

¿QUE ES EL CAMBIO CLIMATICO?

Entendiendo el cambio climático

El promedio del “estado del tiempo” durante un periodo de varios años para un lugar determinado es lo que conocemos como clima, y las principales variables que lo describen incluyen a la temperatura, la humedad, la lluvia, la cobertura de nubes y las trayectorias e intensidad del viento.

La reconstrucción del clima del pasado nos indica que, si bien ha tenido grandes transformaciones, éstas tomaron generalmente varios miles o decenas de miles de años en ocurrir, y fueron causadas por factores tales como variaciones en la forma geométrica de la órbita y la inclinación del eje terrestre, o el volcanismo de gran intensidad. Por otro lado, la estabilidad excepcional del clima durante los últimos 10,000 años permitió el establecimiento y desarrollo de la civilización. Por contraste, variables críticas del sistema climático global como son la temperatura promedio de la superficie del planeta (tierra y océanos) y la distribución de la precipitación se han modificado aceleradamente en años recientes, al grado en que se han observado cambios significativos en periodos de décadas; a este fenómeno se le conoce como “cambio climático”.

¿Cómo funciona el clima de la Tierra?

El Sol es la fuente principal de energía para nuestro planeta; ésta llega principalmente en forma de luz visible, y aproximadamente un tercio es reflejada de nuevo al espacio por las nubes y las superficies terrestres de color claro, como la nieve y los desiertos. El resto de esta energía (dos tercios) es absorbida por la tierra y los océanos. Sin embargo, el planeta no almacena dicha energía desde hace millones de años, pues emite al espacio en forma de radiación infrarroja (esto es, radiación térmica) la misma cantidad de energía que la que absorbe. Las leyes de la física nos dicen que la temperatura promedio de la superficie planeta debería ser -18°C si no tuviera atmósfera, esto es, si toda la radiación infrarroja emitida por la superficie se dirigiera directamente al espacio. Afortunadamente, no es así y la temperatura promedio es de $+15^{\circ}\text{C}$.



Figura 1. El Efecto Invernadero Natural

¿Qué hace posible que la Tierra tenga esta temperatura?

Ciertos gases presentes en la atmósfera en pequeñas cantidades dejan pasar la energía en forma de luz visible, pero absorben una buena parte de la radiación infrarroja emitida por la superficie. La atmósfera emite esa energía absorbida en forma de radiación infrarroja en todas direcciones, por lo que aproximadamente la mitad la regresa a la superficie, que absorbe dicha radiación. Puesto que la cantidad de energía que pierde el planeta al espacio es igual a la cantidad que absorbe, la superficie del planeta emite prácticamente el doble de la energía que recibe del sol, pues solamente la mitad se libera al espacio. Estos gases que absorben radiación infrarroja son llamados "Gases de Efecto Invernadero (GEI)", porque actúan en forma algo similar a los vidrios de un invernadero (figura 1).

Así pues, la atmósfera que rodea a la Tierra juega un papel muy importante: por un lado, protege al planeta de radiación de alta energía (radiación ultravioleta, "UV") proveniente del sol, y, por otro lado, da lugar a las temperaturas confortables que prevalecen y que han permitido la evolución de la vida. Si no existiera la atmósfera la tierra estaría congelada y la vida no sería como la conocemos.

La atmósfera se compone principalmente de nitrógeno (78%) y oxígeno (21%). El resto es argón, vapor de agua (H_2O), y otros gases denominados gases traza, pues se encuentran en muy pequeñas cantidades que se miden en partes por millón (ppm). Los principales GEI son el vapor de agua y el bióxido de carbono (CO_2), los cuales son parte de la composición natural de la atmósfera e intervienen en ciclos fundamentales para la vida, como el ciclo del agua y el ciclo del carbono. Estos gases se producen cuando los seres humanos y otros seres vivos respiramos, pues esto causa que el oxígeno de la atmósfera reaccione con los alimentos (carbohidratos, $C_6H_{12}O_6$). A su vez, el CO_2 es utilizado por las plantas para realizar la fotosíntesis, que regenera al oxígeno atmosférico. También se libera CO_2 cuando se queman los combustibles fósiles o la biomasa.

Existen otros gases de efecto invernadero como el metano (CH_4), que se produce por la descomposición bacteriana de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, tal como ocurre con la actividad digestiva de los rumiantes; y el óxido nitroso (N_2O), que se produce naturalmente por la descomposición bacteriana de materia orgánica.

Durante cientos de miles de años, la composición de estos gases se ha mantenido estable en la atmósfera. Sin embargo, desde la Revolución Industrial el hombre empezó a utilizar combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y las concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera se han incrementado a niveles que no habían existido en varios millones de años, como se muestra en la figura 2.

