

JUEVES NUCLEARES

22 de marzo de 2001

Luis BALAIRÓN RUIZ

Jefe del Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima del Instituto Nacional de Meteorología
y Miembro del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC)
(Grupo de Trabajo I)

CAMBIO CLIMÁTICO: TERCER INFORME DE EVALUACIÓN DE NACIONES UNIDAS

El clima de cualquier planeta está determinado en primera instancia por el balance de radiación global. En la actualidad, la cantidad media de energía neta recibida por nuestro planeta en la cima de la capa de la atmósfera denominada *troposfera*, es de unos 240 Wm^{-2} . Globalmente, en una situación de equilibrio, la Tierra debería emitir hacia el espacio una cantidad igual de energía, en el rango infrarrojo correspondiente a las temperaturas en que emite, cumpliendo así con el principio de conservación de la energía. El modelo más simple consiste en determinar la temperatura media planetaria mediante la ley de Stefan-Boltzmann, de forma que, en una hipotética Tierra sin atmósfera, esa temperatura, llamada de temperatura de equilibrio, es de unos 255 K (-18°C).

La presencia de atmósfera en cuya composición existen gases que absorben parte de la radiación saliente produce un calentamiento en las capas bajas y un enfriamiento en las altas, que se conoce como *efecto de invernadero*. En la Tierra el calentamiento de las capas bajas hace que la temperatura anual media del aire cerca del suelo sea de unos 288 K (15°C), es decir, 33°C por encima de los -18°C citados.

Si no existiesen cambios en el balance de radiación, las temperaturas anteriores no experimentarían cambios importantes. Sin embargo, durante los últimos 200 años, el aumento de concentraciones de los principales gases de efecto de invernadero terrestres, incluido el ozono troposférico, ha reducido el promedio de los 240 Wm^{-2} salientes, necesarios para mantener el equilibrio, en casi 3 Wm^{-2} .

Además de este proceso, existen otros como el vulcanismo, los cambios en la capacidad de reflexión de la superficie terrestre o la presencia de aerosoles en la atmósfera, que también alteran las cantidades de energía recibida o emitida, global y localmente, y que producen modificaciones en el balance citado: Todos ellos se conocen como *forzamientos radiativos* y todos ellos son causantes de los cambios de clima.

Un objetivo central de los estudios climáticos actuales es el conocimiento de los valores de cada uno de los forzamientos radiativos más importantes y la estimación de sus posibles evoluciones. La preocupación ante el cambio climático surge, precisamente, porque durante el siglo XXI, con una evolución similar a la actual, los forzamientos radiativos debidos a gases de efecto invernadero, muy probablemente, seguirán creciendo, mientras que los forzamientos negativos, debidos a los aerosoles o al vulcanismo, se mantendrán casi constantes, sin capacidad de contrarrestar a los primeros, como hasta ahora.

Para evaluar las causas de los cambios climáticos y sus efectos potenciales, así como las estrategias más convenientes para hacer frente al problema, se creó en 1988 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas.

El término "cambio climático" en el contexto puramente científico, como es el del IPCC, se refiere al cambio observado y al cambio futuro que podemos anticipar como consecuencia de todas las perturbaciones, naturales o

causadas por la acción humana, pasadas, presentes y futuras. El término "cambio climático" en el contexto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático se refiere, sin embargo, al cambio de clima que puede ser atribuido a la acción humana con el fin de regular o limitar esa acción.

En cualquier caso, para situar el problema del cambio climático en sus justos términos es necesario comprender el comportamiento del clima en el pasado y disponer de modelos de simulación, capaces de describir las respuestas del sistema climático a las evoluciones previsibles de forzamientos radiativos. Los "escenarios climáticos" son las respuestas de los diferentes modelos a partir de los "escenarios no climáticos" de emisiones y concentraciones futuras, basados en supuestos diferentes sobre las evoluciones mundiales, hasta el año 2100 al menos, de la demografía, la economía y el consumo de energía.

