NACIONES UNIDAS

A

Asamblea General

Distr.
GENERAL

A/43/351
5 de mayo de 1988
ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLES

Cuadragésimo tercer período de sesiones
Tema 67 g) de la lista preliminar*

EXAMEN DE LA APLICACION DE LAS RECOMENDACIONES Y DECISIONES APROBADAS POR LA ASAMBLEA GENERAL EN SU DECIMO PERIODO EXTRAORDINARIO DE SESIONES: EFECTOS CLIMATICOS DE LA GUERRA NUCLEAR, INCLUIDO EL INVIERNO NUCLEAR

Estudio de los efectos climáticos y otros efectos que podrían producirse en todo el mundo como resultado de una guerra nuclear

Informe del Secretario General

1 En sus resoluciones 40/152 G, de 16 de diciembre de 1985 y 41/86 H, de 4 de diciembre de 1986, la Asamblea General pidió al Secretario General que, con la asistencia de un grupo de expertos consultores escogidos por él, teniendo presente la conveniencia de contar con una amplia representación geográfica y preparación en una extensa gama de ramas científicas, llevara a cabo un estudio sobre los efectos climáticos y los efectos físicos potenciales de la guerra nuclear, incluido el invierno nuclear, que examinara, entre otras cosas, las consecuencias socioeconómicas y tomara en cuenta el informe del Secretario General (A/40/449 y Corr. 2) y los documentos que sirvieron de fuente para la elaboración de la compilación, junto con cualquier otro estudio científico pertinente.

2. En respuesta a esa petición, el Secretario General tiene el honor de remitir adjunto a la Asamblea General el estudio de los efectos climáticos y otros efectos que podrían producirse en todo el mundo como resultado de una guerra nuclear.

---

* A/43/50.

76 p.

Best Hard Copy Available

Digitized by Dag Hammarskjold Library

ANEXO

Estudio de los efectos climáticos y otros efectos que podrían producirse en todo el mundo como resultado de una guerra nuclear

INDICE

	Párrafos	Página
INTRODUCCION DEL SECRETARIO GENERAL		5
CARTA DE PRESENTACION		6
PREFACIO		9
I. DESCRIPCION GENERAL Y CONCLUSIONES	1 - 28	10
A. Un nuevo motivo de preocupación	1 - 10	10
B. Adelantos en cuestiones científicas esenciales	11 - 20	13
C. Conclusiones	21 - 28	15
II. CONSECUENCIAS ATMOSFERICAS Y CLIMATICAS	29 - 105	17
A. Introducción	29 - 40	17
B. Cuestiones técnicas	41 - 93	21
1. El polvo	41 - 42	21
2. La combustión y los combustibles	43 - 51	21
3. Incendios	52 - 55	23
4. Las emisiones de humo	56 - 62	24
5. Las propiedades ópticas del humo	63 - 67	25
6. La altura de la inyección de humo	68 - 71	26
7. El barrido y la remoción de las partículas de humo	72 - 74	27
8. Las reducciones de la intensidad de la luz	75 - 77	29
9. La simulación numérica	78 - 81	30
10. Los resultados de las simulaciones numéricas	82 - 85	31
11. Fenómenos naturales causantes de perturbaciones atmosféricas análogas a las debidas a las detonaciones nucleares	86 - 90	32
12. Los efectos a largo plazo	91 - 93	34
C. Las incógnitas	94 - 96	35
D. La destrucción del ozono estratosférico	97 - 102	35
E. Otros efectos químicos	103 - 105	36

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

INDICE (continuación)

		Párrafos	Página
III.	EFECTOS EN LOS ECOSISTEMAS NATURALES Y LA AGRICULTURA	106 - 162	37
	A. Introducción	106 - 109	37
	B. Respuestas biológicas generales a las perturbaciones climáticas	110 - 113	39
	C. Respuestas de las biomas a las perturbaciones climáticas	114 - 135	40
	1. Biomas de la tundra y alpinas	118 - 120	42
	2. Bosque boreal/taiga	121 - 122	42
	3. Bosques de coníferas	123	43
	4. Bosques de hojas caducas	124	43
	5. Tierras de pastoreo	125	43
	6. Desiertos y semidesiertos	126	43
	7. Biomas tropicales	127 - 129	43
	8. Lagos y arroyos	130 - 131	44
	9. Sistemas marinos	132 - 134	44
	10. Estuarios	135	45
	D. Respuestas de los principales sistemas agrícolas a las perturbaciones climáticas	136 - 144	45
	E. Principales cultivos alimentarios	145 - 153	48
	1. Arroz	145 - 149	48
	2. Trigo	150	49
	3. Maíz	151	49
	4. Soja	152	49
	5. Ganadería	153	50
	F. Consecuencias de las perturbaciones climáticas según las latitudes	154 - 155	50
	G. Efectos en la producción agropecuaria	156 - 162	50
IV.	EFECTOS SOBRE LA SALUD Y LAS ESTRUCTURAS SOCIOECONOMICAS	163 - 203	52
	A. Introducción	163 - 164	52
	B. La onda expansiva	165 - 166	53

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

INDICE (continuación)

	Párrafos	Página
C. El calor	167 - 169	53
D. La radiación	170 - 176	54
1. La radiación inicial	170 - 171	54
2. La precipitación radiactiva local	172 - 173	55
3. Precipitación radiactiva intermedia y mundial	174 - 176	55
E. Efectos directos generales	177 - 179	56
F. La atención médica de los sobrevivientes	180 - 187	57
G. Efectos sobre las personas y los sistemas socioeconómicos	188 - 197	58
H. ¿Recuperación?	198 - 203	61
GLOSARIO		63
BIBLIOGRAFIA		71

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

INTRODUCCION DEL SECRETARIO GENERAL

A raíz del reconocimiento por varios científicos en 1982 de que una guerra nuclear de gran escala podría tener graves efectos climáticos, cuyas consecuencias se dejarían sentir en todo el mundo, la Asamblea General, en su resolución 40/152 G de 16 de diciembre de 1985, pidió al Secretario General que llevara a cabo un estudio sobre los efectos climáticos y los efectos físicos potenciales de la guerra nuclear, incluido el invierno nuclear, que examinara también sus consecuencias socioeconómicas. Sin embargo, debido a la crisis financiera de 1986, los trabajos debieron de aplazarse durante un año.

En 1986, en la resolución 41/86 H, de 4 de diciembre, la Asamblea General reiteró su petición al Secretario General y le pidió que transmitiera el estudio a la Asamblea a tiempo para que fuera examinado en su cuadragésimo tercer período de sesiones en 1988.

De conformidad con los deseos de la Asamblea General expresados en la resolución 41/86 H, el Grupo de Expertos Consultores designado por el Secretario General estuvo compuesto de científicos de diferentes países, que aportaron los conocimientos de una amplia gama de ramas científicas. Algunos de ellos ya habian participado en investigaciones sobre el tema, mientras que otros se ocupaban por primera vez de la cuestión.

El informe del Grupo llega a la conclusión de que una guerra nuclear de gran escala entrañaría un alto riesgo de perturbación ambiental en todo el mundo. El riesgo sería mayor si las grandes ciudades y centros industriales del hemisferio norte fueran blanco de un ataque en los meses de verano. A juicio del Grupo, las incertidumbres científicas residuales difícilmente podrían invalidar esta conclusión. El Grupo indica que el posible agotamiento de los recursos alimentarios, como secuela de los graves daños que sufriría la producción agrícola, afectaría tanto a las naciones que fueran blanco de un ataque nuclear como a todas las demás, con la perspectiva de hambre e inanición extendidas. Las consecuencias socioeconómicas serían graves.

A pesar de su sólida apariencia, el planeta en que vivimos se mantiene en un precario equilibrio. Por primera vez en la historia de la raza humana, la humanidad está tomando medidas que, en el lapso de una sola generación, están afectando el medio ambiente mundial de manera importante. Los efectos de la lluvia ácida y de la deforestación son fáciles de comprobar. Las futuras consecuencias del aumento de las temperaturas y el empobrecimiento de la capa de ozono se están empezando a reconocer plenamente.

Las circunstancias resultantes de una guerra nuclear figuran en el extremo de una gama de acciones nocivas que la raza humana se puede autoinfligir. El informe del Grupo sirve para confirmar que en una guerra nuclear no puede haber vencedores y que una guerra de este tipo jamás debe emprenderse. También puede considerarse como un potente argumento para efectuar importantes reducciones de las armas nucleares y, en última instancia, su total eliminación.

El Secretario General expresa su reconocimiento a los miembros del Grupo de Expertos por su informe y tiene el honor de presentarlo a la Asamblea General para su examen. Debe señalarse que las observaciones y conclusiones del presente informe han sido formuladas por los miembros del Grupo de Expertos y que el Secretario General no está en situación de emitir juicio alguno sobre los distintos aspectos de la labor realizada por el Grupo.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

CARTA DE PRESENTACION

5 de abril de 1988

Excelentísimo señor,

Me complace hacerle llegar el informe del Grupo de Expertos Consultores encargado de realizar un estudio sobre los efectos climáticos y los efectos físicos potenciales de la guerra nuclear, incluido el invierno nuclear, que usted designó conforme a lo dispuesto en el párrafo 3 de la resolución 41/86 H de la Asamblea General, de 4 de diciembre de 1986.

De conformidad con la resolución de la Asamblea General, se designó a las siguientes personas como expertos consultores:

Profesor Sune K. D. Bergström
Karolinska Institutet
Nobelavdelningen
Estocolomo, Suecia

Dr. Gyula Bora
Vicerrector
Universidad de Ciencias Económicas
Budapest, Hungría

Profesor Messan K. L. Gnininvi
Director del Laboratorio de Energía Solar
Universidad de Benin
Lomé, Togo

Profesor G. S. Golitsyn
Instituto de Física Atmosférica
Academia de Ciencias de la URSS
Moscú, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

Profesor Rafael Herrera
Centro de Ecología y Ciencias Ambientales
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
Caracas, Venezuela

Profesor Mohammed Kassas
Facultad de Ciencias
Universidad de El Cairo
Giza, Egipto

Excelentísimo Señor
Javier Pérez de Cuéllar
Secretario General de las Naciones Unidas
Nueva York

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Profesor Thomas F. Malone
St. Joseph College
West Hartford, Connecticut
Estados Unidos de América

Profesor Henry A. Nix
Director
Centro de Estudios Ambientales y de Recursos
Universidad Nacional de Australia
Canberra, Australia

Dr. D. V. Seshu
Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz
Manila, Filipinas

Profesor Yasumasa Tanaka
Facultad de Derecho
Universidad Gakushin
Tokio, Japón

Profesor Ye Duzheng
Academia Sinica
Beijing, China

Este informe se redactó entre marzo de 1987 y abril de 1988, período durante el cual el Grupo celebró tres períodos de sesiones: el primero, del 23 al 27 de marzo de 1987, en Nueva York; el segundo, del 18 al 27 de noviembre de 1987, en Ginebra, y el tercero, del 28 de marzo al 1° de abril de 1988, en Nueva York.

No habría sido posible realizar un estudio sobre un tema tan complejo y en un plazo tan breve sin la valiosa asistencia y los conocimientos especializados de otras fuentes. Los integrantes del Grupo organizaron dos reuniones de trabajo con otros expertos para adquirir más conocimientos sobre la materia y consideraron muy valiosos esos intercambios de opiniones. Al respecto, el Grupo desea expresar su especial agradecimiento al Dr. Thomas C. Hutchinson de la Universidad de Toronto (Canadá), al Dr. Stephen Schneider del National Center for Atmospheric Research de Boulder, Colorado (Estados Unidos), y al Dr. Joyce Penner, del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, Livermore, California (Estados Unidos), quienes participaron en una reunión de trabajo de un día celebrada en Nueva York en marzo de 1987.

Con respecto a la segunda reunión de trabajo, se tomaron las medidas necesarias para que el grupo de científicos que integran el Comité Científico sobre Problemas del Medio y las consecuencias ambientales de una guerra nuclear (SCOPE-ENUWAR) se reunieran en Ginebra en noviembre de 1987, cuando estuviera reunido el grupo de estudio de las Naciones Unidas. Los integrantes de este último grupo estuvieron presentes en los debates realizados por el Comité Científico durante los dos primeros días y luego iniciaron su segundo período de sesiones con una reunión de trabajo conjunta en la que participaron numerosos científicos. El Grupo desea agradecer muy especialmente a Sir Frederick Warner, Director del Comité Permanente de SCOPE-ENUWAR, de la Universidad de Essex (Reino Unido); al

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Dr. Paul J. Crutzen del Instituto de Química Max Planck de Mainz (República Federal de Alemania); al Dr. Mark A. Harwell del Centro de Investigaciones sobre Ecosistemas de la Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York (Estados Unidos); al Dr. Michael C. MacCracken del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, California (Estados Unidos); al Dr. Yuri M. Svirezhev del Centro de Cálculos Electrónicos de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú (Unión Soviética), y al Dr. Richard D. Turco, R & D Associates, Marina del Rey, California (Estados Unidos). El Grupo de las Naciones Unidas agradece al Consejo Internacional de Uniones Científicas por haber cooperado de cerca con el Grupo y a SCOPE-ENUWAR por el respaldo prestado al Grupo a lo largo de toda su labor.

El Grupo también desea expresar su agradecimiento por las contribuciones y el asesoramiento especializados que recibió de diversos organismos de las Naciones Unidas. Además de la asistencia prestada por el Profesor Sune Bergström, integrante del Grupo y Presidente del grupo de gestión de la Organización Mundial de la Salud, que ha escrito dos informes sobre las consecuencias de la guerra mundial para la salud y los servicios de salud, se recibió valiosa asistencia del Dr. Francesco Sella, consultor del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; del Profesor Pierre Morel, Director del Programa Mundial de Investigaciones sobre el Clima de la Organización Metereológica Mundial (OMM), y del Profesor C. C. Wallen, consultor de la OMM.

Por último, los integrantes del Grupo de Expertos desean expresar su agradecimiento por la asistencia recibida de funcionarios de la Secretaría de las Naciones Unidas. En particular, agradecen al Sr. Yasushi Akashi, Secretario General Adjunto sobre Asuntos de Desarme; al Sr. Derek Boothby, quien se desempeñó como secretario del Grupo, y al Dr. Andrew Forester, de Dartside Consulting y de la Universidad de Toronto, que asesoró al Grupo en la redacción del informe.

Como se explica en el informe, las perspectivas para el futuro del planeta en el caso de que se produzca una importante guerra nuclear son desoladoras. Por lo tanto, cumplo con informarle, en nombre de todos los miembros del Grupo, que este informe se adoptó por consenso.

Aprovecho la oportunidad para reiterar a Vuestra Excelencia las seguridades de mi consideración más distinguida.

(Firmado) H. A. NIX
Presidente del Grupo de Expertos
encargado de realizar un estudio
sobre los efectos climáticos y
los efectos físicos y potenciales
de la guerra nuclear, incluido el
invierno nuclear

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

PREFACIO

La posibilidad de que una guerra nuclear de gran envergadura provoque trastornos climáticos en todo el mundo se planteó en 1982. En la resolución 39/148 F, de 17 de diciembre de 1984, la Asamblea General pidió al Secretario General que recopilara los pasajes apropiados de todos los estudios científicos sobre los efectos climáticos de la guerra nuclear, incluido el invierno nuclear. La compilación se publicó en 1985 como documento de la Asamblea General (A/40/449 y Corr.2).

El 16 de diciembre de 1985, la Asamblea General aprobó la resolución 40/152 G, en la que reconoció la necesidad de realizar investigaciones sistemáticas sobre el tema y pidió al Secretario General que llevara a cabo un estudio sobre los efectos climáticos y los efectos físicos potenciales de una guerra nuclear, incluido el invierno nuclear, y que transmitiera el estudio a la Asamblea General a tiempo para que fuera examinado en su cuadrágesimo segundo período de sesiones, en 1987. No obstante, debido a la crisis financiera que sufrió la Organización en 1986, el Secretario General se vio obligado a postergar la realización del estudio por un año.

En virtud de su resolución 41/86 H, de 4 de diciembre de 1986, la Asamblea General pidió nuevamente al Secretario General que llevara a cabo ese estudio, con la asistencia de un grupo de expertos consultores escogidos por él, teniendo presente la conveniencia de contar con una amplia representación geográfica y preparación en una extensa gama de ramas científicas. La Asamblea General pidió que en el estudio sobre los efectos climáticos y los efectos físicos potenciales de la guerra nuclear, incluido el invierno nuclear, se examinaran, entre otras cosas, sus consecuencias socioeconómicas y se tomara en cuenta el informe del Secretario General y los documentos que sirvieron de fuente para preparar la compilación, junto con cualquier otro estudio científico pertinente.

Se pidió al Secretario General que transmitiera el estudio a la Asamblea General a tiempo para que fuera examinado en su cuadragésimo tercer período de sesiones, en 1988.

El presente informe se redactó de conformidad con lo dispuesto en esa resolución. El Grupo de Expertos Consultores evaluó mesuradamente los resultados de los estudios científicos que se habían realizado y se seguían realizando sobre este complejo tema. Para tomar en consideración en la mayor medida posible la información científica más reciente, el Grupo recurrió a los conocimientos y la pericia de una amplia gama de organismos científicos, e individuos capacitados, en especial los que han intervenido en el estudio realizado por el Comité Científico sobre Problemas del Medio, del Consejo Internacional de Uniones Científicas, acerca de las consecuencias de una guerra nuclear para el medio ambiente (SCOPE-ENUWAR).

La labor encomendada al Grupo es bastante amplia. El mandato concreto, definido en la resolución 41/86 H de la Asamblea General, consiste en realizar un estudio sobre los efectos climáticos y los efectos físicos potenciales de la guerra nuclear, incluido el invierno nuclear. El Grupo tomó nota de toda la resolución e interpretó el mandato en su sentido más amplio; por lo tanto, incluyó en él los efectos biológicos. Esa interpretación permite determinar las posibles consecuencias socioeconómicas, de acuerdo con lo solicitado por la Asamblea General.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

El Grupo decidió recurrir en la menor medida posible al término "invierno nuclear", porque esa expresión no hace justicia a la naturaleza, el alcance y la complejidad del fenómeno. Si bien la reducción de la temperatura no provocaría un congelamiento en la mayor parte de la superficie del planeta en el caso de una guerra nuclear, los efectos acumulados de un intercambio nuclear de gran envergadura, que afectara a los grandes centros urbanos e industriales y se produjera en el hemisferio norte durante el verano, serían graves y amplios. Por tales motivos, el Grupo de Expertos decidió titular este informe "Estudio sobre los efectos climáticos y otros efectos que podían producirse en todo el mundo como resultado de una guerra nuclear".

I. DESCRIPCION GENERAL Y CONCLUSIONES

A. Un nuevo motivo de preocupación

1. Los efectos de una guerra nuclear, por su poder destructivo extraordinariamente superior, no se parecerían en absoluto a los de ninguna otra guerra conocida. El tipo de bombas atómicas utilizadas en Hiroshima y Nagasaki representaron un aumento del poder explosivo que, del equivalente de algunas toneladas de trinitrotolueno (TNT), pasó a medirse en miles de toneladas (kilotones). Las bombas de hidrógeno que se comenzaron a fabricar unos diez años más tarde permitieron aumentar ese poder de miles a millones de toneladas (megatones). Actualmente hay más de 50.000 armas nucleares en todo el mundo y se estima que su poder explosivo combinado es de unos 15.000 megatones (cerca de 5.000 veces el de todos los explosivos usados en la Segunda Guerra Mundial).

2. A partir de la publicación del libro "The Atmosphere After a Nuclear War: Twilight at Noon" de Crutzen y Birks (1982), se produjo un cambio en los análisis de los efectos indirectos de una guerra nuclear a gran escala. Los autores señalaron que los incendios provocados por las explosiones nucleares lanzarían a la atmósfera enormes cantidades de partículas de humo capaces de absorber la luz solar que normalmente calienta la superficie de la Tierra y proporciona la energía necesaria para que se lleven a cabo los procesos atmósfericos y la producción biológica, se reduciría debido al humo y al hollín y, a su vez, esto provocaría trastornos en el clima. Esta hipótesis se confirmó mediante nuevos cálculos del volumen de material combustible y de humo y de las propiedades radiactivas del humo. Se reconoció que dichos fenómenos podrían influir considerablemente en los ecosistemas naturales, la pesca y la agricultura, y que dificultarían el abastecimiento de productos agrícolas a los supervivientes de los efectos directos de la guerra.

3. En una monografía escrita en 1983 por R. Turco, O. Toon, T. Ackerman, J. Pollack y C. Sagan, conocidos como el grupo TTAPS, sigla que se deriva de las iniciales de los apellidos de los miembros del grupo, se describen los principales efectos climáticos de las inyecciones de un gran volumen de humo. Los investigadores utilizaron diversas hipótesis sobre la producción de humo y polvo y sus propiedades y modelos climatológicos modificados para predecir los efectos adversos, entre los que se contaban el enfriamiento de hasta 25° a 30° de la superficie continental del hemisferio norte, un considerable recalentamiento

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

y una estabilización de la troposfera alta y el rápido desplazamiento del humo al hemisferio sur. La oscuridad, el enfriamiento de la superficie continental y los efectos radiológicos descritos podían ser tan graves que se acuñó el término "invierno nuclear" como metáfora de las consecuencias de una guerra nuclear en la que se hicieran detonar miles de megatones de explosivos (gran parte de los arsenales nucleares existentes). El grupo TTAPS no predijo trastornos permanentes o prolongados pero, debido a la destrucción a escala mundial que se produciría, los integrantes del grupo expresaron su esperanza de que los temas planteados por ellos se examinaran con gran dedicación y espíritu crítico. El artículo del grupo TTAPS se dio a conocer junto con una monografía de Ehrlich et al. (1983), en la que varios biólogos analizaron los vastos efectos que podría tener una guerra nuclear para los ecosistemas naturales y la agricultura.

4. En la Conferencia sobre las consecuencias biológicas a largo plazo a escala mundial de la guerra nuclear, celebrada del 31 de octubre al 1° de noviembre de 1983, en Washington, D.C., se analizaron los efectos de la guerra nuclear en la atmósfera y la biosfera. El astrónomo Carl Sagan y el biólogo Paul Ehrlich organizaron esa conferencia con el asesoramiento de un comité integrado por físicos y biólogos. Se presentaron estudios realizados en la Unión Soviética en los que se daban a conocer conclusiones similares y se celebró una conferencia vía satélite entre Washington y Moscú, que permitió intercambiar opiniones a científicos estadounidenses y soviéticos. Se informó a los participantes sobre los trastornos ambientales que podría producir un intercambio nuclear, entre los que figuraba un notable enfriamiento de la superficie terrestre, la intensa precipitación radiactiva y la destrucción directa de la infraestructura de los servicios sociales. En la conferencia también hubo un debate sobre las dudas que planteaban las nuevas predicciones y se analizó la necesidad de proseguir las investigaciones en esa importante esfera.

5. A comienzos de 1983, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos encargó al Consejo Nacional de Investigaciones de la Academia Nacional de Ciencias que llevara a cabo un importante estudio. En el informe se insistía en las limitaciones que imponen las dudas planteadas y se llegaba a la siguiente conclusión:

> "... el Comité considera que, salvo que por lo menos uno de los efectos se cuente entre los más leves previstos en los factores de incertidumbre o salvo que se haya ignorado algún efecto atenuante, existen bastantes posibilidades de que grandes extensiones del norte de la zona templada (y probablemente superficies aún mayores) se vean muy afectadas. Entre los posibles efectos figuran un considerable descenso de la temperatura que se podría prolongar durante semanas (especialmente si el intercambio se produce en el verano) y la subsistencia de temperaturas inferiores a lo normal durante meses. Esa reducción de la temperatura y los cambios meteorológicos concomitantes podrían afectar seriamente a los seres humanos que sobrevivieran y a la biosfera de la que dependería su vida; por lo tanto, se justifica realizar un estudio independiente y detallado sobre la materia." ("The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange", 1985, pág. 6)

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

La Academia de Ciencias de la Unión Soviética también analizó las consecuencias físicas, químicas y biológicas de una guerra nuclear en la que se lanzaran 5.400 megatones de explosivos e informó lo siguiente: "la principal conclusión de nuestro estudio es que, incluso en las hipótesis más "optimistas" sobre las consecuencias de un conflicto nuclear (si cabe hablar de optimismo en este caso), sería inevitable que se produjera una crisis ecológica y demográfica de carácter mundial". Ecological and Demographic Consequences of a Nuclear War (Svirezhev et al., 1985; versión en inglés, 1987, pág. 108). La Sociedad Real del Canadá (1985) y el Consejo de Planificación de Nueva Zelandia (1987), que analizaron las repercusiones para el Canadá y Nueva Zelandia respectivamente llegaron en general a conclusiones similares.

