

Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Curso 2019-2020

Estudio de precipitaciones extremas en la isla de La Palma



Realizado por: Edgar Cedrés Hernández

Tutores: Pedro Dorta Antequera y
Jaime Díaz Pacheco

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	4
3. ANTECEDENTES.....	5
4. HIPÓTESIS	8
5. OBJETIVOS	8
6. FUENTES Y METODOLOGÍA	8
7. RESULTADOS	15
7.1. La Palma: Factores pluviométricos locales	15
7.2. Estaciones meteorológicas de La Palma	16
7.2.1. Percentil 99 de las estaciones meteorológicas	16
7.2.2. Datos extremos	17
7.2.2.1. Mes más lluvioso de la serie 1957-2018	17
7.2.2.2. Precipitación máxima en 24h por estación	18
7.3. Principales episodios	20
7.4. Análisis de los episodios más relevantes	21
7.4.1. Episodio del 15 y 16 de enero de 1957	21
7.4.2. Episodio del 26, 27 y 28 de febrero de 1988	23
7.4.3. Episodio del 4 de diciembre de 1991	26
7.4.4. Episodio del 18 y 19 de marzo de 2007	29
7.4.5. Episodio del 21, 22 y 23 de diciembre de 2009	31
7.4.6. Episodio del 30, 31 de octubre, y 1 y 2 de noviembre de 2012	35
7.5. Distribución y duración de los episodios	38
8. CONCLUSIONES	40
9. BIBLIOGRAFÍA	41

1. RESUMEN

Las precipitaciones extremas en cuanto a intensidad y duración afectan a gran parte del archipiélago canario, y constituyen los principales fenómenos meteorológicos adversos (FMA) que afectan las islas. Para el caso de La Palma, en este trabajo se hará un estudio de los episodios más destacables, desde los años cincuenta del pasado siglo hasta la actualidad, seleccionando una serie de estaciones meteorológicas que cumplen con una serie de requisitos a lo largo del periodo estudiado, y clasificando los datos para su interpretación. Los episodios de lluvias extremas afectan a las islas en una amplia franja del año, y aunque son más probables entre noviembre y febrero, pueden ampliar su rango anual adentrándose hasta finales de la primavera o comienzos del otoño. Su procedencia y formas de afectar, en este caso, a la isla de La Palma, serán analizados mediante la caracterización del estado de la atmósfera y las condiciones meteorológicas locales que presenta el territorio insular. Para ello se analizan algunos de los ejemplos más significativos en los que se demuestra la gran intensidad y concentración de la pluviosidad, debida sobre todo a DANAs o vaguadas muy profundas sobre las islas.

Palabras clave: La Palma, precipitaciones extremas, DANA, FMA, episodio.

Abstract

Extreme rainfall in terms of intensity and duration affect a large part of the Canary archipelago, and constitute the main adverse meteorological phenomena (FMA) that affect the islands. In the case of La Palma, this study will carry out a study of the most notable episodes, from the fifties of the last century to the present day, selecting a series of meteorological stations that meet a series of requirements throughout the period studied. , and classifying the data for interpretation. Episodes of extreme rainfall affect the islands over a wide swath of the year, and although they are more likely between November and February, they can extend their annual range into late spring or early fall. Its origin and ways of affecting, in this case, the island of La Palma, will be analyzed by characterizing the state of the atmosphere and the local meteorological conditions of the island territory. For this, some of the most significant examples are analyzed in which the great intensity and concentration of rainfall is demonstrated, mainly due to DANAs or very deep troughs on the islands.

Keywords: La Palma, extreme rainfall, DANA, FMA, episode.

2. INTRODUCCIÓN

Pese al predominio de la estabilidad atmosférica que suele presentar el clima de Canarias, son destacables los diferentes fenómenos meteorológicos adversos (FMA) a los que se enfrenta su territorio cada año. En este trabajo se va a analizar uno de ellos: las precipitaciones extremas en la isla de La Palma, sus peculiaridades en cuanto a la complejidad orográfica que presenta la isla, y la influencia de la exposición de los vientos según la procedencia del temporal en la misma, así como el papel que juega la dirección de los vientos locales.

La mayor concentración de estos fenómenos aparece entre mediados del otoño y comienzos de la primavera, aunque su extensión puede ir más allá de este rango y adentrarse a fechas próximas a la estación estival, siendo menos frecuentes e intensos.

Las precipitaciones en Canarias se producen de forma irregular, pudiendo tener carácter torrencial: uno de los aspectos más destacables son los valores máximos de intensidad horaria, factor que supera a gran parte del territorio peninsular y está cercano a los valores de las regiones mediterráneas o del País Vasco (Dorta, 2007), pudiendo acumular en 24 o 48 horas la cantidad de precipitación anual o, en los casos extremos, duplicarla. Todo ello a pesar de que, en el contexto del cambio climático, la situación latitudinal de Canarias provoca que sea uno de los espacios más propensos para la disminución de la precipitación (AEMET, 2015).

“Además, hay que tener en cuenta que, las lluvias en el archipiélago canario están condicionadas por la yuxtaposición de dos factores regionales: la circulación atmosférica y las condiciones geográficas. La combinación de ambos permite comprender los contrastes existentes en su distribución” (Marzol, 1988).

Por estos motivos, en este estudio se pretende dar explicación a las peculiaridades insulares que tienen las precipitaciones en la isla de La Palma, teniendo en cuenta la procedencia de los temporales y la forma en la que afectan a la isla. En muchas ocasiones hay que buscar la explicación de los acumulados, no en la posición y procedencia de la borrasca o de la depresión aislada a niveles altos (DANA), sino en los condicionantes locales generados por la orografía, la dirección de los vientos en la isla y su exposición frente a dicho sistema de bajas presiones.

Finalmente, se hará un análisis de la estacionalidad de los temporales de lluvias extremas en la isla de La Palma.

3. ANTECEDENTES

El clima de Canarias, como se ha mencionado, es conocido por su estabilidad, situación que ocurre durante un alto porcentaje de días al año, pero, por otro lado, puede llegar a tener situaciones de extrema inestabilidad. La localización geográfica del archipiélago canario posibilita la llegada de diferentes masas de aire a las islas, masas que tienen distinta procedencia y origen, y cuyos efectos se ven reflejados en la diversidad climática y de tipos de tiempo de las islas.

Durante los periodos de relativa estabilidad, Canarias queda bajo la influencia del anticiclón de las Azores, sistema que se beneficia de una corriente marina fría que es proclive a la formación de una importante inversión térmica que favorece la creación de un manto de estratocúmulos conocido como *mar de nubes*, al impedir los movimientos convectivos (Marzol, 1984).

Además, aparecen otras situaciones donde se altera el gradiente vertical atmosférico de las islas, cambiando las condiciones locales de manera repentina, pese a que el 65% de los días del año, Canarias esté bajo la influencia del régimen de alisio (Dorta, 1991). Estas situaciones se dan, sobre todo, en los meses comprendidos en las estaciones del otoño y del invierno preferentemente, cuando la circulación general atmosférica sufre mayores ondulaciones capaces de perturbar el tiempo en las islas: masas de aire inestables procedentes del Atlántico y que están asociadas a centros de bajas presiones que envían sistemas frontales a las islas que producen la mayor parte de las precipitaciones. Por otro lado, aparecen también las depresiones aisladas a niveles altos de la atmósfera (DANA), formaciones que generan nubosidad de tipo convectivo y que producen fuertes chubascos de gran intensidad horaria y que quedan repartidos en un corto espacio y tiempo; finalmente, aparecen las invasiones de aire sahariano, que suponen un 20-25% de los días del año en Canarias (Dorta *et al*, 2002). Se trata de advecciones desde el continente africano que causan un descenso brusco de los porcentajes de humedad relativa y ascenso térmico, generando un aire muy seco, y que pueden estar acompañadas de altas concentraciones de polvo litogénico, conocido como calima.

A pesar de todo, en el archipiélago existe una clara estación seca durante los meses más cálidos, desde finales de mayo, hasta septiembre, y una estación más lluviosa, desde octubre hasta febrero, en la que se aprecian notables diferencias entre las islas (Marzol, 1988).

En cuanto a la isla de La Palma, al ser la más expuesta al impacto de las perturbaciones atlánticas por su posición geográfica, suele ser, además, la primera que nota los efectos de los temporales, y, como consecuencia, suele registrar mayores acumulados pluviométricos. Debido a su importante relieve, siendo la segunda isla con mayor altitud del archipiélago canario con 2.426 msnm en el Roque de los Muchachos, presenta grandes diferencias en cuanto a precipitación media anual se refiere: las cantidades más cuantiosas van entre los 1.100 y los 1.300 mm, y se registran en la fachada nordeste, en el rango altitudinal comprendido entre los 1.000 y 1.500 msnm (Marzol, 1988); por otro lado, las zonas donde menos precipitaciones se registran, son la costa SW de la isla, en el tramo comprendido entre Tazacorte y Fuencaliente, así como el sector que corresponde con las proximidades al faro de Punta Cumplida, donde se registran menos de 300-400 mm al año. (fig.1)

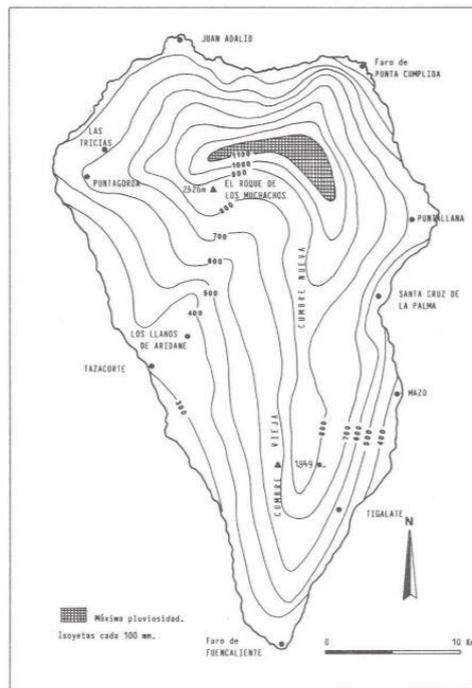


Figura 1: Mapa de isoyetas de la isla de La Palma. Fuente: Marzol, 1988

La altitud, la exposición y la disposición del relieve juegan siempre un indiscutible papel en la distribución y volumen de las lluvias; además, las vertientes a barlovento por lo general poseen una pluviosidad muy superior a las de sotavento. Finalmente, hay que tener en cuenta el importante rol que tienen los barrancos en relación a las precipitaciones, puesto que, si están abiertos a los vientos dominantes y presentan fuertes pendientes, facilitan bruscos ascensos mecánicos del aire húmedo y, como consecuencia, rápidas condensaciones de su contenido en agua (Marzol, 1988)

