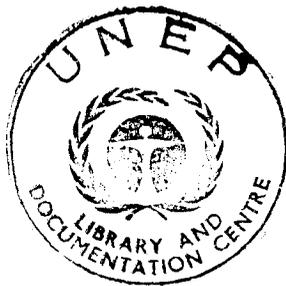


Man
Noe 1
1977



EL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE:

TEMAS SELECCIONADOS – 1977



PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL MEDIO AMBIENTE



Misa
2008/10
1977/2

Indice

	<i>Página</i>
Prefacio	1
I. Introducción	1
II. Productos químicos y medio ambiente: posibles efectos biológicos de la reducción del ozono en la atmósfera	2
III. Una enfermedad ambiental: el cáncer	5
IV. Disminución de la base agrícola de producción alimentaria: pérdida de tierras y de suelos	9
V. Utilización y gestión de recursos renovables: la leña	11
VI. Protección y mejoramiento del medio ambiente	14
A. <i>Reducción de la capa de ozono</i>	14
1. Advertencia contra los hidrocarburos fluorados	14
2. Vigilancia del ozono	14
3. Vigilancia del óxido nitroso del aire	14
B. <i>Cáncer</i>	14
1. Sistema lógico de investigaciones sobre el cáncer	14
2. Sustitutivo del amianto	15
3. Ensayos rápidos efectivos para detectar posibles carcinógenos	15
4. Vigilancia de los mutágenos del medio marino	15
C. <i>Pérdida de tierras y suelos</i>	15
1. Repoblación forestal para impedir el aterramiento	15
2. Prevención de la erosión	15
3. Plantación de datileros para detener la invasión del desierto	15
VII. Conclusión	15

El texto de esta publicación fue presentado a los distintos gobiernos en el transcurso de la 5ª sesión celebrada por el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en Nairobi en mayo de 1977; su publicación para las Naciones Unidas corre a cargo de

Pergamon Press



Oxford · New York · Toronto · Sydney
Paris · Frankfurt

Prefacio

Este es el primero de los informes anuales sobre el estado del medio ambiente que, en vez de tratar de una gran variedad de problemas ambientales, concentra la atención en unos pocos temas de importancia en el plano internacional: en este caso los temas son la capa de ozono, los cánceres de origen ambiental, la pérdida y degradación de suelos, y la leña. El Director Ejecutivo tiene la intención de presentar informes de este tipo todos los años, con un análisis completo cada cinco años.

El presente informe se basa en los puntos de vista expresados en consultas celebradas con varios miembros de las comunidades científicas acerca de los temas mencionados. Se presentó a los gobiernos en el quinto período de sesiones del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, celebrado en Nairobi en mayo de 1977, y hubo acuerdo general en que el informe ofrece un cuadro realista y fiel de los problemas ambientales que se presentan y sobre los cuales deben centrar su atención la comunidad internacional en general y el PNUMA en particular.

I. Introducción

1. El Consejo de Administración decidió, en su cuarto período de sesiones, que en adelante los informes anuales sobre el estado del medio ambiente fuesen selectivos en su examen de los temas y que, cada cinco años, se preparase un informe analítico y amplio sobre las novedades relacionadas con cada una de esas cuestiones.* El informe anual sobre el estado del medio ambiente ha abarcado, en años anteriores (1974, 1975 y 1976), una gran variedad de cuestiones ambientales; el informe del presente año se centra en cuatro temas concretos: la capa de ozono, los carcinógenos ambientales, la pérdida de suelos y la leña. Por qué se han seleccionado éstos, entre cientos de temas posibles?

2. El hombre no daña intencionadamente su medio ambiente, de la misma forma que ningún ser racional destruiría deliberadamente su propia vivienda. Sin embargo, cuando el hombre actúa para satisfacer sus necesidades—cuando cultiva alimentos, cría ganado, construye carreteras o establece industrias— sus actividades tienen a menudo efectos secundarios que son perjudiciales para el medio ambiente. A veces, esos efectos ambientales secundarios pueden hacer difícil o incluso imposible que pueda continuar sus primitivas actividades.

3. Esencialmente, la ordenación ambiental requiere una doble operación. En primer lugar, hay que tratar de determinar en dónde la degradación del medio ambiente y el agotamiento de los recursos están dificultando la

satisfacción de las necesidades humanas básicas de alimento, vivienda, salud, vestido, educación y trabajo. En segundo lugar, hay que tratar de modificar las actividades humanas, a fin de eliminar todo efecto secundario inconveniente y de satisfacer esas necesidades básicas de forma sostenida.

4. La confrontación entre las crecientes aspiraciones de una población mundial en aumento y las limitaciones físicas y ecológicas de la biosfera han enfrentado a la humanidad con los límites externos de lo que el planeta puede proporcionar de forma continuada. La exigencia imperativa de satisfacer las necesidades humanas básicas refleja límites internos no menos inflexibles. Las aspiraciones crecientes y los límites externos e internos son los elementos principales de la cuestión ambiental, de la que la comunidad internacional, los gobiernos nacionales y la población mundial en general han adquirido conciencia creciente desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, celebrada en Estocolmo en junio de 1972.

5. El año 1982, en que se cumplirá el décimo aniversario de la Conferencia de Estocolmo, será para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente un año de examen. El PNUMA publicará un importante estudio en el que se analizarán los cambios que se han producido en el medio humano durante el decenio y se evaluarán esos diez primeros años en que la humanidad ha intentado de forma consciente y cooperativa la ordenación racional de un pequeño planeta. Cada cinco años se repetirá un examen general análogo del medio ambiente, formando así un conjunto de informes quinquenales sobre el estado del medio ambiente que complementarán y consolidarán la serie de ensayos sobre temas concretos contenidos en el presente y en ulteriores informes anuales sobre el estado del medio ambiente.

6. En cumplimiento de las decisiones de la Asamblea General* y del Consejo de Administración,† se intentará que los temas elegidos para su examen en los informes anuales satisfagan generalmente los siguientes criterios, que se enumeran por orden de prioridad:

En primer lugar, los temas serán de importancia general, ya sea por su significación mundial o regional, ya porque, aun siendo primordialmente nacionales, correspondan a problemas ampliamente compartidos;

*En la resolución 2997 (XXVII) de la Asamblea General, de 15 de diciembre de 1972, se pedía al PNUMA "tener continuamente bajo estudio las condiciones ambientales en todo el mundo, con el fin de conseguir que los problemas de vasta importancia que surjan en esa esfera reciban apropiada y adecuada consideración por parte de los gobiernos".

†En la decisión 20 (III) del Consejo de Administración, de 2 de mayo de 1975, se consideró que el informe intentaba "señalar nuevos problemas que requieren la atención de los gobiernos". La sugerencia del Director Ejecutivo de "un breve informe anual fáctico en el que únicamente se destacaran aquellos problemas de importancia internacional que se hubieran presentado o modificado de modo significativo en el año anterior" fue aprobada por el Consejo de Administración en su cuarto período de sesiones (documento A/31/25, párr. 41).

*Decisión 47 (IV) del Consejo de Administración, Sección I, párr. 10.

En segundo lugar, los temas serán *nuevos*, en el sentido de que hayan estado suscitando gran interés por parte del público o de los gobiernos, se hayan desarrollado recientemente nuevos conocimientos o hipótesis científicos, o se haya producido (o pueda producirse pronto) un cambio de situación;

En tercer lugar, los temas serán *urgentes*, en el sentido de que las consecuencias del problema puedan ser graves o producirse en un futuro inmediato;

En cuarto lugar, los temas serán los que hayan recibido *atención insuficiente* por parte de los gobiernos y del sistema de las Naciones Unidas;

Por último, los temas corresponderán con frecuencia a problemas *que el propio PNUMA haya contribuido a resolver*, o sobre los que tenga intención de trabajar.

7. El presente documento es el primer informe anual sobre el estado del medio ambiente preparado de conformidad con la decisión 47 (IV) del Consejo de Administración. El primer tema que presenta es el de la *capa de ozono*, que se encuentra en la alta estratosfera, entre 10 y 50 km sobre la superficie de la tierra, y forma una barrera protectora de importancia decisiva contra la perjudicial radiación ultravioleta procedente del sol. Algunas actividades humanas (como el transporte aéreo supersónico, el uso de algunos gases impulsores de aerosoles, la producción y el empleo de fertilizantes nitrogenados y las explosiones nucleares atmosféricas), orientadas a satisfacer necesidades humanas reconocidas (como el transporte rápido, la pulverización doméstica de insecticidas, la agricultura y la defensa) pueden perjudicar a esa capa de ozono y, por consiguiente, podrían impedir la satisfacción de otras necesidades del hombre (como su propia salud, la de su ganado y sus cultivos, o la de los mares y océanos).

8. Un efecto probable de los daños a la capa de ozono sería el aumento del cáncer de piel humano. Esta es sólo una de las muchas formas del cáncer, enfermedad que en muchos países desarrollados es hoy la causa del 17,2% del total de defunciones [1]. Actualmente se estima que más de la mitad de todos los cánceres son de origen ambiental, iniciados por compuestos químicos producidos por las tecnologías o las formas de vida modernas. El segundo tema, *cánceres ambientales*, constituye, pues, otro ejemplo de la satisfacción de una necesidad reconocida a expensas de degradar el medio ambiente y de perjudicar la salud humana. Se trata sólo de un ejemplo de una amplia variedad de enfermedades ambientales.

9. El tercer tema del informe del presente año, *pérdida de tierras y degradación del suelo*, se refiere a una amenaza todavía más fundamental para el bienestar humano los daños a la base agrícola de la producción alimentaria. Algunos métodos agrícolas actuales (como el cultivo de pendientes escarpadas, la tala y quema de árboles y la deforestación) pueden perjudicar la capa superficial del suelo irreparablemente, y actividades encaminadas a atender otras necesidades humanas (como la construcción de viviendas, carreteras y aeropuertos) pueden sustraer tierras útiles a la producción agrícola.

10. El cuarto tema, *la leña*, ilustra cómo la utilización amplia y sin criterio de árboles para leña está produciendo un agotamiento rápido y alarmante de un recurso renovable fundamental, y produciendo como secuela la erosión y el deterioro del suelo.

11. Estos cuatro ensayos no pretenden ser exhaustivos. Se orientan más bien a demostrar que, como ocurre siempre en la ordenación del medio ambiente, es necesario hacer algunas elecciones decisivas; entre necesidades diversas, entre diversas formas de satisfacerlas, entre métodos concretos y entre los efectos no pretendidos que de éstos pueden derivarse.

Referencias

1. *The Sixth Annual Report of the Council of Environmental Quality*. Washington: United States Government Printing Office (diciembre de 1975).

II. Productos químicos y medio ambiente: posibles efectos biológicos de la reducción del ozono en la atmósfera

12. El ozono —una forma del oxígeno— es de importancia vital para el hombre, aunque representa menos de una millonésima parte de la atmósfera terrestre. Las mayores concentraciones de ozono se encuentran en la estratosfera, la región de la atmósfera de una altitud que oscila entre los 10 y los 50 km en las altas latitudes, y entre los 18 y los 50 km en las bajas. La fuente de energía predominante en la estratosfera es la absorción de radiación ultravioleta por el ozono, y este proceso de absorción explica el aumento de la temperatura media desde unos 50°C bajo cero hasta 3°C bajo cero, entre el límite inferior de la estratosfera (tropopausa) y su límite superior (estratopausa). El aumento de la temperatura con la altitud (la llamada inversión de la temperatura) disminuye considerablemente la mezcla vertical de aire en la atmósfera [1]. Esta es la razón principal de que los materiales inyectados en la estratosfera puedan permanecer mucho tiempo en ella.