Durante el primer trimestre de 2001, el IPCC ha aceptado las contribuciones de sus tres grupos de trabajo al Tercer Informe de Evaluación denominado "Cambio Climático 2001". Las tres partes del informe, bajo los títulos de "Bases científicas" (Grupo de trabajo I), "Impactos, adaptación y vulnerabilidad" (Grupo de trabajo II) y "Mitigación" (Grupo de trabajo III), se han elaborado a lo largo de los últimos tres años mediante un proceso abierto a la comunidad científica mundial y apoyado por la casi totalidad de los gobiernos mundiales.

Los dos informes anteriores se aprobaron en 1990 y en 1995 y otros informes suplementarios, técnicos y

especiales, publicados hasta la fecha por los expertos del IPCC, han tenido una relevancia particular en el desarrollo de la Convención Marco sobre el Cambio Climático y en el apoyo a la negociación técnica del Protocolo de Kioto, aprobado en 1997. La primera y segunda generación *escenarios de emisiones y concentraciones de gases de efecto de invernadero*, propuestas en 1990 y en 1992, se han actualizado con una nueva generación aprobada definitivamente en 2000 que se conoce por su siglas en inglés SRES (Special Report Emission Scenarios). Estos nuevos escenarios de emisiones-concentraciones del IPCC se agrupan en cuatro familias A1, A2, B1 y B2, que contienen un total de 40 escenarios diferentes. La familia A1 tiene tres subgrupos A1T, A1F y A1B, que se basa en hipótesis similares en cuanto a demografía y pautas del desarrollo económico con tres supuestos de opciones energéticas: A1T es el escenario de tecnologías que no emiten gases de invernadero, A1F opta por el predominio de los combustibles fósiles y A1B es una opción que combina las dos opciones anteriores (de balance).

En cuanto al clima en el pasado, la primera parte del nuevo informe IPCC ha sintetizado el conocimiento disponible y ha actualizado los datos respecto a las concentraciones de gases de efecto de invernadero, a la distribución espacial y temporal de la temperatura en superficie y respecto a otras variables esenciales, como la precipitación, las variaciones del nivel del mar o las alteraciones de los glaciares.

El dióxido de carbono, CO_2 , ha crecido un 31% desde 1750, alcanzando un grado que ha sido excedido en 420.000 años y a un ritmo sin precedentes en los últimos 20.000 años.

La media anual de la temperatura en superficie ha aumentado $0,6^\circ\text{C}$ en los últimos cien años. La *figura 1* muestra este aumento en comparación con una de las evaluaciones de la temperatura durante el último milenio. En ella se aprecia que el ligerísimo enfriamiento del orden de $0,1^\circ\text{C}$ que caracteriza los primeros novecientos años cesa bruscamente hace unos ciento cuarenta años, para iniciar un calentamiento que llega hasta nuestros días. El calentamiento apreciado en los últimos cincuenta años no es explicable sin recurrir a los forzamientos no naturales que producen el aumento de gases de efecto de invernadero.

Los cambios más importantes asociados a los escenarios SRES para el período 1990-2100 son aumentos de la temperatura entre $1,4^\circ\text{C}$ y $5,8^\circ\text{C}$, aumentos

del nivel del mar entre 9 cm y 88 cm, y aumento de la variabilidad de las precipitaciones que, globalmente, aumentan alrededor de un 10%.

La *figura 2* resume gráficamente los escenarios no climáticos de emisiones de dióxido de carbono SRES y los climáticos, estimados mediante modelos simples, tomando como descriptores los cambios anuales de la temperatura en superficie y del nivel medio del mar.

Los impactos potenciales más importantes afectan a los extremos climáticos; al aumento del riesgo de enfermedades contagiosas; a los cambios de rendimiento y distribución del patrón de cultivos actuales; a los cambios en la composición, distribución y productividad de los bosques; a la disponibilidad y gestión de los recursos hídricos, y los peligros de erosión e inundación de áreas costeras; a la degradación de áreas naturales y al aumento de la vulnerabilidad de algunas especies y sus *hábitats*. El grado de consenso y de fiabilidad alcanzada en los estudios de impacto no es comparable al conseguido en el conocimiento de los fundamentos científicos del cambio climático, y por ello, el grado de fiabilidad de la evaluación de riesgos de impactos suele ser inferior al grado de fiabilidad del cambio mismo.

