

GRANDES ERUPCIONES VOLCÁNICAS Y SU INFLUENCIA EN EL CLIMA

Javier Cano Sánchez

Repartidos por todo el planeta existen en la actualidad de 500 a 600 volcanes activos con erupciones hacia la atmósfera, otros tantos sin determinar con erupciones submarinas y varios millares extinguidos. Frecuentemente se hallan dispuestos en cadenas, siguiendo las grandes líneas de dislocación (zonas en las que las placas de la corteza terrestre están en movimiento), asociadas a las dorsales centro-oceánicas o en los llamados puntos calientes. La actividad volcánica en la Tierra tiene una distribución peculiar: el 62 % de los volcanes se encuentran a lo largo de los bordes del océano Pacífico, el 19 % en el arco de las islas indonésicas, el 7 % en el eje este-oeste del Mediterráneo y, el resto, repartido por las demás regiones del globo. No obstante, la mayor concentración de volcanes del mundo se encuentra en la Fractura de Lakagígar, Islandia, donde hay 115 cráteres en una fisura de 25 km. de longitud; tras él, se halla el valle de Andahua o valle de los volcanes (departamento de Arequipa, Perú) con 80 conos en un valle de 65 km. de longitud.

Respecto al vulcanismo extraterrestre, referido al Sistema Solar, en la Luna cesó tal actividad hace 2.800 millones de años, en el planeta Mercurio 2.400 millones de años; en Marte, donde se encuentra el volcán más grande del Sistema Solar (el Monte Olimpo cuya altura es de 23 km y su diámetro de 600 km), cesó hace 650 millones de años, y en Venus 400 millones de años. Sin embargo en uno de los satélites del planeta Júpiter, Io, se tiene constancia de que al menos ocho volcanes están en plena actividad, según pudo confirmar la sonda *Voyager 2* en julio de 1979, uno de los cuales emite un gigantesco penacho que se eleva a 270 km de altitud (la causa por la cual los penachos de Io alcanzan enormes alturas, comparadas con las de la Tierra, se debe, principalmente, a la ausencia de atmósfera y a que el material eyectado sale con una velocidad de 1.000 m/s.).

Las influencias que ejercen las erupciones volcánicas en la atmósfera, tanto a nivel local como regional, pueden reducirse a tres tipos de efectos, dos de los cuales son antagónicos entre sí. El primero de ellos, la contaminación natural, es producido por la elevada emisión de gases tóxicos, como el ácido clorhídrico, el ácido fluorhídrico, el dióxido de azufre, el hidrógeno, el flúor y el azufre sublimado, hacia las capas bajas de la atmósfera; el segundo efecto se deriva de la emisión de otros dos gases —vapor de agua y dióxido de carbono—, que contribuyen al calentamiento global de la atmósfera; el tercer y último efecto, que detallaremos a continuación, y posiblemente el más importante de todos, es producido por la expulsión violenta de cenizas y polvo volcánico que tiene lugar en algunos tipos de erupciones ya que, al alcanzar la alta atmósfera, provoca un enfriamiento como consecuencia de la disminución de la cantidad de radiación directa que viene del Sol.

Las cenizas volcánicas están compuestas, en general, por elementos vítreos sumamente pequeños y por diminutos cristales, manteniéndose en suspensión en la atmósfera durante dos o tres años como máximo. Tras este período de tiempo, debido a que buena parte del material lanzado vuelve a caer bajo los efectos de la gravedad, las posibles alteraciones climáticas cesan gradualmente. El climatólogo norteamericano H. Lamb distingue dos clases de erupciones atendiendo a la manera de arrojar el polvo volcánico a la atmósfera:

