

Distr.
GENERAL

A/AC.237/44/Add.1
16 de diciembre de 1993

ESPAÑOL
Original: INGLÉS

COMITE INTERGUBERNAMENTAL DE NEGOCIACION
DE UNA CONVENCION MARCO SOBRE
EL CAMBIO CLIMATICO
Noveno período de sesiones
Ginebra, 7 a 18 de febrero de 1994
Tema 2 a) del programa provisional

CUESTIONES RELACIONADAS CON LOS COMPROMISOS
CUESTIONES METODOLOGICAS

Adición

METODOLOGIAS PARA CALCULAR LA CONTRIBUCION DE DIFERENTES GASES
AL CAMBIO CLIMATICO: POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFERICO

Nota de la secretaría provisional

INDICE		<u>Párrafos</u>	<u>Página</u>
I.	INTRODUCCION	1 - 3	2
	A. El mandato del Comité y las disposiciones de la Convención	1 - 2	2
	B. Alcance de la presente nota	3	2
II.	EL CONCEPTO POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFERICO	4 - 9	2
III.	VENTAJAS Y LIMITACION DEL CONCEPTO DE POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFERICO	10 - 16	4
IV.	CUESTIONES SOMETIDAS A LA CONSIDERACION DEL COMITE	17 - 18	6

Anexos

I.	Pasajes del informe suplementario de 1992 a la evaluación científica del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático		8
II.	Resumen de los principales aspectos del concepto de potencial de calentamiento atmosférico que están siendo objeto de intensas investigaciones		14

I. INTRODUCCION

A. El mandato del Comité y las disposiciones de la Convención

1. En su octavo período de sesiones, basándose en las recomendaciones del Grupo de Trabajo I, el Comité aprobó varias conclusiones sobre diversas cuestiones relacionadas con las metodologías, teniendo en cuenta las disposiciones de la Convención, el debate habido en el período de sesiones y los documentos preparados para este último, en particular el documento (A/AC.237/34, titulado "Cuestiones relacionadas con los compromisos: metodologías para el cálculo/elaboración de inventarios de las emisiones y de la absorción de los gases de efecto invernadero"). Concretamente, el Comité discutió la cuestión de cómo calcular la contribución de diferentes gases al cambio climático tomando en consideración el concepto de potencial de calentamiento atmosférico. En relación con esto se puntualizó en el Comité que esas metodologías, en la medida en que se referían al cálculo de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros, no eran idénticas a las que se aplicaban para preparar los inventarios a que se refería el párrafo 1 del artículo 12 de la Convención.

2. El interés en comparar los efectos relativos de los diferentes gases de efecto invernadero tiene su base en lo dispuesto en el inciso c) del párrafo 2 del artículo 4 de la Convención, que dice así: "Para calcular las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero a los fines del inciso b) ... [comunicación de información sobre las políticas y medidas adoptadas], se tomarán en cuenta los conocimientos científicos más exactos de que se disponga, entre ellos los relativos a la capacidad efectiva de los sumideros y a la respectiva contribución de esos gases al cambio climático" (subrayado añadido).

B. Alcance de la presente nota

3. La secretaría provisional recibió el encargo de preparar un compendio de los estudios existentes (véase el documento A/AC.237/41, párrafo 43). La presente nota se ha redactado atendiendo a esa petición, pero al mismo tiempo en ella se pasa revista al estado de los conocimientos acumulados sobre el potencial de calentamiento atmosférico de los distintos gases de efecto invernadero. También se exponen en ella algunas de las cuestiones que plantea el concepto de potencial de calentamiento atmosférico a fin de animar el debate en el Comité.

