

# No nos olvidemos del invierno nuclear



*Don't forget Nuclear Winter*

**María Esther Burgos**

[mburgos25@gmail.com](mailto:mburgos25@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-2954-2826>

Teléfono: + 58 274 2664387

Departamento de Física

Facultad de Ciencias

Universidad de Los Andes

Mérida estado Mérida

República Bolivariana de Venezuela

Recepción/Received: 05/11/2022  
Arbitraje/Sent to peers: 05/11/2022  
Aprobación/Approved: 21/11/2022  
Publicado/Published: 12/12/2022



## Resumen

La teoría del Invierno Nuclear fue desarrollada en la década de 1980. La detonación de una bomba eyecta a la estratosfera toneladas de polvo y hollín resultantes de la explosión y consecuentes incendios. Si se detonara una mínima parte del arsenal existente, el planeta quedaría parcialmente privado de la luz solar; cuanto más y más potentes fueran las bombas detonadas, más se reduciría la luz. Seguiría un crudo y prolongado Invierno Nuclear: Se interrumpiría la fotosíntesis y se congelarían los ríos, lo que acabaría con la vida de muchas plantas y animales. Dependiendo de su intensidad, el Invierno Nuclear podría eliminar la totalidad de la vida en la Tierra. Investigaciones recientes confirman estas predicciones. En una guerra nuclear no habría ganadores. Decenas de millones de muertes inmediatas en la zona de guerra serían seguidas por cientos de millones de muertes en todo el planeta por radiación, deshidratación, enfriamiento e inanición, y por el colapso de la organización social. Actuemos para que nunca, en ninguna circunstancia, se dé inicio a una guerra nuclear.

**Palabras clave:** Armas nucleares, Guerra nuclear, Cambio climático, Invierno nuclear

## Abstract

Nuclear Winter Theory was set forth in the 1980's. A single nuclear detonation ejects to the stratosphere tons of dust and soot resulting from the explosion and consequent fires. The detonation of a few nuclear bombs would cause sunlight reduction; the higher the number and the power of exploding bombs, the larger the damage. A severe long-lasting Nuclear Winter would result. Photosynthetic processes would stop and rivers would freeze, killing plants and animals. Depending on its intensity, Nuclear Winter could end every life form on Earth. Recent research confirms these predictions. Nobody can win a Nuclear War. Tens of millions of immediate deaths caused by nuclear explosions would be followed by hundreds of millions of deaths caused by radiation, dehydration, freezing, starvation and social collapse. Let us ensure that never, under any circumstance, a Nuclear War is launched.

**Keywords:** Nuclear weapons, Nuclear war, Climate change, Nuclear winter

Author's translation.

## Las armas nucleares y la guerra fría

**E**l 16 de julio de 1945 se llevó a cabo la primera explosión (experimental) de una bomba atómica en Alamogordo (Nuevo México, EEUU). El 6 de agosto de 1945 EEUU arrojó una bomba de 16 kilotonnes sobre la ciudad de Hiroshima y el 9 de agosto otra de 21 kilotonnes sobre la ciudad de Nagasaki. Los efectos iniciales causaron unos 80.000 muertos el día de la detonación en Hiroshima y unos 40.000 el día de la detonación en Nagasaki. Miles más murieron en los días, semanas y meses posteriores. En total, se calcula que unas 214.000 personas murieron por efecto directo de las bombas. Con los años se sumaron muchos otros, a causa de la radiación. Al principio los científicos creían que el impacto de la radiación desaparecería en 20 años, pero aún hoy aparecen nuevas patologías, sobre todo en los descendientes de quienes sufrieron la radiación resultante de las explosiones atómicas.<sup>1</sup>

Japón se rindió en setiembre de 1945. Terminó la Segunda Guerra Mundial y comenzó la Guerra Fría, que enfrentó a las dos superpotencias emergentes del conflicto: EEUU encabezó el bloque occidental, integrado por países que defendían el capitalismo como sistema económico y la democracia liberal como sistema político; la URSS encabezó el bloque oriental, integrado por países que se adherían al comunismo como sistema económico y social y optaban por la democracia popular de partido único como régimen político. El fin de la Guerra Fría puede situarse en 1989, cuando cayó el muro de Berlín.