6. En 1983 se encomendó al Comité Científico sobre Problemas del Medio del Consejo Internacional de Uniones Científicas que llevara a cabo un estudio sobre las consecuencias de una guerra nuclear para el medio ambiente, estudio que se denominó SCOPE-ENUWAR. Más de 300 científicos de 30 países participaron en la preparación del informe de 882 páginas que, en dos volúmenes, se publicó en 1986. Este sigue siendo un estudio definitivo. El análisis incluyó un amplio estudio de los efectos biológicos y se confirmaron las conclusiones generales relativas a los efectos físicos. En resumen, en el informe se llegó a la conclusión de que "los efectos indirectos que tendría para la población una guerra nuclear de gran escala, especialmente los efectos climáticos del humo, podrían llegar a ser superiores que los efectos directos a nivel mundial y es muy probable que el conflicto tenga consecuencias imprevistas tanto para los países combatientes como para los no combatientes" (sin subrayar en el original) (Consecuencias ambientales de la guerra nuclear, P. Hock et al., 1986, Prefacio, pág. xxvi).

7. Los resultados de las investigaciones posteriores basadas en modelos tridimensionales más realistas indicaron que la disminución de la temperatura sería inferior a lo previsto originalmente. Sin embargo, aún sería suficiente para provocar graves cambios mundiales en los ecosistemas natural y agrícola en un período que fluctuaría entre algunos meses y años.

8. En 1986 (Golitsyn y Phillips) y 1987 (Golitsyn y MacCracken) el Comité Científico Mixto que supervisa el Programa Mundial de Investigaciones sobre el Clima del Consejo Internacional de Uniones Científicas y de la Organización Meteorológica Mundial analizó esta hipótesis. El Comité ha llegado en dos oportunidades a la conclusión de que los considerables cambios de temperatura que se producirían en las semanas posteriores a la generación de 100 a 200 millones de toneladas de humo en los incendios provocados por un intercambio nuclear "no se modificaría (excepto en detalles), por fructíferos que fueran los intentos por disipar las numerosas dudas relacionadas con los cálculos de las posibles condiciones atmosféricas" (sin subrayar en el original) (Golitsyn y Phillips, 1986, confirmado por Golitsyn y MacCracken, 1987).

9. Como parte del proyecto SCOPE-ENUWAR se organizaron reuniones de trabajo en Bangkok (febrero de 1987), Ginebra (noviembre de 1987) y Moscú (marzo de 1988) para considerar las conclusiones más recientes. En las reuniones se confirmaron las evaluaciones previas de SCOPE-ENUWAR sobre la repercusión que tendría una guerra nuclear en el clima. En las reuniones de trabajo se iniciaron nuevas etapas

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

de las investigaciones: estudios de casos sobre el efecto de una guerra nuclear para los sistemas agrícolas de determinados países, un análisis más detallado de las fuentes de humo y la reacción del humo en la atmósfera, y estudios más detallados sobre la radiación ionizante, a la luz de lo ocurrido en Chernobyl.

10. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha venido estudiando los efectos que tendría la guerra nuclear para la salud y los servicios de salud desde 1982, con la publicación de dos informes en 1984 y 1987. La Asamblea Mundial de la Salud ha recomendado que la Organización, en colaboración con otros organismos de las Naciones Unidas, siga recopilando y analizando información sobre actividades y estudios relacionados con los efectos de la guerra nuclear para la salud y los servicios de salud y publicando regularmente información sobre la materia y que la mantenga constantemente informada al respecto.

B. Adelantos en cuestiones científicas esenciales

11. Los cálculos previos sobre la cantidad de material combustible (carga de combustible) se han precisado en análisis sucesivos sobre producción y existencias, por ejemplo en el estudio detallado de un conjunto representativo de blancos en los Estados Unidos (Small et al., 1988). Aunque se siguen considerando convincentes los cálculos generales según los cuales se podrían descargar en la atmósfera hasta 150 millones de toneladas de humo los últimos experimentos han indicado que estas cantidades están en el límite máximo. Por otra parte, los cálculos relativos a los componentes del humo que produciría la combustión de materiales como petróleo y plásticos en incendios muy extensos ha aumentado considerablemente. Además, sobre la base de las observaciones realizadas recientemente en laboratorios y en incendios reducidos, se ha triplicado la capacidad estimada de absorción de la luz solar que tendría el humo producido por los incendios urbanos, con respecto a algunos cálculos anteriores. Se reconoce que ese humo oscuro y cargado de hollín es el factor que más puede influir sobre la atmósfera y el clima y, por lo tanto, gran parte de las investigaciones recientes se han concentrado en las características de las partículas de hollín.

12. El gran volumen de humo y hollín absorbería una considerable proporción de la luz solar en gran parte del hemisferio norte. Los resultados de los cálculos sobre la reducción de la insolación varían bastante, de acuerdo con la hipótesis empleada. En algunos casos, si el humo fuera denso la luz que llegaría a la superficie terrestre podría verse reducida a un 1% de lo normal durante unos pocos días y menos del 20% durante algunas semanas o más.

13. El humo producido por incendios de gran envergadura podría llegar, inicialmente hasta unos 15 kilómetros de altura, aunque la mayoría se localizarán entre los 5 y 10 kilómetros. A la larga el humo dejaría de elevarse y comenzaría a extenderse a la altura en que se estabilizara. El recalentamiento posterior del humo debido a la radiación solar podría producir un nuevo elevamiento de las partículos de humo. Los resultados de los estudios de modelos que se han realizado recientemente indican que durante el verano del hemisferio norte una elevación de gran envergadura como la descrita a altitudes medias podría provocar una elevación de gran parte del humo hasta 30 kilómetros de altura. Debido a que la elevación

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

del humo provocado por una guerra nuclear sería un fenómeno autoinducido, su permanencia en la estratosfera podría prolongarse considerablemente, un gran volumen de humo podría desplazarse al hemisferio sur y la integridad de la capa de ozono de la estratosfera podría verse en peligro.

14. Se supone que la capacidad de dispersión del humo de las nubes y la precipitación (conocida como "barrido" y "remoción") alcanzaría del 30% al 50% durante los primeros días después de que se produjera el humo, aunque hay importantes dudas al respecto y la cantidad exacta de humo producido podría ser superior o inferior. La dispersión supone el rápido barrido en una "lluvia negra" que se produciría exactamente sobre los puntos de conflagración previstos después de un intercambio nuclear y el barrido posterior que produciría la precipitación desde los incendios y en la dirección del viento. El barrido del humo reduciría la posibilidad de que disminuyera la luz y dentro de una misma zona habría sectores más y menos iluminados. Los cálculos sobre las propiedades del humo realizados recientemente en laboratorios y en la práctica indican que la capacidad de dispersión del humo más oscuro y más cargado de hollín podría ser inferior a la que se supone actualmente. Por lo tanto, es necesario precisar aún más los cálculos sobre el barrido del humo (hollín).

15. Los resultados de las nuevas investigaciones en laboratorios indican que es poco probable que el hollín que llegue a la estratosfera (por inyección directa y autoelevación) se descomponga rápidamente como reacción al ozono y que ese proceso podría demorar un año o más. Este importante resultado significa que las nubes de hollín podrían estabilizarse bastante en la parte superior de la atmósfera y por lo tanto, extenderse a todo el mundo, lo que a largo plazo podría repercutir en el clima mundial.

16. Se han logrado importantes adelantos en la elaboración de modelos de la reacción atmosférica a la inyección de un gran volumen de humo, aunque siguen siendo muy simplificados. Las leyes que rigen los procesos atmosféricos pertinentes se plantean en términos matemáticos y las ecuaciones resultantes se resuelven en computadoras de gran velocidad. Esos cálculos, que se realizan sobre la base de modelos avanzados de circulación general, permiten representar en detalle las variaciones en la transferencia de radiación solar y térmica infrarroja, el ciclo hidrológico, y la circulación y la dinámica atmosféricas. Esos modelos, que se han adaptado para simular las condiciones de un "invierno nuclear", se desarrollaron en el Laboratorio Nacional de Los Alamos, el Centro Nacional de Investigación Atmosférica y el Laboratorio National Lawrence Livermore de los Estados Unidos, el Centro de Cálculos Electrónicos de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética, la Oficina Meteorológica del Reino Unido y la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales del Commonwealth en Australia. La labor realizada sobre la base de esos modelos ha permitido notables adelantos en la elaboración de modelos climáticos. Dichos modelos confirman la posibilidad de que en determinadas regiones la temperatura llegue a un nivel inferior al punto de congelación incluso en verano. También indican que las precipitaciones se reducirían considerablemente y que desaparecerían los monzones de verano, incluso si la cantidad de humo fuera relativamente reducida. Además, se ha reconocido la posibilidad de que los efectos climatológicos se prolongaran por un año o más y de que la temperatura mundial media disminuyera en varios grados, lo que podría repercutir considerablemente en la agricultura.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

17. Actualmente se cuenta con suficientes pruebas de que si los incendios forestales y el polvo fueran suficientemente voluminosos podrían producir una reducción de varios grados de la temperatura diurna en cuestión de horas o días. La reducción se reproduce bien en los modelos, lo que significa que se comprenden bastante bien los procesos físicos básicos. Esto también despierta más confianza en los resultados de los cálculos realizados sobre la base de modelos, según los cuales la reducción de la temperatura sería mucho más drástica si los incendios provocados por un intercambio nuclear inyectaran un volumen de humo considerable en la atmósfera.

18. La inyección en la estratosfera del óxido nítrico generado por la bola de fuego nuclear y el aire proveniente de la baja atmósfera, que contiene poco ozono, el desplazamiento de aire de la estratosfera baja con gran contenido de ozono y la medida en que la reacción química depende del aumento previsto de la temperatura de la estratosfera también se están analizando en relación con su posible capacidad de reducir el volumen de ozono estratosférico. La reducción del ozono provocaría una mayor radiación solar ultravioleta de efectos dañinos durante varios años después del intercambio nuclear. Según los cálculos actuales, esa reducción del ozono podría ser muy elevada, del orden del 50%. Dado que éste podría llegar a ser un problema muy importante, es urgente seguir realizando estudios sobre la materia.

19. La pulsación electromagnética provocada por detonaciones nucleares a gran altura podría inutilizar y destruir una gran variedad de componentes y aparatos eléctricos y electrónicos, lo que provocaría la suspensión del suministro eléctrico, las comunicaciones y otros servicios en una extensión de miles de kilómetros. Esto contribuiría a impedir el normal funcionamiento de la infraestructura de que tendría que depender la población sobreviviente.

20. Las primeras radiaciones, junto con las explosiones y el calor, provocarían la muerte de muchas personas en las inmediaciones y destruirían las viviendas y las instalaciones sanitarias, médicas y de transporte. Fuera de la zona devastada, la precipitación nuclear provocada por las explosiones propiamente tales y la destrucción de las instalaciones nucleares se extendería a todo el mundo y sería una fuente de constante radiación durante años. Las consecuencias a largo plazo que esto tendría para los sobrevivientes de la primera radiación y para las personas expuestas a la precipitación serían considerables (por ejemplo, cáncer, deformación y posiblemente efectos genéticos), pero su gravedad no se podría comparar con las consecuencias inmediatas ni con los efectos de la destrucción de la infraestructura básica, incluidos los servicios médicos y de distribución de alimentos, que se prolongarían por meses y probablemente por años.

C. Conclusiones

21. El análisis efectuado por el Grupo de la evolución de las ideas científicas sobre las consecuencias ambientales que podría tener una guerra nuclear para todo el mundo revela una clara tendencia al consenso. Este y otros grupos de expertos (por ejemplo, el Comité Científico Mixto, véase Golitsyn y MacCracken, 1987) han analizado las críticas y objeciones que se plantean periódicamente, relacionadas en su mayoría con los factores de incertidumbre de los primeros modelos y las limitaciones que presentaban, éstas no contradicen la conclusión de que una guerra nuclear de gran escala tendría importantes consecuencias para el clima mundial.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

22. Actualmente se cuenta con pruebas científicas definitivas de que una guerra nuclear de gran envergadura plantearía el peligro de una desintegración ambiental en todo el mundo. Ese peligro sería aún mayor en el caso de que las ciudades y los centros industriales más grandes del hemisferio norte fueran atacados en los meses de verano. Durante el primer mes la energía solar que se recibiera en la superficie de las latitudes medias del hemisferio norte podría reducirse por lo menos en un 80%, lo que provocaría una reducción de la temperatura continental en las latitudes medias entre 5° y 20° centígrados menos de lo normal en un plazo de dos semanas después de que se produjera la inyección de humo en los meses de verano. En el centro de los continentes el descenso de las temperaturas podría ser bastante más acusado. Sobre la base de los modelos tridimensionales de circulación atmosférica en los que se representan en detalle los procesos físicos, se llega a la conclusión de que en algunos casos la temperatura bajaría a un nivel inferior al punto de congelación incluso durante el verano. La reducción de la temperatura sería levemente inferior a la que permitían suponer los modelos atmosféricos menos complejos que se usaron anteriormente, pero sus efectos ecológicos y agrícolas no serían menos graves. Los estudios realizados últimamente, presentados en los cursillos SCOPE-ENUWAR en Moscú en 1988, indican que esos efectos se verían agravados por la disminución de las lluvias, que alcanzaría hasta un 80% en zonas templadas y tropicales. Los datos analizados hasta ahora demuestran categóricamente que es muy poco probable que las dudas científicas que aún subsisten anulen la validez de esas conclusiones generales.

23. Después de un mes, la considerable reducción de la luz solar, la disminución de la temperatura varios grados bajo el nivel normal y la desaparición de las precipitaciones y los monzones de verano pondría en peligro la producción agrícola y la supervivencia de los ecosistemas naturales. Además, los contaminantes químicos, el aumento de la radiación ultravioleta debida a la destrucción del ozono y la posible subsistencia de núcleos radiactivos intensificarían esos efectos.

24. El hecho de que los sistemas agrícolas y los ecosistemas naturales sean susceptibles a las variaciones de temperatura, precipitación y luz, permite llegar a la conclusión de que las notables consecuencias que tendría un intercambio nuclear para el clima pondría gravemente en peligro la producción agrícola mundial. Tanto los países que hubieran sido blanco de un ataque nuclear como los demás países correrían el peligro de sufrir de hambrunas generalizadas debido a la guerra nuclear. A ello contribuirían la dependencia cada vez mayor de fuentes de energía y de fertilizantes para la producción de alimentos y la dependencia de sistemas de comunicaciones, transporte y comercio que funcionaran normalmente para la distribución y el abastecimiento de alimentos. Los efectos que todo esto podría tener para el ser humano se verían exacerbados por la desintegración prácticamente absoluta de los servicios de atención de la salud en los países atacados y la posibilidad de que aumentara la dañina radiación ultravioleta. Los efectos directos de un intercambio nuclear de gran envergadura provocarían la muerte de centenares de millones de personas, pero sus efectos indirectos provocarían la muerte de miles de millones.

25. En un mundo donde existen estrechos vínculos económicos, sociales y ambientales, un intercambio de esa índole tendría consecuencias socioeconómicas nefastas. Las actividades de producción, distribución y consumo dentro de los sistemas socioeconómicos existentes se desintegrarían por completo.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

El considerable daño físico que provocarían las explosiones, los incendios y la radiación en los países que fueran blanco de ataques les impediría recibir el tipo de apoyo que permitió la recuperación de los países afectados por la segunda guerra mundial. La destrucción de los sistemas de apoyo, comunicaciones, transportes, finanzas y otros agravaría los problemas provocados por la escasez de alimentos en los países no atacados y la recuperación a largo plazo sería dudosa.

26. Los efectos inmediatos y directos de las explosiones nucleares y las consecuencias ambientales en todo el mundo de un conflicto nuclear de gran escala estarían interrelacionados y se intensificarían mutuamente. Además, se produciría un efecto sinérgico en cada uno de esos aspectos y entre ellos, de manera que el efecto acumulado de los incendios, las explosiones y la radiactividad sería superior a la simple suma de los diversos efectos. Asimismo, la disminución de la temperatura, su reducción a un nivel inferior al punto de congelación por períodos breves, la menor precipitación, la desaparición de los monzones y el incremento de la radiación ultravioleta se combinarían de tal manera que sus efectos aislados se multiplicarían. La desintegración ambiental que provocaría a nivel mundial un conflicto nuclear de gran alcance serían inseparables de sus efectos directos y localizados. Ambas consideraciones deberían pesar en el ánimo de todas las naciones, a efectos de solucionar los problemas políticos relacionados con los armamentos nucleares.

27. Existe la posibilidad de que en el futuro se determine que un intercambio nuclear de importancia también tendría otras consecuencias ambientales. El Grupo considera que debería continuar la labor científica internacional y mancomunada que ha permitido definir ese nuevo aspecto de la guerra nuclear, con el objeto de exponer con mayor precisión las conclusiones y explorar nuevas posibilidades. Por ejemplo, habría que solucionar el problema que se ha planteado recientemente de la posible destrucción de un gran volumen de ozono debido a una guerra nuclear importante y el aumento derivado de la radiación ultravioleta, que podría tener consecuencias muy graves para los organismos vivos expuestos a ella.

28. A nivel internacional habría que seguir trabajando en la dirección de los adelantos científicos que han permitido comprender más claramente las posibles consecuencias mundiales de una guerra nuclear de gran escala. También habría que tomarlos en consideración en el análisis de las medidas de política pública en este ámbito, que pueden tener consecuencias para las naciones no combatientes y las que puedan verse envueltas en un conflicto. El análisis de estos temas ha destacado la importancia del diálogo entre la comunidad científica mundial y los encargados de elaborar las políticas gubernamentales, diálogo que ha contribuido a la comprensión de este tema general en el decenio de 1980.

II. CONSECUENCIAS ATMOSFERICAS Y CLIMATICAS

A. Introducción

29. Una guerra nuclear sería totalmente diferente a toda forma anterior de guerra por su potencia destructiva inconmensurablemente superior. Las bombas atómicas del tipo utilizado en Hiroshima y Nagasaki representan un aumento de la potencia explosiva del equivalente a toneladas de trinitrotolueno (TNT) hasta el equivalente de miles de toneladas (kilotones). Las bombas de hidrógeno, perfeccionadas unos

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

diez años más tarde, representaron un aumento de los miles de toneladas a los millones de toneladas (megatones). Existen hoy en todo el mundo más de 50.000 armas nucleares, con una potencia total calculada en unos 15.000 megatones, unas 5.000 veces superior a la de todos los explosivos utilizados en la segunda guerra mundial.

30. El material radiactivo de una explosión nuclear puede ser llevado a gran distancia con lo que quedarán expuestos a los efectos de las radiaciones ionizantes personas muy alejadas del lugar donde ha ocurrido esa explosión. Los efectos genéticos y teratogénicos de estas radiaciones podrían incluso manifestarse en generaciones sucesivas.

31. La gran cantidad de polvo y humo descargado en la atmósfera por los incendios y las explosiones ocurridos en la superficie y a baja altura en una guerra nuclear en gran escala, podrían causar graves modificaciones climáticas, no sólo en los países donde ocurre la guerra sino en otros alejados del lugar de las hostilidades. En el presente informe se reseñan los resultados de varios estudios sobre los posibles efectos climáticos de explosiones nucleares múltiples.

32. La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, en un informe publicado en 1975 sobre los efectos atmosféricos de una guerra nuclear, llega a la conclusión de que muchos de los productos químicos creados por las explosiones nucleares, en particular los óxidos de nitrógeno, afectarían a la capa estratosférica de ozono que protege a la superficie terrestre contra un exceso de radiaciones ultravioletas perjudiciales y contribuye a mantener una temperatura, una estructura y una circulación normales en la atmósfera. En el estudio se consideran también los efectos del polvo levantado por las explosiones y, haciendo una comparación con los que provocan las partículas emitidas por las erupciones volcánicas, se llega a la conclusión de que la temperatura mundial bajaría aproximadamente 1°C por causa de la disminución de la luz solar sobre la superficie terrestre.

33. Años después de haberse perfeccionado las armas nucleares, se están conociendo nuevas informaciones sobre los efectos indirectos que tendría sobre el medio ambiente una guerra nuclear en gran escala. En 1945 la atención se concentraba en la radiopatía; en el decenio de 1950, en el transporte a gran distancia de las precipitaciones radiactivas, a principios del decenio de 1960, en los impulsos electromagnéticos; el decenio de 1970, en el agotamiento de la capa de ozono por la inyección de óxidos de nitrógeno en la estratosfera. Y en 1982 y 1983 se hizo evidente la posibilidad de que las armas nucleares produjeran cambios climáticos. Es posible que aún queden por descubrir otros efectos imprevistos. Por ejemplo, se ha sugerido la posibilidad de que el agotamiento de la capa de ozono pueda ser más grave de lo que se calcula en la actualidad. Podrían presentarse también inversiones de temperatura cerca de la superficie que hicieran posible que la capa inferior de la atmósfera retuviera numerosas sustancias tóxicas e impidiera su dispersión, incrementando así considerablemente la exposición de plantas, animales y especialmente seres humanos a la acción de los tóxicos.

34. La Real Academia Sueca de Ciencias realizó en 1981 y 1982 un examen amplio de los efectos mundiales de una guerra nuclear, desde el punto de vista social, económico y ambiental, y publicó los resultados en una serie de estudios encargados

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

específicamente para su periódico Ambio, en 1982. Los estudios se publicaron posteriormente en forma de libro con el título The Aftermath (Peterson, 1983). Uno de los estudios, una monografía de Paul Crutzen y John Birks, trataba de los efectos de las explosiones nucleares en la atmósfera y confirmaba la posibilidad de que la capa de ozono sufriera daños y de que se tuvieran repercusiones climáticas y meteorológicas. Los autores consideraron más adelante la posibilidad de que una ataque nuclear en gran escala provoque extensos incendios y de que "se produzcan y difundan en la troposfera grandes cantidades de partículas oscuras, altamente absorbentes de la luz solar, que, provenientes de los numerosos incendios desatados en las zonas urbanas e industriales, los yacimientos de petróleo y de gas, las tierras agrícolas y los bosques, limitarían considerablemente la penetración de los rayos solares hacia la superficie terrestre y cambiarían las propiedades físicas de la atmósfera" (Crutzen y Birks, 1982). El informe, titulado "La atmósfera después de una guerra nuclear", tenía por subtítulo "Crepúsculo al mediodía".

35. Los autores siguieron hipótesis sobre los efectos del equilibrio de la energía sobre la Tierra, los ecosistemas naturales, las pesquerías, la agricultura y la sociedad, y postularon la posibilidad de que un conflicto nuclear en gran escala modificara el clima. Después de publicada esta monografía básica se iniciaron trabajos en los Estados Unidos y la Unión Soviética sobre los efectos climáticos de las inyecciones de humo en gran escala en la atmósfera y de sus consecuencias sobre el medio ambiente.

36. Los efectos sobre la atmósfera y la biosfera se consideraron públicamente por primera vez en una conferencia de dos días de duración celebrada en Washington, D.C., (Estados Unidos) a fines de 1983. Los dos informes principales, publicados poco después en la revista "Science", se presentaron en el primer día de la conferencia. Son la monografía TTAPS, así llamada por las iniciales de los autores, Turco y otros, publicada en 1983, y la monografía de Ehrlich y otros, publicada en el mismo año. Aleksandrov, Schneider y Golitsyn hicieron presentaciones similares sobre la reducción de la temperatura y adujeron además que las precipitaciones y los monzones quedarían suprimidos. Los dos informes principales, conjuntamente con otros presentados y el texto de las actuaciones, se publicaron posteriormente en forma de libro con el título The Cold and the Dark: The World After Nuclear War (Ehrlich y otros, 1984). La conferencia se clausuró estableciendo un vínculo por televisión entre Washington y Moscú, durante el cual destacados científicos de la Unión Soviética y los Estados Unidos debatieron las cuestiones.

37. La monografía TTAPS terminaba con una nota cautelar del siguiente tenor:

> "Nuestros cálculos ... son forzosamente inexactos porque hemos usado modelos unidimensionales, porque la base de datos es incompleta y porque el problema no puede ser objeto de investigación experimental. Tampoco hemos podido prever en detalle la naturaleza de los cambios dinámicos y meteorológicos de la atmósfera ... ni los efectos de esos cambios sobre el mantenimiento y la dispersión de las nubes de polvo y de humo que dieron origen a los cambios. A pesar de ello, la magnitud de los efectos de primer orden es tan grande y las consecuencias tan serias, que tenemos esperanzas de que las cuestiones científicas aquí planteadas se analicen vigorosa y críticamente."
> (Turco y otros, 1983)

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

38. La monografía fue objeto de críticas basadas en diversas razones científicas. Por ejemplo, no se tuvo en cuenta la influencia morigeradora de los océanos. Esta limitación es debida al método de modelos unidimensionales utilizado y, en tal condición, la reconocieron de inmediato los autores. Aunque el uso de un modelo unidimensional no pueda ser, en este caso, un sustituto adecuado de una simulación más elaborada, es un paso conveniente y necesario previo al tratamiento más completo del problema. El estudio de los efectos de la inclusión de material en forma de partículas y aerosoles en los modelos tridimensionales, que se había empleado solamente para simular fenómenos climáticos naturales, hubiera requerido un trabajo técnico de elaboración muy considerado.

