

INCIDENCIA DE GRANDES ERUPCIONES VOLCÁNICAS SOBRE LA TEMPERATURA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (1856-1998)

Marc J. PROHOM DURAN

Grup de Climatologia. Parc Científic de Barcelona. Universitat de Barcelona

RESUMEN

En este artículo se discute la respuesta térmica de la Península Ibérica ante eventos volcánicos de gran magnitud. Para ello, se utiliza la metodología clásica del Análisis de Épocas Superpuestas. Los resultados obtenidos están en consonancia con otros trabajos y confirman que la temperatura de la Península Ibérica es sensible a este impacto natural, mostrándose un enfriamiento general en los dos o tres años posteriores a una erupción.

Palabras clave: Análisis de Épocas Superpuestas, Erupciones Volcánicas, Península Ibérica, Temperatura Media Mensual.

ABSTRACT

The response of surface air temperature over Iberia to major volcanic eruptions is discussed. A Superposed Epoch Analysis is used in order to identify the volcanic signal. The results obtained are in agreement with other sources, in the sense that the Iberian Peninsula temperature is affected by this impact, showing a general cooling during two to three years after the eruption.

Key words: *Iberian Peninsula, Monthly Mean Temperature, Superposed Epoch Analysis, Volcanic Eruptions.*

1. INTRODUCCIÓN

El impacto de las erupciones volcánicas sobre el clima de la Tierra es un aspecto inherente a la propia variabilidad climática natural del planeta. Con una periodicidad variable, tienen lugar erupciones explosivas de gran magnitud capaces de inyectar elevadas cantidades de aerosoles en la atmósfera. Cuando estos aerosoles volcánicos invaden la estratosfera (sobre todo aquellos gases ricos en compuestos de azufre), el balance radiativo del planeta queda significativamente alterado durante un período de dos a tres años. Así, se han podido detectar descensos térmicos de unos pocos décimas de grado centígrado a escala global y anual (SEAR *et al.*, 1987; JONES y KELLY,

1996), aunque, a escala regional, se ha podido apreciar un ligero calentamiento durante los primeros inviernos con posterioridad a una gran erupción (ROBOCK y MAO, 1992; ROBOCK y MAO, 1995; GROISMAN, 1992). Ante esta aparente contradicción, los estudios a escala regional están plenamente justificados para no sólo cuantificar la magnitud del impacto térmico, sino también su señal.

En este artículo se ha analizado la respuesta de la temperatura peninsular ante una serie de grandes erupciones que han tenido lugar en los últimos 150 años.



Figura 1: Índice anual de cobertura espacial para el área de estudio (350°-5°E / 35°-45° N).

2. DATOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS

2.1. Fuente de datos

Para este estudio, se utilizó la base de datos de temperatura media mensual diseñada por la *Climatic Research Unit* (JONES *et al.*, 1999), y presentada en una malla de 5° de latitud por 5° de longitud. Estos datos cubren el período temporal 1856-1998 y, para el presente análisis, se utilizaron los que cubrían el área comprendida entre 350°-5°E y 35°-45°N, es decir, el sector peninsular. La cobertura espacial durante todo el intervalo seleccionado se puede calificar de óptima, a pesar de pequeños vacíos que en ningún caso son inferiores al 75% (Figura 1).

2.2. Selección de los eventos volcánicos

Para la identificación de las erupciones volcánicas con presumible impacto climático, se consultaron diferentes cronologías ya disponibles y confeccionadas en función de diferentes criterios. Así, se utilizaron dos índices, el D.V.I. (*Dust Veil Index*), desarrollado por LAMB (1970), y el V.E.I. (*Volcanic Explosivity Index*), creado por NEWHALL y SELF (1982), paralelamente con otras cro-

nologías basadas en diferentes tipos de *proxydata* (SATO *et al.*, 1993; ROBOCK y FREE, 1995; JONES *et al.* 1995). Fruto de este análisis, se identificaron un total de diez erupciones que se muestran en la tabla 1, divididas en función de su localización. Las tres erupciones presentes en 1902 se han considerado com un único evento.

