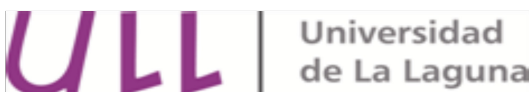


Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Año académico 2013/2014



**ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN DE
CENIZA DE LAS ERUPCIONES DEL SAN
JUAN Y EL TENEGUÍA EN LA PALMA
(ISLAS CANARIAS). RELACIÓN CON LAS
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS**



Trabajo realizado por Óscar Olave Lacalle

Dirigido por Dr. Pedro Dorta Antequera

Este trabajo ha sido realizado en el
Departamento de Geografía Física
de la Facultad de Humanidades de
la Universidad de La Laguna,
y dirigido por el
Dr. Pedro Dorta Antequera.

Fdo. Pedro Dorta Antequera.

Índice

1	Resumen / Abstract.....	1
2	Introducción.....	2
3	Antecedentes.....	5
3.1	Rasgos Climáticos de Canarias.....	6
4	Objetivos.....	7
5	Hipótesis.....	7
6	Fuentes y metodología.....	8
7	Resultados.....	9
7.1	Erupción San Juan.....	10
7.1.1	Descripción general de la erupción.....	10
7.1.2	Zona de impacto.....	15
7.1.2.1	Fase I.....	15
7.1.2.2	Fase II.....	16
7.1.2.3	Fase III.....	16
7.1.3	Situación meteorológica.....	17
7.1.3.1	Fase I.....	18
7.1.3.2	Fase II.....	20
7.1.3.3	Fase III.....	21
7.2	Erupción Teneguía.....	23
7.2.1	Descripción general erupción.....	23
7.2.2	Dinámica eruptiva, caída y distribución de cenizas.....	23
7.2.3	Zona de impacto.....	26
7.2.3.1	Fase I.....	26
7.2.3.2	Fase II.....	26
7.2.4	Situación meteorológica.....	26
7.2.4.1	Fase I.....	28
7.2.4.2	Fase II.....	30
8	Discusión.....	32
9	Conclusiones.....	33
10	Aplicación.....	34
11	Agradecimientos.....	36
12	Bibliografía.....	37

Índice de figuras

Figura 1:	En la columna eruptiva se distinguen tres zonas. Fuente: Marrero (2013).....	3
-----------	--	---

Figura 2: Mapa de localización de las erupciones.....	10
Figura 3: Columna eruptiva del primer cráter, el día de San Juan. Como escala, se señala la presencia de una persona / Miguel Bravo.....	11
Figura 4: Mapa de Localización y dispersión de la ceniza en 1949.....	12
Figura 5: Recorrido de la lava y plataforma costera. Erupción de San Juan / Benito M. Rodríguez.....	13
Figura 6: Esquema de desarrollo de la erupción de San Juan (1949). Muestra los días de afección, altura de columna, zonas afectadas y dirección del viento. Elaboración propia.....	17
Figura 7: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase I. Fuente: http://www.wetterzentrale.de	20
Figura 8: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase II. Fuente: http://www.wetterzentrale.de	21
Figura 9: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase III. Fuente: http://www.wetterzentrale.de	22
Figura 10: Esquema de desarrollo de la erupción de Teneguía (1971). Muestra los días de afección, altura de columna, zonas afectadas y dirección del viento. Elaboración propia.....	27
Figura 11: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase I. Fuente: http://www.wetterzentrale.de	29
Figura 12: Mapas del tiempo a 850 hPa. Fase II. Fuente: http://www.wetterzentrale.de	31

Índice de tablas

Tabla 1: Evolución de la emisión de ceniza de la Erupción del San Juan. Fuentes: Diario el Día (DED); Diario de La Mañana (DLM); Diario La Tarde (DLT); Diario de Avisos (DA); Bonelli y Romero, 1949 (RoBo).....	14
Tabla 2: Características meteorológicas de las distintas fases de la erupción del San Juan, durante los meses de junio y julio de 1949. (Boletín Meteorológico).....	18
Tabla 3: Cuadro resumen de la erupción del Teneguía.....	23
Tabla 4: Evolución de la emisión de ceniza de la Erupción del Teneguía (1971). Fuentes: Diario el Día (DED); Diario de Avisos (DA).....	25
Tabla 5: Datos de temperatura media, precipitación y viento, procedentes de las estaciones de Izaña (2.371m.) y Los Rodeos (632m.) Fuente: AEMET.....	28

1 Resumen / Abstract

Resumen: A pesar que el volcanismo histórico en Canarias ha estado caracterizado principalmente por una dinámica eruptiva estromboliana , existen casos históricos que muestran comportamientos diferenciados debido al incremento de la explosividad que se produce cuando el magma interacciona con el agua, denominado hidromagmatismo. Pese a todo, los estudios que analizan el impacto de estas erupciones son sólo parciales. En este trabajo se estudia comparativamente dos erupciones históricas ocurridas en época reciente, San Juan (1949) y Teneguía (1971), ambas en la isla de La Palma, prestando especial atención a sus dinámicas eruptivas, emisión y dispersión de ceniza y al impacto que tuvo este peligro volcánico. Se analizan las condiciones atmosféricas del momento de las erupciones y cómo se correlacionan con los climas tipo definidos para el conjunto del archipiélago. Se indica que la emisión y dispersión de cenizas depende principalmente de nivel de explosividad y fragmentación del magma, además de las condiciones meteorológicas. También es importante tanto la localización del centro de emisión, como su orientación y altitud. Por último se discute el impacto que podría causar en la actualidad una situación similar a la economía de las islas.

Palabras Clave: Canarias, hidromagmatismo, dinámica eruptiva, explosividad volcánica, condiciones atmosféricas, caída de ceniza, impacto.

Abstract: In spite of the fact that the historical volcanism in the Canary Islands has been mainly characterized by strombolian eruptive dynamics, there are historical cases that show different behaviors due to the increase of explosiveness, that occurs when magma interacts with water. Nevertheless, studies examining the impact of these eruptions are only partial. In this paper we study comparatively two historic eruptions in recent times, San Juan-Nambroque (1949) and Teneguía (1971), both on the island of La Palma, paying particular attention to its eruptive dynamics, emission and scattering of ashes and to the impact that this volcanic hazard produced. Atmospheric conditions at the time of the eruptions are analyzed and how they correlate with the climate type defined for the whole archipelago. It is indicated that the emission and scattering of ashes depends

mainly on the explosion's level and fragmentation of the magma, besides the meteorological conditions. Both the location of the broadcast center and orientation and altitude, are also important. Finally, the impact that a similar situation could have on the current economy of the islands, is discussed

Keywords: Canary Islands, hydromagmatic, eruptive dynamics, volcanic's explosivity, atmospheric conditions, scattering ash, impact.

2 Introducción

El estudio de los peligros naturales y cómo pueden llegar a afectarnos es una de las claves para la reducción del riesgo. Dentro de los peligros volcánicos, uno de los que más impacto puede ocasionar en términos espaciales es la caída de ceniza, que por sus características puede ser desplazada cientos de kilómetros desde el centro de emisión. El mayor o menor grado de dispersión de las cenizas volcánicas depende, inicialmente, de la dinámica eruptiva y de la localización del centro de emisión. El nivel de explosividad determina el grado de fragmentación del magma, que condiciona el volumen de ceniza disponible y la capacidad para inyectarla en la atmósfera. Para caracterizar el nivel de explosividad de una erupción se utiliza el "Volcanic Explosivity Index" (VEI) o Índice de Explosividad Volcánica (Newhall y Self, 1982), que se centra en la altura de columna y/o volumen de material emitido. En el caso de Canarias, las erupciones de tipo basáltico, oscilan entre un VEI 1 y 3 (Rodríguez-Gonzalez et al, 2008). Respecto a la localización del centro de emisión, tanto en altitud como en orientación.

En segunda instancia, el grado de dispersión de la ceniza también depende de la dinámica de la columna eruptiva y los efectos atmosféricos, especialmente en relación a la dirección y velocidad del viento, así como de la estructura vertical de la atmósfera (Felpeto, 2002). En las columnas eruptivas de mayor desarrollo vertical se distinguen tres partes, zona de chorro, la zona o región convectiva y la zona de difusión o expansión horizontal. La primera es donde el material expulsado entra en contacto con el exterior. La segunda se caracteriza por un ascenso adiabático del gas y la

incorporación de aire que favorece el ascenso vertical del material. A medida que la columna asciende en altitud, se produce una pérdida progresiva de temperatura, densidad y velocidad. La zona de expansión horizontal se alcanza cuando la columna pierde velocidad de ascenso, quedando este área controlada por la dirección, velocidad del viento y turbulencia atmosférica (Astiz et al, 2000; Felpeto, 2002). En Canarias, debido a la latitud en la que se encuentra, es característica la presencia frecuente de un anticiclón subtropical en sus inmediaciones, el predominio de los vientos alisios y la existencia de una corriente oceánica fría. Estos elementos, determinan una estratificación del aire con un claro predominio de la estabilidad (Marzol, 1993; Dorta, 1996).

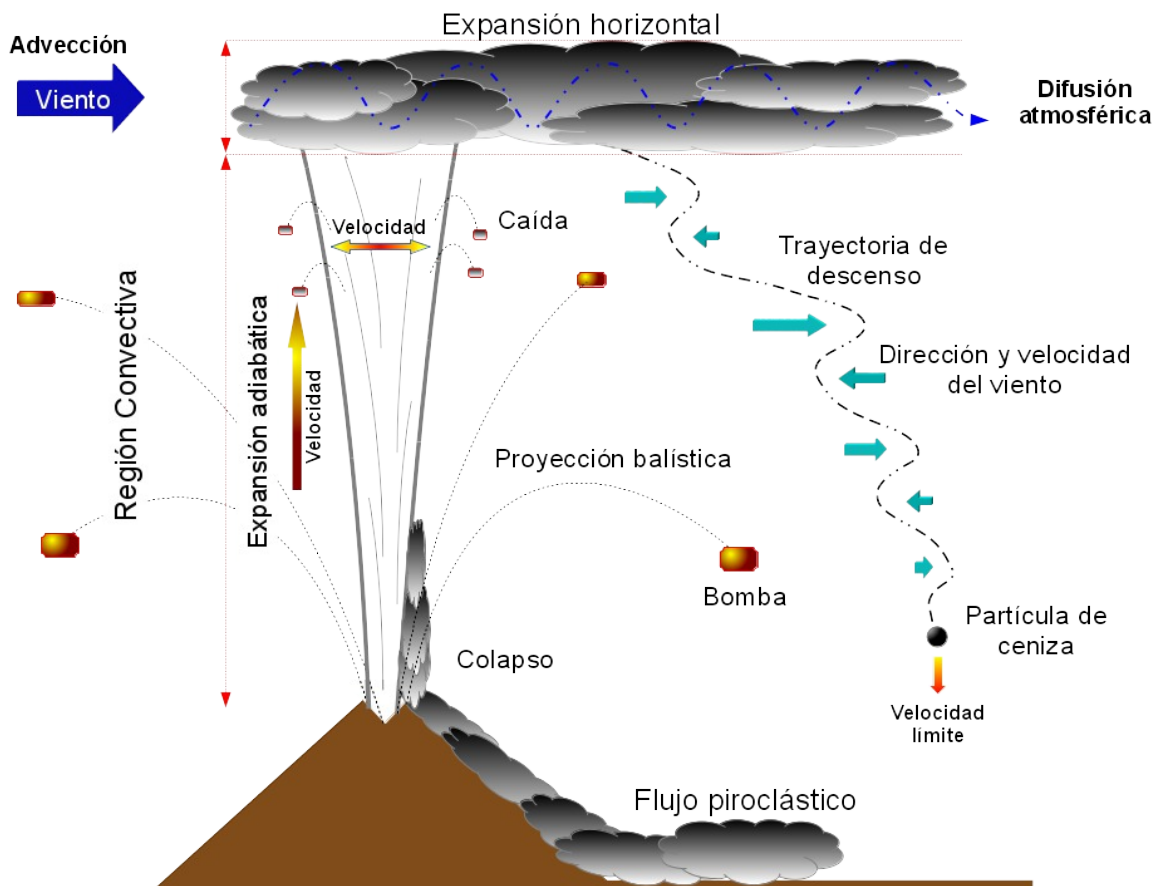


Figura 1: En la columna eruptiva se distinguen tres zonas. Fuente: Marrero (2013)

Dependiendo del mecanismo de transporte predominante en cada una de ellas. Sobre la boca eruptiva los materiales salen proyectados unos pocos de centenares de metros en

función de la velocidad de descarga del sistema. Encima se encuentra la región convectiva que puede alcanzar varias decenas de kilómetros dependiendo de las características térmicas de la columna y de la atmósfera. Cuando se alcanza la altura de equilibrio adiabático, predominan los procesos de difusión horizontal, Astiz, et al (2000). En el desarrollo de modelos de peligrosidad para caída de ceniza, el estudio de casos reales es esencial. Este conocimiento permite determinar los parámetros más adecuados en el desarrollo de simulaciones y cálculo de mapas de peligro volcánico. Esta información es fundamental en un área volcánicamente activa como Canarias, como se ha visto en los últimos años con la reactivación o “crisis” del año 2004 en Tenerife (García et al, 2006; Martí et al, 2009) y la erupción de 2011, en el mar de las Calmas, en El Hierro (Ibañez et al, 2012; López et al, 2012; Martí et al, 2013; García et al, 2014).