39. La comunidad científica atacó el problema planteado por Crutzen y Birks, y los autores de la monografía TTAPS y numerosos hombres de ciencia especializados en la atmósfera comenzaron a analizar las hipótesis y sus consecuencias. En 1984 Schneider y Londer observaron que "varios grupos de especialista en ciencias físicas hicieron lo posible para encontrar fallas en el análisis presentado en el TTAPS ... para ver si existían factores que no se hubieran tenido en cuenta y que podrían hacer desaparecer el efecto de enfriamiento sobre grandes superficies. La búsqueda se realizó no para anular la labor del grupo TTAPS, sino más bien para asegurarse de que los resultados eran verdaderamente verosímiles".

40. Estos trabajos dieron lugar a enjundiosos informes sobre el tema preparados por el Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (1985), el Instituto de Medicina (1986) y la Real Sociedad del Canadá (1985). Los trabajos soviéticos se describen en los libros The Night After, Climatological and Biological Consequences of Nuclear War (Velikhov, 1985), Ecological and Demographic Consequences of a Nuclear War (Svirezhev y otros, 1985), Global Climatic Catastrophes (Budyko y otros, 1986), y Possible Ecological Consequences of Nuclear War for Atmosphere and Climate (Kondratyev y Nikolsky, 1986). El estudio más completo ha sido emprendido por el Consejo Internacional de Uniones Científicas por intermedio de su programa SCOPE-ENUWAR. En este trabajo, en el que participaron 300 eruditos de la comunidad internacional, especialistas en una extensa variedad de disciplinas, se proporciona una extensa lista de referencias sobre el tema. El trabajo que lleva el título, Environmental Consequences of Nuclear War, se ha publicado en dos volúmenes: el volumen I, Physical and Atmospheric Effects (Pittock y otros, 1986) y el volumen II Ecological and Agricultural Effects (Harwell y Hutchinson, 1986). Le acompaña un volumen, Planet Earth in Jeopardy, (Dotto, 1986), con un resumen escrito para el público en general. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha revisado su informe de 1984 para incluir una evaluación de los efectos climáticos, que ha titulado Effects of Nuclear War on Health and Health Services (OMS, 1987). El Consejo de Planificación de Nueva Zelandia ha considerado recientemente la perspectiva desde el hemisferio sur en su publicación New Zealand After Nuclear War (Green y otros, 1987) y Nuclear Winter in Australia and New Zealand: Beyond Darkness (Pittock, 1987). Simultáneamente con estos estudios varios gobiernos, en especial los de la Unión Soviética y los Estados Unidos, han patrocinado trabajos muy generales de investigación, en particular sobre las propiedades del humo suspendido en la atmósfera y sobre simulaciones numéricas del comportamiento de los aerosoles atmosféricos mediante modelos de la circulación atmosférica.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

B. Cuestiones técnicas

1. El polvo

41. Las explosiones nucleares en la superficie y cerca de ella levantan polvo hacia la atmósfera. En el estudio SCOPE-ENUWAR (Pittock y otros, 1986) se calcula que hasta varias decenas de millones de toneladas de partículas de polvo de dimensiones inferiores al micrón (1 milésima de milímetro) podrían ascender hasta la troposfera superior y estratosfera donde podrían permanecer durante un mes o más. El polvo dispersa eficazmente la luz solar y refleja parte de la radiación solar hacia el espacio.

42. El proceso de dispersión (reflexión) y absorción de la luz en la alta atmósfera reduce la intensidad de la radiación solar que alcanza a la superficie terrestre. La presencia de densas nubes de polvo podría causar una considerable reducción de la luz solar que llega a la superficie que se encuentra debajo. Aunque el polvo estuviera disperso en forma uniforme sobre el hemisferio norte la luz recibida en la superficie se reduciría 10% o más.

2. La combustión y los combustibles

43. Los combustibles como el carbón, el petróleo y el gas natural, o en el sentido general en que se utiliza aquí, todo aquello capaz de tomar fuego en un gran incendio urbano-industrial (como los materiales de construcción de madera, el papel, los plásticos, las tejas de asfalto y los recubrimientos de bitumen de las carreteras), o en un incendio en descampados (como los árboles, la vegetación de los cultivos y de otro tipo) están compuestos por productos químicos complejos constituidos principalmente por carbono e hidrógeno.

44. En condiciones ideales, cuando se oxida una molécula de hidrocarburo, es decir, cuando se quema, en un medio donde dispone de una cantidad ilimitada de oxígeno, la reacción es completa y el producto de la oxidación es anhídrido carbónico y vapor de agua. Sin embargo, rara vez existe esa condición ideal y en un fuego normal, la oxidación por lo común no se completa en su totalidad, según sean las condiciones ambientales, lo que produce partículas de residuos llamadas hollín o humo, además de los gases mencionados. En las llamas de alta temperatura parte del hidrógeno y el carbón del combustible se liberan sin oxidarse (pirólisis), obteniéndose un hollín de carbono puro similar al grafito o al negro de humo. Con temperaturas más bajas, en los fuegos al rescoldo, la oxidación es incompleta y se producen numerosos residuos parcialmente oxidados que consisten por lo común en hidrocarburos, aunque de composición química más sencilla que la del combustible original.

45. El hollín de carbono elemental relativamente puro y los productos que contienen una elevada proporción de hidrocarburos tienen estructuras químicas y físicas sumamente diferentes. Su comportamiento en la atmósfera es distinto, como lo es su capacidad de absorción luminosa, pues puede absorber mucha más luz que los humos de bajo contenido de carbono. El combustible puede contener también otros productos químicos que no se oxidan o que se oxidan para formar diversas moléculas con distintas propiedades.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

46. La cantidad y la naturaleza de los materiales incendiados en una guerra nuclear se han calculado empleando tres métodos diferentes. Turco y otros (1983) y los estudios del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (1985) estimaron el valor promedio de la carga de material combustible por unidad de superficie en los diversos objetivos y luego pasaron a la escala mayor multiplicando la superficie expuesta a un flujo de radiación térmica capaz de incendiar ese material en una distribución hipotética de objetivos. La superficie expuesta al flujo térmico ignífero depende de las condiciones meteorológicas (humedad y turbidez de la atmósfera), la altura de la detonación y la potencia de la cabeza explosiva. Una explosión de 1 megatón encendería numerosos materiales sobre una extensión de 50 a 1.000 kilómetros cuadrados, pero, debido a la probable superposición de las explosiones, la magnitud limitada de la superficie urbana a otros factores, se consideró por lo común un valor representativo comprendido entre 250 y 500 kilómetros cuadrados de superficie encendida por megatón (esta superficie es función de la raíz cuadrada de la potencia). Penner (1986) ha demostrado que en un principio las cargas de combustible se sobreestimaron y que aún siguen sin conocerse completamente. Debido a que jamás se podrá conocer con certeza la distribución de los objetivos y, en consecuencia, la superposición entre los incendios resultantes, este método de cálculo es relativamente inexacto.

47. Según otro método, empleado por Crutzen y otros (1984) y por Pittock y otros (1986), se preparan inventarios del material combustible en las regiones consideradas como posibles objetivos y se supone una cantidad hipotética de combustible que se quemaría.

48. El tercer enfoque se basa en análisis detallados de objetivos representativos (Small y otros, 1988). El cálculo indica que después de un gran ataque contra los Estados Unidos se producirían 40 millones de toneladas de humo, que en su tercera parte provendría de la combustión del petróleo, el gas y el carbón y consistiría en partículas fuliginosas, de alto contenido de carbono, que absorben la radiación solar con mucha eficiencia.

49. De acuerdo con dos cálculos independientes de los inventarios de combustible, en los países de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y en los de la Organización del Tratado de Varsovia podrían encontrarse de 6.000 a 17.000 millones de toneladas de materiales de base celulósica (madera, papel, etc.) y de 1.300 a 1.500 millones de toneladas de petróleo y plásticos. Los límites de la cantidad de materiales celulósicos se basan en hipótesis sobre la cantidad de madera utilizada en la construcción en Europa y en la Unión Soviética, y sobre la utilización y la duración media efectiva de los productos de madera y de la propia madera en el medio ambiente. Los cálculos establecen que la cantidad de petróleo y combustible que podría quemarse en los dos grupos de países es de 10.000 millones de toneladas, con una incertidumbre de aproximadamente 50%.

50. Debido a que las refinerías y los depósitos de productos petroquímicos tienen importancia estratégica serían probablemente objetivos, un hecho postulado en la mayor parte de los hipotéticos escenarios bélicos. Turco (1987) presentó datos que muestran que las dos terceras partes de las existencias mundiales de productos petroquímicos (aproximadamente 500 millones de toneladas) están localizadas y se encuentran en unas 200 zonas y, en condiciones ideales, podrían incendiarse con

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

sólo unos pocos centenares de cabezas explosivas de pequeño o mediano tamaño y de potencias del orden de unos pocos megatones. El incendio produciría suficientemente humo negro y fuliginoso (véase infra) para provocar efectos climáticos de importancia.

51. En un principio la preocupación por los posibles efectos climáticos de una guerra nuclear se basó en el cálculo del humo emitido por los incendios de bosques (Crutzen y Birks, 1982). Un gran número de posibles objetivos, como los silos de proyectiles, las bases aéreas y los centros de mando, están ubicados en prados y terrenos agrícolas que, por su reducida carga de combustible, sólo podrían generar unos pocos millones de toneladas de humo (Small y Bush, 1985). Aunque el estudio SCOPE-ENUWAR (Pittock y otros, 1986) discute algunos factores que podrían incrementar ese valor, al parecer no podría encenderse la vegetación viva (Bush y Small, 1987). Podría producirse hollín por gasificación directa (pirólisis) de la materia orgánica abrasada por el impulso térmico de la bola de fuego, que quizás liberaría unas 20 millones de toneladas de carbono elemental (Gostintsev y otros, 1986; Golitsyn, 1986). Si la bola de fuego ígneo levantara ese carbono hasta la alta troposfera y la estratosfera inferior, este sólo hecho podría tener considerables efectos climáticos. Sin embargo, tanto el proceso de emisión de carbono por reacciones pirolíticas bajo la influencia del flujo térmico de la explosión, como las reacciones subsecuentes del carbono con el aire ambiente son fenómenos aún no bien comprendidos.

3. Incendios

52. La intensidad, la naturaleza y el número de los incendios depende de la magnitud del conflicto nuclear, y de las ojivas y los objetivos seleccionados. El enorme potencial incendiario de las armas nucleares, y las condiciones en que se encuentra el medio ambiente de la zona que es el objetivo, pueden provocar superincendios o tormentas de fuego que causen la combustión completa de los combustibles y una devastación total sobre una extensa superficie.

53. La evidencia obtenida en Hiroshima y Nagasaki sugiere que un flujo térmico de un valor de 7 a 20 calorías por centímetro cuadrado (cal. cm^{-2}) puede provocar incendios masivos. El valor más alto probablemente sea exagerado, muchas veces la ignición ocurre con 7 a 10 cal. cm^{-2}. Dos estudios independientes sugieren que bastaría el moderado valor 20 cal. cm^{-2}, para provocar una conflagración inmediata en una superficie de 250 a 375 kilómetros cuadrados por cada megatón de potencia, (la superficie es mucho mayor si se usa como base del cálculo un flujo térmico inferior). Si se tiene en cuenta la propagación del fuego, la extensión incendiada puede aumentar considerablemente: llegó a ser 1.200 kilómetros cuadrados por megatón en la explosión de baja potencia de Hiroshima (Pittock y otros, 1986). En las más recientes simulaciones el fuego se considera función de la potencia de las armas, el alcance oblicuo, las condiciones atmosféricas, el carácter del combustible, la topografía, la existencia de barreras contra el fuego y otros factores (Woodie y otros, 1984).

54. En terrenos incultos, gran parte del material orgánico es potencialmente combustible y es razonable suponer que la onda de la explosión podría dispersar y astillar esos materiales, haciéndolos aún más inflamables. No sucede forzosamente

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

lo mismo en el caso de las zonas suburbanas y urbanas, que contienen grandes cantidades de material incombustible, como yeso y hormigón. La explosición podrá dañar las estructuras no combustibles y abrirlas para exponer al fuego una mayor cantidad de combustibles. Por otra parte, la explosión puede también enterrar material potencialmente incendiable bajo escombros refractarios. Es posible que ambos procesos ocurran, según sean las circunstancias específicas de cada lugar.

55. El fuego arrastra material refractario y mineral incombustible finamente dividido, derivado del hormigón, el polvo de ladrillo, el yeso, el suelo y otros materiales. Se desconocen los efectos que este arrastre tendrá sobre el proceso de combustión, en particular sobre los procesos de la realimentación de la energía dentro de las llamas.

4. Las emisiones de humo

56. El factor de emisión (que mide la cantidad de combustible convertido en partículas aerotransportadas como el hollín y el humo), consiste en una relación o un porcentaje. Un factor de emisión de humo del 5% equivale a 50 gramos de humo por cada kilogramo de combustible. Este factor, y las propiedades químicas y físicas del humo son sumamente importantes para evaluar los efectos del incendio sobre la atmósfera.

57. El factor de emisión y el contenido de carbono del humo no se conocen con exactitud, y aun cuando en valor se hayan determinado en condiciones experimentales los resultados de los cálculos difieren por un factor de dos por lo menos (Pittock y otros, 1986; Penner, 1986). Los estudios más recientes realizados en los Estados Unidos y la Unión Soviética (informe del curso práctico SCOPE-ENUWAR dado en Ginebra del 16 al 20 de noviembre de 1987) muestran que cuanto mayor sea la magnitud del incendio tanto mayor será el factor de emisión. Su valor aumenta también con la reducción de la ventilación. En el caso de la gran variedad de condiciones ambientales que puede esperarse existan durante un ataque nuclear, el uso de los factores de emisión y del contenido de humo en los cálculos introduciría considerable incertidumbre.

58. En dos importantes estudios se ha calculado que el valor de los factores de emisión general de los incendios urbanos es de 3,3% a 4,0% y que el contenido de carbono de las emisiones es, moderadamente, 20% y, más generalmente, de 33% a 80% (Pittock y otros, 1986). Para hacer estos cálculos se han supuesto valores para la proporción de cada tipo de combustible existente, porque los distintos materiales tienen distinto factor de emisión por ejemplo, entre 1,5% y 3,0% para la madera, aproximadamente 5% para los plásticos y de 6% a 10% para los aceites combustibles (Pittock y otros, 1986; Crutzen, 1987).

59. Los resultados del cálculo detallado (Turco y otros, 1983; Crutzen y otros, 1984; Consejo Nacional de Investigaciones, 1985) de la cantidad de humo que podría producir una gran guerra nuclear con una potencia explosiva de 5.000 a 6.500 megatones varían considerablemente y están comprendidos entre 50 y 150 millones de toneladas (después de tener en cuenta la acción de barrido de las precipitaciones). Si se considera que los autores han empleado diferentes valores hipotéticos de

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

los factores de emisión y proporciones de los combustibles, los resultados de los cálculos coinciden con bastante aproximación: unos 30 millones de toneladas de carbono elemental entraría en la atmósfera proveniente de las zonas urbano-industriales incendiadas (Pittock y otros, 1986).

60. Varios grupos han medido, con ayuda de incendios experimentales en pequeña escala, la cantidad de humo producido por una gran variedad de sustancias. Aunque haya dudas de que esos fuegos representen adecuadamente la combustión que tendría lugar en los grandes incendios resultantes de un ataque nuclear, los experimentos han mejorado nuestro conocimiento sobre el proceso de combustión. Se llegó a la conclusión de que la producción de humo es de 1,5% y 4,0% para el caso, respectivamente, de madera seca y húmeda y puede llegar a ser tan elevada como 11% para el caso de los plásticos (Andronova y otros, 1986) aunque este valor puede reducirse a un 3% si las condiciones son de libre ventilación (Mulholland, 1986; Patterson y otros, 1986).

61. El material consumido en los incendios urbanos consistiría en una mezcla de diversos combustibles. El factor general de emisión de una mezcla de combustible correspondiente a la que se encuentra en una ciudad normal (60% de madera, 20% de papel, 15% de telas y 5% de plásticos), varía entre 5% y 6% (Andronova y otros, 1986). La combustión de productos petroquímicos produciría un humo fuliginoso; cuyo factor de emisión estaría comprendido entre 3% y 5% en los incendios relativamente pequeños (Andronova y otros, 1986) y podría ser mayor de 10% en los grandes incendios (Zak, 1987). Estos datos concuerdan convenientemente con los examinados por Penner (1986) y son 50% superiores a los empleados en el estudio del Consejo Nacional de Investigaciones de 1985.

62. El Grupo del SCOPE llegó a la conclusión de que si se quemara aproximadamente la cuarta parte de los 2.700 millones de toneladas de materiales combustibles almacenados, se descargarían en la atmósfera unos 80 millones de toneladas de humo, con un contenido de 45 millones de toneladas de carbono elemental. Este podría ser el resultado de la combustión total de menos de 100 muy grandes ciudades con sus reservas estratégicas de combustible correspondientes y sin tener en cuenta las emisiones de humo de los incendios rurales resultantes de ataques de contrafuerza contra los parques de silos.

5. Las propiedades ópticas del humo

63. Las propiedades ópticas del humo emitido por los incendios dependen del tamaño, la estructura y la composición de las partículas de humo que, a su vez, son función del material y de las condiciones en que se quema. Sólo recientemente se ha realizado un estudio de las propiedades del humo en los Estados Unidos, la Unión Soviética y el Reino Unido.

64. El humo absorbe y dispersa la luz. Cuanto mayor sea la absorción respecto de la dispersión, tanto más negro parece el humo; cuanto mayor es la dispersión, tanto más blanco. Ambos procesos están íntimamente relacionados. La atenuación de la luz es función exponencial de la cantidad de humo en la atmósfera y depende también de la longitud de onda de la luz y de las propiedades físicas y químicas de las partículas.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

65. Las partículas de humo que son producidas por la combustión de los productos del petróleo tienen estructuras en cadenas ramificadas que aumentan la absorción por unidad de masa del humo. Mediciones recientes han demostrado que la absorción de las partículas de carbono puede ser por lo menos dos veces superior a la empleada en estudios anteriores (por ejemplo, el del Consejo Nacional de Investigaciones de 1985). Se cree actualmente que la cantidad total de humo emitido en una gran guerra nuclear sería menor a la calculada en un principio. Sin embargo, la atenuación de la luz solar seguiría siendo uno de los principales problemas debido a que el contenido de carbono del humo y la capacidad de absorción de la radiación solar serían mayores que lo supuesto en estudios anteriores.

66. Las nuevas mediciones realizadas (Andronova y otros, 1986; Golitsyn y MacCracken, 1987) de la relación entre la absorción de la radiación solar y la absorción de la radiación térmica emitida por la superficie terrestre y la atmósfera, sugieren que, en muchos tipos de humos, no se interrumpiría la emisión de la radiación de ondas largas hacia el espacio. Ello permitiría el enfriamiento de la superficie terrestre, de manera similar a la que ocurre en las noches claras, a pesar de la presencia del humo. Se considera necesario realizar trabajos adicionales sobre este importante aspecto del humo y sobre sus efectos sobre la transferencia de la energía radiactiva en la atmósfera.

67. Para estudiar la sensibilidad del clima ante diversas cantidades de humo presentes en la atmósfera, se convino en el curso práctico SCOPE-ENUWAR, celebrado en Bangkok en 1987, considerar tres casos correspondientes a pequeñas, medianas y grandes cantidades de humo. Estas cantidades de humo, promediadas sobre todo el hemisferio norte, y teniendo en cuenta la absorción y la dispersión, pueden reducir la radiación solar en la superficie respectivamente a 60%, 10% y 1% de su valor normal.

6. La altura de la inyección de humo

68. Las observaciones indican que el humo proveniente de incendios forestales localizados se alza por lo común hasta una altura de 2 ó 3 kilómetros, pero que cuando el incendio es grande, hay buena ventilación y el aire es húmedo, puede llegar a 5 ó 6 kilómetros. Las columnas de humo de los incendios muy grandes de bosques y de los incendios urbanos observados durante la Segunda Guerra Mundial a veces superaban los 10 kilómetros. Es probable que el humo de un ataque nuclear llegue, por lo tanto, a la alta troposfera, y que parte pueda entrar a la estratosfera (Golitsyn y MacCracken, 1987).

69. Se han usado simulaciones numéricas basadas en modelos modificados de nubes convectivas para calcular las alturas de inyección de la columna para diversas intensidades de incendio y varias condiciones meteorológicas. Los resultados confirman la opinión de que el humo de incendios muy intensos puede llegar a la estratosfera inferior hasta alturas de unos 15 kilómetros, pero que el humo de incendios de intensidad moderada puede sólo llegar hasta la media o la alta troposfera. La altura de la columna puede ser afectada por la generación de vórtices en las tormentas generadas por los incendios, pero no está claro si este efecto sería positivo (Turco y otros, 1983) o negativo (Tripoli y Kang, 1987).

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

La acción de corte de los vientos limitaría la altura de la columna o aminoraría el descenso de la columna por debajo de su máximo valor sobre el fuego. Las simulaciones de computadora sugieren que la altura de la columna es función del calor total liberado, o sea de la potencia del incendio, no de su superficie (Small y Heikes, 1988). Las condiciones meteorológicas son también importantes, en particular la estabilidad y el contenido de humedad de la atmósfera, porque la humedad puede liberar considerable cantidad de energia almacenada, en forma de calor latente, que refuerza la fuerza ascendente de la columna (Pittock y otros, 1986; Golitsyn y MacCracken, 1987).

70. Una de las conclusiones más importantes a que se ha llegado es que el humo se calienta por la absorción de radiación solar y que el aire en que está disperso adquiere mayor fuerza ascendente. Este proceso, conocido con el nombre de elevación, había sido predicho mediante una simulación realizada con un modelo tridimensional atmosférico en el que se tenía en cuenta el transporte del humo bajo la acción de la circulación atmosférica (Malone y otros, 1986). (Véanse las figuras 1 a) y 1 b)). La elevación haría que el hollín y el humo llegarán hasta alturas mucho mayores que la altura de inyección inicial predicha sobre la base de las características del incendio.

71. Algunas hipótesis tienen gran influencia sobre los resultados del cálculo de los efectos climáticos. Cuanto mayor sea la altura a la que llega el humo, tanto menos probable es que pueda eliminarlo la precipitación. Cuanto mayor sea la altura de la atmósfera en la que se absorba la radiación solar tanto menos eficaz será la retención de la radiación térmica de longitud de onda larga emitida de la capa de humo elevada y tanto más se enfriará la superficie. Es de esperar que a medida que se mejoren los modelos de simulación de la columna de humo, mejor el cálculo de la altura de inyección del humo.

7. El barrido y la remoción de las partículas de humo

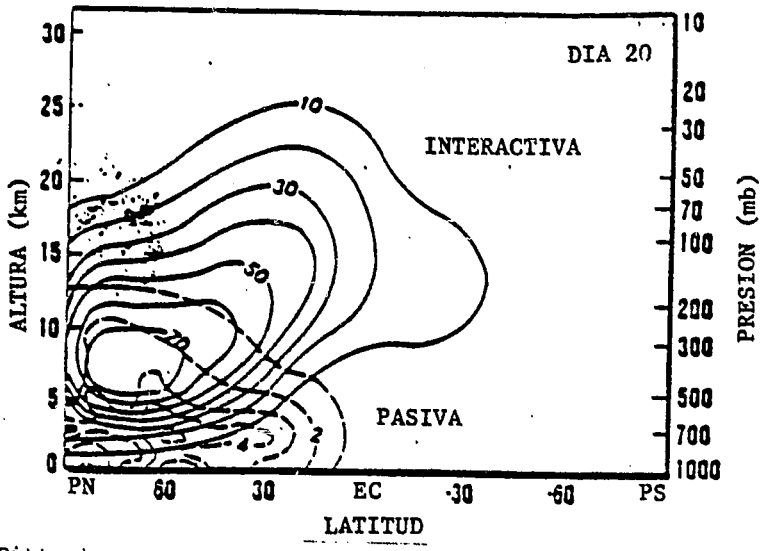
72. Son numerosos los procesos que determinan el destino final de las partículas de humo desde el momento en que se generan en los incendios hasta que se distribuyen en una escala capaz de afectar las condiciones climáticas y meteorológicas del mundo. Después de alzarse del fuego, las partículas de humo pueden coalescer, aumentando de tamaño y modificando la distribución granalométrica. La columna que se eleva puede arrastrar consigo el vapor de agua ambiente juntamente con el aire. La expansión de las columnas ascendentes produce su enfriamiento y la condensación del vapor sobre las partículas, que pueden actuar como núcleos de condensación. La proporción de partículas sobre las que puede condensarse el vapor de agua depende parcialmente del contenido en carbono de las partículas: cuanto mayor sea tanto más hidrofóbicas (rechazadoras del agua) serán éstas. Las partículas de humo (bajo contenido de carbono) son, en consecuencia, núcleos de condensación más eficientes que las de hollín (alto contenido de carbono). Sin embargo, la composición de las partículas de aerosol producidas por el tipo de incendio que se espera causen las explosiones nucleares en una extensa variedad de condiciones no se conoce muy bien. Las gotas de agua formadas sobre las partículas de humo elevadas a gran altura pueden convertirse en partículas de hielo o incorporarse a otras gotas de agua de mayor tamaño y ser así barridas y retiradas del aire por precipitación.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Figura 1 a)

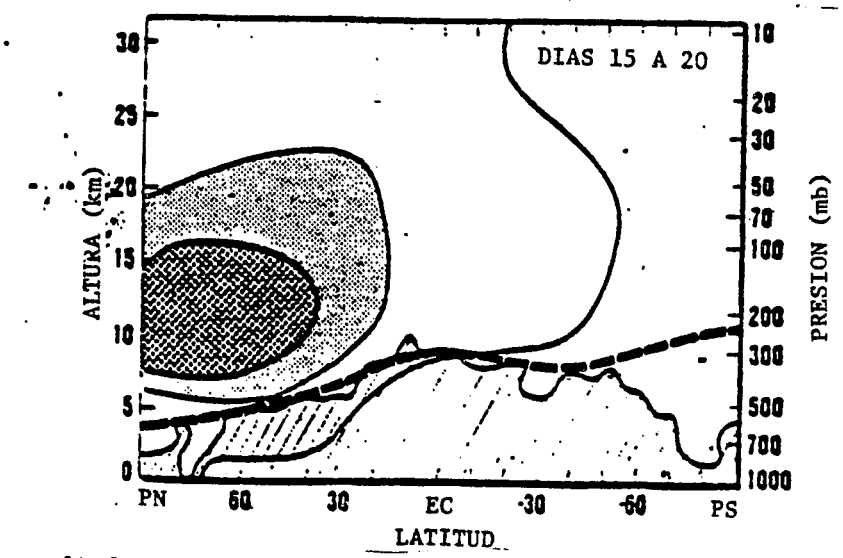
Comparación de cortes verticales de la proporción de mezcla de humo en el 20° día para los casos de mezcla pasiva (líneas de puntos) y mezcla interactiva (líneas llenas) descritos por Malone y otros (1985) (las unidades son 10^{-9} g/g)



Fuente: A. B. Pittock y otros, Environmental Consequences of Nuclear War, vol. I. (Chichester, 1986), pág. 190.

