



**Programa
de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente**

Distr.
LIMITADA

UNEP/WG.69/6
16 de octubre de 1981

ESPAÑOL
Original: INGLÉS

Grupo de Trabajo ad hoc de expertos jurídicos
y técnicos encargado de elaborar un convenio
que sirva de marco mundial para la protección
de la capa de ozono
Estocolmo, 20 a 29 de enero de 1982

**APRECIACION AMBIENTAL DEL PROCESO DE AGOTAMIENTO
DE LA CAPA DE OZONO Y SUS CONSECUENCIAS**

Documento preparado por el Comité Coordinador
del PNUMA sobre la Capa de Ozono

APRECIACION AMBIENTAL DEL PROCESO DE AGOTAMIENTO DE LA
CAPA DE OZONO Y SUS CONSECUENCIAS, OCTUBRE DE 1981

OBSERVACIONES DEL OZONO

1. La prueba concluyente de la teoría del agotamiento de la capa de ozono consiste en la detección de modificaciones a largo plazo de la distribución mundial total y de la distribución vertical del ozono, para lo que se necesita un flujo continuo y comprensivo de datos fiables procedentes del sistema de observación del ozono. Las mediciones desde tierra constituyen un elemento importante del sistema, tanto por su utilidad propia como porque proporcionan los datos de referencia para sistemas de observación por satélite, que pueden aportar información más completa sobre la distribución total y vertical del ozono. Sin embargo, es difícil realizar mediciones precisas del ozono, y la interpretación de los datos ha de matizarse a la luz de los muchos elementos de incertidumbre (por ejemplo, la desviación a largo plazo de los instrumentos) y la gran variabilidad natural (sinóptica, estacional, solar, etc.).
2. Ozono total: Durante los últimos seis años, alrededor de 50 espectrofotómetros Dobson de ozono se ajustaron o intercompararon con el instrumento primario que constituye el patrón mundial, sito en NOAA-Boulder (Colorado, Estados Unidos de América), o con un instrumento regional (secundario) utilizado también como patrón. La mayor parte de los datos sobre el ozono reunidos por instrumentos Dobson que se transmiten al World Ozone Data Center (WODC) de Toronto proceden de esos instrumentos ajustados. De la importancia de esas intercomparaciones pueden dar idea los errores de calibración descubiertos, que en algunos casos han sido superiores al 7%. Aunque sólo afecten a unos pocos instrumentos, tales diferencias indican que existen estaciones que generan a veces datos con grandes errores. La precisión de una red de instrumentos Dobson bien mantenida se calcula en $\pm 1,5\%$ para los cálculos de los promedios anuales mundiales. No obstante, la precisión de la red podría ser considerablemente menor debido a la incertidumbre de los coeficientes de absorción. También se han comprobado desviaciones progresivas de las mediciones, por lo que se considera esencial la realización de intercomparaciones frecuentes (cada tres o cuatro años).
3. Todavía se pueden mejorar, tanto en cantidad como en calidad, los datos obtenidos por la red terrestre de medición del total de ozono. La distribución geográfica de las estaciones es desigual (alrededor de dos tercios del total están situadas entre los 30° Norte y los 60° Norte). Una distribución más equilibrada, comprobaciones frecuentes de los instrumentos y el aumento de la regularidad de las observaciones podrían afectar positivamente a la calidad de los datos.
4. Alrededor de un tercio de las estaciones terrestres existentes no informan regularmente al WODC de Toronto, por lo que no pueden utilizarse para el análisis de tendencias. Entre las que informan regularmente, un porcentaje considerable (alrededor del 20%) proporciona datos obtenidos mediante instrumentos de filtro de baja calidad. La Comisión internacional sobre el ozono ha llegado a la conclusión de que otro instrumento (el espectrofotómetro Brewer), por sus características de funcionamiento, reúne todos los requisitos para las observaciones y no distorsionaría la homogeneidad de la red, por lo que ha recomendado su inclusión en la red de medición del ozono para suplementar o posiblemente reemplazar a algunos de los instrumentos Dobson.
5. Distribución vertical del ozono: Se calcula que el porcentaje previsto de agotamiento de la concentración de ozono en los niveles superiores de la estratosfera debido a las emisiones de clorofluorocarburos es varias veces superior al porcentaje previsto de agotamiento de la cantidad total de ozono. Por consiguiente, los datos procedentes de esa zona constituyen probablemente la información más crucial sobre las perturbaciones del ozono. De ahí la urgente necesidad de datos sobre la distribución vertical del ozono.

6. Hasta ahora, la mayor parte de los datos sobre la distribución vertical del ozono proceden de mediciones Umkehr desde estaciones terrestres. Tales datos son especialmente útiles para los análisis de la región de 25 a 50 kilómetros de altitud en la atmósfera. Sin embargo, sólo unas 12 estaciones realizan regularmente tales mediciones. Recientemente se ha introducido un nuevo método de múltiples longitudes de onda, el "Umkehr corto", cuya utilización ha de alentarse. Se necesitan mediciones directas por sondas transportadas por globo a fin de conseguir análisis más detallados de la distribución vertical del ozono, estudios sobre la circulación, etc. La red de sondas de ozono es notoriamente insuficiente, pues son menos de una docena las estaciones que realizan sondas semanales del ozono por globo, y sólo unas pocas de ellas disponen de series de mediciones que abarquen más de diez años. Se han realizado en dos ocasiones, en 1970 y 1978-1980, intercomparaciones internacionales de diversos tipos de sondas de ozono operacionales. Se prevé la realización de más comparaciones en 1982. Daben realizarse esfuerzos por continuar y mejorar las sondas de ozono por globo al tiempo que se intensifican las mediciones indirectas de la distribución vertical del ozono mediante, por ejemplo, el método Umkehr.

7. Mediciones por satélite: Durante los últimos diez años se han ideado varios instrumentos transportados por satélite para las mediciones de la cantidad total en columna y de la distribución vertical del ozono utilizando diversas técnicas experimentales. Los instrumentos que se han utilizado o se utilizan para las mediciones son los siguientes:

- i) Ozono total en columna - estos datos se basan en las técnicas de radiaciones solares retrodispersas ultravioletas (BUV, SBUV/TOMS) e infrarrojas en la banda de los $9,6 \mu\text{m}$ (IRIS, MFR, HIRS-2). Los datos que se han elaborado y comprobado están resultando muy valiosos. Se observa una diferencia sistemática entre las observaciones casi simultáneas del total de ozono por los procedimientos BUV y Dobson, pues este último genera en promedio datos superiores en un 7%.
- ii) Distribución vertical del ozono - estos datos se basan en las mismas técnicas básicas que los del total de ozono en columna, es decir, en las de radiaciones solares retrodispersas ultravioletas (BUV, SBUV) e infrarrojas en la banda de los $9,6 \mu\text{m}$ (IRIR, LIMS). Además, se ha utilizado la técnica de oculación solar en la región visible (SAGE). Se dispone ya de los datos BUV y de parte de los SBUV; los datos procedentes de otros instrumentos transportados por satélite se están comprobando y elaborando.

8. En los próximos años los sistemas de observación por satélite desempeñarán un papel de creciente importancia en la vigilancia del ozono. Con el apoyo de mediciones Umkehr, constituyen el medio más adecuado para la pronta detección de las influencias antropogénicas en la capa de ozono de la estratosfera superior. Se han de continuar apoyando los presentes sistemas de observación por satélite, al tiempo que se trata de mejorar su precisión y fiabilidad.

9. Sondas del ozono transportadas por cohete: Las mediciones por cohete son necesarias fundamentalmente para la calibración de los instrumentos transportados por satélite. Se han realizado recientemente alrededor de 60 lanzamientos de intercomparación que permitirán probablemente una evaluación de los datos derivados de sondas anteriores por cohete y mejorar nuestros conocimientos sobre la distribución del ozono en la estratosfera superior.

10. Sistema mundial de observación del ozono (GOOS): Una cuidadosa evaluación de las características de funcionamiento de los diversos sistemas de observación del ozono permitió concluir que podía conseguirse un flujo continuo de datos fiables sobre el total y la distribución vertical del ozono que formarían un conjunto coherente mediante la integración de los sistemas de observación del ozono por satélite con una red de estaciones terrestres bien mantenidas. Para conseguir la integración plena es estrictamente necesario realizar intercomparaciones de rutina con diferentes sondas de las utilizadas en la investigación a fin de aclarar algunas discrepancias que existen todavía en la región de los 30 a los 35 kilómetros.

ANÁLISIS DE LOS DATOS SOBRE EL OZONO

11. La variabilidad natural del ozono atmosférico, relativamente grande, dificulta la detección de tendencias. La red terrestre de instrumentos Dobson indica que entre 1965 y 1980 se han observado varios períodos de aumento y de disminución, de uno a varios puntos en porcentaje, de varios años de duración. Existen indicaciones de una posible variación relacionada con el ciclo solar sobre la que, sin embargo, no se tiene todavía seguridad estadística. No hay pruebas de un cambio global de más del 2% del total de ozono entre 1958 y 1980. Análisis estadísticos más perfeccionados de los datos procedentes de 36 estaciones Dobson seleccionadas confirman esa conclusión y no aportan prueba alguna de la existencia de una tendencia estadísticamente significativa durante el período de 1970 a 1979.

