

# BASES CIENTÍFICAS Y FÍSICAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

**Texto:** Luis E. Pertovt (1)

**Fotos:** José Vittori y gentileza Diario El Litoral

(1) Cartógrafo Inst. de Hidrol. de Llanuras CIC - UNCPBA - Argentina

[luis.pertovt@gmail.com](mailto:luis.pertovt@gmail.com)



**Foto:** gentileza Diario El Litoral

# N2O

# CO2

**La contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC1 aprobado en París en febrero de este año presenta dos aportes fundamentales<sup>2</sup>. En primer lugar permite concluir en bases físicas y científicas que el cambio climático<sup>3</sup> se debe muy probablemente a los aumentos observados en los gases de efecto invernadero producidos por las actividades del hombre (particularmente dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) y óxido nitroso (N2O)). La segunda conclusión es que los procesos climáticos actuales implican que el aumento de la temperatura global y el ascenso del nivel del mar (principales consecuencias directas e inmediatas del cambio climático) continuarían por siglos, incluso si las concentraciones de estos gases se estabilizasen.**

#### **Datos Actuales y Registros Históricos: Un Diagnóstico Renovado**

Entre los gases de efecto invernadero antropogénicos, el CO2 es el más importante, y la variación de su tasa de concentración atmosférica global es la mayor responsable de los cambios climáticos registrados en el planeta desde la era preindustrial. Para el año 2005 era de 379 ppm, un 74% superior de los valores previos a 1750, y muy por encima del rango natural de los últimos 650.000 años, según muestran datos paleoclimáticos obtenidos a partir de perforaciones en hielo. La fuente principal de dicho incremento es el uso de combustibles fósiles. La concentración atmosférica global de CH4, el segundo de los gases responsables del proceso de calentamiento global, también supera en mucho el rango natural de los últimos 650.000 años (320 a 790 ppb), alcanzando valores de 1.774 ppb en 2005. La concentración de N2O en la atmósfera ha aumentado de 270 ppb (valor preindustrial) a 319 ppb en 2005. La tasa de crecimiento ha sido prácticamente constante desde 1980.

Esta variación en la concentración atmosférica global de gases de efecto invernadero tiene como consecuencias incrementos en las temperaturas medias del aire y los océanos, derretimiento general de hielo y nieve, incremento global del nivel medio del mar, cambios generalizados en la cantidad y distribución de precipitaciones, incrementos en la acidificación y salinidad de los océanos, cambios en los patrones, dirección e intensidad de vientos, y el muy probable aumento de fenómenos meteorológicos extremos, incluyendo sequías, fuertes precipitaciones, olas de calor y frecuencia e intensidad de ciclones tropicales.

Los países industrializados son responsables del 55% de esas emisiones, siendo EEUU responsable del 36% del total mundial. Este país se comprometió en 1997, en oportunidad de la firma del Protocolo de Kyoto<sup>4</sup>, a reducir sus emisiones de CO2 en un 6%. Sin embargo en marzo de 2001 George W. Bush anunció que no ratificaría el protocolo, y actualmente las emisiones han aumentado un 15% respecto de los valores de 1990. Según Joke Waller-Hunter, Secretaria Ejecutiva de la CMNUCC<sup>5</sup>, el mundo no podrá cumplir las metas de reducción de emisiones de CO2 previstas si EEUU continúa en esa línea de acción. Otro de los grandes emisores es Japón, con un 8,5% del total, quien a pesar de ratificar el Protocolo en el año 2002 con el compromiso de reducir las emisiones, ese mismo año tuvo un aumento del 11%. China es la segunda responsable a nivel mundial de emisiones de CO2, ratificó el Protocolo en 2002 y anuncio que para el año 2010 utilizará un 10% de energía proveniente de recursos renovables. India también ratificó el protocolo en 2002; se estima que sus emisiones de gases de efecto invernadero se elevaron en un 50% entre 1990 y 2000. Las emisiones globales habrían aumentado desde 1981 aproximadamente un 40%.

#### **Consecuencias Objetivas Observables: El Funcionalismo del CO2**

El calentamiento global se ha detectado en cambios en las temperaturas de la superficie y de la atmósfera, en las temperaturas de las capas superiores

# CO<sub>2</sub> N<sub>2</sub>O

## BASES CIENTÍFICAS Y FÍSICAS DEL

del océano y en las contribuciones al aumento del nivel del mar. Los estudios de atribución han establecido influencias directas de acciones antrópicas a todos estos cambios.