Figura 1 b)

Corte vertical de la atmósfera que muestra la posición modificada de la tropopausa (línea gruesa de puntos) y la distribución de la precipitación (región sombreada situada debajo de la tropopausa), ambas promediadas durante los días 15 a 20, y distribución del humo en el día 20 (superficie punteada, principalmente sobre la tropopausa)



Nota: Los resultados corresponden al caso de interactivo de julio, con 170 millones de toneladas de humo inyectadas entre 0 y 9 km de altura (de Malone y otros, 1985).

Fuente: A. B. Pittock y otros, Environmental Consequences of Nuclear War, vol. I (Chichester, 1986), pág. 191.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

73. La intensidad de la condensación, que depende de la humedad atmosférica, la intensidad del fuego, los procesos meteorológicos locales y otros factores, determinarán si habrá o no precipitación y si las partículas capturadas, barridas por las pequeñas gotas de las nubes, serán transportadas hasta la superficie como lluvias negras (como las que cayeron en Hiroshima) o volverán a liberarse en la atmósfera. Las partículas que emergen de la nube de agua y no son barridas por la precipitación podrán sufrir un proceso de modificación de su forma. En particular, la reevaporación del agua de las partículas que salen de la nube puede hacerlas más compactas, con un cambio consecuente de sus propiedades ópticas. Los recientes resultados experimentales obtenidos por Harrison, presentados en el curso SCOPE-ENUWAR de Ginebra, en 1987, parecen indicar que los cambios quizás no sean tan considerables como se suponía anteriormente.

74. En el estudio TTAPS (Turco y otros, 1983) se supone que la mitad del humo inicial será barrido inmediatamente de la atmósfera por esos procesos. En el informe del Consejo Nacional de Investigaciones (1985) se calcula que el porcentaje de eliminación inicial estaría comprendido entre 10% y 90%. Los resultados de mediciones recientes (comunicados por Turco en el curso práctico SCOPE-ENUWAR de Ginebra, 1987) muestran que, en el caso de fuegos de petróleo en cisternas de extensión moderada con una superficie de 170 metros cuadrados, la mayor parte de los procesos de barrido descritos funciona remisamente y que la remoción del humo fuliginoso por condensación es reducida. Por ello, los científicos opinan en la actualidad que el barrido probablemente tenga menor importancia que la considerada en un principio para la eliminación del humo. Todas estas cuestiones siguen plagadas de incertidumbres y necesitan estudiarse en mayor detalle.

8. Las reducciones de la intensidad de la luz

75. Las partículas de hollín, humo y polvo (que en el texto se llaman colectivamente aerosoles, aunque la expresión comprenda técnicamente sólo a gotas de líquido dispersas en gases), absorben y dispersan la luz solar en la atmósfera. Puede esto ser causa de considerables cambios en el equilibrio de la energía de las radiaciones, la circulación atmosférica, y provocar alteraciones en el clima y una reducción de la luz solar y la temperatura en la superficie terrestre. La medida en que ocurran perturbaciones depende de la cantidad del aerosol, de su ubicación y del tiempo de permanencia en la atmósfera, así como de las propiedades químicas y físicas de las partículas.

76. En la atmósfera normal, 30% de la energía solar, consistente en radiaciones visibles y de onda corta, es reflejada por las nubes y por la superficie terrestre, 25% aproximadamente es absorbida por la atmósfera y el 45% restante absorbida por el suelo. La energía absorbida por la superficie terrestre se libera posteriormente en la atmósfera como radiación infrarroja (de longitud de onda larga) que resulta en gran parte absorbida por los gases atmosféricos responsables del efecto "invernadero", como calor sensible transmitido por contacto con la superficie, y como calor latente liberado cuando el agua evaporada se condensa nuevamente. Toda la energía absorbida por la Tierra en forma de radiación solar se pierde en última instancia en el espacio en forma de radiación emitida en longitudes de ondas largas.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

77. La presencia de una capa de aerosol que pueda absorber y dispersar la radiación solar por encima de las nubes y de los gases responsables del efecto de "invernadero" impone una limitación al equilibrio de radiaciones que podría tener consecuencias trascendentales. El postulado central de la llamada hipótesis del invierno nuclear es que se tendría una reducción del flujo de energía hacia la Tierra que causaría un enfriamiento y un oscurecimiento de la superficie terrestre. Además, la energía solar absorbida por el humo causaría el calentamiento de la atmósfera que provocaría profundos cambios en la estructura térmica y la circulación, y una reducción de las precipitaciones.

9. La simulación numérica

78. Los modelos numéricos del clima consisten en una serie de ecuaciones que describen las leyes físicas que rigen el movimiento y la temperatura de la atmósfera y el océano, las transformaciones entre el vapor de agua, el agua líquida y el hielo, los intercambios de energía y las interacciones entre la atmósfera y las superficies terrestres y oceánicas. La posibilidad de describir todos estos procesos y resolver las ecuaciones en una computadora es limitada, de modo que todo modelo del clima, incluso el modelo de la circulación atmosférica más avanzado, es sólo una representación aproximada de la realidad. Se puede determinar la corrección con que un modelo particular simula la realidad del clima actual (normal) comparando los resultados obtenidos con el modelo con las observaciones disponibles, en especial las que muestran cambios estacionales en el clima.

79. Al estudiar los efectos de un intercambio de proyectiles nucleares en gran escala sobre el tiempo y el clima, los modelos deben estar en condiciones de simular no sólo el clima normal (conocido) sino también el clima perturbado (desconocido) que resultaría de una carga de la atmósfera sin precedentes con grandes cantidades de material en forma de partículas. A pesar de todas sus falibilidades, los modelos numéricos de la atmósfera son la herramienta más poderosa disponible. No sólo pueden utilizarse para estimar los efectos atmosféricos directos de una gran guerra nuclear, son también el único medio que permite estudiar interacciones imprevistas o efectos de realimentación. La mayor parte de las conclusiones descritas a continuación se basan en los resultados de simulaciones numéricas con modelos de clima de diverso tipo.

80. Los efectos climáticos de una guerra nuclear se estudian especificando la distribución del humo, el hollín y el polvo que inyectarían en la atmósfera las detonaciones nucleares y los incendios posteriores. Los cálculos tienen en cuenta las propiedades ópticas de estos materiales y emplean ecuaciones matemáticas adicionales para considerar el transporte, la transformación y la remoción final del humo por los procesos atmosféricos.

81. Mediante la introducción en los cálculos de los efectos ópticos del humo, el hollín y el polvo emitidos por los incendios provocados por las detonaciones nucleares, los modelos de circulación general se han adaptado al estudio de los posibles efectos de la guerra nuclear sobre el clima. Si se tiene presente que los modelos del clima son poderosas herramientas que, al mismo tiempo, padecen de diversos efectos, y que algunos operadores tienen tendencia a extrapolar las

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

predicciones por períodos de tiempo que exceden al que justifica el conocimiento de los procesos correspondientes, o a exponer resultados de las simulaciones en forma demasiado directa sin precaverse contra sus limitaciones, no resulta sorprendente que la aplicación de modelos al estudio de un tema tan novedoso y controversial como el de la hipótesis del llamado "invierno nuclear" haya sido objeto de polémicas. El valor de la simulación con modelos radica en su función como herramienta de investigación, esencial para los procesos mediante los cuales la ciencia ensaya y, en consecuencia, hace progresar sus conocimientos del clima. Para citar una vez más a Schneider (1987):

> "Los modelos matemáticos del clima no pueden simular toda la complejidad de la realidad. Pueden, sin embargo, revelar las consecuencias lógicas de hipótesis plausibles sobre el clima ... Los modelos de clima no dan pronósticos definitivos de lo que será el futuro; no son otra cosa que una bola sucia de cristal en la que podemos vislumbrar una serie de futuros verosímiles. Su uso nos plantea un dilema: nos obliga a decidir por cuánto tiempo seguiremos limpiando el cristal antes de obrar conforme a lo que creemos ver en su interior."

En consecuencia, los modelos pueden utilizarse para:

a) Explorar las opciones y reducir los numerosos factores desconocidos a unos pocos que puedan ser objeto de investigación adicional;

b) Diferenciar entre las hipótesis que son débiles y aquellas que son sólidas;

c) Ensayar la sensibilidad del clima ante cambios de variables fundamentales, y establecer las condiciones límites;

d) Mejorar la calidad de la toma de decisiones. Esto puede entrañar la determinación de los cursos de acción que minimicen las consecuencias negativas y ayuden a eludir las peores decisiones.

10. Los resultados de las simulaciones numéricas

82. Los cálculos unidimensionales del grupo TTAPS (Turco y otros, 1983) indican por anticipado que los efectos climáticos serían considerables. A estos cálculos siguieron muy pronto otros cálculos bidimensionales (MacCracken. 1983) y tridimensionales (Aleksandrov y Stenchikov, 1983 y 1984; Covey y otros, 1984). Desde esos estudios iniciales mucho se ha logrado progresar en los cálculos de la posible perturbación de la atmósfera provocada por el humo durante las primeras semanas que seguirían a una guerra nuclear. Los primeros cálculos suponían, por lo común, una extensión y una cantidad de humo de valor fijo, pero no tenían en cuenta los procesos de barrido y transporte del humo, y consideraban sólo la absorción de la radiación solar, sin prestar atención a la dispersión y los efectos de las partículas sobre los rayos infrarrojos térmicos de gran longitud de onda. Los cálculos más recientes han tratado de corregir esas simplificaciones iniciales.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

83. Estos nuevos cálculos se realizaron tanto en los Estados Unidos como en la Unión Soviética (Malone y otros, 1986; Ghan y otros, 1987, 1988; Thompson y otros, 1987; Stenchikov y Carl, 1988). Todos los modelos emplean resoluciones verticales y horizontales diferentes, pero los resultados correspondientes al primer mes después de la inyección son bastante similares (Golitsyn y MacCracken, 1987). Los modelos muestran una rápida disminución de la temperatura de la superficie, muy similar a la que ocurre en un enfriamiento nocturno prolongado. Debajo de las densas nubes de humo la temperatura en los continentes podría bajar, en los primeros días y en los meses más cálidos del año, entre 20° y 30° C para alcanzar ocasionalmente temperaturas inferiores a la de congelamiento (Golitsyn y MacCracken, 1987). Durante las dos primeras semanas la temperatura media en la superficie terrestre en el hemisferio norte en las latitudes medias disminuiría de 15° a 20° C.

84. A medida que el humo se difunda hacia el sur y sea eliminado, los cambios de temperatura comenzarán a moderarse, con modificaciones medias del orden de 5° a 10° C en las zonas subtropicales y tropicales, y probablemente en algunos casos por debajo de los 15° C, una temperatura límite importante para la producción de arroz. Los cambios en la precipitación serían mucho más drásticos e importantes, en especial en las latitudes más bajas, debido al calentamiento de la atmósfera y el enfriamiento de la superficie. Estos cambios ocurrirían incluso si el humo estuviera presente en cantidades más reducidas. Las simulaciones numéricas recientemente realizadas en el Lawrence Livermore National Laboratory (que han sido comunicadas por MacCracken en el curso práctico SCOPE-ENUWAR, realizado en Moscú del 21 al 25 de marzo de 1988) mostraron que el promedio de las precipitaciones sobre tierra en el hemisferio norte, en latitudes medianas y bajas, se reducía a la quinta parte durante las primeras semanas.

85. Los cálculos con modelos han permitido alcanzar otras conclusiones generales importantes, por ejemplo, que los monzones estivales quedararían suprimidos, incluso si las cantidades de humo iniciales fueran moderadas. Los modelos que emplean una resolución vertical elevada (Malone y otros, 1986; Covey, 1987) muestran que en las estaciones más calientes del año el humo calentado por su parte superior alcanzaría a alturas de 25 a 30 kilómetros, donde permanecería meses e incluso años. De acuerdo con Malone y otros (1987), aproximadamente la tercera parte o la mitad del humo podía llegar a la estratosfera en un caso representativo.

11. Fenómenos naturales causantes de perturbaciones atmosféricas análogas a las debidas a las detonaciones nucleares

86. Se ha tratado en algunos casos de analizar varios fenómenos naturales y determinar si la inyección de partículas de polvo, humo, etc. en la atmósfera puede afectar la temperatura de la superficie y en qué medida lo hace. Estos análisis nos darían analogías parciales de los efectos del humo de incendios nucleares y podrían usarse para dar validez parcial a la simulación con modelos de los efectos climáticos de un intercambio nuclear. El hecho de recurrir a los fenómenos naturales de este modo no ha puesto de manifiesto contradicciones en las predicciones basadas en simulaciones numéricas con modelos de la atmósfera. Por ejemplo, el humo y el polvo de las erupciones volcánicas y de los grandes incendios de bosques

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

difieren en muchos aspectos de los producidos por las explosiones nucleares e incendios urbanos pero pueden ser útiles para interiorizarnos de los aspectos físicos del problema (Golitsyn y MacCracken, 1987).

87. Las tormentas de polvo en Marte demuestran que ocurre un intenso calentamiento de la atmósfera y un intenso enfriamiento de la superficie (Turco y otros, 1983; Golitsyn y Phillips, 1986). Las tormentas de polvo en la Tierra nos imparten también algún conocimiento. Después de una tormenta de polvo ocurrida en el Sahara se comunicó que en Nigeria había habido un descenso de temperatura de varios grados (Brinkman y McGregor, 1983); se ha observado una rápida reducción de la temperatura en 10° C después de una intensa tormenta de polvo en el noroeste de la China (Xu y otros, 1979); y durante el transcurso de unas 50 tormentas de polvo con intensas polvaredas, en cinco estaciones meteorológicas del Tadjikistán se midió un enfriamiento promedio de hasta 10° a 12° durante el día (Golitsyn y Shukurov, 1987). Además, millones de toneladas de polvo levantadas por las tormentas de polvo del Sáhara pueden ser transportadas a considerables distancias. Existe una correlación entre las nubosidades producidas por el polvo y el rendimiento de las cosechas: cuanto más dure la nubosidad, tanto menor es el rendimiento (Golitsyn y Shukurov, 1987).

88. Los grandes incendios de bosques nos proporciona también fenómenos naturales similares. Los incendios ocurridos en Siberia en 1915 generaron unos 30 ± 10 millones de toneladas de humo durante un período de unos 50 días (Golitsyn, 1987; Veltishchev y otros, 1988) que provocaron una reducción de temperatura de varios grados según mediciones de varias estaciones meteorológicas de Siberia. Los grandes fuegos de bosques ocurridos en la región oriental de la Unión Soviética en 1972 provocaron una reducción de la luz solar a la mitad, o menos (Abakoumova y otros, 1986; Sokolik y otros, 1986). En California, los Estados Unidos, el humo de varios incendios ocurridos en septiembre de 1987 quedó atrapado en los valles, lo que produjo una reducción de temperatura máxima diurna de más de 15°C por debajo de la normal durante una semana (Robock, 1988). Además el humo producido por los incendios de bosques puede ser transportado a regiones alejadas: por ejemplo, el producido en un gran incendio de bosques de China, en mayo de 1987, fue observado por sensores de satélite cuando pasaba por encima de Alaska (Robock, 1988). El humo de un incendio ocurrido en Alberta (Canadá) en 1950, cruzó el Canadá, los Estados Unidos y el Atlántico y llegó hasta Europa occidental. Estos hechos estuvieron acompañados por una reducción de la temperatura diurna en América del Norte de varios grados centígrados (Consejo Nacional de Investigaciones, 1985).

89. Los efectos de una guerra nuclear sobre el clima en la fase crónica, que tendrían una duración de un mes a, posiblemente, un par de años después de la guerra, pueden inferirse en parte estudiando los efectos causados por las grandes erupciones volcánicas, que inyectan grandes cantidades de partículas en la estratosfera. Las gigantescas erupciones de los volcanes Tambora y Krakatoa, ocurridas en Indonesia en 1815 y 1883, causaron una depresión de la temperatura sobre la superficie terrestre de aproximadamente 1°C (Consejo Nacional de Investigaciones, 1975). Los estudios sobre la influencia de otras erupciones volcánicas sobre el clima son bastante numerosas, pero es difícil alcanzar conclusiones definidas porque las erupciones aisladas pocas veces son lo suficientemente intensas como para producir un cambio importante en el clima mundial. A pesar de ello, los efectos regionales parecen estar relacionados

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

con estos eventos. Esto quedó demostrado en 1816 (el "año sin verano"), después de la erupción del Tambora, en que numerosas cosechas fracasaron en Europa y América del Norte. Un estudio reciente ha examinado 36 episodios de frío en China en los últimos 500 años, de los cuales 32 parecen haber ocurrido después de erupciones volcánicas.

90. Es evidente que los aerosoles de polvo y humo pueden influir sobre la temperatura de la superficie terrestre y emplearse en los cálculos para dar validez a los modelos mundiales y regionales. Este empleo no ha revelado ninguna contradicción con las predicciones hechas mediante modelos de simulación en computadora. En consecuencia, esos aerosoles pueden considerarse productos parcialmente análogos a los que producirían las detonaciones nucleares. El humo y el polvo de esos fenómenos naturales difieren de muchas maneras importantes de los producidos por incendios provocados por explosiones nucleares, se considera que el estudio de un mayor número de fenómenos símiles podría ser útil para facilitar un conocimiento más profundo del problema (Golitsyn y MacCracken, 1987).

12. Los efectos a largo plazo

91. Una perturbación climática que durara aproximadamente un año después de ocurrido el intercambio nuclear y que causara una reducción de la temperatura de varios grados por debajo de la normal plantearía una nueva amenaza a los ecosistemas naturales y artificiales que hubieran sobrevivido en las primeras semanas efectos que, aunque más intensos, habían sido sólo transitorios.

92. El intenso calentamiento de la parte superior de la columna de humo por la radiación solar podría producir intensas corrientes verticales en la troposfera y por ende elevar el humo hacia la estratosfera, desde donde podría difundirse rápidamente hacia el sur (Malone y otros, 1986). Este humo se añadiría a lo inyectado directamente en la estratosfera por las columnas de fuego más intensas (Cotton, 1985) y los procesos de convección en menor escala (Demchenko y Ginsburg, 1986), lo que incrementaría la cantidad total de humo en la estratosfera (Malone y otros, 1986; Ghan y otros, 1987 a)). En el caso del ingreso de grandes volúmenes de humo se calcula que la mitad de la masa aún permanecerá en la atmósfera después de un mes, casi en su totalidad por encima del nivel donde podría ser barrida por las precipitaciones.

93. En forma similar, la reducción de la radiación solar que llega hasta la superficie podría causar inicialmente un enfriamiento medio en todo el hemisferio, de la capa mezclada superior del océano del orden de 1°C por mes. Este ritmo de enfriamiento disminuirá a medida que se reduzca la cantidad de humo pero quizás entrañe un enfriamiento de la capa superior del océano de varios grados centígrados durante un año. Ese enfriamiento sería más intenso en el hemisferio norte, donde el humo sería muy denso. Los cambios de temperatura del océano y el aire permitirían una formación más temprana del hielo marino, un efecto que fue estudiado por primera vez en este contexto por Robock (1984) usando un modelo del equilibro de energía del clima, y que ha sido examinado más recientemente en un modelo de la circulación general por Covey (1987), Ganopolsky y Stenchikov (1987) y Ghan y otros (1987 b)). Estos estudios indican la posibilidad de que la formación más temprana

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

del hielo marino cause un enfriamiento prolongado de las zonas terrestres del hemisferio septentrional de unos cuantos grados que podría durar por lo menos hasta la primera estación cálida que siguiera a la primavera o al verano de la guerra nuclear.

C. Las incógnitas

94. Las incógnitas son de dos tipos. Unas nacen de la naturaleza del intercambio nuclear y se deben, en esencia, al problema de la estrategia de la determinación de objetivos y de la conducción de una guerra nuclear. Abarcan los adversarios, la selección de objetivos, la oportunidad (estación) en que ocurre la guerra, la potencia explosiva total de las armas, los tipos, las dimensiones y el número de las diferentes ojivas usadas, la altura de la explosión (sobre la superficie de la tierra, cerca de ésta o en la atmósfera) y muchos otros factores.

95. El segundo tipo de incógnita es de índole científica, es decir, nace del conocimiento insuficiente de los procesos físicos que rigen la generación, la inyección y la evolución de los aerosoles y la dinámica de la circulación atmosférica en todas las escalas de movimientos pertinentes, así como de la capacidad limitada de los modelos numéricos para describir exactamente el comportamiento de la atmósfera, en especial en las condiciones perturbadas existentes después de una gran guerra nuclear. Es importante reconocer que las incógnitas, cuando se despejen, podrán dar como resultado tanto un aumento como una disminución de los efectos.

96. Todas estas incógnitas no menoscaban, sin embargo, la validez de la conclusión principal de los estudios científicos: no cabe la menor duda de que existe el riesgo de provocar una perturbación climática mundial importante como consecuencia de un gran intercambio nuclear que involucre a los grandes centros urbanos e industriales, y que ocurra durante el verano del hemisferio norte.

D. La destrucción del ozono estratosférico

97. Al absorber la radiación ultravioleta solar, la capa de ozono constituye una fuente de calor para la estratosfera y mantiene así la tropopausa. Por lo tanto, todo cambio considerable que afecte la capa de ozono tendrá efectos sobre la circulación general de la atmósfera con consecuencias climáticas y meteorológicas.

98. La capa estratosférica de ozono es sumamente importante para la vida en la Tierra. Protege a la superficie terrestre contra gran parte de la radiación ultravioleta (UV-B) que es lesiva para numerosos organismos. Por ejemplo, por encima de cierto nivel de intensidad, los rayos UV-B pueden causar daños a numerosas plantas, en particular de los ecosistemas acuáticos, reducir la reacción inmunológica en el hombre y provocar una mayor incidencia de cáncer de piel. Numerosas plantas han evolucionado o se han adaptado a un nivel de radiación UV-B relativamente constante y sufrirían daños si aumentara la intensidad de la radiación al disminuir considerablemente la cantidad de ozono de la capa.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

99. Las altas temperaturas engendradas por una bola de fuego nuclear provocan la disociación del oxígeno y el nitrógeno diatómicos. A medida que los gases incandescentes se enfríen y se eleven a través de la atmósfera, los átomos de oxígeno y de nitrógeno se combinarán para formar distintos óxidos de nitrógeno. Se calcula actualmente que una explosión nuclear de un megatón de potencia produce unas 5.000 toneladas de óxidos de nitrógeno.

100. Tiene particular importancia el dióxido de nitrógeno, que puede absorber la luz solar en una zona espectral que abarca desde el ultravioleta hasta el verde. Los cálculos realizados en la Unión Soviética (Izrael, 1984; Kondratyev y otros, 1985) sugieren la posibilidad de que esto, por sí solo, podría producir un enfriamiento de varios grados centígrados, pero este efecto aún no ha sido incorporado a ninguna simulación general detallada.