13. Incluso en su concentración más alta, alrededor de los 30 km de altura [2], el ozono no se encuentra en más de una parte por cada cien mil partes. No obstante, esa pequeña cantidad de ozono es de importancia decisiva para la vida en la tierra, ya que protege a los organismos que se encuentran al nivel del suelo del elemento ultravioleta perjudicial de la luz solar. (Hay que observar que el ozono se produce también en la niebla fotoquímica [3] a un nivel relativamente bajo (alrededor de 1 km), en la troposfera. Unido a las pequeñas concentraciones que se difunden en sentido descendente desde la capa de ozono, el producido por la niebla puede perjudicar la salud humana y el crecimiento de las plantas. Se trata de un problema ambiental distinto, pero conexo.)

14. Sin la luz del sol no existiría vida en la tierra. No obstante, demasiada luz solar puede dañar a los organismos vivos. El espectro de la radiación solar se divide en tres partes diferentes: la luz visible (de una longitud de onda de 380 a 770 nm; un nanómetro (nm) es la mil millonésima parte del metro); las longitudes de onda superiores, llamadas infrarrojas, y las inferiores, llamadas ultravioletas (UV). En la parte UV no hay mucha energía total, pero los distintos fotones son mucho más energéticos que los de longitudes de ondas más largas.

15. Desde el punto de vista ecológico, la parte más importante del espectro UV es la región UV-B [4],

comprendida entre los 280 y los 320 nm, que causa eritemas solares en el hombre y tiene otros efectos biológicos marcados. La capa de ozono estratosférica protege a la tierra en gran medida de los efectos perjudiciales de la radiación UV-B; en realidad, sin ese escudo protector no podrían haberse desarrollado las formas actuales de vida terrestre. El ozono filtra la radiación UV, a partir de los 320 nm, y es cada vez más eficaz a longitudes de onda menores, impidiendo por completo que las radiaciones de menos de unos 290 nm lleguen al suelo [5]. En la absorción de la radiación UV en la estratosfera participan otros mecanismos además de la capa de ozono, lo que complica el análisis de la cantidad exacta de radiación UV-B perjudicial que llega hasta el suelo. El resultado neto de esos factores, sin embargo, es que, como promedio anual, más del 70% del total de la radiación UV-B que llega a la superficie terrestre cae en las regiones ecuatoriales, entre las latitudes 30° N y 30° S [6].

16. En condiciones naturales, los principales catalizadores destructores del ozono se encuentran en el sistema del hidrógeno atmosférico (radical hidroxílico: OH) y en el del nitrógeno atmosférico (óxido nítrico: NO). El efecto de esos catalizadores naturales sobre la capa de ozono consiste en mantener la cantidad de ozono estratosférico a su nivel mundial actual, relativamente constante. Sin embargo, a pesar de la protección natural contra la contaminación que proporcionan la troposfera y la tropopausa, hay algunas actividades humanas que afectan el equilibrio del ozono, al añadir a la estratosfera cantidades considerables de catalizadores destructores del ozono.

17. En primer lugar se encuentra la producción de compuestos como los clorofluorometanos, que se utilizan como gases impulsores de aerosoles y como refrigerantes, y de otros productos químicos sintéticos como el tetracloruro carbónico y el cloroformo de metilo. Esas sustancias son químicamente inertes en la baja atmósfera, pero en la estratosfera se transforman por la radiación ultravioleta para formar cloro libre, que es un catalizador destructor del ozono. Se estima que esos productos químicos han disminuido ya la capa de ozono en un 1% y, si siguen produciéndose al ritmo de 1973, podrían causar una reducción de hasta el 3% para el año 2000, y hasta del 10% para el 2050. Se prevé que seguirían produciéndose daños importantes en la capa de ozono de 50 a 200 años después de que el hombre dejase de producir esos compuestos sintéticos [7].

18. En segundo lugar está la producción de catalizadores destructores de ozono dentro de la estratosfera, cuando las aeronaves, civiles y militares, que vuelan sobre la tropopausa, emiten óxidos de nitrógeno con sus gases de escape. En 1970-1971, se estimó posible que varios centenares de aeronaves supersónicas civiles de transporte llegasen a volar en la estratosfera, y que ello sería suficiente para reducir la capa media mundial de ozono en un 10% o más. El abandono efectivo de proyectos supersónicos civiles ha eliminado esta amenaza inmediata, y se dispone de poca información sobre la frecuencia de los vuelos estratosféricos de las aeronaves militares. El uso de gases que contienen cloro en la proyectada lanzadera espacial de los Estados Unidos puede producir también una pequeña disminución (0,1%) del ozono [8]. En un reciente informe de la OMS [9], preparado en colaboración con el PNUMA y el CIUC, se llegaba a la conclusión de que "no es de esperar que las

aeronaves supersónicas de transporte actualmente proyectadas, por sus alturas de vuelo inferiores a 17 km y su número reducido (se prevén de 30 a 50), tengan un efecto importante o que pueda distinguirse de las variaciones naturales", pero "se prevé que una gran flota de aeronaves supersónicas que vuelen a mayores alturas tendrían un efecto apreciable en la capa de ozono".

19. En tercer lugar, hay riesgos relacionados con las explosiones nucleares en la atmósfera. Esas actividades se traducirían en la "perforación de un agujero" en la tropopausa, impulsando a la estratosfera óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) y cloro perjudicial para el ozono. Se ha vaticinado que una de las consecuencias ambientales de una guerra nuclear mundial sería una disminución de la capa de ozono en un 20 a un 70%, durante 5 a 10 años [10].

20. En cuarto lugar está la posible producción de óxidos de nitrógeno a consecuencia de la producción y el uso de fertilizantes nitrogenados a escala sostenida e intensiva, para aumentar la producción agrícola. Con objeto de aumentar los rendimientos, a menudo se añade al suelo fertilizante nitrogenado, o se cultivan plantas leguminosas o de otras clases que "fijan" el nitrógeno de la atmósfera. En su día, los nitratos del suelo vuelven a convertirse en nitrógeno u óxido nítrico (N₂O) por las bacterias de los suelos y del agua. Algunas proyecciones indican que el óxido nítrico producido como consecuencia de la agricultura podría duplicarse como mínimo en los próximos 50 años. Si una fracción apreciable de ese nitrógeno penetrase en la estratosfera, la capa de ozono podría llegar a reducirse hasta en un 15% [11]. Sin embargo, hay muchas incertidumbres: otros cálculos se traducen en estimaciones más moderadas [1]. También la combustión de combustibles (petróleo, gas, hulla, madera y estiércol) añade cantidades considerables de compuestos nitrogenados a la atmósfera. Estos compuestos penetran en el ciclo del nitrógeno y algunas partes llegan en su la estratosfera en forma de óxido nítrico, provocando la destrucción del ozono. Por ello es día a día importante vigilar las concentraciones de N₂O atmosférico y aprender más sobre sus mecanismos de producción y destrucción.

21. El testimonio de las pruebas científicas indica actualmente que los vuelos civiles o militares en gran escala en la estratosfera, el aumento del uso de fertilizantes nitrogenados inorgánicos y la continua liberación de clorofluorometanos en la atmósfera inferior pueden perturbar los niveles de ozono estratosférico lo suficiente para requerir controles mundiales, y que una guerra nuclear mundial podría tener, sólo en ese aspecto, desastrosas consecuencias. Además, hay que comprender que ninguno de esos efectos debe considerarse separadamente de los otros, porque los daños causados a la capa de ozono por cada uno de los distintos mecanismos son probablemente aditivos. Hasta 1970, el estudio de la química del ozono y atmosférica fue una esfera científica muy descuidada, y se necesita urgentemente una investigación integrada e interdisciplinaria. Teniendo esto en cuenta, el PNUMA, junto con el Gobierno de los Estados Unidos de América, ha convocado una conferencia especial sobre el ozono en Washington, en marzo de 1977.

22. Si la capa de ozono quedase permanentemente debilitada de alguna de las formas descritas y se produjese realmente un aumento de la radiación ultravioleta que

llegase a la superficie de la tierra, la consecuencia más grave a largo plazo podría ser perturbaciones mundiales inconvenientes del clima terrestre. Sin embargo, el presente informe se ocupa principalmente de los efectos en los organismos vivos.

23. La radiación UV-B puede matar directamente microorganismos, y en las plantas y los animales puede destruir células aisladas. Las estructuras moleculares de las proteínas y los ácidos nucleicos, que son los elementos que integran los tejidos vegetales y animales y a los que corresponde, en conjunto, la mayor parte de su peso seco, son dañados por la radiación ultravioleta de forma que no pueden desempeñar ya adecuadamente sus funciones biológicas. Las proteínas son sumamente sensibles a la radiación UV de 280 nm, y los ácidos nucleicos a la de 260 nm, pero en ambos casos la radiación próxima a esas longitudes de onda extremas produce daños similares, aunque menos importantes [12]. Se recordará que, en la actualidad, la capa de ozono impide totalmente a la radiación UV de menos de 290 nm de longitud de onda llegar al suelo, por lo que la continuación de esa protección estratosférica es evidentemente decisiva para toda la vida de la tierra.

24. Durante un período muy largo, los organismos han desarrollado mecanismos para soportar las cantidades de radiación UV que llegan a la superficie del planeta en condiciones normales, es decir, bajo la protección de la capa de ozono. Para ello utilizan cuatro medios principales: cubiertas y pigmentación protectoras que filtran la radiación ultravioleta; adaptaciones de comportamiento para evitar la luz solar; mecanismos de fotorreactivación o fotoprotectores; y mecanismos de reparación en tinieblas. De esas formas, la naturaleza se ha adaptado a un grado relativamente alto de variabilidad a corto plazo de la exposición a la radiación UV (de un año a otro se producen entre un 10 y un 20% de fluctuaciones en la radiación UV a nivel del suelo), pero todo aumento importante y sostenido de esa radiación podría traducirse en una perturbación del actual equilibrio vital [4].

25. Cuando se somete a las plantas a un aumento de la radiación UV-B en el laboratorio, algunas especies cultivadas, como el maní, el trigo, el sorgo y la cañuela, se muestran bastante resistentes, mientras que otras, como la lechuga, los guisantes, el tomate, el algodón y los rábanos son sensibles. En general, los plantones son mucho más sensibles que las estructuras vegetativas como las hojas [13]. Cuando se aumenta la cantidad de radiación UV-B para simular los efectos de una reducción del 35 al 50% en el ozono de la estratosfera, se observan pequeños cambios en la anatomía de las hojas, perturbaciones de la fotosíntesis y disminuciones de las tasas de crecimiento de aproximadamente la mitad de las especies silvestres y cultivadas estudiadas. Las consecuencias biológicas a largo plazo, especialmente cambios genéticos, pueden ser de gran alcance [14].