Canarias es un territorio cada vez más densamente poblado, con mayor número de infraestructuras y donde su vulnerabilidad se ha incrementado considerablemente. Además, depende del turismo como principal motor económico (Simancas, 2004), el cual también se desarrolla en las islas menores como una alternativa a la crisis que han sufrido las bases productivas tradicionales (Martín, 2009). El paisaje volcánico, junto al volcanismo activo, juegan un papel relevante en el desarrollo de la actividad turística, como lo atestigua el número de visitas turísticas que recibe el centro de visitantes situado en el Volcán San Antonio, dentro del Monumento Natural del Teneguía, y que recibe el 60% del total de visitas en la isla (Simancas, 2008) . Para el continuo funcionamiento y desarrollo de este sector, el transporte aéreo es fundamental, pero resulta extremadamente vulnerable a la presencia de ceniza volcánica en la atmósfera, como pudo observarse durante la reciente erupción de volcán islandés Eyjafjallajökull en 2010 (Kueppers, 2014). Debido a ello, una erupción en Canarias, incluso de las que han llegado a denominarse “tranquilas”, podría tener un impacto grave en la economía si se produce un bloqueo del espacio aéreo, sobre todo si se prolonga en el tiempo.

El interés científico de este trabajo radica en la posibilidad de caracterizar el impacto de la caída de ceniza en dos erupciones históricas producidas en el s. XX, San Juan (1949) y Teneguía (1971), con unas características similares a nivel interno, típicas del

volcanismo basáltico, pero que tuvieron finalmente una dinámica eruptiva y zona de impacto distintas. Así mismo, es relevante también la correlación entre las características meteorológicas del momento en el que se producen ambas erupciones respecto a los climas tipo definidos para Canarias (Marzol, 1993; Dorta, 1996) y que permiten el estudio a largo plazo de la actividad volcánica.

3 Antecedentes

Para el estudio de la peligrosidad volcánica es fundamental entender el pasado eruptivo de la zona de estudio, entre ellos la dinámica de las erupciones, frecuencia con la que ocurren, impacto, etc. En Canarias existe una extensa bibliografía sobre el pasado eruptivo, pero a nivel general está centrada especialmente en los aspectos internos, entre ellos la petrología (Aparicio et al, 2003), dinámica de ascenso del magma (Klügel et al, 1999; 2005), geocronología (Abel-Monem et al, 1971; 1972), y en menor medida en el impacto que producen en superficie, como la Geomorfología y la Historia eruptiva (Romero, 1991; 2003). Esta circunstancia dificulta en ocasiones el cálculo de la peligrosidad a partir del empleo de modelos de simulación (Marrero, 2013). Pese a todo, cada vez se dispone de una bibliografía más amplia que trata esta temática. Destaca la elaboración de los Árboles de Eventos (Event Tree) (Newhall y Hoblitt, 2002) para el sistema Teide-Pico Viejo (Martí et al, 2008a), mediante se determinan las características y dinámica de los eventos esperados. También los recientes trabajos realizados en el cálculo de la susceptibilidad volcánica, la probabilidad en tiempo y espacio de que ocurra una erupción (Felpeto 2002; Martí y Felpeto, 2010; Becerril et al 2013). Finalmente, diversos trabajos que evalúan directamente la peligrosidad volcánica de coladas de lava, flujos piroclásticos y caída de ceniza para distintas islas (Araña et al, 2000; Felpeto et al, 2001; 2007; Toyos et al, 2007), así como su impacto en la población e infraestructuras (Martí et al, 2008b; Marrero et al, 2012; Scaini et al, 2014). En ciertas regiones volcánicas, se puede encontrar algún trabajo que se centre en la afección de ceniza, como la del el Volcán de Toluca, que permiten obtener, por medio de aproximaciones, algunos parámetros eruptivos (altura columna, volumen de emisión) en base a la distribución observada y medidas de campo, pero que no permiten reproducir

con mayor exactitud posibles escenarios futuros (Aparicio, 2012). En Canarias, si bien están estudiadas las áreas de caída de cenizas asociadas a las erupciones fonolíticas del Teide (Booth, 1973; Felpeto, 2002), no existen estudios en los que se analicen los efectos vinculados a la dispersión de cenizas de erupciones basálticas, salvo el realizado por Galindo et al, (2013).

3.1 Rasgos Climáticos de Canarias

Históricamente, el Archipiélago Canario ha servido de “Laboratorio Ideal” tanto para el estudio del clima en general, como para “estudios específicos de microclimatología, tan importantes desde el punto de vista de su aplicación práctica”, tal y como indicaba el meteorólogo Font (1959) en *El Clima de Canarias*. Desde hace años, numerosos autores han analizado y estudiado el clima en Canarias, con varias publicaciones, (Font, 1959; Marzol 1987; 2012; Dorta, 1990; Dorta et al, 2013; Cuevas et al, 1996; Criado et al, 2003).

Canarias en general y la Isla de La Palma en particular, presentan una serie de rasgos fundamentales que definen el clima y tiempo atmosférico que la caracteriza, y sus variantes climáticas locales. La localización geográfica, en latitudes subtropicales con un predominio de los vientos alisios, determina una estructura vertical de la baja troposfera con una presencia constante de inversiones térmicas, de subsidencia en la mayor parte de los casos, que explican la fuerte tendencia a la estabilidad de toda esta región (Dorta, 1996).

Para el caso concreto del estudio de la dispersión y caída de ceniza volcánica es fundamental conocer el funcionamiento de las capas medias y altas de la atmósfera, especialmente entre los 2000 y 8000 metros, siendo muy pocas las publicaciones que tratan la troposfera media y alta. En este sentido, uno de los rasgos más definatorios del clima de toda esta región es la persistencia, a lo largo del año, de una estructura vertical de la troposfera con frecuentes inversiones térmicas, en su inmensa mayoría de subsidencia, que dan lugar a unas condiciones atmosféricas en las que es mucho más importante la circulación horizontal del aire que la vertical (Dorta, 1996; Marzol, 2008).

En ocasiones también pueden aparecer inversiones de superficie, si se producen invasiones de aire procedentes del Sahara Occidental (Dorta, 1996). Esta disposición estable de la troposfera sólo se rompe, esporádicamente, por advecciones de procedencia septentrional o por «gotas frías» en altura, que se combinan con el significativo relieve de las islas, acentuando la inestabilidad (Dorta, 1996). Un indicador de las inversiones térmicas es el denominado “mar de nubes”. Debido a la orografía del archipiélago y favorecido por la citada estructura vertical de los alisios es muy frecuente y podría tener cierto papel en la distribución de las cenizas.

4 Objetivos

Los objetivos fundamentales de este trabajo son, primeramente, el estudio y análisis de la dispersión e impacto de la ceniza emitida durante las erupciones de los volcanes San Juan-Nambroque (1949) y Teneguía (1971), en la Isla de La Palma (Islas Canarias). Posteriormente, se determinarán las condiciones meteorológicas que favorecieron dicha dispersión, y su correlación con las condiciones climáticas tipo para Canarias. También se pretende mostrar como, erupciones similares en origen a nivel de composición de magma y dinámica de ascenso, tienen un efecto completamente distinto en relación a la dinámica eruptiva y área de impacto final, debido a la interacción del agua en una de ellas.

5 Hipótesis

Comprobar que, aunque la mayoría de las erupciones basálticas producidas en tiempos históricos muestran comportamientos marcadamente efusivos, donde el impacto derivado de la caída de ceniza es escaso y próximo al centro emisor, pueden producirse también erupciones hidromagmáticas, de características semejantes en cuanto a tipo de magma y dinámica de ascenso, pero con un estilo eruptivo e impacto mucho mayor. Aunque estas erupciones tienen fases con dinamismos estrombolianos, y por tanto con columnas eruptivas de escaso desarrollo vertical, poseen fases con índices de explosividad mayores que permiten la generación de columnas eruptivas de elevado

desarrollo vertical y mayor grado de dispersión. Si estas erupciones tuvieran lugar, pueden llegar a tener un gran impacto en la economía actual de las Islas Canarias debido a su dependencia de la actividad turística y de las comunicaciones aéreas. El impacto final estará muy condicionado por las condiciones atmosféricas durante las fases eruptivas.

6 Fuentes y metodología

Para la obtención de los datos utilizados en este trabajo, se ha prestado especial atención a las fuentes tanto bibliográficas como periodísticas de la época con el fin de reconstruir las erupciones y, sobre todo, la dispersión de la emisión de cenizas.

1. Para establecer la descripción general de ambas erupciones se ha recurrido a bibliografía específica, sobre volcanismo de la isla de La Palma y de Canarias. A partir de esta documentación, se han obtenido datos como localización, volumen de material emitido, impacto en la población, etc.
2. Para complementar la información en relación a la emisión de ceniza, determinar el impacto en la población y establecer las franjas temporales más importantes, se ha consultado la prensa de la época, entre ellos los periódicos *La Tarde*, *El Día* y el *Diario de Avisos*, todos ellos de Santa Cruz de Tenerife, procedentes del archivo personal de la Doctora Carmen Romero. La información obtenida relativa a la emisión y caída de ceniza y la línea temporal, se sistematizó en una tabla, donde además se constata los días en los que no hay información (Tabla 1 y 4). Los criterios de filtrado fueron, inicialmente, la localización de la información sobre la erupción y posteriormente la selección de párrafos específicos relacionados con la emisión y caída de ceniza.
3. Con el fin de caracterizar el estado de la atmósfera durante las erupciones, se ha recurrido a la bibliografía y prensa disponible, tanto referida a las condiciones medias o más habituales, como a las fechas de las erupciones.
4. Los datos de meteorología usados han sido los mapas del tiempo, de la página

web wetterzentrale.de. Para cada día, se obtuvo el mapa de temperatura a 850 hPa (aprox. 1500 m. de altitud) y a 500 hPa Geopotencial y de presión altitud (aprox. 5500 m. de altitud), tomadas a las 0 horas GMT. También se han utilizado los datos de los sondeos termodinámicos, del boletín mensual del Centro Meteorológico de Tenerife, correspondientes a los meses de Junio y Julio de 1949.

5. Una vez organizada y procesada esta información, se han elaborado unos cuadros sinópticos, en los que se pone en relación toda la documentación obtenida (Figuras 6 y 10)

7 Resultados

En este apartado se detallan las principales características de las erupciones de “San Juan” y del “Teneguía”, que tuvieron lugar en la isla de La Palma (Islas Canarias) en 1949 y 1971, respectivamente. La estructura de este apartado se subdivide en cuatro puntos comunes para cada erupción. En el primer punto se da una descripción general de la erupción (Figura 2). En el segundo se detalla la dinámica eruptiva, así como la caída y dispersión de ceniza, donde se muestra una tabla con la línea temporal del evento (Tablas 1 y 4). En el tercer punto se muestra la zona de impacto de la ceniza (Figuras 4, 6 y 10) y finalmente, en el cuarto se describen las características meteorológicas y su correlación con los tipos de tiempo de los periodos más significativos de la emisión y dispersión de ceniza (Figuras 7 y 9)

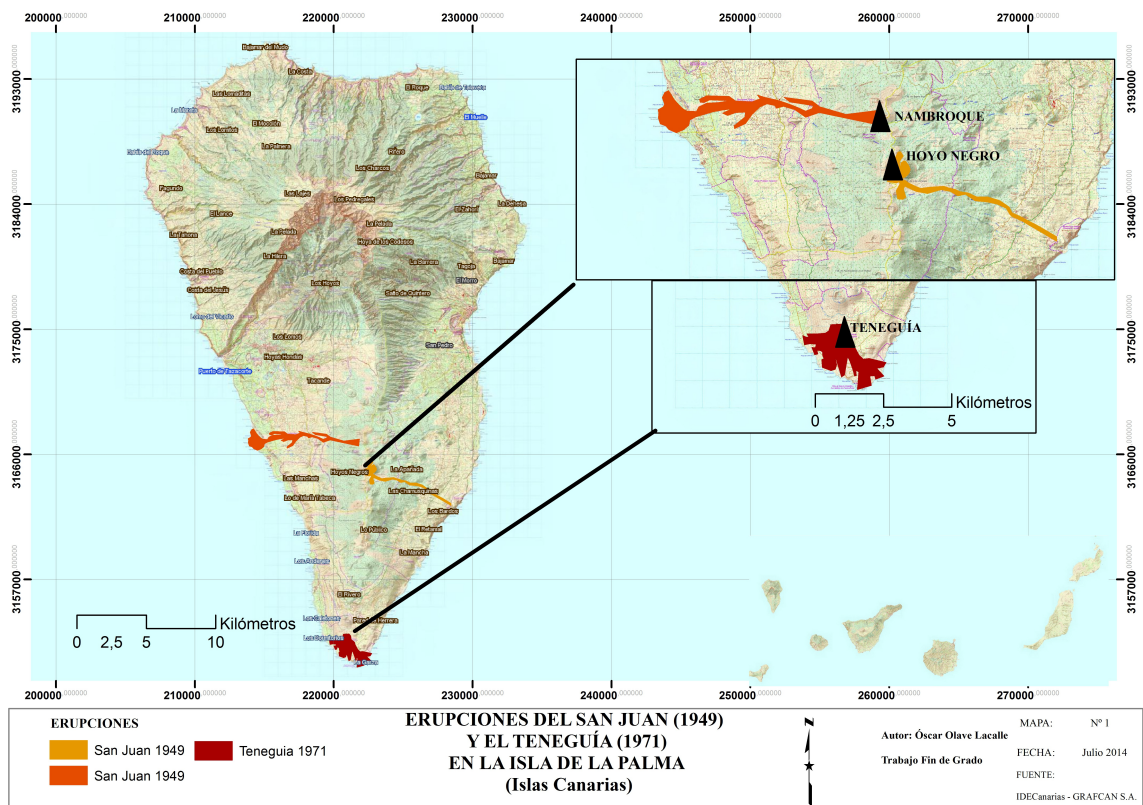


Figura 2: Mapa de localización de las erupciones.