En cuanto a la lluvia diaria, aparecen diferencias entre las islas de mayor altitud y las más orientales. En este caso, centrándonos en las características comunes a las de las islas de mayor relieve, al que pertenece La Palma, los condicionantes de la intensidad de la lluvia diaria son los siguientes: por un lado, los días de más lluvia de cada año suelen registrar cantidades superiores a los 100 mm; por otro lado, la intensidad y variabilidad de la precipitación diaria guarda una estrecha relación con la altitud, siendo las áreas situadas por encima de los 900-1000 m. las que registran los máximos absolutos de intensidad. (fig.2)

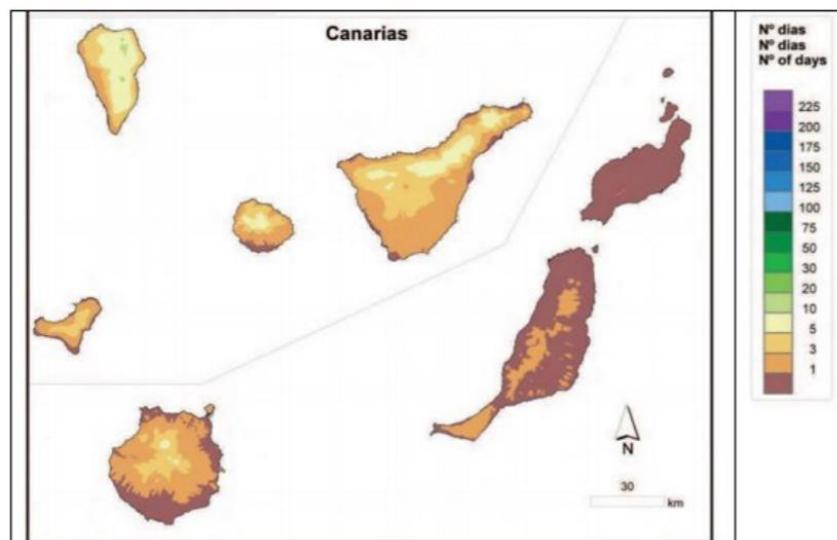


Figura 2: Número de días al año con precipitaciones iguales o superiores a 30 mm, (1971-2000). Fuente: AEMET. (Suárez et al, 2018)

Mediante un análisis estadístico extrayendo los datos de las estaciones meteorológicas de la red principal de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), se intentarán extraer conclusiones certeras sobre el carácter de las precipitaciones extremas en la isla de La Palma teniendo en cuenta todos los factores citados anteriormente, interpretando los mapas sinópticos y dando explicación a los registros obtenidos en cada episodio.

4. HIPÓTESIS

La hipótesis de este estudio se centra en las características pluviométricas de la isla de La Palma, y se fundamenta en la idea de que cada uno de los sectores de la isla tiene un comportamiento diferente ante un determinado temporal de lluvias, puesto que el dinamismo atmosférico en capas bajas (flujos locales, el papel de las brisas, etc.), junto con los factores orográficos (relieve, pendiente, presencia de barrancos encajados), influyen de manera significativa en el territorio. Es decir, se trata de demostrar la importancia de los diferentes factores locales y, además, darle explicación a su funcionamiento según la procedencia y origen de las perturbaciones.

5. OBJETIVOS

En este estudio se pretende, en primer lugar, conocer cómo afectan los diferentes temporales, según su procedencia y origen, a la isla de La Palma.

En segundo lugar, se trata de analizar las características que presenta el territorio insular de La Palma, así como la distribución de la red de estaciones meteorológicas. Con esto, y realizando una estricta selección de los datos recogidos por las estaciones, se llevarán a cabo diferentes representaciones, todo ello para facilitar la comprensión y el análisis de cada una de las situaciones adversas.

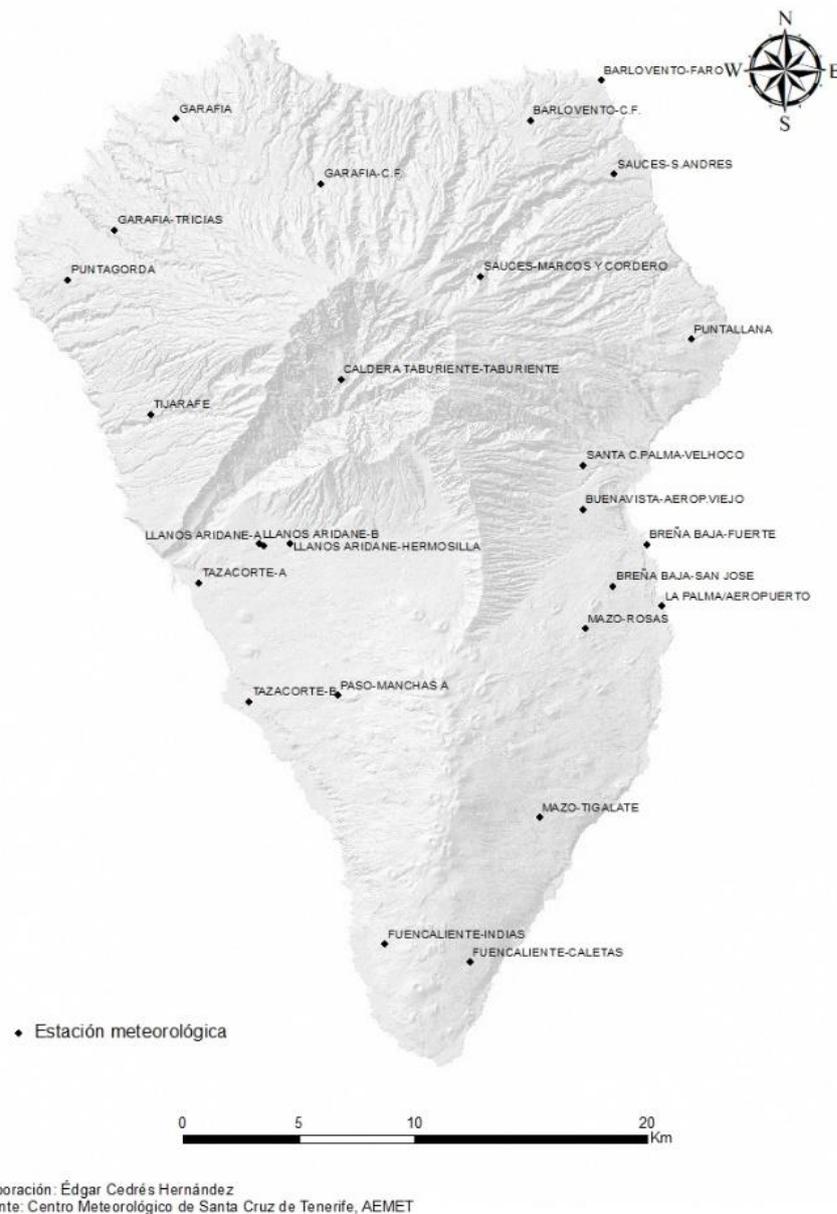
Finalmente, el último objetivo trata de relacionar la procedencia e intensidad de las perturbaciones con la época del año en la que se producen, teniendo en cuenta la magnitud de los episodios y los registros correspondientes a cada uno de ellos.

6. FUENTES Y METODOLOGÍA

Para la realización del trabajo ha sido necesario la descarga de los datos de todas las estaciones meteorológicas que presenta la isla de La Palma. A través de un extenso análisis de los datos que ofrecía cada una, un total de 166, se han seleccionado aquellas que cumplían una serie de características: por un lado, tener una serie climática completa de al menos 10 años dentro del periodo de estudio y, por otro lado, que contara con datos diarios de precipitación. Este último requisito es indispensable, puesto que hay muchas estaciones que cumplían el primero, pero los datos de precipitación se tomaban cada

varios días y, por tanto, dan un acumulado, y no la precipitación diaria. Hay algunos casos donde esto sucede en pocas ocasiones y lo que se ha hecho es descartar esas fechas, manteniendo el resto de la serie que sí cumple con los requisitos de lluvia diaria.

Al final, una vez realizada la selección, se cuenta con 26 observatorios para realizar el estudio (fig. 3). Los datos han sido solicitados al Centro Meteorológico Territorial de Santa Cruz de Tenerife, sede de la AEMET de la provincia de Santa Cruz de Tenerife.



*Figura 3: Localización de las estaciones meteorológicas en La Palma. Fuente: AEMET
Elaboración Propia.*

Todos los datos han sido tratados en una misma tabla de *Excel*, y mediante este formato se han ido creando diferentes hojas para cada una de las estaciones. La información tuvo que ser adaptada al formato XLS para poder trabajar mejor con los datos. Una vez establecido el formato, se han eliminado todos aquellos días en los que las precipitaciones tenían un valor de -3 (precipitación inapreciable), o -4 (precipitación acumulada), para poder asegurar la bondad estadística de la serie al eliminar también los acumulados de precipitación, para que no lleven a confusión a la hora de analizar los episodios y realizar los mapas.

Dentro de cada hoja de *Excel*, correspondiendo a los datos de cada estación, se ha colocado toda la serie climática de cada una de ellas en forma de columna, apareciendo los días en el eje de abscisas y los meses en el eje de ordenadas.

El periodo de análisis va desde el 01 de enero de 1957 hasta el 31 de diciembre de 2018, es decir, 62 años, aunque al realizar datos estadísticos, como la obtención del percentil 99, se ha utilizado toda la serie climática de la estación. (Tabla 1)

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	SERIE ESTADÍSTICA	ALTITUD (m)
Barlovento - Faro	1945 – 1987	15
Breña Baja - Fuerte	1952 – 2014	15
La Palma Aeropuerto	1970 – 2019	33
Tazacorte - B	2000 – 2019	62
Tazacorte - A	1948 – 2018	164
Los Llanos de Aridane - A	1946 – 1998	265
Buenavista - Aeropuerto Viejo	1947 – 1998	296
Los Llanos de Aridane - B	1953 – 2019	350
Santa Cruz de la Palma - Velhoco	1949 – 2019	364
Puntallana	1946 – 1993	385
Garafía	1946 – 2007	390
Llanos de Aridane - Hermosilla	1976 – 2019	410
Mazo - Tegalate	1971 – 2019	494
Fuencaliente - Indias	1946 – 2019	513
Breña Baja - San José	1949 – 2019	553
Barlovento - C.F.	1976 – 2005	580
Mazo - Rosas	1946 – 2019	650
Fuencaliente-Caletas	1946 – 2019	666
Paso - Manchas A	1985 – 2017	676
Tijarafe	1946 – 2019	684
Garafía - Tricias	1935 – 2016	787
Sauces-San Andrés	1946 – 2002	844
Puntagorda	1934 – 2019	880
Caldera de Taburiente - Taburiente	1957 – 2014	1070
Garafía - C.F.	1971 – 2019	1137
Sauces-Marcos y Cordero	1972 – 2019	1438

Tabla 1: Estaciones meteorológicas, serie climática y localización altitudinal. Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