12. Las mediciones del ozono total obtenidas por el satélite Nimbus-4 mediante el procedimiento de las radiaciones ultravioletas retrodispersas (BUV), analizadas hasta el momento por un período limitado, muestran una discrepancia con los datos de la red Dobson que varía con el tiempo. Se supone que se ha producido una desviación progresiva de las mediciones por satélite. Si no se corrige esa aparente desviación, los datos obtenidos por satélite indican, entre 1970 y 1974, una disminución del ozono superior en un 1% a la indicada por la red Dobson. Si se intenta corregir la desviación, los datos obtenidos por satélite indican que no hubo cambios en la cantidad de ozono entre 1970 y 1974, mientras que la red Dobson indica una disminución de cerca del 2%. En el futuro, gracias al alcance espacial de un sistema de observación por satélite, la intercalibración adecuada con la red Dobson permitirá probablemente una mejora considerable de la precisión de los datos mundiales sobre el ozono total. Se calcula que el valor promedio mensual mundial del ozono total así obtenido no tendría un margen de error de más del 1%.

13. Cualquier influencia potencial de los clorofluorocarburos en la cantidad de ozono tendría que manifestarse con la máxima intensidad alrededor de los 40 kilómetros de altitud, zona en la que los efectos fotoquímicos dominan a los de transporte. No se sabe todavía con seguridad en qué medida el aumento de un 10% indicado por los datos Umkehr en la zona de los 32 a 48 kilómetros en latitudes templadas septentrionales entre 1965 y 1970 es real (posiblemente debido a la tendencia al aumento de la cantidad de ozono en los períodos álgidos

de las marchas solares) y en qué medida es artificial, causado por el efecto sobre el método Umkehr de los aerosoles inyectados en la estratosfera cuando se produjo la erupción del monte Agung (1963) y por su disminución posterior. En la misma zona (32 a 48 kilómetros) se produjo una disminución apreciable (alrededor del 4%) inmediatamente después de la erupción del monte Fuego en 1974. La concentración de ozono en esa capa en 1979/80 había vuelto lentamente a los valores de 1973/74. Un estudio de los datos relativos a la capa de los 32 a 48 kilómetros procedentes de 12 estaciones Umkehr en el hemisferio septentrional durante el período 1970 a 1979 indica que no se pudieron detectar cambios significativos. Cuando se publiquen, los datos obtenidos por satélite sobre la misma franja de altitudes proporcionarán probablemente información adicional que habrá de interpretarse cuidadosamente.

14. En lo que se refiere a la capa de los 16 a los 32 kilómetros, existe una discrepancia entre las tendencias del ozono deducidas de los datos Umkehr y las deducidas de los datos obtenidos por sondas de ozono, pues las mediciones Umkehr indican que no se produjo esencialmente cambio alguno en la cantidad de ozono entre 1970 y 1979 mientras que las sondas detectaron una disminución de algunos puntos porcentuales. Por consiguiente, en esa gama de altitudes no se dispone de datos seguros sobre la variación real del ozono.

15. En la capa de los 2 a los 8 kilómetros (troposfera) las sondas de ozono indican un aumento aproximado del 20% en la cantidad de ozono entre 1967 y 1980 en latitudes templadas septentrionales. Un aumento similar en las latitudes polares septentrionales hace muy improbable que el aumento se deba a fuentes locales de contaminación fotoquímica urbana en la troposfera. Por consiguiente, los datos proporcionados por las sondas de ozono sugieren que la práctica inmutabilidad del ozono total durante el último decenio se ha debido a un equilibrio parcial entre la posible disminución del ozono de la estratosfera y el mencionado aumento del de la troposfera.

DETECCION DE LAS TENDENCIAS DEL OZONO

16. En lo que se refiere a la cuestión de con qué precisión se pueden establecer los efectos de las actividades humanas sobre las modificaciones del total de ozono, se reconoce que, aunque puede obtenerse una determinación bastante precisa de la cantidad total de ozono en el mundo, ello no significa que puedan detectarse fácilmente los efectos antropogénicos. La cuestión fundamental es la variabilidad natural, relativamente grande, del total de ozono. Los datos disponibles, que abarcan apenas 20 años, no permiten especificar con seguridad esta variabilidad natural. En consecuencia, no pueden delinearse, ni siquiera mediante las complejas técnicas estadísticas de que se dispone, las influencias antropogénicas, dada la posibilidad de que existan además efectos positivos y negativos simultáneos de diferente origen.

17. Se observó que la estimación del cambio de la cantidad total de ozono indicada recientemente en tres estudios era un aumento estadísticamente poco significativo del 1% durante el período 1970-1979, con un margen de incertidumbre de $\pm 1,5\%$ en promedio. Los límites de error (límites de confianza de 95%) reflejan las incertidumbres naturales, espaciales e instrumentales que revelan los datos analizados.

Estos avances recientes en los datos estadísticos muestran que en la actualidad, la variación del 2% desde 1970 atribuible a diversos factores antropogénicos, es la menor que podía detectar la red de vigilancia Dobson. Sin embargo, introduciendo consideraciones meteorológicas y teniendo en cuenta las posibles influencias y efectos no revelados por los análisis estadísticos, el umbral puede llegar al 4%. Es posible que cuando se disponga de series más largas de datos se pueda aumentar la precisión de este análisis estadístico para la detección de tendencias.

FUENTES Y SUMIDEROS DE CFC

18. Entre 1974 y 1980, la producción mundial de CFC 11 y 12 ha disminuido, según las estimaciones de la Chemical Manufacturers Association (CMA), en un total de 18%, de 851 Kt (miles de toneladas métricas) anuales a 696 Kt anuales. La reducción se produjo en gran medida en los años comprendidos entre 1964 y 1977; durante el año pasado sólo se produjo una disminución de un 1% (véanse detalles completos en los datos aportados por la CMA). Estas estimaciones se basan en los datos remitidos a la CMA por las compañías informantes con una precisión estimada de 5% y una contribución incierta del 8% de países que no informan a la CMA. Se necesitan datos de los países no informantes para aumentar la precisión de las estimaciones de la producción mundial. Las emisiones estimadas correspondientes de estos CFC han disminuido de 741 Kt a 591 Kt entre 1974 y 1980.

19. Teniendo en cuenta solamente los datos de las compañías informantes, ha disminuido de 610 Kt a 350 Kt durante el período 1974 a 1980 la utilización anual total de aerosoles y espuma de células abiertas (desprendimiento inmediato de los gases en la atmósfera), pero durante el mismo período aumentó de 203 Kt a 290 Kt el total anual utilizado en refrigeración y espumas de células cerradas (desprendimiento diferido). Se reconoce que la reducción de la utilización de CFC en aerosoles podría ser contrapesada a largo plazo por el crecimiento de otros usos. De ahí la importancia de vigilar todos los empleos de CFC 11 y 12.

20. En las presentes estimaciones basadas en modelos del agotamiento de la capa de ozono como consecuencia de los CFC 11 y 12 sólo se prevé la destrucción de éstos en la estratosfera. La presencia de un mecanismo de pérdida en la troposfera causaría una reducción de la vida de tales sustancias y una reducción correspondiente de la estimación del agotamiento de la capa de ozono en situación estable suponiendo una emisión continua de CFC a tasas constantes.

21. Las mediciones atmosféricas de los CFC 11 y CFC 12 han revelado que durante el pasado decenio se ha producido un aumento constante en toda la troposfera. En principio, tales mediciones, combinadas con los datos sobre las emisiones en la atmósfera, pueden utilizarse para deducir las vidas de los CFC 11 y CFC 12 en la atmósfera y, por consiguiente, para determinar si existen sumideros troposféricos significativos. Se ha establecido, en emplazamientos alejados de fuentes importantes de CFC, una red de cinco estaciones de medición para reunir datos de largo plazo sobre los CFC 11 y CFC 12 (así como sobre tetracloruro de carbono, el metilcloroformo, los CFC 113 y el óxido nítrico) utilizando calibraciones regulares con el objetivo concreto de establecer sus duraciones de vida en la atmósfera. Este objetivo se podrá conseguir probablemente en pocos años, pero será necesario mantener durante un período mucho más largo, para obtener una comprobación independiente de los datos sobre las emisiones, una red mundial de vigilancia de calidad comparable para los CFC 11 y 12 y otros clorofluorocarburos. Además, se continúan los esfuerzos por encontrar pruebas directas de la existencia de sumideros troposféricos concretos. Por el momento, la información de que se dispone no es suficiente para una evaluación adecuada.