II. EL CONCEPTO POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFERICO

4. Para redactar esta nota se han tenido extensamente en cuenta las conclusiones a que ha ido llegando el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). En su primera evaluación científica del cambio climático (1990), el IPCC señalaba que el clima de la Tierra podía verse modificado en cualquier momento por la forma en que la Tierra y su atmósfera esparcían y absorbían las radiaciones de onda corta del Sol, así como por la forma en que el sistema constituido por la Tierra y su atmósfera

emitían y absorbían radiaciones infrarroja térmicas. Si el sistema climático se encuentra en una situación de equilibrio, entonces la cantidad de energía solar absorbida se ve compensada exactamente por las radiaciones que emiten al espacio la Tierra y su atmósfera. Todo factor que pueda perturbar este equilibrio y, en consecuencia, alterar el clima se conoce con el nombre de agente de forzamiento radiativo. Los gases de efecto invernadero a los que se refiere la Convención figuran entre los agentes de forzamiento radiativo más importantes. Otros agentes de forzamiento radiativo que no caen dentro del ámbito de la Convención son, por ejemplo, el ozono de la estratosfera, las sustancias que agotan la capa de ozono (clorofluorocarbonos (CFC)), los aerosoles, la radiación solar y el cambio del albedo. El vapor de agua, que es también un poderoso gas de efecto invernadero de origen natural, no se suele tener en cuenta a los efectos de la Convención.

5. El agente que más ha contribuido desde los tiempos anteriores a la revolución industrial a incrementar el forzamiento radiativo como consecuencia de un aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (comprendidos en el ámbito de la Convención) es el dióxido de carbono (CO_2) (más de un 50%), seguido del metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). También contribuyen a ese fenómeno los aumentos, originados por las emisiones de metano, del vapor de agua de la estratosfera. Por lo tanto, el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero incrementa el forzamiento radiativo, de modo que el forzamiento radiativo total, en cualquier momento, es la suma de los forzamientos correspondientes a los distintos gases. Hay que señalar además que los gases pueden ejercer un forzamiento radiativo tanto directa como indirectamente: el forzamiento directo ocurre cuando el propio gas es un gas de efecto invernadero, mientras que el forzamiento indirecto tiene lugar cuando una transformación química del gas inicial produce un gas o gases que son ellos mismos gases de efecto invernadero o que influyen en otros gases de efecto invernadero. El forzamiento indirecto puede ser de signo positivo o negativo (véase, por ejemplo, el párrafo 6 de esta misma nota). En el primer caso, el forzamiento indirecto refuerza el efecto directo; en el segundo, lo reduce.

6. El concepto de potencial de calentamiento atmosférico se concibió para poner a disposición de los poderes públicos competentes un instrumento que les permitiera medir el posible efecto de calentamiento de las emisiones de cada gas, tomando como referencia el CO_2 , sobre la superficie de la Tierra hasta la troposfera o capa inferior de la atmósfera (esto es, hasta una altura de aproximadamente 10 km sobre la superficie). Este concepto define el efecto de calentamiento que produce la liberación de un kilogramo de cada gas a la atmósfera con respecto al del CO_2 durante un determinado período de tiempo después de la emisión. En el cuadro siguiente se proporcionan estimaciones numéricas (IPCC, 1992) del potencial directo de calentamiento atmosférico y el signo de los efectos indirectos de varios gases de efecto invernadero para un período de 100 años.

Potencial directo de calentamiento atmosférico de distintos gases para un período de 100 años

Gas	Potencial directo de calentamiento atmosférico	Signo de los efectos indirectos del potencial de calentamiento atmosférico
Dióxido de carbono	1	ninguno
Metano	11	positivo
Oxido nitroso	270	incierto
CFC-11	3 400	negativo
CFC-12	7 100	negativo
HCFC-22	1 600	negativo
HFC-134a	1 200	ninguno

7. En el suplemento de 1992 el IPCC tuvo en cuenta los notables progresos hechos para conocer mejor el efecto de agotamiento de la capa de ozono y el impacto de los aerosoles de sulfatos (partículas que flotan en la atmósfera), así como el concepto de potencial de calentamiento atmosférico. En el anexo I a la presente nota se da la definición de potencial de calentamiento atmosférico elaborada por el IPCC, así como las opiniones de este último acerca de las limitaciones que presenta esa definición, extraídas del informe suplementario de 1992 a la evaluación científica hecha por el IPCC.

