrógeno en el suelo y en las aguas subterráneas contaminadas con nitratos. Se mantiene en la troposfera por aproximadamente 120 años y capta del orden de 230 veces más calor por molécula que el CO_2 .

Fluctuación de las temperaturas

Los cambios en los niveles de CO_2 troposféricos se correlacionan detalladamente con las variaciones estimadas de la temperatura media de la superficie de la Tierra durante los últimos 160.000 años.

Estos niveles de CO_2 (de los últimos 160.000 años) han sido determinados a través del análisis de los gases atrapados en burbujas de hielo antiguo. Estos estudios muestran que los niveles de vapor de agua troposférico (el principal gas de efecto invernadero) han sido bastante parecidos durante gran parte de este periodo, pero los niveles de CO_2 han fluctuado entre 190 y 290 partes por millón.

Desde 1860 cuando comenzaron las mediciones, la temperatura media anual ha aumentado $0,3 - 0,6$ °C, habiéndose producido la mayor parte de este aumento desde 1946. Desde 1860, los 12 años más calurosos han transcurrido entre 1977 y 1998, siendo años más cálidos 1990, 1995, 1997 y 1998.

Los aproximadamente $0,5$ °C del aumento de la temperatura que se ha verificado desde 1860 podrían ser por completo el resultado de fluctuaciones normales de la temperatura media mundial. Sin embargo, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático en su informe anual de 1995, concluyó que “el aumento observado en el siglo pasado no es probable que se deba enteramente a causas naturales” y “el balance de evidencias sugiere que hay una influencia humana perceptible en el clima global”.

Para estimar los efectos del incremento de los gases de efecto invernadero sobre la temperatura media mundial y sobre los cambios en el clima de la Tierra, los científicos desarrollan modelos matemáticos de tales sistemas y los ejecutan en supercomputadores. Los resultados que obtienen corresponden con el mundo real, dependiendo del diseño y de los supuestos del modelo, de la precisión de los datos empleados, de los factores del conjunto climático de la Tierra que aumentan o reducen los cambios en las temperaturas medias mundiales y de los efectos de sucesos impredecibles o totalmente inesperados (catástrofes naturales).

Señales y efectos del calentamiento global

Las consecuencias de los cambios climáticos significarían mucho más que veranos más largos e intensos. Se esperan perturbaciones que afectarán profundamente a la **biosfera**. Como un enorme rompecabezas, donde una pieza dañada hace que las demás no encajen, los efectos se propagarán y amplificarán de manera aún incierta. Según los pronósticos del IPCC, como consecuencia del derretimiento de los hielos y la expansión del agua debido a la mayor temperatura, se espera que el nivel de los océanos ascienda entre 15 y 95 cm entre los años 1990 y 2100 (aunque cálculos más pesimistas triplican ese ascenso). Las islas y vastas regiones costeras serán inundadas y millones de personas deberán desplazarse.



Este ascenso también impedirá el desagüe de los ríos, ya que provocaría inundaciones en las zonas bajas y la contaminación de las napas subterráneas. El derretimiento de los hielos polares ya provoca otras consecuencias inesperadas, como es la dieta obligatoria a la que se ven sometidos los osos polares. Al hacerse los hielos más finos y quebrarse, impiden el desplazamiento de los osos a través de ellos para buscar su alimentación.

Las corrientes marinas son actualmente diluidas por la fusión de los hielos, y su temperatura modificada por el contacto con una atmósfera cada vez más caliente. Su efecto termorregulador podría verse menoscabado y el clima hacerse más extremo. Los veranos serían más cálidos y los inviernos muy intensos. Huracanes, tifones y tormentas violentas estarían a la orden del día.

Los patrones de lluvia también cambiarían y con ello el mapa agrícola. Según algunas estimaciones, las zonas más productivas se desplazarían hacia latitudes más altas. El suministro de alimento, según distintas estimaciones, decaerá, lo que provocará serios problemas de hambre, en especial en las naciones más pobres. Las sequías más intensas también podrían afectar a la biodiversidad, al hacer más recurrentes los incendios de bosques, y cambiar los patrones ecológicos de las especies que habitan zonas sensibles.

Aún no se sabe cómo reaccionarán los seres vivos al **cambio climático**, habituados como estamos, a una temperatura que, se calcula, apenas ha variado 2 °C en los últimos 100.000 años. Es probable que los cambios de temperatura sean acompañados de cambios metabólicos y/o de comportamiento que harán que muchas especies no puedan adaptarse y desaparezcan. Otras, como los zancudos, podrían prosperar y favorecerán el desarrollo de enfermedades como la fiebre amarilla, la malaria y el dengue.

Efectos de la contaminación del aire

La contaminación del aire acentuará el cambio climático en el presente siglo, debido al daño que se produce en las plantas y árboles, que son los seres vivos que absorben emisiones de (CO₂).

Según los investigadores, el ozono está dañando a los vegetales y con ello su facultad para absorber el CO₂, lo que significa una mayor concentración de este gas en la atmósfera y la aceleración del cambio climático.

La fina capa de ozono de la estratosfera constituye un escudo fundamental para permitir la vida en la Tierra. Sin embargo, a nivel de la superficie terrestre el ozono es un contaminante, que se genera por la reacción entre los combustibles fósiles y la luz solar.

El ozono entra en las plantas a través de los estomas, generando subproductos que afectan la eficiencia del proceso de fotosíntesis y ocasionan un debilitamiento de la planta.

Los esfuerzos para determinar la rapidez con que los crecientes niveles de ozono afectan la vegetación han sido perjudicados por un factor desorientador: los altos índices de CO₂ y de ozono hacen que las estomas se cierren, lo que implica que la planta absorbe menos CO₂ del que necesita para crecer, aunque también menos del ozono que le causa daño.



Evidencias del calentamiento global

En los últimos años existen evidencias ciertas de que el planeta está sufriendo un calentamiento:

- Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la temperatura aumentó en el siglo XX en más de 0,6 °C y el mayor aumento se produjo a partir de 1976, cuando se elevó a un ritmo tres veces mayor de lo previsto.
- La década de los noventa ha sido la década más cálida del milenio, con nueve de los diez años más calurosos del siglo XX.
- El año 2001 ha sido el segundo año más cálido desde 1860.
- Grandes trozos de hielo se han desprendido de las masas ártica y antártica, y existen recientes evidencias científicas sobre el alarmante aumento de la temperatura del permafrost ártico (suelo permanentemente congelado). El grosor del hielo ártico ha disminuido un 40%.
- Se observa la retracción de los glaciares, como por ejemplo en los de la cordillera de Los Andes, de Los Alpes y los del Himalaya.
- Ha habido una migración de especies de árboles y peces de climas cálidos hacia regiones antes más frías lo que ha llevado a la aparición de enfermedades tropicales fuera del Ecuador. Un estudio reciente (revista Nature) señala que por lo menos 279 especies de plantas y animales se han movido hacia los polos a un ritmo promedio de 6,5 kilómetros por década.

Algunos posibles efectos del calentamiento global

Un clima global más caliente tendría un cierto número de posibles efectos:

- Cambios en la producción de alimentos, el cual podría incrementarse en algunas zonas y decaer en otras.
- Reducción en la disponibilidad y suministro de agua.
- Cambios significativos en el aspecto y localización de muchos ecosistemas boscosos del mundo.
- Reducción de la biodiversidad en muchas regiones.
- Aumento en el nivel del mar.
- Intensificación de los actuales climas a situaciones extremas.
- Amenazas para la salud humana.
- Aumento del número creciente de refugiados medioambientales.