26. Las investigaciones preliminares hechas con fitoplancton, las plantas flotantes microscópicas que son la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas marinos, muestran que la radiación UV-B reduce la fotosíntesis. Experimentos realizados frente a las costas de Africa indican que, al aumentar la radiación UV-B, la fotosíntesis del plancton puede verse inhibida hasta en un 60%. La radiación UV puede atravesar el agua. Por ejemplo, el 75% de la radiación UV de 318,5 nm llegaba a un metro de

profundidad en aguas naturales frente a la costa de Córcega, y el 43% de la de 321 nm, frente a las costas de Bretaña. Se necesitan más estudios para determinar la importancia exacta de los efectos de la radiación UV en los ecosistemas marinos [15].

27. El aumento de los niveles de la radiación UV-B solar puede modificar también los de agua dulce destruyendo microorganismos y reduciendo la eficiencia de la depuración natural del agua. Las repercusiones de esa modificación en el hombre dependen de la masa de agua que se estudie, y de la calidad del agua considerada tolerable para el consumo humano [16].

28. Los efectos del aumento de la radiación UV-B en los animales distintos del hombre han merecido escasa atención, ya que generalmente se ha supuesto que esa radiación es absorbida por el pelo, las plumas, las escamas, los caparzones y los pigmentos normales de la piel. Probablemente esos factores seguirán proporcionando cierto grado de protección, pero algunos animales pueden encontrarse ya en su límite de tolerancia de la radiación UV-B, y nuevos aumentos podrían producir efectos dañosos en animales que hasta ahora no los han sufrido [17]. A diferencia de los seres humanos, la mayoría de los animales no se exponen a la plena luz solar si no cuentan con alguna forma de impedir que cantidades excesivas de esa luz alcancen sus tejidos sensibles. La mayoría de las especies marinas se esconden durante el día, en grietas de las rocas, escondrijos o aguas profundas, saliendo de noche para mordisquear las algas. La mayoría de los animales salvajes terrestres son de hábitos nocturnos, o se mantienen en la sombra de los bosques durante el día [18].

29. En el hombre, la radiación UV-B solar causa quemaduras, el envejecimiento y deterioro de la piel, y diversas formas de cáncer cutáneo. La máxima sensibilidad de la piel al bronceado y la quemadura solar corresponde a una longitud de onda aproximada de unos 297 nm. Sin embargo, la longitud de onda más responsable del bronceado, cuando el sol se encuentra a una elevación de 60°, es la de 307,5 nm. Esa longitud de onda de efectividad máxima disminuiría en unos 5 nm —aproximadamente mucho más a aquella a la que el hombre es más sensible— y las repercusiones totales se duplicarían con creces si se redujera la cantidad de ozono de la estratosfera a la mitad. En caso de cambios menores, la probabilidad de quemaduras solares en el hombre aumenta en un 2%, aproximadamente, por cada 1% de disminución del ozono estratosférico [19].

30. Se sabe también que la radiación UV-B daña el DNA —material genético de las células— causando así mutaciones. Una hipótesis razonable es que el cáncer de piel supone también la absorción de radiación UV por el DNA; esencialmente, el mismo espectro de radiación responsable de las quemaduras solares es también el responsable del cáncer de piel. Las formas mortales de este cáncer no se limitan a las zonas del cuerpo habitualmente expuestas a la luz directa del sol. El cáncer de piel es más común en los trabajadores al aire libre y es menos común en las poblaciones muy pigmentadas que en las de piel más clara. La tasa de este cáncer entre los caucásicos de piel blanca, especialmente de melanoma maligno (una excrescencia oscura parecida a un lunar), aumenta con la latitud y la exposición al sol. En Queensland, Australia (10 a 30° S), la tasa de melanoma es tres veces superior, y en Texas,

Estados Unidos (10 a 30° S), dos veces superior a la de Europa Central (50° N) [20]; y en la Noruega meridional (58° N) hay casi tres veces más melanomas que en la septentrional (70° N). La exposición al sol, desde luego, no es sólo cuestión de latitud, sino también de clima, costumbres y vestido. En un período de 20 años (1955-1974), la tasa de melanoma maligno de Noruega se ha triplicado con creces en ambos sexos. La exposición al aire libre estimada era muy superior en los pacientes de melanoma, en comparación con un grupo de control sin cáncer de piel, en Nueva York [21].

31. Las armas nucleares, los pulverizadores de aerosol, el transporte supersónico y el aumento de la producción alimentaria para alimentar a la población del mundo son ejemplos de avances tecnológicos, pero normalmente no se considerarían en un mismo contexto. Sin embargo, actualmente se aprecia que tienen algo en común: todos ellos son fuentes potenciales de agentes catalíticos que penetran en la estratosfera de la tierra y descomponen el ozono que protege a los seres vivos de los peores efectos de la radiación ultravioleta del sol. La importancia plena de los peligros ambientales que acompañan a ese fenómeno es todavía incierta, a pesar de varios años de investigaciones. Sin embargo, cada vez es más evidente que hay amplia variedad de actividades humanas capaces de perturbar el delicado equilibrio fotoquímico del que depende la protección del ozono y quizá la vida misma.

32. En espera de los resultados de la Conferencia de Washington, sería prematuro recomendar reglamentos específicos para disminuir la amenaza que existe para la capa de ozono: las complejidades de la física y la química atmosféricas, junto con las mutuas interacciones del aire, el agua, el suelo, las plantas, los animales y el hombre, hacen sumamente difícil hoy expresar en términos cuantitativos las consecuencias de las actividades humanas antes examinadas. No obstante, esas incógnitas exigen una investigación interdisciplinaria inmediata en esta importante esfera de la ciencia atmosférico-biosférica.

Referencias

1. P. J. Crutzen, *Ambio* 3, 201-210 (1974).
2. M. Nicolet, *Stratospheric ozone: An introduction to its study*, *Aeronomica Acta* A. No. 156, 135 (1975); A. J. Kuger, D. F. Heath y C. L. Mateer, *Pure Appl. Geophys.* 105-108, 1254-1263 (1973).
3. B. J. Finlayson y J. B. Pitts, Jr., *Science* 192, 11-119 (1976).
4. M. M. Caldwell y D. S. Nachtwey, *Introduction and Overview*, *Department of Transportation, Climatic Assessment Program - Monograph 5 - Part I, Chapter I*, Washington, D.C. (1975); *Environmental effects of stratospheric flight: biological and climatic effects of aircraft emissions in the atmosphere*, Washington, D.C.: National Academy of Sciences (1975).
5. P. Halpern, J. V. Dave y N. Braslau, *Science* 186, 1204-1207 (1974).
6. P. Cutchis, *Science* 184, 13-18 (1974).
7. *Halocarbons: Effects on Stratospheric Ozone*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences (1976).
8. *Environmental Effects of Stratospheric Flight: Biological and Climatic Effects of Aircraft Emissions in the Atmosphere*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences (1975).
9. *WMO Statement on Modification of the Ozone Layer due to Man's Activities*, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, WMO/No. 315 (6 de enero de 1976).
10. *Long-term Worldwide Effects of Nuclear-weapons Detonation*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences (1974); J. Hampson, *Nature* 250, 189-191 (1975).

11. M. B. McElroy, *Chemical Processes in the Solar System: a Kinetic Perspective*. Cambridge, Mass.: Centre for Earth and Planetary Physics, Universidad de Harvard (1975).
12. D. S. Nachtwey y T. M. Murphy, *General aspects of UV radiation effects on biological systems*, *Department of Transportation, Climatic Assessment Program, Monograph 5 - Part I, Chapter 3*. Washington, D.C. (1975).
13. *Biological Impacts of Increased Intensities of Solar Ultraviolet Radiation*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, National Academy of Engineering (1973).
14. D. Brabbam, R. H. Biggs, W. F. Campbell, L. A. Gerrad, J. R. Brandie y W. B. Sisson, *Plant Responses to UV Radiation*, *Department, Chapter 4*. Washington, D.C. (1975).
15. J. Calkins y D. S. Nachtwey, *UV effects on bacteria, algae, protozoa and aquatic invertebrates*, *Department of Transportation, Climatic Assessment Program, Monograph 5 - Part I, Chapter 5/1*. Washington, D.C. (1975).
16. H. van Dyke y B. E. Thomson, 1975. *Response of model estuarine ecosystems to UV-B radiation*, *Department of Transportation, Climatic Assessment Program, Monograph 5 - Part I, Chapter 5/1*. Washington, D.C. (1975).
17. T. H. Hsiao, *Effects of UV radiation on insects*, *Department of Transportation, Climatic Assessment Program, Monograph 5 - Part I, Chapter 5/3*. Washington, D.C. (1975).
18. W. P. Porter, R. C. Worrest y D. J. Kimeldorf, *Department of Transportation Climatic Assessment Program, Monograph 5 - Part I, Chapter 6/1 y 2*. Washington, D.C. (1975).
19. F. Daniels, Jr., D. F. Robertson, P. D. Forbes, H. F. Blum, F. Urbach, J. Scotto, J. A. H. Lee, E. R. Davies y D. Berger, *Biomedical Implications of UV Changes for Man*, *Department of Transportation, Climatic Assessment Program, Monograph 5 - Part I, Chapter 7*. Washington, D.C. (1975).
20. A. Wiskemann, Sunlight and melanomas, *Proc. VII Int. Congr. Photobiology*. Roma (1976).
21. K. Magnus, Epidemiology of malignant melanoma of the skin in Norway with special reference to the effect of solar radiation, *Proc. VII Int. Congr. Photobiology*. Roma (1976).

III. Una enfermedad ambiental: el cáncer

33. Las relaciones entre el cáncer y el medio ambiente se conocen desde 1775, en que Pott observó una correlación entre el cáncer de la piel del escroto y la intensa exposición al hollín de los deshollinadores [1]. Desde entonces se ha visto que muchos contaminantes ambientales producen cáncer en diversas partes del cuerpo: las aminas aromáticas producen cáncer de vejiga; el "amianto azul" (crocidolita) causa el mesotelioma que afecta el peritoneo y la pleura; el uranio produce cáncer de pulmón. En los últimos años, una colección creciente de testimonios de todo el mundo indica que el cáncer, después de las enfermedades de corazón, es el mayor asesino de las sociedades industrializadas debido de forma abrumadora a factores ambientales. En 1958 se sugirió que del 70 al 80% de los cánceres estaban directa o indirectamente relacionados con el medio ambiente. Aunque entonces se discutió la idea, hoy se admite generalmente que del 60 al 90% de todos los cánceres están relacionados de alguna forma con factores ambientales, aunque es evidente que otros factores intervienen también.

34. Todos los cánceres se caracterizan por un crecimiento desenfrenado de las células. Las células crecen y se multiplican naturalmente, pero en un cuerpo sano este crecimiento está controlado por una serie compleja de mecanismos. Los cánceres se producen cuando ese control se descompone. En los tejidos conjuntivos (como hueso, cartílago, tendón, músculo), los cánceres se llaman sarcomas; en los tejidos epiteliales (como piel, vejiga, pulmón, mama), carcinomas; y en las células del sistema

sanguíneo se llaman leucemias. En la mayoría de los casos de cáncer, el crecimiento desenfrenado produce la formación de tumores que se extienden por los tejidos normales y a menudo los matan. Si no son tratados esos tumores (llamados malignos) producen ordinariamente la muerte, pero puede transcurrir un largo período entre su iniciación y la aparición de síntomas claros.