7.1 Erupción San Juan

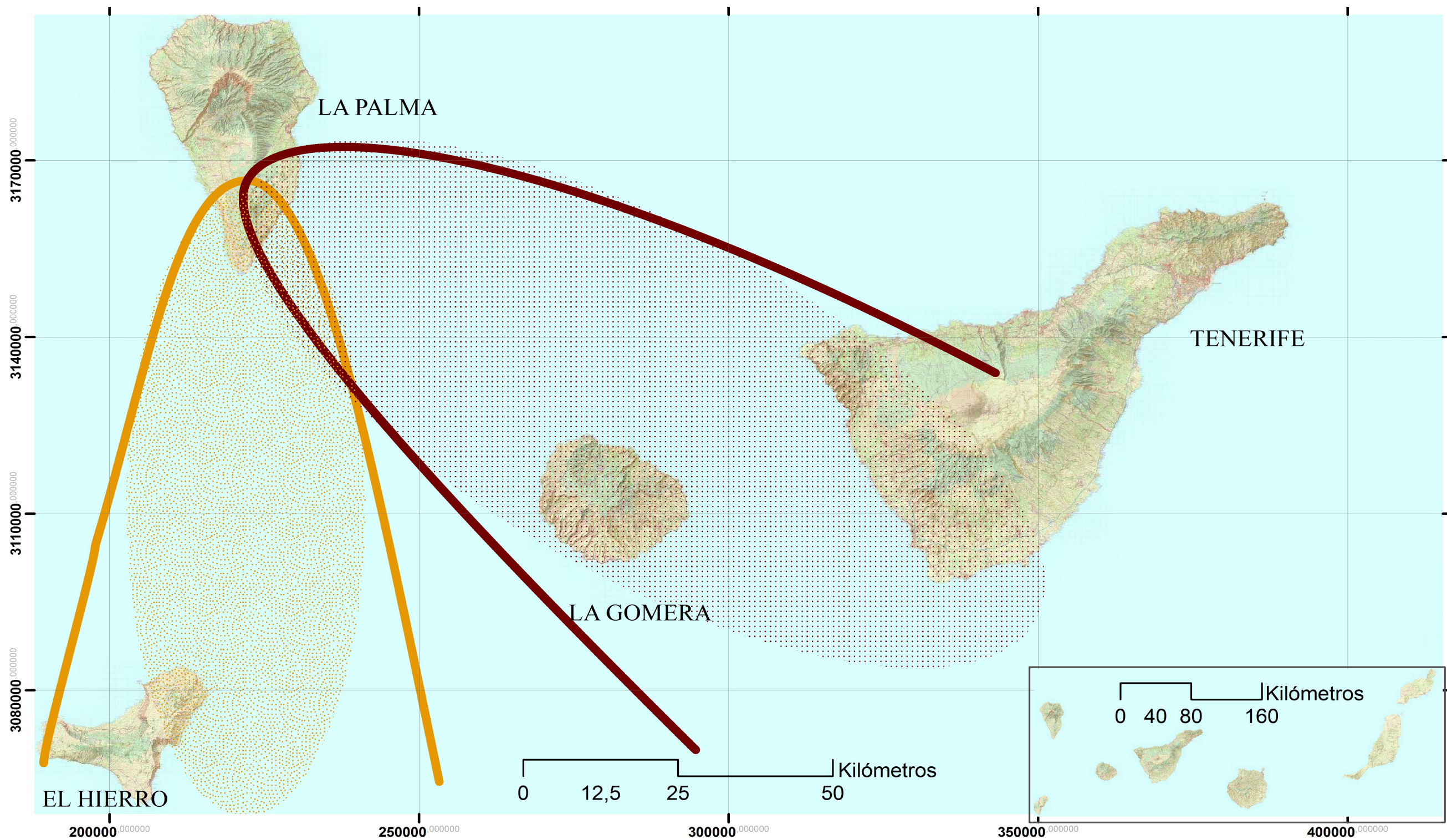
7.1.1 Descripción general de la erupción

El estilo eruptivo de la erupción San Juan fue estromboliano y freatomagmático (Romero, 1991; Carracedo, 2008). El Duraznero y el de Hoyo Negro, mostró episodios freatomagmáticos muy violentos, debido a la interacción del magma con una bolsa de agua subterránea, dando lugar a columnas eruptivas que alcanzaron gran altitud. Por el contrario, el de Llano Blanco fue efusivo (Romero, 1991; Carracedo, 2008). El Índice de Explosividad de la erupción San Juan fue de 2 (Simkin et al, 1994; Carracedo 2004a; 2004b), de acuerdo a la definición de VEI (Newhall y self, 1982). El Duraznero, tras la fase explosiva inicial, formó un flujo de lava hacia la costa Este, llegando casi al mar. El Hoyo Negro fluye en dirección Oeste, formando una extensa plataforma costera (Figura 8). El Llano Blanco, que fue una fisura eruptiva, sin explosividad y sólo emitiendo lava.

La morfología de lavas se corresponde a los tipos *Aa*, *pahoe-hoe* y cordadas. Los tipos de materiales emitidos durante la erupción de San Juan fueron Basalto piroxénico-olivínico-plagioclásicos, Basalto piroxénico-olivínico y Basalto-piroxénico-plagioclásicos (Romero, 1951; Martel, 1960; Carracedo; 2001).



Figura 3: Columna eruptiva del primer cráter, el día de San Juan. Como escala, se señala la presencia de una persona / Miguel Bravo



DIRECCIÓN DEL LA CENIZA		ÁREAS DE AFECCIÓN DE CENIZA ERUPCIÓN DEL SAN JUAN (1949) EN LA ISLA DE LA PALMA (Islas Canarias)			Autor: Óscar Olave Lacalle	MAPA: N° 2		
	25, 26 y 27 de Junio					6 y 7 de Julio	Trabajo Fin de Grado	FECHA: Julio 2014
ÁREA DE AFECCIÓN DE CENIZA							FUENTE: IDECanarias-GRAFCAN S.A.	
	Ceniza 26 de Junio		Ceniza 6 de Julio					

Figura 4: Mapa de Localización y dispersión de la ceniza en 1949

En la erupción de San Juan destacan tres periodos significativos de emisión de ceniza, claramente diferenciados en las fuentes consultadas.

1. El primero de ellos (Fase I) se desarrolla desde el día 24 de Junio, fecha en la que comenzó la crisis volcánica, hasta el 27 del mismo mes. Según indican las fuentes, desde la zona de cumbre vieja, se visualizó una columna de humo y ceniza que alcanzó los 4000 metros de altitud, con una trayectoria Sur y una longitud aproximada de 100 kilómetros (La Tarde, 26/07/1949).
2. El segundo periodo (Fase II), corresponde a las jornadas del 6 y 7 de julio, debido a una nueva reactivación, que dio lugar a una columna eruptiva que alcanzó los 6.000 metros de altitud.
3. El tercer y último periodo (Fase III) dura varios días, del 13 al 22, y fue el más largo, con una columna eruptiva de 200 metros, extendiéndose en varias direcciones.



Figura 5: Recorrido de la lava y plataforma costera. Erupción de San Juan / Benito M. Rodríguez

A continuación y de manera detallada, se puede observar una tabla resumen del periodo eruptivo. Se especifica únicamente si hubo o no emisión de ceniza, y cómo afectó. Se ha recurrido a las fuentes bibliográficas y periodísticas de la época. Cabe destacar que la información sobre esta erupción, en lo que a emisión de cenizas se refiere, es muy escasa, no existiendo estudios posteriores al proceso.

FASES	FECHA	FUENTE	DESCRIPCIÓN DE LA EMISIÓN DE CENIZA EN LA JORNADA
Fase I	24/06/49	DLT	En la zona de cumbre vieja se visualizó una columna de humo y ceniza. A las 11:00 la carretera de Montaña Pelada, es invadida por ceniza y polvo. En las zonas de El Charco, Pago Los Charcos y el Santuario de Santa Cecilia, se produce lluvia que provoca la precipitación de ceniza.
	25/06/49	DLT	La dirección de la nube de ceniza iba desde Fuencaliente hasta las Manchas. Siguió produciéndose precipitaciones con ceniza en esta jornada. La zona que se observó más afectada fue la Carretera General, km 38-39
	26/06/49	DLT	En esta jornada se produjo precipitación de ceniza en el barrio de las Manchas, pese a ello, los vecinos no abandonaron el lugar. Según el capitán García Escamez, la columna de ceniza llegaba hasta los 4000 metros de altitud, seguía una trayectoria Sur, y se calculó que la nube tenía una longitud de 100km. (Según el Ingeniero de minas Romero Ortiz, se trataba de nubes, por lo que negó este hecho, diciendo que la columna de ceniza no pudo alcanzar esa altitud)
	27/06/49	DLT	La columna de ceniza sobrepasó el mar de nubes, produciéndose precipitación de ceniza en los barrios cercanos a la boca eruptiva, concretamente la del El Paso, que a las 14:00 emitía gran cantidad.
	28/06/49	DLT	Comenzó un periodo poco significativo en cuanto a la emisión de cenizas.
	29/06/49	RoBo	Columna vertical de humo negro
	30/06/49	RoBo	Columna vertical de humo negro
	01/07/49	DLT	Reactivación de la actividad. A las 18:00 se escuchó un gran explosión, que dio a una nueva columna de ceniza.
	02/07/49	DLT	Disminución de la explosividad, por lo que disminuyó la columna
	03/07/49	DLT	Disminución de la actividad volcánica
	04/07/49	DLT	Disminución de la actividad volcánica
	05/07/49	DLT	Disminución de la actividad volcánica
Fase II	06/07/49	DLT	Reactivación de la actividad. Nueva columna de ceniza, alcanza 6000 metros de altitud, con dirección hacia Pagos de Jedey, Las Manchas y Puerto Naos. Es significativo que la nube se aprecia desde Tenerife, llegando a ser afectada la isla en su vertiente Noroeste y teniendo constancia del depósito de ceniza en las cañadas y el Teide.
	07/07/49	DLT, RoBo	Lanzamiento de ceniza, que cae como "lluvia de Fuego" en la plaza de El Paso. El Norte de Tenerife sigue afectado por la nube de ceniza. Según algunos que la presenciaron, comentaron que parecía una "nube tormentosa"
	08/07/49	RoBo	En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	09/07/49	DLT	En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	10/07/49	DLT	En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	11/07/49	DLT	En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	12/07/49	DLT	Este diario hizo mención al humo y la ceniza
Fase III	13/07/49	DLT	Surgió una nueva boca eruptiva, en el Llano de agua, desde donde partió una "Gran columna de humo y ceniza" dirección las Manchas.
	14/07/49	DLT	La nube de ceniza se elevó a 200 metros y se extiende en varias direcciones. Afectando a embarcaciones, concretamente en la costa de los Llanos y Tazacorte.
	15/07/49	DLT	Al medio día se produjo en toda la isla la precipitación de ceniza, especialmente en El Paso, los Llanos y Tazacorte
	16/07/49	DLT	Continuó afectando la precipitación de ceniza en la isla
	17/07/49	DLT	Continuó afectando la precipitación de ceniza en la isla
	18/07/49	DLT	A primera hora de este día, cesó por completo el depósito de ceniza.
	19/07/49	DLT	Reactivación de la emisión de ceniza, afectando en este caso a los cultivos
	20/07/49	DLT	Hasta este día, en algunos lugares se alcanzaron los 70 centímetros de acumulación de cenizas, causando daños importantes principalmente en el Valle de Aridane y Fuencaliente. Se vieron afectados los cultivos de tabaco, algodón y cereales.
	21/07/49	DLT	Según Diego M. Guigou, se sucedieron explosiones con emisión de ceniza. En esta jornada el viento azota con fuerza las cumbres, y levanta la ceniza depositada sobre ellas.
	22/07/49	DLT	En el Valle de Aridane cesó la caída de ceniza. Perdiendo intensidad dicha emisión. Igual que en la jornada anterior, el viento azota con fuerza las cumbres, y levanta la ceniza depositada sobre ellas.
	23/07/49	DLT	En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	24/07/49	DLT	En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	25/07/49	DLT	En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	26/07/49	DLT	Disminución de la actividad volcánica
	27/07/49	DLT	Disminución de la actividad volcánica
28/07/49	DLT	Disminución de la actividad volcánica	
29/07/49	DLT	Disminución de la actividad volcánica	
30/07/49	DLT	A las 11:00 horas, se reactivó tras una gran explosión, donde surgió una columna eruptiva de ceniza, que afectó a los municipios de los Llanos, Tazacorte y el Paso. Causando de nuevo daños en casas, cultivos y zonas forestales de la isla. Según algunos vecinos de Adeje (Tenerife) dicha columna era visible desde el municipio.	
31/07/49	DLT	Comienza a disminuir la actividad hasta el cese completo. No hay emisión de cenizas. Fase posteruptiva y Finalización oficial	

Tabla 1: Evolución de la emisión de ceniza de la Erupción del San Juan. Fuentes: Diario el Día (DED); Diario de La Mañana (DLM); Diario La Tarde (DLT); Diario de Avisos (DA); Bonelli y Romero, 1949 (RoBo)

7.1.2 Zona de impacto

Los municipios que se vieron más afectados, fueron los situados al sureste primero y al suroeste después, concretamente El Paso, los Llanos de Aridane y Tazacorte. Días después se sumarían Breña Alta, Breña Baja y Villa de Mazo .