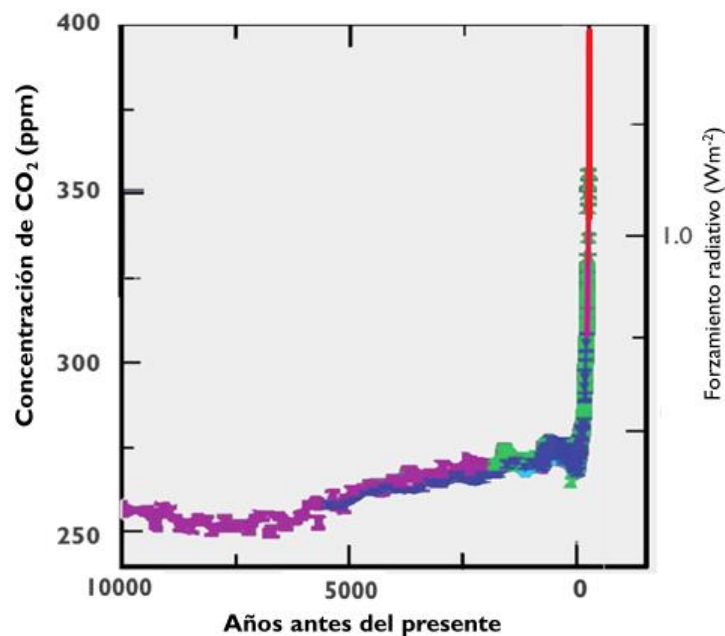


Figura 2. Concentraciones atmosféricas de CO_2 en los últimos 10,000 años.
Fuente: Adaptado de WGI-AR4, IPCC 2007

De la misma manera, las concentraciones atmosféricas del metano se han más que duplicado en años recientes, y del óxido nitroso también han aumentado considerablemente. En otras palabras, la actividad humana ha modificado significativamente la composición química de la atmósfera desde la perspectiva de los gases traza.

¿Qué evidencias se tienen del cambio climático?

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y de la capa superior del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar.

Existe una estrecha relación entre el acelerado crecimiento en las emisiones de bióxido de carbono, su concentración en la atmósfera (figura 2), y el aumento en la temperatura promedio de la superficie del planeta, que ha sido de alrededor de 1 °C en los últimos 50 años (figura 3). Es importante tomar en cuenta que este promedio viene dado por cambios mayores en distintas zonas del planeta.

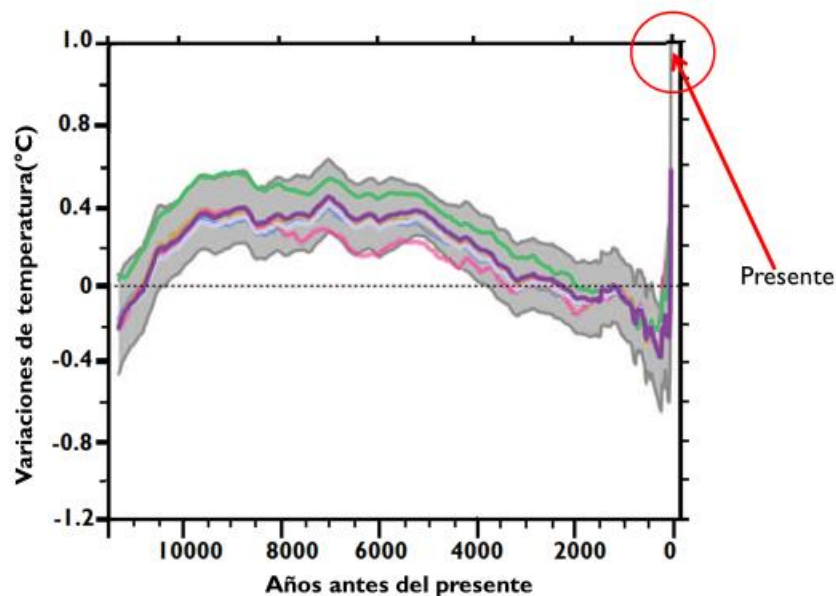


Figura 3. Variaciones de la temperatura promedio de la superficie del planeta en los últimos 11,000 años.

Fuente: Basado en Marcott, S. et al., A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years. Science 339, 1198 (2013).

El consenso de los expertos es que **la probabilidad de que el cambio que se observa actualmente en el clima se deba principalmente a las actividades humanas es de 95%.**

¿Cuáles son las consecuencias de estos cambios?

La ciencia nos indica que, como resultado de algunos grados de calentamiento, la cantidad de vapor de agua que puede existir en el aire aumenta. Por ejemplo, un incremento de 3°C, dependiendo de la humedad relativa puede aumentar la cantidad de vapor de agua hasta un 25%. Este vapor asciende hacia las nubes y posteriormente se condensa en forma de lluvia, por lo que la cantidad de lluvia ha aumentado considerablemente en zonas húmedas, causando frecuentemente inundaciones. De la misma manera, también se ha incrementado la intensidad, duración y extensión geográfica de las sequías.