La respuesta social y política debe ser mundial para ser eficaz, y tiene como marco de referencia real los costes económicos de las medidas de limitación y adaptación, así como las dificultades del desarrollo y la transferencia de nuevas tecnologías. Hasta ahora este marco de referencia ha constituido una limitación. Es posible que en el futuro se transforme en una fuente de oportunidades de desarrollo económico y social y de impulso de un progreso tecnológico más racional

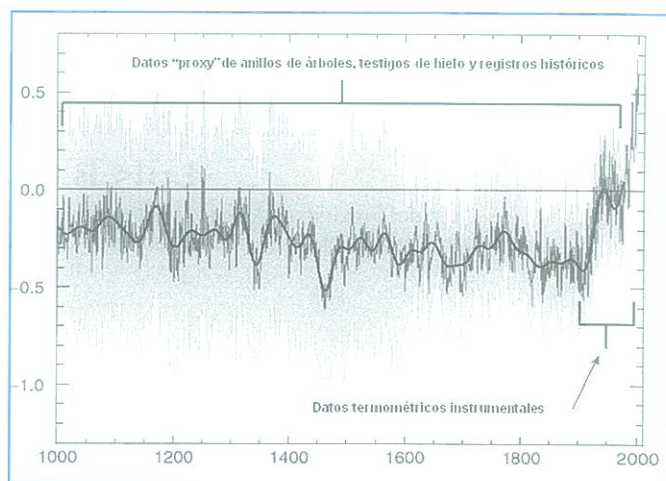
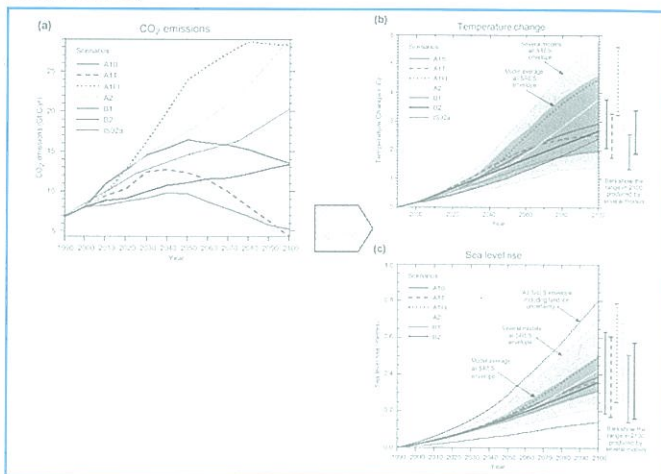


Figura 1. Desviaciones de la temperatura en superficie respecto al promedio 1961-90 en el Hemisferio Norte (Fuente: Tercer Informe del IPCC)

Figura 2. Actualización de Escenarios. a) Escenarios SRES de emisiones de CO_2 ; b) Respuesta de la temperatura; c) Respuesta del nivel del mar (Fuente: Tercer Informe del IPCC)



é integrado con una sensibilidad ambiental propia del siglo XXI.

La Convención Marco sobre Cambio Climático ha actuado considerando el principio de precaución: ha tenido en cuenta las incertidumbres intrínsecas debidas a la naturaleza del clima, al tiempo que ha asumido el cambio climático como un riesgo global, con posibilidades de daños irreversibles.

El desarrollo y aplicación de *protocolos* que concreten la Convención es un asunto mucho más difícil. Así, el Protocolo de Kioto, aprobado en 1997, sigue pendiente de la necesaria ratificación para su entrada en vigor. Los costes elevados de adaptación y limitación que suponen los acuerdos de inmediato cumplimiento, los períodos largos entre emisiones y efectos previstos, la diversidad de compuestos químicos sobre los que actuar, y las dificultades propias de la geopolítica mundial, quizás no justifiquen pero sí permiten comprender por qué es mucho más difícil la aprobación teórica y abstracta que la aplicación concreta y práctica.