Una vez establecida la serie climática de cada una de las estaciones, se ha procedido a aplicar el percentil 99, para obtener los valores extremos. Estas cantidades oscilan entre los 17 mm de Tzacorte, hasta los 68.8 mm de la Caldera de Taburiente. Su valor será más alto allí donde suele llover más a lo largo de todo el año, y viceversa. (Tabla 2)

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	SERIE ESTADÍSTICA	PERCENTIL 99 (mm)
Caldera de Taburiente - Taburiente	1957 – 2014	68.8
Sauces-Marcos y Cordero	1972 – 2019	59.8
Mazo - Rosas	1946 – 2019	51.0
Buenavista - Aeropuerto Viejo	1947 – 1998	50.0
Santa Cruz de la Palma - Velhoco	1949 – 2019	45.9
Barlovento - C.F.	1976 – 2005	40.3
Breña Baja - Fuerte	1952 – 2014	38.9
Mazo - Tigalate	1971 – 2019	37.5
Breña Baja - San José	1949 – 2019	37.0
Sauces-San Andrés	1946 – 2002	35.0
Garafía - Tricias	1935 – 2016	32.0
Garafía - C.F.	1971 – 2019	32.0
Fuencaliente-Caletas	1946 – 2019	32.0
Garafía	1946 – 2007	31.8
Puntagorda	1934 – 2019	31.3
Tijarafe	1946 – 2019	29.5
Los Llanos de Aridane - A	1946 – 1998	28.4
Puntallana	1946 – 1993	27.3
Paso - Manchas A	1985 – 2017	26.7
Los Llanos de Aridane - B	1953 – 2019	26.2
Llanos de Aridane - Hermosilla	1976 – 2019	26.0
Fuencaliente - Indias	1946 – 2019	23.8
La Palma Aeropuerto	1970 – 2019	21.4
Barlovento - Faro	1945 – 1987	17.1
Tzacorte - A	1948 – 2018	17.0
Tzacorte - B	2000 – 2019	17.0

Tabla 2: Percentil 99 de la serie climática de cada estación meteorológica. Fuente: AEMET.

Elaboración Propia.

Tal y como indica la AEMET (2018), en cuanto a precipitaciones se refiere, hay que tener en cuenta el tipo, la intensidad, así como la distribución espacial y la evolución de las mismas.

En este caso, nos hemos centrado especialmente en su intensidad. Así, encontramos: lluvias fuertes, aquellas que van entre los 15 y 30 mm en una hora; lluvias muy fuertes, aquellas que van entre los 30 y los 60 mm en una hora; lluvias torrenciales, aquellas que superan los 60 mm en una hora.

Por otro lado, en cuanto a términos de distribución espacial, las precipitaciones se dividen en: aisladas o dispersas, cuando afectan tan solo entre el 10 y el 30% del territorio; o generalizadas, cuando afectan a más del 60% del mismo.

Finalmente, un aspecto a tener en cuenta es la duración, pudiendo ser: ocasionales, cuando abarcan un tiempo inferior al 30% del periodo de predicción; o persistentes, cuando su duración es superior al 60% del periodo.

Además del percentil 99, uno de los parámetros más eficaces para establecer los diferentes episodios ha sido tener en cuenta también las precipitaciones máximas absolutas recogidas en 24 horas por cada una de las estaciones. (Tabla 3)

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm)	FECHA
Caldera de Taburiente - Taburiente	399.3	10/02/1978
Mazo - Tigalate	350.0	17/12/1991
Santa Cruz de la Palma - Velhoco	335.2	23/12/2009
Sauces-Marcos y Cordero	330.8	04/12/1991
Garafía - C.F.	290.0	12/03/2001
Barlovento - C.F.	286.7	29/03/1990
Sauces-San Andrés	250.0	16/01/1957
Mazo - Rosas	250.0	27/02/1988
Breña Baja - San José	236.0	28/10/1993
Buenavista - Aeropuerto Viejo	215.0	12/04/1977
Garafía	207.3	16/01/1957
Puntallana	198.7	26/02/1974
Breña Baja - Fuerte	198.4	15/01/1957
Garafía - Tricias	198.0	12/03/2001
Paso - Manchas A	190.0	07/01/1999
Los Llanos de Aridane - B	186.3	13/02/1971
La Palma Aeropuerto	183.6	19/02/2004
Fuencaliente-Caletas	162.0	29/03/1990
Puntagorda	157.3	08/12/1953
Los Llanos de Aridane - A	150.5	23/01/1987
Llanos de Aridane - Hermosilla	147.7	23/01/1987
Barlovento - Faro	127.5	17/12/1949
Tijarafe	121.0	04/12/1991
Fuencaliente - Indias	102.5	26/12/1949
Tazacorte - A	102.0	23/01/1987
Tazacorte - B	60.2	01/11/2012

Tabla 3: Precipitación diaria máxima absoluta. Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

Con el fin de calcular el alcance que tiene cada uno de los episodios establecidos, se ha tenido en cuenta, por un lado, el número de estaciones implicadas en cada uno de ellos, es decir, aquellas en las que hay registros en ese episodio, y, por otro, se han seleccionado también, aquellas en las que se ha superado el percentil 99, como ya se ha señalado.

La elección final ha sido de 17 episodios comprendidos entre los años 1957 y 2013. Algunos de ellos solo duran una jornada, aunque hay otros como el del 30 de octubre de 2012, que dura cuatro días, hasta el 2 de noviembre de ese mismo año. En cuanto a las estaciones implicadas, como se ha comentado, se trata del número de estaciones con las que se tiene registros en ese episodio, de las cuales, se considera como “estación afectada” a aquellas que supera el valor del percentil 99 en el mismo. Finalmente, para ver la magnitud de cada episodio, se toma el observatorio con el registro más alto en 24 horas, así como la estación con el registro máximo acumulado en el episodio. Además, en forma de porcentaje, se calcula el número de observatorios que han superado el percentil 99 en cada uno de ellos para considerar su distribución espacial. (Tabla 4)

Principales episodios de precipitación en La Palma. 1957 - 2018								
Año	Inicio	Fin	Duración (días)	Estaciones implicadas	P. Máx. diaria (mm)	P. Máx. Episodio (mm)	Estaciones afectadas P99	Estaciones afectadas P99 en %
1957	15/01	16/01	2	10	250.0	500.0	9	90,0
1961	26/09	27/09	2	13	100.0	180.0	4	30,8
1971	12/02	13/02	2	8	186.3	187.8	5	62,5
1978	10/02	11/02	2	22	399.3	450.3	16	72,7
1987	22/10	24/10	3	24	-	248.5	-	-
1988	26/02	28/02	3	24	250.0	339.4	18	75,0
1991	04/12	04/12	1	23	330.8	330.8	22	95,7
1993	17/03	17/03	1	23	139.5	139.5	14	60,9
2001	20/11	20/11	1	9	59.0	59.0	3	33,3
2004	19/02	19/02	1	17	191.0	191.0	16	94,1
2007	26/01	27/01	2	17	169.0	347.6	12	70,6
2007	18/03	19/03	2	18	279.0	404.0	15	83,3
2009	21/12	23/12	3	18	335.2	520.3	17	94,4
2010	01/02	02/02	2	19	166.0	272.2	18	94,7
2012	30/10	02/11	4	19	115.0	351.0	19	100
2013	03/03	03/03	1	18	170.0	170.0	13	72,2
2013	10/12	10/12	1	18	116.2	116.2	16	88,9

Tabla 4: Episodios importantes de precipitación en La Palma (1957-2018). Fuente: AEMET.

Elaboración Propia.

Tras el análisis de los diferentes episodios de lluvia establecidos, para localizar las estaciones en un mapa y poder reflejar cada una de las situaciones de manera gráfica, se han realizado una serie de mapas a través del programa *ArcGis*. Se ha obtenido el modelo digital de sombras que está disponible en el listado de servicios del *IDECanarias*; por otro lado, se han representado las diferentes estaciones teniendo en cuenta su localización y, finalmente, se ha realizado una interpolación para la representación de las cantidades de precipitación, en este caso, escogiendo el IDW para realizarla. Se trata de un método donde los diferentes puntos del muestreo, en este caso, representando los diferentes observatorios en los mapas, se ponderan. Así, la influencia entre los diferentes puntos se reduce a medida que aumenta la distancia entre ellos. Además, como se citó anteriormente, se utilizaron las curvas de nivel para generar una mejor perspectiva en la distribución de las lluvias.

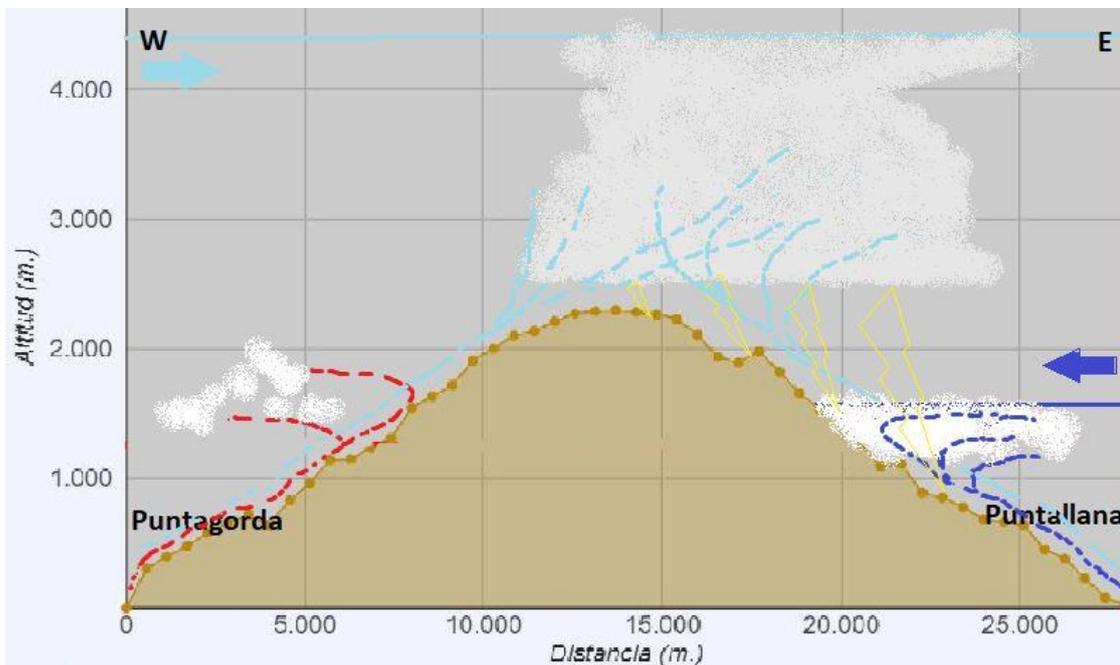
Por otro lado, para tratar de conocer el origen de los datos obtenidos en cada uno de los episodios, se procederá a la descarga e interpretación de las diferentes situaciones sinópticas, utilizando mapas a 500 hPa y superficie, y a 850 hPa, y caracterizando el estado de la atmósfera a lo largo del episodio, viendo su evolución y manera en la que afecta a las islas, y, en especial, a la isla de La Palma. La fuente utilizada para realizar este paso ha sido: <https://www.wetterzentrale.de/es/reanalysis.php?model=cfsr>.