22. No existe en la actualidad ninguna organización que reúna datos sobre la producción mundial de halocarbonos distintos de los CFC 11 y 12 que puedan afectar a la capa de ozono. Existen datos atmosféricos menos completos sobre estos compuestos, los más importantes de los cuales son el metilcloroformo (CH_3CCl_3), el tetracloruro de carbono (CCl_4) y el CFC-113 ($\text{CCl}_2\text{F CClF}_2$), pero existen otros muchos que han de ser estudiados en detalle. Las estimaciones aproximadas de la producción actual indican que estas sustancias causarían en situación estable un agotamiento adicional del ozono equivalente a alrededor de un tercio del imputable a los CFC 11 y 12. No obstante, la producción de metilcloroformo y otras sustancias ha aumentado considerablemente en los últimos años y se ha producido un incremento correspondiente de las concentraciones en la atmósfera, aunque los datos disponibles al respecto son bastante fragmentarios. De continuar tal aumento permaneciendo constante o reduciéndose la producción de CFC 11 y 12, esos otros compuestos podrían adquirir en el futuro una importancia equivalente a la de los CFC 11 y 12. Existe, pues, una necesidad evidente de conseguir datos mundiales sobre las emisiones y ampliar las mediciones atmosféricas correspondientes.

FOTOQUIMICA ATMOSFERICA

23. Durante los últimos años se han realizado considerables progresos en la medición en laboratorio de los coeficientes, las muestras representativas y la emisión primaria de cuantos para su utilización en la elaboración de modelos atmosféricos. No obstante, quedan en pie diversos problemas, desde las pequeñas diferencias de los resultados obtenidos para un determinado parámetro en diferentes laboratorios hasta la posibilidad de que no se hayan incorporado al modelo fotoquímico procesos importantes. En los párrafos que siguen se destacarán los elementos de incertidumbre en los procesos que todavía no están bien definidos y a los que son sensibles los cálculos sobre las perturbaciones del ozono, en vez de examinar la gran mayoría de procesos para los que la presente base de datos se considera suficientemente precisa. En la actualidad se está concediendo creciente importancia a la comprensión de los mecanismos de reacción en toda la gama de temperaturas y presiones atmosféricas, pues las presiones parciales de otros gases, tales como el vapor de agua o el oxígeno, pueden afectar en ocasiones a las tasas de reacción, y, además, determinadas reacciones pueden seguir pautas de reacción múltiple.

24. La química de la troposfera mundial es compleja, y en ella desempeñan papeles importantes tanto los procesos homogéneos como los heterogéneos (por ejemplo, el arrastre de sustancias por las lluvias). Se han realizado progresos importantes en la comprensión de las interrelaciones entre los sistemas del carbono, el nitrógeno, el hidrógeno y el oxígeno y de los detalles de los mecanismos de oxidación de hidrocarburos que desempeñan un papel fundamental en el control de las concentraciones de radicales hidroxilos en la troposfera. Se trata de un avance importante, pues el radical hidroxilo desempeña un papel fundamental en el control fotoquímico del ozono en la troposfera y el control de las concentraciones troposféricas de gases tales como el CH_3Cl y el CH_3CCl_3 . En el contexto de la fotoquímica del cloro estratosférico (es decir, un sistema de oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y cloro) ha de señalarse que no ha cambiado hasta el presente la formulación básica enunciada por Rowland y Molina en 1974, es decir, que no se han identificado ciclos catalíticos en que participen sustancias cloradas que puedan dar lugar a oxígeno libre. Los numerosos cambios introducidos en las estimaciones de determinados coeficientes han afectado predominantemente a depósitos temporales tales como el COCl , el HO_2NO_2 , el HNO_3 y el ClONO_2 . Esto ha modificado nuestra

comprensión de la estratosfera inferior, pero no nuestra percepción básica del papel del ClO en la región fotoquímicamente controlada por encima de los 30 kilómetros^x, donde los depósitos temporales tales como el HOCl y el ClONO_2 desempeñan un papel mucho menos importante. A continuación se examinan sucesivamente las diferentes familias químicas, aunque se reconoce que están estrechamente interrelacionadas.

25. Reacciones de oxígeno libre (O_x): En la actualidad se considera que se ha llegado a una comprensión bastante exacta de los procesos fotoquímicos fundamentales en que participan sólo especies de O_x . Todavía subsisten incertidumbres de poca importancia en determinados procesos, pero tales incertidumbres no plantean problemas importantes para la elaboración de modelos estratosféricos.

26. Reacciones de hidrógeno libre (HO_x): Los coeficientes de las reacciones que controlan la abundancia relativa de los radicales de hidrógeno libre (OH y HO_2) han de calcularse con gran precisión debido al papel fundamental que el radical hidroxilo desempeña en el control de las eficiencias catalíticas de NO_x y ClO_x . Lamentablemente, algunas de las principales incertidumbres y de los cambios recientes más significativos de los coeficientes afectan a esta categoría de reacciones. Hasta hace muy poco se pensaba que se conocían muy bien las reacciones más simples del OH , pero la labor reciente sobre las reacciones $\text{OH} + \text{H}_2\text{O}_2$ y $\text{OH} + \text{HNO}_3$ ha demostrado que esa confianza no tenía fundamento. Como se sugirió en el último informe, durante el pasado año se han estudiado las principales reacciones, $\text{OH} + \text{HNO}_3$, $\text{OH} + \text{HO}_2\text{NO}_2$ y $\text{OH} + \text{HO}_2$, y eso ha conducido a un nuevo equilibrio entre los ciclos químicos catalíticos en la estratosfera inferior. La comprensión de la reactividad del radical HO_2 sigue siendo uno de los principales problemas pendientes en la fotoquímica atmosférica. Sin embargo, aunque es esencial comprender el efecto de la reactividad del vapor de H_2O o del HO_2 , es importante reconocer que tales efectos serán bastante más importantes para la fotoquímica de la troposfera y de la estratosfera inferior que para la de la estratosfera superior. La cuestión de la dependencia de las reacciones OH y HO_2 respecto de la presión y de la temperatura sigue siendo importante y requiere un estudio intenso, especialmente teniendo en cuenta la insólita dependencia de la presión observada en determinadas reacciones ($\text{OH} + \text{CO}$, $\text{HO}_2 + \text{HO}_2$) y de la temperatura en otras ($\text{HO}_2 + \text{HO}_2$, $\text{HO}_2 + \text{ClO}$, $\text{OH} + \text{HNO}_3$).

27. Reacciones del nitrógeno libre (NO_x): En general, la base de datos genéticos sobre las reacciones del NO_x es relativamente buena. Los principales problemas se han esbozado ya en la sección anterior (es decir, los procesos en que participan el HNO_3 y el HO_2). La disminución de las concentraciones de HO_x en la estratosfera inferior ha promovido considerablemente el papel del nitrógeno libre en esa región. Se necesitan estudios adicionales de los procesos en que intervienen el NO_3 y el N_2O_5 , pero es improbable que tales estudios influyan en forma considerable en los resultados de la elaboración de modelos.

28. Reacciones del cloro libre (ClO_x): La base de datos genéticos sobre las reacciones del ClO_x han mejorado considerablemente en los últimos años, pero subsisten todavía algunos problemas. Todavía no se ha resuelto el problema de qué isómeros del ClNO_3 se forman en las reacciones $\text{ClO} + \text{NO}_2 + \text{M}$ y de cuáles podrían ser los productos de la disociación de tales isómeros. Los cambios recientes en la importancia relativa del ClO_x en la estratosfera inferior han reducido las influencias de los CFC sobre el ozono que predecían los modelos, especialmente en la estratosfera inferior. Los datos obtenidos el año pasado sobre la influencia de la temperatura en la formación de HOCl y la

sección transversal de absorción del HOCl, unidos a la reciente disminución de las concentraciones estimadas de HO_x en la estratosfera inferior, han reducido considerablemente la importancia del HOCl.

29. Reacciones del bromo libre (BrO_x): La disminución de la importancia del ClO_x en la estratosfera inferior ha eliminado para todos los fines prácticos cualquier influencia potencial del BrO_x en la química del ozono a las presentes concentraciones estratosféricas.

SITUACION PRESENTE DE LAS PREDICCIONES POR MODELOS

30. La mayoría de las predicciones del agotamiento del ozono estratosférico por la influencia de las actividades humanas siguen basándose en modelos unidimensionales. El elemento fundamental sigue siendo el impacto de la emisión continua del CFC 11 y CFC 12, aunque existen otros muchos factores que pueden influir en un período similar sobre la cantidad de ozono de la estratosfera. Haciendo caso omiso de todos los demás cambios potenciales, las presentes predicciones sobre el agotamiento del ozono como consecuencia de la emisión continua de CFC 11 y CFC 12 a las tasas de 1977 oscilan del 5% al 10% en situación estable*/, frente al 10% indicado en la reunión de noviembre de 1980 del Comité Coordinador sobre la Capa de Ozono del PNUMA. Esta revisión ha sido causada en gran medida por ajustes a los coeficientes de las reacciones de HO_x mencionadas supra. Esa gama es meramente un reflejo de la incertidumbre de nuestros conocimientos cuantitativos sobre los parámetros de la química y el transporte de HO_x en la estratosfera inferior. En los párrafos 45 a 50 infra se examinan otros elementos de incertidumbre que no se han incluido directamente en la gama mencionada. La estimación del agotamiento actual del total de ozono en columna como consecuencia de los CFC 11 y CFC 12 se ha reducido también y se sitúa en menos de 1%, es decir, por debajo del límite actual de detección.