35. Aunque el cáncer está extendido en los reinos animal y vegetal, se conoce mejor y es más importante en los seres humanos. La mortalidad debida al cáncer difiere grandemente según los lugares. En los países situados en la zona tropical, en donde las enfermedades transmisibles están todavía muy difundidas, el porcentaje de defunciones debidas al cáncer es mucho menor que en los países industrializados de climas templados, en donde la esperanza de vida se extiende a unos 70 años. Por ejemplo, en 1972 sólo el 3,5% del total de defunciones de Filipinas se debieron al cáncer, mientras que en el Canadá, en ese mismo año, la cifra correspondiente fue del 20% [2]. Cuando se trata de formas específicas de cáncer, las variaciones internacionales son todavía más sorprendentes. Así (para personas de los mismos grupos de edad), el cáncer de hígado es casi cien veces más frecuente en Bulaway, Rhodesia, que en Bombay, India, mientras que los ciudadanos de Bombay padecen 50 veces más cáncer de la boca y la faringe que la población de la Noruega rural. Ibadán, en Nigeria, tiene 12 veces menos cáncer de estómago que Miyagi, en el Japón, y más de 40 veces menos cáncer del recto que Saskatchewan, en el Canadá [3].

36. El cáncer puede ser causado por una amplia variedad de factores, que a menudo actúan combinadamente durante muchos años. Otras formas son causadas por factores hereditarios, por ejemplo el retinoblastoma, raro tumor del ojo que se produce en los niños. Aparentemente algunos cánceres, como el linfoma de Burkitt, el carcinoma nasofaríngeo y quizá el cáncer del cuello uterino, se asocian con infecciones del virus herpes. Sin embargo, la abrumadora mayoría de los factores causales que se han aislado eran de alguna forma ambientales: guardan relación con el aire que la población respira o con el agua que bebe, con el medio ambiente en que trabaja o vive, con su dieta personal o su forma de vida, o con hábitos como fumar tabaco o beber alcohol. En las sociedades industrializadas, esos agentes ambientales han demostrado ser responsables del 30 al 40% de los cánceres humanos, y una gran parte de las investigaciones de las causas del cáncer se basan ahora en la hipótesis de que todos los cánceres son de origen ambiental mientras no se demuestre lo contrario [4, 5].

37. La importancia de los factores ambientales en la carcinogénesis se ha definido principalmente mediante estudios epidemiológicos, es decir, estudios del origen, la naturaleza, la patología y la prevención de las enfermedades temporalmente generalizadas en una comunidad o en una gran zona. De esa forma se ha reconocido un número elevado de carcinógenos ambientales, como muestra el cuadro I [6]. El enfoque epidemiológico ha sido muy útil también para evaluar los efectos de una combinación de estímulos ambientales: por ejemplo, el fumar cigarrillos y vivir en zonas contaminadas por humos industriales.

38. Los conocimientos más amplios del cáncer ambiental se refieren a la relación entre los cigarrillos y el cáncer de pulmón. Del estudio de la exposición ocupacional se ha aprendido mucho sobre la naturaleza de la carcinogénesis

química. Esto se debe en parte a que es probable que los carcinógenos se encuentren en concentración más elevada en las fábricas, pero guarda mayor relación con la existencia de registros de empleo que a veces han sobrevivido al largo período de latencia —hasta 40 años o más en algunos casos— entre la exposición al carcinógeno y la aparición del cáncer. La relación de causalidad de muchos cánceres profesionales es hoy conocida: cáncer de pulmón entre los trabajadores de los aislamientos de amianto, cáncer de la vías respiratorias en los trabajadores expuestos al arsénico en fundiciones y viñedos, cáncer de hígado entre los que trabajan con cloruro de vinilo, leucemia entre los que fabrican calzado y otras personas expuestas a disolventes de benceno y cáncer nasal entre los trabajadores del níquel son sólo algunos ejemplos [7].

39. La divisoria entre la exposición estrictamente profesional a los carcinógenos y una contaminación más general del exterior ambiental es muy estrecha. Hoy se sabe que una forma rara de cáncer, el mesotelioma de la pleura y el peritoneo [8, 9], se encuentran principalmente entre personas que han trabajado con "amianto azul" (crocidolita) hasta 40 años antes. Sin embargo, se conocen algunos casos en las familias de trabajadores del amianto, los cuales llevaron probablemente a sus hogares el polvo tóxico en sus ropas, y se dan otros casos también entre personas que vivieron alguna vez a uno o dos kilómetros de una fábrica de "amianto azul", pero nunca trabajaron en ella.

40. No se sabe de ningún aditivo alimentario que esté directa o indirectamente relacionado con efectos carcinogénicos, pero, en las carnes enlatadas, los nitratos pueden desoxidarse convirtiéndose en nitritos y reaccionar entonces con componentes amínicos para formar componentes N-nitrosos, que figuran entre los más potentes carcinógenos animales conocidos. Millones de personas de Africa y de otras partes están expuestas a las aflatoxinas, causadas por la contaminación fungal de alimentos almacenados, las cuales pueden producir cáncer de hígado. En general, los cánceres del sistema digestivo —boca, esófago, estómago, recto, etc.— parecen estar menos relacionados con aditivos alimentarios concretos que con la dieta general. Indudablemente, en los Estados Unidos la tasa de cáncer de estómago varía principalmente por grupos étnicos, y probablemente guarda relación con sus diferentes hábitos de alimentación.

41. Hoy se sabe que algunos medicamentos normalmente utilizados con supervisión médica producen cáncer; una droga administrada anteriormente para evitar el aborto, el dietilestilbestrol (DES), se asocia con el cáncer vaginal de los hijos por carcinogénesis transplacentaria, y al parecer el clornofazino que se administra en casos de leucemia produce cáncer de vejiga [6, 10]. Los rayos X utilizados en medicina, lo mismo que las radiaciones de las plantas de energía nuclear, pueden aumentar de forma importante la tasa de cáncer, aunque sus efectos puedan minimizarse mediante un control apropiado de la radiación. Y, como se expuso en el capítulo anterior, la radiación ultravioleta del sol produce cáncer de piel.

42. El fumar mucho tabaco produce cáncer de pulmón y el beber alcohol con exceso cáncer del esófago y del hígado. Hoy se sabe con certeza que (en la población masculina de los Estados Unidos) una persona que fume de 10 a 19 cigarrillos diarios tiene ocho veces más probabilidades de morir de cáncer de pulmón, y una que fume más de 40 cigarrillos diarios casi 20 veces más probabilidades de morir

Cuadro 1. Resumen de los grupos de riesgo elevado, en el que se indican la naturaleza de la exposición, el riesgo potencial y los órganos interesados (abreviado según [6])

Producto químico	Formas de exposición*	Riesgo relativo	Ubicación del neoplasma
Aflatoxina	Población en general (elevada en Africa) 0,12 a 0,35 ug/kg en los alimentos y 0,05 a 0,17 ug/l en la cerveza, en Kenya	Reducido	Hígado
Amianto	Ind.: Viñedos, mineros, fundidores mientos y guarniciones de frenos (No se conoce el número total de personas expuestas)	Muy elevado	Pulmón y pleura
Arsénico	Inc.: Viñedos, mineros, fundidores de cobre (8047) Med.: Solución Fowler Amb.: Agua (no se conoce el número total de personas expuestas)	Elevado	Tracto respiratorio
Auramina	Ind.: Exposición durante la fabricación (no se conoce el número total de trabajadores expuestos)	Alto	Vejiga
Benceno	Ind.: Fabricación de calzado, disolventes (no se conoce el número total de trabajadores expuestos, pero se eleva a millares)	Moderado	Leucemia
Dietilestilbestrol (DES)	Med.: En un estudio, 49 de los 66 casos de cáncer vaginal habían estado expuestos al DES en el útero	Desconocido	Vagina
Hematita	Ind.: Extracción de la hematita trabajadores subterráneos (más de 5000 casos estudiados)	Aumento de 2 a 10 veces en los mineros, en comparación con los trabajadores no mineros o a cielo abierto	Pulmón
Hollín y alquitranes	Ind.: Principalmente a los alquitranes (miles de trabajadores expuestos)	Alto	Piel (escroto)
Monómero de cloruro de polivinilo	Ind.: Limpieza de reactores de polimerización (Exposiciones de 500 a 2000 ppm: 13 casos; 20 000 trabajadores expuestos)	Muy alto	Hígado (vasos sanguíneos)
2-Naftilamina	Ind.: Fabricación y empleo como antioxidante en el caucho (no se conoce el número total de trabajadores expuestos)	Muy alto	Vejiga
Níquel	Ind.: Refinación, principalmente en trabajadores expuestos antes de 1925 Amb.: Aire, alimentos (muy reducida)	De 5 a 10 De 100 a 900 veces las cifras previstas	Pulmón Cavidad nasal

*Ind. = profesional; Amb. = ambiental; Med. = médica.

de cáncer que una no fumadora [11].

43. En el caso del tabaco, el riesgo afecta sólo a la persona interesada, y puede aducirse que, como esa persona ha decidido por sí misma fumar, no se trata de un cáncer estrictamente ambiental. Sin embargo, lo mismo que en el caso de los carcinógenos relacionados con la profesión, la distinción es sutil. La investigación ha demostrado que los niños que no fuman de familias en que hay alguien que fuma con exceso tienen muchas más probabilidades de contraer catarros, resfriados y otras infecciones respiratorias que los de familias que no fuman. En la práctica es posible, aplicando las modernas técnicas de estadística epidemiológicas, distinguir entre los efectos de humo del tabaco y otros carcinógenos en el aire contaminado.

44. En dosis más elevadas, un carcinógeno puede ser suficiente para causar por sí mismo cáncer. Sin embargo, en menores dosis, que no producirían cáncer por sí solas, otros carcinógenos y factores no carcinógenos pueden actuar durante el período de latencia para potenciar la exposición inicial. Un animal de experimento tratado con una dosis leve de hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinogénicos tiene mayores probabilidades de desarrollar un tumor al hígado si en este órgano al mismo tiempo concurre una ligera lesión hepática. Estos hidrocarburos se encuentran, por ejemplo, en los asados hechos al carbón. Los mineros del uranio y los operarios de hornos de coque, que tienen más probabilidades de morir de cáncer de pulmón que la mayoría de la población, aumentan considerablemente el riesgo que corren si son también fumadores.

45. En el último cuarto de siglo se ha producido un crecimiento exponencial del número y la cantidad de productos químicos orgánicos fabricados y utilizados en los países industrializados. En la actualidad se emplea aproximadamente medio millón de productos químicos y cada año se producen aproximadamente 10 000 nuevos en cantidades de más de 500 kg; una gran proporción de ellos llegan a penetrar en el medio humano. Muchos son indudablemente carcinogénicos, pero los cánceres que producen pueden tardar años en manifestarse en el hombre; y puede transcurrir mucho más tiempo aún antes de que pueda establecerse una relación de causalidad entre el carcinógeno y el cáncer. Esto hace esencial que esos productos químicos sean detenidamente examinados en el laboratorio para determinar su posible carcinogénesis antes de que sean ampliamente utilizados y distribuidos.