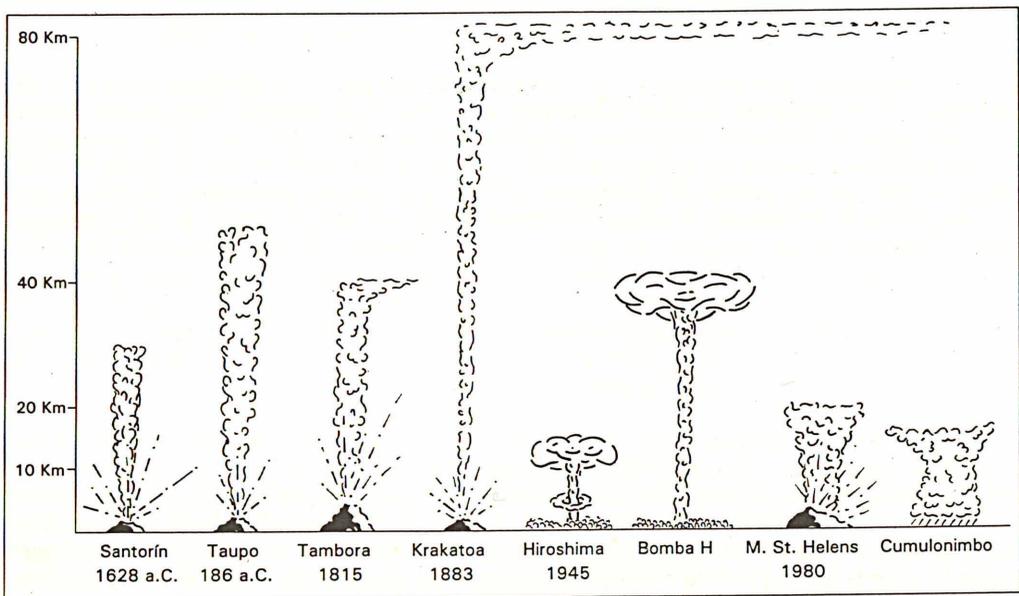
1. Erupciones poco violentas (los vulcanólogos clasifican estas erupciones como de tipo *hawaiano*, cuya lava es extraordinariamente fluida —rica en silicatos—

, alcanzando temperaturas entre 900 y 1.200° C y sin emisiones explosivas de gases): en ellos las capas de polvo sólo alcanzan la baja estratosfera, de 20 a 27 km. de altura, dando lugar a velos densos y de larga duración.

2. Erupciones violentas y explosivas (erupciones de tipo *ultravulcaniano*, como las de Maar y Krakatoa, constituidos por un magma muy ácido a una temperatura no superior a los 900°C, viscoso, con muchos gases y agua. Los volcanes que durante ciertos lapsos de tiempo permanecen inactivos son los de mayor violencia al quedar obstruido el punto de salida del magma con un material volcánico denominado *ignimbrita*; cuando la actividad interior se inicia, la lava que se forma debajo de la abertura queda retenida aumentando considerablemente la presión, hasta el punto de hacer estallar la cima del volcán: las capas de polvo se elevan hasta la alta atmósfera a 50 km. de altura o más; suelen tener una repercusión menos importante porque la cantidad de polvo que llega es pequeña.

Los factores a tener en cuenta para valorar los resultados del tercer efecto de una erupción volcánica, son la carga total de polvo depositada en la atmósfera, la naturaleza de éste y la región atmosférica en que se encuentre el volcán, circunstancia esta última realmente importante ya que la dispersión de las finas partículas depende en gran medida de la circulación general de la atmósfera. Para el climatólogo Murray Mitchell la carga total de polvo suspendido en la atmósfera en cualquier momento, incluyendo el 30 % aportado por la actividad del hombre, es de aproximadamente 40 millones de toneladas, de las que el 10 % son aportadas por los volcanes.

Gracias a las investigaciones climatológicas realizadas a partir de los núcleos de hielo de Groenlandia y la Antártida se han determinado las fechas de las principales erupciones volcánicas de la antigüedad. Además, han sido cotejadas con la información proporcionada por los anillos de los árboles y por el análisis de los documentos de antiguas civilizaciones, como la china o la egipcia.



(J. Cano)

En la figura pueden observarse las alturas máximas alcanzadas por las cenizas de cinco de las erupciones volcánicas más violentas conocidas. Asimismo se aprecia la magnitud del fenómeno al compararlo con las explosiones nucleares y con un tipo de nube.

A continuación, se describen algunas de las erupciones más violentas conocidas y las consecuencias climáticas que se derivaron de tal actividad.