7. RESULTADOS

7.1. La Palma: Factores pluviométricos locales

Uno de los principales problemas con los que cuenta La Palma, para poder justificar la procedencia de las borrascas y su incidencia en la isla, es el relieve. Debido a la orografía extremadamente abrupta y compleja con la que cuenta, facilita fuertes ascensos de aire húmedo que favorecen la condensación y precipitación.

Cuando las condiciones son “normales”, es decir, cuando tenemos situación de alisios, la inversión térmica impide que ese ascenso llegue más allá de la cota de inversión, es decir, 800-1500 metros (Dorta, 1996). Por otro lado, en condiciones de inestabilidad, cuando no tenemos esa inversión térmica, se producen fuertes ascensos que pueden generar la condensación y la formación de nubes de gran desarrollo vertical, nubosidad que genera fuertes precipitaciones y que, por la dirección del flujo en capas medias y altas, puede rebasar la línea de cumbre, o si es débil, anclarse. (Perfil 1)



Perfil 1: Flujos de aire, La Palma. Fuente: GRAFCAN. Elaboración Propia.

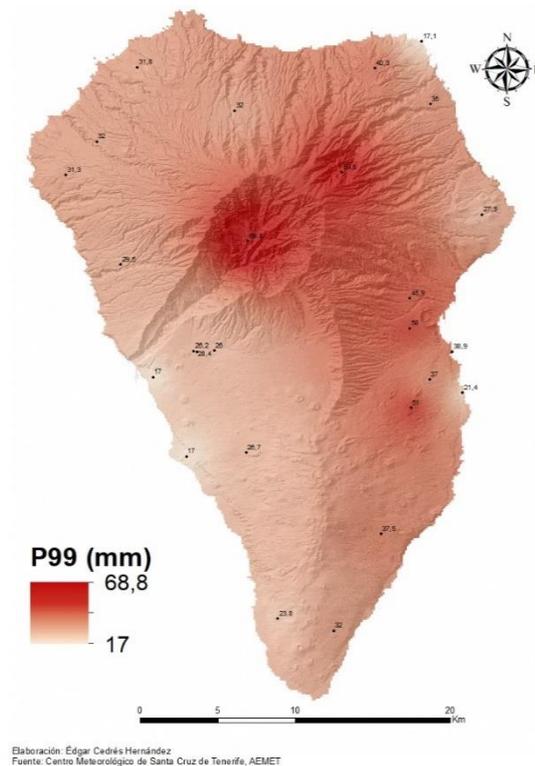
Esta situación se ha dado en varios episodios que se han tratado en este estudio, como es el caso del 4 de diciembre de 1991, donde pese al flujo de WSW en superficie, al afectar también al resto de capas, las precipitaciones más intensas se produjeron a sotavento, es decir, en el NNE de la isla, causadas por convección a sotavento. Misma situación pasa con los temporales del 19 de febrero de 2004, donde se registran de manera generalizada 80-100 mm en toda la isla, pero es en la vertiente Este donde se alcanzan los 190 litros por metro cuadrado, todo ello con vientos del W. Esta situación también ocurre, al contrario, es decir, un temporal del NNE que deja mayores cantidades de precipitación, al SSW, caso del temporal del 18 y 19 de marzo del 2007, donde caen más de 180 mm en la estación de Las Manchas-A (El Paso), cuando el flujo es del NNE.

“Otro de los factores locales que influyen en las precipitaciones son los barrancos, generalmente situados en zonas con una orografía extremadamente abrupta, con cauces profundos que facilitan los ascensos repentinos de aire húmedo hasta alcanzar la condensación” (Marzol, 1988). Un ejemplo lo tenemos en el temporal del 10 y 11 de febrero de 1978, cuando se registraron 399.3 litros por metro cuadrado en La Caldera de Taburiente, fruto de la canalización de los flujos de aire por el barranco de las Angustias hacia la cumbre, y la fuerte convección dentro de la caldera generada por el relieve y el aire frío en capas medias y altas.

7.2. Estaciones meteorológicas de La Palma

7.2.1. Percentil 99 de las estaciones meteorológicas

Para establecer un parámetro que refleje el alcance de un episodio de lluvias, se ha utilizado el percentil 99 (P99), que refleja el 1% más lluvioso de todos los días analizados. En este caso, se puede apreciar a través del mapa (Mapa 1), cómo los valores más elevados se dan allí donde se registran las mayores cantidades de precipitaciones, correspondiendo a las medianías de la vertiente Este y el Nordeste de la isla. Por otro lado, el valor más alto se da en la Caldera de Taburiente, 68.8 mm, dato que se alcanza por la gran cantidad de precipitaciones extremas con la que cuenta esta estación a lo largo de toda su serie y cuya explicación radica en su forma cerrada, abierta a las borrascas más activas del SW.



Mapa 1: Distribución del percentil 99 en litros por metro cuadrado (mm). Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

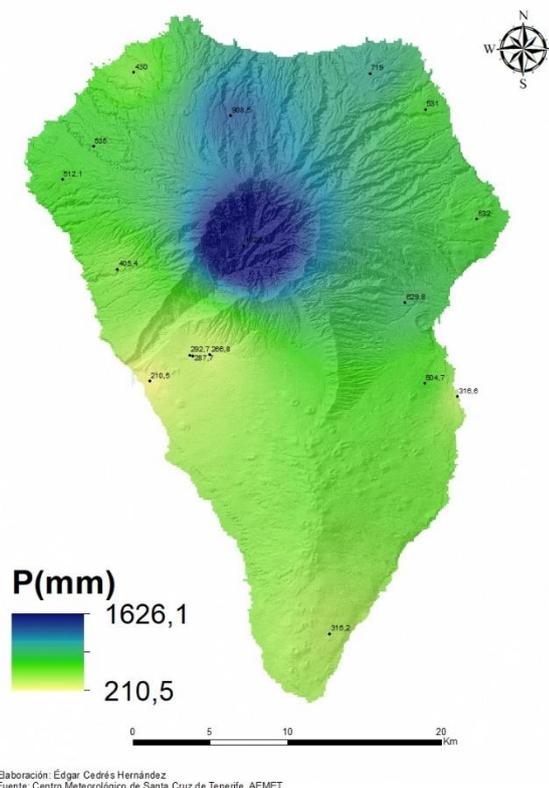
7.2.2. Datos extremos

7.2.2.1. Mes más lluvioso de la serie 1957-2019

Una sucesión de borrascas, un total de tres durante enero de 1979, nos lleva a hablar del mes más lluvioso registrado en la isla de La Palma desde que hay registros. Los valores llegan a duplicar o triplicar la cantidad de precipitación recogida en un año en solo un mes. En general, las estaciones del Norte y del Este, recogen cantidades similares a la de cantidad de precipitación que se suele recoger de media en un año hidrológico (1 de octubre-30 de septiembre del siguiente año). Los acumulados de este mes en las diferentes estaciones de la isla son muy dispares, y van desde los 210.5mm de Tzacorte A, hasta los 1626.1 mm de la Caldera de Taburiente-Taburiente; ésta última, registrando la cifra más alta para un solo mes desde que hay datos en La Palma (Mapa 2).

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN (mm)
Caldera de Taburiente-Taburiente	1626.1
Garafía-Corona Forestal	908.5
Barlovento-Corona Forestal	719.0
Santa Cruz de la Palma-Velhoco	629.8
Garafía-Las Tricias	535.0
Puntallana	532.0
San Andrés y Sauces	531.0
Puntagorda	512.1
Breña Baja-San José	504,7
Garafía	430.0

Tabla 5: 10 registros más destacables (enero 1979). Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Mapa 2: Acumulado de precipitación (mm), enero 1979. Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

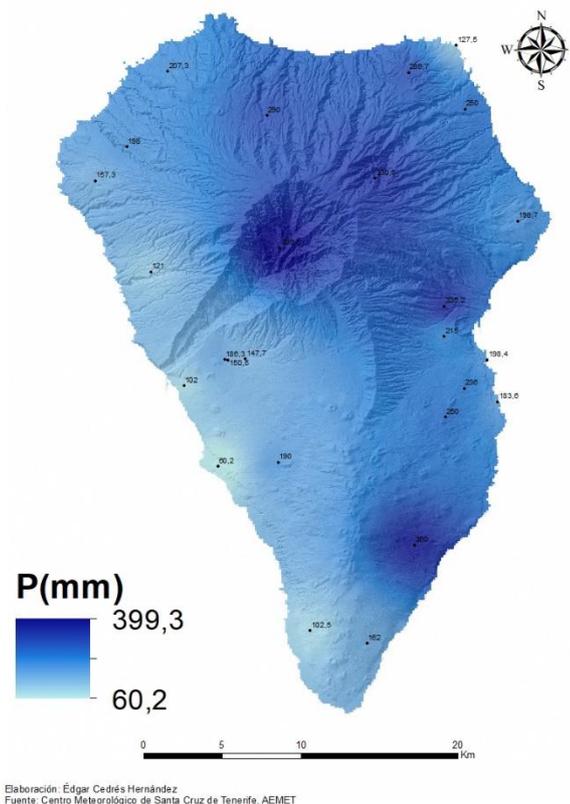
7.2.2.2. Precipitación máxima en 24h por estación

Las vertientes septentrional y oriental de La Palma son los sectores que por su mayor pendiente y exposición registran más días con lluvias copiosas, mientras que las áreas de menor altitud, sobre todo de la costa oeste de la isla, son donde en menor número de ocasiones se han registrado este tipo de lluvias (Marzol, 1988)

Los valores de precipitación máxima diaria van entre los 60.2 mm de la estación de Tzacorte-B, hasta los 399.3 mm de La Caldera de Taburiente-Taburiente. En valor medio entre todas las estaciones es de 194.4 mm, y considerando el concepto de torrencialidad de la AEMET, superan con creces dicha cantidad, 100.0 mm en 24 horas.

En el 96,2% de las estaciones de la isla de La Palma (25 de 26), se ha superado el valor de 100 mm en 24 horas en algún momento de su serie. Además, en el 38,5% (10 de 26) de las mismas, el valor ha superado los 200 mm. Tan solo en el 15,4% (4 de 26) se han superado los 300 mm en 24 horas.