46. Una vez liberado en el medio ambiente, un producto químico que produce cáncer pasa a formar parte de un medio circundante carcinogénico total, y actúa con otros muchos factores cancerígenos, potenciadores y de otra índole para crear el panorama de cáncer en rápido crecimiento que hoy se aprecia en los países desarrollados. A medida que los países menos desarrollados se industrialicen y la esperanza de vida de sus ciudadanos aumente mediante la lucha contra las enfermedades infecciosas y parasitarias, el problema de la lucha contra el cáncer tenderá a hacerse cada vez más importante a nivel mundial.

47. Un medio ambiente totalmente libre de carcinógenos sería imposible, aunque sólo fuera porque no hay ninguna forma práctica de proteger a todos los seres humanos de la radiación solar ultravioleta e ionizadora del ambiente, pero existe una urgente necesidad de reconocer los peligros

carcinogénicos (y de otra índole) de los contaminantes ambientales y de comparar críticamente esos peligros con los beneficios que se obtienen. Como los costos directos e indirectos del cáncer, sólo en los Estados Unidos, se estiman en 15 000 millones de dólares anuales [12], hay claros incentivos económicos y de otra clase para reducir drásticamente los carcinógenos ambientales.

48. Las actividades de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) con respecto al cáncer profesional son, desde luego, de importancia fundamental en esta esfera. Además, las tareas del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC), al preparar un registro de productos químicos carcinogénicos (se han evaluado y publicado ya datos sobre unos 300 compuestos), y del Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RIPQPT), establecido por el PNUMA con la OMS, son evidentemente importantes. Como los contaminantes ambientales no respetan fronteras políticas, hace falta una mayor actuación internacional, regional y nacional para vigilar la aparición de agentes carcinogénicos en el medio ambiente y emprender estudios epidemiológicos de sus efectos en grupos expuestos.

49. Las medidas para combatir el azote creciente del cáncer ambiental deben tomarse a todos los niveles: en los hospitales y clínicas, en los lugares de trabajo por las autoridades públicas sanitarias, y a escala local, nacional, regional e internacional. No obstante, las campañas patrocinadas por los gobiernos contra el tabaco y el consumo excesivo de alcohol, la lucha contra la contaminación química mediante reglamentos industriales y ambientales severos y otras medidas comunitarias nunca pueden tener un éxito completo. Para prevenir muchos cánceres, cierto grado de participación personal no es sólo posible, sino esencial. Las pruebas indican que en el mundo desarrollado un hombre que viva fuera de las zonas urbanas, no fume, coma y beba con moderación y reduzca su exposición a la luz solar puede disminuir su riesgo de cáncer por lo menos de un 30 a un 40%; la cifra correspondiente para las mujeres es algo inferior [4, 13]. La ejecución de ese plan personal disciplinado con respecto al cáncer requiere la participación individual. Cuanto menor sea la edad a que esas disciplinas se apliquen tanto más eficaces resultarán. Por ello, aunque un hombre no lo haga para sí mismo, por su edad o por falta de voluntad, puede lograr, al menos, que sus hijos tengan oportunidad de hacerlo.

Referencias

1. Approaches to the Mechanisms and Control of Chemical Carcinogenesis. Environment and Cancer: A Collection of papers presented at 24th Annual Symposium on Fundamental Cancer Research, 1971, ed. E. C. Miller y J. A. Miller. Baltimore: Williams and Wilkins (1972).
2. Demographic Yearbook, 1973, 1974. Nueva York: Naciones Unidas.
3. C. S. Muir, International variation in high-risk populations, en *Persons at High Risk of Cancer, an Approach to Cancer Etiology and Control*, J. F. Fraumeni, Jr. recop., pp. 293-304. Nueva York: Academic Press (1975).
4. J. Higginson, *Am. J. Public Health* 66, 359-366 (1976).
5. S. S. Epstein, *Cancer Res.* 34, 2425-2435 (1974).
6. J. Higginson, Cancer etiology and prevention, en *Persons at High Risk of Cancer, an Approach to Cancer Etiology and*

- Control*, J. F. Fraumeni, Jr. recop., pp. 385-397. Nueva York: Academic Press (1975).
7. P. Cole y M. B. Goldman, 1975. Occupation, en *Persons at High Risk of Cancer, an Approach to Cancer Etiology and Control*, J. F. Fraumeni, Jr. recop., pp. 167-183. Nueva York: Academic Press (1975).
 8. M. L. Newhouse y H. Thompson, Mesothelioma of pleura and peritoneum following exposure to asbestos in the London area, *Br. J. Ind. Med.* 22, 261-269 (1965).
 9. J. Lieben y H. Pistawka, Mesothelioma and asbestos exposure, *Arch. Environ. Health* 14, 559-563 (1967).
 10. R. Hoover y F. F. Fraumeni, Drugs, en *Persons at High Risk of Cancer, an Approach to Cancer Etiology and Control*, J. F. Fraumeni, Jr. recop., pp. 185-198. Nueva York: Academic Press (1975).
 11. E. C. Hammond, Tobacco, en *Persons at High Risk of Cancer, an Approach to Cancer Etiology and Control*, J. F. Fraumeni, Jr. recop., pp. 131-137. Nueva York: Academic Press (1975).
 12. *National Cancer Program. The Strategic Plan*. Department of Health, Education and Welfare. Public. No. (NIH)74-569 (1973).
 13. M. A. Schneiderman, Sources, Resources and Tsouris, en *Persons at High Risk of Cancer, an Approach to Cancer Etiology and Control*, J. F. Fraumeni, Jr. recop., pp. 451-466. Nueva York: Academic Press (1975).

IV. Disminución de la base agrícola de producción alimentaria: pérdida de tierras y de suelos

50. El hombre depende para su alimentación de la productividad de los ecosistemas terrestres y acuáticos que explota mediante el cultivo, el pastoreo y las pesquerías. La productividad de los ecosistemas agrícolas —tierras de labor— depende enormemente de la capacidad del suelo para responder a la gestión. El suelo proporciona el medio para una amplia variedad de procesos biológicos y biogeoquímicos, y sus reacciones son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas, ya que suministra a las plantas los elementos esenciales para su crecimiento. La formación y el desarrollo de los suelos fue un proceso que duró milenios. Su destrucción o degradación, por una utilización humana excesiva o una actividad mal orientada, puede producirse en pocos decenios o incluso en años, y a menudo es irreversible.

51. En los últimos decenios, la gestión por el hombre de los ecosistemas agrícolas se ha intensificado continuamente, por medio de la irrigación y del drenaje, grandes insumos de energía y productos químicos, y variedades agrícolas mejoradas, cultivadas cada día más en régimen de monocultivo. Aunque ello ha producido cierto aumento general reciente de la producción agrícola, ha hecho a los ecosistemas cada vez más artificiales y, a menudo, inestables, con riesgo creciente de repentinos desastres, como la aparición de importantes plagas. Cada vez se utilizan menos diversas formas de rotación agrícola —por ejemplo, pastos, cultivo, barbecho— para remediar la “fatiga del suelo” que a menudo produce un monocultivo ininterrumpido. Como consecuencia, el contenido de humus orgánico del suelo ha disminuido. Por ejemplo, algunos suelos del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte presentan hoy niveles de materia orgánica peligrosamente bajos, y no puede esperarse que soporten los actuales sistemas de cultivo [1]. Al propio tiempo, la urbanización y el crecimiento explosivo de las poblaciones han producido la aparición de dos tipos distintos de asentamientos humanos, urbanos y rurales, en los que los

asentamientos rurales proporcionan el alimento a los asentamientos urbanos industrializados. El ciclo cerrado de los ecosistemas agrícolas tradicionales ha quedado abierto. Se ha roto la reutilización casi natural de materiales que caracteriza a las agriculturas de subsistencia; los nutrientes y materiales orgánicos son arrastrados por los sistemas de alcantarillado urbanos y no vuelven ya al suelo agrícola, que recibe en cambio un importante insumo de productos químicos industriales.

52. Durante toda la historia humana ha habido dos aspectos en el desarrollo agrícola: la extensión de la agricultura al suelo virgen, y su intensificación en las tierras ya cultivadas. Por una parte, tierras poco productivas, como desiertos, suelos salinos, pantanos y marismas, se han hecho frecuentemente muy productivas mediante mejoras difíciles y costosas. Otra importante expansión de las tierras productoras de alimentos es objeto de programas en gran escala en el mundo entero: los 1500 millones de hectáreas actuales de tierras en cultivo representan alrededor de la mitad de los 3200 millones de hectáreas de tierras que se consideran potencialmente apropiadas para la agricultura [2], aunque el suelo virgen que queda para la expansión potencial de ésta es más difícil y mucho más costoso de bonificar y poner en producción, porque en todo el mundo se han utilizado ya los mejores suelos. Por otra parte, se ha aumentado la productividad por unidad de superficie mediante una gestión más intensiva.

53. La presión para extender la zona de tierras en cultivo se ha traducido en una utilización cada vez mayor de tierras marginales. Con frecuencia, la tecnología apropiada para cultivar esas tierras de forma sostenida no existe; cuando se dispone de esa tecnología, a menudo se ha desechado por razones sociales o económicas, o por conveniencias políticas. El exceso de pastoreo y el exceso de cultivo en las pendientes escarpadas ha producido en todas partes una grave erosión; el aumento de la presión que ejercen la agricultura de tala y quema y la industria forestal está destruyendo las selvas tropicales del Asia sudoriental, el África central y América Latina, produciendo una grave erosión del suelo; la deforestación del Himalaya está contribuyendo a aumentar la frecuencia y la gravedad de las inundaciones en la India, el Pakistán y Bangladesh; y el exceso de pastoreo y la deforestación están contribuyendo al avance hacia el sur del Sáhara en la zona sudanoheliana de África.

54. Desgraciadamente, al mismo tiempo que se registran esas tendencias, el sistema productor de alimentos está perdiendo continuamente vastas extensiones de tierras productivas. Se ha estimado que, en comparación con los 1500 millones de hectáreas de tierras que actualmente se utilizan para la producción agrícola, casi 2000 millones de hectáreas se han perdido en los tiempos históricos. Si las tendencias actuales continúan, todos los programas para añadir más tierras al sistema de producción agrícola no compensarán, al parecer, las superficies perdidas como consecuencia de la degradación del suelo y de los usos competitivos de la tierra. De hecho, como muestra el cuadro 2, algunos cálculos indican que el último cuarto de siglo se cerrará con una pérdida neta de tierras cultivables; si así fuera, teniendo en cuenta el crecimiento previsto de la población, es evidente que ese proceso reducirá a la mitad la superficie de tierra cultivada por persona, lo que no podrá compensarse con el aumento de la productividad por

Cuadro 2. Proyección para el período 1975-2000 de la pérdida y bonificación de suelos

1975	Población	4000 millones [5]
	Tierras cultivadas	1240 millones de hectáreas [6]
	Tierras cultivadas por persona	30,31 ha
1975-2000	Pérdidas por urbanización	300 millones de hectáreas
	Pérdidas por degradación del suelo (principalmente por erosión)	300 millones de hectáreas
	Tierras potenciales añadidas a la base arable	300 millones de hectáreas
2000	Población (variante media)	6253 millones [5]*
	Tierras cultivadas	940 millones de hectáreas
	Tierras cultivadas por persona	0,15 ha

*E/CN.9/324 (1977).

unidad de superficie mediante una gestión más intensiva en ese mismo período.

55. Las tasas actuales de pérdida de suelos por erosión pueden llegar a los 2500 millones de toneladas métricas anuales: más de media tonelada de suelo por cada hombre, mujer o niño del planeta. La humanidad, sencillamente, no puede permitirse esa pérdida de la base misma de la agricultura.