7.1.2.1 Fase I

El 24 de Junio, fecha en la que comenzó la crisis volcánica, desde la zona de cumbre vieja se visualizó una columna de humo y ceniza. A las once horas de la mañana, la carretera que llevaba a Montaña Pelada se vio invadida por ceniza y polvo, mientras que las zonas del El Charco, Pago los Charcos y el Santuario de Santa Cecilia, eran afectadas por la ceniza acompañada por lluvia. En la jornada siguiente (día 25), la dirección de la nube de ceniza iba desde Fuencaliente hacia las Manchas, afectando al tramo de la carretera general, en los kilómetros 38 y 39. El día 26, la ceniza llegó hasta el barrio de las Manchas, afectando a sus casas, pero los vecinos del barrio continuaron en él, sin prestar atención al potencial peligro de la caída de ceniza. Es significativa la presencia de ceniza tanto en El Hierro inicialmente, como en La Gomera y Tenerife después. El día 27, afectó significativamente al barrio de El Paso, donde sobre las 14 horas, la ceniza se precipitaba sobre sus calles y casas (Diario de La Tarde, 28/06/1949). Esta erupción tuvo tal impacto social que generó un poema que aún perdura en la sabiduría popular de nuestras islas. Recabado de la memoria de Dña. Carmen López Ramírez (Armeñime-Adeje) (www.volcanesdecanarias.com):

*“Día junio veinticuatro del año cuarenta y nueve
arriba donde cae nieve me fui a poner un zapato
y fue tanta la roñez y la ira de mi alma
que por poquito La Palma
queda virada al revés”*

7.1.2.2 Fase II

El día 6 de Julio la dirección de la ceniza fue prioritariamente hacia los Pagos de Jedey, las Manchas y Puerto Naos, situados en la vertiente W de la isla. En la misma jornada, fue significativo que la nube de ceniza además de ser observada desde Tenerife, su vertiente Noroeste también se vio afectada, llegando el depósito tanto a las Cañadas como al propio Teide (Diario de La Tarde, 07 /07/1949). En el estudio no se han encontrado o no se dispone de datos sobre el espesor del depósito. En la Palma, al día siguiente (día 7), en la Plaza del municipio de El Paso, se precipitaba ceniza o lo que los vecinos llamaron “Lluvia de fuego” tal y como refleja el Diario La Tarde al día siguiente. De igual modo, Tenerife seguía afectada por la nube de ceniza, tanto es así que quienes la presenciaron decían que tenía similitud con una “nube tormentosa” (Diario La Tarde, 08/07/1949).

7.1.2.3 Fase III

Las calles y edificaciones de Tazacorte y los Llanos se vieron invadidas por la caída de ceniza. También llegó al mar, afectando a las embarcaciones. Al día siguiente (jueves, 14), la isla se cubría por una capa de ceniza, que llegó especialmente a El Paso, los Llanos y Tazacorte (Diario de La Tarde, 21/07/1949). Esta situación se mantiene hasta el 20 de julio , llegando a alcanzar espesores en algunos puntos de 70 cm y causando daños importantes, principalmente en el Valle de Aridane y Fuencaliente (Diario de La Tarde, 21/07/1949). Los cultivos de algodón, cereales y tabaco se vieron seriamente afectados, al igual que el ganado , al morir un número importante de cabezas debido a la alimentación de forraje contaminado por la ceniza (Bonelli, 1951).

En algunos casos, la ceniza tenía un tamaño tan minúsculo que llegó al interior de algunas edificaciones (casas, cuadras o pajares) atravesando sus tejados.

7.1.3 Situación meteorológica

A continuación y a modo de resumen, se expone el siguiente cuadro sinóptico, que representa la dinámica de la emisión de ceniza. Es una síntesis de lo expuesto anteriormente en este apartado del trabajo. Trata de clarificar y exponer los datos más relevantes tratados en él.

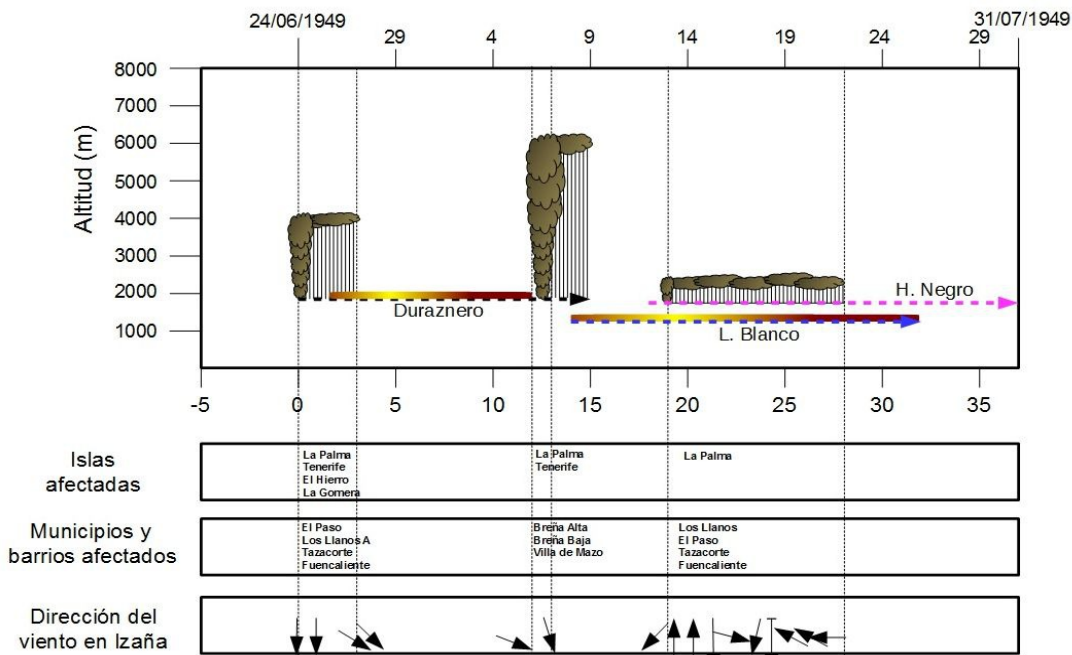


Figura 6: Esquema de desarrollo de la erupción de San Juan (1949). Muestra los días de afección, altura de columna, zonas afectadas y dirección del viento. Elaboración propia

La erupción de San Juan, tiene lugar en los meses de verano. Esta época del año se caracteriza por la carencia de lluvias, mucha nubosidad en los lugares expuestos a los vientos alisios y cielos más despejados en las zonas a resguardo (Font, 1959). Otros factores representativos del archipiélago son la inversión del alisio, que es especialmente fuerte, pero interrumpida ocasionalmente por la llegada de masas de aire procedentes del Continente Africano (asociadas con polvo en suspensión) (Dorta, 1990; Torres et al, 2001). Se pueden diferenciar dos capas que definen la inversión térmica, la capa baja o “mezcla marítima” y la capa alta o “troposfera libre” (Torres et al, 2001).

Este hecho es de utilidad para determinar la dispersión de ceniza en esta erupción, ya que se dispone para este trabajo, entre otros, de los mapas del tiempo a 500 hPa y cuya altitud aproximada es de 5500 metros, además de las situaciones sinópticas de superficie. Observando los mapas del tiempo más característicos del periodo eruptivo, junto con la lectura de los Boletines Meteorológicos (CMT,1949) se procede a analizar y desarrollar, teniendo en cuenta la escasa información disponible, cuales son las condiciones meteorológicas para las distintas fases eruptivas, anteriormente descritas.

Izaña (Altura 2.367 m.)								
	días	Presión al nivel de la estación (hPa)	Temperatura del aire (Cº)		Temperatura de punto de Rocío	VIENTO		Precipitación (mm)
			Máxima	Mínima		Dirección	Velocidad (m/s)	
FASE I	24	770,1	13,2	4,6	2,8	N	2,7	-
	25	769,4	11,7	3,0	7,2	N	7,4	0,7
	26	769,8	13,0	4,4	3,8	WNW	7,3	-
	27	770,6	16,2	5,2	-2,3	NW	2,4	-
FASE II	6	771,2	22,2	9,8	-1,0	WNW	4,3	-
	7	770,6	18,8	11,3	-1,7	NNW	2,6	-
FASE III	13	770,1	18,8	7,4	-9,0	NE	1,2	-
	14	772,2	23,7	9,2	-14,0	S	4,6	-
	15	775,8	23,3	15,2	1,5	S	6,6	-
	16	774,3	24,0	15,1	8,2	Calma	0,0	-
	17	773,3	24,4	13,7	4,8	WNW	6,4	-
	18	775,2	22,2	15,0	-5,3	NNE	2,3	-
	19	775,8	23,4	17,6	-5,7	Calma	0,0	-
	20	775,9	23,3	17,3	-4,5	ESE	4,6	-
	21	775,3	24,4	17,3	-4,0	ESE	4,2	-
	22	775,7	24,8	17,4	-3,0	E	2,6	-

Tabla 2: Características meteorológicas de las distintas fases de la erupción del San Juan, durante los meses de junio y julio de 1949. (Boletín Meteorológico)

7.1.3.1 Fase I

Como se puede observar en la Tabla 3, la dirección del viento en Izaña (2.376 m) los días correspondientes a la Fase I oscila entre la componente N y NW, equivalentes al cuarto cuadrante (C.M.T, 1949). La situación sinóptica (figura 7) muestra la presencia del Anticiclón de las Azores en una posición extensa desde el centro del Atlántico hasta las Islas Británicas al NW del archipiélago, generando vientos de componente Norte. Se

debe tener cuenta que los mapas corresponden a finales del mes de junio, coincidiendo con el periodo de predominio del alisio en el archipiélago. La interpretación de los mapas muestran una situación estable, con presencia de anticiclón, aunque con una probable situación de reforzamiento de la capa marítima del alisio como consecuencia de la presencia de una vaguada poco significativa en las capas altas, como muestran los datos de temperatura e, incluso de precipitación (Tabla 2). Esta situación explicaría la llegada de las cenizas hasta El Hierro en esta primera fase, con vientos de componente norte en gran parte de la troposfera baja y media. La llegada posterior de ceniza a La Gomera y Tenerife, muestran un ligero cambio de componente N a NW. Esta dirección de vientos también se observa en Cotas inferiores, como es el caso de los datos proporcionados por CNT, (1949).

Si tenemos en cuenta la altura alcanzada por la columna eruptiva del San Juan, 4000 metros sobre el nivel del mar, las topografías de 500 hPa (aproximadamente 5.500 metros de altitud) resultan muy útiles, aunque a una escala de poco detalle. Los datos proporcionados por el Boletín Meteorológico de la época, complementan dicha información. Además, señala que Izaña, a 2.376 metros, tiene un aumento en la velocidad del viento del día 24 al 25 y una disminución del día 26 al 27. Todos estos datos corroboran lo descrito anteriormente, donde se señala que la ceniza se depositó tanto en las cañadas y como en el Teide.

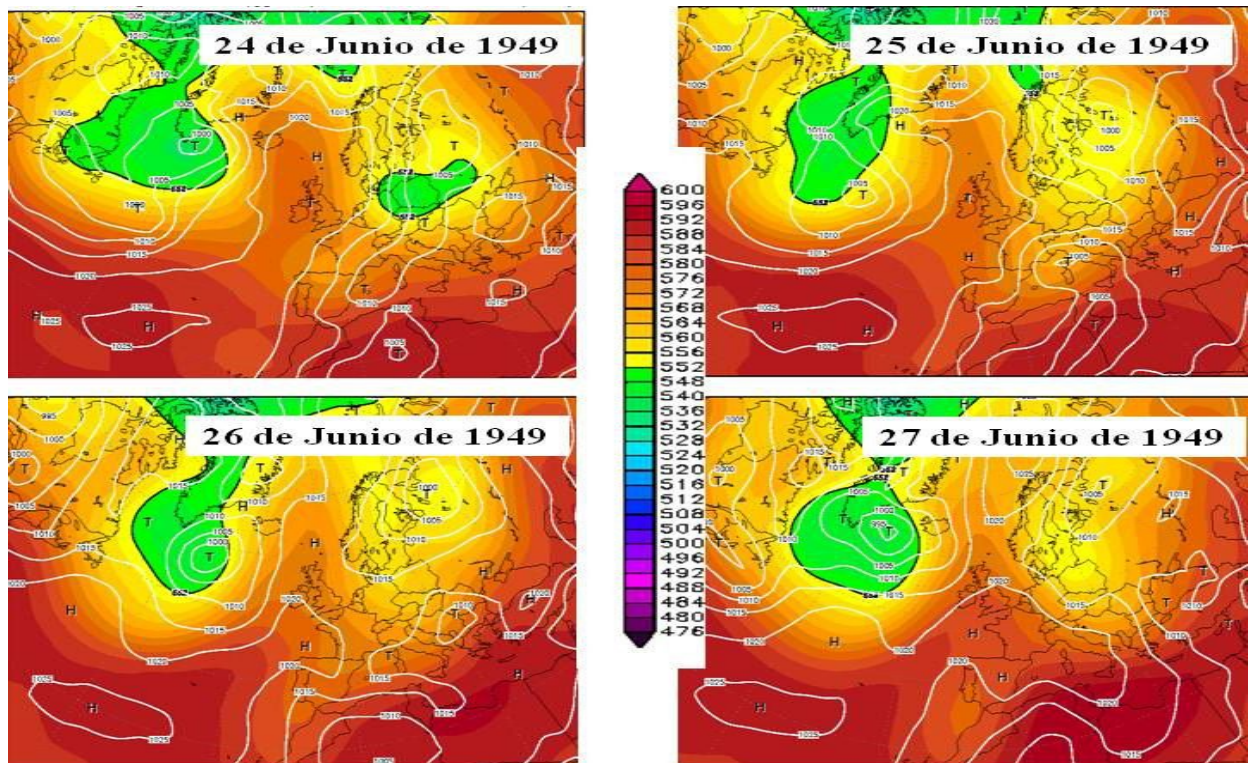


Figura 7: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase I. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

7.1.3.2 Fase II

Durante estos días se puede observar como la dirección del viento, tiene una componente WNW y NNW. Estos mapas (Figura 8) indican claramente la presencia del anticiclón con dos núcleos, uno sobre las Azores y otro entre la costa bretona y galesa atlántico al NW (Azores) y al N. Si atendemos también a la información de los datos de Izaña, podría interpretarse como una situación de alisio más habitual, con una componente del cuarto cuadrante más clara sobre la mayor parte de la columna inserta en la segunda capa. Si se tiene en cuenta, que las crónicas hacen de nuevo mención a presencia de ceniza en el Teide-Cañadas, y que la altitud de la columna se sitúa en los 6.000 metros de cota máxima, se debe distinguir entre la dirección de los vientos en superficie que indican las isobaras y los vientos en altura representados por las isohipsas, pues la dirección y velocidad del viento varía dependiendo de la altitud. Por lo tanto y teniendo en cuenta que la zona convectiva de columna eruptiva (Figura 1), se situaba a

la misma altura que las cañadas, y que la ceniza llegó a los 4000 y 5000 metros zona de difusión horizontal, es posible que a medida que la ceniza era transportada y disminuía su altitud, se encontró con vientos que favorecieron su depósito tanto en las Cañadas como en el Teide. Añadir además, que probablemente el viento con componente WNW, influyera en el depósito la ceniza sobre los municipios palmeros situados al Este del centro de emisión, como son Breña Alta, Breña Baja y Villa de Mazo, presente en sus calles y sus casas.