31. Estudios realizados con modelos de dos dimensiones muestran que cabe esperar variaciones del agotamiento previsto del ozono según la latitud y la estación. La reducción máxima se produce a finales del invierno y a principios de la primavera y la mínima a finales del verano y principios del otoño. A altas latitudes la reducción es mayor que en las regiones ecuatoriales, y la reducción global es ligeramente mayor en el hemisferio septentrional que en el meridional. Las diferencias entre reducciones medias a bajas y altas latitudes son cualitativamente las mismas en todos los modelos de dos dimensiones, aunque no idénticas cuantitativamente. Los investigadores están todavía tratando de llegar a una comprensión plena de los modelos de dos dimensiones. Estas variaciones latitudinales y estacionales influyen en los cambios de la intensidad de las radiaciones UV-B en la superficie de la tierra en relación con el promedio mundial resultante de los modelos unidimensionales. Los cambios promedio mundiales deducidos por los modelos bidimensionales concuerdan con las estimaciones correspondientes de los modelos unidimensionales.

32. La reducción predicha del ozono varía considerablemente con la altitud, y se prevé que el máximo agotamiento porcentual, de alrededor de 35%, ocurrirá localmente a altitudes de alrededor de 40 kilómetros en situación estable. En la actualidad, se calcula que la reducción local del ozono a alrededor de 40 kilómetros de altitud es de cerca del 4%. Los recientes cambios de la química del HO_x influyen menos en la predicción de la reducción porcentual del ozono en esta región que en la estratosfera inferior, donde se encuentra el grueso de la columna de ozono.

*/ Aunque "situación estable" es, en su acepción corriente, una situación matemáticamente bien definida, en sentido físico significa simplemente la situación futura en que todas las variaciones pertinentes en el tiempo de todos los parámetros de interés se han reducido a un nivel muy bajo. El período de tiempo necesario para alcanzar tal situación difiere notablemente de unas situaciones a otras (véase párrafo 5).

33. Para que los modelos prevean en forma realista lo que es probable que ocurra en la estratosfera es preciso que los datos que se introducen en ellos sean correctos y completos y que abarquen los efectos simultáneos de otros contaminantes atmosféricos. No es realista examinar las reducciones mundiales del ozono tomando en consideración sólo las emisiones de CFC 11 y CFC 12. Otros muchos factores pueden aumentar o disminuir la cantidad mundial, y es el efecto combinado el que determinará el destino real de la capa de ozono. Un estudio completo ha de tomar en consideración todos esos factores, entre los que pueden darse las interacciones no lineales típicas de un sistema altamente integrado. Además de los efectos perturbadores naturales tales como los rayos, las erupciones volcánicas, los rayos cósmicos, las actividades de los protones solares, los cambios en la circulación mundial y la variabilidad de la radiación solar, hay que tomar en consideración:

- i) otros compuestos artificiales que contienen cloro, tales como el metilcloroformo, el tetracloruro de carbono y otros clorofluorocarburos (CFC-113, CFC-114, CFC-115 y CFC-22). Es más difícil calcular el crecimiento futuro de sus emisiones atmosféricas, pero las estimaciones indican que si las emisiones continúan a los niveles actuales podría aumentar en alrededor de un tercio el agotamiento del ozono en situación estable por los CFC 11 y 12. Buena parte de ese incremento se debería a la emisión de CCl_4 , CFC 113 y metilcloroformo, con influencias de menor importancia de los CFC 114, 115 y 22,
- ii) aumento de las emisiones de N_2O procedentes del suelo como consecuencia de la aplicación de fertilizantes y de cambios en las pautas de utilización de la tierra. Los aumentos del N_2O de la atmósfera conducen a un incremento del NO_x de la estratosfera y, en consecuencia, a una disminución de las cantidades de ozono. Sin embargo, en la hipótesis de que se duplicara el N_2O y continuara la presente tasa de emisión de CFC, el efecto neto no sería simplemente la suma lineal de los efectos individuales. Ello se debe al carácter altamente integrado de los ciclos catalíticos básicos. Con los cambios recientes en la química del HO_x , la estimación del agotamiento del ozono total causado conjuntamente por N_2O y CFC en situación estable es de 9% a 17%, mientras que la del agotamiento causado sólo por N_2O sería de 8% a 16%, y la del correspondiente sólo a los CFC 11 y 12 del 5% al 10%,
- iii) cantidades atmosféricas crecientes de dióxido de carbono (CO_2) podrían causar un incremento del ozono de la estratosfera a través de la disminución de las temperaturas estratosféricas. Los recientes estudios realizados con modelos unidimensionales y bidimensionales sugieren que los efectos hipotéticos conjuntos de los CFC y el CO_2 reducirían el agotamiento del ozono total en situación estable a entre la mitad y tres cuartos de los valores correspondientes a la influencia de los CFC 11 y 12 por sí solos. En estos cálculos de los efectos conjuntos, se supuso una duplicación de las cantidades atmosféricas de CO_2 , unida a la continuación de la emisión de CFC 11 y CFC 12 a las tasas de 1977. Los cambios de temperatura estratosféricas y troposféricas pueden afectar también a la cantidad de H_2O en la estratosfera, que, a su vez, cambiará la abundancia de HO_x . No obstante, la base teórica de tales afirmaciones es demasiado incierta para realizar estimaciones cuantitativas aceptables,

- iv) emisiones desde aviones y operaciones aéreas. Al reducir las perturbaciones de las CFC, los recientes cambios en la química de HO_x han alterado también los conocimientos presentes sobre los efectos de los aumentos del NO_x estratosférico. Además, las emisiones de NO_x desde aviones subsónicos, especialmente en las latitudes medias^x y altas del hemisferio septentrional, pueden haber aumentado considerablemente el contenido en ozono de la troposfera superior. Los cálculos indican que grandes flotas de aviones, ya sean supersónicos y subsónicos, que volaran a las altitudes de la estratosfera inferior o altitudes superiores causarían un agotamiento considerable de la capa de ozono, y que flotas que volaran exclusivamente por debajo de tales altitudes causarían algún incremento del ozono. Por consiguiente, los cambios en el ozono imputables exclusivamente a las flotas presentes o proyectadas dependerían de los tamaños y las altitudes de vuelo de éstas;
- v) aumento de CO y NO_x desprendidos por combustión. Tales emisiones no sólo pueden aumentar el ozono de la troposfera, sino también cambiar el OH de la troposfera. El aumento de las emisiones por combustión puede así influir en la introducción de CH₃Cl, CH₃CCl₃ y CH₄ en la estratosfera. En la actualidad la información detallada sobre las interacciones en la troposfera no es suficiente para realizar cálculos cuantitativos;
- vi) ensayos nucleares en el pasado en la atmósfera. Aunque los resultados y observaciones sobre la tendencia del total de ozono en el decenio de 1960 obtenidas a través de modelos son coherentes, esta coherencia aparente no ha de considerarse concluyente, teniendo en cuenta las incertidumbres, sobre las que existe un amplio consenso. Si fueran importantes los efectos sobre la capa de ozono de los ensayos nucleares realizados en la atmósfera, tales efectos podrían distorsionar el análisis de los datos basados sobre el ozono para la detección de otras influencias posibles hasta la actualidad. Todavía no se pueden hacer afirmaciones concluyentes.

34. En la actualidad estamos todavía muy lejos de la elaboración de estrategias coherentes y realistas para estudiar todas las perturbaciones de la capa de ozono. Esto añade considerables incertidumbres a las modificaciones previstas del ozono. No obstante, hay que destacar que suponiendo que continuaran constantes las tasas de emisión de CFC 11 y 12 registradas hasta 1980, que se duplicara la cantidad de CO₂ hacia el año 2050, que las concentraciones de N₂O aumentaran a razón de un 0,2% anual y que la flota de aeronaves subsónicas se decuplicara entre 1975 y 1990 y se mantuviera constante después de esta fecha, un cálculo reciente indica una modificación de menos de 0,5% del total de ozono durante los próximos decenios en el hemisferio septentrional. Se prevé que la concentración de ozono a latitudes medias disminuirá en no menos de un 40% a 40 kilómetros de altitud y aumentará en alrededor de 25% a 10 kilómetros de altitud en condiciones estables. Esta fuerte distorsión de la distribución vertical del ozono puede tener efectos climáticos importantes que todavía se han de analizar.

35. El perfeccionamiento del modelo unidimensional está llegando a sus límites de utilidad. Los modelos bidimensionales superan algunas de las dificultades y deficiencias de los modelos unidimensionales y revelan informaciones sobre la dependencia de los cambios del ozono respecto de la estación y la latitud. Se han empezado a incluir factores de retroalimentación dinámica que pueden mejorar la calidad de las predicciones sobre los cambios del ozono. También se han realizado recientemente diversos progresos teóricos en materia de elaboración de modelos bidimensionales. Todavía no han aparecido modelos prácticos nuevos basados en estos avances teóricos, pero las perspectivas de progreso en esta esfera todavía insuficientemente estudiada parecen ser buenas.

