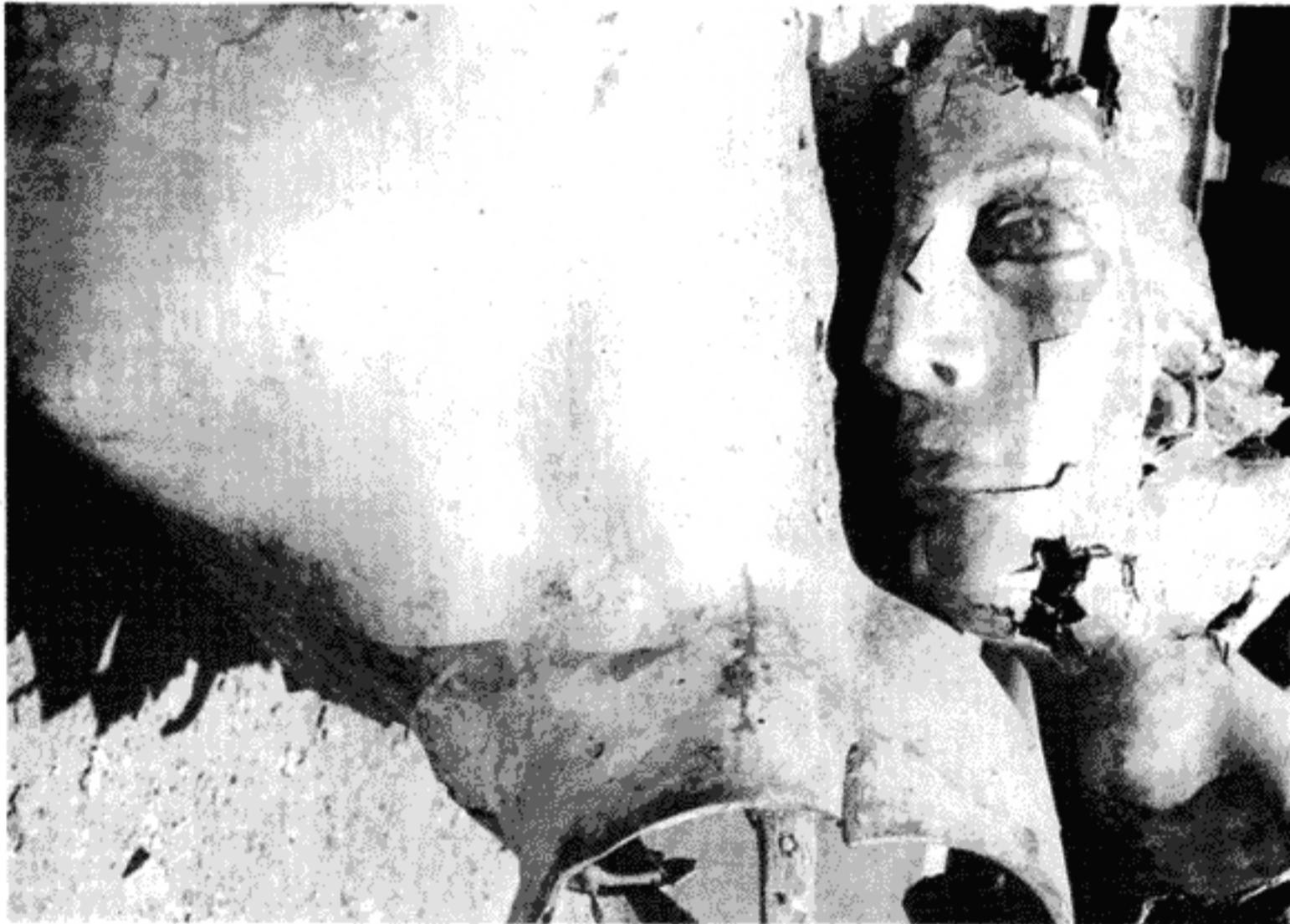


# La amenaza nuclear II\*

LUIS E. ACEVEDO GÓMEZ\*\*

Foto: Manuel Álvarez Bravo



## *EFECTOS A LARGO PLAZO EL INVIERNO NUCLEAR*

Cuando un volcán grande hace erupción en la superficie de la Tierra, expelle hacia la estratosfera alrededor del globo una gran cantidad de materia. En algunos casos se puede conocer cuánto polvo llega a la alta atmósfera, el tamaño de las partículas (generalmente menores a 1 micra) y la composición de dichas partículas (generalmente ácido sulfúrico y silicatos). Como la estratosfera es muy seca, la lluvia no arrastra dichas partículas; y como el movimiento por convección es casi nulo en la estratosfera, los movimientos atmosféricos no desechan el polvo en la

misma. El resultado es que las partículas caen por su propio peso, lentamente ya que son muy livianas y le toma a la estratosfera más de un año limpiarse totalmente. Para muchas explosiones volcánicas existen mediciones que indican un descenso de aproximadamente un grado en la temperatura global. Hoy en día es posible calcular dichas bajas con gran precisión gracias a diversos métodos desarrollados.