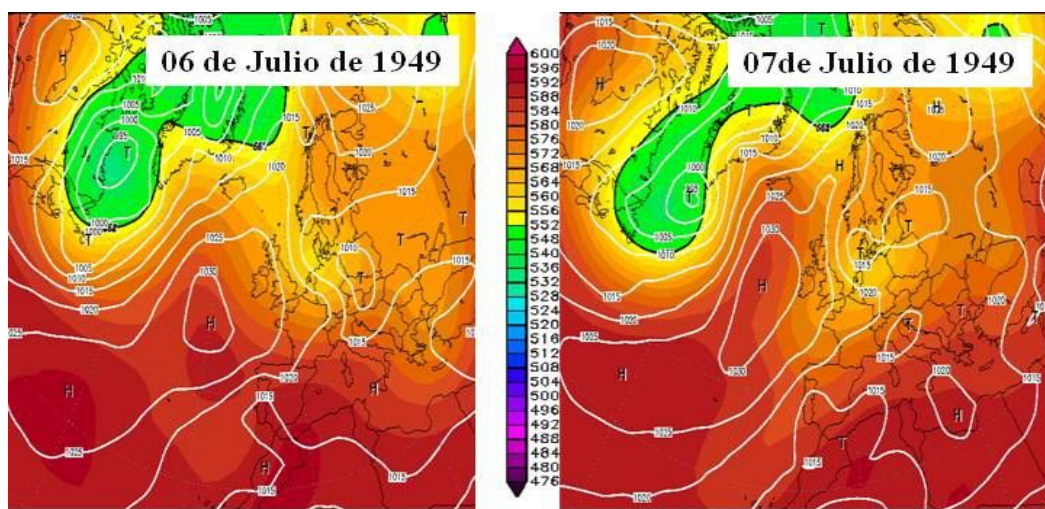


Figura 8: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase II. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

7.1.3.3 Fase III

En la Fase III se ve una evolución bien distinta en cuanto a la componente de los vientos (Figura 9). La columna eruptiva se sitúa a menor altitud, afectando a los municipios palmeros. Como es el caso de Los Llanos, El Paso, Tazacorte y Fuencaliente. Si se observa detalladamente la Tabla 2, se puede determinar que existe una variación en la componente de los vientos, donde esta vez provienen del segundo cuadrante, E y S. Esta circunstancia, puede deberse a la una entrada de masa de aire cálido o al menos de mezcla de aire marítimo-continental como lo ponen de manifiesto las temperaturas altas y la humedad notablemente más baja (véase la temperatura del punto de rocío) (tabla 2) y la figura 9. Y ese progresivo aumento de temperatura, podría determinar, porque fueron afectados los municipios arriba indicados., teniendo en cuenta que se sitúan al N y al NW del centro de emisión.

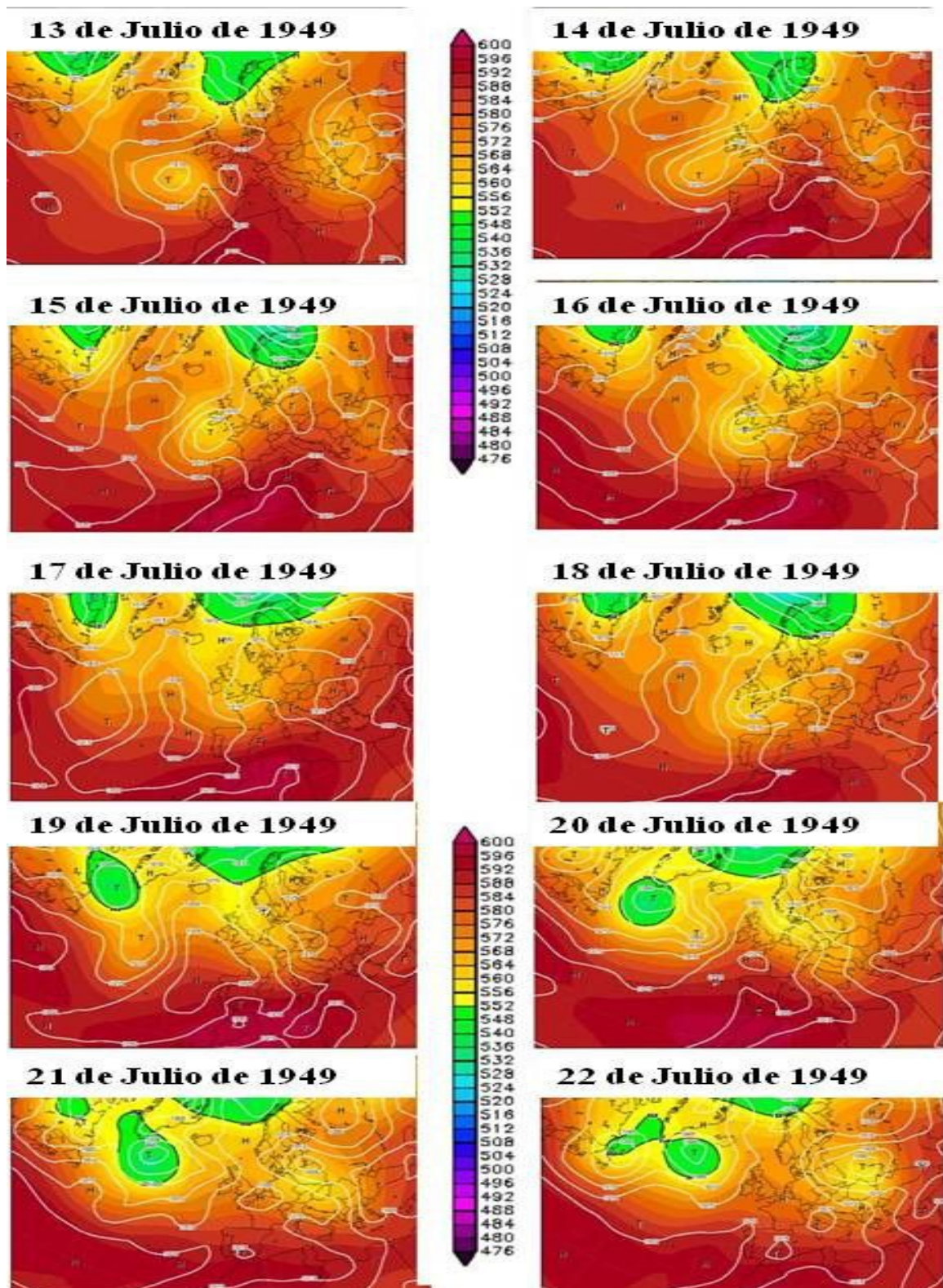


Figura 9: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase III. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

7.2 Erupción Teneguía

7.2.1 Descripción general erupción

La erupción del Teneguía comenzó el 26 de octubre y terminó el 18 de noviembre de 1971, durando 24 días. Se desarrolló en el lugar conocido como Volcán de Cumbre Vieja, perteneciente municipio de Fuencaliente, que se sitúa en el extremo meridional de la isla de La Palma. La primera boca eruptiva se situó en el faro de Fuencaliente, a 200 metros sobre el nivel del mar (Bravo, 1971). En total se abrieron seis bocas con una distancia máxima entre ellos de 730 metros, cuatro de las cuales eran visibles desde el primer día. La erupción dio lugar a una isla baja situada en el Suroeste y llegando la lava también al Sureste de la isla, incrementando la superficie de la isla en 3.000.000 de metros cuadrados (Coello, et al. 1985). Recibió el nombre de Volcán Teneguía, haciendo alusión al Roque que estaba situado frente al área de la erupción (Romero et al, 1986).

Nombre	Erupción del Teneguía
País/Región	España / Canarias / La Palma
Fenómenos precursores	Movimientos sísmicos continuos en los días anteriores a la apertura de la fisura eruptiva.
Duración de la erupción	38 días
Comienzo	26 de Octubre de 1971
Finalización	18 de Noviembre de 1971
Latitud	28° 27'55''N.
Longitud	17° 50'25''W.

Tabla 3: Cuadro resumen de la erupción del Teneguía

7.2.2 Dinámica eruptiva, caída y distribución de cenizas

El estilo eruptivo de la erupción del Teneguía fue etromboliano (Carracedo, 2008). Formó un flujo de lava que llegó al mar, en la costa suroeste del municipio de Fuencaliente. El Índice de Explosividad fue de 2 (Simkin et al, 1994; Araña, 1999). La morfología de lavas tipo Aa y bloques. Los materiales expulsados Basaltos piroxénico-anfibólicos y Basalto piroxénico-olivínicos.

En la erupción del Teneguía destacan dos periodos significativos de emisión de ceniza. El primero de ellos (Fase I) se desarrolla el 26 de octubre, fecha en la que comenzó la erupción volcánica, hasta al 30 del mismo mes. Según las crónicas de la época y las fuentes consultadas, desde las casas de Fuencaliente se avistó una columna de humo. Al día siguiente, la intensidad de la emisión fue mayor, y la columna de ceniza alcanzó los 300 metros de altura (El Día, 28/11/1971). En la tercera jornada el diario El Día (29/11/1971) señala que la columna eruptiva llegó a gran altura, sin especificar las dimensiones exactas. El segundo periodo (Fase II) comenzó el día 9 de noviembre, la columna de ceniza alcanzó los 600 metros de altitud en cantidades moderadas, la altura de esta fue disminuyendo hasta el 16 de noviembre, último día del periodo. Las cenizas de esta erupción cayeron principalmente en el mar, aunque también se podía apreciar una fina capa de ceniza en las calles y casas del pueblo de Fuencaliente (Carracedo, 2008).

A continuación y de manera detallada, igual que se muestra anteriormente para la erupción de San Juan, se puede observar una tabla resumen del periodo eruptivo. Se especifica únicamente si hubo o no emisión de ceniza, y cómo afectó. Se ha recurrido a las fuentes bibliográficas y periodísticas de la época.

FASES	FECHA	FUENTE	DESCRIPCIÓN DE LA EMISIÓN DE CENIZA EN LA JORNADA
Fase I	26/10/1971	DED	Según esta fuente, sobre las 17:00 se avistó desde las casas de Fuencaliente una columna de humo. Posteriormente se comprobó que se abrieron de cuatro bocas eruptivas. La intensidad de la erupción no fue muy importante, tanto es así que las cenizas, piedras y materiales caían en las cavidades de nuevo
	27/10/1971	DED	La intensidad de la emisión de ceniza era mayor, según las fuentes, se llegaron a alcanzar los 300 metros de altura. Según Telesforo Bravo (Catedrático de Geología de la ULL), la primera grieta en el faro de Fuencaliente, a 200 metros sobre el nivel del mar, afirmando que el peligro para las personas era casi inexistente
	28/10/1971	DED	La Carretera que llevaba a Fuencaliente y las casas, tenían en esta jornada una fina capa de ceniza
	29/10/1971	DED	Igual que en la jornada anterior, la capa de ceniza sobre la carretera y las casas siguió teniendo cierta notoriedad. Este día la actividad era mayor, tanto es así que la ceniza llegaba a mayor altura, sin especificar cuanta
	30/10/1971	DED	Según Tage Borg, catedrático de vulcanología de la Universidad de Estocolmo, el volcán tenía una presión muy alta, por su elevada acumulación de gases. A las 14:30 la actividad se recrudeció con violencia, donde no se menciona emisión de ceniza, pero se dice que la columna eruptiva llegaba a gran altura.
	31/10/1971	DED	Fase estacionaria. En esta jornada no hay alusión a la columna de ceniza
	01/11/1971	DLM, DED, DA	Nueva boca eruptiva. De nuevo emisión de ceniza. No se especifica altura y dirección
	02/11/1971	DED	Normalidad Eruptiva
	03/11/1971	DED	Disminuyó la actividad volcánica y por lo tanto la emisión de gases y cenizas
	04/11/1971	DED	A penas hubo columna eruptiva y emisión de gases y ceniza
	05/11/1971	DED	Emisión de escoria y lapilli es menor que en días anteriores
	06/11/1971	DED	Importante viento que desplazó polvo y ceniza por la costa occidental de la isla
	07/11/1971	DLT, DA	Sin variaciones importantes
	08/11/1971	DED	No hubo emisión de ceniza
Fase II	09/11/1971	DED	Día de mayor actividad hasta el momento. Emisión de ceniza hasta 600 metros de altitud en cantidades moderadas
	10/11/1971	DED, DA	Mayor fuerza en la actividad explosiva. Nuevo cráter de emisión de ceniza.
	11/11/1971	DED	Abundancia de Lapilli, que se deposita en la zona del malpais. Al final del día, según el Doctor Fuste el lapilli y la ceniza se precipitaron en el mar, quitando importancia a la preocupación de los habitantes
	12/11/1971	DED	Emisión de gases y material incandescente. A última hora de la tarde noche, se decía que la columna era de unos 600 metros de altura. En su mayoría se precipitaron cerca de los puntos de emisión
	13/11/1971	DED	Emisión de gases y material incandescente. La columna era de unos 400 metros de altura. En su mayoría se precipitaron cerca de los puntos de emisión
	14/11/1971	DED	Existe una pérdida de la fuerza en la emisión de materiales, acompañada por lluvia, que disminuyó la afección de ceniza en la isla
	15/11/1971	DED	Actividad irregular, depósitos de lapilli y ceniza en el sur - sureste de la zona eruptiva
	16/11/1971	DED	Una gran columna de humo negro, que a partir de las 12:00 horas y tras un cambio en la dirección del viento, propiciaron un uimportante depósito de ceniza en las calles del pueblo de Fuencaliente. Alternando periodos de efusividad y de explosividad, con periodos tranquilos. Disminuyendo los gases a ultima hora.
	17/11/1971	DED	No hubo emisión de ceniza
	18/11/1971	DED	Decrece la actividad. Primeros indicios de que la actividad eruptiva del Teneguía ha finalizado.