Eventos climáticos extremos

En algunas zonas frías, principalmente en el hemisferio norte, el cambio de temperatura ha llegado a ser de hasta + 3°C, lo cual provoca el derretimiento de glaciares y masas de hielo. Así mismo, en algunas partes de los océanos se detectan incrementos en temperatura de hasta +3 o +4° C, lo cual ha incrementado la probabilidad de que los huracanes que se formen sean de gran intensidad. Este tipo de sucesos se conocen como “eventos climáticos extremos”, pues normalmente ocurren solamente una vez cada veinte, treinta o cien años; otros eventos extremos incluyen ondas de calor, inundaciones, y sequías de gran intensidad.

El cambio climático ha ocasionado un aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos, que, sumada al aumento del nivel del mar, ya tienen efectos adversos sobre los sistemas naturales y humanos, efectos que previsiblemente se van a exacerbar en el futuro, a menos de las emisiones de GEI se reduzcan significativamente en esta y en la próxima década.

Proyecciones para finales de Siglo

Si bien las proyecciones detalladas sobre el incremento en la temperatura para finales de Siglo, y por ende los efectos que se tendrían, presentan incertidumbres, con la información actual es posible establecer que sí existe un enorme riesgo para la sociedad y sus actividades. De continuar creciendo las emisiones de GEI a una tasa igual o superior a la actual, el calentamiento aumentaría y el sistema climático mundial experimentaría durante el siglo XXI numerosos cambios, incluyendo un aumento del nivel del mar, cambios que se mantendrían por siglos debido a la magnitud de las escalas de tiempo asociadas a los procesos climáticos. La temperatura promedio de la superficie terrestre probablemente aumentaría 3^oC o 4^oC hacia finales de siglo. Sin embargo, lo más preocupante es que, de acuerdo con los modelos del clima aceptados por la comunidad internacional de expertos, hay una probabilidad de uno en cinco de que la temperatura aumentara 5^oC o 6^oC, lo que tendría consecuencias desastrosas para la humanidad: se crearían zonas inhabitables en el planeta ocasionadas por ondas de calor y sequías intensas, y consecuentemente habría grandes migraciones; habría un aumento muy considerable en los daños ocasionados por eventos extremos, tales como tormentas y huracanes intensos; el nivel del mar aumentaría al grado de inundar un gran número de poblaciones asentadas en zonas costeras; etc. Además, se podrían generar perturbaciones muy dramáticas e irreversibles, como por ejemplo la desaparición de la selva del Amazonas o el deshielo total del Ártico, mismas que crearían un clima terrestre muy distinto al que hemos conocido.

¿Existe solución?

Como se ha mencionado arriba, para frenar el problema del cambio climático es necesario estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera a un nivel que disminuya el riesgo de que continúen ocurriendo catástrofes cada vez más preocupantes. La noticia alentadora es que sí hay soluciones para lograr este objetivo, lo que requiere de acciones en todos los niveles. Una de las más importantes es que los gobiernos de todos los países, principalmente los mayores emisores, se pongan de acuerdo para regular las emisiones de GEI. Esto se puede alcanzar poniendo un precio a las emisiones, y también a través del desarrollo y empleo de fuentes de energía alternativa como la solar, y la eólica, que ya son costeables, y la nuclear de última generación. También es importante hacer más eficiente el uso de la energía, que es una medida factible de implementar casi de forma inmediata, así como promover acciones de reforestación y evitar la deforestación. También es importante llevar a cabo acciones de adaptación orientadas a reducir la vulnerabilidad de las personas, de

la infraestructura y de los ecosistemas ante los efectos adversos del cambio climático, especialmente en las zonas vulnerables a los eventos extremos.

El cambio climático, al igual que el agotamiento de la capa de ozono, son prueba fehaciente del daño que las actividades humanas ejercen sobre la Tierra. Las soluciones requieren del compromiso de todos los sectores de la sociedad. Las estrategias de mitigación y las medidas de adaptación necesitan de la colaboración a nivel global de la comunidad científica, economistas, ingenieros, empresarios, tomadores de decisiones y la población en general.

Afortunadamente se sabe cómo resolver el problema para limitar eficazmente el incremento de la temperatura, y así evitar catástrofes de gran impacto. Con la firma del Acuerdo de París, organizado por la Organización de las Naciones Unidas en diciembre de 2015, después de más de 20 años de trabajo concluyó un esfuerzo global exitoso de negociación frente al cambio climático, pero aún queda mucho trabajo por hacer para consolidarlo y convertirlo en acciones concretas, y todavía más para que éstas se refuercen y se aceleren a la velocidad requerida para disminuir satisfactoriamente el riesgo que enfrenta la sociedad. El propio Acuerdo establece mecanismos para aumentar su grado de ambición en el futuro inmediato, en concreto para la revisión periódica de las metas y los esfuerzos individuales y colectivos para lograrlas. Sí es posible que funcione este tipo de acuerdo internacional, como quedó demostrado con el Protocolo de Montreal, donde prácticamente todos los países del planeta se comprometieron a reducir y eliminar la producción, consumo y comercialización de sustancias que dañan la capa de ozono, y cuyos beneficios a 30 años de su implementación ya se pueden observar.