56. La erosión del suelo es uno de los problemas más acuciantes y difíciles con que se enfrenta la comunidad mundial; sin embargo, sus características se conocen desde hace siglos. El África septentrional, por ejemplo, que fue en otro tiempo el fértil granero del Imperio Romano, es actualmente un desierto o semidesierto que tiene que importar una gran parte de sus alimentos. En las grandes llanuras de los Estados Unidos, por lo menos seis millones de acres (dos millones y medio de hectáreas), inapropiados para el cultivo con la tecnología entonces existente, fueron labrados entre 1880 y 1920; en 1933 y 1934, después de una grave sequía, grandes tormentas de polvo arrastraron de 5 a 30 cm de la capa superficial del suelo en lo que se llamó la "dust bowl" (región de la gran sequía) [3]. Técnicas como la formación de bancales, el arado por curvas de nivel, el cultivo de franjas y los cinturones protectores, el barbecho limpio y otros sistemas diversos para combatir la erosión han impedido en gran parte que se repitan esas pérdidas desastrosas repentinas de suelos, pero erosiones del suelo menos espectaculares se producen hoy en todos los continentes. En El Salvador, el 77% de la superficie terrestre sufre una erosión acelerada, y la carga de fango del río Citarum, en Java, cuya cuenca está siendo intensamente erosionada por el cultivo excesivo, ha aumentado siete veces en tres años [4]. En las colinas orientales del Nepal, el 38% de la superficie terrestre se compone de campos que han tenido que ser abandonados porque su capa superior ha sido arrastrada por el agua, mientras que río abajo, en las llanuras del Terai nepalés, la misma capa de suelo hace que el lecho del río se eleve de 15 a 30 cm anuales. Una medida de la rapidez de la erosión del suelo es a menudo la rapidez con que los nuevos embalses de riego y producción de energía se llenan de fango. La presa de Achicaya, en Colombia, perdió por aterramiento casi una cuarta parte de su capacidad de almacenamiento, en un plazo de 21 meses desde su inauguración en 1955, y estaba llena de fango en casi sus tres cuartas partes en el transcurso de un decenio [7]. Se prevé que la presa de Tarbela, en el Pakistán, terminada en 1975 por un costo de más de 1.200 millones

de dólares, no tendrá una vida de más de 50 años, a causa del fango arrastrado por las aguas desde un Himalaya desforestado y erosionado [4].

57. El pastoreo excesivo puede crear también graves problemas de pérdida y degradación de suelos. Por ejemplo, en la provincia sudanesa de Kordofan, al borde del Sáhara, la cabaña interior se cuadruplicó entre 1957 y 1966; el número de cabezas de ganado ha seguido aumentando desde entonces [8]. Ese exceso de pastoreo rompe el equilibrio dinámico que en otro tiempo existió entre el ganado y las tierras de pastos naturales, creando una vegetación semidesértica en la que predominan las plantas anuales efímeras. En su día, la destrucción de la cubierta vegetal crea extensiones de suelo desnudo, lo que produce una grave erosión eólica. Se han observado problemas análogos como consecuencia del pastoreo excesivo en otras partes de África, en América Latina, en torno a la cuenca del Mediterráneo, en el subcontinente indio, en Australia y en otras partes. Para lograr la productividad sostenida a largo plazo de los pastizales y tierras de pastoreo hay que evaluar la capacidad de la tierra y no sobrepasarla. El plan mundial de acción para combatir la desertificación, que se examinará en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertificación, en agosto de 1977, presenta una campaña mundial general a largo plazo para conservar los suelos de las tierras áridas.

58. Una disminución de la fertilidad del suelo o incluso una pérdida total de tierras para la agricultura, como consecuencia del aumento de la salinidad o la alcalinidad, es un problema común en muchas partes del mundo. Sin un drenaje adecuado, el riego excesivo o imprudente puede hacer aflorar las sales a la superficie, e incluso cuando no existen sales subsuperficiales el anegamiento de los terrenos puede reducir la fertilidad. Un estudio de los principales sistemas modernos de irrigación del Punjab muestra que, en los diez primeros años de funcionamiento, las infiltraciones de los canales no revestidos ha elevado la capa freática de 7 a 9 metros por encima de sus niveles anteriores. En el Pakistán, a principios del decenio de 1960, el 22% de todas las tierras regadas se vieron gravemente dañadas por el anegamiento o la salinidad [7], mientras que en la India, en 1972, la cifra correspondiente fue del 15% [4]. Algunos expertos pretenden que la fertilidad del 30 al 80% de las tierras irrigadas del mundo se está viendo afectada actualmente, en mayor o menor grado, por la salinización [4]. Entre otras zonas importantes afectadas por la salinización, se encuentran el valle del Helmut en el

Afganistán, el valle del Imperial y la cuenca del Colorado en los Estados Unidos, el valle de Mexicali en el México septentrional y las cuencas del Eufrates y el Tigris en Siria y el Iraq.

59. A escala mundial, de 200 000 a 300 000 hectáreas de tierras irrigadas, una superficie equivalente a la de Luxemburgo, se pierden por salinización y anegamiento todos los años. La estructura, la fertilidad y la productividad del suelo pueden resultar también dañadas de otras dos formas. El uso excesivo de plaguicidas y de fertilizantes inorgánicos y de otra índole, por ejemplo, puede perjudicar la microflora y la microfauna naturales del suelo. El cultivo excesivo o inapropiado puede reducir igualmente el potencial agrícola del suelo. En el Sahel tunecino, los arados arrastrados por tractores y las rastrilladoras de discos están rompiendo el suelo superficial y provocando así una erosión eólica muy superior a la de los arados de tracción animal a los que han sustituido, mientras que en algunas partes del Reino Unido el drenaje y, por consiguiente, los rendimientos de los cultivos, han quedado disminuidos por la compactación y la pérdida de la estructura del suelo causadas por el empleo de maquinaria pesada en tiempo atmosférico inapropiado [1]. Naturalmente, procesos como la irrigación, el cultivo mecanizado y el empleo de plaguicidas y fertilizantes sintéticos han desempeñado —y seguirán desempeñando— un papel fundamental en el aumento de la productividad agrícola. Sin embargo, en muchas zonas del mundo se presta atención insuficiente a asegurar que un aumento de la productividad a corto plazo no se logre a costa de un daño temporal o permanente del suelo, del que depende, en definitiva, toda agricultura.

60. Otro problema importante es la pérdida de tierras agrícolas productivas por su destino a usos competitivos. En los Estados Unidos, alrededor de un millón de hectáreas de tierras agrícolas arables son anualmente destinadas a carreteras, urbanizaciones y otros usos no agrícolas, aunque esa pérdida se ve parcialmente compensada con la adición todos los años (principalmente por medio de irrigación y el drenaje) de medio millón de hectáreas de tierras agrícolas de nuevo cultivo [9]. A escala mundial, grandes ciudades están creciendo de superficie a una tasa aproximadamente dos veces superior a la del crecimiento de su población, y como casi todas ellas se encuentran en llanuras fértiles, esto produce una grave pérdida de tierras arables [10].

61. Existe un aspecto relacionado con este problema: la influencia del suelo en el clima. Las bacterias del suelo desempeñan un papel fundamental en la regulación de los gases atmosféricos y, por ese medio, en la mayoría de los ciclos biogeoquímicos, como los del nitrógeno, el carbón o el fósforo. Las partículas de polvo de origen mineral y vegetal, que proceden principalmente del suelo, son la base de la formación de las nubes y de la lluvia, y afectan también a la temperatura del planeta, al influir en la proporción de radiación solar que es nuevamente reflejada hacia el espacio. Los cambios de la capa superior del suelo pueden influir por ello en el clima del planeta, de la misma forma que el clima, a su vez, puede influir en la facilidad con que una mala gestión ecológica destruya el suelo.

62. Si se quiere producir alimentos suficientes para toda la creciente población del mundo, las tasas actuales de pérdida o degradación de tierras agrícolas no pueden continuar. El pastoreo excesivo, el cultivo exagerado, la irrigación

imprudente y la urbanización; las soluciones a los muchos y complejos problemas del deterioro y la pérdida del suelo; y los daños permanentes a las bases agrícolas de producción alimentaria que ese proceso implica variarán según los continentes, los países, las regiones y las localidades. Sin embargo, aunque la gestión sostenida de todo ecosistema agrícola debe ser objeto de una buena administración basada en conocimientos científicos adecuados en relación con el medio local de que se trate, hace falta una perspectiva mundial más amplia. La UNESCO y la FAO están trabajando ya hacia ese fin; la Conferencia mundial sobre el Agua celebrada en Mar del Plata, Argentina, en marzo de 1977, subrayó el papel fundamental del agua; y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertificación centrará su atención en los diversos aspectos de la degradación del suelo en las tierras áridas.

Referencias

1. *Modern Farming and the Soil*, Ministerio de Agricultura, Pesquerías y Alimentación, Londres, HMSO (1970).
2. V. A. Kovda, *Biosphere, Soil and their Utilization*, p. 35. Moscú: Instituto de Química Agrícola y Edafología, URRS, Academia de Ciencias (1974).
3. R. F. Dasmann, *Environmental Conservation*. Nueva York: Wiley (1972).
4. E. P. Eckolm, *Losing Ground*. Nueva York: Norton (1976).
5. *World Population Growth and Response*. Washington, D.C.: Population Reference Bureau (1975).
6. *Anuario de Producción, 1972*, Vol. 26. Roma: FAO (1973).
7. *The Careless Technology*, recop., T. Farvar. Londres: Stacey (1973).
8. *Sudan's Desert Encroachment Control and Rehabilitation Programme*. Jartum: National Council for Research (1976).
9. D. Pimentel, E. C. Terhune, S. Dyson-Hudson, S. Rochereau, R. Samis, E. A. Smith, D. Denman, D. Reifschneider y M. Shepard, *Science* 194, 149-155 (1976).
10. *Psomopolous, Proceedings of IFLAS Conference in Samarkand*, mediados de 1976 (no publicado).

V. Utilización y gestión de recursos renovables: la leña

63. Muchos países en desarrollo dependen de la madera como fuente principal de combustible. En las zonas rurales del tercer mundo, donde se dispone fácilmente de madera, casi el 95% de las familias la utilizan como fuente principal de energía. En 1974, según estadísticas proporcionadas a la FAO por los gobiernos, más del 45% de la producción mundial total de madera en troncos se utilizó como leña o como carbón vegetal [1] (véase el cuadro 3). Teniendo en cuenta que la mayor parte de la producción y el uso de la leña se realizan al margen de los cauces comerciales y, por consiguiente, se carece en gran parte de información, es posible que se quemé como combustible mucho más de la mitad de la producción mundial de madera. En las regiones en desarrollo, la proporción es mucho más elevada; según estadísticas de la FAO, el 93% de la madera cortada en el África al sur del Sáhara se utiliza como combustible y el 86% es utilizada de esa forma en todo el mundo en desarrollo [2].