Tabla 4: Evolución de la emisión de ceniza de la Erupción del Teneguía (1971). Fuentes: Diario el Día (DED); Diario de Avisos (DA)

7.2.3 Zona de impacto

7.2.3.1 Fase I

La ceniza afectó al sur, se precipitó sobre el mar principalmente y en menor medida en la costa de Fuencaliente. Borge (1971) indicó que el volcán tenía una presión muy alta, debido a que acumulaba gases.

7.2.3.2 Fase II

Lo más reseñable en relación a la altura de la columna eruptiva, según el diario El Día (Tabla 4), es que alcanzó entre 400 y 600 metros de altura. La principal deposición de ceniza fue en el mar y en el sur de la isla, sin afectar gravemente a los núcleos de población. Durante los siguientes días, la actividad explosiva tomó fuerza, pero la ceniza seguía cayendo cerca del centro de emisión y en el mar, al sur de la isla. El día 12 de noviembre, se decía que a última hora de la tarde la columna alcanzó los 800 metros de altitud máxima sobre el nivel del mar y con el paso de las horas disminuyó la intensidad de la erupción y la altura de la columna (Diario El Día, 13/11/1971). El día 16 y tras un cambio en la dirección del viento, la ceniza llegó a la pueblo de Fuencaliente, afectando a sus calles, siendo este el único día del periodo eruptivo que afectó significativamente a la población (Diario El Día, 17/11/1971)). Se alternó un periodo de efusividad y explosividad, con periodos tranquilos. El día 18 de noviembre la actividad volcánica disminuyó y se considera el día oficial de finalización (Diario El Día, 19/11/1971).

7.2.4 Situación meteorológica

A continuación e igual que en el apartado de la erupción del San Juan, se muestra un mapa sinóptico, este cuadro resume el periodo eruptivo y resalta las fases más significativas del mismo. También hay que destacar, que la escala es diferente, ya que las columnas eruptivas, tuvieron una notable diferencia de altitud.

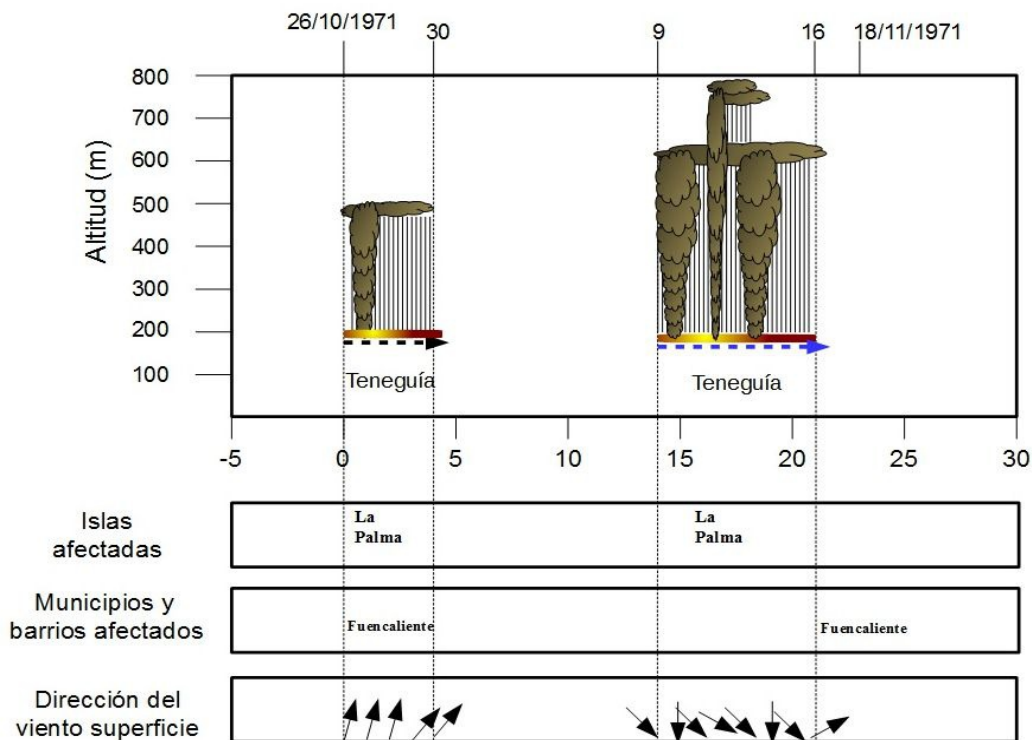


Figura 10: Esquema de desarrollo de la erupción de Teneguía (1971). Muestra los días de afección, altura de columna, zonas afectadas y dirección del viento. Elaboración propia

La erupción del Teneguía se desarrolla en los meses de otoño. Desde el punto de vista climático, esta época del año tiene como característica más importante la presencia de las lluvias más copiosas (Marzol, 1989). Las perturbaciones más importantes que pueden presentarse son las invasiones de aire polar marítimo y las depresiones frías de altura (Font, 1959). Coincidiendo con una variación en la altitud de las inversiones térmicas, a finales de octubre Canarias sufre un cambio en el gradiente térmico vertical, rompiendo la estabilidad de forma esporádica. Los sectores más lluviosos son las medianías septentrionales, pero las mayores intensidades de la precipitación se registran en las cumbres y medianías orientales (Marzol, 1987).

FECHA FASE I	TEMPERATURA MEDIA	PRECIPITACIÓN	VIENTO							
			R_MAX_DIR	R_MAX_VEL	R_MAX_HOR	FR1C	FR2C	FR3C	FR4C	FRCALMA
27/10/1971	9,6	0	32	35	2250	51	79	0	100	10
28/10/1971	10	0	32	29	510	0	0	28	189	23
29/10/1971	10,3	0	14	29	1335	0	12	44	184	0
30/10/1971	10,7	0	32	22	1530	0	46	41	91	62
FECHA FASE II	TEMPERATURA MEDIA	PRECIPITACIÓN	VIENTO							
			R_MAX_DIR	R_MAX_VEL	R_MAX_HOR	FR1C	FR2C	FR3C	FR4C	FRCALMA
09/11/1971	8,7	20	36	32	1610	0	0	48	180	12
10/11/1971	5,7	36	32	48	2117	0	0	0	240	0
11/11/1971	2,3	9	32	44	240	0	0	0	240	0
12/11/1971	1,55	106	32	32	1530	0	0	30	210	0
13/11/1971	1,5	2	32	36	1420	0	0	86	154	0
14/11/1971	1,5	240	32	29	1130	12	0	103	92	33
15/11/1971	1,4	292	32	29	1520	0	0	82	124	34
16/11/1971	1,5	39	32	48	515	0	0	33	207	0
		IZAÑA	LOS RODEOS							

Tabla 5: Datos de temperatura media, precipitación y viento, procedentes de las estaciones de Izaña (2.371m.) y Los Rodeos (632m.) Fuente: AEMET

7.2.4.1 Fase I

En estos días, el anticiclón se extendía por todo Norte de África y entrando en cuña hasta Escandinavia, por lo que se instauró una situación de estabilidad atmosférica sobre toda la región. Si se tiene en cuenta, que durante los últimos días de la fase, es cuando el municipio de Fuencaliente, situado al NE de los centros de emisión, se ve afectado por la ceniza, se puede inferir la posibilidad de que la situación estable con vientos muy fojos o calmas favoreciese la circulación de brisas generando ocasionalmente vientos de SSW a SW (Figura 10). Respecto a los datos meteorológicos, de debe destacar que no se han encontrado datos de la antigua estación del aeropuerto de Buenavista, y el actual aeropuerto de Mazo es posterior a la erupción. Únicamente se disponen de las rachas máximas y dirección del viento del aeropuerto de los rodeos, que se ha de tener en cuenta que se sitúa a 632 metros de altitud y en la vertiente norte de la Isla de Tenerife, también se dispone de las rachas máximas de Izaña. Esto puede dar una idea de la situación meteorológica del momento, pero sin datos precisos. Los datos del boletín

meteorológico, también fueron consultados igual que en el caso de la erupción del San Juan, pero sólo se dispone de información hasta abril de 1971.

Respecto a los datos procedentes de Izaña, y únicamente se comentan para intentar determinar un poco más las condiciones meteorológicas del momento, cabe destacar que tanto las temperaturas medias como las mínimas de esta fase, disminuyeron con respecto al resto del mes de octubre. Esto afianza por tanto la situación de inestabilidad que el archipiélago tenía.

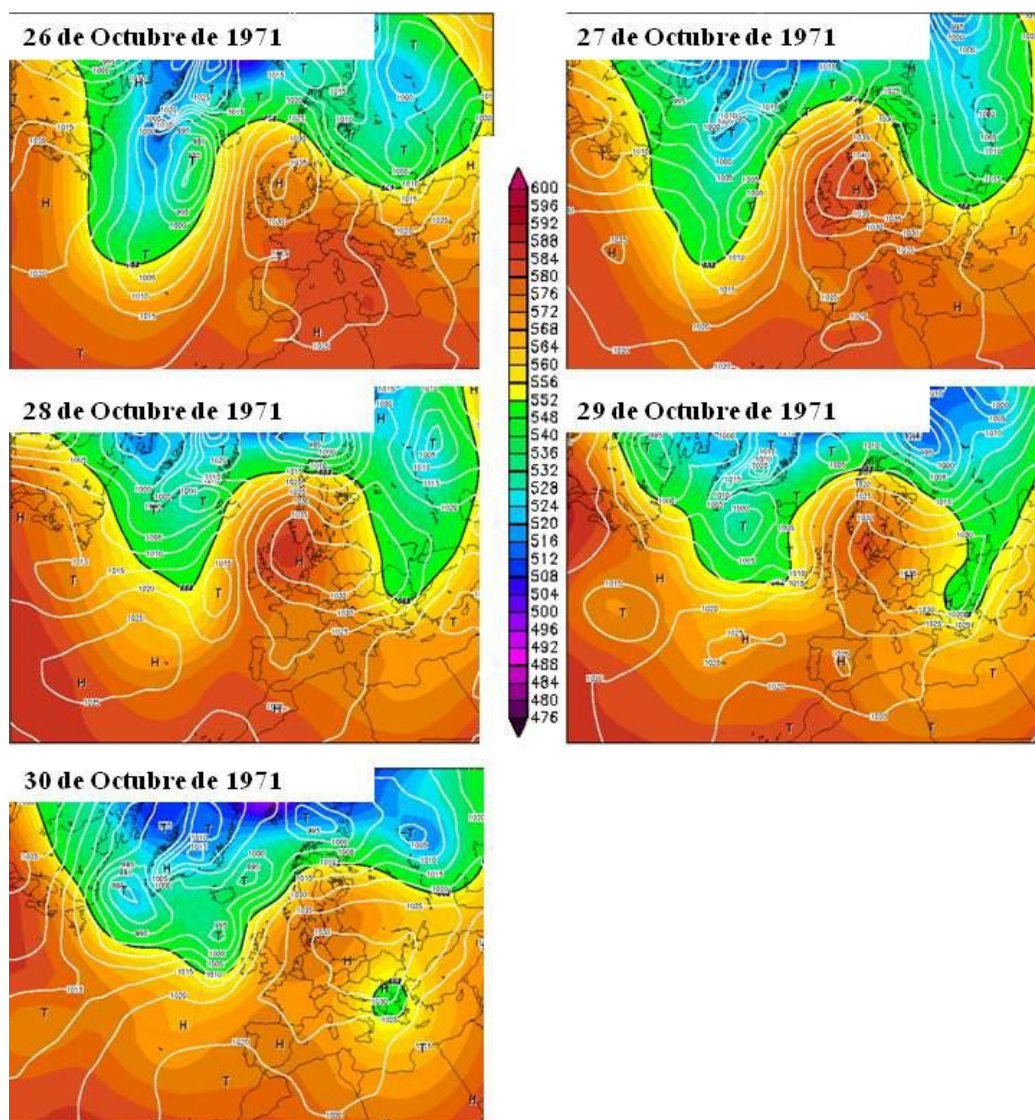


Figura 11: Mapas del tiempo a 500 hPa. Fase I. Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

7.2.4.2 Fase II

En esta fase, el comportamiento de la dirección del viento es distinto al anterior. Indicar que los mapas de altura (500 hPa), sitúan el anticiclón en el NW del archipiélago, permitiendo la entrada de una masa de aire frío, procedente del área peninsular, que provocó una situación de clara inestabilidad durante buena parte del mes de noviembre, tal y como se muestra en las figuras 10 y 12. Los datos que se disponen de la estación de Los Rodeos e Izaña, señalan que en ese periodo se registraron precipitaciones que fueron en aumento desde el día 10 de noviembre hasta el 16 del mismo mes el último día de esta fase, con casi 30 mm tanto en Los Rodeos como en Izaña. Indicar que durante esos días y para justificar nuevamente la situación de inestabilidad, las temperaturas registradas en Izaña, descendieron alcanzando las mínimas, los -1C° . Para concluir, indicar tal y como se puede ver en las figuras 10 y 12, que un cambio en la dirección del viento, es el que propició el depósito de ceniza en las calles y casas de pueblo de Fuencaliente, ya que hasta ahora, todo el material se depositaba cerca de los centros de emisión y en el mar.