8. El IPCC sigue estudiando el forzamiento radiativo y el potencial de calentamiento atmosférico, y sus conclusiones formarán parte de la segunda evaluación científica prevista para 1995. A finales de 1994 se conocerán las conclusiones provisionales. Si el estado de los conocimientos científicos lo permiten, esas conclusiones podrían incluir estimaciones cuantitativas del potencial de calentamiento atmosférico de los distintos gases.

9. El anexo II de la presente nota contiene un resumen de los principales aspectos del concepto de potencial de calentamiento atmosférico que están siendo objeto de intensas investigaciones.

III. VENTAJAS Y LIMITACION DEL CONCEPTO DE POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFERICO

Ventajas del concepto de potencial de calentamiento atmosférico

10. El concepto de potencial de calentamiento atmosférico resulta útil para varios fines, en particular los siguientes:

- a) Puede ayudar a determinar el efecto total que tienen sobre el clima las medidas que se adoptan para limitar las emisiones de diferentes gases, así como a comparar los esfuerzos que se hacen en los distintos países con este propósito;
- b) Puede servir de señal cuantitativa para las industrias y los poderes públicos competentes y, de esta forma, contribuir a fomentar unas actividades y desalentar otras. También puede servir para determinar las ventajas de una tecnología frente a otra, por ejemplo para calcular el potencial respectivo de calentamiento atmosférico al comparar los efectos del metano con los de la gasolina (dióxido de carbono) como carburante de transporte;
- c) Puede constituir la base cuantitativa de un planteamiento mixto para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, sumando el potencial de calentamiento atmosférico de un gas y la cantidad en que se reducen las emisiones de ese gas (o se aumenta su absorción) se obtendría la reducción equivalente del forzamiento radiativo mundial que se conseguiría. Si se dispusiera de un índice acordado internacionalmente y de las directrices consiguientes para su aplicación, cualquier país podría reducir su contribución al forzamiento radiativo mundial reduciendo las emisiones (o aumentando la absorción) de un determinado gas en "x unidades equivalentes", a fin de obtener el máximo beneficio con el mínimo costo.

11. En vista de estas ventajas, se podría utilizar el concepto de potencial de calentamiento atmosférico para aplicar la Convención, poner a punto medidas de política nacionales e internacionales e ir mejorando la labor del IPCC, lo que daría a los científicos una oportunidad de colaborar a la adopción de las decisiones necesarias.

Limitación del concepto de potencial de calentamiento atmosférico

12. El concepto de potencial de calentamiento atmosférico elaborado por el IPCC constituye un primer paso útil en el camino de comparar la contribución de los diferentes gases de efecto invernadero al cambio climático. Sin embargo, aparte de las dificultades que entraña estimar los efectos indirectos de algunos gases, es importante admitir que tal vez sea imposible construir un indicador que, con una sola cifra, permita comparar todos los efectos de los distintos gases de efecto invernadero sobre el clima. En cambio, sí es posible construir un cuadro que indique la contribución de cada unidad (un kilogramo) de emisiones por las fuentes y de absorción por los sumideros de un determinado gas con respecto a un gas de referencia, para lo que se suele escoger el CO₂. Los horizontes cronológicos que se utilizarían para estos cálculos podrían ser de 20, 50, 100 y 500 años.

13. Actualmente, los científicos consideran que los trabajos sobre el potencial de calentamiento atmosférico están todavía en una fase preliminar, pero muy pronto los que tienen la responsabilidad de decidir la política en la

materia, sobre todo en la Conferencia de las Partes, necesitarán contar con unos valores de referencia, decididos de común acuerdo, que sean fáciles de utilizar.

14. Como el concepto potencial de calentamiento atmosférico es algo que concierne tanto a los poderes públicos competentes como al mundo de la ciencia, será importante que los científicos que trabajen en la definición de los susodichos valores de referencia conozcan y tengan en cuenta las cuestiones que plantean esos valores y su aplicación con vistas a la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

15. Los gases presentes en bajas concentraciones que son producto de actividades humanas están relacionados también con otros problemas planetarios (por ejemplo, la acidificación). Si se decide aplicar el concepto de potencial de calentamiento atmosférico, habrá que tener en cuenta esas otras propiedades.