Tabla 1. ERUPCIONES VOLCÁNICAS INCLUIDAS EN EL ANÁLISIS

Erupciones localizadas en el Hemisferio Norte		
Evento	Fecha	Localización
Pelée (Martinica)	Mayo, 1902	14,8°N 61,2°W
Soufrière (St. Vincent)	Mayo, 1902	13,3°N 61,2°W
Santa María (Guatemala)	Octubre, 1902	14,8°N 91,6°W
Ksudach (Kamchatka)	Marzo, 1907	51,8°N 157,5°E
Novarupta-Katmai (Alaska)	Junio, 1912	51,3°N 155,2°W
Bezymianny (Kamchatka)	Marzo, 1956	56,1°N 160,7°E
El Chichón (México)	Marzo, 1982	17,3°N 93,2°W
Pinatubo (Filipinas)	Junio, 1991	15,1°N 120,4°E
Erupciones localizadas en el Hemisferio Sur		
Evento	Fecha	Localización
Krakatau (Indonesia)	Agosto, 1883	6,1°S 105,4°E
Tarawera (Nueva Zelanda)	Junio, 1886	38,2°S 176,5°E
Agung (Indonesia)	Marzo, 1963	8,3°S 115,5°E
Fernandina (Galápagos)	Junio, 1968	0,4°S 91,6°W

2.3. Metodología de análisis

Los valores de las temperaturas medias mensuales fueron transformadas a anomalías estandarizadas respecto al período de referencia 1961-90. Posteriormente, se aplicó el Análisis de Épocas Superpuestas (CONRAD y POLLACK, 1962; HAURWITZ y BRIER, 1981), método ya utilizado por otros autores con el objetivo de resaltar la señal volcánica del ruido de fondo (SEAR *et al.* 1987; BRADLEY, 1988).

Se seleccionó el mes de enero del año de la erupción como fecha clave o mes cero. Se optó por este procedimiento para así detectar posibles comportamientos estacionales que serían difíciles de apreciar si se escogiera directamente el mes de la erupción como mes clave. En el Análisis de Épocas Superpuestas (A.E.S.), los valores z de los cinco años posteriores a la erupción se expresan como anomalías respecto al correspondiente promedio mensual de los cinco años precedentes al mes cero. Para comprobar la significación estadística de los resultados, se aplica una técnica Monte Carlo. Así, se genera un total de 1.500 series compuestas de temperatura seleccionando diversas fechas al azar. Finalmente, la distribución de las anomalías resultantes se utiliza para definir el nivel de significación del 5 por ciento.

3. RESULTADOS

Se aplicó el método A.E.S. para cada uno de los eventos volcánicos indicados en la tabla 1. A título de ejemplo, se muestran los resultados para dos de las erupciones más destacadas: una locali-

zada en el hemisferio sur, Krakatau (agosto, 1883) (figura 2) y otra en el hemisferio norte, Pinatubo (junio, 1991) (figura 3).

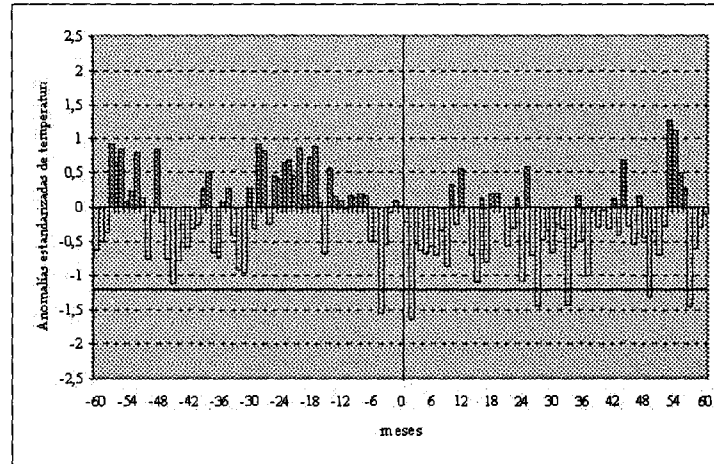


Figura 2. Aplicación del método A.E.S. a las temperaturas medias mensuales de la Península Ibérica para la erupción del Krakatau (agosto 1883), tomando el mes de enero del año de la erupción como mes clave. La línea horizontal indica el nivel de significación (0,05) tras la aplicación de una simulación Monte Carlo (-1,20).