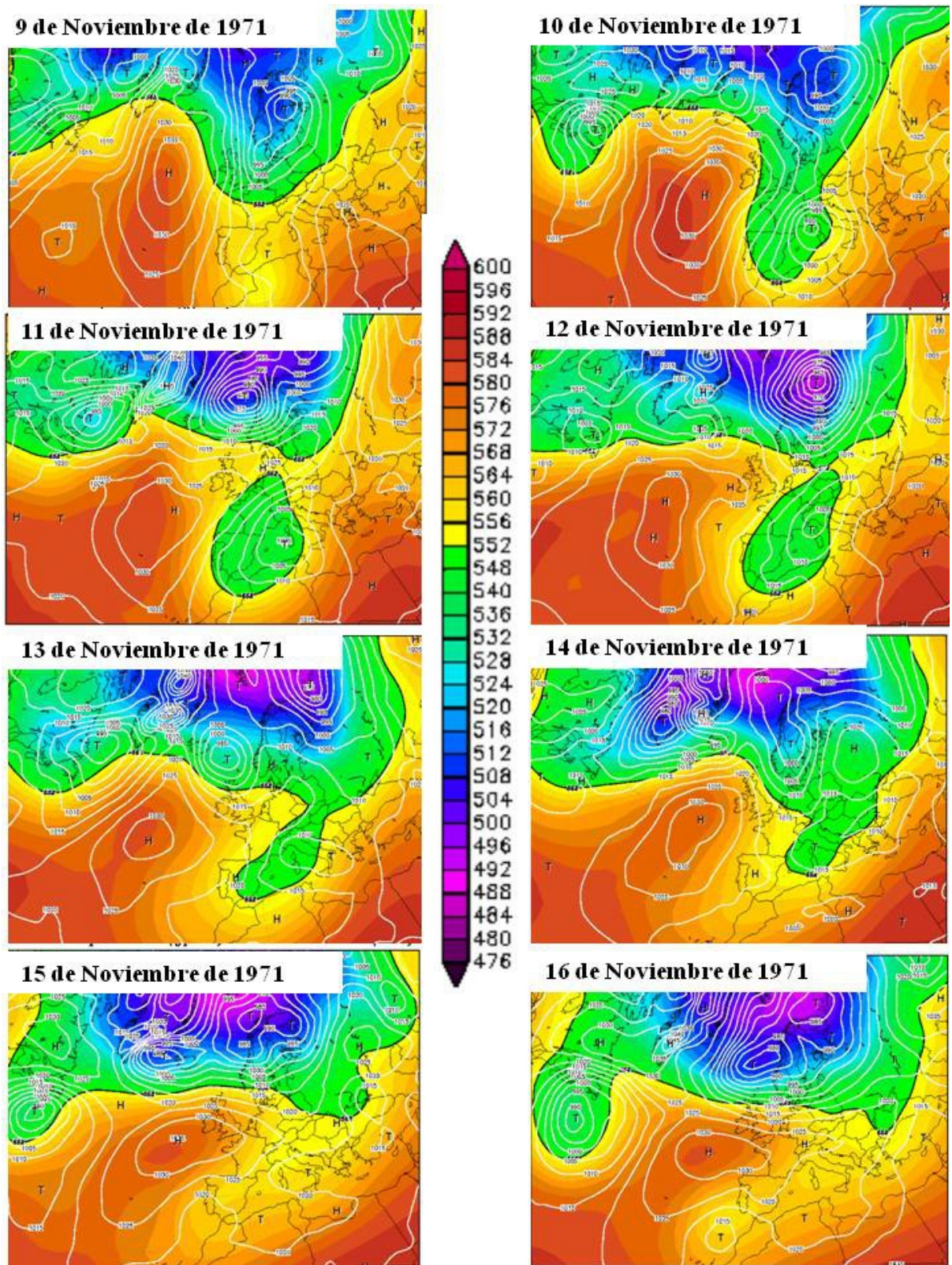


Figura 12: Mapas del tiempo a 850 hPa. Fase II.

Fuente: <http://www.wetterzentrale.de>

8 Discusión

Una vez analizadas las erupciones y por tanto su dinámica eruptiva, lo más importante es poner en valor y destacar la diferencia del estilo eruptivo. La primera de las erupciones fue estromboliana y freatomagmática, frente al el estilo estromboliano de la segunda. La interacción, por tanto, del magma con el agua, hace que tanto el nivel de explosividad como el de fragmentación, sean mayores.

Otro de los rasgos más característicos, es que aunque ambas se produjesen en un periodo de algo más de veinte años, y en la misma isla, los centros de emisión son bien distintos. El San Juan tuvo lugar en el centro de la dorsal de cumbre vieja, con unas cotas máximas de 1.850 metros sobre el nivel del mar y cota mínima de 1.250 metros, mientras que el Teneguía se situó más al sur de la dorsal y a 200 metros sobre el nivel del mar, lo que supone una diferencia de altitud muy considerable de entre 1.050 y 1600 metros.

Un elemento de gran relevancia es la época del año en la que se produjeron. La primera, San Juan, centra su periodo eruptivo en los meses de verano, con predominio del alisio, uno de los rasgos que definen al clima del archipiélago. Vientos moderados y constantes y con marcadas referencias de estabilidad, debido a la situación del anticiclón, mientras que la segunda se produjo durante los meses de otoño, donde la inestabilidad es mucho más frecuente, siendo otro de los rasgos que definen el clima en Canarias. Noviembre es el mes del año con mayor número de precipitaciones en amplios espacios de las islas.

La importancia las condiciones climáticas en troposfera es indiscutible, otro factor que favorece su dispersión de la ceniza, siempre y cuando el nivel de explosividad y la dinámica eruptiva provoquen una mayor fragmentación de los materiales emitidos.

Por otro lado, en el cálculo de la peligrosidad las condiciones climáticas tipo o más habituales deben usarse con mucho cuidado. La erupción es un proceso continuo en el tiempo, en el que cambia constantemente la dirección y velocidad de viento así como la estructura vertical del aire. Usar una situación promedio puede no reflejar el resultado final, especialmente si el proceso eruptivo se alarga en el tiempo. No obstante, la

distribución de los campos de lapilli alrededor de los centros eruptivos suelen mostrar una disposición que indica la dirección predominante del viento durante el período activo, al menos para los piroclastos de caída más groseros. En este sentido, hay que destacar que las columnas eruptivas de poca entidad como es el caso del Teneguía sólo tienen repercusiones locales, por lo que la situación atmosférica deje de ser determinante en los efectos a escalas superiores.

No obstante, las condiciones meteorológicas no sólo son importantes durante la erupción, también es muy relevante la relación entre la acumulación de cenizas y las condiciones pluviométricas posteriores. El ejemplo histórico más importante, que presenta una estrecha relación con la erupción de San Juan, se produjo la noche del 15 al 16 de enero de 1957. Tras unas precipitaciones muy importantes en la isla de La Palma, probablemente las de mayor relevancia del siglo XX en la isla, la lluvia caída se mezcló con los depósitos de piroclastos y cenizas que se habían formado tras la erupción de San Juan, provocando una inundación en la comarca de Las Breñas y Mazo, ampliamente documentada Marzol, (1989) y Dorta, (2007). El suelo no fue capaz de absorber el agua proveniente de la lluvia, movilizándolo gran cantidad del material depositado previamente, formando flujos de lodo que arrastraron todo tipo de sólidos heterométricos (piedras de diverso tamaño, troncos, etc., con una fuerte capacidad erosiva. El total registrado ese día fue estimado en unos 500 l/m² (Marzol, 1989). Las consecuencias más importantes fueron la pérdida de vidas humanas, un total de 32 personas (Diario de avisos, 1957, citado en Martín, 2002).

9 Conclusiones

Evaluar y analizar erupciones pasadas, permite determinar la dinámica eruptiva para caracterizar la producción y dispersión de ceniza, así como localizar áreas afectadas por la caída de ceniza y asociar esta información a las condiciones meteorológicas del momento y establecer la relación con las condiciones climáticas tipo o tipos de tiempo más habituales de la época del año en cuestión en las que se produjeron las erupciones.

Pero sin duda alguna, lo más importante es señalar que la interacción del magma con

agua, hace que se eleve la explosividad. Este hecho es relevante, teniendo en cuenta que el archipiélago Canario siempre ha sido relacionado con dinamismos estrombolianos, pero este análisis, permiten justificar que no es del todo cierto, que pueden producirse erupciones de dinamismo freatomagmático, con un estilo eruptivo e impacto mucho mayor. Generando, por tanto, columnas eruptivas de elevado desarrollo vertical, que favorecen un mayor grado de dispersión. Además de los flujos piroclásticos que aunque no son objeto de este trabajo, también los hubo en la erupción del San Juan.

Hay que tener en cuenta que el motor económico de las islas es el sector turístico, por lo que las rutas aéreas podrían verse seriamente afectadas en el supuesto de una erupción con importante emisión de cenizas y, por ende, a la economía regional. Dicho esto, resulta importante proporcionar información y conocimiento del comportamiento más habitual de la dinámica atmosférica.

En cuanto a las edificaciones e infraestructuras se refiere, se podría determinar las vulnerabilidades frente a la caída de la ceniza, ya que como se pudo ver en la erupción del San Juan, se alcanzaron depósitos de hasta 70 centímetros, por lo que de producirse de nuevo algo similar, no solo provocaría más daños, por el gran número de edificaciones construidas respecto a 1949, sino que probablemente las consecuencias en la población serían mucho peores, debido al aumento demográfico en los últimos años.

Por último señalar que para identificar un mapa como muestra de susceptibilidad con mayor precisión, sería necesario un trabajo de campo detallado, especialmente en aquellas zonas próximas a vías de comunicación o núcleos de población. Contar con mayor número de datos, que no solo permitan desarrollar este tipo de conclusiones sino plantear hipótesis de mayor grado, para poder favorecer una mayor seguridad en el archipiélago.

10 Aplicación

Los organismo locales, regionales y autonómicos, tienen entre sus competencias el desarrollo de de planes estratégicos, como pueden ser planes de emergencia, o planes específicos, como es el caso de nuestra región, con el Plan Especial de Protección Civil

y Atención de Emergencias por Riesgo Volcánico. La finalidad de todos estos, es la que reducir de una u otra manera, los efectos y prepararse frente a los riesgos de desastres, como puede ser el riesgo volcánico, al igual que se centran en tener una mayor y mejor resiliencia frente a estos.

Teniendo en cuenta los numerosos planes existentes, como se ha mencionado anteriormente, este trabajo puede servir como paso previo a desarrollar nuevos proyectos, que permitan no sólo obtener más información y mejores resultados, sino que sean fuente emergente de puestos de trabajo para los nuevos geógrafos, que se interesan y especializan en este tipo de cuestiones.

Otra de las posibles aplicaciones, es utilizar ejemplos como este, para concienciar a la población residente en el archipiélago, de los efectos que puede ocasionar situaciones similares. Pues a veces cuando se reside en un territorio, se desconoce por completo los riesgos a los que se está expuesto. La influencia de los gases y polvos volcánicos emitidos durante un proceso eruptivo, afectan a la salud considerablemente. Para poner casos concretos, la partículas pueden producir irritación en las vías respiratorias y de los pulmones, irritación de membranas mucosas, problemas de respiración, o ingesta de comida contaminada.

Dicho esto y para concluir, trabajos de estas características, desarrollados con más detenimiento claro está, son de utilidad tanto a nivel científico como desde la perspectiva de la gestión de riesgos y desastres.

El artículo 3.º de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, dice:

"Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona".

11 Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin la influencia directa o indirecta de muchas personas, a las que agradezco profundamente estar presentes en las distintas etapas de su elaboración, así como en el resto de mi vida.

Le agradezco al profesor Pedro Dorta Antequera, por el interés en dirigir mi Trabajo Fin de Grado, por su confianza, colaboración y apoyo en mi proceso de elaboración.

A la profesora Carmen Romero Ruiz, por su preocupación y supervisión, que hizo posible que mi trabajo se desarrollara de manera satisfactoria, a nivel personal y académico, así como por prestarme numerosa bibliografía y fuentes de su archivo personal.