16. En los pasajes del informe suplementario de 1992 del IPCC que se reproducen en el anexo I se analizan con más detalles las limitaciones que presenta el concepto de potencial de calentamiento atmosférico.

IV. CUESTIONES SOMETIDAS A LA CONSIDERACION DEL COMITE

17. Es evidente que hay que dar una contestación a muchas cuestiones, no todas ellas puramente científicas; también habrá que tomar decisiones de política general. Entre las cuestiones que el Comité podría discutir figuran las siguientes:

- a) ¿Qué gases habría que incluir en la escala de valores de referencia que se acordase?
- b) ¿Qué directrices habría que adoptar para facilitar la utilización y comparabilidad del potencial de calentamiento atmosférico, por ejemplo el año de base y las concentraciones?
- c) ¿Qué horizonte u horizontes cronológicos serían más convenientes (20, 50, 100, 500 años u otros períodos), en vista del diferente tiempo de permanencia de los distintos gases de efecto invernadero en la atmósfera?
- d) ¿Debería utilizarse el potencial de calentamiento atmosférico en las comunicaciones nacionales?

18. Es muy importante contestar a estas preguntas para poder elaborar las directrices necesarias a los efectos de la preparación de las primeras comunicaciones que habrán de presentar las Partes que figuran en el anexo I de la Convención. Como se señala en el documento A/AC.235/45, el Comité deberá aprobar tales directrices en su noveno período de sesiones si se quiere que estén en poder de las Partes que figuran en el anexo I de la Convención con antelación suficiente para que les resulten útiles. En relación con esto, debe recordarse que en el documento A/AC.235/45, además de proponer que la utilización del concepto de potencial de calentamiento atmosférico en las comunicaciones nacionales se base en un inventario plenamente desglosado y detallado (que incluya un cuadro o un resumen de los datos originales sobre emisión y absorción de gases de efecto invernadero), también se invita al Comité a que dé otras orientaciones tras haber discutido el presente documento.

Anexo I

PASAJES DEL INFORME SUPLEMENTARIO DE 1992 A LA EVALUACION CIENTIFICA
DEL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO

A2.3. EL CONCEPTO DE POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFERICO

El concepto de potencial de calentamiento atmosférico se elaboró con el fin de ofrecer una forma sencilla de medir los efectos radiativos relativos de las especies bien mezcladas, así como para que los poderes públicos competentes pudieran evaluar las distintas formas posibles de limitar las emisiones de los diversos gases de efecto invernadero, evitándoles así la necesidad de realizar repetidos cálculos complejos. El IPCC (1990) examinó el concepto de potencial de calentamiento atmosférico con todo detalle, por lo que ahora sólo se abordan los aspectos más notables. Sin embargo, como se señala más adelante, el cálculo del potencial de calentamiento atmosférico presenta serias limitaciones que reducen su utilidad práctica.

A2.3.1. Definición

El potencial de calentamiento atmosférico de un determinado gas de efecto invernadero es el promedio mundial del efecto relativo de calentamiento provocado por las emisiones de ese gas.

- Es un indicador relativo porque expresa el efecto de calentamiento de un gas en comparación con el de otro gas (o "molécula") de referencia;
- Es un indicador mundial porque representa el promedio neto, mundial anual de los flujos radiativos en la tropopausa y, por consiguiente, mide los efectos sobre todo el sistema comprendido entre la superficie de la Tierra y la troposfera;
- Es un indicador temporal del calentamiento de la Tierra durante un determinado período de tiempo, teniendo en cuenta el cambio con el tiempo de las concentraciones de las especies.