64. En el mundo en su totalidad, la madera se considera como la cuarta fuente más importante de energía, después del petróleo, el carbón y el gas natural. Estos combustibles fósiles representan el 90% del uso mundial de energía, pero

Cuadro 3. Consumo estimado de leña y de carbón vegetal, 1971

	Población (millones de habitantes)	Consumo de leña		
		Total (millones de m ³)	m ³ /cap.	En porcentaje del consumo total de madera en troncos
Mundo	3.683	1.381	0,37	52
Economías desarrolladas*	1.125	161	0,14	13
Economías en desarrollo	2.558	1.220	0,48	86
Asia sudoriental y Oceanía	306	278	0,91	88
Asia meridional China y el resto de Asia	711	267	0,38	95
Cercano Oriente y Asia septentrional	839	148	0,18	75
Africa occidental y central	194	68	0,35	88
Africa oriental y meridional	119	110	0,92	93
Centroamérica y el Caribe	103	117	1,14	93
América meridional	92	33	0,36	75
	194	199	1,03	83

* Australia, Canadá, Estados Unidos, Europa, Israel, Japón, Sudáfrica y Unión Soviética.

Fuentes: IBRD Atlas, 1973; Anuario de productos forestales de la FAO, 1973, cuadro 4.

en 1971 la madera representó sólo el 6% del consumo mundial total estimado de energía. En los países en desarrollo en su totalidad, la madera representa el 28% del uso de energía, y en el África al sur del Sahara esa cifra es del 75%. También en este caso, como la mayor parte de la madera no pasa por el sistema comercial y, por consiguiente, se carece de datos, esas cifras son sin duda estimaciones por defecto. En el mundo en su totalidad, el 50% de la leña consumida como combustible se utiliza para cocinar, y el 30% para calefacción doméstica; el 20% restante se emplea para otros usos domésticos, para elaborar productos agrícolas y en la industria. Para la mayor parte de la humanidad, la madera es la fuente de energía que satisface sus necesidades básicas de cocina y calefacción [3].

65. Hasta recientemente no se ha comprendido la importancia del consumo de leña en el mundo, especialmente en los países en desarrollo, ni su significación para la vida cotidiana de más de dos mil millones de personas. La crisis de la energía que comenzó en 1973, juntamente con la creciente atención que actualmente se presta a las economías rurales en general y a las necesidades rurales de energía en particular, han suscitado un nuevo interés por los problemas de la leña.

66. La mayor parte de la leña se destina al uso familiar. El acopio y el transporte de madera en las zonas rurales se hacen principalmente mediante el trabajo humano y animal, de forma que la leña se recoge normalmente en zonas que se encuentran a distancia de marcha del consumidor; esa distancia, en las zonas de gran escasez de leña, como el subcontinente indio y la región sudanosaheliana, puede ser hasta de 50 km. Aunque la leña destinada al mercado se transporta a distancias considerablemente superiores, las zonas de suministro suelen ser limitadas. La madera es un

combustible ineficiente en comparación con otras fuentes de energía, al ser relativamente pesada en comparación con su producción calórica, y mientras que vale la pena transportar un barril de petróleo al otro extremo del mundo, una carga de leña rara vez viaja más de algunos centenares de kilómetros.

67. Así pues, la leña procede en su inmensa mayoría de fuentes locales, y esto supone una demanda creciente de los árboles, arbustos y matas próximos a los centros de población. Mucho antes de que la demanda de leña produzca la destrucción completa de la cubierta forestal, puede tener un efecto ambiental marcadamente degradante. La poda excesiva de las ramas puede reducir la capacidad de crecimiento de los árboles; la eliminación de los árboles jóvenes, más fáciles de abatir, puede disminuir la capacidad regenerativa del bosque; la excesiva apertura de la cubierta de follaje por la eliminación de demasiados árboles puede hacer al bosque vulnerable al viento y al sol; la eliminación de todos los residuos, hasta el punto de barrer en algunas zonas las hojas, suprime los nutrientes que debieran volver al suelo para mantener su fertilidad; la eliminación de rocas, tocones, arbustos y matas puede destruir una gran parte de lo que quede de la capa protectora y la estructura aglutinante del suelo. Y, en su día, es posible que el bosque entero sea talado y desaparezca.

68. El acopio incontrolado y sin criterio de leña para cocina y calefacción puede tener, pues, consecuencias muy graves. Hasta el decenio de 1940 los bosques habían desaparecido completamente en la mayor parte de China, porque se habían cortado los árboles para utilizarlos como combustible; en los últimos años, sin embargo, esta tendencia se ha invertido y se han repoblado con éxito grandes zonas. Sin embargo, en una gran parte de la India los bosques siguen disminuyendo aún rápidamente [4]. Al

umentar las poblaciones humanas, se están talando los bosques más deprisa de lo que pueden crecer, en parte para dejar sitio a nuevos cultivos, y en parte para su utilización como combustible. Como consecuencia, las tierras altas —las vertientes de los grandes ríos que corren por las llanuras— están sometidas a una erosión destructiva, mientras que los sedimentos resultantes causan el rápido aterramiento de los embalses, y las destructoras inundaciones que se producen río abajo disminuyen gravemente la capa de suelo cultivable y los alimentos que pueden obtenerse de ella.

69. En las regiones semiáridas, las consecuencias ecológicas del consumo de leña contribuyen al proceso de desertificación. La leña es escasa y costosa en toda el África subsahariana, desde el Senegal a Etiopía. Un trabajador manual de Niamey, en el Níger, tiene que destinar hoy una cuarta parte de sus ingresos a combustible. No obstante, el precio de éste es aún mayor de lo que el trabajador cree. Las caravanas que llevan a las ciudades ese recurso precioso están contribuyendo a crear condiciones desérticas en una ancha franja a lo largo del borde del desierto. Casi todos los árboles situados en un radio de 70 km de Ouagadougou, en el Alto Volta, han sido consumidos como combustible, por los habitantes de la ciudad, y el círculo de tierra que se deja desnuda para conseguir leña aumenta continuamente [5].

70. Otras repercusiones ambientales perjudiciales de la escasez de leña en la India y en otros países es la quema de estiércol como combustible (véase el cuadro 4). Esto no sólo priva al suelo de nutrientes esenciales que debieran volver a él, sino que causa una grave contaminación del aire que puede ser muy dañosa para la salud. La quema de leña y de carbón vegetal añade cantidades considerables de humo y anhídrido carbónico a la atmósfera, cuyas repercusiones sobre el clima mundial no se han determinado aún plenamente.

71. Además de sus consecuencias ecológicas, la escasez de leña impone especialmente su carga económica y social a los económicamente débiles. Los habitantes de las aldeas rurales del mundo en desarrollo —normalmente las mujeres— tienen que caminar distancias crecientes para conseguir su combustible doméstico. Tanto desde el punto de vista del trabajo como del dinero, la mitad de la población mundial encuentra excesivo el precio de la leña.

72. A diferencia de combustibles fósiles como la hulla, el petróleo y el gas natural, la madera es un recurso renovable. La cuestión que se plantea a la mayoría de las aldeas de los países en desarrollo no es sólo cómo sustituir la leña por otras fuentes renovables de energía, sino también cómo obtener leña de una forma ambientalmente satisfactoria y continuada. Hay dos métodos que parecen sumamente prometedores en la actualidad con respecto a la leña: su utilización más eficiente, y la producción de madera de forma más sostenida por medio de plantaciones de madera para combustible. Cocinar en un fuego abierto y de lenta combustión requiere aproximadamente cinco veces más energía que hacerlo en una cocina de keroseno [5]. Un estudio hecho en Indonesia demostró que en el tipo normal de cocina de leña el 94% del poder calorífico de la madera se pierde [6]. Mejoras sencillas en el diseño de las cocinas redujeron esa pérdida en un 20% aproximadamente. El cortar la madera algunas semanas antes de utilizarla y secarla al aire libre redujo la pérdida en otro 10%, y un nuevo tipo de cacerola, parcialmente hundida en la cocina, redujo la pérdida calórica en otro 30%. En conjunto, el consumo de leña para cocinar se redujo de esas formas en alrededor de un 70%. Otro medio de quemar leña de forma más eficiente consiste en convertirla en carbón vegetal; sin embargo, menos del 5% del total de leña se utiliza de este modo.

73. Los árboles, a diferencia del petróleo, son un recurso

Cuadro 4. Usos de la energía en el India rural [4]

Fuente de energía	Energía utilizada (kcal)					
	Agricultura	Actividades domésticas	Alumbrado	Cerámica, fabricación de ladrillos, trabajo de metales	Transporte y otros usos	Total
Trabajo humano	$0,59 \times 10^{14}$	$0,39 \times 10^{14}$		$0,01 \times 10^{14}$	$0,09 \times 10^{14}$	$1,08 \times 10^{14}$
Trabajo de bueyes	$1,35 \times 10^{14}$				$0,26 \times 10^{14}$	$1,61 \times 10^{14}$
Leña y carbón vegetal)						
Estiércol de ganado)		$6,78 \times 10^{14}$		$0,75 \times 10^{14}$		$1,60 \times 10^{14}$
Residuos agrícolas)						
Total de fuentes locales	$1,94 \times 10^{14}$	$7,17 \times 10^{14}$		$0,76 \times 10^{14}$	$0,35 \times 10^{14}$	$10,22 \times 10^{14}$
Petróleo y gas natural						
fertilizante	$0,35 \times 10^{14}$					$0,35 \times 10^{14}$
combustible	$0,08 \times 10^{14}$		$0,42 \times 10^{14}$			$0,50 \times 10^{14}$
Coque blando		$0,14 \times 10^{14}$				$0,14 \times 10^{14}$
Electricidad						
Hídrica*	$0,03 \times 10^{14}$		$0,01 \times 10^{14}$			$0,04 \times 10^{14}$
Térmica†	$0,12 \times 10^{14}$		$0,05 \times 10^{14}$			$0,17 \times 10^{14}$
Total de fuentes comerciales	$0,58 \times 10^{14}$	$0,14 \times 10^{14}$	$0,48 \times 10^{14}$	$0,76 \times 10^{14}$	$0,35 \times 10^{14}$	$1,20 \times 10^{14}$
Total de fuentes locales y comerciales	$2,52 \times 10^{14}$	$7,31 \times 10^{14}$	$0,48 \times 10^{14}$	$0,76 \times 10^{14}$	$0,35 \times 10^{14}$	$11,42 \times 10^{14}$
Consumo diario per capita	$1,57 \times 10^2$	$4,55 \times 10^2$	$0,30 \times 10^2$	$0,47 \times 10^2$	$0,22 \times 10^2$	$7,11 \times 10^2$

*Energía potencial del agua utilizada para producir energía hidroeléctrica.

†Energía de la hulla utilizada para producir energía termoeléctrica.

renovable, siempre que se adopten medidas apropiadas de gestión y conservación. La respuesta lógica inmediata a la escasez de leña, una respuesta que producirá muchos beneficios ecológicos concomitantes, consiste en plantar más árboles en plantaciones, explotaciones agrícolas, a lo largo de las carreteras, en cinturones protectores y en las tierras no utilizadas de todas las zonas rurales de los países económicamente débiles. Para muchas regiones se dispone de variedades de árboles de crecimiento rápido cuya leña puede recogerse en pocos años, especialmente si son tallados (cortados a nivel del suelo, dejando que los tocones echen nuevos vástagos). Algunos cálculos, por ejemplo, indican que, si el aumento de la eficiencia de las cocinas redujera el consumo en un 50%, una plantación de 10 ha podría atender las necesidades de leña de una aldea de 1000 familias en la India rural [7].

