

# CAMBIO CLIMÁTICO

Por Julio Vergara



## OBJETIVO


Documentar sobre Cambio Climático, sus orígenes, desarrollo, mitos, impactos y consecuencias, en el contexto internacional y nacional, previo a la Conferencias de las Partes. Se aborda: a) origen del efecto invernadero, b) el cambio climático terrestre, c) efectos en la civilización, d) actividades internacionales, e) dilemas en la modelación, f) mitigación del cambio climático y g) elementos de política pública en temas climáticos.

### A) ORIGEN DEL EFECTO INVERNADERO

En 1827, el físico francés Jean Baptiste Joseph Fourier notó que la atmósfera era relativamente transparente a la radiación solar, pero absorbente a la radiación terrestre, lo que favorecía una temperatura más alta en la superficie terrestre. En 1859, su colega irlandés John Tyndall descubrió que ciertos gases como el vapor de agua, anhídrido carbónico y metano bloqueaban en forma selectiva la radiación infrarroja. En 1896, el químico sueco Svante Arrhenius quien sentó las bases formales que relacionan gases atmosféricos al cambio climático, lo que se conoce hoy como efecto invernadero. Cuando la Tierra recibe energía radiante del Sol, parte de ella es filtrada por ozono y otros gases, se absorbe en la biósfera y se reemite al espacio en baja frecuencia, parte de la cual es capturada por los gases de efecto invernadero y una fracción es reemitida hacia la Tierra, en un delicado balance. Debido a esos gases, donde participa el CO<sub>2</sub> entre otros en una proporción baja, se pudo desarrollar y sostener la vida a una temperatura apropiada, lo que aún no se da en otros planetas del Sistema Solar ni en los exoplanetas que indagan los astrónomos. Sin esos gases de efecto invernadero la temperatura media de la superficie del planeta sería -18°C, lo que es inviable para sostener la vida animal, como se puede demostrar con un simple balance energético.

### B) EL CAMBIO CLIMÁTICO TERRESTRE

El ingeniero serbio Milutin Milanković dedicado a la astronomía y el clima, entre varias ciencias, funda a comienzos del Siglo XX la climatología planetaria, con la cual podía estimar la temperatura superficial y atmosférica de ciertos planetas, según su ángulo y posición respecto del Sol. Afirmó que el clima terrestre era cíclico, resultante de combinar fenómenos planetarios que inducían Eras Glaciales e Interglaciales, con periodos contorneados de 100



mil años y ciclos menores de 21 y 40 mil años en el último millón de años, con gran predominio glacial. Esta teoría se valida con la observación de testigos de hielo antártico de larga data, principalmente de las actuales bases Vostok y Concordia, que a través de técnicas isotópicas han permitido inferir el clima en la era paleolítica. La temperatura entre Eras puede variar unos 12°C y el nivel del mar decenas de metros.



Antes de un período Interglacial aumenta la temperatura terrestre y marítima, con ello el nivel del mar, cambian las precipitaciones y se pierden algunas especies. El aumento de temperatura desata fenómenos de segundo orden, deshielos que reducen el albedo y liberación de metano atrapado en hidratos marinos y tundra, veinte veces más poderoso que el CO2 en reirradiar energía de onda larga. El derretimiento de los hielos y el calor conspiran en bajar la densidad superficial marina que debilita en zonas críticas las corrientes termohalinas que evaporan y temperan latitudes altas, deviniendo un eventual regreso abrupto -de algunos siglos de duración- a la siguiente Era Glacial. La diferencia climática entre una Era Glacial e Interglacial puede ser enorme, sobretodo si esa se proyecta a zonas ecuatoriales donde no es posible contar con registros climáticos de larga data. Desde el Holoceno (11700 años) estamos en una Era Interglacial prolongada, de alta temperatura relativa, con una leve tendencia descendente en los últimos 8 mil años, hasta hace algunas décadas en que la temperatura comienza a aumentar respecto del valor medio de ese período. Sobre este fenómeno cíclico natural y en su último ciclo mayor, es que se estableció la civilización, y por eso es esperable que pueda producir algún impacto. No obstante, cabe señalar que la población global apenas rozaba los mil millones de habitantes hace dos siglos o en los inicios de la era industrial. Por eso el efecto solo puede ser reciente.