COMPARACION DE LOS MODELOS Y LAS MEDICIONES TEORICOS DE LAS OLIGOSUSTANCIAS ATMOSFERICAS

36. La primera, y, hasta el momento, única, prueba general de la validez de todo modelo fotoquímico es la precisión con la que reproduce las distribuciones de los oligogases en la atmósfera actual. Lamentablemente, existen varios factores que dificultan la comparación concluyente entre las distribuciones de oligogases predichas por los modelos y los resultados de las mediciones:

- i) Aunque se sigue realizando una labor considerable, los datos disponibles son todavía insuficientes para caracterizar plenamente las variaciones espaciales y temporales de la distribución estratosférica de los oligogases. Con la excepción del ozono, para la mayor parte de los oligoconstituyentes sólo se dispone de perfiles verticales dispersos. De algunas sustancias importantes ni siquiera se han realizado mediciones,
- ii) Debido a la variabilidad natural y, en ocasiones, a las incertidumbres experimentales, las mediciones disponibles en general sólo definen las concentraciones atmosféricas dentro de un determinado margen de error,
- iii) La mayoría de las mediciones representan concentraciones locales instantáneas, mientras que los modelos calculan las concentraciones como promedios dentro de amplias gamas espaciales y temporales.

37. A pesar de estas limitaciones, las comparaciones constituyen una prueba razonable por lo menos para los modelos unidimensionales, ya que, en su totalidad, las mediciones imponen limitaciones bastante estrictas a la gama de valores de concentración que el modelo puede adoptar para los diversos oligogases. En general, los modelos han conseguido describir las distribuciones verticales medias de los oligogases en la estratosfera. Esto es particularmente cierto para algunos oligogases de larga vida tales como el CH_4 , el N_2O , el CF_2Cl_2 , el H_2 cuyas características, en promedio mundial, pueden ser bien descritas por los modelos unidimensionales. La reciente disponibilidad de perfiles de oligosustancias a diferentes latitudes puede poner en evidencia detalles menores que requerirán modelos multidimensionales para su interpretación. La base de datos de que se dispone en la actualidad es todavía insuficiente para la verificación de los modelos multidimensionales.

38. La situación es, en general, distinta para las sustancias de corta vida que se producen y destruyen dentro de la estratosfera. Para algunas sustancias medidas tales como el O, el O₃, el NO₃ y el HCl, existe una correspondencia bastante exacta entre el modelo y las mediciones en la gama de altitudes de interés. Los cambios recientes de los datos sobre la química del HO_x han contribuido considerablemente a resolver las dificultades encontradas en el pasado para comparar los datos sobre el NO₂ y el ClO en la estratosfera inferior. Las nuevas observaciones sobre el NO en la estratosfera superior concuerdan también mucho más estrechamente con las predicciones de los modelos. No obstante, todavía es difícil comprender las distribuciones de HNO₃ y ClO en la estratosfera superior.

39. Mediciones recientes de los hidrocarburos ligeros en la estratosfera inferior han despertado ciertas dudas sobre la precisión de nuestros conocimientos de la distribución química entre las diversas especies del cloro.

40. En resumen, los modelos actuales parecen bastante capaces de reproducir la mayoría de las características de la fotoquímica estratosférica reveladas por las observaciones limitadas. Se espera que reciente interés por formular interpretaciones y técnicas de diagnóstico adecuadas para los modelos y los experimentos den lugar a un nuevo tipo de observaciones atmosféricas más directamente interpretables que puedan, por consiguiente, servir mejor de pruebas de los modelos; así, por ejemplo, las recientes mediciones simultáneas del NO₃, el O₃ y la temperatura.

INTERPRETACION Y EVALUACION

41. Como todos los modelos son aproximaciones a la realidad, es esencial examinar, junto con los otros parámetros fácilmente cuantificables, los supuestos no cuantificados subyacentes a las aproximaciones adoptadas. En principio, pueden evaluarse las incertidumbres de la intensidad de las mediciones del flujo solar, los coeficientes de reacción de la cinética química, las condiciones límite de los modelos, los coeficientes de transporte, la distribución de las fuentes y otros factores. Aunque no todos estos parámetros se conocen con grados similares de precisión, los últimos progresos en los análisis, las técnicas y los programas de mediciones prometen avances constantes en los próximos años. Los presentes análisis de las incertidumbres inherentes a las predicciones de los modelos sólo pueden tomarse en consideración como la mejor información disponible. Las incertidumbres no cuantificadas, tales como la posibilidad de interacciones químicas no conocidas, la precisión de las formulaciones de los modelos de transporte de una, dos o tres dimensiones, los procedimientos de promediación diurna, estacional o espacial para las interacciones no lineales y la precisión de los procedimientos de verificación de modelos han de evaluarse necesariamente, por lo menos en parte, con criterios subjetivos.

42. Las opiniones actuales sobre la capacidad de los modelos para describir la atmósfera actual y predecir perturbaciones potenciales abarcan toda la gama desde un nivel elevado de confianza basado en los resultados positivos mencionados en las secciones anteriores hasta fuertes reservas basadas en las incertidumbres todavía no cuantificadas. Es muy probable que persistan los componentes subjetivos en la interpretación de las predicciones de los modelos.

43. Existe un amplio consenso sobre la relación complementaria entre los modelos en 1, 2 y 3 dimensiones, y la información de que se dispone en la actualidad apoya firmemente esta opinión. Los resultados obtenidos recientemente de modelos bidimensionales sobre estudios de las perturbaciones del ozono de la estratosfera sirven para perfeccionar los cálculos de las variaciones del ozono dependientes de la estación y la latitud, pero no han alterado en forma significativa las predicciones medias mundiales basadas en los modelos unidimensionales. Además, los modelos multidimensionales han revelado nuevos procesos de interacción, especialmente en la troposfera, que no se habían estudiado con los modelos unidimensionales.
44. Las dificultades de verificación de los modelos unidimensionales persisten con los de dos dimensiones. Esto ha suscitado el interés por examinar la cuestión de si se han incluido en el modelo los principales procesos químicos de la estratosfera inferior. Las novedades surgidas hasta la fecha pueden afectar las predicciones de los modelos sobre los efectos de los CFC cuantitativamente pero no cualitativamente, es decir, el aumento de los CFC conduce a una disminución del total de ozono.
45. Los dos aspectos principales de las predicciones de los modelos, cambios del ozono en relación con las tendencias de otras variables y en situación estable, tienen sensibilidades diferentes a los parámetros que se introducen en los modelos. En el análisis de las tendencias posibles, una incertidumbre considerable reside en los parámetros de transporte, mientras que los cambios en situación estable plantean el problema adicional de la incertidumbre de la situación futura de la atmósfera. El reciente interés de la investigación por las perturbaciones por causas múltiples ha dado lugar a una amplia apreciación del grado de complejidad de este problema. Las hipótesis aisladas son insuficientes para describir la realidad pasada o futura. Han de dedicarse más esfuerzos a estimar las evaluaciones acopladas más probables basadas en las tendencias económicas y culturales mundiales. Sólo las predicciones de modelos basadas en tales hipótesis pueden utilizarse para la comparación con las observaciones del ozono para verificar la teoría de la química del ozono.
46. Los conocimientos actuales sobre la química y el transporte del ozono estratosférico siguen apuntando al principio de los efectos persistentes de las emisiones basadas en las perturbaciones estratosféricas del ozono. Es decir, que, aunque se adoptaran contramedidas tras observar un determinado cambio en el ozono, el efecto perturbador perduraría probablemente durante decenios antes de remitir. Además, debido a la complejidad de las interacciones entre múltiples influencias perturbadoras, es difícil aportar orientaciones generales para evaluar los posibles efectos perturbadores persistentes y su duración. La duración de las influencias perturbadoras podría oscilar desde unos pocos años (perturbación originada por el NO_x de los aeroplanos) hasta algunos decenios (perturbación por CFC) o siglos (perturbaciones por CO_2 y N_2O). Tal evaluación de la magnitud y la duración ha de realizarse en cada caso concreto con la hipótesis de evolución adecuada.
47. Una disminución del ozono de la atmósfera tiene como resultado un aumento de la penetración hasta la superficie de la tierra de las radiaciones UV-B*/ de onda corta, que son perjudiciales. El aumento no es lineal y depende en

*/ UV-B 280-315 nm
UV-B 315-380 nm

gran medida de la longitud de onda; su mayor intensidad corresponde a las menores longitudes de onda de la luz solar. La mayor parte de las gamas de acción estudiadas en relación con los efectos biológicos de las radiaciones UV-B tales como las gamas de acción DNA, eritemales o de respuesta de las plantas, muestran que los fotones de 290 nm son alrededor de 4 órdenes de magnitud más eficaces que los fotones de 320 nm. Por lo tanto, es importante examinar el flujo de radiación para cada longitud de onda a lo largo de todo el espectro de las radiaciones UV-B.