101. Las moléculas de óxido de nitrógeno producidas por la bola incandescente inician una serie de reacciones químicas con el ozono, en las cuales el óxido de nitrógeno actúa como catalizador y provoca la descomposición de dos moléculas de ozono para formar tres moléculas de oxígeno. La reacción es lenta, de manera que el contenido de ozono de la estratosfera alcanzaría el valor mínimo después de transcurridos entre varios meses y un año, y los niveles normales se recuperarían en menos de dos a tres años. La magnitud de la reducción dependería de la potencia explosiva total, de la altura de las detonaciones y de otros numerosos factores. En el decenio de 1970, cuando los arsenales nucleares consistían en su mayor parte en bombas de hidrógeno con potencias del orden del megatón, se predijo que reducciones en todo el mundo serían de hasta 50%. Debido a que los arsenales en la actualidad consisten en su mayor parte en ojivas más pequeñas, con potencias comprendidas entre el kilotón y unos pocos megatones, se ha pensado que su uso podría limitar la magnitud de la destrucción del ozono.

102. Sin embargo, el calentamiento de la estratosfera causado por la presencia del humo elevado podría aumentar la velocidad de la destrucción de ozono y los cálculos, una vez más, estiman que aproximadamente la mitad del ozono podría ser destruido (Vupputuri, 1986). El ozono reaccionaría también con el hollín durante un período de un año o más de duración (Stephens y otros, 1988). En el proceso se destruirían tanto el hollín como el ozono. Además, los movimientos atmosféricos podrían tener suma importancia en la determinación de la integridad de la capa de ozono si: por ejemplo, los cálculos sugieren la posibilidad de que los movimientos verticales desplacen grandes cantidades de aire troposférico, que contiene poco ozono, hacia la estratosfera, donde diluiría la elevada concentración de ozono. En consecuencia, podrían esperarse reducciones de la cantidad de ozono superiores a 50%. Es necesario realizar urgentemente estudios adicionales por la posible importancia del fenómeno.

E. Otros efectos químicos

103. La absorción adicional, por el dióxido de nitrógeno, de la radiación del espectro solar visible, reduciría también la proporción de radiación con actividad de fotosíntesis, que es esencial para la supervivencia de las plantas autotróficas de las que depende la mayor parte de los ecosistemas y todas las actividades agrícolas y pesqueras.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

104. Aunque sea necesario realizar mayor número de investigaciones para poder cuantificar los efectos de los óxidos de nitrógeno sobre la porción del espectro solar que puede alcanzar la superficie, la posibilidad de que aumenten los niveles de intensidad del UV-B, unida a la disminución de intensidad de la radiación con actividad de fotosíntesis, sugiere prima facie la posibilidad de que la inyección de óxidos de nitrógeno en la alta atmósfera tenga graves consecuencias sobre la biosfera.

105. Los incendios consecuentes de la destrucción de plantas de fabricación de productos químicos y de otras instalaciones industriales podrían generar varias otras sustancias químicas nocivas. Estas, entre ellas el monóxido de carbono, el amianto y una extensa variedad de pirotoxinas, han sido examinadas recientemente por Birks y Stephens (1986), y por la Organización Mundial de la Salud en un informe publicado hace poco (OMS, 1987), pero sólo ahora están comenzando los estudios sistemáticos sobre la cuestión.

III. EFECTOS EN LOS ECOSISTEMAS NATURALES Y LA AGRICULTURA

A. Introducción

106. En 1986, Harwell y Hutchinson indicaron que la destrucción directa de la infraestructura social en una guerra nuclear de grandes proporciones, junto con un cambio en el clima, podrían causar una epidemia de hambre sin precedentes. Sólo en términos más generales se puede tratar de prever la forma en que las sociedades podrían responder al hambre, las epidemias, los obstáculos a la productividad económica y el desmoronamiento del comercio, posiblemente a escala mundial. En este siglo, dos guerras mundiales causaron terribles pérdidas de vidas y revoluciones geopolíticas, económicas y sociales importantes, pero constituyen antecedentes limitados de las consecuencias de una guerra nuclear, porque los conflictos anteriores no se produjeron en el contexto de la destrucción mundial de la agricultura y la ecología.

107. En el estudio del Comité Científico sobre Problemas del Medio (SCOPE) y el proyecto relativo a las consecuencias ambientales de la guerra nuclear (ENUWAR), se prestó atención en particular a los posibles efectos directos de la anomalía climática en las plantas, cuya actividad fotosintética forma la base de todos los sistemas ecológicos, con muy pocas excepciones. En el estudio también se investigan los efectos causados en especies, ecosistemas y biomas concretos e importantes. Existen numerosos procesos indirectos y sutiles de enorme importancia para la integridad del ecosistema: la interacción entre las especies, incluidas las interferencias mutuas, la competencia entre especies para conseguir recursos, la depredación, el parasitismo y las enfermedades.

108. También se resumieron las consecuencias para la bioesfera y se formularon diversas conclusiones generales que se repiten a continuación en forma abreviada:

a) El tipo de alteraciones climáticas que se han indicado como consecuencia de una guerra nuclear de gran escala podrían causar daños graves, generalizados y sin precedentes a los sistemas ecológicos y agrícolas mundiales;

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

b) Los ecosistemas terrestres se verían perjudicados principalmente por los cambios rápidos y pronunciados de temperatura y por las precipitaciones, y los ecosistemas acuáticos, por la disminución de la luz del sol (insolación). Una reducción prolongada de las precipitaciones podría tener consecuencias serias para los ecosistemas terrestres y de agua dulce;

c) En última instancia, los efectos de un cambio climático dependerían de la estación en que se produjera la guerra. Los ecosistemas templados se verían afectados sobre todo por una guerra que se produjera en primavera y en verano, y menos por un conflicto producido en invierno. Los ecosistemas tropicales correrían peligro como consecuencia de cualquier anomalía climática importante;

d) La vulnerabilidad de una especie varía sustancialmente a lo largo de su ciclo vital;

e) La precipitación radiactiva general y retardada no constituiría un peligro en particular para los ecosistemas. La precipitación local inmediatamente posterior a un ataque nuclear puede resultar letal para plantas y animales particularmente sensibles;

f) Aun si la precipitación radiactiva no causa daños directos apreciables a los ecosistemas acuáticos y terrestres, puede producirse una acumulación importante de radionúclidos mediante la cadena alimentaria, y provocar la ingestión de dosis internas nocivas para la población humana expuesta;

g) El agotamiento de la capa de ozono estratosférica debido a agentes contaminantes inyectados en la atmósfera puede hacer que aumente la radiación ultravioleta biológicamente activa (UV-B) a niveles peligrosos en extensas zonas geográficas;

h) La diseminación generalizada de sustancias tóxicas, particularmente a través del aire, los ríos y los arroyos, podría provocar la contaminación de las cadenas alimentarias de los estuarios y las costas y posiblemente constituya un peligro para los seres humanos;

i) Los incendios destruirían grandes regiones boscosas en la vecindad de objetivos militares. Si se produjera una reducción brusca de las precipitaciones junto con un aumento en los riesgos de incendio, se destruiría un número importante de bosques.

109. Evidentemente, muchos ecosistemas estarían expuestos a más de uno de estos peligros. Posiblemente algunos efectos se contrarresten o anulen mutuamente, pero es más probable que sus efectos fueran sinérgicos y se agudizaran recíprocamente:

a) La pérdida de las cosechas en el período inmediatamente posterior al intercambio nuclear puede limitar la disponibilidad de semillas para volver a plantar, en particular híbridos especializados; la depresión de la productividad en la fase crónica podría reducir aún más la disponibilidad de semillas; una mala cosecha significaría que se desperdiciaron semillas valiosas; las reservas de semillas se consumirían directamente como alimento, con lo que se limitarían los suministros para volver a plantar; no se podría disponer fácilmente de cultivos híbridos apropiados para determinar las condiciones ambientales;

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

b) La pérdida de agricultores experimentados por incapacidad o muerte limitaría la base de conocimientos y experiencia esenciales para desarrollar una agricultura eficiente y reducir al mínimo los riesgos de obtener una mala cosecha;

c) La productividad de los suelos podría reducirse por el efecto de los incendios, la erosión resultante de la pérdida de la capa vegetativa y los cambios en el régimen hidrológico, la lixiviación de los nutrientes, la contaminación por radionúclidos y materiales tóxicos, las prácticas deficientes de conservación causadas por falta de experiencia en la agricultura o la necesidad de obtener la máxima productividad en poco tiempo;

d) El aumento de los niveles de radiación ultravioleta causado por el agotamiento de la capa de ozono podrían perjudicar las cosechas. Si la capa de ozono se agotara en grado apreciable, tardaría en reconstituirse. En ese caso, los niveles de UV-B podrían aumentar durante mucho tiempo, aunque el aumento fuera reducido;

e) Los cambios en la agricultura y ecología después de una guerra nuclear podrían aumentar las plagas y la maleza en momentos en que sería relativamente difícil contar con pesticidas y herbicidas;

f) No se podría disponer de maquinaria y tecnología agropecuaria, incluidos los servicios y repuestos;

g) Los animales de tiro adquirirían más importancia en la tecnología agropecuaria pero podrían ser escasos porque llevaría tiempo reemplazar a aquéllos que hubieran muerto; no se podría alimentar a muchos y se consumiría un gran número en períodos de aguda escasez de alimentos. Los que estuvieran disponibles no estarían distribuidos de manera apropiada y se habrían perdido los animales reproductores;

h) Las poblaciones urbanas desalojadas podrían emigrar a las zonas rurales en busca de alimentos, con lo que dañarían las cosechas.

B. Respuestas biológicas generales a las perturbaciones climáticas

110. Los grandes cambios estacionales de temperatura y luz predominan en las latitudes altas, donde muchas plantas y animales poseen mecanismos fisiológicos y de conducta que les permiten sobrevivir durante períodos de poca luminosidad y resistir los efectos del frío y las heladas.

111. Si una guerra nuclear se produjera en invierno, la biota de las latitudes templadas septentrionales podría resistir las perturbaciones climáticas. En primavera o verano, las plantas de las zonas templadas podrían ser tan vulnerables como las especies de las latitudes bajas, porque la aclimatación estacional y la resistencia no pueden inducirse instantáneamente.

112. La producción biológica es el resultado de la actividad de fotosíntesis de las plantas verdes. Esto depende, entre otros factores, de la luz del sol, y,

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

por lo tanto, se vería perjudicado por cualquier reducción prolongada de la cantidad y efectividad de la luz que llegara a la superficie de la Tierra.

113. Los animales pueden presentar diversos tipos de adaptación para hacer frente a las temperaturas estacionales extremas, tales como la aclimatación estacional, la hibernación o los ajustes al reloj biológico interno, que pueden ser independientes en parte del ambiente externo. No obstante, un descenso de temperatura atípico y la reducción de la iluminación solar podrían provocar una conmoción grave e incluso, en el caso de algunas especies, tener consecuencias desastrosas. Los animales preñados y jóvenes y las especies migratorias serían particularmente vulnerables.

C. Respuestas de las biomas a las perturbaciones climáticas

114. Las plantas y los animales experimentan y toleran una variabilidad considerable pero no ilimitada en su medio ambiente. Del examen de los ecosistemas a escala mundial se desprende que las plantas terrestres, y con ellas los animales, existen como biomas razonablemente bien delineadas (figura 2), cuya distribución puede definirse en general con respecto a la temperatura y precipitación media anual.

115. La simulación del funcionamiento normal de los ecosistemas y sus respuestas a las perturbaciones presenta problemas comparables por su complejidad al de la simulación del clima y el tiempo. En la actualidad se dispone de modelos genéricos para pocos ecosistemas naturales o controlados. Se han usado varios modelos para simular la productividad de diversos ecosistemas, especialmente de las tierras de pastoreo y los bosques, en diversas hipótesis climáticas propuestas que podrían producirse después de una guerra nuclear (Harwell, 1984).

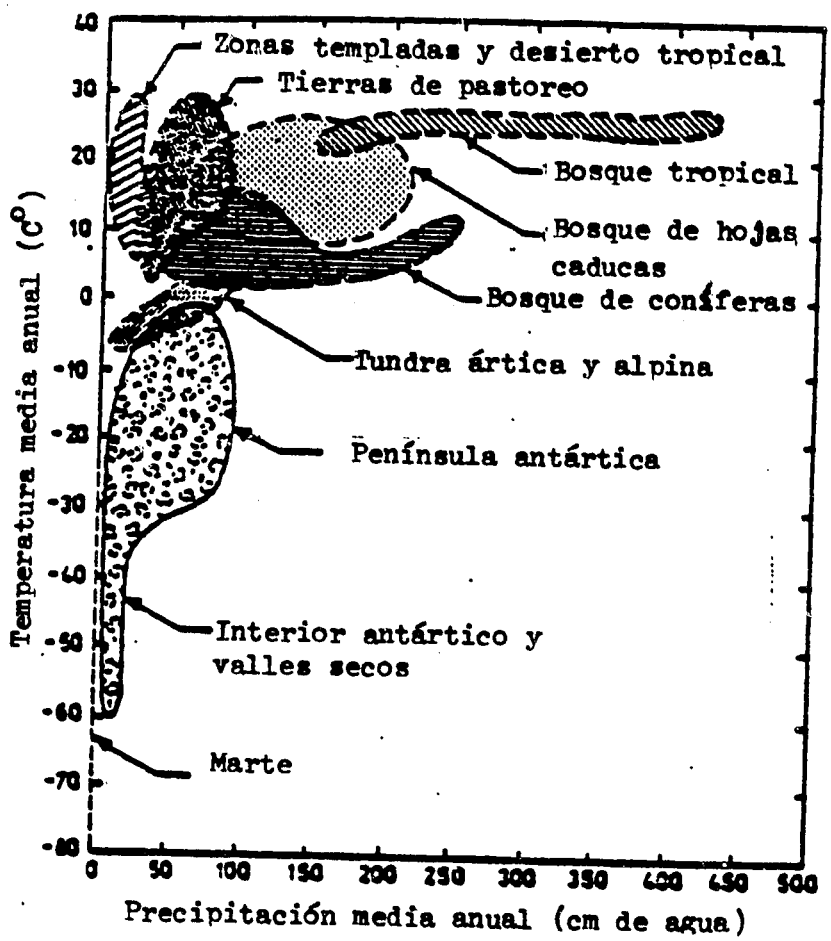
116. El Grupo del Comité Científico sobre Problemas del Medio y el proyecto relativo a las consecuencias ambientales de una guerra nuclear emprendió una evaluación amplia de la repercusión ecológica y agrícola de las perturbaciones climáticas previstas y llegó a la conclusión de que, en las latitudes bajas, la capacidad limitada de los ecosistemas terrestres de tolerar la variabilidad ambiental los hace sumamente vulnerables. Esto tiene consecuencias importantes porque subraya el hecho biológico de que la posibilidad de que se produzca un desastre no es simplemente una consecuencia de la amplitud del descenso de la temperatura, la reducción de la iluminación solar o los cambios en las precipitaciones, sino que se define según la capacidad de diferentes biomas de soportar las tensiones.

117. La aparición de claros en las copas de los árboles de grandes regiones boscosas, los niveles altos de radiación ultravioleta, la contaminación por isótopos radiactivos y otras sustancias tóxicas, la precipitación ácida y los brotes de plagas y malezas también podrían aumentar el deterioro de los bosques de Europa septentrional y América del Norte. La recuperación sería muy lenta y dependería del grado de erosión y anegamiento (Svirezhev et al., 1985).

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Figura 2

Biomas terrestres en relación con la temperatura y la precipitación media anual



Fuente: M. A. Harwell y T. C. Hutchinson, Environmental Consequences of Nuclear War, vol. II (Chichester, 1985), pág. 62.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

1. Biomas de la tundra y alpinas

118. Las biomas árticas de la tundra, al norte de la latitud de 65°N, soportan temperaturas extremadamente bajas, hasta -50°C (y ocasionalmente -70°C) en el invierno normal. Si han pasado por el período normal de resistencia al frío y han entrado en estado latente se encontrarían relativamente inmunes a otro descenso de temperatura y reducción de la luz solar como los que se prevé se producirán después de una guerra nuclear, incluso si el clima frío persistiera durante el verano siguiente. El comportamiento de los sistemas alpinos sería similar.

119. Después de un ataque producido en verano predominaría una situación muy diferente. Rápidamente las temperaturas descenderían a bajo cero, lo que probablemente perjudicaría o destruiría a las plantas nuevas. Algunas podrían experimentar una aclimatación prematura al frío invernal y esto, en conjunción con las grandes reservas de semillas que caracterizan a muchas especies árticas y boreales, podría permitirles regenerarse.

120. Los animales herbívoros que no hibernan y dependen del ramoneo y los pájaros, serían las víctimas principales y podría preverse una mortalidad alta.

2. Bosque boreal/taiga

121. Una guerra nuclear en el hemisferio norte causaría dificultades en los ecosistemas que están por debajo de la línea de crecimiento de los árboles, tales como la taiga, los bosques boreales y los bosques templados mixtos. Como las plantas árticas, muchos sobrevivirían a las perturbaciones climáticas posteriores a una guerra producida en invierno si ya hubieran desarrollado la resistencia al frío y se encontraran en estado latente. Las formas más meridionales como los pinos, muchos arbustos y especies herbáceas, perecerían a causa del frío. En el estudio del Comité Científico sobre Problemas del Medio y el proyecto relativo a las consecuencias ambientales de la guerra nuclear, se estimó que la mortalidad podría estar comprendida entre el 25% y el 75%. Las reservas de semillas resistentes al congelamiento, características de las plantas de latitudes intermedias, facilitarían la recuperación si la anomalía climática no durase demasiado.

122. Las consecuencias climáticas de una guerra producida en verano causarían la destrucción masiva de las principales especies de plantas. La recuperación se vería obstaculizada aún más si en años posteriores el período vegetativo se acortara lo suficiente para reducir la productividad. La acumulación de una gran cantidad de madera muerta y hojarasca aumentaría la vulnerabilidad a los incendios y a las plagas de insectos, lo que haría posible un segundo tipo de devastación en la fase crónica posterior a la guerra. De mayor importancia aún es el hecho de que pasarían decenios hasta que los bosques recuperaran su productividad plena, y podrían sufrir un cambio importante en la composición de las especies de modo que el ecosistema original no se regeneraría nunca.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

3. Bosques de coníferas

123. Las coníferas son particularmente sensibles a las radiaciones ionizantes y entre el 20 y el 30% de los bosques en el hemisferio norte podrían morir como resultado del efecto directo de las explosiones nucleares y los incendios posteriores. En una guerra producida en invierno, aproximadamente el 80 ó 90% de todos los árboles podrían sobrevivir durante un año de temperaturas anormalmente bajas. En una guerra producida en verano, la reducción de la iluminación y la temperatura destruiría la mayor parte de los árboles. En ambos casos, las semillas en condiciones de germinar se preservarían en la tierra.

4. Bosques de hojas caducas

124. Un guerra que estallara en verano afectaría seriamente a los bosques de hojas caducas del hemisferio norte, y destruiría a la mayoría de los árboles. Una guerra producida en invierno causaría daños parciales. La recuperación dependería principalmente de los organismos reproductores vegetativos, antes que de las semillas y el ritmo de recuperación dependería probablemente del grado de erosión de los suelos. Se estima que en 50 años los bosques de hojas caducas dañados recuperarían aproximadamente el 70% de su biomasa original (Svirezhev et al., 1985).

5. Tierras de pastoreo

125. Las estepas y praderas de la zona templada del hemisferio norte serían vulnerables, especialmente a una guerra de verano que devastaría las plantas y la vida animal dependiente de ella (organismos del suelo, herbívoros, depredadores dependientes y pájaros). Las tierras de pastoreo se recuperarían con relativa rapidez si volviera a imperar un régimen climático normal, debido a su tiempo de regeneración rápido en comparación con el de los bosques.

6. Desiertos y semidesiertos

126. Como otros ecosistemas en latitudes comparables, las zonas semidesérticas frías del hemisferio norte soportarían los efectos climáticos de un conflicto producido en invierno. Los desiertos cálidos no tienen ese tipo de adaptación previa a las temperaturas bajas y su flora y fauna diferentes sufrirían considerables daños. Un conflicto producido en verano que causara baja insolación y bajas temperaturas provocaría la devastación en todas las latitudes.

7. Biomas tropicales

127. Si bien ocupan sólo el 11% de la superficie continental de la tierra, las selvas pluviales tropicales proporcionan el 32% de la producción primaria neta, el 42% de la biomasa vegetal y el 33% de la biomasa animal y a ellas se debe gran parte de la diversidad de especies de plantas y animales (Harwell y Hutchinson, 1986). Estas selvas se adaptan a niveles más altos de temperatura, luz

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

y precipitaciones. Una temperatura muy fría, aun durante períodos cortos (y sin necesidad de que la temperatura descienda a menos de 0°) sería desastrosa para las plantas y sus organismos dependientes. Las incursiones ocasionales de aire polar en la cuenca amazónica, en las condiciones actuales, causan daños extensos a la selva pluvial. La regeneración de las selvas pluviales tropicales dañadas podría verse limitada por la pérdida de fertilidad y la complejidad de los mecanismos reproductivos.

128. Los bosques de hojas caducas serían vulnerables especialmente durante la estación húmeda, que es un período de crecimiento activo. Los pastizales y las sabanas tropicales serían más vulnerables a los descensos de temperatura y la disminución de las lluvias que sus contrapartes de los climas templados, las praderas y estepas. Una reducción de los monzones de verano tendría una recuperación importante en estos ecosistemas.

129. Igualmente vulnerables son los manglares que bordean muchas costas subtropicales y tropicales. Los manglares son ecosistemas singulares que agregan una gran variedad de especies de importancia ecológica y económica. Aun una pequeña reducción de temperatura que podría seguir a una guerra nuclear causaría una destrucción generalizada en cualquier época del año.

8. Lagos y arroyos

130. Las consecuencias para los ecosistemas de agua dulce dependerían de la gravedad del enfriamiento, el nivel de reducción de la iluminación y los cambios en las precipitaciones. Las dimensiones de las masas de agua determinarían su capacidad de amortiguar los cambios de temperatura.

131. Aun en el caso de que se produjera una guerra en invierno, cuando los lagos septentrionales están congelados, el espesor del hielo podría aumentar hasta el punto de que el agua se congelaría hasta el fondo de los lagos poco profundos, con lo que perecerían los peces y otros animales. Cualquier prolongación de las condiciones invernales, o una guerra producida en verano, podrían perturbar el ciclo normal de desarrollo, crecimiento, maduración y reproducción de los organismos acuáticos.

9. Sistemas marinos

132. Los océanos cubren el 71% de la superficie de la tierra y sustentan una proporción importante de la productividad biológica del planeta. Su gran volumen e inercia térmica los hacen relativamente inmunes a los cambios de temperatura por períodos breves. La reducción de la luz del sol y los cambios en el espectro radiactivo deprimirían la fotosíntesis y la productividad primaria del fitoplancton en las capas superficiales. Esto afectaría a las cadenas alimentarias dependientes pero no se prevé que se produciría una pérdida permanente de ningún organismo de crucial importancia, ni daños a recursos pesqueros importantes. Las graves consecuencias para los recursos pesqueros y los ecosistemas marinos que se produjeron con los cambios de temperatura del mar que caracterizaron el fenómeno de "El Niño",

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

en 1983, en una costa del Océano Pacífico en América del Sur, sin duda desalentarán cualquier idea optimista sobre los efectos climáticos en las cadenas alimentarias oceánicas.

133. Los ecosistemas marinos más productivos, desde el punto de vista del consumo humano, son los de las plataformas continentales. Las aguas relativamente poco profundas serían más sensibles a las fluctuaciones de temperatura. También podrían producirse cambios en la calidad del agua, a consecuencia de variaciones en el volumen de agua dulce procedente de los ríos, el transporte de sedimentos y la presencia de nutrientes. Una guerra nuclear de grandes proporciones también provocaría probablemente un aumento de la presencia de radionucleidos y materiales tóxicos.

134. En las regiones tropicales y subtropicales, la flora y fauna de las aguas poco profundas, especialmente de los arrecifes de coral, sería vulnerable a las variaciones de temperatura y la reducción de la iluminación. Se verían afectados negativamente por los grandes volúmenes de sedimentos en suspensión y contaminantes transportados por el agua.

10. Estuarios

135. Los estuarios y las zonas pantanosas que los rodean, que tienen una productividad biológica característicamente alta, y a menudo tienen gran importancia para la subsistencia y la economía humanas, también se verían gravemente afectados por los cambios en la tierra. La destrucción de los sistemas terrestres provocaría la erosión del suelo, aumentando los volúmenes de materia en suspensión y sustancias disueltas (muchas de ellas tóxicas) en los ríos y, en última instancia, en los estuarios. Este efecto podría verse aumentado por la perturbación climática y podría devastar los recursos pesqueros de los estuarios.

D. Respuestas de los principales sistemas agrícolas a las perturbaciones climáticas

136. La población humana de la tierra sobrepasaba los 5.000 millones en 1987 y, según la tasa de crecimiento prevista en la actualidad, esta cifra se duplicará en aproximadamente 40 años, con 1.000 millones de personas más en 11 años. La subsistencia de esta población se basa casi por completo en la agricultura.