Actualmente se sabe que las explosiones nucleares envían grandes cantidades de polvo fino hacia la atmósfera y se han calculado los efectos climáticos que dicho fenómeno puede causar. Además se han hecho estimaciones preliminares de la cantidad de humo que puede surgir debido a incendios en los bosques y ciudades, causados por una guerra nuclear de grandes proporciones.

\* Amenaza nuclear I apareció en CIENCIAS 17, enero 1990.  
\*\* Estudiante de Física de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Existe hoy en día en los arsenales de la Unión Soviética y de Estados Unidos, una capacidad de explosión de alrededor de los 60 000 megatones. Esto sin incluir, por supuesto, los arsenales nucleares en el resto del mundo, principalmente los de Inglaterra, Francia y China, que suman unos pocos cientos de megatones. No se sabe qué cantidad de estas armas podrían detonarse en una guerra nuclear, sólo como consecuencia de ataques directos a silos de misiles y vehículos cargados nuclearmente, además de las que podrían ocurrir por simples fallas técnicas. Sin embargo sería casi imposible detener una pequeña guerra nuclear antes de que se utilice gran parte de los arsenales mundiales. Por estas razones, al examinar las posibles consecuencias de una guerra nuclear, se debe pensar en la posibilidad de que se desate un intercambio del orden de entre 5 000 y 7 000 megatones en su totalidad. Sin embargo muchos de los efectos que a continuación se discutirán podrían iniciarse con intercambios mucho más pequeños. Existen menos de 2 500 ciudades en el mundo con una población de más de 100 000 habitantes, de tal forma que la devastación de las mismas está al alcance de los arsenales mundiales.

Las más recientes estimaciones de muertes inmediatas, debidas a los efectos directos de explosiones nucleares, y que fueron consideradas para el desarrollo de la primera parte de este trabajo, fluctúan entre 100 000 000 y 1 100 000 000 que sucederían en el caso de un intercambio nuclear a gran escala. Además, alrededor de 1 100 000 000 de personas más sufrirían lesiones serias.

Esto significa que cerca de la mitad de la población mundial moriría o sufriría lesiones que requieren atención médica inmediata. La desorganización social, la falta de electricidad, combustible, transporte, comida, comunicación y otros servicios, como los médicos y los de sanidad, así como la proliferación de enfermedades y de severos desórdenes psiquiátricos, causarían aún más muertes entre los sobrevivientes. Otros efectos que no han sido considerados hacen todavía más sombrío el panorama.

Existen cuatro efectos que constituyen los principales adversarios del ambiente y que surgen como consecuencia de una guerra nuclear; sin embargo puede haber otros que ni siquiera nos imaginamos. Entre los efectos contemplados destacan:

1. La gran cantidad de partículas condensadas y polvo fino que sube a la alta troposfera y a la estratosfera, como consecuencia de la vaporización, derretimiento y pulverización de la superficie de la tierra en explosiones superficiales o de baja altura.

2. La gran cantidad de humo negro generado por los fuegos causados por explosiones sobre ciudades y bosques, el cual sube a la troposfera (atmósfera baja) y en caso de tormenta de fuego puede llegar a la estratosfera (atmósfera alta).

3. Las partículas radiactivas que son enviadas a la troposfera en ataques de baja explosividad y a la estratosfera en ataques de alta explosividad.

4. La producción de óxidos de nitrógeno en la estratosfera como resultado de la combustión de dicho elemento. Esta combustión estaría causada por el fuego generado por explosiones de entre 0.1 y 1 megatón. Los óxidos de nitrógeno atacarían y destruirían químicamente la capa de ozono que se encuentra en la estratosfera media y causaría un aumento en el flujo de la radiación ultravioleta solar hacia la superficie de la Tierra.

El polvo, y en especial el hollín negro, absorbería la luz visible ordinaria que proviene del sol, calentando la atmósfera y enfriando la superficie. Hoy día está probado que después de una guerra nuclear, sobrevendría una prolongada etapa de temperaturas bajas severas, lo que se conoce como el *invierno nuclear*.