48. Se han elaborado modelos que permiten la ponderación cuantitativa de los aumentos de las radiaciones UV-B en relación con las diversas gamas de acción, teniendo en cuenta las variaciones del espesor de la columna de ozono, el ángulo solar, la intensidad de los aerosoles y el albedo de la superficie. El cambio porcentual en la dosis diaria efectiva de radiación UV-B producido por una modificación de 1% del espesor de la columna de ozono se define como el factor de amplificación de las radiaciones. Los datos indican que, en general, para las gamas de acción biológica utilizadas corrientemente por los fotobiólogos, este factor de amplificación de las radiaciones oscila desde alrededor de 1,6 hasta cerca de 3 para la mayor parte de latitudes y estaciones, alcanzando los valores más altos cerca de las regiones polares.

EFFECTOS BIOLOGICOS

49. Si se produce el agotamiento del ozono atmosférico, aumentará la radiación de UV-B en todo el mundo. Ello puede tener efectos biológicos sobre las plantas, los animales y el hombre. En consecuencia, es necesario identificar los efectos biológicos que cabe esperar y, si es posible, hacer evaluaciones biológicas de esos efectos, especialmente en lo que respecta a la producción agropecuaria, las pesquerías y la salud humana.

50. Efectos sobre las plantas terrestres: Las plantas superiores tienen una importancia evidente tanto en la agricultura como en los ecosistemas terrestres naturales, como los bosques. Las plantas han evolucionado de manera que exponen gran parte de su tejido viviente a la luz del sol con el objeto de aprovechar su energía. De esta manera, una reducción del ozono total, con el aumento consiguiente de la radiación de UV-B solar, podría tener importancia para ellas.

51. Se han hecho estudios en cámaras de crecimiento, ajustadas al ritmo de la luz diurna natural, en invernaderos y sobre el terreno, en condiciones de aumento de la radiación UV-B. Pese a las condiciones diferentes de crecimiento, pero con una iluminación semejante, se obtuvieron resultados análogos en especies de plantas sensibles a UV-B. Se registraron efectos nocivos sobre los parámetros de crecimiento, la estructura de la superficie de las hojas, la composición, la función fisiológica, la germinación del polen y la productividad de gran variedad de especies de plantas, incluidos

muchos cultivos importantes, como el trigo, el arroz, la soya, la cebada, las papas y los frijoles. Los mayores niveles de exposición a UV-B en que comenzaron a registrarse efectos nocivos dependían de la sensibilidad de las especies de plantas y variaban desde los niveles naturales de luz solar hasta un aumento de 50% de la radiación UV-B. Pruebas hechas con más de cien especies y variedades de plantas en cámaras de crecimiento de ambiente controlado indican que aproximadamente 20% ya son sensibles a las dosis diarias actuales de UV-B; a latitudes aproximadas a los 30° de latitud Norte, 60% mostraba una sensibilidad intermedia, en tanto que 20% era resistente incluso a dosis de UV-B cuatro veces superiores a la normal.

Algunos experimentos han revelado que las etapas especialmente tempranas de crecimiento son sensibles a UV-B adicional. También se ha observado a lo largo de varias estaciones de crecimiento que con mayor UV-B la conducta competitiva de las especies de plantas se altera, según la composición de las comunidades de plantas.

52. Los espectros de acción de la mayoría de los efectos de la radiación ultravioleta sobre las plantas son semejantes a los espectros de acción de DNA y de eritema. No obstante, el espectro de acción de los daños de la actividad de fotosíntesis difiere marcadamente de ellos. Es mucho menos abrupto, con una reducción de la eficacia de un factor de sólo tres respecto de la región de la longitud de onda de 280 a 340 nm, en comparación con un factor de por lo menos mil respecto de la mayoría de los demás espectros de acción en una gama de longitud de onda incluso más estrecha.

53. En muchas plantas se encontraron efectos no nocivos pero altamente sensibles y específicos de UV-B sobre formaciones de sustancias secundarias de plantas, que pueden servir de agentes protectores naturales.

54. Las condiciones ambientales en que se han realizado muchos experimentos en cámara de crecimiento pueden haber alterado en algunos casos la sensibilidad de las plantas a la radiación UV-B. Antes de llegar a una conclusión definitiva acerca de los efectos sobre la productividad agrícola, será necesario realizar experimentos que simulen condiciones adecuadas de radiación natural, tanto en el laboratorio como en el terreno.

55. Efectos sobre los organismos acuáticos: Se han medido radiaciones solares UV-B que inducen efectos biológicos hasta profundidades de más de 20 metros en aguas claras y más de 5 metros en aguas no claras. Una gran cantidad de vida marina sensible a esos niveles de radiación UV-B (huevos y larvas de peces, etc.), viven en los 20 metros superiores de las aguas oceánicas. Estudios experimentales realizados con mayores niveles de UV-B desde 0 hasta 50% por sobre los niveles naturales han mostrado efectos sobre los

peces (huevos, larvas y juveniles), camarones, cangrejos, zooplankton y otras plantas esenciales a la red de alimentación acuática. Además, estudios hechos con fitoplankton en laboratorio revelan que se registra un aumento de crecimiento cuando la radiación UV-B se filtra fuera de la radiación solar incidente, lo que indica que los niveles actuales de UV-B reducen la productividad.

56. La sensibilidad relativa de siete especies de un ecosistema acuático seleccionado, estudiado en el laboratorio en condiciones de aumento de UV-B, dieron como resultado alteraciones de la composición de la comunidad. Estos resultados se corroboraron con un estudio hecho en un ecosistema marino natural. Estudios hechos en más de 60 microorganismos acuáticos, protozoos, algas e invertebrados pequeños, que constituyen la base de la red de alimentación de los ecosistemas oceánicos y de los estuarios, indican que también la mayoría de ellos son sensibles a los niveles actuales de radiación UV-B incidentes en la superficie del agua. Estudios más recientes y más cuantitativos señalan que con dosis comparables, a los niveles diarios de la radiación natural UV-B actual incidente en la superficie del agua, la reducción de UV-B aumenta el crecimiento de los diatomeos que forman cadenas, y afectan de manera semejante la biomasa y la diversidad específica de las algas marinas adjuntas y la supervivencia de la epifauna de los arrecifes de coral. En condiciones de aumento de la radiación UV-B se observaron aumentos de crecimiento, reproducción, supervivencia y de otras funciones de esos organismos.

57. Se requerirán investigaciones continuas acerca de la gama de incertidumbres ecológicas naturales, que son mucho mayores que las incertidumbres respecto de los efectos fotobiológicos particulares, para evaluar las consecuencias posibles de las muchas interacciones ecológicas complejas así como respecto de la productividad de las pesquerías.

58. Efectos sobre la salud humana: Se han hecho grandes progresos en el estudio de los efectos sobre la salud humana de la mayor radiación ultravioleta. La salud humana sufre la influencia de la radiación ultravioleta de muchas maneras, como la formación de vitamina D₃, quemaduras de sol, enfermedades de la vista, reacciones alérgicas y enfermedades de la piel, incluido el cáncer de la piel. Entre esos efectos el cáncer de la piel se destaca como el problema que sufre en medida importante la influencia de la mayor radiación UV-B. La gravedad de los efectos de la radiación sobre la salud y de otros efectos biológicos depende de su composición espectral, la irradiación y el tiempo de exposición. La reacción puede modificarse por factores biológicos y condiciones ambientales. Se ha demostrado que la radiación UV-B es biológicamente más eficaz que la radiación UV-A.

59. Estudios epidemiológicos han revelado que la incidencia de cáncer de la piel no melanoma se relaciona con la exposición a la luz solar; estos datos se refieren principalmente a las personas de piel clara. Experimentos hechos con animales han revelado que UV-B es la región de longitud de onda más eficaz en la carcinogénesis mediante irradiación ultravioleta. Estos datos indican que cabe esperar una mayor incidencia de cáncer de la piel no melanoma en el caso de aumento de la radiación UV-B.

El cáncer de la piel no melanoma es excepcional entre los efectos biológicos que se examinan en la medida que se cuenta con estadísticas numéricas. Ello ha hecho posible hacer extrapolaciones cuantitativas relativamente desarrolladas. Dichos estudios indican que, además de la amplificación de la radiación ya mencionada, hay respecto de este efecto biológico determinado también una amplificación biológica; por cada 1% de aumento de la radiación efectiva UV-B, la incidencia de cáncer de la piel no melanoma aumentará en definitiva en más de 2%.

60. Hay varias indicaciones de que la luz solar puede ser también uno de los factores causantes de la patogénesis del melanoma maligno, que afecta a personas de todos los tipos de piel. Dichas indicaciones proceden de observaciones epidemiológicas que, por cuanto se refiere a la exposición a la luz solar total, no indican una gama determinada de longitud de onda de espectro solar. No se cuenta con experimentos en animales que indiquen la gama efectiva de longitud de onda.