137. Aun las hipótesis menos extremas de cambios climáticos posteriores a una guerra nuclear de grandes proporciones, entrañarían perturbaciones agrícolas mundiales sin precedentes históricos (Harwell y Hutchinson, 1986). Algunos de los efectos climáticos más severos han estado relacionados con cambios en la temperatura media anual que son insignificantes si se los compara con los que podría causar una guerra nuclear de grandes proporciones. Por lo:

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

	Cambios aproximados de temperatura (°C)
Aumento de la temperatura en el período holoceno (recuperación de la última Era Glacial)	
8000-4000 A. C.	+5
Pequeñas Eras Glaciales, siglos XVII y XIX	-1 a -2
Variación en los últimos 100 años, hemisferio norte	±1
El año sin verano, 1816 de la era cristiana (hemisferio norte)	menos de -5

138. En el estudio SCOPE-ENUWAR se emprendió un análisis muy amplio de los efectos climáticos posteriores a una guerra nuclear en la agricultura, utilizando las siguientes hipótesis climáticas (Harwell y Hutchinson, 1986).

a) Fase aguda (temperatura): descenso de corta duración de la temperatura media a niveles de 0° o menos, junto con una reducción de la luz del sol al 1-10% de los niveles normales;

b) Fase crónica: reducciones prolongadas de la temperatura media a varios grados por debajo de lo normal, junto con reducciones de la luz solar al 80-95% de los niveles normales;

c) Fase aguda/crónica (precipitaciones): Reducción de las precipitaciones al 50% o menos de la media anual normal.

139. La vulnerabilidad de los sistemas agrícolas mundiales y determinados cultivos cruciales se evaluó en referencia a estas hipótesis. Se usaron distintos métodos de evaluación, por ejemplo, datos de estudios de ejemplos históricos, inferencias estadísticas, inferencias fisiológicas y analíticas o modelos numéricos. En el estudio también se examinaron las posibles pérdidas de mano de obra, energía, fertilizantes y otros elementos auxiliares en el medio ambiente de la posguerra.

140. Si bien los efectos acumulativos de un cambio de temperatura son indudablemente importantes, los cultivos (y los ecosistemas naturales) son sensibles principalmente a las variaciones a corto plazo. El rendimiento de una cosecha se determina en parte por la duración del período vegetativo, y por los efectos de la temperatura, de las lluvias o de ambas.

141. A partir de un examen de varios estudios, el propio análisis de los datos climáticos, el Grupo del Comité Científico sobre Problemas del Medio y el proyecto relativo a las consecuencias ambientales de la guerra nuclear llegó a la conclusión de que, para las latitudes intermedias, un descenso de 1°C en la temperatura media equivalía a una reducción del período vegetativo libre de heladas de 10 a 12 días (Harwell y Hutchinson, 1986). Muchos cultivos de zonas templadas siguen creciendo casi hasta el fin de su período vegetativo, y es evidente que un descenso de temperatura de 5C-10C durante semanas o meses eliminaría el rendimiento.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

142. Es difícil pronosticar la variabilidad de las condiciones climáticas que pueden provocar un cambio de clima, por ejemplo, la probabilidad, intensidad y duración de los episodios de frío. Algunos datos históricos respaldan la teoría de que los años anormalmente frescos también muestran una variabilidad e incidencia de episodios de frío desproporcionadamente altas, y que esto se corresponde con las malas cosechas. Esta relación no lineal entre valores medios y variabilidad también se ve respaldada por los ejemplos de las heladas que devastaron la agricultura en América del Norte y Europa en 1816, y el fenómeno de "El Niño" de 1983, de graves proporciones. Estos son ejemplos de variabilidad climática extrema que concuerdan con los cambios de la temperatura media mundial de, como máximo, -2°C en el primer caso, y menos de -1°C en el segundo (Harwell y Hutchison, 1986).

143. También existe un paralelo con respecto a las precipitaciones. Las regiones que reciben mayor precipitación tienen la variabilidad más baja (desviaciones del 10 al 20% de la media anual), mientras que las regiones áridas muestran mayor variabilidad (desviaciones de la media anual a más del 30%). Como entre las primeras se incluyen las tierras agrícolas más productivas de América del Norte, Europa y Asia, una reducción del 20 al 50% de las precipitaciones, junto con el aumento consiguiente de variabilidad podría perjudicar la producción agrícola y con ello, la base del sustento de muchas personas.

144. Con respecto a la fase aguda, el grupo SCOPE-ENUWAR (Harwell y Hutchinson, 1986) llegó a la conclusión de que los casos de dificultades extremas (pronosticados a partir de los modelos climáticos) no tienen precedentes en la historia y su efecto no pueda preverse a partir de los modelos estadísticos de la producción agrícola. Solamente se podrían discernir los efectos extrapolando a partir de lo que se conoce sobre la fisiología de las plantas. En el caso de las perturbaciones climáticas menos extremas de la fase aguda, y la fase crónica:

a) Las reducciones de la temperatura media harían disminuir el ritmo del crecimiento de los cultivos;

b) Aun si la reducción de temperatura en el período vegetativo fuese pequeña, las heladas tardías en la primavera, y las primeras heladas del otoño podrían dañar las plantas o acortar el período vegetativo por debajo del umbral crítico para la maduración;

c) La reducción de la temperatura media podría compensarse mediante una prolongación del período vegetativo. Según las hipótesis climáticas esto no es probable, en particular en las regiones templadas y subtropicales;

d) Existen umbrales fisiológicos para la supervivencia de una planta y para su capacidad de madurar y producir una cosecha. El efecto de cualquier reducción de temperatura debe evaluarse con respecto a estos umbrales. Por ejemplo, determinado descenso de temperatura, aun mínimo, que se encuentre por encima del umbral probablemente tenga sólo un ligero efecto en el crecimiento y el rendimiento. Un descenso por debajo del umbral puede impedir que la planta madure y por lo tanto provocar la pérdida de la cosecha;

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

e) En los modelos climáticos se predicen cambios importantes (generalmente reducciones) de las precipitaciones, con efectos potencialmente desastrosos (sequías).

E. Principales cultivos alimentarios

1. Arroz

145. El arroz es uno de los principales alimentos básicos del mundo y tiene una función importante en las economías de varios países en desarrollo. Aproximadamente 3.000 millones de personas se alimentan de arroz a diario y alrededor de 300 millones de productores lo cultivan con una gran variedad de sistemas (riego, tierras altas de secano, tierras bajas de secano, aguas profundas, marismas). Aproximadamente el 50% del arroz que se produce en el mundo se cultiva en tierras de secano.

146. El arroz crece en una gran variedad de condiciones climáticas en regiones que abarcan desde latitudes de 40° Sur, en el centro de la Argentina, a 53° Norte en el noreste de China y desde apenas por debajo del nivel del mar medio en la India meridional a más de 2.000 metros sobre el nivel del mar medio en la región al sur del Himalaya. Las variaciones estacionales y espaciales en el clima afectan la productividad del arroz. La temperatura, la radiación solar y las lluvias son factores importantes que influyen directamente en el rendimiento de las cosechas de arroz y también indirectamente, por medio del efecto que tienen en el aumento de las pestes y los insectos (Seshu et al., 1987). En las regiones templadas, el ciclo del arroz está circunscripto por el régimen de la temperatura y en los trópicos, principalmente por las precipitaciones, determinadas por las fechas de inicio y finalización del monzón. Las temperaturas críticas inferiores y superiores varían según el estado de crecimiento y generalmente se encuentran por debajo de los 15° y por encima de los 35°. La lluvia demasiado escasa o demasiado abundante en cualquier etapa del crecimiento hace que la cosecha se pierda parcial o totalmente. La radiación solar tiene el mayor efecto en el rendimiento de los cereales en las etapas de reproducción y maduración.

147. El arroz tolera menos las temperaturas bajas que la mayoría de los demás cereales. Los datos sobre el cultivo de arroz en el Japón indican que los cambios periódicos de temperatura a menos de 15°C en etapas críticas del desarrollo podrían reducir el rendimiento en aproximadamente un tercio y un descenso en la temperatura media de 1 a 2°C durante la temporada de crecimiento bastarían para eliminar el rendimiento (Harwell y Hutchinson, 1986). Estos autores llegaron a la conclusión de que en la fase aguda posterior a una guerra nuclear, "la producción de arroz se eliminaría esencialmente por lo menos en el hemisferio norte, y el hemisferio sur podría correr la misma suerte".

148. En la fase crónica también podría producirse una pérdida sustancial de la cosecha. Según la región y variedad de arroz que se cultiva, el margen de temperatura crítica para el Japón es de 19.0-25.5°C y el rendimiento se reduciría si las temperaturas descendieran por debajo de este margen, aun cuando no hubiera episodios breves de temperaturas bajas u otras perturbaciones. Un modelo de

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

simulación preparado para el norte del Japón indicó que un descenso en la temperatura media de 2°C en la etapa de crecimiento reduciría el rendimiento del arroz en un 70%.

149. En modelos climáticos más recientes se indica la posibilidad de una gran reducción en las lluvias producidas durante los monzones en las fases aguda y crónica posteriores a una guerra nuclear. Los cultivos irrigados son sensibles a las variaciones en el abastecimiento de agua y las reducciones de las precipitaciones podrían ser muy graves. En el caso del arroz de secano (arroz con cáscara y de montaña) que se cultiva en aproximadamente el 50% de las regiones arroceras del mundo, la situación podría ser desastrosa. Los graves problemas relacionados con el agua podrían afectar seriamente la producción y también reducir la superficie apropiada para los cultivos de secano. Esto tendría consecuencias socioeconómicas serias porque el sector más pobre de productores de arroz de los países en desarrollo subsiste gracias al cultivo de arroz de secano.

2. Trigo

150. En invierno el trigo sobreviviría temperaturas de hasta menos 50°C si estuviera aislado por la nieve. No obstante, aun un pequeño descenso de la temperatura media o un acortamiento del período vegetativo podría limitar seriamente el rendimiento de los cultivos en muchas de las principales regiones productoras del norte. La mayoría de las cosechas del Canadá, los Estados Unidos, Europa occidental, la URSS y China se perderían. Una guerra que se produjera a mediados o fines del verano en el hemisferio norte podría permitir obtener una cosecha en la India, China, Africa septentrional y los Estados Unidos pero probablemente no en el Canadá, Europa occidental y la URSS. El período vegetativo necesario de maduración de los cultivos se prolongaría en el hemisferio sur (Australia, América del Sur y Africa meridional).

3. Maíz

151. La cosecha de maíz del Canadá, los Estados Unidos, Europa, la URSS y China sería extremadamente susceptible a períodos breves de frío y podría perderse. El maíz se cultiva prácticamente con el mínimo de agua necesaria y sería extremadamente vulnerable a cualquier reducción de las precipitaciones, especialmente en el Africa central y América del Sur. Si se produjera una guerra durante el verano del hemisferio norte, el período vegetativo de maduración se prolongaría en el hemisferio sur (Australia, América del Sur, Africa meridional).

4. Soja

152. La cosecha de soja en las regiones templadas septentrionales se perdería a causa de la temperatura fría y la reducción de la luz, en caso de que se produjera una guerra en verano. Si hubiesen suficientes precipitaciones, la soja que se cultiva en las latitudes más bajas de la zona templada sobreviviría a una guerra producida en invierno.

Best Hard Copy Available
Digitized by Dag Hammarskjöld Library

5. Ganadería

153. Si se produjera una guerra en invierno en la zona templada septentrional, los animales que pasan la mayor parte del tiempo bajo techo no sobrevivirían a la falta de calefacción, alimentación, ventilación y otros servicios de apoyo. Los animales jóvenes sufrirían a causa del frío, los rumiantes adultos sobrevivirían al frío pero serían vulnerables a la escasez de agua y forraje. La disponibilidad de alimentos sería el principal problema para el ganado tropical. En el hemisferio sur la mayor parte del ganado sobreviviría pero sería vulnerable a la escasez de forraje. Los niveles bajos de luz podrían interferir con la fertilidad de las ovejas.

F. Consecuencias de las perturbaciones climáticas según las latitudes

154. Evidentemente, el nivel de perturbación climática inducido por la guerra nuclear, y los efectos conexos en la producción de alimentos, serán diferentes según los hemisferios y las latitudes. Harwell y Hutchinson (1986) resumieron esos efectos, que aparecen en la figura 3, en que se ve con claridad la vulnerabilidad de gran parte de la población mundial a la pérdida del suministro de alimentos.

155. Se ha tenido en cuenta el momento en que se produzca el intercambio nuclear y sus efectos en los cultivos existentes en relación con la variación estacional de las reservas de alimentos. Los niveles relativamente bajos de la reserva de alimentos de que se dispone en la mayor parte de las latitudes limitarían la capacidad de hacer frente a la pérdida de las cosechas en el momento de producirse la explosión nuclear. Esto queda demostrado en la figura 3 mediante una comparación entre a) la población sobreviviente si la guerra nuclear ocurre cuando hay un mínimo de reservas de alimentos; y b) la población sobreviviente si la guerra nuclear ocurre cuando los suministros de alimentos se encuentran en niveles intermedios.

G. Efectos en la producción agropecuaria

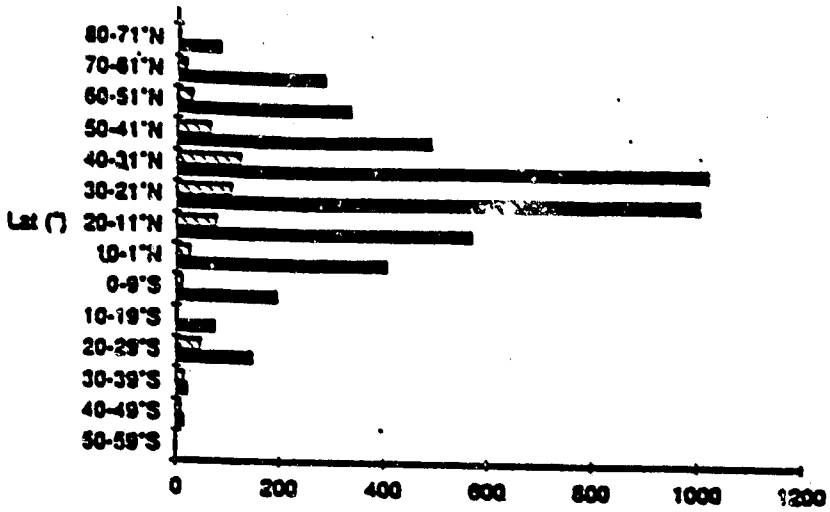
156. El grupo SCOPE-ENUWAR llegó a la conclusión de que posiblemente la producción de alimentos en el hemisferio norte, y gran parte del hemisferio sur, se pierda durante aproximadamente un año después de una guerra nuclear de grandes proporciones. Esto sería la consecuencia de la destrucción de las cosechas, los almacenes de alimentos, los fertilizantes, plaguicidas y combustibles y la interrupción de los sistemas de distribución en el plano local, regional, nacional e internacional; la perturbación del orden económico y el comercio mundiales. Se ha mencionado el efecto del clima en la agricultura en el hemisferio norte donde las naciones más productivas son las que estarían combatiendo o se verían afectadas de otro modo por el efecto climático del conflicto.

157. Además de los efectos climáticos, la agricultura se vería seriamente afectada por el trastorno de la infraestructura de la sociedad. Serían considerables las interrupciones en el apoyo técnico y los elementos auxiliares de energía, el transporte (tanto para la distribución de alimentos dentro de los países como la exportación e importación) y en el orden general del comercio mundial, del cual la agricultura forma una parte importante.

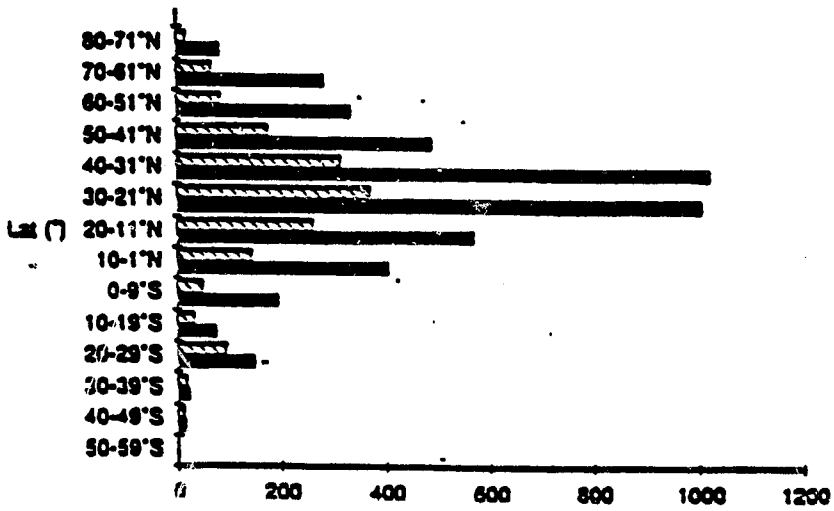
Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Figura 3

Vulnerabilidad de la población humana a la pérdida de alimentos



Población (millones)



Población (millones)

Nota: Las barras oscuras indican la población en el momento de producirse la guerra. Las barras rayadas indican los sobrevivientes. El diagrama superior muestra el efecto de la pérdida de producción de alimentos cuando las reservas son mínimas, el diagrama inferior muestra el efecto cuando las reservas de alimentos se encuentran en un nivel intermedio. El cálculo depende considerablemente de las hipótesis concretas en que se basa, y en las que probablemente se sobreestime el número de sobrevivientes.

Fuente: Harwell y Hutchinson, 1986, pág. 480.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

158. En la agricultura moderna se realiza un gran consumo de energía. La utilización de combustibles fósiles, como insumos de energía directos (por ejemplo, combustible para el funcionamiento de maquinaria, irrigación, transporte) e insumos indirectos (producción de fertilizantes y plaguicidas) ha aumentado la producción agrícola en un factor entre 3 y 4 en los países en desarrollo durante los últimos 45 años. La producción agrícola de los países en desarrollo solamente se ha duplicado en el mismo período.

159. Evidentemente, el daño que recibirían los yacimientos petrolíferos, las refinerías, las industrias petroquímicas y las instalaciones portuarias afectaría la generación de energía, lo que tendría consecuencias para el transporte, la irrigación, la fabricación de fertilizantes y plaguicidas y la refrigeración. El tipo de agricultura que exige un gran consumo de energía sería más vulnerable a una interrupción de los suministros de energía. La agricultura que no dependa de grandes insumos de energía posiblemente se mantendría en un nivel de productividad reducido.

160. Los países en desarrollo utilizan un tercio de la producción mundial de fertilizantes, que importan de los países desarrollados. En muchos casos el rendimiento está en relación lineal con los insumos de fertilizantes y disminuiría en consecuencia si éstos se perdieran. Por ejemplo, en la agricultura de China y la India se utiliza gran cantidad de fertilizantes, aun si no se depende excesivamente de combustibles fósiles directos, y más de la mitad de los insumos de energía para la agricultura de América Central está representada por los fertilizantes.

161. El grupo del Comité Científico sobre los Problemas del Medio y del proyecto relativo a las consecuencias ambientales de la guerra nuclear hizo hincapié en que su análisis es, en gran medida, optimista. El grupo llegó a la conclusión de que la malnutrición y el hambre a escala mundial podrían ser la consecuencia de una guerra nuclear de grandes proporciones que provocara un cambio de clima. Además, aun en ausencia del efecto climático, los países que dependen de las importaciones padecerían una grave escasez porque los países desarrollados del hemisferio norte también son los principales exportadores de alimentos, fertilizantes, plaguicidas y tecnología agropecuaria a los países en desarrollo.

162. La mayoría de los países de Africa, América del Sur y Asia no serían blancos de la guerra pero son vulnerables a un desastre en la agricultura. En efecto, las poblaciones de estos países serían casi tan vulnerables como las de los países combatientes. Además de los que murieran directamente en la fase aguda de la guerra, entre 1.000 y 4.000 millones de personas podrían morir de hambre en el período crónico de posguerra.

IV. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y LAS ESTRUCTURAS SOCIOECONOMICAS

A. Introducción

163. Los efectos directos de los ataques nucleares de Hiroshima y Nagasaki tuvieron, a juzgar por lo allí observado, una magnitud incomparablemente menor que la que a todas luces tendría un intercambio nuclear moderno. Esos efectos, provocados por las ondas expansiva y térmica y por la radiación inicial (es decir,

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

la radiación ionizante emitida durante el minuto siguiente a la explosión), así como por la precipitación radiactiva ulterior, han sido examinados y resumidos en los informes de la OMS (1984 y 1987) y el Instituto de Medicina de los Estados Unidos (1986), a los que se remite al lector para más información.

164. Además del saldo inmediato de muertos y heridos y de daños materiales que deja en las zonas de la explosión, una guerra nuclear puede provocar perturbaciones climáticas mundiales con graves consecuencias para los ecosistemas naturales y la agricultura, lo que tendría, a su vez, repercusiones fundamentales sobre las reservas alimentarias de la humanidad. La malnutrición y hambruna a que ello daría lugar se verían exacerbadas por la desorganización de las comunicaciones, el transporte, los sistemas financieros y el comercio.

B. La onda expansiva

165. Una gran porción de la energía total liberada en una explosión nuclear se manifiesta en la generación de una onda expansiva. Esa onda se produce por la acumulación de presión en la materia evaporada de la bomba, que crea un frente de choque que se desplaza por la atmósfera a una velocidad supersónica. A medida que la onda se propaga, su intensidad disminuye que desaparece a distancias equivalentes o superiores a decenas de kilómetros en el caso de la explosión de una bomba megatón.

166. La expansión causa lesiones directas por el aumento repentino de la presión atmosférica, la proyección balística de los cuerpos, la laceración del sistema respiratorio, el rompimiento de las membranas auditivas. Asimismo, se sufren lesiones como consecuencia de los edificios y las estructuras que se derrumban y de los proyectiles.

C. El calor

167. La onda térmica se inicia en el momento de la explosión, antes de que el frente de presión se ponga en movimiento, y dura unos cuantos segundos, durante los cuales se evaporan, carbonizan y derriten los objetos a una distancia que depende del rendimiento energético y de la altura a la que el artefacto hace explosión. Esa onda provoca incendios que pueden degenerar en tempestades de fuego colosales, especialmente si en la zona situada al alcance del impulso térmico hay estructuras con cantidades importantes de productos de fácil combustión, como refinerías de petróleo, fábricas de papel o instalaciones de productos químicos.

168. Al ascender los gases calientes que emanan de los incendios, se producirían corrientes de aire centrípetas, lo que provocaría fuertes vientos que podrían avivar las llamas y provocar una violenta conflagración. Los seres humanos morirían como consecuencia del calor, la falta de oxígeno o la inhalación de monóxido de carbono y otras sustancias tóxicas.

169. Si una bomba megatón hiciera explosión a una altura de 1,5 kilómetros, prácticamente nadie sobreviviría a la exposición a la onda térmica en una zona de cerca de 350 kilómetros cuadrados. Fuera de esa zona, muchos sufrirían quemaduras

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

de diversa gravedad e intensidad. La índole de esas quemaduras dependería de la ubicación de la víctima respecto de la explosión, así como del blindaje proporcionado por las estructuras y el terreno. El número de víctimas de quemaduras sería entre tres y cuatro veces mayor que el de las que provocaría la expansión. La onda térmica provocaría incendios secundarios que dejarían un saldo adicional de víctimas de quemaduras, explosiones, inhalación de emanaciones tóxicas y asfixia.

D. La radiación

1. La radiación inicial

170. Paralelamente a la explosión nuclear se produce un estallido radiactivo repentino que tiene graves efectos en las personas que se encuentran expuestas a él. La índole y gravedad de las lesiones dependerían de la magnitud de la dosis de radiación (la cantidad de energía perdida por la radiación al atravesar los tejidos humanos) y de la intensidad de la dosis (dosis por unidad de tiempo). Por ejemplo, se observan cinco tipos de efectos de las radiaciones emitidas durante un lapso de tiempo corto:

a) La fase prodrómica, que se inicia minutos después de la exposición, comprende síntomas gastrointestinales y neuromusculares. Los primeros consisten en náuseas, vómitos, diarrea grave y deshidratación; los últimos en fatiga, apatía, inapetencia, fiebre, dolores de cabeza e hipotensión seguida de un choque hipotensivo. La reacción llega a su punto máximo a los 30 minutos; luego, se mitiga hasta que se inicia el síndrome neurológico o gastrointestinal, según la dosis;

b) El síndrome neurológico se manifiesta cuando se absorben dosis del orden de los 100 grays. Los síntomas son similares a los de la fase prodrómica, que va seguida de períodos transitorios de disminución o intensificación de la actividad motora, que dan lugar a la incapacitación y la muerte dos días después;

c) El síndrome gastrointestinal, que aparece al absorber dosis de 10 a 50 grays, es provocado por la pérdida de células que recubren la pared intestinal y la consiguiente pérdida de humores corporales. La muerte acaece entre seis y nueve días después;

d) Cuando se absorben dosis de pocos grays, el principal efecto es la destrucción de células de la médula de los huesos, efecto que va acompañado de una baja del recuento de linfocitos, granulocitos y trombocitos, que llegan a un nivel mínimo entre siete y 20 días después, según la dosis. La disminución de glóbulos blancos provoca una reducción de las defensas del sistema inmunológico, como consecuencia de la cual se desarrollan infecciones y disminuye la capacidad de coagulación, lo que puede dar lugar a hemorragias internas. Si bien la muerte no es inevitable, y mientras más pronto se inicie una terapia intensiva, mayores serán las probabilidades de recuperación, no parece muy factible que se pueda iniciar una terapia de ese tipo después de un intercambio nuclear importante;

e) Además de esos síndromes generales, pueden observarse graves efectos en los ojos, la piel, la mucosa bucal, los pulmones y las gónadas en el caso de exposición parcial o total a la radiación.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

171. Un indicador de la sensibilidad humana a la radiación ionizante está constituido por la dosis que provoca una mortalidad media del 50% durante los 60 días siguientes a la exposición. Esa dosis se denomina dosis letal (LD_{50}). Es difícil obtener los valores para la humanidad; para ello, es necesario combinar los datos correspondientes a un grupo de personas expuestas a radiación, como las víctimas de Hiroshima y Nagasaki, con estimaciones de las dosis a las que estuvieron sometidas las víctimas, estimaciones que siguen siendo muy inciertas. Las estimaciones disponibles (el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas está examinando 22 series diferentes, correspondientes a víctimas de bombardeos y de accidentes y a personas expuestas por razones terapéuticas) coinciden en una LD_{50} de tres grays. Las más recientes de esas estimaciones, que corresponden a los sobrevivientes de la bomba atómica, indican que a los 60 días la dosis letal media puede disminuir apreciablemente. El informe de la OMS (1987) fija las estimaciones en 1,5 grays y el más reciente examen de SCOPE-ENUWAR (Moscú, marzo de 1988) en 2,4 grays. Si la sensibilidad humana a la radiación ionizante es más alta que lo que se pensaba antes, consecuentemente el número de víctimas será mayor que el previsto en los análisis anteriores. Se espera que el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de las Radiaciones Atómicas proporcione estimaciones nuevas en el curso de 1988.