Estos efectos no estarían restringidos a las latitudes medias del hemisferio norte, donde principalmente ocurriría el intercambio nuclear. Hay evidencia sustancial de que el calentamiento atmosférico sobre estas latitudes cambiaría fuertemente la circulación atmosférica global. Las partículas y el polvo atravesarían el ecuador en cosa de semanas llevando el invierno nuclear al hemisferio sur. Todo esto sin tomar en cuenta que también en el hemisferio sur estallarían alrededor de 100 megatones contribuyendo así localmente al invierno nuclear. Aunque en esta zona sería menos intenso aun así se generarían desórdenes climáticos y ambientales masivos en la región.

Debido a la alta capacidad calórica del agua, la temperatura en los mares y océanos bajaría aunque como máximo sólo serían unos cuantos grados. Esto originaría que las temperaturas en las costas no bajarán tanto como en las zonas continentales. Sin embargo este contraste entre continentes congelados y mares poco fríos, produciría tormentas continuas de intensidades sin precedente en las costas, lo que provocaría gran cantidad de radiación en los vientos y lluvias que llegarán a dichas costas.

Se han estudiado los efectos tan serios que se han causado en el mundo entero, cuando se han producido disminuciones en



Foto: Manuel Álvarez Bravo

la temperatura global, menores a la que podemos esperar como consecuencia de una guerra nuclear. Estos descensos de temperatura se han dado varias veces debido a explosiones volcánicas que envían polvo a la estratosfera y obstruyen el paso de la luz solar. Asimismo se ha observado que los pequeños cambios globales están asociados con cambios regionales de considerable magnitud. En los últimos mil años las bajas en la temperatura global no han pasado de 1°C. En una era glacial una baja en temperatura típica es alrededor de 10°C. Algunas estimaciones conservadoras indican que una guerra nuclear de pequeñas proporciones, causaría una baja global en la temperatura de este orden, aunque claro, ésta no duraría tanto con una era glacial.

Debido al oscurecimiento del sol, la luz a pleno día podría llegar a tener la intensidad de la penumbra crepuscular. En las latitudes medias del hemisferio norte estaría tan oscuro a mediodía que no se podría ver nada por espacio de cuatro semanas. En muchas partes del planeta los niveles de intensidad de luz bajarían a un porcentaje por debajo de la intensidad normal y, en algunos casos, podría llegarse a lo que se conoce como punto de compensación, en el cual la fotosíntesis no puede proveer de la energía suficiente para que se realice normalmente el metabolismo vegetal en las plantas.

La normalización de las temperaturas en todo el mundo puede tardar desde 100 días hasta un año dependiendo de la cantidad de los arsenales mundiales que sean detonados.

Mientras la lluvia radiactiva cae, los niveles de intensidad de luz aumentan calentando nuevamente la superficie. Ahora la reducida capa de ozono permite el paso de la radiación ultravioleta en grandes proporciones. Considerando, como ejemplo, un intercambio de 5 000 megatones, se considera que para la radiación que llega pronto a la tierra (la de mayor intensidad), los contornos de radiación esparcidos por el viento cubrirían 30% del hemisferio norte, con alrededor de 250 rems. En adición, habría una dosis de 100 rems distribuida sobre todo este hemisferio.

Existen también otros efectos, como serían agujeros en las nubes de polvo, congelamientos inmediatos, dispersión de nubes de humo, circulación atmosférica regional, efectos de precipitación de agua, variación diurna de temperaturas y otros más que pueden causar cambios en el esquema presentado. Algunos de estos podrían mejorar el panorama mientras que otros podrían hacerlo más sombrío. Por esta razón los cálculos hechos no representan pronósticos completamente acertados, que deban forzosamente cumplirse en caso de una guerra nuclear. Sin embargo hay acuerdo general en un sentido: después de una guerra

nuclear hay un periodo de varios meses, caracterizado por un frío extremo y por penumbra radioactiva, seguido (luego de que se despeja el cielo) por un considerable y extenso periodo de aumento de la intensidad de la luz ultravioleta que llegaría a la superficie terrestre.

Lo que se ha expuesto hasta aquí, en esta segunda parte es *grosso modo* lo que se conoce como el invierno nuclear. Sin embargo, cabe mencionar que otro efecto de gran importancia a considerar, es la producción de gases tóxicos provocados por los fuegos desatados. La combustión de una variedad de materiales que se encuentran en las ciudades como por ejemplo los empleados en la construcción, los químicos y otros, genera grandes cantidades de prototoxinas, entre los que se cuentan el monóxido de carbono, los cianuros, los cloruros de vinil, los óxidos de nitrógeno, las dioxinas y muchos más. En especial las ciudades de reciente construcción, al incendiarse, contribuirían en mayor cantidad a la generación de dichos químicos. Aunque la magnitud del daño causado por este efecto no se conoce, sí se considera que el ambiente cargado con dichos químicos podría permanecer por varios meses.