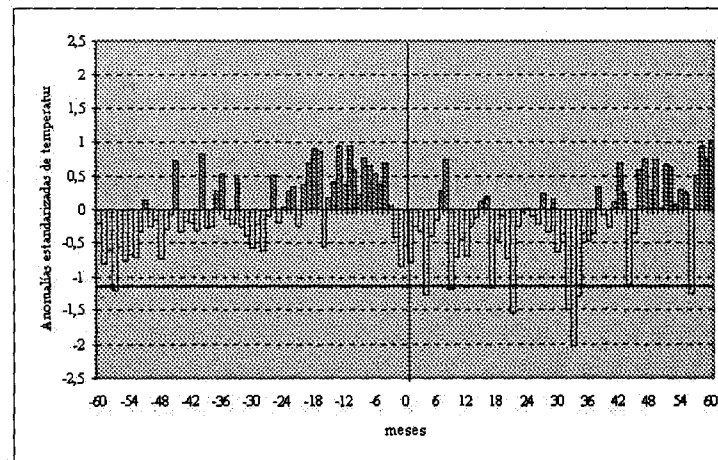


Figura 3. Aplicación del método A.E.S. a las temperaturas medias mensuales de la Península Ibérica para la erupción del Pinatubo (junio 1991), tomando el mes de enero del año de la erupción como mes clave. La línea horizontal indica el nivel de significación (0,05) tras la aplicación de una simulación Monte Carlo (-1,16).

Analizando ambas figuras ya es posible discernir algunas características comunes, como, por ejemplo, la ausencia más o menos continua de anomalías positivas con posterioridad al mes cero. Cuando éstas se producen, alcanzan una magnitud modesta y su duración no va más allá de dos meses consecutivos. Ello indica por tanto, un cierto proceso de enfriamiento que se prolonga aproximadamente tres años.

Posteriormente, se aplicó el mismo procedimiento con todas las muestras disponibles, agrupándolas en función de su localización hemisférica. De esta forma, los resultados deberían resaltar las características comunes en las secuencias de temperatura post-eruptivas. Éstos se muestran en las figuras 4 y 5.

En ambas figuras se aprecia una respuesta similar ante el evento volcánico, es decir, un enfriamiento más o menos general. Aun así, mediante un análisis más pormenorizado es posible apreciar algunos matices que son de interés. Para las erupciones del hemisferio norte (figura 4), la respuesta es prácticamente inmediata, registrándose dentro del primer año el descenso más agudo y rebasándose el nivel de confianza del 5% establecido por Monte Carlo en los meses +9 y +10 (recuérdese que el mes 0 es el enero del año de la erupción y no el mes de la erupción). Durante el segundo y tercer año posterior al mes clave, continúa mostrándose una predominancia de meses fríos, aunque tanto la magnitud como la continuidad de los mismos es cada vez menos consistente. Es posible también apreciar un cierto comportamiento estacional, registrándose unas desviaciones negativas mayores durante las estaciones estival y otoñal y un menor enfriamiento durante los meses invernales. Este último aspecto está en consonancia con otros resultados obtenidos a escala hemisférica y que apuntan un cierto calentamiento invernal posterior a una gran erupción, posiblemente ligado a un reforzamiento de la circulación zonal (GROISMAN, 1992; ROBOCK y MAO, 1995).