2. La precipitación radiactiva local

172. Si la bola de fuego choca con la superficie de la Tierra, la materia que saldrá expelida y penetrará en la atmósfera se mezclará con los productos radiactivos liberados por las reacciones nucleares y se precipitará rápidamente en las zonas aledañas a la explosión. Los efímeros radionúclidos que se depositarán provocarán, en su desintegración rápida, un aumento del índice de exposición de las personas, no sólo mediante la radiación dura a una intensidad de dosis elevada, sino también mediante una radiación de índole tal que, aunque no logre penetrar los tejidos de la piel, puede causar graves y extensas quemaduras cutáneas.

173. Es preciso destacar el hecho de que, como en el caso de otras consecuencias de la guerra nuclear, es difícil llegar a estimaciones cuantitativas realistas de los efectos agudos, pues ellos dependen en gran medida de las hipótesis sobre la índole del intercambio nuclear (número de explosiones y rendimiento energético y coeficiente de fisión y fusión de éstas; altura de la detonación; índole de las zonas de la explosión y su ubicación respecto de los centros poblados, particularmente industriales; condiciones meteorológicas; eficacia de las medidas de defensa civil, etc.).

3. Precipitación radiactiva intermedia y mundial

174. Fuera de la zona más inmediata de devastación, el ser humano se vería expuesto a la radiación proveniente de la precipitación intermedia y mundial provocada por la penetración de residuos nucleares en la atmósfera. Esa exposición se manifestaría a través de la absorción de dosis bajas durante un lapso de tiempo largo. La materia que penetra en la tropósfera se depositaría en cuestión de

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

semanas principalmente en las latitudes en que tiene lugar el ataque. El cuerpo recibe una dosis interna de radiación de los radionúclidos, como el yodo-131 y el cesio-137, que se acumulan rápidamente en la cadena de alimentación y se ingieren en los alimentos contaminados. Asimismo, puede recibirse una dosis externa de las partículas radiactivas que se depositarán en la piel expuesta, lo que puede causar graves quemaduras provocadas por la radiación beta.

175. Gran parte de los residuos penetrarían en la estratosfera, desde donde se precipitarían a lo largo de varios años. En consecuencia, aumentaría el índice de exposición de las personas, a dosis muy bajas, como consecuencia de la desintegración de los productos de fisión de larga vida. Entre esos productos se cuentan el cesio-137 (30 años de vida media) que, al desintegrarse, da lugar a la irradiación externa e interna de todo el cuerpo y el estroncio-90 (29 años de vida media) que, después de ser absorbido en los cereales y productos lácteos, se depositaría en los huesos, desde donde irradiaría las células que forman los huesos y la sangre. Asimismo, el carbono-14 que se forma en las explosiones nucleares aumentaría, en dosis significativas, el índice de exposición de las personas que no se encuentran en la zona de la destrucción, pero a una intensidad aún menor y durante lapsos de tiempo muchísimo mayores, ya que su vida media es de 5.730 años.

176. Si el blanco del ataque fueran las centrales nucleares, las instalaciones de reprocesamiento y los depósitos de desechos radiactivos, quedarían liberados otros elementos radiactivos, principalmente de larga vida, con lo que aumentaría mucho más el índice de exposición de las personas durante un lapso de tiempo largo y a grandes distancias. No obstante, es imposible predecir la propagación de los elementos radiactivos, como lo demuestra el accidente de Chernobyl. Se crearían vastos "puntos calientes", con más altos niveles de radiación, que serían inhabitables durante muchos años.

E. Efectos directos generales

177. En el informe de la OMS (1987), se han examinado diversos ejemplos hipotéticos de guerra nuclear. Las conclusiones de uno de esos ejemplos indican que un ataque sobre las afueras de Londres en el que se utilizaran bombas de uno a diez megatones ocasionaría la muerte de entre el 11% y el 90% de sus habitantes. Otro ejemplo preveía un intercambio nuclear entre la Unión Soviética y los Estados Unidos en el que se utilizaran bombas de cerca de 1.000 megatones de cada lado. El número de muertos se situaría entre los 10 y los 30 millones en los Estados Unidos y entre los 20 y los 30 millones en la Unión Soviética. Una tercera hipótesis preveía una guerra nuclear limitada en el continente densamente poblado de Europa, en la que se hicieran estallar algo más de 600 bombas con una potencia total de unos 100 megatones. El número de muertos podría llegar a un máximo de 90 millones. En cada caso, el número de víctimas graves entre los supervivientes sería del mismo orden que el número de muertos.

178. No es posible calcular con precisión las dosis que se absorberían como consecuencia de la precipitación intermedia y mundial, ya que las estimaciones correspondientes, en gran parte al igual que las estimaciones sobre las dosis iniciales de radiación, dependen demasiado de la orientación de la guerra y de

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

las condiciones ambientales ulteriores. En el hemisferio boreal, las dosis medias absorbidas y acumuladas probablemente no llegarían a 0,5 grays en un lapso de varios años (miles de años en el caso del principal elemento, el carbono-14) y en el hemisferio austral serían muy inferiores. Los efectos de la radiación secular se manifestarían como función de la dosis total y del lapso de tiempo durante el cual esa dosis es absorbida. Dichos efectos incluirían un aumento del riesgo de contraer cáncer, superior a los valores normales. De momento hay escasa evidencia de la posible aparición de anomalías genéticas en las generaciones futuras, aunque esta conclusión puede cambiar a medida que se perfeccionan los métodos clínicos y estadísticos.

179. Como se espera que las dosis medias y la mortalidad que causarían fueran bajas, es evidente que la preocupación por los efectos de la radiación secular se vería opacada por el abrumador número de víctimas ocasionado directamente por el ataque nuclear e indirectamente por la desorganización de los sistemas de suministro de alimentos y de servicios de salud.

F. La atención médica de los sobrevivientes

180. El rescate, el socorro y la atención médica de los sobrevivientes será una preocupación inmediata. Con base en la experiencia adquirida en las guerras y los desastres de otro tipo, pueden establecerse varios principios básicos en materia de atención médica: clasificación, evacuación y tratamientos de emergencia adecuados.

181. En la etapa de clasificación, las personas son divididas en tres grupos: los que tienen pocas probabilidades o ninguna probabilidad de sobrevivir; los que tienen probabilidades razonables de sobrevivir si reciben tratamiento, y los que pueden recibir el tratamiento más tarde. Hay que hacer una evaluación rápida porque toda demora implica la transferencia de nuevas víctimas de la categoría "supervivencia posible" a la categoría "supervivencia improbable o imposible".

182. Si hubiera una guerra nuclear importante, los profesionales del ramo de la atención médica que sobrevivieran se verían en la incapacidad de brindar tratamiento o incluso de prestar los primeros auxilios a las personas heridas para mantenerlas en vida. En efecto, el entrar en las zonas de precipitación radiactiva entrañaría grandes peligros. Habría que supervisar y, de ser posible, descontaminar a los equipos de rescate y habría que procurar su rotación para impedir que sus integrantes se vieran expuestos a una radiación excesiva. En el caos imperante, sería difícil y tal vez imposible aplicar medidas de esa índole.

183. Las víctimas de la radiación requieren instalaciones médicas altamente especializadas. Por ejemplo, las cuatro personas que en 1978, en Francia, se vieron expuestas accidentalmente a altísimas dosis de radiación recibieron tratamiento en condiciones estériles; cada una recibió de 50 a 100 transfusiones de células sanguíneas y grandes dosis de antimicóticos y antibióticos. Sobreviveron, pero sin el tratamiento habrían perecido. En el accidente de Chernobyl, se prestó atención hospitalaria intensa a cerca de 200 heridos y se dispensaron los debidos cuidados médicos a 135.000 evacuados, tras movilizar personal y suministros médicos de todo el país. Incluso en el caso de los ejemplos hipotéticos y limitados de

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

guerra nuclear, calculados sobre la base del 1% de los actuales arsenales nucleares, habría millones de víctimas graves. Los servicios médicos mundiales no darían abasto ante una situación de ese tipo. Después de un ataque nuclear, la clasificación sería, en el mejor de los casos, insignificante y las labores de rescate, insuficientes.

184. En el período que seguiría a un ataque nuclear, surgirían muchos otros problemas de salud. La escasez de agua sería crucial y, en muchos casos, el agua estaría contaminada de radiactividad y microorganismos nocivos. La precipitación puede concentrar los depósitos radiactivos, lo que daría lugar a elevados niveles locales de radiactividad. El agua dulce podría ser poco apta para ser bebida y los alimentos podrían estar contaminados. La radiación interna como consecuencia de la inhalación o ingestión de isótopos radiactivos aumentaría la dosis de radiación.

185. La infección es una de las principales causas de fallecimiento en las víctimas de quemaduras y de la radiación. La estructura epidemiológica de la enfermedad cambiaría radicalmente después de una guerra nuclear, debido al deterioro del sistema inmunológico, a la malnutrición, a la falta de saneamiento ambiental, a la proliferación de insectos y microorganismos y a la paralización de las actividades de vigilancia epidemiológica y lucha contra las enfermedades.

186. El estado sicológico de los sobrevivientes puede evaluarse hasta cierto punto sobre la base de las experiencias de Hiroshima y Nagasaki. Cada uno de esos ataques consistió en la explosión de una sola bomba; los habitantes no tenían conocimiento previo de las armas nucleares y recibieron ayuda de las zonas vecinas no afectadas. En una guerra nuclear importante, no podría esperarse gran ayuda de nadie y el conocimiento general de los efectos de las armas nucleares, especialmente de la radiación que provocan, afectaría considerablemente el comportamiento de los sobrevivientes y daría lugar a un decaimiento de los esfuerzos coordinados de rescate y rehabilitación.

187. Cabe esperar que los efectos de las ondas expansiva y térmica, la radiación, el envenenamiento con el monóxido de carbono, y los productos químicos emanados por los establecimientos industriales y la combustión de materiales (pirotoxinas), y muchos otros factores provocarían perturbaciones del sistema nervioso y del comportamiento. La experiencia adquirida en los desastres naturales indica que la mayoría de los sobrevivientes tendría una reacción aguda de tensión y permanecería en un estado sumamente vulnerable de depresión y miedo hasta que se disipara la causa del desastre.

G. Efectos sobre las personas y los sistemas socioeconómicos

188. Los efectos directos en las zonas de la explosión serían catastróficos, tanto en términos de vidas humanas como de la destrucción de la infraestructura que hace posible la vida. El colapso de los sistemas mundiales, de las finanzas, del comercio y de las comunicaciones exacerbaría los efectos mundiales indirectos sobre el clima y sus repercusiones para la producción alimentaria. Tanto en las zonas de la explosión como en las zonas alejadas de la escena del conflicto, probablemente las perspectivas serían la malnutrición y hambruna generalizadas.

/...

Best Hard Copy Available

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

189. Para los fines del presente informe, los sistemas socioeconómicos tienen dos funciones primordiales: la producción, que se relaciona con la transformación de los recursos naturales y de otro tipo en bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas básicas de alimento, vestido, vivienda, salud y esparcimiento cultural, y el consumo de esos bienes y servicios, que requiere distribución y comercialización. Ambas funciones se desorganizarían gravemente después de una guerra nuclear.

190. La interdependencia mundial de los sistemas socioeconómicos en un elemento fundamental al examinar las repercusiones de la guerra nuclear. Las naciones económicamente más avanzadas, donde se concentran la mayoría de los centros importantes de adopción de decisiones, finanzas y comercio, están en las zonas que se verían afectadas directamente en una guerra nuclear de gran escala. El perjuicio para la economía mundial sería grave y comprendería el colapso de las instituciones financieras y del sistema multilateral de pagos existente. Las instituciones financieras dependen del procesamiento electrónico de datos y es posible que la destrucción de los equipos de computación, unida a la pérdida de los programas de computación y los datos magnéticamente almacenados, tuviera efectos graves.

191. La producción depende de la importancia numérica de la mano de obra empleada en la transformación de los recursos en bienes y servicios económicos, y la productividad, de sus esfuerzos. Es evidente que, a raíz de los efectos directos de una guerra nuclear, se reduciría considerablemente su importancia numérica. La hambruna provocada por los efectos indirectos y a largo plazo de la guerra disminuiría aún más el número de trabajadores.

192. La capacidad de producción se reduciría debido a la destrucción de gran parte de la infraestructura. Por ejemplo, el acceso a los recursos naturales se vería limitado por la desorganización de los sistemas de transporte. Las comunicaciones quedarían interrumpidas por los efectos directos de la onda expansiva y los incendios y por las sobrecargas eléctricas intensas que provocaría el impulso electromagnético generado por las detonaciones nucleares de gran altitud. De modo análogo, la escasez de equipos, maquinarias, repuestos y servicios tendría graves consecuencias para la industria.

193. La energía es esencial para casi todos los aspectos del funcionamiento de una economía compleja, y no simplemente para el mantenimiento de su producción industrial. La generación de energía está concentrada geográficamente en las refinerías de petróleo, los tanques de almacenamiento, las centrales térmicas y las presas hidroeléctricas, que serían puntos vulnerables durante un ataque y, en muchos casos, se podrían inutilizar o averiar gravemente con unas cuantas ojivas nucleares.

194. La dependencia energética de cualquier institución, trátese de una industria de manufacturas o de un componente del sector de los servicios, es más que una simple función de su consumo de energía, pero refleja una serie de subvenciones de energía indirectas. Por ejemplo, la producción de cobre metálico como materia prima para la manufactura eléctrica supone el consumo de energía durante la

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

exploración, la extracción y el transporte del mineral, la fundición y refinación y otros procesos análogos y la distribución del producto refinado.

195. La agricultura moderna también es una industria y depende de la energía directa e indirecta, de la tecnología, de una mano de obra calificada, de las materias primas y de muchos otros insumos. Como tal, es tan vulnerable a las perturbaciones de la economía como a los cambios climáticos que pueden sobrevenir después de un conflicto nuclear importante. Mientras más intensa sea la explotación agrícola, más vulnerable será el sistema.

196. El informe SCOPE-ENUWAR ha pronosticado, entre otras cosas, escasez de alimentos y hambruna en el período siguiente a una guerra nuclear importante, conclusión esta que se respalda en el presente estudio. La destrucción de los medios de transporte dificultaría el desplazamiento de los suministros de alimentos de las zonas donde se cosechan o almacenan a los sitios habitados por poblaciones hambrientas. En los países industrializados, los alimentos ya no son suministrados a escala local sino proveídos por una red de empresas dedicadas a actividades que abarcan la agricultura, la cría de animales y la pesca sino también la producción de maquinaria agrícola, insecticidas, abonos, derivados del petróleo y semillas comerciales. Se emplean técnicas complejas para manipular los alimentos; a ese efecto, existen, por ejemplo, silos de cereales con elevadores mecánicos, mataderos, industrias de conservación en frigorífico, molinos de harina, fábricas de enlatado y otras industrias de empaque. Además, esa red comprende el transporte, almacenamiento y comercialización de los alimentos, así como su distribución mediante puntos de venta al por mayor y al por menor. El derrumbamiento de esa red agrícola y distributiva sería una de las consecuencias inevitables de una guerra nuclear de gran envergadura. Es probable, sin embargo, que los países que no toman parte en el conflicto se vean afectados por escaseces análogas, como consecuencia de la interrupción de las importaciones de alimentos y a raíz de las perturbaciones climáticas que comprometerían su capacidad de producción agrícola. Es probable, pues, que en este ámbito los países no combatientes se vean perjudicados casi tan gravemente como los países donde se produzcan las explosiones en una guerra nuclear.

197. La alteración de la economía mundial y la interrupción de los sistemas de comunicaciones y de procesamiento de datos, principalmente como consecuencia del impulso electromagnético, obstaculizarían gravemente las actividades de las instituciones financieras y del sistema mundial de intercambio y comercio. Esa desorganización de las relaciones económicas internacionales y de la red mundial del transporte y las comunicaciones tendría repercusiones, a nivel de la distribución y el consumo, que sobrepasarían ampliamente las fronteras de las naciones que participan en el conflicto. A su vez, la escasez de gran número de productos manufacturados y la ausencia de mercados para las materias primas y los artículos de los países en desarrollo, tendrían graves consecuencias para las economías de esos países. A modo de ilustración, se indica la proporción de productos que los países que no serían escena del conflicto importan de los países que probablemente tomarían parte activa en un intercambio nuclear de gran escala:

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

	Porcentaje
Productos químicos	83,0
Alimentos	74,2
Productos tecnológicos	72,2
Equipos de telecomunicaciones	75,0
Automóviles	83,0
Bienes de consumo, excluidos los textiles	88,0
Combustible	29,0

Fuente: El GATT, 1986 y el Statistical Yearbook of the United Nations, 1985.

En consecuencia, las repercusiones comprenderían el deterioro de los cimientos económicos de muchas naciones geográficamente distantes de la zona del conflicto y no se limitarían a los efectos físicos del intercambio nuclear.

H. ¿Recuperación?

198. Ante la perspectiva de un colapso social tan amplio, no es posible hacer una evaluación fidedigna de la viabilidad y la escala temporal de la recuperación. Las consecuencias trascienden el ámbito económico y abarcan consideraciones de orden social y la urdimbre misma de la sociedad. Es probable que hubiera una reestructuración fundamental en la que se modificaran radicalmente las prerrogativas establecidas en materia de políticas fiscales y monetarias, los derechos de propiedad, la integridad institucional y los demás elementos de la estructura social.

199. La recuperación dependería de la rapidez con la que las comunidades y entidades nacionales que sobrevivieran lograran restablecer redes de comunicaciones y sistemas internacionales de transporte y comercio, y crear y promover fuentes alternas de suministros. Evidentemente, gran parte de la población mundial que sobreviviera quedaría afectada durante largos años y, en muchos casos, la sociedad se vería reducida a condiciones en que tendría que subsistir y valerse por sí misma.

200. En el pasado, se han producido cambios climáticos y otras perturbaciones que han afectado la base de la subsistencia. Algunas especies han sobrevivido y otras se han extinguido. Las sociedades humanas dan muestras de ser relativamente adaptables e incluso cuando los peores desastres han eliminado a civilizaciones orgánicas, con frecuencia un puñado de sobrevivientes logra emigrar y establecer comunidades en otros lugares.

201. Sin embargo, la sociedad humana nunca se ha visto enfrentada con un desastre natural de las proporciones sinérgicas y mundiales que podría tener una guerra nuclear como la descrita supra. En todos los desastres anteriores, tarde o temprano se ha recibido ayuda de las zonas no afectadas, opción que no existiría en el contexto de una guerra nuclear importante. Sea lo que fuere, tanto como puede juzgarse, la recuperación a largo plazo después de una guerra nuclear de gran magnitud sería incierta.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

202. Aunque es imposible predecir en detalle los efectos de un conflicto nuclear importante y las perspectivas de recuperación en el período de posguerra, la información científica actual demuestra claramente que un conflicto de esa naturaleza tendría efectos climáticos y consecuencias socioeconómicas graves y duraderas de proporciones nunca alcanzadas, ni siquiera en el caso de los desastres naturales y conflictos más trágicos de la historia. Si hubiera recuperación, sería lenta y difícil. Además, sería muy poco probable que el nuevo orden social que surgiría, se asemejara al que lo precedió o fuera mejor que él.

203. Deben proseguir y coordinarse a escala internacional los estudios científicos y sociales que han dado lugar a esta percepción nueva de los efectos de una guerra nuclear de importancia, y sus conclusiones deben exponerse claramente a las autoridades facultadas para formular las políticas tanto en las zonas que participan en el combate como en las ajenas a él, pues es evidente que nadie escaparía a las consecuencias devastadoras de una guerra nuclear de gran escala, aunque la escena del conclicto estuviera limitada geográficamente a una pequeña proporción del hemisferio norte.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

GLOSARIO

Aclimatación	Adaptación de un organismo a un cambio ocurrido en el medio ambiente después de verse expuesto a una modificación gradual en las variables ambientales (por ejemplo, las plantas podrán sobrevivir a una reducción de la temperatura promedio si se han aclimatizado, pero no si la sufren en forma súbita).
Aerosol	Suspensión coloidal de partículas sólidas o líquidas en un gas. La palabra se usa frecuentemente para designar el polvo, el humo o el hollín suspendidos en el aire, incluso cuando las partículas constituyentes no son suficientemente pequeñas para considerarse coloidales.
Ataque de contrafuerza	Ataque efectuado contra objetivos militares, en contraposición al ataque de contravalores, efectuado contra objetivos no militares (por ejemplo, centros económicos o industriales importantes).
Bioma	Comunidades biogeográficas distintas y estables, definidas por climas, factores geológicos, regímenes hidrológicos, etc. característicos (por ejemplo, desiertos, selvas húmedas, tundras, etc.).
Biomasa	El peso de la materia viva por unidad de superficie. En el contexto actual significa el material de origen biológico inmediato (vivo o muerto) disponible para su combustión en la superficie de la Tierra (el término no comprende los combustibles fósiles o a la madera utilizada en la construcción).
Biosfera	La región del planeta, que abarca parte de la geosfera, la atmósfera y la hidrosfera, en la que existen organismos vivos.
Bola de fuego	Esfera incandescente de gases calientes acompañada por un frente de onda de choque engendrada por el intenso calor generado por los rayos X térmicos en los primeros milisegundos posteriores a una explosión nuclear.
C	Grado Celsio o centígrado.
Calor latente	Energía térmica liberada o absorbida por la unidad de masa durante un cambio de fase, por ejemplo, calor requerido para cambiar el agua de líquido a gas.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Calor sensible	Sinónimo de entalpía, función termodinámica del estado de un sistema que se define en función de su energía interna, su presión y su volumen. El transporte de calor sensible es un importante fenómeno atmosférico.
Capacidad térmica (del océano)	La relación entre la cantidad de calor absorbida o liberada de un sistema para determinado cambio de temperatura. Debido al elevado calor específico del agua y al gran volumen de los océanos, la temperatura de éstos sólo cambiará lentamente como consecuencia de cambios rápidos de la cantidad de luz que llega a la superficie del planeta, incluso cuando estos cambios son drásticos.
Carga de combustible	Densidad de combustible en la zona objetivo; se mide por lo común en Kg km^{-2}.
Carga de humo	Cantidad de humo atmosférico por superficie unitaria, por lo común se mide en unidades g m^{-2}.
Celsio (grado)	Unidad de temperatura (abreviación C).
Celulosa	Constituyente principal de las paredes de las células vegetales, forma parte de aproximadamente 30% de toda la materia vegetal.
Combustible	En el presente contexto, todo material que puede arder con facilidad encendido directa o indirectamente por armas nucleares.
Combustión	Rápida reacción química entre un combustible y el oxígeno (oxidación) con generación de calor.
Convección	Movimientos de un líquido o un gas que provocan su desplazamiento y su mezcla. La convección en la atmósfera por lo común se manifiesta como movimientos verticales causados por diferencias de densidad atribuibles a cambios de temperatura.
Dispersión (óptica)	Acción de las partículas suspendidas en un medio de distinto índice de prefracción, que difunden pacial o totalmente las radiaciones incidentes en todas las direcciones sin transformar la energía. La dispersión, justamente con la absorción, contribuye a la atenuación de la radiación por partículas en la atmósfera.
Dosis (de radiación)	Cantidad de radiación ionizante absorbida por tejidos vivos (véase "Gray").