El potencial de calentamiento atmosférico de un gas bien mezclado ha sido definido por el IPCC (1990) como la variación, integrada en el tiempo, del forzamiento radiativo originado por la liberación instantánea en la atmósfera de un kilogramo de un gas en baja concentración en relación con la liberación de un kilogramo de CO₂. Para calcular el potencial de calentamiento atmosférico de una determinada especie hay que especificar los elementos siguientes:

- i) el forzamiento radiativo tanto del gas de referencia como de la especie por unidad de masa o variación de la concentración;
- ii) el período de tiempo en el cual ha de integrarse el forzamiento;
- iii) la permanencia en la atmósfera tanto de la especie como del gas de referencia;

- iv) la trayectoria de la descomposición química de la especie y el grado en que da origen a otras especies de efecto invernadero, por ejemplo producción de O₃ a partir de CH₄, NO_x, CO e hidrocarburos no paratínicos;
- v) el estado químico presente y futuro de la atmósfera, esto es, los niveles de las concentraciones de fondo de distintas especies en la troposfera;
- vi) el estado físico presente y futuro de la atmósfera, esto es, los valores de las variables meteorológicas en toda la troposfera (por ejemplo el perfil de la temperatura o las propiedades de las nubes).

Los elementos iii) y iv) están íntimamente relacionados con los elementos v) y vi) y son la causa de que el cálculo del potencial de calentamiento atmosférico dé resultados sumamente inciertos, como se verá más adelante en la sección A2.3.4.

Es posible utilizar otras definiciones del potencial de calentamiento atmosférico, por ejemplo la basada en las emisiones continuas en vez de las emisiones intermitentes (Wigley y otros, 1990). Esas otras definiciones pueden arrojar valores numéricos del potencial de calentamiento atmosférico distintos de los que se pueden obtener con la presente definición, pero en general no son tan diferentes como para que alteren el orden de clasificación de las especies importantes.

A2.3.2. Molécula de referencia

Teniendo en cuenta el marco conceptual del potencial de calentamiento atmosférico y sus consecuencias desde el punto de vista de las medidas que deban adoptar los poderes públicos competentes, la elección de una molécula de referencia la impone la necesidad de evaluar los resultados en función del principal gas causante del problema de los gases de efecto invernadero. Ese fue el motivo por el cual el IPCC (1990) eligió el CO₂ como gas de referencia para determinar el potencial de calentamiento atmosférico de los distintos gases. Aunque otro gas o sucedáneo habría tenido un comportamiento más sencillo en comparación con el CO₂ en lo que se refiere a su descomposición atmosférica (por ejemplo los CFC; véase Fisher y otros, 1990), a los efectos del cálculo del potencial de calentamiento atmosférico que se propone en este informe se ha decidido, tras larga reflexión, seguir utilizando el CO₂ como gas de referencia.

Para evitar la necesidad de utilizar un solo tiempo de permanencia en la atmósfera para el CO₂, el IPCC (1990) empleó un modelo del ciclo del carbono para calcular el forzamiento radiativo integrado en el tiempo del CO₂, concretamente el modelo de difusión por cajas océano-atmósfera de Siegenthaler y Oeschger (1987; véase también Siegenthaler, 1983) que se basaba en la hipótesis de una biosfera neutra neta.

A2.3.3. Horizontes cronológicos del potencial de calentamiento

atmosférico

Como los gases de efecto invernadero tienen diversos mecanismos de absorción, también tienen tiempos de presencia o permanencia en la atmósfera distintos. Esto significa que el resultado del cálculo del potencial de calentamiento atmosférico dependerá del tiempo de integración que se escoja. A los efectos de determinar el potencial de calentamiento atmosférico de un gas de efecto invernadero, no se puede decir que exista un tiempo de integración que convenga para todas las aplicaciones posibles de este concepto, aunque la elección de un determinado horizonte cronológico para calcular el potencial de calentamiento atmosférico no tiene porqué ser enteramente arbitraria (véase en IPCC (1990) y en OMM (1992) un análisis de la elección de los horizontes cronológicos). En este informe (esto es, el informe suplementario de 1992 a la evaluación científica del IPCC) el potencial de calentamiento atmosférico de los diferentes gases se ha calculado para horizontes cronológicos de 20, 100 y 500 años (lo mismo que en IPCC (1990)). Se piensa que estos tres horizontes cronológicos resultan prácticos con miras a la adopción de medidas para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero.