Erupción del Santorín

El archipiélago de Thera, formado por cinco diminutas islas pertenecientes a las Cícladas meridionales, se encuentra situado a 112 km al norte de la isla de Creta. Los gobernantes de la época medieval, que por aquel entonces eran venecianos, le dieron el nombre de Santorín —como es más conocido—, en honor de Santa Irene. La antigua isla tenía 16 km de diámetro y se elevaba casi 1.500 m sobre el mar Mediterráneo hasta que en 1628 a.C. la cumbre de la montaña estalló, haciéndose pedazos, con una fuerza 3,5 veces superior a la de Krakatoa de 1883, vomitando las rocas a una velocidad de 556 m/s. Inmediatamente después, una tremenda columna de humo y cenizas alcanzó los 30 Km. de altura convirtiendo el día en noche en centenares de kilómetros; se produjo una ola gigantesca (tsunami) que superó los 50 m de altura y que asoló Creta. Las colosales detonaciones pudieron oírse en puntos tan alejados como el centro de África —los antiguos egipcios registraron los datos de aquella erupción—, Escandinavia, el Golfo Pérsico o Gibraltar. El polvo suspendido en la troposfera y en las capas bajas de la estratosfera probablemente alteró el clima en todo el mundo y, según se cree, este cambio contribuyó a la súbita desaparición de la civilización minoica, siendo Santorín el único volcán que haya destruido una civilización entera.

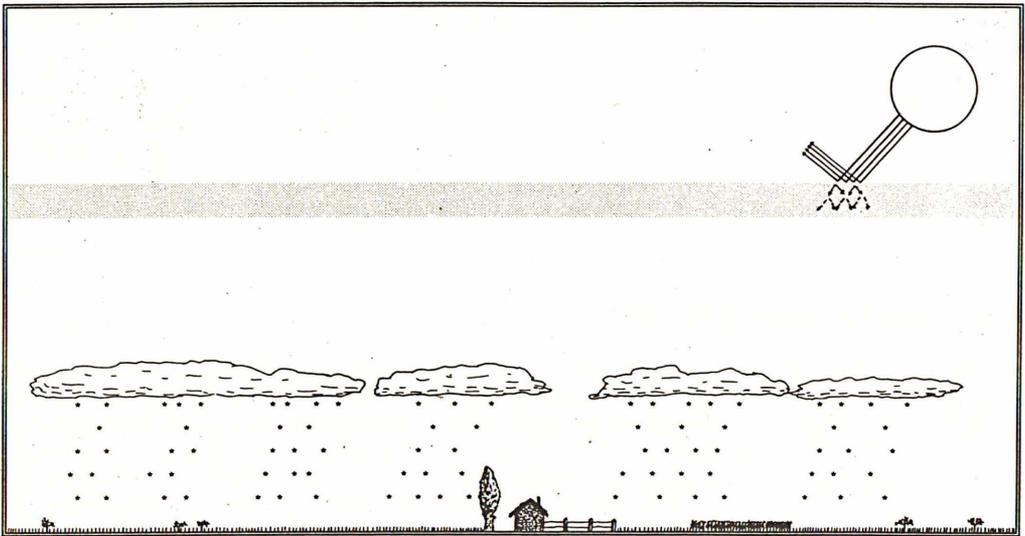
La erupción del Santorín es un notable ejemplo de volcán reventado por una explosión. La cámara de magma se vació y, al desprenderse la bóveda, el mar se precipitó a la abierta caldera aumentando la presión y estallando, lanzando 62,5 km³ de materiales a la atmósfera. Del antiguo volcán sólo queda la diminuta isla de Thera cuya máxima altura no supera los 330 m. Su última erupción tuvo lugar en 1956.

Fractura de Lakagígar y Monte Laki

Hacia las 9 de la mañana del 8 de junio de 1783 la fractura llamada Lakagígar, en la zona suroriental de Islandia, compuesta por 115 cráteres volcánicos en una grieta de 25 km de longitud, se abrió en un violentísimo estallido expulsando enormes nubes de humo, polvo y cenizas que emanaron sin cesar oscureciendo el cielo. La erupción de Lakagígar y del Monte Laki, volcán próximo a esta fractura, mantuvo su intensidad hasta septiembre, aunque no cesó del todo hasta principios de febrero de 1784. Sus cenizas se esparcieron ampliamente, gracias a los predominantes vientos del oeste, hasta llegar a Escocia, 800 km al sureste, en cantidades suficientes para provocar abundantes precipitaciones, bajas temperaturas y la ruina de las cosechas de aquel año. Benjamín Franklin, físico y político estadounidense, que en aquel momento ejercía de ministro plenipotenciario de Estados Unidos en París, inventor del pararrayos y descubridor de la corriente del Golfo, relacionó (y fue el primero en la historia) los duros verano e invierno de 1783-1784 con la actividad volcánica registrada en esta zona de Islandia, escribiendo más tarde: «durante los meses de verano de 1783... una niebla constante cubría toda Europa y algunas zonas de Norteamérica. Esta niebla tenía un carácter permanente; era seca y los rayos solares apenas conseguían disiparla... su incidencia en el calentamiento de la Tierra se vio sumamente disminuida. De ahí que la superficie estuviera casi helada... la nieve no se deshiciera y... aumentara continuamente... Puede que el invierno de 1783-1784 fuera el más crudo en muchos años».