Tal y como se puede apreciar en el mapa (Mapa 3), los tonos en azul más oscuro reflejan las zonas donde se concentran las mayores cantidades de precipitación diaria, por encima de los 180-200 mm, es decir, en las medianías de la vertiente Este y Nordeste de la isla, así como en la Caldera de Taburiente. Por otro lado, los tonos de azul más claro reflejan las zonas donde la precipitación máxima diaria es menor, inferior a los 130 mm.



Mapa 3: Precipitación máxima diaria (mm). Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

7.3. Principales episodios

En general, a lo largo del S.XX y en lo que llevamos de S.XXI, han sucedido numerosos episodios destacables de precipitación en la isla de La Palma. En muchas ocasiones, esos temporales vienen marcados por la sucesión de diferentes sistemas frontales o DANAs que generan, fuertes chubascos sobre el territorio insular. Estos episodios de precipitación suelen venir acompañados de otros fenómenos meteorológicos adversos, algunos de ellos más devastadores, como puede ser el caso de fuertes rachas de viento, de mal estado del mar, de copiosas nevadas en medianías y cumbres, o incluso, de tormentas eléctricas con granizo.

En el periodo de estudio escogido, es decir, entre enero de 1957 y diciembre de 2018, hemos elegido los 17 episodios más extremos. Algunos destacan por las precipitaciones diarias, mientras que otros, por el acumulado de precipitación en los días que dura el mismo. Sin lugar a dudas, los más importantes son aquellos que afectan a la isla de manera generalizada, es decir, aquellos donde el porcentaje de estaciones que superan el percentil 99 es mayor. (Tabla 4)

En cuanto a precipitación máxima diaria, destacan: el temporal del 10 y 11 de febrero de 1978, donde se registraron 339.3 mm en La Caldera de Taburiente-Taburiente; el temporal de 21 al 23 de diciembre de 2009, con 335.2 mm en Velhoco, Santa Cruz de La Palma; y el temporal del 4 de diciembre de 1991, con 330.8 mm en Marcos y Cordero, San Andrés y Sauces.

Por otro lado, teniendo en cuenta la precipitación acumulada en el episodio, destacan nuevamente los temporales del 21 al 23 de diciembre de 2009 y del 10 y 11 de febrero de 1978, con 520.3 mm y 450.3 mm respectivamente; además, también destaca el episodio del 16 y 17 de enero de 1957 donde se registraron 500.0 mm en San Andrés y Sauces.

Finalmente, los episodios más destacables en cuanto a su extensión, son aquellos que tienen un mayor número de estaciones en las que se supera el percentil 99, como ya se ha señalado, donde destacan: el episodio del 30 de octubre al 02 de noviembre de 2012, donde el 100% de las estaciones, un total de 19, superan el percentil 99; el episodio del 4 de diciembre de 1991, donde el 95,7% de las estaciones, un total de 24 de las 25, superaron el percentil 99; el episodio del 1 y 2 de febrero de 2010, donde el 94,7% de las estaciones se vieron afectadas superando el percentil 99, 18 de las 19; el episodio del 21 al 23 de diciembre del 2009, donde 17 de las 18 estaciones, representando el 94,4%

superaron el percentil 99; o, finalmente, el episodio del 19 de febrero de 2004, donde el 94,1% de las estaciones superaron el percentil 99, un total de 17 de las 18 de las que se recogieron datos. (Tablas 2, 3 y 4)

7.4. Análisis de los episodios más relevantes

Teniendo en cuenta los criterios citados en el apartado anterior, se han seleccionado los seis episodios más sobresalientes para su análisis. En ellos, se realizará un estudio de la situación sinóptica que presentaba la atmósfera durante los días del episodio, y se intentará dar explicación de su influencia en la isla de La Palma, explicando los diferentes factores que originaron los distintos acumulados de precipitación.

Además, cada episodio cuenta con una tabla con los registros más destacables, y con mapas orientativos para contribuir a un mejor entendimiento de las lluvias y su distribución.

7.4.1. Episodio del 15 y 16 de enero de 1957

Una pronunciada vaguada debida a una gran circulación meridiana, y junto con la dirección de los vientos en el Atlántico al norte de Canarias, favorecía la entrada de un frente frío que atravesaría las islas occidentales de NNW a SSE. En el caso de la isla de La Palma, el frente cruzaba la isla desde la tarde de la jornada del día 15 hasta la madrugada del día 16. Al no observarse gran proximidad de las líneas de presión (isobaras) en el mapa de superficie, refleja la lentitud con la que cruzó el frente la isla, y con ello, las consecuencias pluviométricas que tuvo. (Figura 1).

La zona más afectada por este episodio de precipitaciones fue el NE de la isla donde el acumulado durante las dos jornadas fue de 500 mm en la estación de San Andrés y Sauces, 250 mm cada día. Las precipitaciones también fueron muy destacables en toda la fachada Este de la isla, y observatorios como los de Breña Baja, o la de Buenavista Aeropuerto Viejo, recogían alrededor de 300 mm durante el episodio. En general, en toda la isla las precipitaciones superaron los 50 mm a lo largo de las dos jornadas, y pese a que los temporales que entran por el NW suelen afectar más a las vertientes expuestas al cuarto y al primer cuadrante, este temporal demostró que por situaciones locales de convergencia/brisas generadas por el relieve de la isla, las precipitaciones afectaron a toda la superficie.

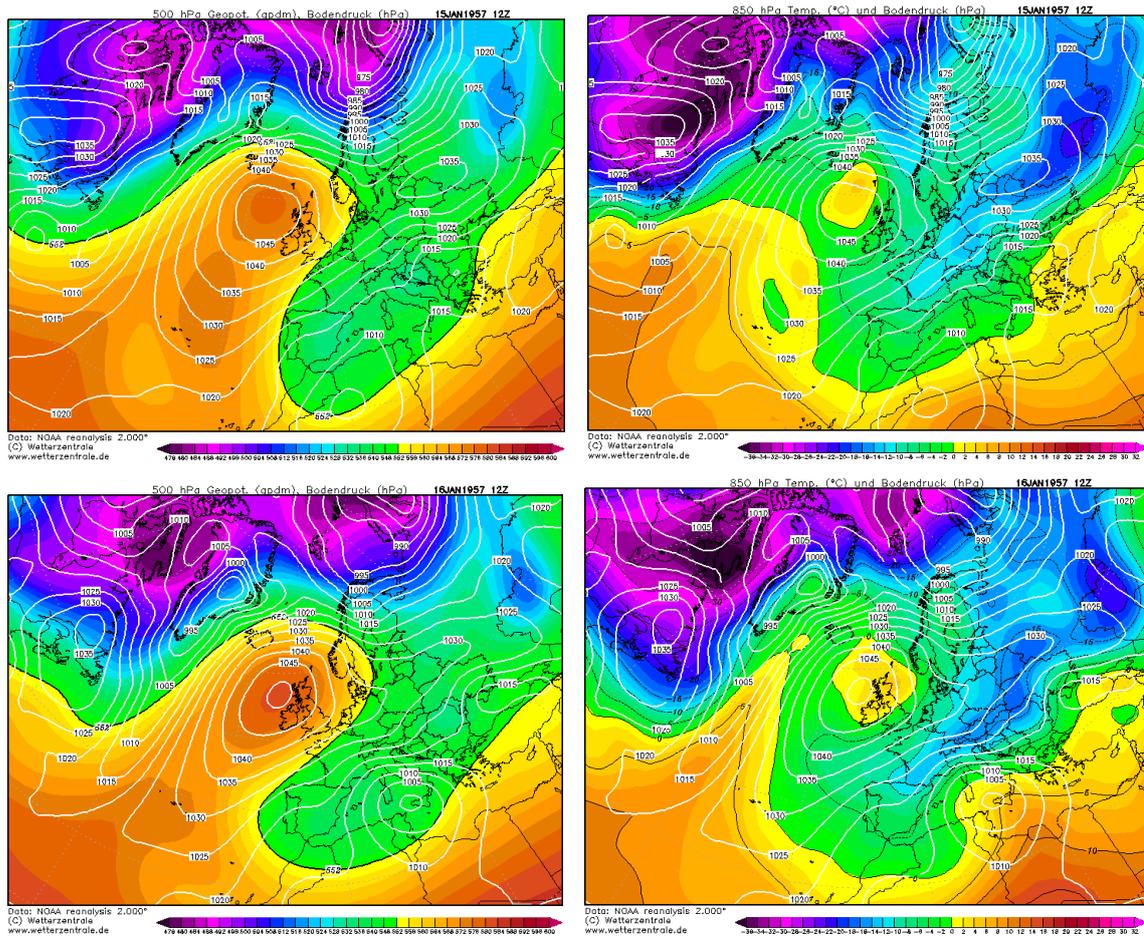


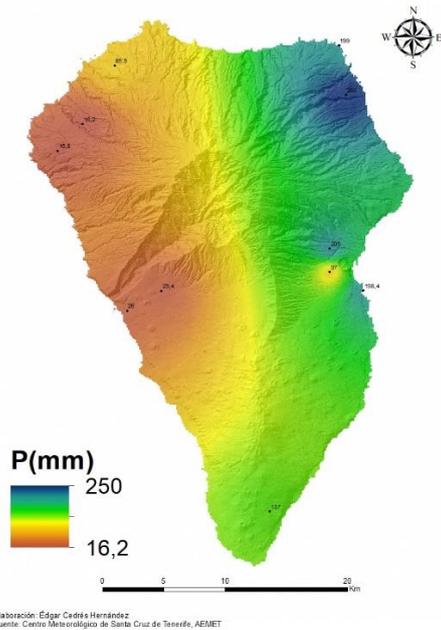
Figura 1: Situación sinóptica y altura geopotencial a 500 y 850 hPa los días 15 y 16 de enero de 1957.

Fuente: Wetterzentrale.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN (mm)	JORNADA
San Andrés y Sauces	250.0	15/01/1957
San Andrés y Sauces	250.0	16/01/1957
Garafía	207.3	16/01/1957
Santa Cruz de la Palma-Velhoco	205.0	15/01/1957
Buenavista-Aeropuerto Viejo	199.7	16/01/1957
Barlovento-Faro	199.0	15/01/1957
Breña Baja-Fuerte	198.4	15/01/1957

Tabla 6: Precipitaciones más destacadas del episodio (15 y 16 de enero de 1957). Fuente: AEMET.

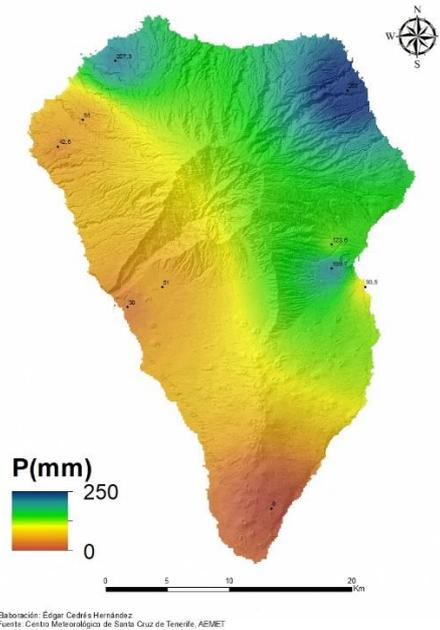
Elaboración Propia.