A todo esto podríamos añadir los sinergismos, los cuales, según discutimos ya en la primera parte, incrementarían las condiciones adversas. Como ejemplo podríamos considerar el siguiente: el número de los depredadores de insectos, digamos, las aves, se reducirían notablemente (por no decir que se extinguirían), debido al frío y a la radiación. Entonces los insectos, siendo más resistentes a cambios severos en el ambiente, proliferarían enormemente. La radiación podría producir formas particularmente virulentas de microorganismos,

los que a su vez podrían ser transmitidos a los seres humanos por los insectos mismos, cuyo sistema inmunológico de alguna forma, se encontraría afectado por los efectos directos o indirectos causados por la guerra nuclear.

Los cálculos hechos indican que una guerra nuclear que comprenda tan solo 100 megatones, puede desatar el invierno nuclear. Pero 100 megatones representan sólo el 0.8% de los arsenales mundiales. Este umbral de 100 megatones fue rebasado por los Estados Unidos a principios de la década de los 50. La Unión Soviética los rebasó a mediados de los 60. En ninguno de los dos casos se sabía que se estaba rebasando este límite, ya que no se habían hecho estudios en torno a los efectos climáticos que podrían ser causados. Hoy en día se conocen estos



Foto: Víctor Flores Olea

efectos y, sin embargo, la proliferación de las armas nucleares mantiene un aumento precipitado.

### **LAS CONSECUENCIAS BIOLÓGICAS DE UNA GUERRA NUCLEAR**

El destino de 2 000 o 3 000 millones de personas que no mueran inmediatamente en la guerra nuclear, incluyendo los de los países alejados de los blancos nucleares, podría, en muchos sentidos, ser peor que el de las personas en los países atacados. Esta gente, además de sufrir directamente de temperaturas de congelación, oscuridad y radiación, sufriría el peor efecto a largo plazo: el impacto de la guerra sobre los sistemas del medio ambiente del planeta. Para entender esto se debe conocer un poco de lo que en biología se denomina un ecosistema. Un ecosistema es una comunidad biológica (todos los animales, plantas y microorganismos que viven en un área), combinando con el medio ambiente físico en que ellos existen. El medio ambiente incluye la radiación solar, los gases de la atmósfera, el agua de los ríos, los minerales del suelo y otros elementos. La esencia de un ecosistema es una cadena de procesos que conectan a los organismos entre ellos y su medio ambiente físico. Estos procesos incluyen un flujo de energía unidireccional a través del ecosistema y un movimiento cíclico de material en el mismo.

La luz solar es la fuente de todos los ecosistemas significativos, no sólo por el papel que juega en la fotosíntesis, sino también porque provoca procesos puramente físicos como la evaporación de agua de los mares y de las superficies terrestres para su recirculación. Se puede comprender entonces, fácilmente por qué un evento que bloquee la luz solar puede tener efectos catastróficos en el funcionamiento de los ecosistemas.

Es aquí donde se debe entender que, siendo los humanos parte del ecosistema, su dependencia del mismo es total, para la producción agrícola y para otros servicios públicos. Estos servicios incluyen aspectos como: regulación de climas y mantenimiento de la composición gaseosa de la atmósfera, distribución de agua, eliminación de desechos, reciclamiento de nutrientes, preservación de suelos, control de una gran parte de las plantas que afectan al agro o al hombre, suministro de alimentos del mar y mantenimiento de una biblioteca genética basta, con la cual el hombre ha mantenido la base de la civilización. La perturbación de los ecosistemas significa la eliminación de estos servicios, y los que sobrevivan a la guerra nuclear necesitarán de ellos mucho más que nosotros actualmente.

En una guerra nuclear los efectos mayores sobre los ecosistemas serían básicamente dos: la oscuridad extendida sobre el planeta y el frío extremo en los continentes. Sin embargo, hay que considerar otros más, como son los fuegos, la contaminación tóxica, la radiación ultravioleta (que entre otras cosas daña al material genético), la radiación nuclear, las lluvias ácidas, la contaminación química del suelo y de los cuerpos de agua y las tormentas violentas en zonas costeras.