Erupción de Tambora

El Tambora era un volcán de cerca de 4000 m de altura situado en la isla de Sumbawa, Indonesia, cubierto de una exuberante vegetación tropical. Pero el 17 de abril de 1815 la lava formó un tapón en su cráter haciendo estallar el último kilómetro del volcán, reduciéndolo a los 2.851 m que tiene desde aquel evento. La violencia de la erupción, que se escuchó a 2.500 km de distancia, lanzó a la atmósfera 151,75 km³ de polvo, cenizas y piedras, algo así como 8,4 veces la del Krakatoa, siendo el mayor volumen conocido de materia eyectada en tiempos modernos. Estas cenizas alcanzaron los 40 km de altura, cubriendo una extensión de 2.500.000 km² y convirtiendo el día en noche en 600 Km a la redonda. Se ha calculado que expulsó 1.700.000 toneladas de cenizas y rocas, de las que una gran parte actuó como un inmenso filtro, reflejando la radiación solar al espacio (este efecto fue mayor en latitudes septentrionales ya que los rayos solares inciden en esa zona de la Tierra con un ángulo más pronunciado) y a la vez dejando escapar el calor de la atmósfera. Los poderosos vientos de la estratosfera arrastraron este polvo y lo esparcieron de este a oeste alrededor del planeta, cada vez más alejado de la superficie. Al permanecer las cenizas durante varios años extendidas por toda la atmósfera, las temperaturas bajaron considerablemente en muchos puntos de la superficie terrestre, dejándose sentir los peores efectos en 1816 año en el que la temperatura media pudo haber descendido más de 2,5°C.



(J. Cano)

Las cenizas volcánicas, transportadas a las capas altas de la atmósfera por la circulación general, forman una pantalla durante cierto tiempo dificultando la entrada de la radiación solar directa. Esta disminución en la radiación provoca un gradual enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera lo que, a su vez, origina un aumento de la nubosidad, nevadas generalizadas y heladas intensas.

En Nueva Inglaterra, Estados Unidos, se produjeron nevadas generalizadas en junio de 1816 y heladas en verano. A Hiram Harwood, un joven granjero de Bennington, Vermont (Estados Unidos), le gustaba anotar de todo en su diario; el 6 de junio de 1816, escribió: «alrededor de las 8 de la mañana comenzó una nevada que no cesó sino hasta las 2 de la tarde... las cumbres de las montañas quedaron cubiertas de nieve»; al día siguiente: «la tierra estaba endurecida por el hielo, y las hojas de los árboles, ennegrecidos...». En gran parte de Europa, llovió casi sin in-

terrupción de mayo a octubre provocando lo que se ha denominado: «1816, el año sin verano».

El primer científico en relacionar la erupción del Tambora con las alteraciones climáticas de 1816 fue el estadounidense William J. Humphreys, en 1920. La última erupción del Tambora tuvo lugar en 1913, aunque todavía sigue activo.

Erupción del Krakatoa

Tal vez Krakatoa sea uno de los volcanes más violentos y famosos del mundo. Situado en el estrecho de la Sonda, entre las islas de Sumatra y de Java, la isla de Rakata, como también se conoce a Krakatoa, se formó tras una erupción durante 1680 y 1681. Constaba de dos volcanes: Danan, de 450 m de altura, y Perbuwatan, de 120 m.

La actividad volcánica de la más increíble erupción comenzó el 20 de mayo de 1883 en Perbuwatan, que por aquel entonces proyectaba nubes de cenizas y gases eruptivos a 11 km de altura, escuchándose su rugido en un radio de 200 km. En junio le tocó despertar a Danan. Pocos días antes del paroxismo, el capitán Ferzenaar levantó un plano de la isla, siendo sus dimensiones: 33 km² de superficie, 7 km de longitud, 5 km de anchura y unos 2.000 m de altura. Pero a las 10 de la mañana del 27 de agosto de aquel mismo año tuvo lugar una explosión de violencia inaudita, acompañada de una gran columna de humo negro y cenizas incandescentes que pronto se elevaron hasta alcanzar una altura de 80 km, la más alta jamás alcanzada por la erupción de un volcán, oscureciendo las regiones vecinas durante dos días y medio.