74. Para poder disponer de esas tierras en las zonas muy cultivadas habría que vencer una resistencia política y cultural considerable, y la experiencia de los programas de repoblación forestal de muchos gobiernos de países con escasez de madera, en los últimos decenios, no siempre han sido alentadoras. No obstante, si se quiere satisfacer las necesidades de energía de las aldeas de los países en desarrollo, sin continuar y aumentar la degradación ambiental, debe encontrarse alguna forma de obtener leña de forma continuada, con independencia de los esfuerzos concertados para utilizar otras fuentes renovables de energía, especialmente solar, eólica y biogaseosa.

Referencias

1. *Anuario de productos forestales de la FAO, 1963-1974*. Roma: FAO (1976).
2. *Wood for Energy*, informe de la FAO. Roma (1976).
3. K. Openshaw, *Woodfuel - A Time of Reassessment*, proyecto de documento (1974).
4. R. Revelle, *Science* 192, 969-975 (1976).
5. E. P. Eckholm, *The Other Energy Crisis: Firewood*. Washington, D.C.: World Watch Paper (1975).
6. H. Singer, *Improvement of Fuelwood Cooking Stoves and Economy in Fuelwood Consumption*. Roma: FAO (1971).
7. A. Makijani, *Energy Policy for the Rural Third World*. Londres: International Institute for Environment and Development (1976).

VI. Protección y mejoramiento del medio ambiente

75. En muchas esferas se dispone hoy de experiencia de primera mano y de conocimientos suficientes para lograr un útil mejoramiento de la calidad del medio ambiente. Se están haciendo ya esfuerzos para eliminar la contaminación de los mares por el petróleo, limpiar los ríos, salvaguardar la flora y la fauna silvestres y el paisaje e impedir la mala utilización de los plaguicidas.

En los párrafos que siguen se describen brevemente actividades con éxito orientadas a mejorar la calidad del medio ambiente en las esferas estudiadas en el presente informe.

A. Reducción de la capa de ozono

1. Advertencia contra los hidrocarburos fluorados

76. La Food and Drug Administration (FDA) de los

Estados Unidos, que es competente en materia de productos como desodorantes, perfumes, pulverizadores capilares y antisudorantes, anunció en la última semana de noviembre de 1976 que en las etiquetas de los envases de pulverizadores de aerosol que contuvieran gases impulsores fluorocarbúricos debería imprimirse la siguiente nota [1].

Advertencia: Contiene un hidrocarburo fluorado capaz de dañar la salud pública y el medio ambiente, al reducir el ozono de la atmósfera superior.

Probablemente se exigirán esas etiquetas desde principios de 1977, aunque todavía no se ha fijado la fecha. Los productos reglamentados por la FDA representan alrededor del 80% del total de los hidrocarburos fluorados liberados en la atmósfera. La Consumer Product Safety Commission de los Estados Unidos ha propuesto una acción separada para reducir y, en definitiva, eliminar el empleo de hidrocarburos fluorados en los productos de aerosol no reglamentados por la FDA.

2. Vigilancia del ozono

77. Con base en el laboratorio Lawrence Livermore de los Estados Unidos, a principios de 1977 comenzará a funcionar un sistema mundial de vigilancia del ozono, que reunirá datos hasta de cuatro satélites [2]. Su principal objetivo es analizar las variaciones entre el día y la noche en los niveles de ozono y estudiar las repercusiones de acontecimientos naturales como las erupciones volcánicas, que pueden inyectar contaminantes en cantidades suficientes para alterar la química del ciclo del ozono. También se estudiará el efecto de los niveles de radiación desusadamente elevados de las tormentas solares en los niveles de ozono. Se preparará una serie de mapas del ozono, retransmitiendo 68 000 mediciones diarias cada satélite al laboratorio por medio de la Central Meteorológica Mundial de la Fuerza Aérea, de los Estados Unidos, de Omaha, Nebraska, donde los datos se cotejarán con lecturas hechas por estaciones terrestres de la Antártida, África, América meridional, América septentrional, Australia, Europa y el Japón.

3. Vigilancia del óxido nítrico del aire

78. A fin de lograr un medio ambiente de vida mejor, unos 300 grupos privados de Tokio y sus alrededores han establecido un sistema oficioso de comprobar el volumen de óxido nítrico en la atmósfera. Se han creado no menos de 22 000 estaciones de medición atmosférica que utilizan papel al tornasol colocado en botellas, que se recoge cada 24 horas para determinar su contenido químico. Se está terminando y se publicará un mapa general de la contaminación por óxido nítrico en las siete regiones [3].

B. Cáncer

1. Sistema lógico de investigaciones sobre el cáncer

79. Un equipo de seis científicos del National Cancer Institute de los Estados Unidos y de la Universidad de Maryland parece haber dado el primer paso para encontrar un sistema lógico de investigaciones sobre el cáncer, basado en la epidemiología. Los hidrocarburos aromáticos

polinucleares procarcinogénicos del humo de los cigarrillos se convierten en carcinógenos por las enzimas de los tejidos pulmonares. Los metabolitos resultantes pueden unirse a importantes moléculas celulares, incluidas las de DNA, aunque no es muy evidente que esa unión guarde una relación directa con la carcinogénesis [4]; sin embargo, se ha encontrado una correlación entre ambas en algunos trabajos realizados con animales. La capacidad de las células pulmonares para descomponer hidrocarburos depende de la cantidad de carcinógenos reales a que están expuestos los tejidos pulmonares, mientras que la capacidad de unión de los productos descompuestos mide la actividad celular de los pulmones. Se han hecho experimentos con 37 personas, incluidas 29 con cáncer de pulmón, a fin de determinar las diferencias individuales en la extensión de las uniones, tras la exposición a un hidrocarburo determinado, el benzo- α -pireno, de células de pulmones humanos cultivadas. Aunque quedan todavía muchos problemas por aclarar antes de poder llegar a una conclusión definitiva sobre el cáncer de pulmón humano, parece existir al menos un sistema para seguir trabajando con objeto de encontrar respuestas.

2. Sustitutivo del amianto

80. Un fabricante danés ha anunciado [5] un sustitutivo del amianto (relacionado con el cáncer de pulmón), que se ha denominado "cerámica de bajas temperaturas". Puede moldearse, pigmentarse y utilizarse juntamente con otros materiales como el acero y la madera. El nuevo material cuenta ya con mercados en los Estados Unidos y en el Japón.

3. Ensayos rápidos efectivos para detectar posibles carcinógenos

81. Recientemente se han evaluado los ensayos de laboratorio ideados en los últimos años para detectar compuestos carcinogénicos y mutagénicos presentes en el medio humano, en relación con un grupo de 120 carcinógenos conocidos. El llamado "test Ames"—basado en la identificación de las mutaciones de la bacteria *Escherichia coli*— y la "prueba de transformación celular"—que utiliza fibroblastos de riñón de criceto de laboratorio, fibroblastos diploides de pulmón humano o células de hígado humano— resultaron ser los más fiables de un total de seis procedimientos experimentales diferentes [6].

4. Vigilancia de los mutágenos del medio marino

82. Para detectar compuestos químicos capaces de producir mutaciones genéticas y cáncer, se ha utilizado el mejillón *Mytilus edulis*, muy difundido en la zona de mareas y las aguas costeras poco profundas de los hemisferios septentrional y meridional. Se examinaron los tejidos de este molusco en busca de actividades mutagénicas, utilizando cultivos de levadura y ensayos bacterianos. De esa forma se han obtenido pruebas convincentes de cierto número de medios marítimos. Las numerosas correlaciones observadas entre productos químicos que muestran actividad mutagénica y carcinogénica indican que esos agentes representan también una posible fuente de carcinogénesis químicamente producida [7].

C. Pérdida de tierras y suelos

1. Repoblación forestal para impedir el aterramiento.

83. El Gobierno del Pakistán plantó 22,8 millones de árboles en la estación lluviosa monzónica de 1975 (julio-agosto). El objetivo principal es impedir el aterramiento de las grandes presas del país, como la de Tarbela, la mayor del mundo de terraplén, y de la extensa red de ríos y canales [8].

2. Prevención de la erosión

84. En los Estados Unidos se han realizado extensas investigaciones para impedir la erosión y preservar ocho pulgadas de capa superficial del suelo por un período máximo. Los surcos paralelos abiertos en sentido perpendicular al declive de las tierras conservan los fertilizantes y la lluvia en las pendientes y secan el suelo, ayudando a impedir la erosión. La vida de la capa superior del suelo depende de la forma en que se ara, y puede preservarse 36, 104 ó 2.224 años, según se trabaje en surcos rectos, por líneas de nivel y bancales o utilizando un nuevo sistema consistente en sembrar semillas en hileras en bancales no cultivados, abonados con paja y adaptados a las curvas de nivel. Según los científicos, este último método, utilizado por los agricultores, podría salvaguardar la capa superior del suelo durante cientos de generaciones [9].

3. Plantación de datileros para detener la invasión del desierto

85. Se ha previsto un programa en gran escala de cultivo de dátiles para detener la invasión del desierto del Rajastán, que cada año devora el 1% de los 306 millones de hectáreas de tierra de la India. Con ayuda del PNUD, el Gobierno tiene la intención de plantar palmas datileras a todo lo largo del desierto, a una escala enorme. Con este fin se importarán unos 3500 renuevos de datilero de California. Entretanto, el Consejo de Investigaciones Agrícolas de la India está estudiando las últimas técnicas de producción, elaboración y envasado de dátiles [10].

Referencias

1. *Natura* 264, 394 (2 de diciembre de 1976).
2. *New Scientist* 172, 374 (18 de noviembre de 1976).
3. *World Environment Report*, 8 (21 de junio de 1976).
4. *New Scientist* 172, 586 (9 de diciembre de 1976).
5. *World Environment Report*, 6 (2 de agosto de 1976).
6. *Nature* 264, 624-627 (16 de diciembre de 1976).
7. *Nature* 264, 538-540 (9 de diciembre de 1976).
8. *World Environment Report*, 7 (13 de octubre de 1975).
9. P. T. White, *National Geographic* 150, 45 (julio de 1976).
10. *World Environment Report*, 6 (5 de julio de 1976).

VII. Conclusión

86. Hay muchas experiencias satisfactorias que indican que puede hacerse mucho para mejorar la calidad del medio ambiente en países de sistemas políticos e ideológicos muy diferentes. Para crear mejores condiciones de vida para una parte mayor de la humanidad en un medio ambiente que no resulte irreparablemente dañado, es esencial una colabora-

ción internacional a escala no conocida hasta ahora en la historia de la humanidad. Hace falta una acción planificada orientada a la gestión integrada del medio ambiente, más que medidas incrementales adoptadas en cada caso para la protección ambiental. Incumbe a los gobiernos estudiar sus actividades nacionales concretas para controlar el medio ambiente. No pueden trazarse directrices generales ni formularse preceptos concretos. La base de la acción

nacional está tan arraigada en las distintas condiciones de cada país, que todo lo que puede hacerse es, posiblemente, subrayar los problemas ambientales seleccionados como de mayor interés a escala regional o mundial. Sin embargo, tanto los países desarrollados como los países en desarrollo debieran dar la máxima prioridad a la ampliación de sus conocimientos mediante el intercambio de informaciones y experiencias en la esfera ambiental.