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Dosis letal	Dosis de sustancia tóxica o de radiación necesaria para matar al organismo expuesto a la sustancia o radiación. La cuantificación del efecto está dada por el valor LD_{50}.
Efecto genético	Un cambio (por lo común perjudicial) del material genético que se transmite a los descendientes.
El Niño	Corriente cálida proveniente del sur que se presenta frente a la costa del Ecuador y el Perú y puede excepcionalmente causar un corrimiento temporal del cinturón de lluvias tropicales y modificar lo suficiente la ascensión de las aguas del océano como para trastornar las cadenas de alimentación marina y devastar las pesquerías.
Elevación	Movimiento ascendente de partículas negras, carbonosas (hollín y humo) y de la masa de aire que las contiene cuando las calienta la radiación solar. La elevación puede hacer que las partículas alcancen alturas mucho mayores que aquellas a las que las llevaron inicialmente las explosiones nucleares y los incendios resultantes.
Endurecimiento (botánico)	Proceso fisiológico mediante el cual algunas plantas desarrollan una resistencia estacional a la reducción de la temperatura y la iluminación.
ENUWAR	Estudio del SCOPE sobre los efectos ambientales de una guerra nuclear.
Estratosfera	Capa atmosférica situada sobre la atmósfera inferior (troposfera) y debajo de la mesosfera. Tiene de 10 a 20 kilómetros de altura (según la latitud) en su parte más baja y hasta 20 a 25 kilómetros en su parte más alta. Se caracteriza por una circulación persistente y por la presencia de una capa de ozono.
Factor de emisión de humos	Fracción porcentual del peso de combustible que se convierte en hollín o humo durante la combustión. Un valor promedio ponderado y representativo es 5%.
Fotosíntesis	Síntesis fotoquímica de azúcares a partir del bióxido de carbono y agua por las plantas autotróficas (normalmente verdes). Salvo pocas excepciones, todas las cadenas de alimentos y toda la vida, dependen de este proceso.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Frente de onda de choque	Onda de presión que se propaga hacia el exterior de una explosión, causada por la compresión producida en el medio (es decir, en el aire o el agua) por la rápida expansión de la explosión.
Gray	Unidad de dosis de radiación en el Sistema Internacional (SI). Un gray = 100 rad.
Hidrocarburo	Compuesto orgánico que contiene hidrógeno, con precuencia en el contexto actual se usa como sinónimo de combustible petroquímico.
Hidrofóbico	Calidad de las sustancias que tienen poca afinidad con el agua (repelentes del agua), por ejemplo, las partículas de humo de carbono puro.
Impulso electromagnético	Impulso electromagnético de alta energía constituida por ondas de radiofrecuencia de larga longitud de onda. Los intensos campos engendrados, en particular por las explosiones nucleares a gran altura, pueden incapacitar el funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos en una región muy extensa.
Inercia térmica (en los océanos)	Demora en el cambio de temperatura de los océanos consecuente de cambios de temperatura de la atmósfera y la superficie terrestre, debida al gran volumen y el elevado calor específico del agua.
Insolación	Radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra.
Inyección de humo	La introducción de humo (o polvo y hollín) en la atmósfera, ya sea en condiciones reales, después de una explosión o como condición especificada en un modelo de simulación en computadora.
Kilotón	Medida de la potencia explosiva, equivalente aproximadamente a la de mil (10^3) toneladas de TNT.
LD_{50}	Dosis requerida para matar a 50% de la población expuesta.
Lluvia negra	Lluvia contaminada por humo y partículas observada en Hiroshima y en Nagasaki. Constituye prueba de que el barrido de las partículas producidas por los incendios nucleares se produce de inmediato.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Maduración (de plantas)	Madurez reproductiva con la generación consecuente de semillas, frutos, etc.
Megatón	Medida de la potencia explosiva equivalente aproximadamente a un millón (10^6) de toneladas de TNT.
Metabolismo	Conjunto de procesos bioquímicos y fisiológicos relacionados con la síntesis y descomposición de tejidos vivos y sus productos.
Modelo (de simulación)	Representación numérica de un sistema complejo (por ejemplo, una serie de algoritmos de computadora que describen en forma más o menos completa los componentes del clima).
Modelo de la circulación general	Simulación o modelo numérico, por lo común realizada en computadoras poderosas, que procura dar una descripción completa de la circulación general o planetaria, es decir, de los movimientos atmosféricos sobre la Tierra.
Monóxido de carbono	Producto de la combustión de materiales carbonosos, está constituido por un átomo de carbono y uno de oxígeno. Es sumamente tóxico y una causa común de muerte por inhalación en las víctimas de las tormentas de fuego consecuentes de los bombardeos en la segunda guerra mundial.
Onda explosiva	Frente en movimiento de aire a elevada presión generado por la rápida expansión de los gases de una explosión que comprime el aire circundante.
Oxidación	En el presente contexto, la reacción de una sustancia cualquiera con el oxígeno para formar un compuesto.
Oxidos de nitrógeno	Compuestos de nitrógeno y oxígeno (normalmente gaseosos). El globo de fuego nuclear puede crear grandes cantidades de algunos de estos compuestos, que son capaces de afectar adversamente la capa de ozono.
Ozono	Molécula constituida por tres átomos de oxígeno. Se forma en la estratosfera bajo la acción de la radiación solar. Desempeña una función importante en el mantenimiento de la estructura y el movimiento de la atmósfera, y blinda la superficie contra la radiación ultravioleta perjudicial. Los gases emitidos por los incendios nucleares, en especial los óxidos de nitrógeno, pueden dañar la capa estratosférica de ozono.

Best Hard Copy Available
Digitized by Dag Hammarskjöld Library

/...

Pequeña edad de hielo	Período que comenzó aproximadamente al terminar el siglo XVI y que duró hasta el siglo XIX durante el cual se extendieron los glaciares del hemisferio norte (a veces el período se considera constituido por varias pequeñas edades de hielo de distinta entidad).
Pirólisis	Disociación de un compuesto químico en sus elementos constitutivos bajo la acción del calor (sin oxidación).
Pirotoxinas	Sustancias tóxicas liberadas por la combustión, o creadas en los incendios.
Polvo	Partículas minerales, diferentes de las partículas de humo y hollín, que contienen carbón y tienen propiedades ópticas distintas.
Potencia (de un arma nuclear)	Energía explosiva. Se expresa por lo común en unidades aproximadamente equivalentes a la energía liberada por una cantidad dada (kilotones, megatones) del explosivo convencional TNT.
Producción primaria	Producción biológica de la fotosíntesis vegetal, base de todas las cadenas de alimentos, salvo unos pocos.
Profundidad óptica	Una medida de la opacidad de la atmósfera.
Radiación con actividad de fotosíntesis	Porción naranja-roja-azul del espectro electromagnético visible de mayor eficiencia en el proceso de fotosíntesis.
Radiación de onda corta	Término meteorológico que designa la radiación electromagnética solar en el espectro visible y sus cercanías. El significado del término es aproximado y las diferentes autoridades lo define bien como comprendido entre 0,4 y 1,0 micrómetros, bien entre 0,29 y 4,0 (máximo 5,0) micrómetros.
Radiación inicial	Neutrones y rayos gamma emitidos durante un período, definido por convención como de un minuto de duración, subsiguiente a la detonación de un explosivo nuclear.
Radiación ionizante	Radiación constituida por ondas electromagnéticas (rayos gamma, rayos X) o por partículas (alfa, beta, neutrones) que separa a los átomos y los convierte en iones durante su pasaje a través del material.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Radiación residual — Radiación, constituida principalmente por rayos gamma y partículas beta, que persiste largo tiempo después de una explosión nuclear y se origina en los productos de la fisión y en los restos convertidos en radiactivos por la activación por neutrones.

Radiación solar — Espectro electromagnético completo emitido por el Sol.

Radiación térmica — Radiación ultravioleta, radiación visible y radiación infrarroja emitidas por un globo de fuego nuclear. En las explosiones en el aire a baja altura ocurre un impulso inicial de rayos ultravioleta seguido por un impulso de menor energía de radiación visible e infrarroja.

Radiación ultravioleta — Radiación electromagnética de menor longitud de onda que la del espectro visible y mayor longitud de onda que los rayos X (400 a 10 nm). Provoca numerosas reacciones fotoquímicas importantes en la atmósfera, en especial promueve la formación de ozono estratosférico. El espectro ultravioleta se subdivide en gamas, se considera que la del espectro ultravioleta B (UV-B) (315 a 280 nm) es la más importante desde el punto de vista biológico.

Radionúclido — Núclido radiactivo de una especie atómica.

Reflectancia (óptica) — Capacidad de una superficie para devolver la radiación incidente hacia el medio en el cual se ha originado.

Reloj biológico — Mecanismo determinante del comportamiento y la actividad periódicos o rítmicos de muchas plantas y animales (por ejemplo, la germinación de las semillas y los ciclos migratorios).

Selección — Asignación de prioridad a los enfermos para su tratamiento cuando los recursos son inadecuados para tratar a todos en forma óptima.

Selva boreal — Selvas septentrionales, constituidas principalmente por coníferas pero con algunos árboles de madera dura, situadas al sur de la taiga y al norte de los bosques mixtos, la pradera o la estepa.

Simulación numérica — La simulación de un proceso mediante aproximaciones que emplean métodos numéricos de cálculo.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Sinergismo	Interacción entre dos fenómenos, de manera tal que el efecto combinado es cuantitativamente superior a la suma de ambos efectos tomados por separado.
Taiga	Selva abierta pantanosa, con abundancia de líquenes. Se trata de una región de transición entre la selva boreal y la tundra.
Tonelada	Por lo común la "tonelada corta" de 2.000 libras.
Tonelada métrica	1.000 kilogramos.
Trigo de invierno	Uno de los principales cultivos de Norteamérica y Asia que se siembra en otoño para que germine en la primavera siguiente.
Trinitrotolueno	Explosivo convencional (TNT).
Tropopausa	Discontinuidad entre la troposfera inferior inestable y la estratosfera relativamente estable.
Troposfera	Atmósfera inferior que abarca desde la superficie hasta una altura de 10 a 20 kilómetros (según sea la latitud). Se caracteriza porque su temperatura disminuye con la altura, por tener vientos verticales y grandes cantidades de vapor de agua. Es la región en la que ocurren los fenómenos meteorológicos.
TTAPS	Acrónimo basado en las iniciales de los nombres de los autores, de una importante publicación sobre los efectos climáticos de las explosiones nucleares (véase en la bibliografía Turco y otros, 1983).
Turbidez (meteorología)	Presencia de humo, polvo y neblina en una atmósfera libre de nubes que reduce la visibilidad.
UV, UV-B	Véase radiación ultravioleta.
Vida media	El plazo (propio de cada especie radiactiva) durante el cual su actividad se reduce a la mitad del nivel original.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

BIBLIOGRAFIA

Abakoumova, G. M. et al. 1986. Influence of smoke haze on the transmittance of the solar radiation and natural illumination. Meteorologia i Hydrologia, No. 11, pp. 24-30. (In Russian.)

Aleksandrov, V. V. and G. M. Stenchikov. 1983. On the modelling of the climatic consequences of the nuclear war. Proceedings of Applied Mathematics, Moscow: Computing Centre of the USSR Academy of Sciences, 1983.

Aleksandrov, V. V. and G. M. Stenchikov. 1984. Concerning a computational experiment: modelling the climatic consequences of nuclear war. Zhurnal Vycheslitel'noy Matematiki i Matematicheskoy Fiziki (Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics), vol. 24, No. 1, pp. 140-144. (In Russian, English translation pp. 87-90.)

Andronova, A. V. and P. P. Anikin. 1986. Investigation of aerosol formation upon combustion of various materials and their optical properties. In Combustion of Heterogeneous and Gaseous Systems, pp. 124-127. Materials of the Eighth All-Union Symposium on Combustion and Explosion. Chemical Physics Institute of the USSR Academy of Sciences.

Birks, J. W. and S. L. Stephens. 1986. Possible toxic environments following a nuclear war. In The Medical Implications of Nuclear War, eds. Solomon, F. and R. Q. Marston, pp. 155-166, National Academy Press, Washington, D.C.: Institute of Medicine. 619 p.

Brinkman, A. W. and J. McGregor. 1983. Solar radiation in dense Saharan aerosol in Northern Nigeria. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, vol. 109, pp. 831-897.

Budyko, M. I., G. S. Golitsyn and Yu. A. Izrael. 1986. Global Climatic Catastrophes, Leningrad: Hydromet, Publishing House. 160 p.

Bush, B. H. and R. D. Small. 1987. A note on the ignition of vegetation by nuclear weapons. Combustion Science and Technology, vol. 52, pp. 25-38.

Cotton, W. R. 1985. Atmospheric convection and nuclear winter. American Scientist, vol. 73, pp. 275-280.

Covey, C. 1987. Protracted climatic effects of massive smoke injection into the atmosphere. Nature, vol. 325, pp. 701-703.

Covey, C., S. H. Schneider and S. L. Thompson. 1984. Global atmospheric effects of massive smoke injections frc a nuclear war: results from general circulation model simulations. Nature, vol. 308, pp. 21-25.

Crutzen, P. J. and J. W. Birks. 1982. The atmosphere after nuclear war: twilight at noon. Ambio, vol. 11, pp. 115-125. (Reprinted in The Aftermath: The Human and Ecological Consequences of Nuclear War, ed. Peterson, J., New York: Pantheon Books, 1983. 196 p.)

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Crutzen, P., I. E. Galbally, and C. Brühl. 1984. Atmospheric effects from post-nuclear fires. Climatic Change, vol. 6, pp. 323-364.

Demchenko, C. F. and A. S. Ginsburg. 1986. Influence of radiation on the vertical development of a turbid atmospheric layer. Meteorology and Hydrology, No. 6, pp. 51-57.

Dotto, L. 1986. Planet Earth in Jeopardy. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 134 p.

Ehrlich, P. R., J. Harte, M. A. Harwell, P. H. Raven, C. Sagan, G. M. Woodwell, J. Berry, E. S. Ayensu, A. H. Ehrlich, T. Eisner, S. J. Gould, H. D. Grover, R. Herrera, H. A. Mooney, N. Myers, D. Pimentel and J. M. Teal. 1983. Long-term biological consequences of nuclear war. Science, vol. 222, pp. 1293-1300.

Ehrlich, P. R., C. Sagan, D. Kennedy and W. O. Roberts. 1984. The Cold and the Dark: The World After Nuclear War. New York: W. W. Norton & Company Inc. 229 p. (Also published in some countries as The Nuclear Winter: The World After Nuclear War, London: Sigwick and Jackson Limited, London. 227 p.)

Ganopolsky, A. N. and G. L. Stenchikov. 1987. Numerical modelling of a nuclear winter: cooling of ocean upper mixed layer and relaxation of climate. (Presented at the SCOPE-ENUWAR Workshop, Bangkok, February 1987.)

Ghan, S. J., M. C. MacCracken and J. J. Walton. 1987 a. The climatic response to large atmospheric smoke injections: sensitivity studies with a tropospheric general circulation model. Journal of Geophysical Research. (Submitted.)

Ghan, S. J., M. C. MacCracken and J. J. Walton. 1987 b. Chronic effects of large atmospheric smoke injections: interactions with the ocean mixed layer, sea ice, and ground hydrology. Paper presented at the Defense Nuclear Agency, Global Effects Program Technical Meeting, Santa Barbara, California, 7-9 April 1987.

Golitsyn, G. S. 1986 a. Climatic consequences of nuclear war. Paper presented at the ICSU Symposium on the Consequences of Nuclear War, Berne, 16 September 1986. Paris: ICSU Press.

Golitsyn, G. S. 1986 b. Nuclear winter: new developments from the USSR. Environment, vol. 28, pp. 5-44.

Golitsyn, G. S. and M. C. MacCracken. 1987. Atmospheric and climatic consequences of a major nuclear war: results of recent research. Geneva: World Meteorological Organization, WCP-142.

Golitsyn, G. S. and N. A. Phillips. 1986. Possible climatic consequences of a major nuclear war. Geneva: World Meteorological Organization, WCP-113.

Golitsyn, G. S. and A. Kh. Shukurov. 1987. Temperature effects of dust aerosols on the example of dust storms in Tadjikistan. Proceedings of the USSR Academy of Science, 1987.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Gostintsev, Yu. A. 1986. Generation, vertical distribution and climatic effects of soot from nuclear blasts. Paper presented at the Second All-Union Conference of Scientists for Peace and Nuclear War Prevention, Moscow, 27-29 May 1986.

Green, W., T. Cairns and J. Wright. 1987. New Zealand After Nuclear War. New Zealand Planning Council, Wellington, New Zealand. 166 p.

Harwell, M. A. 1984. Nuclear Winter: The Human and Environmental Consequences of Nuclear War. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer Verlag. 179 p.

Harwell, M. A. and T. C. Hutchinson. 1986. Environmental Consequences of Nuclear War. Volume II. Ecological and Agricultural Effects, SCOPE 28, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 517 p.

Institute of Medicine. 1986. The Medical Implications of Nuclear War. Eds. Solomon, F. and R. Q. Marston, National Academy Press, Washington, D.C.: IOM. 619 p.

Izrael, Yu. A. 1984. Ecology and Control of the State of Environment. Leningrad: Hydromet, Publishing House. 560 p.

Kondratyev, K. Ya. and G. A. Nikolsky. 1986. Possible ecological consequences of nuclear war for atmosphere and climate. Review preprint, Moscow: Centre for International Projects. 48 p.

Kondratyev, K. Ya., O. B. Vasilyev, V. S. Grishechkin. 1971. Concerning the spectral distribution of the radiative flux of heat into the atmosphere. Doklady Acadi. Sci. USSR, vol. 198, pp. 322-327.

Malone, R. C., L. H. Auer, G. A. Glatzmaier, M. C. Wood. and O. B. Toon. 1986. Nuclear winter: three-dimensional simulations including interactive transport, scavenging and solar heating of smoke. Journal of Geophysical Research, vol. 91, pp. 1039-1053.

Malone, R. C. 1987. A comparison of Eulerian and Lagrangian methods for tracer transport in a GCM. Paper presented at the Defense Nuclear Agency Global Effects Technical Meeting, 7-9 April 1987, Santa Barbara, California.

Mulholland, G. 1986. Smoke emission. Paper presented at the Defense Nuclear Agency/National Bureau of Standards Workshop on Smoke Emission and Properties, 13-14 November 1986, Gaithersburg, Maryland.

National Research Council. 1975. Long-term Worldwide Effects of Multiple Nuclear Weapons Detonations. Washington, D.C.: National Academy Press. 213 p.

National Research Council. 1985. The Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange. Washington, D.C.: National Academy Press. 193 p.

Patterson, E. M., C. K. McMahon and D. E. Ward. 1986. Absorption properties and graphitic carbon emission factors of forest fire. Geophysics Research Letters, vol. 13, pp. 129-132.

/...

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Penner, J. 1986. Uncertainties in the smoke source term for nuclear winter studies. Nature, vol. 324, pp. 222-226.

Peterson, J. Ed. 1983. The Aftermath: The Human and Ecological Consequences of Nuclear War. New York: Pantheon Books. 96 p.

Pittock, A. B. 1987. Nuclear Winter in Australia and New Zealand: Beyond Darkness. South Melbourne: The Macmillan Company of Australia Pty. Ltd. 264 p.

Pittock, A. B., T. P. Ackerman, P. J. Crutzen, M. C. MacCracken, C. S. Shapiro and R. P. Turco. 1986. Environmental Consequences of Nuclear War. Volume I. Physical and Atmospheric Effects, SCOPE 28, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. 360 p.

Robock, A. 1984. Snow and ice feedbacks for prolonged effects of nuclear winter. Nature, vol. 310, pp. 667-670.

Robock, A. 1988. Cooling from 1987 forest fires. Paper presented at the DNA Global Effects Program Technical Meeting, 19-21 April 1988, Santa Barbara, California.

Royal Society of Canada. 1985. Nuclear Winter and Associated Effects: A Canadian Appraisal of the Environmental Impact of Nuclear War. Ottawa: Royal Society of Canada. 382 p.

Schneider, S. H. 1987. Climate modelling. Scientific American, May 1987, pp. 72-80.

Schneider, S. H. and R. Londer. 1984. The Co-evolution of Climate and Life, San Francisco: Sierra Club Books. 563 p.

Seshu, D. V., T. Woodhead, D. P. Garrity and L. R. Oldeman. 1987. Production and vulnerability of rice as affected by weather and climate. Paper distributed at the SCOPE-ENUWAR workshop, Geneva, 16-20 November 1987.

Small, R. D. and B. H. Bush. 1985. Smoke production from nuclear explosions in non-urban areas. Science, vol. 229, pp. 46-469.

Small, R. D., B. H. Bush and M. A. Dore. 1987. SCOPE Conference paper GE.02.87, Geneva, 1987.

Small, R. D., B. H. Bush and M. A. Dore. 1988. Initial smoke distribution for nuclear winter calculations. Aerosol Science and Technology (in press).

Small, R. D. and K. E. Heikes. 1988. Early cloud formation by large area fires. Journal of Applied Meteorology (in press).

Sokolik, I. N., T. A. Tarasova and E. M. Feigelson. 1986. Optical characteristics of the smoky atmosphere and radiative heating. Meteorologia i Hydrologia, No. 11, pp. 31-36. (In Russian.)

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

Stenchikov, G. L. and P. Carl. 1985. Climate consequences of nuclear war: sensitivity to large-scale inhomogeneities in the initial atmospheric pollution. Preprint, GDR Academy of Sciences. 90 p.

Stenchikov, G. L. 1986. Climatic consequences of nuclear war: numerical experiments with a hydrodynamical climate model. In Climatic and Biological Consequences of Nuclear War, Moscow: Nauka, pp. 66-99.

Stephens, S. L., J. G. Calvert and J. W. Birks. 1988. Ozone as a sink for atmospheric carbon aerosols: today and following nuclear war. Paper presented at the SCOPE-ENUWAR workshop in Moscow, 21-25 March 1988.

Svirezhev, Yu. M., G. A. Alexandrov, P. L. Arkhipov, A. D. Armand, N. V. Belotelov, E. A. Denisenko, S. V. Fesenko, V. F. Krapivin, D. O. Logofet, L. L. Ovsyannikov, S. B. Pak, V. P. Pasekov, N. F. Pisarenko, V. N. Razzevaikin, D. A. Sarancha, M. A. Semenov, D. A. Smidt, G. L. Stenchikov, A. M. Tarko, M. A. Vedjushkin, L. P. Vilikova, and A. A. Voinov. 1985. Ecological and Demographic Consequences of a Nuclear War. Moscow: Computing Centre, USSR Academy of Sciences. 282 p.

Thompson, S. L., V. Ramaswamy and C. Covey. 1987. Atmospheric effects of nuclear war aerosols in General Circulation Model simulations: influence of smoke optical properties. Journal of Geophysical Research, vol. 92, No. D9, pp. 10942-10960.

Tripoli, G. J. and S. W. Kang. 1987. A numerical simulation of the smoke plume generated by a hypothetical urban fire near San Jose, California. SCOPE-ENUWAR Paper BA.01.87.

Turco, R. P., O. B. Toon, T. P. Ackerman, J. B. Pollack and C. Sagan. 1983. Nuclear winter: global consequences of multiple nuclear explosions. Science, vol. 222, pp. 1283-1292.

United Nations. 1981. Comprehensive Study on Nuclear Weapons, New York: United Nations, Sales No. E.81.I.11.

United Nations. 1985. Climatic effects of nuclear war, including nuclear winter, a compilation. General Assembly document A/40/449 and Corr.1 and 2, New York: United Nations.

Velikhov, Ye. P. 1985. (Ed.) The Night After: Climatological and Biological Consequences of Nuclear War. Moscow: Mir, 1985.

Veltishchev, N. N., A. S. Ginsburg, and G. S. Golitsyn. 1987. Comparative analysis of mass "nuclear" and natural forest fires. (Submitted Isvestia Atmos. Oceanic Physics.)

Vupputuri, R. K. R. 1986. The effect of ozone photochemistry on atmospheric and surface temperature changes due to large atmospheric injections of smoke and NO_x by a large-scale nuclear war. Atmospheric Environment, vol. 20, pp. 665-680.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library

World Health Organization. 1984. Effects of Nuclear War on Health and Health Services. Geneva: WHO. 176 p.

World Health Organization. 1987. Effects of Nuclear War on Health and Health Services. Second edition, Geneva: WHO. 179 p.

Woodie, W. L., D. Remetch and R. D. Small. 1984. Battlefield Fires from Tactical Nuclear Weapons. Defense Nuclear Agency, Report DNA-TR-86-235, 15 November 1984.

Xu, Guo-chang, Ghenm, Min-lian and Wu, Guo-Xiant. 1979. On an extraordinarily heavy sandstorm on April 22nd in Gansu. Acta Meteorologia Sinica, vol. 37, pp. 27-35.

Zak, B. 1987. Plume characterization studies of hydrocarbon pool fires. Paper presented at the Defense Nuclear Agency Global Effects Program Meeting, 7-9 April 1987, Santa Barbara, California.

Digitized by Dag Hammarskjöld Library