Elaboración: Edgar Cedrés Hernández
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife; AEMET

Mapa 4: Distribución aproximada de la precipitación, 15/01/1957, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Elaboración: Edgar Cedrés Hernández
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife; AEMET

Mapa 5: Distribución aproximada de la precipitación, 16/01/1957, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

“El desbordamiento de las aguas de algunos barrancos como el de Aguacencio o el de Amargavino en Las Breñas, produjo la formación de una barranquera de más de 100 metros de ancho por donde discurrió un aluvión que arrastró grandes cantidades de materiales y que ocasionó la desaparición de numerosas viviendas y 32 víctimas mortales. Por la localización de las lluvias en este sector de la vertiente oriental y la narración de testigos, permite presuponer que la lluvia se debió a una fuerte tromba de agua producida por un potente cumulonimbo situado sobre las cimas de Cumbre Vieja” (Marzol, 1988).

7.4.2. Episodio del 26 al 28 de febrero de 1988

Canarias queda en medio de dos bajas, una DANA situada al W de las islas, y una vaguada mucho más profunda sobre el Mar Mediterráneo, con la retirada del Anticiclón de las Azores hacia el norte, cuya presión es de 1045 hPa. Los vientos en superficie tienen un gran recorrido marítimo en la vertiente Este de la isla, y viento del Suroeste menos intenso en la vertiente Oeste. Caen más de 50 litros por metro cuadrado en Puntagorda y en Velhoco en Santa Cruz de la Palma, mientras que en el SE y en SW de la isla no hay precipitación apreciable. Durante la jornada siguiente, se produce la mayor inestabilidad, originada por un fenómeno de retrogradación por el descuelgue de aire frío procedente de

la baja del Mediterráneo, y que llega a las islas por el NE. Además, se produce una fusión entre la baja que se situaba al W del archipiélago y ésta en contraposición al reforzamiento del Anticiclón de las Azores cuya presión llega a la extraordinaria cifra de 1050 hPa, y que permite una circulación del chorro muy ondulada y meridiana. Se refuerza el flujo del nordeste, ahora con mayores condiciones de inestabilidad, estando las precipitaciones aseguradas en la vertiente Este de La Palma. Se alcanzan los 500 hPa a 5560 metros, y también hay aire frío en capas medias y bajas, con tan solo los 2°C a 850 hPa. (Figura 2).

En cuanto a las precipitaciones, llueve en toda la isla, lluvias que por el W son de unos 30 mm de media, pero que por el Este se recogen más de 200 mm en amplias zonas. Finalmente, la jornada del 28 de febrero, durante las primeras horas del día continúa la misma tónica, aunque por la tarde se empieza a retirar la inestabilidad por el Este del archipiélago, dando por concluido el episodio ya que al día siguiente los acumulados de precipitación ya no son importantes. Durante esta última jornada de inestabilidad se totalizan más de 60 litros por metro cuadrado en toda la fachada oriental de la isla, y las precipitaciones son escasas en la vertiente occidental, donde se recogen menos de 10 mm de media.

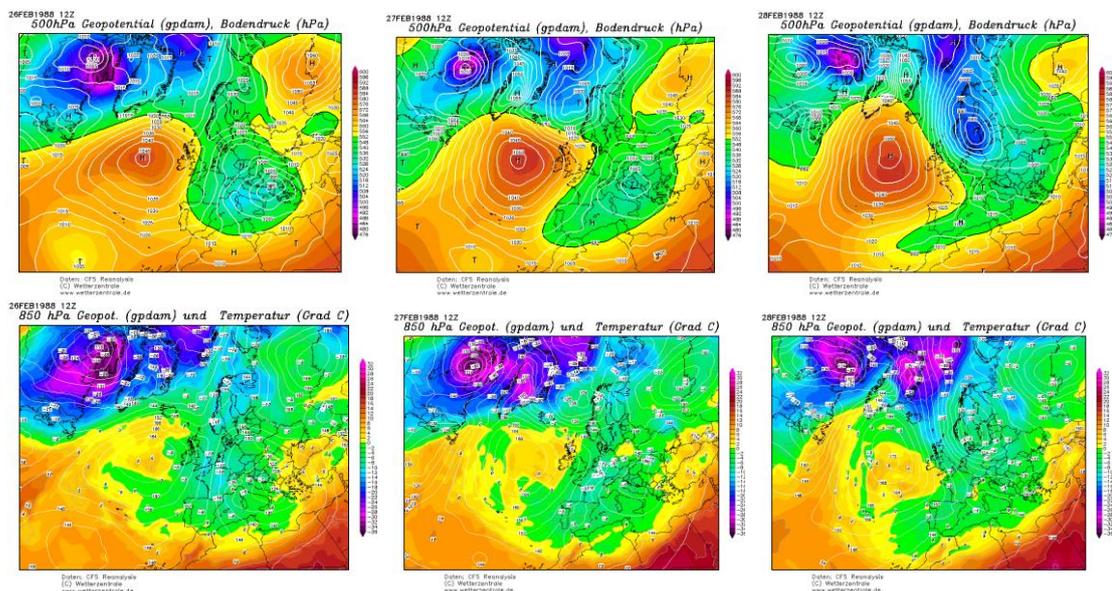
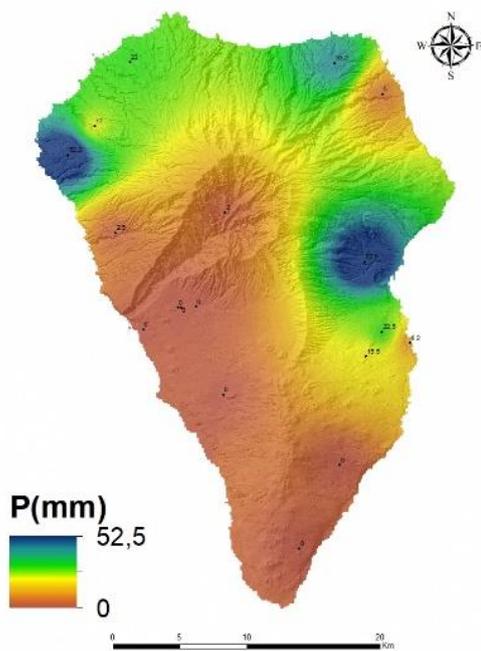


Figura 2: Situación sinóptica y altura geopotencial a 500 y 850 hPa los días 26, 27 y 28 de febrero de 1988. Fuente: Wetterzentrale.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN (mm)	JORNADA
Mazo-Rosas	250.0	27/02/1988
Santa Cruz de la Palma-Velhoco	217.5	27/02/1988
Mazo-Tigalate	205.0	27/02/1988
Breña Baja-San José	180.0	27/02/1988
Fuencaliente-Caletas	160.0	27/02/1988
Barlovento-Corona Forestal	135.3	27/02/1988

Tabla 7: Precipitaciones más destacadas del episodio (26 al 28 de febrero de 1988).

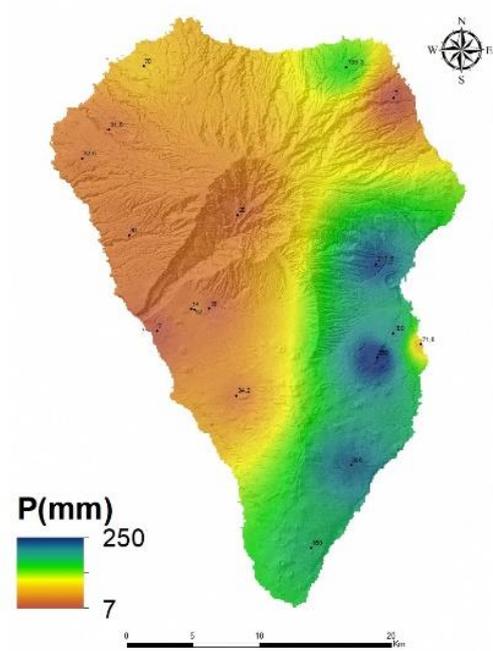
Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Elaboración: Edgar Cedeña Hernández.
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife, AEMET

Mapa 6: Distribución aproximada de la precipitación, 26/02/1988, en mm.

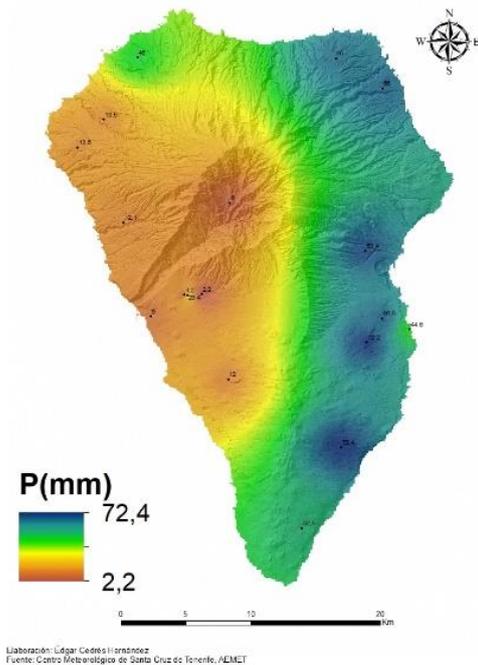
Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Elaboración: Edgar Cedeña Hernández.
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife, AEMET

Mapa 7: Distribución aproximada de la precipitación, 27/02/1988, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Mapa 8: Distribución aproximada de la precipitación, 28/02/1988, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

7.4.3. Episodio del 4 de diciembre de 1991

A lo largo de la jornada se genera una vaguada desde el W de Azores hasta el NW de Canarias. Dicha vaguada barre el archipiélago de Oeste a Este dejando abundantes precipitaciones a su paso. Durante la tarde, se descuelga un centro de bajas presiones, DANA, en el sector meridional de la vaguada, cuyo centro en superficie tiene 990 hPa y donde los 500 hPa se alcanzan a 5520 metros. (Figura 3).

En la isla de La Palma, las precipitaciones afectan a todo el territorio insular, donde se recogen más de 100 litros por metro cuadrado salvo algunas excepciones del SSW y de la costa W donde son menores los registros. Durante la madrugada, el viento dominante es del Suroeste, dejando la mayor cantidad de precipitaciones en la vertiente occidental, viento que irá rolando a lo largo de la jornada mientras se vaya desplazando la baja. Durante la mañana el viento del SW gira a WNW, dejando en las horas centrales del día las precipitaciones más abundantes en las medianías del NW de la isla. Finalmente, durante la tarde, el viento gira a NNW, y la mayor cantidad de precipitaciones se recoge en las medianías del Norte y del Nordeste, donde se llegan a recoger más de 200 litros por metro cuadrado en varios puntos, incluso los 300, con 330.8 mm en Marcos y Cordero

(San Andrés y Sauces), el cuarto registro más alto de precipitación en 24 horas alcanzado en La Palma. Nuevamente, y como suele ocurrir en este tipo de episodios, la baja tiende a rellenarse y se desplaza hacia el NE, y con ello, las precipitaciones van a menos en las jornadas siguientes.