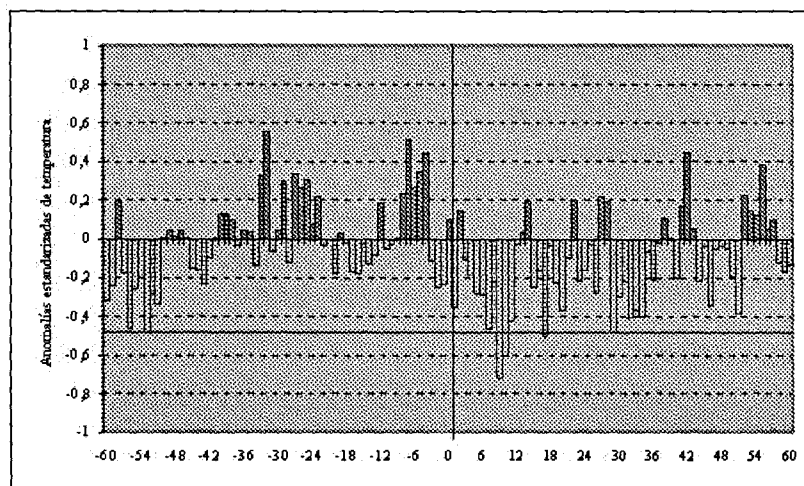


Figura 4. Aplicación del método A.E.S. a las temperaturas medias mensuales de la Península Ibérica para erupciones del Hemisferio Norte, tomando el mes de enero del año de la erupción como mes clave. La línea horizontal indica el nivel de significación (0,05) tras la aplicación de una simulación Monte Carlo (-0,48).

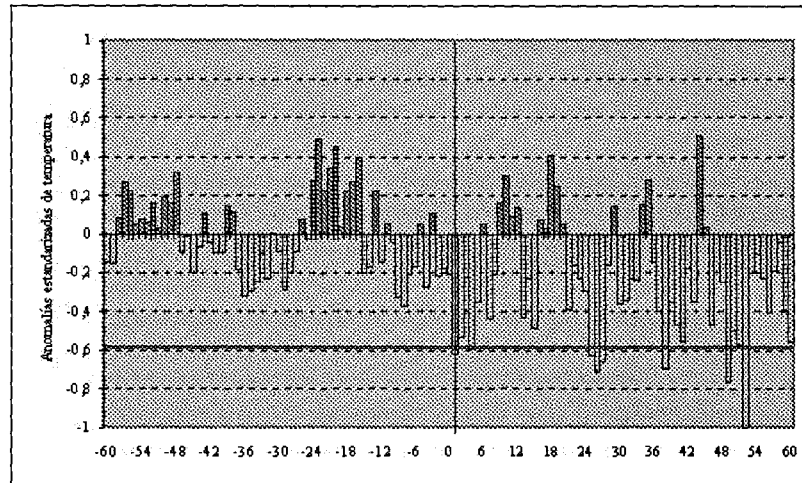


Figura 5. Aplicación del método A.E.S. a las temperaturas medias mensuales de la Península Ibérica para erupciones del Hemisferio Sur, tomando el mes de enero del año de la erupción como mes clave. La línea horizontal indica el nivel de significación (0,05) tras la aplicación de una simulación Monte Carlo (-0,59).

Por su parte, la temperatura media peninsular presenta una respuesta más aguda ante erupciones localizadas en el hemisferio sur (figura 5). Así, si en el caso anterior la duración del impacto se limitaba a unos tres años, en este caso, va más allá de los cuatro e incluso la magnitud del mismo se incrementa a medida que nos alejamos de la fecha de la erupción. La dinámica estacional indicada para las erupciones boreales no se aprecia en este segundo conjunto de erupciones, ya que es posible discernir un mayor enfriamiento durante los meses invernales y primaverales. Aun así, este comportamiento se asemeja a grandes rasgos con los resultados procedentes de otras fuentes (SEAR *et al.*, 1987 y KELLY *et al.*, 1996), sobre todo en el hecho de registrarse el máximo enfriamiento alrededor de un año posterior a la erupción. Se hace difícil justificar la marcada anomalía negativa mostrada en el cuarto año post-erupción, pero dos pueden ser los motivos de este comportamiento: la escasa muestra de eventos (cuatro) y, especialmente, el hecho de que dos de ellos se localicen en un espacio de tiempo relativamente breve (Krakatau y Tarawera), permitiendo así un solapamiento de señales.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este estudio se ha podido demostrar la incidencia de los grandes episodios volcánicos sobre la temperatura media peninsular en los últimos 150 años. La respuesta térmica ante este tipo de impacto se traduce en un descenso de la temperatura en los dos o tres años posteriores a la fecha de la erupción. Aun así, aquellas erupciones localizadas en el hemisferio sur muestran un impacto más duradero, prolongándose a los cuatro o cinco años posteriores.