Las conclusiones biológicas de los efectos sobre los ecosiste-

mas dependen menos de los patrones exactos de detonación que de los efectos inmediatos de la onda de choque, calor y radiación inicial. Sólo en caso de una guerra de pequeña escala el análisis a hacerse no aplicaría; sin embargo, según se ha discutido ya una guerra de pequeñas proporciones no es muy factible. Es posible que las conclusiones subestimen las consecuencias debido a que no se conoce el mecanismo detallado global de los ecosistemas y, por lo tanto, no es posible evaluar las interacciones sinérgicas envueltas. Sin embargo, aunque los efectos climáticos no corrieran el hemisferio norte o el planeta en su totalidad, los impactos de la guerra nuclear en los ecosistemas del planeta serían sustanciales.



Foto: Eduardo Farré

### **EFECTOS DEL FRÍO Y LA OSCURIDAD**

Las temperaturas bajas tendrían efectos dramáticos en las poblaciones animales, muchas de las cuales serán eliminadas debido a que éstos no están acostumbrados a tales temperaturas. Sin embargo la clave para los efectos sobre los ecosistemas, es el impacto de la guerra sobre las plantas. Su actividad se conoce como producción primaria (captura de energía solar a través de la fotosíntesis) y como la acumulación de nutrientes que son necesarios para el funcionamiento de todos los componentes biológicos de ecosistemas naturales y agrícolas. Sin la actividad fotosintética todos los animales dejarían de existir.

El impacto de las temperaturas bajas en las plantas, depende, entre otras cosas, de la época del año en que ocurran, de su duración y de la resistencia de las plantas a la congelación. Un descenso abrupto en la temperatura es particularmente dañino. Después de una guerra nuclear las temperaturas bajarían rápidamente sin permitir que las plantas que posean cierta resistencia al frío pudieran aclimatarse antes de que la temperatura descendiese a niveles letales. Incluso si se dieran temperaturas considerablemente más altas que el punto de congelación, causarían daño a algunas plantas... Además las plantas enfermas o dañadas poseen una reducida capacidad de aclimatación al frío.

Todo esto causaría que virtualmente todas las plantas terres-



Arnold Belkin

tres en el hemisferio norte se dañaran o murieran después de una guerra, si ésta ocurre durante una temporada de crecimiento o antes. Una guerra en otoño o invierno no causaría una gran devastación de cosechas, ya que el trigo, el arroz, el maíz y otros granos, ya estarían recogidos y almacenados. Sin embargo, debido a que el invierno nuclear duraría varios meses, la cosecha de la temporada siguiente no prosperaría. También, como las temperaturas de invierno alcanzarían extremos mayores a lo de costumbre, también serían destruidas las cosechas perennes como los árboles frutales y otras. Aunque las semillas de plantas de climas templados no se dañaran por el frío, las de plantas tropicales si se afectarían.

Una guerra en otoño o invierno tendría mucho menos impacto en las plantas de altas latitudes, que una guerra de primavera o verano; sin embargo en los trópicos, donde las plantas crecen todo el año, sería catastrófico. Sólo en las zonas costeras las plantas terrestres no serían devastadas por el frío, pero las de estas zonas se verían sometidas a las tormentas causadas por las diferencias de temperatura entre los mares y los continentes.

Además del frío, el bloqueo de la luz solar terminaría con la actividad fotosintética. Esto tendría consecuencias innumerables que se propagarían a lo largo de la cadena alimenticia. La producción primaria se vería reducida en proporción a la cantidad de luz que llegara del sol. Si el nivel de luz decayera a 5% o menos, cosa que es muy probable en las latitudes medias del hemisferio norte, la mayoría de las plantas cesaría de crecer. Entonces, aun si las temperaturas permanecieran normales, la productividad de las cosechas y los ecosistemas naturales se vería reducida por el bloqueo de la luz. Combinados el frío y la oscuridad constituirían una catástrofe sin precedentes para los ecosistemas.

## EFFECTOS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Los óxidos de nitrógeno enviados a la estratosfera provocarán una reducción de la capa estratosférica de ozono del orden de 50%. Normalmente esta capa de ozono filtra la luz solar de la radiación ultravioleta. Aunque durante los primeros meses posteriores a la guerra, el polvo y el ollín impedirían que dicha radiación llegara a la superficie terrestre, la ausencia de ozono duraría más tiempo y cuando la atmósfera se despejara, los organismos se verían sometidos a niveles de radiación ultravioleta mucho más altos que los considerados como dañinos para ecosistemas y seres humanos.

Las plantas reducen el proceso de fotosíntesis en presencia de la radiación ultravioleta. Pero además, las hojas que se han desarrollado en luz de poca intensidad, son dos o tres veces más sensibles a esta radiación que las que se han desarrollado normalmente bajo luz solar. En este caso se complicaría el daño a las plantas por la radiación ultravioleta.