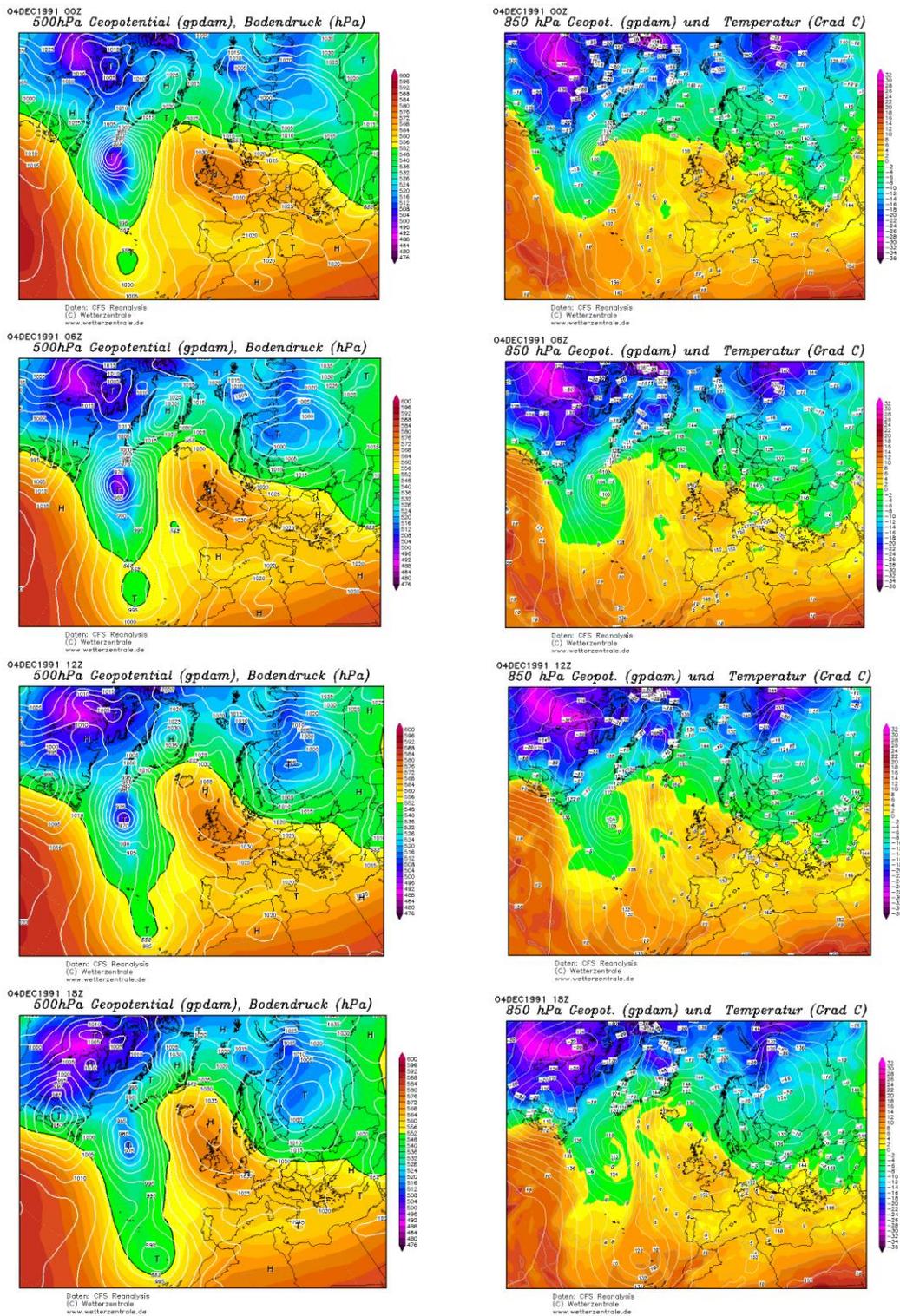
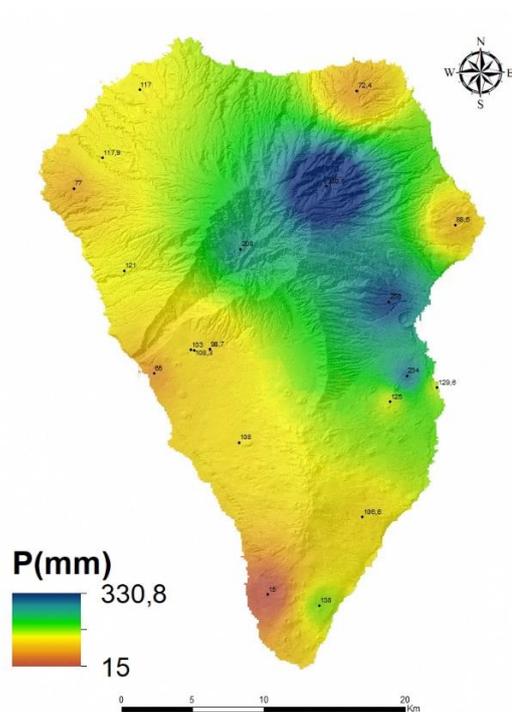


Figura 3: Situación sinóptica y altura geopotencial a 500 y 850 hPa del día 04 de diciembre de 1991. Fuente: Wetterzentrale.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN (mm)	JORNADA
San Andrés y Sauces-Marcos y Cordero	330.8	04/12/1991
Santa Cruz de la Palma-Velhoco	258.0	04/12/1991
Breña Baja-San José	234.0	04/12/1991
Caldera de Taburiente- Taburiente	208.0	04/12/1991
Fuencaliente-Caletas	138.0	04/12/1991
La Palma Aeropuerto	129.6	04/12/1991

Tabla 8: Precipitaciones más destacadas del episodio (04 de diciembre de 1991). Fuente: AEMET.

Elaboración Propia.



Elaboración: Edgar Cedrés Hernández
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife, AEMET

Mapa 9: Distribución aproximada de la precipitación, 04/12/1991, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

7.4.4. Episodio del 18 y 19 de marzo de 2007

El día 18, tenemos una situación sinóptica marcada por un potente y amplio Anticiclón de las Azores un poco retirado hacia el W de estas islas y cuyo centro alcanza los 1040 hPa. Por otro lado, se produce un pequeño descuelgue de aire frío a modo de vaguada en capas medias y altas, que tiene forma de “S” y que va desde Centroeuropa hasta Canarias, donde se alcanzan los 500 hPa a unos 5600 metros. En superficie se mantiene el flujo del NE, pero al haber presencia de aire frío en capas medias y altas de la troposfera, hay condiciones para la formación de nubosidad de tipo convectivo en el interior de las islas, nubosidad que deja precipitaciones persistentes y abundantes durante varias horas de la jornada. (Figura 4).

Este día, las lluvias más destacables afectan el centro y norte de la isla, zonas donde se superan los 60 litros por metro cuadrado, sobresaliendo los más de 120 mm de la Caldera de Taburiente. En el resto de la isla las precipitaciones son escasas, y se sitúan por debajo de los 5-10 mm. El día 19, la baja que afectaba a las islas la jornada anterior se descuelga de la circulación general y se forma una DANA sobre el archipiélago; además, se crea en superficie una pequeña baja al SE de las islas orientales, situación que sigue enviando vientos del NE a la isla de La Palma. No hay presencia de isobaras muy próximas en el mapa de superficie de las 12 horas, por lo que la inestabilidad originada por los ascensos de aire y el juego de vientos por las diferentes vertientes de la isla, aseguran las abundantes precipitaciones, que afectan desde primeras horas de la mañana hasta últimas horas de la tarde, siendo más intensas en las horas centrales del día y que acumulan gran cantidad de lluvia en todas las medianías, tanto en las de la vertiente Este como en las del Oeste, donde se llegan a superar los 80-100 mm, destacando los más de 180 mm de Las Manchas en El Paso, o los cerca de 280 mm de La Caldera.

Uno de los aspectos más destacados en este episodio, son las diferencias pluviométricas originadas por la cercanía o no, a la zona de costa o de cumbre. Las precipitaciones de tipo convectivo son más cuantiosas en zonas de medianías, mientras que en la costa puede lucir el sol o simplemente caer algunas gotas. Un ejemplo de ello lo vemos reflejado en las acumulaciones de lluvia de este episodio, en dos estaciones de diferente localización altitudinal de la isla: La Palma Aeropuerto (33m), 18.5 mm/Caldera de Taburiente (880m), 404 mm.

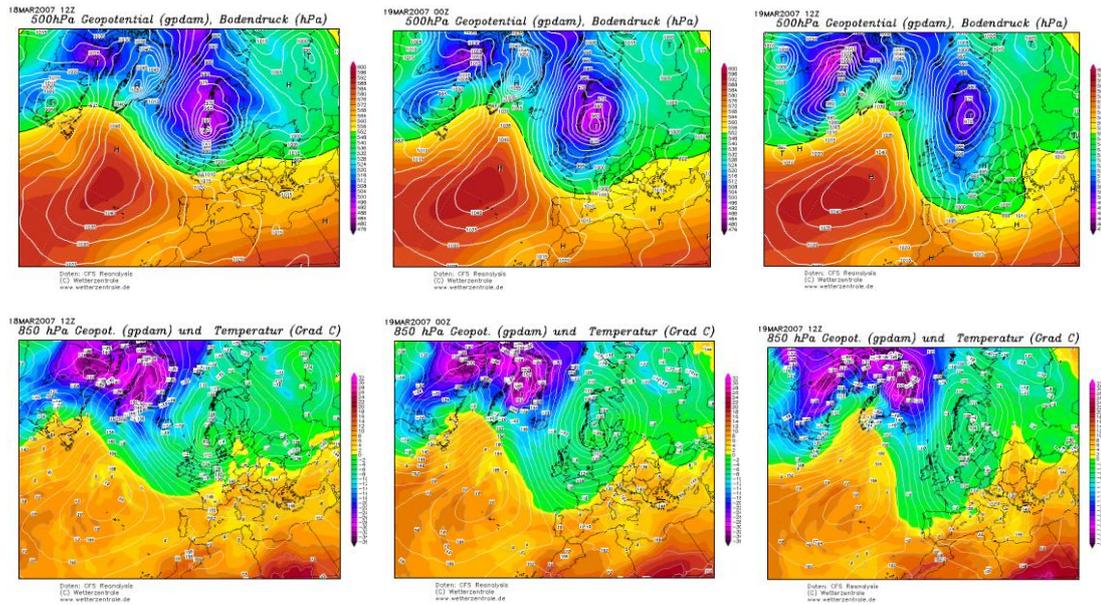
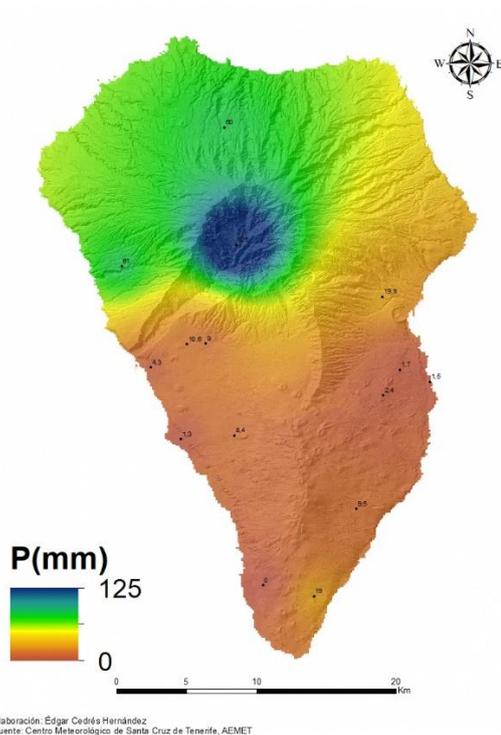


Figura 4: Situación sinóptica y altura geopotencial a 500 y 850 hPa los días 18 y 19 de marzo de 2007. Fuente: Wetterzentrale.