### **C) EFECTOS EN LA CIVILIZACIÓN**

El Ser humano, que ha venido evolucionando y ocupando el planeta durante seis millones de años, sólo en los últimos dos siglos revoluciona en lo industrial y sanitario, y se multiplica por siete, empinándose sobre 7700 millones de personas, con tendencia a rozar los 10 billones al 2100. El eventual regreso natural a una Era Glacial pudo estar sucediendo hasta que surgió el hombre industrializado, que por razones tecnológicas y económicas privilegió el desarrolló y uso de las tecnologías de combustión. Tres cuartos de la energía que utilizamos hoy provienen tanto del carbón como del petróleo y gas. Un décimo viene de la quema de leña para cocina y calefacción básica, seguido de recursos hídricos y nucleares. Menos del 2% surge de recursos eólicos y de la conversión directa de luz solar en electricidad, y un muy escaso aporte viene de geotermia, mareas y otros. Si no hubiese sido por esa energía todavía estaríamos en un mundo agrario sin transporte rápido, salud, información, medios,

etc. Seríamos menos habitantes, más cerca de lo que la Tierra puede soportar sin presiones. Pero no tiene sentido práctico cuestionar si el uso fósil fue bueno o malo. Ya ocurrió, mientras sumamos 60 millones de personas cada año a un entorno con múltiples tecnologías a la mano, sin vuelta atrás. La combustión de fósiles aporta a la atmósfera 10 billones de toneladas de carbono cada año -sobre un inventario natural calculable de 750 billones de toneladas- de los cuales la mitad se deposita y absorbe en el mar y el suelo, y por esa razón muchas personas tildan este gas vital como un agente contaminante. Desde el año 2000, la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> ha subido de 0.037% a 0.041%, encima del 0.028% preindustrial e Interglacial, y del 0.018% de la última Era Glacial. Subir de 0,00028 a 0,00041 equivale a duplicar, pero es un valor modesto. Recordemos que la atmósfera contiene 78.09% de nitrógeno, 20.95% de oxígeno, y 0.93% de argón. La concentración de metano en la atmósfera no alcanza al 0.5% del CO<sub>2</sub>, pero tiene un potencial de calentamiento 100 veces superior al del CO<sub>2</sub> en un rango de 20 años, y ha crecido más del doble desde su nivel basal, asociado al aumento de temperatura, el que se oxida luego en CO<sub>2</sub>. Los procesos agrícolas, residuos y cambio de uso de suelo aportan otros 3 billones de toneladas de carbono equivalente por año, principalmente de metano seguido de óxido nitroso. Un gas abundante de efecto invernadero es el vapor de agua, que varía según la temperatura, pudiendo llegar al 4%, sin embargo su efecto neto es negativo ya que absorbe radiación incidente. Hasta ahora, las nubes son la principal fuente de incertidumbre en la predicción del clima.

## **D) ACTIVIDADES INTERNACIONALES**

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) está preparando el 6º informe de cambio climático (AR6). El AR5 del 2013 afirmó que: a) la influencia humana en el clima es clara, b) cuanto más perturbamos el clima, mayor es el riesgo a impactos severos e irreversibles, y c) existen los medios para limitar el cambio climático y construir un futuro próspero y sostenible. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) produjo dos herramientas: i) El Protocolo de Kioto, destinado a mitigar emisiones en 5% respecto de las del año 1990 y ii) El Acuerdo de París del 2015 que intenta frenar el aumento de temperatura a 2°C sobre la de la era preindustrial, con un reciente ajuste a 1.5°C. La primera, a la fecha del logro, se empujaba 60% por encima de la meta, respecto del año 1990. La segunda se concretará en base a Contribuciones a Nivel Nacional (NCD). Hasta hoy la suma de NDCs es insuficiente y sólo aumentará la temperatura actual. La propuesta chilena fue reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de PIB en 30% al 2030 respecto a las del año 2007, considerando cierto crecimiento económico, y aumentarla en 10% si recibía ayuda internacional: un compromiso modesto para una economía que está en el primer cuarto