El sistema inmunológico humano y de otros mamíferos se debilita, incluso, en presencia de bajas dosis de radiación ultravioleta. Este efecto, en combinación con las enfermedades y otras circunstancias más, afectaría de manera crítica la habilidad de recuperación del organismo. También se ha sugerido que la exposición prolongada a dicha radiación con niveles aumentados, produce pérdida de la visión.

## EFFECTOS DE LA LLUVIA RADIATIVA

Hechos estimados sugieren que en las primeras 48 horas en el hemisferio norte un total de 2 000 000 millas cuadradas serían expuestas a niveles de radiación de sobre 1000 rems, en la dirección en que sopla el viento desde los puntos de detonación. Estas dosis son letales para todas las personas, animales y plantas expuestas.

Aproximadamente un 30% del área de las latitudes medias del hemisferio norte, se expondría a más de 500 rems en las primeras 24 horas, con las consecuencias ya discutidas en la primera parte de este trabajo. El número total de personas afectadas en esta parte del globo sería mayor al 1000 000 000. Dosis más pequeñas que las anteriores cubrirían la mitad o quizá más, del hemisferio norte causando cáncer y mutaciones genéticas.

El efecto de la radiación sobre los ecosistemas es más difícil de predecir, debido a que los distintos organismos poseen diferente susceptibilidad a la radiación. Los más vulnerables resultan ser las coníferas, que forman bosques extensos sobre las partes más frías del hemisferio norte. Esta vegetación quedaría destruída en un área total de más del 2% del hemisferio norte. Esto, a su vez, propiciaría las condiciones para el desarrollo de fuegos extensos.

Aparte de las coníferas, las aves y los mamíferos son también muy sensibles a la radiación. Así, pues, este fenómeno contribuiría al trastorno del funcionamiento normal de los ecosistemas. Además, algunos isótopos radiactivos entrarían en los ci-

los alimenticios, concentrándose en el proceso y aumentando los daños sobre los organismos ya afectados.

### **EFFECTOS DE LOS FUEGOS Y LA NUBE DE POLVO Y OLLÍN**

Muchos de los ecosistemas se dañarían o destruirían como resultado de la onda de choque, de la bola de fuego y de la radiación, durante las miles de explosiones nucleares en los distintos blancos. Además, los pozos petroleros, las reservas de carbón, etc, continuarían ardiendo por meses. Así los fuegos secundarios, que cubrirían posiblemente 5% o más de la superficie del hemisferio norte, tendrían efectos devastadores sobre los ecosistemas. En caso de las áreas extensas quemadas, durante la siguiente temporada lluviosa se propiciarían inundaciones y erosiones catastróficas.

Los desechos tóxicos y radiactivos arrastrados por las aguas, podrían matar gran parte de la fauna de los ríos, lagos y zonas costeras. En ese caso, se eliminaría esta fuente de alimentos para los humanos sobrevivientes, al morir o contaminarse los peces y otros alimentos.

Los grandes fuegos calentarían suficientemente el suelo como para matar las semillas durmientes. Además, hay hechos que indican que los fuegos podrían llegar a cubrir hasta 600 millas cuadradas. Esto generaría un fuerte smog en la atmósfera, compuesto de una variedad de químicos tóxicos, y traería, como consecuencia probable, lluvias ácidas de alta toxicidad. La dinámica alterada de la atmósfera tendría por resultado severas sequías en ciertas áreas.

Al someter los ecosistemas a la combinación de varios de los efectos ya considerados (frío, oscuridad, fuego, lluvia ácida, etc.) se podrían desatar plagas y enfermedades que se extenderían en tiempo y espacio, más allá de la devastación directa de la guerra.

### **EFFECTOS SOBRE VERTEBRADOS Y ORGANISMOS TERRESTRES**

Los herbívoros y carnívoros salvajes, al igual que los animales domésticos, morirían debido al frío, al hambre o inclusive a la sed, ya que los cuerpos de agua estarían congelados. Así proliferarían, después de la guerra, los animales que se alimentan de organismos descompuestos gracias a la gran cantidad de cuerpos humanos y animales insepultos. Debido a esto, después del deshielo, los animales más numerosos serían: ratas, cucarachas, moscas y otros semejantes.

Los organismos que no fotosintetizan podrían permanecer inactivos por largos periodos. No se verían muy afectados por el frío y la oscuridad. Pero en muchas áreas la ausencia de vegeta-

ción expondría el suelo a una gran erosión gracias al viento y al agua, por lo que, aunque estos organismos no son especialmente susceptibles a los efectos atmosféricos de la guerra, se verían afectados porque los ecosistemas en que ellos se encuentran sí serían destruidos.