La nube de finas partículas fue arrastrada por los vientos del oeste extendiéndose alrededor del planeta hacia la segunda semana de septiembre, llegando a latitudes más septentrionales, como Europa, hacia finales de noviembre; las cenizas más menudas giraron varias veces alrededor de la Tierra, mientras que las más gruesas cubrieron, al depositarse, más de 800.000 km². Se lanzaron 18 km³ de materiales volatilizadores con una fuerza mucho más poderosa que Tambora, equivalente a un millón de bombas de Hiroshima, lo que desencadenó un temporal de viento que dio siete veces la vuelta al planeta hasta amainar lentamente. Como consecuencia de la erupción desapareció Perbuwatan y Danan, quedándose la isla de Rakata reducida a menos de la mitad original: 15,3 km² de extensión, 5,5 km. de longitud, 2 km. de anchura y 813 m de altura.

Las ondas de choque atmosféricas que se produjeron se escucharon en el 7 % de la superficie terrestre; en poco más de cuatro horas el sonido viajó unos 5.000 km de distancia, en dirección oeste, hasta alcanzar la pequeña isla de Rodríguez (situada al este de la isla de Mauricio, en el océano Índico), donde el comandante de la posición británica, James Wallis, creyó que se trataba de un cañoneo lejano haciéndose a la mar. También se pudo escuchar con bastante claridad al norte de Australia, a unos 3.000 m.

El polvo y las cenizas proyectadas a la alta atmósfera formaron un apantalla, refractando la luz solar de prácticamente la totalidad del planeta en tan sólo 3 días; a las pocas semanas el Sol apareció «espléndidamente verde» en Sri Lanka y «como un globo azul» en Trinidad; en Hawai, el reverendo S. E. Bishop fue el primero en advertir una corona blanquecina formada alrededor del Sol con una radio de 22° y con un ligero tono azulado por el interior y pardo rojizo por el exterior, fenómeno que se atribuye a una difracción asociada al fino polvo existente en la atmósfera superior y que hoy se denomina, con todo merecimiento, anillo de Bishop (estos anillos continuaron observándose hasta la primavera de 1885); pero lo más llamativo fueron los

amaneceres y ocasos tan extraordinarios, de una belleza excepcional, que se pudieron contemplar hasta muchos meses después de la erupción. Otra consecuencia provocada por este velo de partículas, suspendidas durante dos años, fue el enfriamiento medio de la temperatura en superficie de 0,5°C.

Por último, el 29 de diciembre de 1927 surgió de las aguas próximas a Rakata un islote bautizado con el nombre de Anak Krakatoa, que en malayo significa «el hijo de Krakatoa». La última erupción importante del Krakatoa fue en 1981.

Erupción del Mount St. Helens

Situado en el estado de Washington, Estados Unidos, este bello volcán alcanzaba una altura de 2.975 m. Hacia el 20 de marzo de 1980 empezó a retumbar, a modo de aviso, continuando a lo largo de todo el mes de abril. A unos 1.000 m de distancia de la cima, en la ladera norte, la tierra comenzó a abombarse a la velocidad de 2 m/día hasta alcanzar una altura de 90 m. El domingo 18 de mayo, a las 8 horas 32 minutos, 3 km³ de la cara noroeste estallaron, desapareciendo los 425 m superiores de su cono —dejando su altura en 2.550 m—, lo que provocó una gigantesca columna de humo de 20 km de altura, que se extendió por tres estados del país. Según los geólogos que estudiaron el fenómeno, la explosión equivalía a la detonación de 10-15 megatonnes de TNT, 0,17 veces la erupción del Krakatoa. Sus repercusiones en el clima se acentuaron hacia el mes de enero de 1982, cuando se alcanzó un enfriamiento de 0,1°C en las regiones árticas. Su última erupción tuvo lugar en 1985.

Otras erupciones

El volcán Hekla, situado en Islandia, es famoso porque a través de él los personajes de una novela de Julio Verne se embarcaron en un fantástico «Viaje al centro de la Tierra». Sin embargo, hacia 1.150-1.136 a.C. lanzó millones de toneladas de polvo, cenizas y partículas a la atmósfera que tuvieron ciertas repercusiones climáticas a miles de kilómetros de distancia; varios cronistas chinos escribieron en sus documentos que «llovió polvo», «llovieron cenizas del cielo durante tres días... la lluvia era gris», «neó en el sexto mes y la nieve tenía un espesor de 30 cm... las heladas acabaron con las cinco cosechas de cereales... los cultivos de fibra no maduraron... y cayeron lluvias torrenciales». En 1947, una de las últimas erupciones del Hekla, lanzó una columna de humo que se elevó hasta los 7,5 km. de altura.