Once de los últimos doce años están dentro de los doce años más calurosos desde 1850. El incremento total de temperatura en el siglo pasado fue de 0,76°C; para el periodo comprendido entre 1990 y 2005 los valores observados alcanzan los 0,2°C por década, casi tres veces más que la media para los últimos 100 años. Estos valores muestran una tendencia clara de aceleración en el proceso de calentamiento global<sup>6</sup>. Se han observado asimismo grandes cambios en temperaturas extremas durante los últimos 50 años. Los días fríos, las noches frías y las heladas han empezado a ser extraños, mientras los días calurosos, las noches calurosas y las olas de calor se han hecho más frecuentes. Las temperaturas medias del Ártico

se incrementaron en casi el doble del índice medio en los últimos 100 años. Las observaciones muestran incrementos de la temperatura media del mar hasta profundidades de, al menos, 3.000 metros (esto es, la profundidad media de los océanos) y según el informe del IPCC éstos han estado absorbiendo hasta el momento más del 80% del calor añadido al sistema climático. Este calentamiento hace que el agua del mar se expanda, contribuyendo al aumento de su nivel. El calentamiento global tiende a reducir la captación de carbono atmosférico por la tierra y los océanos, aumentando la fracción de gases de efecto invernadero que permanecen en la atmósfera. Según un artículo publicado recientemente en la revista *Science*, el Océano Antártico, uno de los más importantes sumideros de carbono del mundo y un regulador importante de las temperaturas globales, alcanzó su punto de saturación y está devolviendo CO<sub>2</sub> a la

atmósfera. Los demás océanos también podrían alcanzar sus puntos de saturación antes de lo esperado, generando un incremento extra del CO<sub>2</sub> en la atmósfera y produciendo un aumento de las temperaturas globales más rápido de lo que se preveía.

De 2.000 glaciares que el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) está monitoreando en el sur de Alaska, 1.987 están en retroceso. Según Lonnie Thompson, profesor de la universidad estadounidense de Ohio y que ha estudiado glaciares tropicales durante 30 años, el Qorikalís, uno de los principales glaciares de Perú (país que cuenta con el 70% de los glaciares tropicales del mundo) podría desaparecer por completo en cinco años, y la cumbre nevada del monte Kilimanjaro, ubicado en Tanzania a 5.895 m, muy probablemente habrá desaparecido en menos de dos décadas. El glaciar Torrecillas, ubicado en el Cerro homónimo sobre el lago Menéndez del



La ciudad de Santa Fe bajo agua, debido a las torrenciales lluvias  
Foto: gentileza Diario El Litoral

# 2002 CI N20

# CAMBIOCLIMÁTICO

Parque Nacional Los Alerces en Chubut, tenía en la década del 60 una pared de 120 metros de alto, pero al igual que la mayoría de los glaciares de Argentina y Chile está retrocediendo rápidamente.

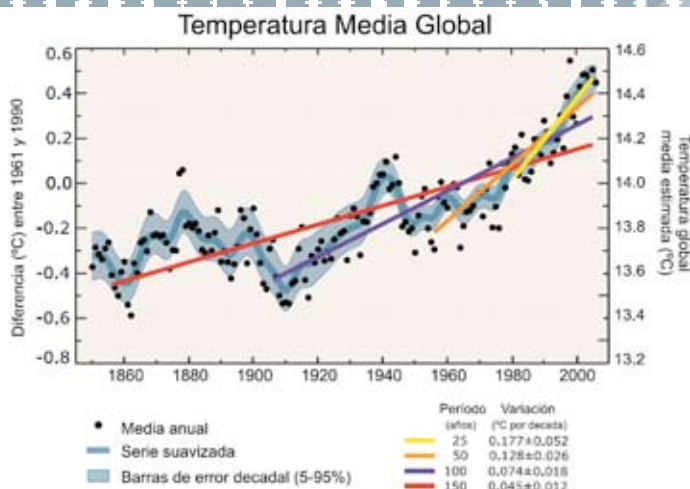
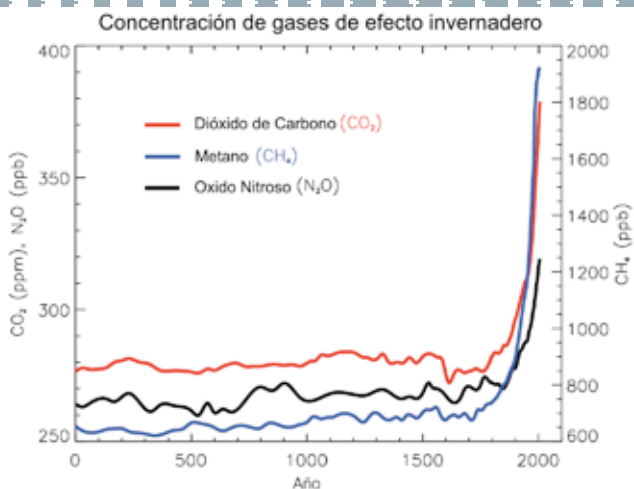
Un gran número de ventisqueros que dan sobre el lago testimonian el cambio climático con la desaparición de sus antiguas nieves permanentes.