### **EFFECTOS SOBRE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS**

Los sistemas agrícolas se afectarían mediante el mismo tipo de mecánica que los ecosistemas naturales. En los centros urbanos se almacenan pocos alimentos básicos, y en el caso de la carne y de otros productos perecederos, las existencias acumuladas son mínimas por tratarse de producción reciente. Sólo los cereales se guardan en cantidades significativas, pero, usualmente los lugares de almacenamiento se encuentran en sitios alejados de los centros urbanos. Debido a todo esto, después de la guerra las fuentes de comida en el hemisferio norte serían destruidas o contaminadas, o localizadas en áreas inaccesibles, o agotadas en poco tiempo. Los sobrevivientes de la guerra pronto estarían pasando hambre. Los países dependientes de importaciones, aunque no hayan sufrido ataques directos, resentirían el cese de dichas importaciones. Entonces estos países tendrían que depender de su agricultura y ecosistemas naturales, lo que para muchos países en desarrollo podría significar hambre en gran parte de su población.

La recuperación de la agricultura en la posguerra sería muy difícil. Muchas cosechas dependen grandemente de subsidios de energía y fertilizantes. Además la producción agrícola en masa necesita buena luz solar, fuentes de agua adecuada, supresión de plagas y otras circunstancias. Luego de que las condiciones ambientales regresaran a lo "normal", la facilidad con que se pueda recuperar la agricultura, dependería de la

reorganización de los sistemas sociales (la disponibilidad de energía y condición psicológica de la población), y del grado en que haya sobrevivido la producción de semillas y animales. Como las semillas para la mayor parte de Norteamérica, Europa y la Unión Soviética no se almacenan en granjas individuales, se reduciría aún más su disponibilidad para el cultivo. A todo esto le podemos añadir que, debido a la hostilidad del clima, las cosechas serían menos abundantes que lo normal si no es que fracasan.

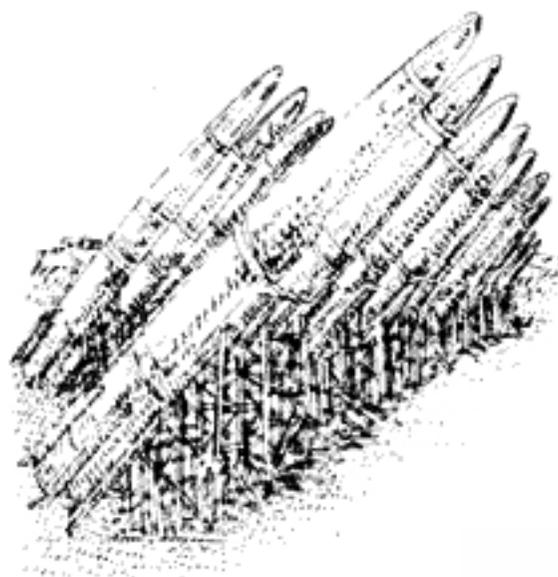
Se debe enfatizar que los sistemas agrícolas dependen inevitablemente del ecosistema natural en que ellos se encuentran.

### **EL DESTINO DE LOS TRÓPICOS**

Para cualquier escenario de guerra nuclear, la propagación del frío y oscuridad en los trópicos de ambos hemisferios, es similar. Aunque estos efectos se encontrarán perfectamente concentra-



Foto: Paul Theroux



dos en las regiones más templadas del norte, los pulsos de aire frío penetrarían hacia los trópicos.

Muchas plantas en las regiones tropicales y subtropicales no poseen mecanismos que les permitan inactivarse para tolerar temporadas frías. Y aunque las temperaturas no descendieran al punto de congelación, aun así se producirían daños en gran escala sobre las plantas. Además, grandes áreas de la vegetación tropical se encuentran cerca del "punto de compensación" fotosintético (su toma de CO<sub>2</sub> es sólo un poco mayor que la expulsión del mismo). Si los niveles de luz bajan, aunque la temperatura no baje, dichas plantas empezarían a expulsar más CO<sub>2</sub> del que toman. Si la oscuridad permaneciera por mucho tiempo o si además bajara la temperatura simultáneamente, desaparecerían muchos bosques tropicales. Al desaparecer se estaría perdiendo con ellos la diversidad genética, incluyendo especies animales y vegetales. Los animales tropicales son más susceptibles al frío que los de las zonas templadas, por lo tanto muchos morirían. En resumen, las consecuencias debido a los cambios climáticos en las zonas tropicales, serían más severas que en las zonas templadas.