global. Además, Chile se comprometió a gestionar y forestar 200 mil hectáreas, pero perdió 570 mil por mala gestión en incendios forestales en un solo año, que no se han recuperado. Una tarea de la próxima COP25 es elevar los compromisos de todos los países. A excepción de la joven activista sueca Greta Thunberg, viajarán a nuestro país decenas de miles de científicos y políticos, como lo hacen cada año a algún lugar remoto, sarcásticamente en avión, una de las formas de transporte con mayores emisiones, dejando además estelas de condensación que contribuyen al cambio climático. Chile tiene una doble tarea, como anfitrión de emergencia y como Miembro de la Conferencia de las Partes de arribar a algún acuerdo, lo que no siempre se logra.



## E) DILEMAS EN LA MODELACIÓN

Hay dos bandos en la modelación e interpretación climática. Por un lado está el IPCC, respaldado por muchos países, excepto Estados Unidos. Por otro lado hay quienes sostienen que el aporte industrial es pequeño para inducir cambios en el clima, liderados por organizaciones atomizadas y algunos sectores académicos, además de Estados Unidos. Ambos bandos reconocen la existencia de un proceso climático de largo aliento y ambos poseen fundamentos relevantes, pero sin una verificación contundente. El primero asigna gran responsabilidad en las emisiones antropogénicas, que afirman aumentaron de temperatura en los últimos 25 años y que podrían gatillar fenómenos de segundo orden fuera de control si la emisiones llegaran a superar el 0.045% de CO<sub>2</sub> en la atmósfera hacia fin de siglo, no muy lejos del nivel actual, correspondiente a 2°C sobre la temperatura preindustrial, instando recientemente a la sociedad a anular las emisiones de CO<sub>2</sub> hacia el año 2070, y al 2040 si la meta se afirma en 1.5°C. El segundo bando sostiene que los modelos son demasiado complejos para prever la dinámica climática y sus resultados son inciertos, destacando que el forzamiento radiativo asocia concentraciones de diversos gases sólo entre la era preindustrial y el presente, sin ver más atrás. La temperatura se determina mediante un factor de sensibilidad a las emisiones por cada gas y hasta ahora los resultados son dispersos. En lo que va del Siglo, se han corrido casi 150 modelos crecientemente poderosos y la variación persiste. El menor aumento va desde 0° hasta 8°C y el mayor aumento va desde 0.4° hasta 10°C, con una desviación de casi 5°C. Ninguno de los modelos es certero, porque no hay referencias del pasado remoto ni menos información del futuro.

## F) FRENO AL CAMBIO CLIMÁTICO

El dilema que algunos plantean se refiere al esfuerzo de mitigación. Si los modelos futuros no están bien y el clima se determina en forma natural, no tiene sentido una transferencia de dinero para reconfigurar los sistemas que convierten recursos energéticos, dejando de lado otras necesidades de la sociedad. Además, se pide gran apoyo a los países más desarrollados, y estos no pueden, no saben o no quieren hacerlo. Si los modelos futuros fueran precisos, tiene sentido hacerlo y rápido, pero no se aprecia que se privilegien las tecnologías más poderosas para mitigar, sino sistemas de baja densidad y alta intermitencia, muchas veces con recursos remotos, que además necesitan el respaldo de fuentes fósiles o extensas instalaciones de almacenamiento dedicado, aún teórico.

La tecnología podría habilitar a más personas con un bienestar similar al de las naciones avanzadas, pero eso requiere más energía, para extraer materias primas, manufacturar estructuras, conservar y transportar alimentos, climatizar regiones más agresivas, desplazarse e interactuar.