Los glaciares de montaña y la capa de nieve han disminuido en ambos hemisferios, y estas reducciones contribuyeron al aumento del nivel del mar, además de las pérdidas en placas de hielo de Groenlandia y la Antártida. La velocidad de flujo ha aumentado en algunos de sus glaciares, los cuales drenan hielo del interior de las plataformas, y las pérdidas causadas por derretimiento han superado la acumulación de nieve. Los datos de satélite obtenidos a partir de 1978 muestran que la media anual de extensión de hielo marino en el Ártico se ha reducido un 2,7% por década. Las temperaturas en la capa alta del permafrost del Ártico se han incrementado hasta en 3°C en los últimos 25 años, y el área máxima cubierta por suelo estacionalmente helado ha disminuido aproximadamente en un 7% en el hemisferio norte desde 1990. El incremento total del nivel medio del mar durante el siglo XX se estima en 17 cm, correspondiendo 3,1 cm sólo al período 1993-2003.

En el este de América del Norte y Sudamérica, en el norte de Europa y en el centro y centro norte de Asia, las precipitaciones se han incrementado significativamente. En contraposición se ha observado desecamiento en el Sáhel, el Mediterráneo, África del Sur y partes del sur de Asia. En todos los casos, la precipitación es altamente variable, espacial y temporalmente, fuera de los parámetros de comportamiento históricos. La frecuencia de episodios de precipitaciones fuertes se ha incrementado en la mayoría de las áreas, en concordancia con el calentamiento y el incremento del vapor de agua observado en la atmós-



Glaciar Torrecillas, sobre el Lago Menéndez, en retroceso. Parque Nac. Los Alerces, Chubut  
Foto: José Vittori



Gráficos extraídos del IPCC



fera. También se observaron cambios en la precipitación y la evaporación sobre los océanos por el refrescamiento de las aguas de latitudes medias y altas, junto con un aumento de salinidad en aguas de baja latitud. Los vientos del oeste de latitud media son más fuertes en ambos hemisferios desde los años 60, y las observaciones muestran la evidencia de un incremento en la actividad de ciclones intensos en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970, correlacionado con el calentamiento observado de la temperatura de la superficie del mar en los trópicos.

### El Futuro, Todo un Palo...

La continuidad en las emisiones de gases de efecto invernadero en los índices actuales, o un aumento de éstos, causaría un mayor calentamiento e induciría cambios en el sistema climático global durante el siglo XXI que muy probablemente serán mayores que los observados durante el siglo XX.

Las simulaciones realizadas con modelos matemáticos por el IPCC cubren un amplio rango de posibles escenarios futuros de emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero. Éstos incluyen los escenarios indicativos del IE-EE7 para el periodo 2000-2100. Para las próximas dos décadas, las proyecciones apuntan a un calentamiento de

unos 0,2°C, aun si las concentraciones se hubieran estabilizado en los niveles del año 2000, lo que actualmente sabemos objetivamente que no ocurrió. Las mejores estimaciones y los rangos de probabilidad para el calentamiento medio del aire en superficie para los seis escenarios indicativos de emisiones del IE-EE varían entre 1,8°C y 4,0°C. La media global del calentamiento en superficie tras un doblamiento de las concentraciones de dióxido de carbono es probable que esté en el rango de 2 a 4,5°C sobre los valores preindustriales, y es muy improbable que sea menor de 1,5°C. Valores sustancialmente más altos de 4,5°C no pueden ser excluidos, pudiendo llegar a 6,4°C. Como ya se indicó, el calentamiento global tiende a reducir la captación de carbono atmosférico por la tierra y los océanos, aumentando la fracción de emisiones antropogénicas que permanecen en la atmósfera. Entonces las retroacciones del ciclo carbono-clima pueden llegar a elevar el calentamiento medio estimado para el 2100 en más de 1°C. Sumado a ello es muy probable que los episodios de calor extremo, olas de calor y precipitaciones fuertes, como los registrados recientemente en la provincia de Santa Fe, tiendan a ser cada vez más frecuentes. El aumento del nivel medio del mar previsto para finales del siglo XXI según el informe del IPCC respecto a 1980-1999, para los seis escenarios indicativos del IE-EE, va de 0,28 m a 0,43 m. La expansión térmica contribuye aproximadamente de un 60 a 70% de estas estimaciones. Cabe mencionar que, aun con valores actuales de concentración atmosférica global de gases de efecto