En lo que respecta a UV-B, cabría esperar que una reducción del ozono estratosférico aumentara la incidencia de melanoma. Esto es una posibilidad, pero no puede demostrarse sobre la base de los datos con que actualmente se cuenta.

61. En estudios realizados con ratones se ha demostrado que la radiación UV-B altera la respuesta del sistema inmunológico; por ejemplo, provoca una menor capacidad del animal para rechazar un tumor inducido con rayos ultravioleta como cuerpo extraño y una mayor susceptibilidad del animal a los tumores primarios inducidos por rayos ultravioleta.

EFFECTOS SOBRE EL CLIMA

62. Aunque el total de ozono no cambie en medida significativa, se espera que la distorsión proyectada del perfil vertical tenga consecuencias climatológicas. Los efectos proyectados de CFC y CO₂ sobre la temperatura son aditivos. El aumento señalado de concentración de ozono en la troposfera, por una parte, mediante la modificación del flujo IR, provocaría un aumento de la temperatura en la superficie, lo que también se sumaría al efecto de calentamiento de la superficie del CO₂. Por lo tanto, se necesita con urgencia mayor investigación acerca de esos problemas, especialmente en el marco del Programa Mundial de Investigación sobre el Clima OMM-CIUC.

MODELOS DE AGOTAMIENTO DEL OZONO

63. El representante de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos presentó un informe sobre modelos de agotamiento del ozono que estaba elaborando esa organización. Se señaló que durante 1981 la OCDE preparó un informe sobre modelos de emisión respecto de las descargas de clorocarburos. Estos modelos, junto con un modelo único relativo a las emisiones de otros materiales que afectan la capa de ozono, se usaron como insumo de diversos modelos de la atmósfera en una y dos dimensiones. El informe, en el que se incluye un resumen de los resultados del trabajo de elaboración de modelos y el examen de esa labor de un grupo especial que se reunió en septiembre, se presentará en diciembre de 1981 al Comité para el Medio Ambiente de la OCDE, el que determinará la labor que se realizará en esta esfera en el futuro.

NECESIDAD DE REVISIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN MUNDIAL SOBRE LA CAPA DE OZONO

64. Se examinó el documento UNEP/CCOL/5/5, el Plan de Acción Mundial sobre la Capa de Ozono, de manera de determinar si los requerimientos del Plan seguían siendo válidos y completos, si tenía suficiente grado de detalle y si era suficientemente amplio, si se estaban llenando activamente todas las lagunas de conocimientos identificadas en el Plan y si ello se hacía a un ritmo satisfactorio de progreso.

65. Muchas delegaciones, si bien indicaron que eran conscientes de las inexactitudes de algunas partes del Plan primitivo, a la luz de los nuevos conocimientos disponibles, estimaron que no se debían hacer cambios en el texto, sino que debía darse nueva importancia a la necesidad, que figuraba en el Plan de Acción, de aplicar y elaborar en mayor medida el Plan.

66. Varias delegaciones consideraron que el CCCO había actuado con cierto grado de negligencia al no dirigirse a algunos aspectos del Plan en forma tan cabal como a otras secciones, particularmente los aspectos socioeconómicos. Sin embargo, varias delegaciones advirtieron que sería difícil ampliar el ámbito de las actividades actuales y anteriores del CCCO en vista del costo adicional relacionado con la ampliación de sus delegaciones para hacer frente a un temario más amplio.

67. Se señaló que no se había designado a organismo alguno para que se hiciera cargo de la ejecución de esa sección, a diferencia de otras secciones, y una delegación sugirió que la OCDE sería claramente la más indicada. Después que otras delegaciones apoyaron esa opinión, se sugirió que el PNUMA se pusiera

en contacto con el Comité para el Medio Ambiente de la OCDE con miras a recabar su ayuda a este respecto. Además, el PNUMA, al requerir de los miembros que presenten su informe anual sobre las actividades en marcha y proyectadas, solicitará que se incluya un informe sobre medidas socio-económicas en el plano nacional.

DECISION 9/13 B DEL NOVENO PERIODO DE SESIONES DEL CONSEJO DE ADMINISTRACION DEL PNUMA, DE 26 DE MAYO DE 1981

68. Se celebró un debate general para decidir la manera en que el CCCO podría responder de mejor manera a la invitación del Director Ejecutivo a hacer una contribución al grupo de trabajo ad hoc de expertos jurídicos y técnicos, cuya reunión estaba prevista entre el 20 y el 29 de enero de 1982 en Estocolmo.

69. Se acordó crear un grupo de trabajo reducido a fin de que examinara esa materia e informara a la sesión plenaria del CCCO al completar sus deliberaciones. El informe del grupo se publicó con la signatura UNEP/WG.69/7.

70. La secretaria dio cuenta a los miembros de las respuestas recibidas de los gobiernos a la carta del Director Ejecutivo de 21 de julio de 1981 en que se les solicitaba información, incluidos datos estadísticos y técnicos, acerca de la aplicación de las recomendaciones contenidas en la decisión 8/7 B, de 29 de abril de 1980, en particular respecto del uso de los clorofluorocarburos 11 y 12, así como respecto de la capacidad de producción. La secretaria señaló que hasta ese momento se habían recibido 13 respuestas. Se informó al Comité de que se presentaría un informe completo sobre esta materia a los gobiernos en el informe del Director Ejecutivo al Consejo de Administración en su décimo período de sesiones, en mayo de 1982, y a la reunión del Grupo de Trabajo ad hoc de expertos jurídicos y técnicos que tendría lugar en Estocolmo en enero de 1982.

PRODUCTOS QUIMICOS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO
DISTINTOS DE LOS CLOROFLUOROCARBUIROS 11 Y 12

71. El Comité recomendó que la secretaria del PNUMA recopilara datos acerca de los productos químicos distintos de los CFC 11 y 12 que pudieran agotar la capa de ozono estratosférico. En la sección I, Apreciación del proceso de agotamiento de la capa de ozono y sus consecuencias, se identifican los más importantes de esos productos químicos. Se pidió a la secretaria que informara al CCCO en su próximo período de sesiones acerca de la información recibida.

RECOMENDACIONES PARA LA ACCION

72. El Comité Coordinador sobre la Capa de Ozono formuló recomendaciones concretas respecto de actividades pertinentes a la aplicación del Plan de Acción Mundial sobre la Capa de Ozono:

1. poner plenamente en marcha el sistema mundial de observación del ozono (GOOS) basado en la integración de los sistemas de satélite y de tierra e instar por la presentación periódica de informes acerca de los datos derivados de la observación a los centros mundiales competentes;

2. pedir al PNUMA que siga apoyando el fortalecimiento de las actividades internacionales y desempeñando su papel catalítico a ese respecto por conducto del proyecto de investigación y vigilancia mundial del ozono, de la OMM;
3. intensificar el perfeccionamiento y la intercomparación de los instrumentos Dobson;
4. ampliar las mediciones de la distribución vertical del ozono mediante sondeos continuos de globos y la aplicación generalizada de medidas de "Umkehr corto", así como mediante el estímulo del desarrollo de detectores por operaciones confiables satélite para mediciones precisas de la gama de altura completa de la estratosfera, incluido el desarrollo continuo de las calibraciones en vuelo;
5. estimular la medición de oligoelementos importantes para la cuestión del ozono;
6. realizar mediciones simultáneas in situ de las concentraciones relativas de compuestos de las diversas familias relacionados desde el punto de vista fotoquímico;
7. fomentar el examen sistemático (usando registros de calibración) de la homogeneidad de registros totales del ozono;
8. señalar a la atención de todos los países que aún no informen acerca de las cifras de producción de los CFC 11 y 12, así como de otros clorocarburos, la necesidad de presentar información relativa a la manufactura, descarga y uso de los productos químicos pertinentes;
9. fomentar los estudios de los efectos radiactivos del ozono y de otras especies menos importantes pertinentes a la fotoquímica del ozono y a la dinámica estratosférica para la detección de los posibles efectos climáticos;
10. fomentar estudios encaminados a aclarar los procesos y fenómenos físicos que influyen en la detección de errores de los registros del ozono;
11. pedir a los países que presten más atención a las mediciones de UV-B, en principio en los alrededores de las estaciones de medición del ozono, por cuanto se observó que las mediciones de UV-B hasta ahora constituyen sólo esfuerzos nacionales aislados que no se han estandarizado ni integrado en el plano internacional;
12. seguir elaborando modelos multidimensionales y seguir estudiando los efectos simultáneos sobre las diversas especies que pueden perturbar el ozono atmosférico;
13. seguir desarrollando la vigilancia troposférica para evaluar las fuentes, los depósitos y las tendencias de las concentraciones de CFC 11 y 12, los clorocarburos, el N₂O y el CH₄;