A2.3.4. Limitaciones del concepto de potencial de calentamiento atmosférico según la definición actual

Aunque el concepto de potencial de calentamiento atmosférico, tal como se definió en IPCC (1990), es un instrumento cómodo y bastante práctico para clasificar el impacto relativo y acumulativo de las emisiones de gases de efecto invernadero, presenta las limitaciones siguientes, algunas de las cuales son muy graves:

- a) La construcción de modelos de la transferencia radiativa en la atmósfera contiene incertidumbres, según se señaló ya en IPCC (1990).
- b) Como el potencial directo de calentamiento atmosférico mide el impacto mundial de las emisiones de un determinado gas de efecto invernadero, resulta sumamente adecuado para los gases que están bien mezclados en la troposfera (por ejemplo el CO₂, el CH₄, el óxido nítrico (N₂O) y los halocarbonos). El forzamiento radiativo utilizado para calcular el potencial de calentamiento atmosférico no pretende definir la dependencia latitudinal y estacional de la variación de los flujos radiativos entre la superficie de la Tierra y la troposfera. Los diferentes gases bien mezclados pueden dar patrones espaciales de forzamiento radiativo distintos (Wang y otros, 1991);
- c) La definición de potencial de calentamiento atmosférico que se ha utilizado en este informe tiene en cuenta únicamente el forzamiento radiativo entre la superficie de la Tierra y la troposfera y no una determinada reacción (por ejemplo la temperatura de la superficie) del sistema climático. Aunque las perturbaciones de los flujos radiativos entre la superficie de la Tierra y la troposfera pueden estar relacionadas con variaciones de la temperatura en la

superficie en el contexto de los modelos radiativos-convectivos unidimensionales (OMM, 1986), tal interpretación general de las variaciones de la temperatura, sea en los modelos de circulación general tridimensionales, sea en el sistema real superficie-atmósfera, debe tomarse con precaución. Además, aunque el potencial de calentamiento atmosférico de un gas bien mezclado se pueda considerar un buen indicador de la variación potencial de la temperatura media mundial provocada por las emisiones de ese gas con respecto al CO₂, tal concepto no sirve en cambio para predecir o interpretar las reacciones climáticas regionales.

- d) Los valores numéricos del potencial de calentamiento atmosférico son sensibles a las incertidumbres del tiempo de permanencia de un gas en la atmósfera. Esto significa que es de suponer que se irán revisando los valores numéricos del potencial de calentamiento atmosférico a medida que los científicos vayan conociendo mejor este fenómeno. Al utilizarse como gas de referencia el CO₂, cualquier revisión del cálculo de su forzamiento radiativo integrado en el tiempo modificará los valores numéricos del potencial de calentamiento mundial de todos los otros gases. Los valores numéricos de este potencial también son sensibles a la elección del modelo del ciclo de carbono para calcular el forzamiento radiativo integrado en el tiempo del CO₂. En particular, como el modelo diseñado por Siegenthaler-Oeschger no tiene más que un solo sumidero oceánico del CO₂, lo más probable es que sobreestime las variaciones de las concentraciones de gases y subestime tanto el potencial directo como el indirecto de calentamiento atmosférico. La magnitud de este sesgo depende del tiempo de permanencia del gas en la atmósfera y del horizonte cronológico que se escoja.
- e) Tal como se ha definido aquí, el potencial de calentamiento atmosférico se basa en el supuesto de que las concentraciones se mantienen constantes en sus niveles actuales. Los valores calculados del potencial de calentamiento atmosférico dependen de los niveles de concentraciones de que se parta. Los índices se calculan para la atmósfera contemporánea y no tienen en cuenta los cambios posibles en la composición química de la atmósfera. Los cambios en el forzamiento radiativo ocasionados por los cambios en las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O no son lineales con respecto a esos cambios. El efecto final de esta falta de linealidad es que, a medida que los niveles de CO₂ aumentan en relación con los valores actuales, los potenciales de calentamiento atmosférico de los gases que no contienen CO₂ serían más elevados que los aquí calculados (véase OMM (1992)).
- f) Para que el concepto de potencial de calentamiento atmosférico sea más útil, es necesario cuantificar tanto los efectos directos como los indirectos. Sin embargo, es más difícil calcular con exactitud los efectos indirectos de los directos, por las razones siguientes.
- i) No se conocen con exactitud los detalles de los procesos químicos ni las variaciones en el espacio y en el tiempo de las