La Guerra Fría fue un incentivo formidable para la producción de bombas atómicas. Las bombas pueden calificarse de atómicas o nucleares en forma indistinta, pues todas modifican el núcleo de los átomos involucrados. También se las denomina ojivas, por su forma. Las bombas de fisión, como las tres primeras detonadas en 1945, fisionan átomos pesados como el uranio y el plutonio. Las de fusión fusionan dos núcleos de hidrógeno, el elemento más liviano. También se llaman bombas de hidrógeno y bombas termonucleares, porque en alguna etapa de la explosión utilizan la energía térmica que provee una bomba auxiliar de fisión.

En 1945 EEUU poseía sólo tres bombas atómicas que fueron detonadas ese mismo año. En 1949 la URSS detonó su primera arma nuclear. En 1952 EEUU detonó la primera bomba de hidrógeno, cuyo poder destructor superaba en un factor 1.000 el de las utilizadas en 1945. En 1953 la URSS hizo lo mismo. Otros países se sumaron al club nuclear. Se estima que en la década de 1980 los arsenales sumaban unas 90.000 armas nucleares, algunas muy potentes (hasta de 58 megatonnes). Luego se advirtió que bastaba una bomba (o a lo sumo dos) de 2 megatonnes para destruir cualquier ciudad y se abandonó la producción de bombas hiper potentes. Muchas de ellas fueron eliminadas y en la actualidad se estima el número de ojivas nucleares por país según se indica a continuación entre paréntesis<sup>2</sup>: Rusia (5.977), EEUU (5.428), China (350), Francia (290), Gran Bretaña (225), Pakistán (165), India (160), Israel (90) y Corea del Norte (20); los números varían según la fuente.

Mientras se reducía el peso y tamaño de las bombas aumentaba la diversidad, velocidad y precisión de los vectores para transportarlas. Se llegaron a ubicar en un solo submarino tantas armas como para destruir 200 ciudades. La cabeza de cada misil transportada por un submarino llevaba varias ojivas apuntando a sus respectivos blancos. Los inconmensurables y costosísimos arsenales acumulados se justificaban por la desconfianza. Todos declaraban enfáticamente que su único objetivo era la defensa. Para mayor seguridad, en caso de que uno de los bandos intentara doblegar a su oponente tomando la iniciativa de un bombardeo nuclear, funcionaría el sistema automático de Destrucción mutua asegurada<sup>3</sup> MAD (por el acrónimo de *Mutual Assured Destruction* que, en inglés, también significa loco).

La Guerra Fría podría haber derivado en un enfrentamiento nuclear que afortunadamente no se produjo. Entre otras cosas, porque MAD abre la puerta a una guerra “por accidente”: un detector que se disparó por una falla del sistema, un pájaro que se posó en el sitio indebido. Con MAD podía activarse una respuesta automática al cabo de 3 minutos. Uno de los momentos más peligrosos fue el de la crisis de los misiles:

en 1957 los EEUU habían instalado en Turquía misiles que podían alcanzar la URSS y en 1962 la URSS instaló en Cuba misiles que podían alcanzar los EEUU. Un avión espía estadounidense detectó las instalaciones soviéticas y encendió las alarmas. La crisis se saldó gracias a que los Presidentes Kennedy y Kruschev fueron lo suficientemente sensatos como para optar por el diálogo: en vez de enfrentarse en un conflicto que habría culminado de manera trágica, acordaron retirar los misiles que amenazaban a su oponente. En dicha oportunidad también se instaló el *teléfono rojo*, un teléfono que proveía comunicación directa a los líderes de EEUU y la URSS.<sup>4</sup>

## **Erupciones volcánicas, cambio climático global y extinciones masivas**

Se sabía de larga data que las erupciones de los volcanes, si son lo suficientemente potentes, reducen la temperatura global media del planeta. El año 1816 se conoce como *el año sin verano*.<sup>5</sup> Ese año la temperatura global media se redujo entre 0,4°C y 0,7°C°. El enfriamiento fue supuestamente causado por una caída de la actividad solar combinada con una serie de erupciones que arrojaron a la estratosfera millones de toneladas de polvo, cenizas volcánicas y dióxido de azufre que taparon parcialmente la luz del sol. Se estima que comenzó en 1814 con la erupción del volcán Mayon (Filipinas) y culminó en abril de 1815 con la erupción del monte Tambora (Indias Orientales Neerlandesas, hoy Indonesia).<sup>6</sup> En algunas regiones la temperatura pasó en cuestión de horas de unos 30°C al punto de congelación del agua. Se malograron las cosechas y se calcula que la consecuente hambruna mató unas 100.000 personas. El fenómeno se repitió en 1883, aunque de manera más leve, tras la erupción del volcán Krakatoa (Indonesia).<sup>7</sup>