Además, aun en ausencia de frío y oscuridad, en las zonas tropicales la dependencia de los humanos de importación de comida y fertilizantes, llevaría a problemas serios. Gran número de gente se vería forzada a salir de la ciudad a cultivar las áreas restantes de bosques lluviosos tropicales, acelerando su destrucción al forzar el sistema más allá de su capacidad.

#### EFFECTOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

En general, como la temperatura de los océanos bajaría un poco según se discutió ya, los sistemas acuáticos sufrirían menos los efectos del frío que los sistemas terrestres. Sin embargo, los cuerpos de agua dulce (ríos, lagos) se congelarían hasta profundidades considerables. Esto reduciría los niveles de intensidad de luz en los mismos, y por lo tanto el oxígeno se acabaría y muchos organismos acuáticos morirían.

En los océanos la oscuridad impediría la fotosíntesis de las

algas que es la base de la cadena alimenticia marina. La reproducción de estas algas, conocidas como fitoplancton, sería reducida o eliminada en muchas partes y el fitoplancton sobreviviente sería consumido pronto por el zooplancton (consumidores de fitoplancton). Cerca de la superficie oceánica, la producción de fitoplancton se reduciría debido a los niveles de radiación ultravioleta. Mientras que en el hemisferio norte, las cadenas alimenticias marinas podrían ser alteradas gracias a la extinción de muchas especies de peces.

A esto hay que añadir que las aguas del mar, después de la guerra, se verían convertidas en zonas tormentosas, lo que haría de la pesca una tarea difícil, si no es que imposible. En general, la situación tiende a indicar que la alimentación proveniente de la vida marina sería inaccesible para los sobrevivientes.

#### EL DESTINO DE LA TIERRA

Debido a los efectos del frío y la oscuridad, la sobrevivencia humana se vería claramente restringida a las islas y zonas costeras del hemisferio sur y la población humana retrocedería a niveles prehistóricos. Aún admitiendo esta posibilidad, es cuestionable la sobrevivencia de estos grupos de gente, o de individuos solitarios. Los humanos son animales sociales, son muy dependientes de las estructuras sociales que han construido. Tendrían que enfrentarse a un medio ambiente, no sólo extraño para ellos, sino además mucho más maligno de lo que jamás han experimentado. Los sobrevivientes se enfrentarían a un mundo salvaje donde tendrían que cazar para sobrevivir. Aquí debemos señalar que en el pasado, los que han tenido que vivir de esta forma conocían ampliamente su medio ambiente, mientras que después del holocausto nuclear, los sobrevivientes se encontrarían con un medio ambiente nunca antes experimentado por el hombre. El estado psicológico de los sobrevivientes es difícil de imaginar, por lo que no hay que descartar la posibilidad de que los sobrevivientes sean incapaces de reconstruir sus poblaciones y que al cabo de algunos siglos, o posiblemente décadas, el *Homo sapiens* sea una especie extinta. □

#### BIBLIOGRAFÍA

- Glasstone, S. P.J. Dolan. 1977. *The effects of nuclear weapons*. U.S. Department of Defense and Energy. Washington, D.C.
- Sartori, L. 1983. Effects of nuclear weapons. *Physics Today*. March. p. 32-41.
- Brayles, A.A. 1982. Nuclear explosions. *Am. J. Phys.* 50(7): 586-594.
- The effects of nuclear war. 1979. U.S. Office of Technology Assessment. Washington, D.C.
- Medín, J. Letalidad de una exposición nuclear sobre Puerto Rico. Resumen.
- Acevedo, L.E. Efectos de la onda de choque y radiación térmica en explosiones nucleares. Inédito.
- Giancol, D. 1980. *Physics*. New Jersey. Prentice-Hall Inc.
- Ehrlich, P.R., C. Sagan, D. Kennedy, W. Orr Roberts. 1983. The cold and the dark, the world after nuclear war. (The conference on the long-term worldwide biological consequences of nuclear war). New York; W.W. Norton and Company.
- 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* 222: 1283-1292.
- Ehrlich, P.R. et al. 1983. Long-term biological consequences of nuclear war. *Science* 222:1293-1300.
- Committee on atmospheric effects of nuclear explosions. 1985. *The effects on the atmosphere of a major nuclear exchange*. National Research Council, National Academic Press. Washington, D.C.
- Pittock, A.B. et al. 1986. Environmental consequences of nuclear war. Vol. I. *Physical and atmospheric effects*. SCOPE-ENUWAR, Vol. 28, John Wiley and Sons.