14. intensificar las investigaciones que se realizan acerca de la representación de los procesos de transporte de los modelos químicos;
15. ampliar la determinación de los coeficientes de ritmo a las gamas de presión y temperatura que se encuentran en la atmósfera, e identificar los productos;
16. buscar e investigar toda reacción adicional que pueda afectar la química estratosférica;
17. proseguir los esfuerzos por aumentar la comprensión de la química troposférica;
18. ampliar las mediciones de las especies radicales a la estratosfera inferior y a la troposfera superior mediante el uso de técnicas independientes;
19. obtener campos tridimensionales de los oligoelementos importantes y de las variables meteorológicas de la estratosfera mediante satélites;
20. mejorar los conocimientos relativos a:
 - i) las relaciones entre dosis, dosis-ritmo y respuesta de los diversos efectos biológicos de las radiaciones ultravioletas;
 - ii) las relaciones entre la exposición humana a la radiación solar ultravioleta y el desarrollo de los no melanomas, y definir mejor las posibles relaciones entre la luz solar y el cáncer melanoma de la piel, incluidas las condiciones sociales y ambientales; como resultado de dichos estudios deberían obtenerse datos básicos mundiales sobre la incidencia del cáncer de la piel;
 - iii) la identificación de los grupos de mayor riesgo de la población;
 - iv) la posible interacción de los productos químicos, farmacéuticos y contaminantes con la radiación ultravioleta;
21. estudiar los efectos biológicos de la mayor radiación UV-B sobre los cultivos agrícolas en diferentes ubicaciones geográficas y en las condiciones locales de crecimiento;
22. ampliar los estudios de los efectos acuáticos a los ambientes acuáticos naturales a fin de obtener conocimientos acerca de los efectos consiguientes de la mayor radiación UV-B solar sobre la productividad de los alimentos acuáticos;
23. proseguir los estudios de los espectros de la acción biológica y de la respuesta espectral utilizando además las radiaciones policromáticas a fin de incluir las posibles interacciones de las diversas regiones de longitud de onda;

24. incluir los mecanismos de fotorreparación, adaptación y protección en las consideraciones generales de los efectos de UV-B;
25. determinar la influencia de la radiación UV-B existente y aumentada sobre:
 - i) la sensibilidad y las actividades de los insectos importantes para el equilibrio biosférico (cadena de alimentos animales, interfertilización de las plantas, etc.);
 - ii) los microorganismos, como los causantes de las enfermedades vegetales y animales;
 - iii) procesos primarios, como la fotosíntesis, la biosíntesis, etc.;
 - iv) la fotodegradación de herbicidas, plaguicidas, fertilizantes y productos agrícolas semejantes;
 - v) los efectos de otras situaciones de tensión;
26. determinar los mecanismos mediante los cuales la radiación UV-B actúa sobre las especies y los ecosistemas biológicos;
27. fomentar la publicación de manuales que constituyan guías tanto para los estudios de la exposición a UV-B como para facilitar la intercomparación de los resultados de las investigaciones biológicas;
28. formular mejores dosímetros individuales y biológicos de UV-B.

En el anexo I figura un resumen ejecutivo de la apreciación y las recomendaciones del CCCO.

ANEXO I

RESUMEN EJECUTIVO

El Comité Coordinador sobre la Capa de Ozono (CCCO) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se reunió en Copenhague entre el 12 y el 16 de octubre de 1981 en su quinto período de sesiones. El Comité examinó las contribuciones importantes que hicieron diversos países y organizaciones y las actividades de investigación en materia de observaciones, evaluaciones y elaboración de modelos necesarias para el estudio de la estratosfera. Sobre la base de la información existente y nueva con que contaba el Comité llegó a las siguientes conclusiones:

1. Aún es sumamente probable un riesgo de agotamiento de la capa de ozono debido a las descargas de clorofluorocarburos, aunque se requiere mayor consideración de las variaciones naturales y de otros compuestos que pueden afectar al ozono.
2. Si sólo se consideran las descargas de clorofluorocarburos 11 y 12 a los ritmos actuales, según los cálculos hechos en los modelos actuales se estima una reducción definitiva del ozono en la gama de 5 a 10%, en comparación con alrededor del 10% que se estimaba en el informe del CCCO del año anterior. El cambio con respecto a la cifra de 1980 se debe a nuevos datos relativos a algunos ritmos de reacción química. Si se mantienen las descargas de otros clorocarburos al ritmo actual, éstas podrían aumentar el agotamiento definitivo del ozono debido a los CFC 11 y 12 sólo en alrededor de un tercio.
3. Reconociendo los efectos simultáneos y complejos de las actividades humanas sobre el ozono atmosférico, se han formulado modelos más realistas para estudiar el carácter conexo de los cambios potenciales del ozono. Los cambios de las microconcentraciones de los gases N_2O , NO_x y CFC pueden haber afectado las cantidades de ozono en el pasado. La estimación del actual agotamiento de la columna total de ozono es inferior a 1%, lo cual lo sitúa por debajo del actual límite de detección.
4. La variabilidad natural relativamente grande del ozono atmosférico dificulta la detección de la tendencia de largo plazo. En forma consecuente con el estudio que utiliza modelos múltiples basados en los datos históricos, no se han observado pruebas de cambios en el ozono total. Ello reconoce los progresos importantes y continuos que se hacen en el análisis estadísticos de los registros del ozono.
5. Los datos derivados de las observaciones indican un aumento del ozono en la troposfera del Hemisferio Norte durante los últimos 10 años que es cualitativamente consecuente con los efectos que predicen los modelos sobre la base de las anteriores operaciones de las aeronaves subsónicas y de otras combustiones. Las observaciones hechas en la estratosfera superior son todavía inadecuadas para confirmar los cambios predichos por los modelos debido a las descargas de CFC 11 y 12 en los decenios anteriores. Modelos múltiples sugieren que la distorsión del perfil vertical del ozono pueden adquirir mayor importancia que los cambios de la cantidad total con respecto a las posibles consecuencias climáticas.

6. El continuo mejoramiento de la base de datos respecto de los oligo-elementos atmosféricos ha contribuido a la solución de algunos problemas anteriores en la interpretación y ha indicado nuevas esferas de posible preocupación.
7. La producción mundial combinada de CFC 11 y 12, según la estima la Asociación de Manufactureros de Productos Químicos, ha bajado en un total de 18% entre 1974 y 1980. La mayor parte de esta reducción se registró entre los años 1974 y 1977; durante el año pasado (1980) se registró una reducción de sólo 1%. Se reconoce que en definitiva la reducción de los CFC utilizados en el aerosol se podría compensar con el aumento de los usos no vinculados con el aerosol. Hay también indicaciones de una mayor producción de otros compuestos que contienen cloro que podrían afectar a la capa de ozono.
8. Si se reduce el ozono atmosférico, más radiación ultravioleta solar de la gama UV-B penetrará hasta la superficie de la tierra. Estudios nuevos han confirmado las estimaciones anteriores de la relación entre la reducción del ozono y el aumento de UV-B. Los efectos biológicos y sobre la salud que cabe esperar de dicho aumento de la radiación ultravioleta constituyeron uno de los principales temas examinados en la reunión. La mayor parte de los efectos conocidos de UV-B son nocivos, por lo cual existe preocupación por las consecuencias, especialmente en lo que se refiere a la producción agropecuaria, las pesquerías y la salud humana.
9. Los resultados de investigaciones recientes indican que muchos organismos terrestres vegetales y acuáticos pueden sufrir daños como consecuencia del aumento de UV-B; ello se aplica a cultivos importantes, como el trigo y el arroz, y a organismos acuáticos, como los huevos y las larvas de peces. No obstante, se requieren más investigaciones para evaluar los efectos generales en las complicadas condiciones actuales de crecimiento.
10. En lo que respecta a la salud humana, está bien demostrado que el aumento de UV-B solar provocaría una mayor incidencia de cáncer de la piel no melanoma, especialmente en las personas de piel clara. Hay varias indicaciones de que la luz solar podría ser uno de los factores causantes del melanoma maligno, que afecta a personas de todos los tipos de piel. En la actualidad no se sabe si el UV-B es uno de dichos factores; si lo fuera, cabría esperar que la reducción del ozono atmosférico provocara un aumento de la incidencia de melanoma.
11. El Comité destacó la importancia de que los países miembros y las organizaciones internacionales, como la OMM, con el apoyo del PNUMA, suministraran información relativa a la producción, descarga y uso de productos químicos y siguieran colaborando en los estudios relativos a la capa de ozono.

10-11-1918

Dear Mother
I received your letter of the 10th and was glad to hear from you. I am well and hope these few lines will find you all the same. I am still in the hospital and am getting on my feet. I will be home soon. I love you all very much and hope to see you all very soon.

I am still in the hospital and am getting on my feet. I will be home soon. I love you all very much and hope to see you all very soon.

I am still in the hospital and am getting on my feet. I will be home soon. I love you all very much and hope to see you all very soon.

I am still in the hospital and am getting on my feet. I will be home soon. I love you all very much and hope to see you all very soon.

I am still in the hospital and am getting on my feet. I will be home soon. I love you all very much and hope to see you all very soon.

I am still in the hospital and am getting on my feet. I will be home soon. I love you all very much and hope to see you all very soon.