La extinción de los dinosaurios es una de las muchas que se produjeron a fines del Cretácico-Paleógeno (hace 66 millones de años) y eliminaron de manera repentina tres cuartas partes de las plantas y animales que poblaban la Tierra.<sup>8</sup> En 1980 los Álvarez (padre e hijo) sugirieron que dichas extinciones fueron causadas por el impacto de un cometa o asteroide. La colisión habría devastado el medio ambiente global, principalmente a través de un crudo y prolongado invierno que impidió la fotosíntesis. La hipótesis quedó reforzada por el descubrimiento en 1990 del cráter Chicxulub (de 180 km de diámetro) situado en el golfo de México. El cataclismo que habría acabado con los dinosaurios posibilitó la evolución de los mamíferos y el surgimiento de la especie humana.<sup>9</sup>

Considerando que tanto la referida erupción de los volcanes como el supuesto impacto de un meteorito causaron cambios climáticos globales de envergadura, Brian Toon se abocó a estudiar la respuesta de la atmósfera al polvo levantado por el impacto de un asteroide y consecuentes efectos sobre el clima y la vida. A fines de 1981 presentó los resultados de su estudio en una conferencia a la que asistieron miembros del Consejo Nacional de Investigaciones de EEUU, quienes advirtieron la importancia de estudiar los efectos provocados por el polvo que levantarían las explosiones nucleares. El tema fue tratado pocos meses después, el 6 de abril de 1982 en una reunión de la Academia Nacional de Ciencias (Ref. 10, p. 541).

En 1982, mientras trabajaba sobre las implicaciones militares del polvo inyectado en la atmósfera por una guerra nuclear, Richard Turco tuvo acceso a mucha información no clasificada que aportó nuevas pistas sobre los efectos a largo plazo a nivel mundial de las detonaciones de múltiples armas nucleares (Ref. 10, p. 542). Toon, Turco y Tom Ackerman estimaron el descenso de la temperatura de la Tierra que resultaría de una guerra nuclear que causara un oscurecimiento total del planeta y expusieron los resultados en la reunión del 6 de abril de 1982 (Ref. 10, p. 543). Poco antes, Turco había tenido acceso a un trabajo de Crutzen y Birks que sugiere que las emisiones de humo producidas por una guerra nuclear conllevarían una importante disminución de la luz solar que llega a la superficie terrestre (Ref. 10, p. 543).

## **El equipo TTAPS**

Carl Sagan fue un destacado científico muy popular por su serie de televisión Cosmos y sus libros. También participó en el diseño y estudio de los viajes de las naves espaciales Voyager 1 y 2.<sup>11</sup> A principios de 1982 in-

vitó a Jim Pollack y Toon a integrar un equipo enfocado en el estudio de las consecuencias climáticas de una guerra nuclear. Turco y Ackerman se sumaron a la empresa. Así quedó conformado el equipo TTAPS, acrónimo acuñado a partir de los apellidos de sus miembros: Turco, Toon, Ackerman, Pollack y Sagan. La sigla luce acertada teniendo en cuenta la naturaleza de sus descubrimientos y considerando que, en la jerga militar de EEUU, taps es la llamada nocturna a silencio y también se toca en los funerales militares.

Todos los miembros del equipo TTAPS eran expertos en la atmósfera de la Tierra y otros planetas. Enterados del trabajo de Crutzen y Birks, decidieron incluir en el estudio no sólo los efectos del polvo, sino también los del humo. El proyecto fue apoyado por la Agencia de Defensa Nacional y patrocinado por la NASA y la Fundación Nacional de Ciencias de EEUU (Ref. 10, p. 399).

## **Resultados del incremento del Efecto Invernadero y del Invierno Nuclear sobre la Tierra**

La vida en la Tierra es posible gracias a muchos factores. Uno de los más importantes es el clima. Si la temperatura global de la Tierra dependiese sólo de la cantidad de luz solar que absorbe (y aumenta su temperatura) y la cantidad de radiación infrarroja que emite (y disminuye su temperatura), la Tierra estaría a unos 20°C por debajo del punto de congelación del agua. Pero si a la absorción de la luz solar y emisión de la radiación infrarroja agregamos el efecto invernadero, el resultado cambia de manera radical. Entre los gases que causan el efecto invernadero, hay que destacar el vapor de agua y el dióxido de carbono. Dejan pasar la luz solar, pero no la radiación infrarroja, que queda atrapada en la atmósfera y eleva la temperatura global de la Tierra desde los 20°C por debajo del punto de congelación del agua hasta los aproximadamente 14°C que tiene nuestro planeta en la actualidad (Ref. 10, p. 510).