especies que intervienen en estas transformaciones. Como se indica más adelante, se conoce con bastante seguridad el signo de algunos de los efectos indirectos, pero todavía no hay estimaciones precisas de estos efectos. Dado nuestros conocimientos incompletos de los procesos químicos, ahora se reconoce que los márgenes de error de los cálculos de los efectos indirectos del potencial de calentamiento atmosférico de que se daba cuenta en IPCC (1990) son tan grandes que ya no se puede recomendar su utilización.

- ii) En el caso de los gases que no están bien mezclados (por ejemplo, los precursores del ozono troposférico), quizá no tenga ninguna utilidad utilizar el concepto de potencial de calentamiento atmosférico;
- iii) Además, aunque hasta el momento el concepto de potencial de calentamiento atmosférico se ha aplicado a los gases con perturbaciones solamente en los espectros de onda larga, es posible que no refleje adecuadamente las variaciones estacionales y latitudinales de los efectos radiativos ocasionados por especies no distribuidas de forma homogénea que tienen una interacción grande en el espectro solar (por ejemplo los aerosoles).

Como conclusión debe advertirse que, en vista de las limitaciones anteriores, ha de procederse con mucha cautela si se pretende utilizar el concepto de potencial de calentamiento atmosférico en el momento de adoptar directrices generales.

Bibliografía

- Fisher, D. A., C. H. Hales, W.-C. Wang, M. W. K. Ko y N. D. Sze (1990), "Model calculations of the relative effects of CFCs and their replacements on global warming", Nature, vol. 344, págs. 513 a 516.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1990), Climate Change: The Scientific Assessment, J. T. Houghton, G. J. Jenkins y J. J. Ephraums, compiladores. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ (1992), Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment, J. C. Houghton, B. A. Callander y S. K. Varney, compiladores. Cambridge: Cambridge University Press.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM) (1986), "Atmospheric Ozone 1985", Proyecto de Investigación, Vigilancia Mundial del Ozono de la OMM, Informe N° 16, Ginebra.
- Siegenthaler, U. (1983), "Uptake of excess CO₂ by an outcrop-diffusion model of the ocean", Journal of Geophysical Research, vol. 88, págs. 3.599 a 3.608.
- _____ y H. Oeschger (1987), "Biospheric CO₂ emissions during the past 200 years reconstructed by deconvolution of ice core data", Tellus, vol. 39B, págs. 140 a 154.
- Wang, W.-C., M. P. Dudek, X.-Z. Liang y J. T. Kiehl (1991), "Inadequacy of effective CO₂ as a proxy in simulating the greenhouse effect of other radiatively active gases", Nature, vol. 350, págs. 573 a 577.
- Wigley, T. M. L., M. Hulme y T. Holt (1990), "An alternative approach to calculating global warming potentials. Presentation at a workshop on the scientific basis of global warming potential indices", Boulder, Colorado (noviembre).