Las cenizas de otro volcán islandés, aún sin desvelar, muy activo en el 209 a.C., no permitió observar las estrellas durante tres meses en China dejando rastros en las capas anuales de nieve y hielo del ártico y en los anillos de los robles irlandeses dañados por las intensas heladas.

En el año 186 a. C. el volcán Taupo, localizado en el centro de la isla norte de Nueva Zelanda, tuvo una violenta erupción, equivalente a 1,8 veces la de Krakatoa despojándose de 10 Km³ en 15 minutos y lanzado el material a una velocidad de 100 m/s, que se hizo notar mediante el oscurecimiento del cielo en puntos tan alejados como China y Roma. Las cenizas volcánicas alcanzaron una altura de 50 km.

Recientemente se ha establecido una relación entre la erupción del volcán Etna, que tuvo lugar en el año 42 a.C., y los devastadores cambios climáticos padecidos por China, cambios que han quedado reflejados en algunos textos en los que se hace

referencia a que el Sol aparecía «velado y confuso» y a la pérdida de cosechas provocada por el descenso de las temperaturas.

Otras erupciones, con ciertas repercusiones climáticas de carácter global, han sido las del volcán Santa María, Guatemala, en 1902 y que lanzó a la atmósfera 10 km³ de materiales; la del volcán mexicano Chichón, en 1982, que lanzó 0,6 km³, y la del volcán filipino, Pinatubo, en 1991. Esta última parece haber tenido un impacto significativo al influir en un posible enfriamiento de la Tierra, durante los meses posteriores, consiguiendo un retardo en el calentamiento originado por nuestra actual forma de vida.

Finalmente, al comparar las consecuencias referentes al cambio climático que se obtienen del análisis de las erupciones volcánicas, nos damos cuenta de cuáles pueden ser las devastadoras consecuencias de un cambio comparativamente grande y repentino provocado por la actividad del hombre, amenaza que aún sigue latente.

CUADRO RESUMEN DE ALGUNAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS Y SUS CONSECUENCIAS CLIMÁTICAS

Volcán	Erupción	Volumen expulsado Km ³	Equivalencia con Krakatoa	Consecuencias climáticas
Santorín	1628 a.C.	62,5	3,5	Convirtió el día en noche a centenares de kilómetros alrededor. Probablemente alteró el clima en todo el mundo.
Hekla	1150-1136 a.C.	desconocido	¿?	Produjo nevadas y heladas en junio en China
Taupo	186 a.C.	32,4	1,8	Oscureció el cielo en puntos tan alejados como China y Roma.
Laki	1783	desconocido	¿?	Nieva durante el verano de 1783 en latitudes septentrionales. «Puede que el invierno de 1783-1784 fuera el más crudo en muchos años».
Tambora	1815	151,75	8,4	Convirtió el día en noche en 600 km a la redonda. «1816, año sin verano» en Europa. La temperatura media en latitudes septentrionales descendió más de 2,5°C.
Krakatoa	1883	18	1	Crepúsculos de una belleza excepcional durante más de un año. Bishop describe por primera vez los anillos que llevan su nombre. Enfriamiento medio de la superficie terrestre de 0,5°C.
M. St. Helens	1980	3	0,17	Enfriamiento de 0,1°C en el mes de enero en las regiones árticas.
Pinatubo	1991	desconocido	¿?	Provocó un efímero enfriamiento global de la atmósfera.

Bibliografía

Asimov, I. (1984), *Las amenazas de nuestro mundo*; Plaza & Janés. Barcelona.

Gore, A. (1993), *La Tierra en juego*; Emecé Editores. Barcelona.

Gribbin, J. (1987), *El clima futuro*, Biblioteca Científica Salvat.

Smoluchowski, R. (1986), *El sistema solar*, Biblioteca Scientific American.

Barcelona.

Varios autores (1991), *El clima*, Biblioteca Scientific American. Barcelona.

Varios autores (1983), *Records de la naturaleza*, Ediciones Urbión. Madrid.

Varios autores (1983), *Maravillas naturales del mundo*, Reader's Digest. México.

Varios autores (1990), *Grandes desastres*, Reader's Digest. México.