La Tierra es nuestro hogar. No la totalidad del globo terráqueo sino una pequeña capa que incluye la superficie terrestre y la atmósfera. Allí nacemos, vivimos y morimos. Allí gozamos y sufrimos. Allí desarrollamos nuestras actividades, sean ellas importantes o intrascendentes, sublimes o execrables. La atmósfera es una minúscula cobertura de la Tierra cuyo espesor es apenas 0,1% de su diámetro. Desde el espacio se ve como una leve aura azul del hemisferio iluminado por la luz del sol. Modificar el equilibrio entre los distintos factores que proporciona una atmósfera donde la vida es posible podría conducirnos a una catástrofe terminal.<sup>12</sup> Un aumento de la concentración de gases invernadero aumenta la retención de radiación infrarroja y, en consecuencia, la temperatura de la Tierra. Es un problema que debemos resolver a la brevedad si no queremos ver desaparecer ciudades y hasta países enteros bajo las aguas de los océanos cuya altura aumenta a medida que se derrite el hielo de los polos. El incremento del efecto invernadero también conlleva efectos climáticos como sequías, inundaciones, tornados y otras perturbaciones del clima que podrían acabar con la vida tal como la conocemos en la actualidad.<sup>13</sup>

El Invierno Nuclear es, en cierto sentido, el reverso del incremento del efecto invernadero. Si estallara una guerra nuclear, las explosiones sobre las ciudades desencadenarían incendios masivos. La combustión de materia orgánica produce un humo con hollín mucho más oscuro que el polvo y que tarda más tiempo en caer. Por tal razón, el Invierno Nuclear posee un desproporcionado impacto climático y sus efectos tienden a ser más duraderos (Ref. 10, p. 100).

Las ciudades y los depósitos de petróleo son muy ricos en materiales combustibles que generarían una gran cantidad de humo. Además, considerando las características de los arsenales actualmente disponibles, es lógico suponer que no se detonarían sólo “dos pequeñas bombas” como las de Hiroshima y Nagasaki (del orden de 20 kilotones), sino muchas más y cientos de veces más potentes (del orden de 2 megatones). La fuerza de las explosiones impulsaría a la estratosfera grandes nubes de humo negro que impedirían el paso de la luz solar. La Tierra se enfriaría, se congelarían los ríos y se interrumpiría el proceso de fotosíntesis (Ref. 10, p. 258).

Antes de iniciar su investigación, los miembros de TTAPS suponían (como todo el mundo) que una guerra nuclear no modificaría el clima global de manera substancial. Pero el examen de muchos y muy diferentes escenarios (número y potencia de las bombas, lugar de detonación, etc.) puso en evidencia que el Invierno

Nuclear es un fenómeno mucho más abrupto y extremo que el cambio climático derivado del incremento del efecto invernadero y supera largamente los resultantes de las erupciones volcánicas o la caída de meteoritos (Ref. 10, pp. 139-141). Estudios recientes conducen a conclusiones similares.<sup>14</sup> Aunque todas las bombas estallaran en el hemisferio norte, también el hemisferio sur podría resultar privado de la luz solar y ser seriamente afectado. Inclusive una “pequeña” guerra nuclear (que involucrara unas 100 bombas) desencadenaría una catástrofe climática a nivel general.<sup>15</sup> Además, las explosiones a gran altura atacarían la protectora capa de ozono, cuya reducción por debajo de un cierto umbral es letal para la vida.<sup>16</sup> Recordemos que antes de que se formara la capa de ozono no había vida sobre la superficie terrestre; la vida empezó en la profundidad de los mares donde, a falta de capa de ozono, el agua impedía la llegada de la radiación ultravioleta.

## **Dificultades para dar a conocer la Teoría del Invierno Nuclear**

En 1983 se consideraba posible “ganar” una guerra nuclear. Tan sólo la descripción de los daños causados por una guerra nuclear se percibía en EEUU como una conducta antipatriótica, o al menos un desacuerdo con la oposición del pueblo estadounidense al sistema político soviético. A pesar de lo cual en abril de 1983 los miembros de TTAPS organizaron una reunión científica de tres días a puerta cerrada para mostrar que el Invierno Nuclear era el resultado inevitable de una guerra nuclear.