El problema está en una transición climática acelerada, que eleve la temperatura, altera el uso de suelo, el acceso a agua y alimentos, demandando más energía, etc., afectando la estabilidad internacional, o baje tal temperatura por colapso termohalino. Es la revolucionada sociedad la que podría no congeniar con los ciclos naturales más prolongados.

Es simplista suponer que para estabilizar el clima bastaría eliminar las emisiones de carbono de fuentes tecnológicas y electrificar con fuentes eólicas y solares, que son menos del 2% de la energía actual. Ese tipo de mitigación es insuficiente, se requiere avanzar en múltiples direcciones, elevar la capacidad de adaptación y evaluar medidas de geoingeniería, de ser necesarias. Suponiendo que se pudiera electrificar toda la demanda sin cambiar la proporción de consumo [China tiene igual uso eléctrico que Chile, el triple de India, y 50% menos que Francia], se necesitarían materiales y energía para -agotando el potencial hidroeléctrico global- construir 25 veces todas las renovables que existen para satisfacer la creciente demanda, lo cual es cuestionable en escala y en tiempo.

## ELEMENTOS DE POLÍTICA

En este marco de incertidumbre, algunas organizaciones y gobiernos están diseñando políticas basadas en datos no tan certeros y de lugares tan remotos como la Antártica. Estas apuntan a reconfigurar sus matrices energéticas con tecnologías que resuelven algunos problemas pero que crean otros similarmente complejos, así como oportunidades de negocio. Surge la pregunta de su pertinencia, dada la certeza de los modelos. Si resultaran



errados habremos desviado recursos a problemas inexistentes y si resultan acertados podrían cambiar el tipo de problemas. Es relevante en el caso de Chile porque no tenemos tecnologías, solo ciertos recursos. Eso nos hace una economía cara para sostener a industrias y personas. Surgen referentes como Dinamarca o Alemania, con los más elevados costos de electricidad, a pesar de ser éstos desarrolladores de tecnología. En el extremo opuesto está China e India con un cuarto del costo alemán, basado en carbón y reglas que no todos los países pueden imponer. Estados Unidos es uno de los países de bajo costo, basado en shale-gas, mientras Francia genera a la mitad del costo alemán, basado en fisión nuclear. Más del 80% de la energía primaria en Chile no termina en electricidad, por lo tanto las soluciones en marcha no son satisfactorias, mientras que los combustibles tradicionales usados en transporte, industria y calor residencial son importados, a excepción de la leña.

En un entorno de cambio climático incierto, es razonable participar en iniciativas internacionales para obtener información, mientras incrementamos el consumo de energía eléctrica para elevar el bienestar y la capacidad industrial nacional. Lo anterior apunta a anular las emisiones de energía, no sólo del sector eléctrico, hacia el año 2050. La actual política energética chilena, que se redactó en un tiempo muy breve, no logra la exigencia de neutralización y si lo hace mal podría complicarla más, a un alto costo. Luego, se recomienda que la política ambiental y energética chilena se apegue al Acuerdo de París, adoptando un programa coherente apoyado en diversas formas de energía primaria que permitan abastecer el consumo crecientemente eléctrico, con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, mientras se refinan los modelos climáticos globales y regionales y confluyen las visiones de los bandos actualmente opuestos.

Para lograr ese objetivo, se debe recuperar el foco hidroeléctrico que antes tuvo, aportando agua a un desarrollo agrícola más bioenergía, seguido de geotermia, calor nuclear y solar, y permitir el uso de fósiles con captura y secuestro de carbono. Esto configura los futuros combustibles para varios sectores industriales sin perder de vista la evolución climática al mediano y largo plazo y las necesidades de adaptación. Esa política debe responder a una política superior del Estado de Chile en materia climática, participando de la modelación y comprensión de éste, reconociendo el carácter multisectorial de los eventuales impactos. Prácticamente todos los actuales ministerios estarán involucrados. Esto requiere una coordinación entre instituciones del Estado, como entre éste, el sector privado y la sociedad. La política energética debe despojarse de los intereses del gobierno y adecuarse a una estrategia país que trascienda a problemas de corto y mediano plazo, así como también desapegarse de las influencias gremiales.