invernadero, la contracción de la placa de hielo de Groenlandia continuará contribuyendo al aumento del nivel del mar después de 2100. Los modelos actuales sugieren que las pérdidas de masa se incrementan con la temperatura más rápidamente de lo que reciben aportes por precipitación, y que el balance de masa en superficie empieza a ser negativo a una media de calentamiento mayor de 1,9°C respecto a valores preindustriales. De continuar ese comportamiento durante un milenio la placa de hielo de Groenlandia se derretirá por completo, y el nivel del mar se incrementará en unos 7 m. Las temperaturas futuras de Groenlandia en ese escenario son comparables a las deducidas para el último periodo interglaciario, hace 125.000 años, cuando la información paleoclimática sugiere un aumento del nivel del mar de 4 a 6 m. En términos prácticos esto significa que el mundo dejaría de ser como lo conocemos hoy.

### Crónica de un Fracaso Anunciado

Joke Waller-Hunter señalaba en el año 2005, en el prólogo a una publicación conmemorativa de los 10 primeros años de la CMNUCC, que la participación casi universal en la Convención demostraba que los países de todo el mundo se toman en serio esta amenaza mundial, que están preocupados y que están actuando en consecuencia. Eso sería alentador si fuera cierto, pero no lo es, o al menos no totalmente. Mientras países como Alemania, Japón o Gran Bretaña pretenden obtener una declaración categórica en relación al cambio climático en la Cumbre del G8 a realizarse en junio en Alemania, EEUU está intentando

# Nº 20 CO2

bloquear secciones del borrador preparado por la presidencia del organismo, y cuestiona la meta de aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C hasta el 2099, y la reducción en un 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero antes de 2050.

El borrador dice que es indispensable tomar medidas, que el cambio climático se está acelerando, que va a dañar seriamente nuestro medio ambiente y a debilitar severamente la economía mundial, y que se requiere una acción decidida para reducir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Desde Washington han señalado que no aprobarán una declaración en esos términos.

## **Esa Verdad Inconveniente**

El actual proceso de cambio climático, caracterizado por el calentamiento global producido como consecuencia del efecto invernadero, está provocando actualmente modificaciones radicales en el planeta, y es capaz de producir variaciones tales en el próximo siglo que el mundo del año 2100 muy probablemente será totalmente diferente del que conocemos hoy. Estos cambios repercutirán gravemente en los ecosistemas y en nuestras economías, en los sistemas de producción y en la disponibilidad de agua, en la salud y en la geografía, y la humanidad toda deberá atravesar por un proceso de transformación de sus patrones, conductas y modos de vida de un impacto sin precedentes al menos para la especie *Homo sapiens*. La tendencia es irreversible, y cambios significativos pueden esperarse a corto plazo.

## **Aclaraciones**

1-Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, IPCC por sus siglas en inglés. Texto completo del informe en <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>

2-La comparación refiere al Tercer Informe de Evaluación (TIE) del IPCC aprobado en la XVIIIª Reunión Plenaria (Wembley, Reino Unido, 24-25 de septiembre del año 2001).

3-La expresión cambio climático para el IPCC se refiere a cualquier cambio del clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como consecuencia de la actividad humana.

4-El 11 de diciembre de 1997, en la ciudad de Kyoto, los países industrializados se comprometieron a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los participantes acordaron reducir en un 5,2% (promedio) las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990.

La entrada en vigor del Protocolo de efectivizó el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia en noviembre de 2004. Texto completo del protocolo en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

5-Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Es un organismo de la ONU integrado por 189 países, y es responsable de buscar acuerdos entre naciones sobre los modos de mitigación del cambio climático.

6-El informe del IPCC señala que probablemente los incrementos en las concentraciones de gases de efecto invernadero por sí mismos hubiesen causado más calentamiento del observado, pero los aerosoles volcánicos y antropogénicos han compensado parte del calentamiento que, de otro modo, hubiese tenido lugar.

7-Los escenarios de emisiones del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE) del IPCC son escenarios mundiales que proporcionaban estimaciones de todos los gases de efecto invernadero, y sirven de base para evaluar las consecuencias climáticas y medioambientales de las emisiones futuras, y para evaluar las estrategias de mitigación y adaptación alternativas al cambio climático. Texto completo del IE-EE en <http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/sres-s.pdf>