Entre los científicos que participaron destaca la presencia de Vladimir Alexandrov, del Laboratorio de Investigaciones Climáticas de la Academia de Ciencias Soviética. Su asistencia fue esencial pues, dadas las implicaciones políticas del tema, hacía falta que al menos un soviético confirmara de manera independiente los descubrimientos de TTAPS y convenciera tanto a los científicos como a los dirigentes de la URSS de la gravedad del asunto. Después de la reunión, Alexandrov regresó a la URSS y utilizó su propio modelo de guerra nuclear para ver en qué medida sus conclusiones coincidían con las de TTAPS. En líneas generales sus resultados<sup>17</sup> concuerdan con los obtenidos por TTAPS.

La Conferencia sobre las consecuencias biológicas globales a largo plazo resultantes de una guerra nuclear se llevó a cabo en Washington, el 31 de octubre - 1º de noviembre de 1983. Intervinieron más de 200 científicos de muchos países. Los dos artículos centrales fueron presentados por Carl Sagan y Paul Ehrlich. El primero se refirió a las consecuencias climáticas y atmosféricas de una guerra nuclear; el segundo a sus implicaciones biológicas. Su descubrimiento más importante es la posibilidad de un Invierno Nuclear que causaría una devastación de la atmósfera de la Tierra mucho mayor y más prolongada que lo previamente estimado. El libro *The Cold and the Dark* recoge las ponencias, así como un diálogo entre científicos soviéticos y estadounidenses sobre el Invierno Nuclear (*Moskow Link*).<sup>18</sup> Sagan y Turco asistieron a la conferencia, pero los restantes miembros del equipo TTAPS, fuertemente desalentados por la dirección de la NASA, no lo hicieron.

En su libro titulado *El Invierno Nuclear* Sagan y Turco sugieren que los altos cargos del Departamento de Defensa percibieron la tesis del Invierno Nuclear como una amenaza a la política existente y trataron de desacreditarla. Periodistas y formadores de opinión hicieron otro tanto.<sup>19</sup> Dado el volumen de los arsenales existentes, la humanidad había corrido durante más de 30 años el riesgo de ser víctima de un Invierno Nuclear, sin saberlo. La teoría del Invierno Nuclear puso el problema al descubierto, pero resultó un fastidio mayúsculo para aquellos que habían apostado a una guerra que creían poder ganar. Habían supuesto que EEUU y la URSS navegaban en dos botes y había que hundir el del adversario, pero ahora venía TTAPS a explicarles que en realidad no hay más que un bote, y si te hundo me hundo. ¡Perturbador y difícil de aceptar!

En esos ataques Alexandrov llevó la peor parte. A pesar de no formar parte de TTAPS, había colaborado estrechamente con sus miembros y confirmado sus resultados. Inmediatamente después de la Conferencia de 1983, Alexandrov fue muy solicitado por científicos y políticos. Apareció en un simposio especial en el Senado de EEUU, fue convocado a testificar en una de las sesiones del Congreso de EEUU y llamado conjuntamente con Sagan por la Academia de Ciencias Pontificias para presentar la teoría del Invierno Nuclear ante el Papa Juan Pablo II. Pero su gloria duró poco. En enero de 1985 EEUU le retiró el acceso a los superordenadores estadounidenses empleados para prever y el clima. Por la misma época la URSS rechazó su petición de em-

plear los ordenadores más avanzados del Instituto de Investigaciones Cómicas de la Academia de Ciencias Soviética. El 31 de marzo de 1985 se encontraba en Madrid, en su viaje de regreso a la URSS luego de asistir a una reunión en Córdoba, España. Esa fue la última ocasión en que lo vieron con vida. Dijeron que se lo notaba muy deprimido. Se encontraron su dinero y sus papeles, pero no su cadáver. Como dice la dedicatoria del libro *El Invierno Nuclear* de Sagan y Turco, “Alexandrov desapareció entre el humo y el polvo.” Hubo quien culpó a la KGB y quien culpó a la CIA. De hecho, no hay ninguna pista que permita saber quién lo eliminó.<sup>20</sup>