A todos los docentes de la Facultad de Geografía, que compartieron sus conocimientos, e hicieron posible mi formación.

A mis amigos y compañeros. Por los mejores momentos que viví durante esta etapa como estudiante, dentro y fuera del campus. En especial a José, por su paciencia, apoyo y ayuda a lo largo de todo este tiempo.

Por último a mi familia y seres más queridos, en especial a mis padres Tomás y Charo, por ser como son y hacer de mí lo que soy. A Augusto, por su comprensión, apoyo, cariño y por sus ánimos para seguir adelante, y a mis hermanas, Marina y Mónica, que no han dejado de creer en mí y por todas las alegrías que me han dado en estos años. Y por último a mis abuelos por el amor que me dieron en vida.

Gracias a todos.

12 Bibliografía

Abel-Monem, A.; Watkins, N.D. y Gast, P.W (1971) Potassium-Argon ages, volcanic stratigraphy, and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y La Gomera; V. 271, (pp. 490-521)

Abel-Monem, A.; Watkins, N.D. y Gast, P.W (1972) Potassium-Argon ages, volcanic stratigraphy, and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Tenerife, La Palma y El Hierro; V. 272, (pp. 805-825)

Aparicio, R. (2012) Modelado Numérico de la Erupción Pliniana que Dio Origen a la Pómez Toluca Inferior en el Volcán Nevado de Toluca. Universidad Nacional Autónoma de México

Aparicio A, Hernán F, Cubas CR, Araña V (2003) Fuentes mantélicas y evolución del volcanismo canario. Estudios geológicos, 59 (pp. 5–13)

Araña, V.; Felpeto, A.; Astiz, M.; García, A.; Ortiz, R. y Abella, R., (2000) Zonation of the main volcanic hazards (lava flows and ash fall) in Tenerife, Canary Islands. A proposal for a surveillance network. J. Volcanol. Geotherm. Res, 103 (pp. 377-391)

Araña, V. (1999) Comentarios sobre la erupción del Volcán Teneguía en 1971. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

Astiz, M y García, A. (2000) I Curso de volcanología y geofísica volcánica. Cabildo Insular de Lanzarote. Madrid

Becerril L, Cappello A, Galindo I, Neri M, DelNegro C (2013) Spatial probability distribution of future volcanic eruptions at El Hierro Island (Canary Islands, Spain). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 257 (pp. 21–30)

Bonelli, J.M. (1951) La Erupción del Volcán del Nambroque o San Juan (Isla de La Palma). Instituto Geográfico y Catastral. Madrid.

Booth, B. (1973) The Granadilla pumice deposit of southern Tenerife, Canary islands. Proceedings of the Geologists' Association, 84 (pp. 353)

Carracedo, J.C. (2008) Los Volcanes de las Islas Canarias. Canaria Volcanoes: IV. La Palma, La Gomera, El Hierro. Ediciones Rueda, Madrid. pp. 213

Carracedo, J.C.; Guillou, H.; Paterne, M.; Scaillet, S.; Rodríguez Badiola, E.; Paris, R.; Pérez Torrado, F.J.; Hansen Machín, A. (2004a) Análisis del riesgo volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): escenarios previsibles para una futura erupción en la isla. *Estudios Geológicos*, 60 (pp. 63-93)

Carracedo, J.C.; Guillou, H.; Paterne M.; Scaillet S.; Rodríguez Badiola E.; Paris R.; Pérez Torrado F.J. y Hansen A. (2004b) Avance de un mapa de peligrosidad volcánica de Tenerife (escenarios previsibles para una futura erupción en la isla). Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias (CajaCanarias), 46 pp.

Carracedo JC, Rodríguez-Badiola ER, Guillou H, de la Nuez J, Pérez-Torrado FJ (2001) Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. *Estudios Geológicos*, 57 (pp. 175–273)

Criado C, Dorta P (2003) An unusual 'blood rain' over the Canary Islands (Spain). The storm of January 1999. *Journal of Arid Environments*, 55 (pp. 765–783)

Díaz, J.C (2001) El Volcán de Teneguía. Crónica de una erupción del siglo XX. Tauro producciones, SL. Madrid.

Dorta, P. (2007) Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad. *Geographicalia*, 51 (pp. 133-160)

Dorta, P. (1996) Las inversiones térmicas en Canarias. *Investigaciones geográficas*, 15 (pp. 109-124)

Dorta, P. (1990) Estado de la atmósfera en las olas de calor estivales en canarias. *Ería*, 23; (pp. 205-211)

Font Tullot, I (1959) Anuario de Estudios Atlánticos. El Clima en las Islas Canarias. Vol. 1, nº5; (pp. 57-103)

Galindo, I., Romero, M. C., Sánchez, N., Dóniz, J., Yepes, J., Morales, J. M., & Becerril, L. (2013) Morphology and distribution of volcanic bombs in Caldera Quemada

de Arriba (Lanzarote, Canary Islands): implications for volcanic hazard analysis.environmental security, geological hazards and management, (pp. 207)

García, A.; Fernández-Ros, A.; Berrocós, M.; Marrero, J.M.; Prates, G.; De la Cruz-Reina, S. y Ortiz, R. (2014) Magma displacements under insular volcanic fields, applications to eruption forecasting: El Hierro, Canary Islands, 2011-2013. *Geophysical Journal International*. (pp. 322-334)

García, A.; Vila, J.; Ortiz, R.; Macía, R.; Sleeman, R.; Marrero, J.M.; Sánchez, N.; Tárraga, M. y Correig, A.M. (2006) Monitoring the Reawakening of Canary Island's Teide Volcano, 87 (pp. 65)

Ibañez, J.M; De Angelis, S.; Díaz-Moreno, A.; Hernandez, P.; Alguacil, G.; Posadas, A. y Pérez, N. (2012) Insights into the 2011-2012 submarine eruption off the coast of El Hierro (Canary Islands, Spain) from statistical analyses of earthquake activity. *Geophysical Journal International*.

Klügel A, Hansteen TH, Galipp K (2005) Magma storage and underplating beneath Cumbre Vieja volcano, La Palma (Canary Islands). *Earth and Planetary Science Letters*, 236 (pp. 211–226)

Klügel A, Schmincke H, White J, Hoernle K (1999) Chronology and volcanology of the 1949 multi-vent rift-zone eruption on La Palma (Canary Islands). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 94 (pp.267–282)

Kueppers, U; Climarelli, C; Hess, K; Taddeucci, J; Wadsworth, F. B. y Dingwell, D. B. (2014) The thermal stability of Eyjafjallajökull ash versus turbine ingestion test sands. *Journal of Applied Volcanology*, 3-4 (pp. 1-11)

López, C.; Blanco, M.J.; Abella, R.; Brenes, B.; Rodríguez-Cabrera, V.M.; Casas, B.; et al. (2012) Monitoring the volcanic unrest of El Hierro (Canary Islands) before the onset of the 2011-2012 submarine eruption. *Geophysical Research Letters*, 39.

Martel San Gil, M. (1960), *El volcán de San Juan*. Madrid

Martí J, Pinel V, López C, Geyer A, Abella R, Tárraga M, Blanco MJ, Castro A,

- Rodríguez C (2013) Causes and mechanisms of El Hierro submarine eruption (2011-2012) (Canary Islands). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 118 (pp. 823–839)
- Martí, J.; Ortiz, R.; Gottsmann, J.; García, A. y de la Cruz-Reina, S. (2009) Characterising unrest during the reawakening of the central volcanic complex on Tenerife, Canary Islands, 2004-2005, and implications for assessing hazards and risk mitigation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 182 (pp. 23-33)
- Martí J, Aspinall W, Sobradelo R, Felpeto A, Geyer A, Ortiz R, Baxter P, Cole P, Pacheco J, Blanco M, López C (2008a) A long-term volcanic hazard event tree for Teide-Pico Viejo stratovolcanoes (Tenerife, Canary Islands). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 178 (pp. 543–552)
- Martí J, Spence R, Calogero E, Ordoñez A, Felpeto A, Baxter P (2008b) Estimating building exposure and impact to volcanic hazards in Icod de los Vinos, Tenerife (Canary Islands). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 178 (pp. 553–561)
- Martí, J. & Felpeto, A. (2010) Methodology for the computation of volcanic susceptibility: an example for mafic and felsic eruptions on Tenerife (Canary Islands) *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 195, 69-77
- Martín Fernández, C. S. (2009) Evolución del Sistema Turístico de la Isla de El Hierro (Canarias) Cuadernos de Turismo, nº 24, Universidad de Murcia, Murcia, (pp. 111-133)
- Marrero J, García A, Llinares A, De la Cruz-Reina S, Ramos S, Ortiz R (2013) Virtual Tools for volcanic crisis management, and evacuation decision support: Applications to El Chichón volcano (Chiapas, Mexico). *Natural Hazards* April (pp. 1–26)
- Marrero, J. (2013) Mapa de peligros volcánicos de la isla de La Palma. Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias 68 p. (Inedito).
- Marrero, J; García, A; Llinares, A; Lopez, P y Ortiz, R. (2012) Assessing the vulnerability of the evacuation emergency plan: the case of El Hierro, Canary Island, Spain. In: *Geophysical Research Abstracts*.

- Marzol, M.V. (2008) Temporal characteristics and fog water collection during summer in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Atmospheric Research* 87. 352–361.
- Marzol, M.V.; Dorta, P. y Valladares, P. (1996) *Clima y Agua. La gestión de un recurso climático*. Ministerio de Educación y Ciencia; Consejería de Educación.
- Marzol, M.V. (1995) Características de la tropopausa en la región de Canarias (1982-1993). *Revista de Geografía Norte Grande*, 22 (pp. 59–66)
- Marzol, M.V. (1993) Tipificación de las tres situaciones atmosféricas más importantes de las Islas Canarias. *Revista de Historia Canaria Homenaje a la Dra Marrero, La Laguna* (pp. 79–95)
- Marzol, M. V. (1989) Situaciones atmosféricas de lluvias intensas en Canarias. En Olcina, A. y Morales Gil, A. (Eds) *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Págs. 107- 116. Instituto de Geografía (Universidad Alicante) Caja General de Ahorros – Cecours (Viena).
- Marzol, M. V. (1988) *La Lluvia un recurso natural para Canarias*. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife (pp. 220)
- Marzol, M. V. (1987) *El Regimen Annual de las Lluvias en el archipiélago Canario*. Ería, (pp. 187-194)
- Newhall C, Hoblitt R (2002) Constructing event trees for volcanic crises. *Bulletin of Volcanology*, 64 (pp. 3–20)
- Newhall CG, Self S (1982) The Volcanic Explosivity Index (VEI) an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 87.
- Ortiz, R. (1996) *Riesgo volcánico*. Serie Casa de Los Volcanes nº5. Cabildo de Lanzarote, 304 pp.
- Romero, C. (2003) *El Relieve de Lanzarote*. Cabildo Insular de Lanzarote. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.

Romero, C. (1991) Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago Canario. Ph. D. Thesis, Universidad de la Laguna, San Cristóbal de La Laguna.

Romero, C.; Quirantes, F y Martínez de Pisón, E. (1986), Los Volcanes. Guía Física de España. Alianza Editorial, Madrid.

Romero, J y Bonelli, J.M. (1949) La erupción del Nambroque. Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid.

Simancas Cruz, M.R. (2008) El sistema de cobro de una tasa pública por la prestación de servicios turísticos en las áreas protegidas de Canarias. Cuadernos de Turismo, nº 21, Universidad de Murcia, Murcia, (pp. 201-237)

Simancas Cruz, M.R. (2004) Las áreas protegidas de Canarias. Como recurso turístico, en Alvarez, A.; Hernández, J. y Simancas M.R.: Turismo y territorio en la sociedad globalizada. Ayuntamiento de Adeje / Instituto Pascual Madoz del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente, Santa Cruz de Tenerife, (pp. 217-264)

Scaini, C.; Felpeto, A.; Martí, J. y Carniel, R. (2014) A GIS-based methodology for the estimation of potential volcanic damage and its application to Tenerife Island, Spain. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Volgeo 5306

Torres, C.J; Cuevas, E; Guerra, J.C; Carreño, V. (2001) Caracterización de las Masas de Aire en la Región Subtropical sobre Canarias. Observatorio Atmosférico de Izaña. INM. Universidad de La Laguna.

Toyos G, Cole P, Felpeto A, Martí J (2007) A GIS-based methodology for hazard mapping of small volume pyroclastic density currents. Natural Hazards, 41 (pp. 99–112)

Fuentes

Boletín meteorológico Mensual. Centro Meteorológico de Tenerife (CMT). Cabildo Insular, (Junio de 1949).

Boletín meteorológico Mensual. Centro Meteorológico de Tenerife (CMT). Cabildo Insular, (Julio de 1949).

Agencia Estatal de Meteorología. (AEMET)

<http://www.palmerosenelmundo.com/volc%C3%A1n-de-san-juan-1949/> Recuperado el 30 de abril de 2014.

http://www.wmo.int/pages/index_es.html Recuperado el 10 de mayo de 2014.

<http://www.proteccioncivil.es/> Recuperado el 20 de abril de 2014.

<http://www.volcanesdecanarias.com/> / Recuperado el 10 de abril de 2014.

<http://www.wetterzentrale.de> Recuperado el 4 de abril de 2014.

Prensa

Diario de Avisos. Santa Cruz de La Palma. (1949)

Diario de Avisos. Santa Cruz de Tenerife. (1971)

El Día. Santa Cruz de Tenerife. (1971)

La Tarde. Santa Cruz de Tenerife. (1949)

Martín González, J.M. Diario de Avisos. Santa Cruz de Tenerife (2002)