Anexo II

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES ASPECTOS DEL CONCEPTO DE POTENCIAL
DE CALENTAMIENTO ATMOSFERICO QUE ESTAN SIENDO OBJETO DE
INTENSAS INVESTIGACIONES

Actualmente se llevan a cabo intensas investigaciones sobre los siguientes aspectos científicos del concepto de potencial de calentamiento atmosférico y su cálculo:

1. Efectos indirectos.

Muchas especies químicas contribuyen considerablemente de forma indirecta al fenómeno del forzamiento radiativo. El IPCC (1992) señaló que las dificultades que planteaba calcular con cierta exactitud estos efectos eran mucho mayores de lo que se había pensado en un principio. Esto llevó a concentrar las investigaciones en intentar mejorar esos cálculos. Las investigaciones persiguen los fines siguientes:

- tratar de definir mejor los múltiples efectos indirectos del metano;
- comparar los modelos de las capas interiores de la atmósfera a fin de analizar el estado de los conocimientos actuales sobre los procesos químicos y demás procesos que determinan los efectos indirectos del potencial de calentamiento atmosférico del metano. Los resultados de esta investigación aportarán datos esenciales para saber si ya se puede calcular de forma fiable los efectos indirectos del potencial de calentamiento atmosférico del metano;
- Investigar hasta qué punto se puede aplicar el concepto de potencial de calentamiento atmosférico al monóxido de carbono, cuyos procesos atmosféricos son similares a los del metano.

2. Potencial neto de calentamiento atmosférico de las sustancias que agotan la capa de ozono.

La OMM (1992) y el IPCC (1992) señalaron que el agotamiento del ozono en la capa inferior de la estratosfera agregaba un efecto de enfriamiento (esto es, un efecto negativo) al potencial de calentamiento atmosférico de las especies químicas que agotan el ozono de la estratosfera. Desde ese descubrimiento varios investigadores han empezado a trabajar en una estimación cuantitativa de la suma de los efectos positivos y negativos de cada una de las principales sustancias que agotan la capa de ozono (esto es, los clorofluorocarbonos y los halones).

3. Investigación de otras formas de calcular el potencial de calentamiento atmosférico.

Tradicionalmente, por potencial de calentamiento atmosférico se ha entendido el forzamiento radiativo de una determinada especie química tomando como referencia el producido por el dióxido de carbono. Como

todavía se están perfeccionando cuantitativamente los conocimientos sobre los mecanismos de absorción del dióxido de carbono, utilizar esta sustancia como referencia para calcular la escala de potenciales de calentamiento atmosférico significa que el potencial de calentamiento atmosférico de todas las demás especies cambia a medida que se va conociendo mejor el del dióxido de carbono. Diversos investigadores están explorando otras formas de calcular el potencial de calentamiento atmosférico, concretamente estas dos: i) expresar el forzamiento radiativo en unidades absolutas en vez de unidades relativas, y ii) utilizar como gas de referencia una molécula uniforme parecida al dióxido de carbono.

4. Otras mejoras del concepto y el cálculo del potencial de calentamiento atmosférico.

Diversos investigadores están estudiando la sensibilidad del cálculo del potencial de calentamiento atmosférico a varias hipótesis establecidas para determinar estas cantidades medias mundiales: i) los forzamientos radiativos latitudinal y vertical potencialmente diferentes de los distintos gases de efecto invernadero, ii) los cambios en las concentraciones atmosféricas de otros gases de efecto invernadero; y iii) la variación de las propiedades de la atmósfera (por ejemplo, nubes y vapor de agua) como consecuencia de un cambio de clima.

Las escalas cronológicas que vayan apareciendo en la literatura científica que recoja los resultados de las investigaciones sobre estos y otros aspectos variarán considerablemente según el aspecto investigado, ya que el grado de complejidad y dificultad es muy diferente para las distintas áreas de investigación. Este ritmo y los descubrimientos que se puedan hacer en el futuro influirán en las conclusiones de las evaluaciones futuras del estado de los conocimientos sobre esta cuestión.

Bibliografía

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1992), Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment, J. T. Houghton, B. A. Callander y S. K. Varney, compiladores. Cambridge: Cambridge University Press.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) (1992), "Scientific Assessment of Ozone Depletion 1991", OMM/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Proyecto de Investigación y Vigilancia Mundial del Ozono de la OMM, Informe N° 25, Ginebra.