## **No nos olvidemos del Invierno Nuclear**

En un discurso pronunciado en febrero de 1987 ante un foro internacional en Moscú, Mikhail Gorbachev afirmó: “Durante siglos, los hombres han buscado la inmortalidad. Resulta difícil aceptar que cada uno de nosotros es mortal. Pero resulta insostenible imaginar la desaparición de toda la Humanidad.” La guerra nuclear es suicida. La teoría del Invierno Nuclear, denostada al principio y aceptada con entusiasmo en los círculos cultivados pocos años después, fue finalmente relegada al olvido. Hoy, cuando retumban los tambores de la guerra en países abarrotados de armas nucleares, es preciso recordarla. ©

---

**María Esther Burgos.** Licenciada en Física por la Universidad de Buenos Aires y Doctora en Física por la Academia de París. Ha sido profesora en varias universidades. En 1975 se incorporó a la Universidad de Los Andes (ULA) en Mérida, Venezuela, donde se jubiló como Profesora Titular. Ha publicado más de cuarenta trabajos entre capítulos de libros y artículos en revistas internacionales arbitradas e indizadas (la mayoría como único autor) y un libro de texto para estudiantes de las Licenciaturas de Física y de Química titulado *Temas de Mecánica Cuántica*. Es activa defensora de los derechos humanos, la paz y el ambiente. Dirigió el proyecto *La Amenaza Nuclear* (LAN-88 del Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico de la ULA) en colaboración con el Profesor Mario Peralta y coordinó los seminarios “Los peligros que acechan al planeta y sus consecuencias para la política internacional” y “Ecología, política y sociedad” (ULA, 1989-1994) en colaboración con los Profesores Robert Kirby y Mario Peralta.

---

## **Notas**

1. Criado MA, “Hiroshima y Nagasaki, 70 años de efectos secundarios,” *El País*, 8 de agosto de 2015.
2. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) Yearbook 2022, Chapter 10. World Nuclear Forces, Table 10.1, p. 342.
3. Poch R, “Una chaladura suicida,” *CTXT*, 2 de octubre de 2022.
4. López JC, “Choque de superpotencias, misiles en Cuba y 13 días de extrema tensión: la crisis de octubre que casi lleva al mundo al Invierno Nuclear,” *CNN en español*, 26 de octubre de 2021.
5. Fagan B, “El año sin verano,” *El País*, 12 de junio de 2016.
6. Año sin verano. *Wikipedia*.
7. Guillemí R, “La violenta erupción del volcán Krakatoa en agosto de 1883,” *La Nación – El Mundo*, 13 de agosto de 2022.
8. Jaggard V, “¿Por qué se extinguieron los dinosaurios?,” *National Geographic*, 25 de junio de 2021.
9. Ponsford M, “Los misterios del cráter Chicxulub,” *BBC Travel*, 14 de noviembre de 2018.
10. Sagan C y Turco R, *El Invierno Nuclear*. [www.librosmaravillosos.com](http://www.librosmaravillosos.com).

11. Whitehouse D, “Carl Sagan: A life in the cosmos,” *BBC News*, 15 de octubre de 1999.
12. Centeno JC, *El virus sabio*, Junio de 2015.
13. Centeno JC, *Mensajes de Gaia*, Agosto de 2021.
14. Witze A, “Nuclear war between two nations could spark global famine,” *Nature* 608, 25 August 2022, p. 661.
15. Una guerra nuclear pequeña mataría a un tercio de la población mundial. *BAE Negocios*, 15 de Agosto de 2022.
16. Martínez González MA y Zúñiga González GM, “Los efectos de la luz ultravioleta,” *La Ciencia y el Hombre* XXV N° 3, Septiembre-Diciembre de 2012.
17. Alexandrov, VV and Stenchikov GL, “On the modeling of the climatic consequences of the nuclear war” The Proceeding of Applied Mathematics, The Computing Center of the AS USSR, Moscow, 1983, p.21.
18. Ehrlich PR, Sagan C, Kennedy D and Roberts WO, *The Cold and the Dark: The World After Nuclear War*. Norton, W. W. & Company, Inc., 1985.
19. Seitz R, “El ‘Invierno Nuclear’ se derrite”; *The Wall Street Journal*, 5 de noviembre de 1986.
20. Rich V, “Nuclear winter expert vanishes without trace,” *Nature* 316, 4 July 1985, p. 3 [doi:10.1038/316003a0](https://doi.org/10.1038/316003a0)