A pesar de los resultados obtenidos, dos aspectos pueden limitar su fiabilidad final: el corto número de erupciones volcánicas explosivas registradas dentro del período instrumental, y el hecho de

que este tipo de perturbación presente una magnitud muy próxima a la propia variabilidad natural del clima. Ambos motivos hacen difícil la distinción clara de la señal del vulcanismo del llamado ruido de fondo, aunque la similitud de estos resultados con los obtenidos a escala hemisférica les proporcionan una mayor solidez y fiabilidad.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación se ha llevado a cabo gracias al proyecto CLI98-0930-CO2-02 (CICYT) y en el marco de las actividades del Grup de Climatologia (Universitat de Barcelona). Asimismo, el autor disfruta de una beca pre-doctoral F.P.I. del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

El autor agradece a los Dr. P.D. Jones y Dr. P.M. Kelly (*Climatic Research Unit*, University of East Anglia) la cesión de los datos, así como sus útiles comentarios.

6. REFERENCIAS

- BRADLEY, R.S. (1988): "The explosive volcanic eruption signal in northern hemisphere continental temperature records". *Climatic Change*, 12, 221-243.
- CONRAD, V. y POLLACK, L.D. (1962): "*Methods in Climatology*". Harvard University Press, Harvard.
- GROISMAN, P.Y. (1992): "Possible regional climate consequences of the Pinatubo eruption: an empirical approach". *Geophysical Research Letters*, 19, 1603-1606.
- HAURWITZ, M.W. y BRIER, G.W. (1981): "A critique of the superposed epoch analysis method: its application to solar - weather relations". *Monthly Weather Review*, 109, 2074-2079.
- JONES, P.D. y KELLY, P.M. (1996): "The effect of Tropical Explosive volcanic eruptions on surface air temperature". En Fiocco, G., Fuá, D. y Visconti, G. (eds.) "*The Mount Pinatubo eruption. Effects on the atmosphere and climate*", NATO ASI Series, 142, 95-111.
- JONES, P.D., BRIFFA, K.R. y SCHWEINGRUBER, F.H. (1995): "Tree-ring evidence of the widespread effects of explosive volcanic eruptions". *Geophysical Research Letters*, 22, 1333-1336.
- JONES, P.D., NEW, M., PARKER, D.E., MARTIN, S. y RIGOR, I.G. (1999): "Surface air temperature and its changes over the past 150 years". *Reviews of Geophysics*, 37, 173-199.
- KELLY, P.M., JONES, P.D. y PENGQUN, J. (1996): "The spatial response of the climate system to explosive volcanic eruptions". *International Journal of Climatology*, 16, 537-550.
- LAMB, H.H. (1970): "Volcanic dust in the atmosphere; with a chronology and assessment of its meteorological significance". *Phil. Transact. Roy. Soc. London*, 266, 425-533.
- NEWHALL, C.G. y SELF, S. (1982): "The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism". *Journal of Geophysical Research*, 87 - C2, 1231-1238.
- ROBOCK, A. y FREE, M.P. (1995): "Ice cores as an index of global volcanism from 1850 to the present". *Journal of Geophysical Research*, 100 - D6, 11549-11567.

ROBOCK, A. y MAO, J. (1992): "Winter warming from large volcanic eruptions". *Geophysical Research Letters*, 12, 2406-2408.

ROBOCK, A. y MAO, J. (1995): "The volcanic signal in surface temperature observations". *Journal of Climate*, 8, 1086-1103.

SATO, M., HANSEN, J.E., McCORMICK, M.P. y POLLACK, J.B. (1993): "Stratospheric Aerosol Optical Depths, 1850-1990". *Journal of Geophysical Research*, 98 - D12, 22987-22994.

SEAR, C.B., KELLY, P.M., JONES, P.D. y GOODESS, C.M. (1987): "Global surface-temperature responses to major volcanic eruptions". *Nature*, 330, 365-367.