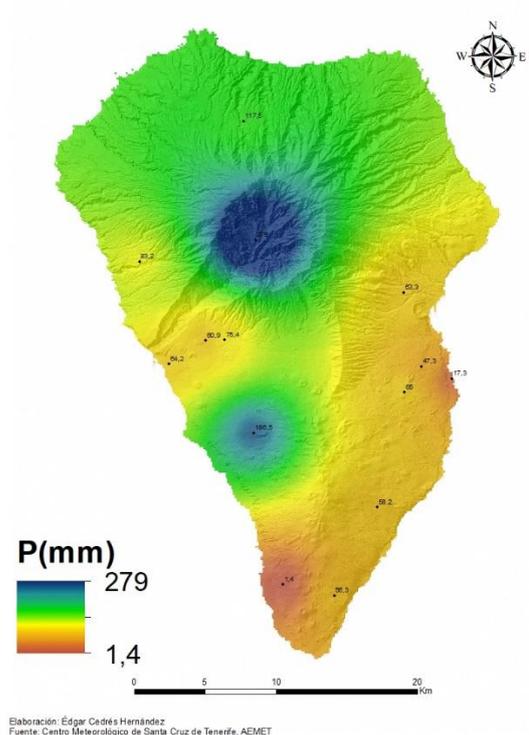
ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN (mm)	JORNADA
Caldera de Taburiente-Taburiente	279.0	19/03/2007
Paso-Manchas A	186.5	19/03/2007
Caldera de Taburiente-Taburiente	125.0	18/03/2007
Garafía-Corona Forestal	117.5	19/03/2007
Tijarafe	83.2	19/03/2007
Llanos de Aridane-Hermosilla	75.4	19/03/2007

Tabla 9: Precipitaciones más destacadas del episodio (18 y 19 de marzo de 2007). Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Mapa 10: Distribución aproximada de la precipitación, 18/03/2007, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Mapa 11: Distribución aproximada de la precipitación, 19/03/2007, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

7.4.5. Episodio del 21 al 23 de diciembre de 2009

Canarias queda al margen de la influencia del Anticiclón de las Azores que se sitúa mucho más al suroeste de su localización habitual, adentrándose en el Atlántico Norte. La circulación del frente polar se refuerza y desciende de latitud. A lo largo de estos días, llega aire húmedo y fresco en capas medias, y junto con las diferentes bajas que se formarán al norte del archipiélago canario, asegurarán la inestabilidad, aportándonos gran cantidad de humedad y aire frío también a niveles altos atmosféricos. El día 23, jornada con la mayor inestabilidad, se posiciona una baja sobre Azores cuya presión desciende hasta los 985 hPa y alcanzando los 500 hPa a tan solo 5300 metros. En La Palma en superficie, la presión se sitúa alrededor de los 1005 hPa, alcanzando los 500 hPa a 5720 metros. (Figura 5)

A lo largo de todo el periodo el flujo es del Oeste. Las elevadas condiciones de inestabilidad y, la mayor cantidad de precipitaciones se da en la vertiente Este de la isla y en la cumbre, precipitaciones generadas por el flujo de brisas en la vertiente de

barlovento (W), al ascender se condensan y se encuentran con una masa de aire frío en capas altas y precipitan con intensidad y persistencia en la vertiente opuesta, la de sotavento (E) gracias al gran desarrollo vertical de la nubosidad. El día 21, las precipitaciones más destacables afectan a la vertiente Este, a la cumbre, y a puntos del Norte de la isla donde se recogen entre 30 y 70 litros por metro cuadrado, destacando los 74 mm de La Caldera de Taburiente; en el SW y la costa W, las lluvias son inferiores a los 15 mm. El día 22, las precipitaciones se intensifican y afectan a las mismas zonas, superándose los 100 mm en las medianías de la vertiente oriental y en la cumbre. Destacan, nuevamente, La Caldera con casi 180 mm, los 130 mm de Las Rosas en Mazo, o los 133.6 mm de Velhoco en Santa Cruz de La Palma; en la vertiente Oeste llueve algo más que en la jornada anterior, y las precipitaciones van entre los 30 y los 60 mm; donde menos llueve es en el NW de la isla, con apenas 24.4 mm en Puntagorda o 25 mm en Las Tricias, Garafía. Finalmente, el día 23, se producen las precipitaciones más destacables del episodio, superando el percentil noventa y nueve en todas las estaciones del territorio insular, salvo en la de Las Tricias, Garafía, donde tan solo se registran 17.1 litros por metro cuadrado; se superan los 200 mm en varios puntos de las medianías del Este, y se registra el tercer valor más alto de precipitación acumulada en la isla de La Palma en 24 horas, 335.2 mm en Velhoco; en la vertiente Oeste y en el Sur las precipitaciones también son relevantes con totales entre los 50.2 mm de Tazacorte, hasta los 92 mm de Las Indias, Fuencaliente.

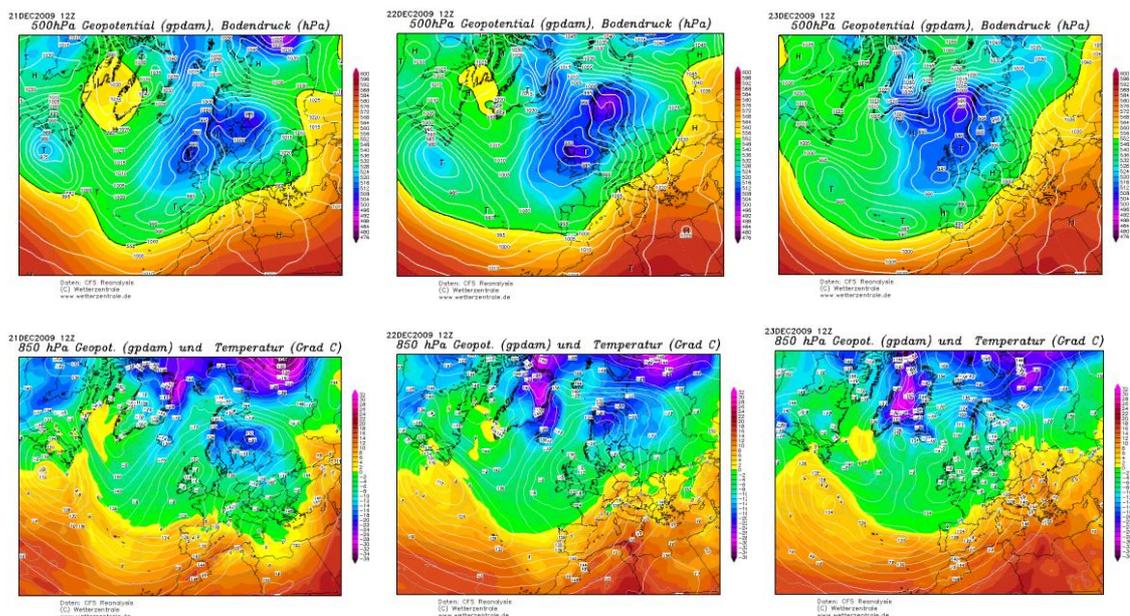


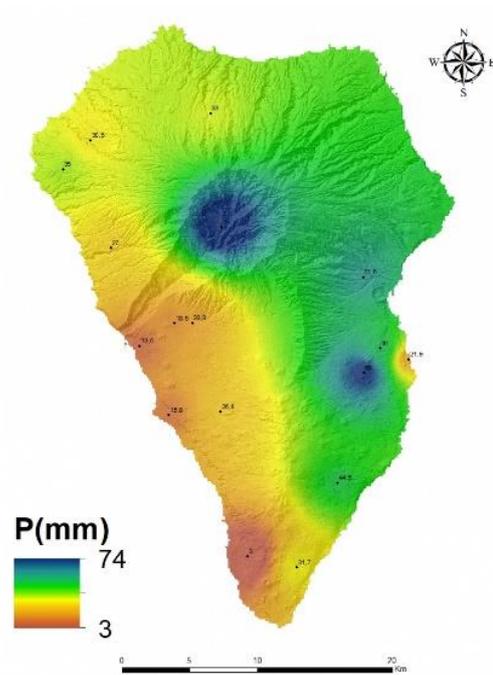
Figura 5: Situación sinóptica y altura geopotencial a 500 y 850 hPa los días 21, 22 y 23 de diciembre de 2009. Fuente: Wetterzentrale.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN (mm)	JORNADA
Santa Cruz de la Palma-Velhoco	335.2	23/12/2009
Caldera de Taburiente- Taburiente	226.0	23/12/2009
Mazo-Las Rozas	203.0	23/12/2009
Breña Baja-San José	187.8	23/12/2009
Caldera de Taburiente- Taburiente	178.0	22/12/2009
Mazo-Tigalate	150.0	23/12/2009
Santa Cruz de la Palma-Velhoco	133.6	22/12/2009
Mazo-Tigalate	130.0	22/12/2009
Fuencaliente-Caletas	122.0	23/12/2009
La Palma Aeropuerto	113.3	23/12/2009

Tabla 10: Precipitaciones más destacadas del episodio (21 al 23 de diciembre de 2009). Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

Destacan también las acumulaciones de todo el episodio en algunas estaciones del territorio insular, así como el contraste entre diferentes zonas de la isla. A continuación, se muestran las dos estaciones meteorológicas más y menos lluviosas del episodio:

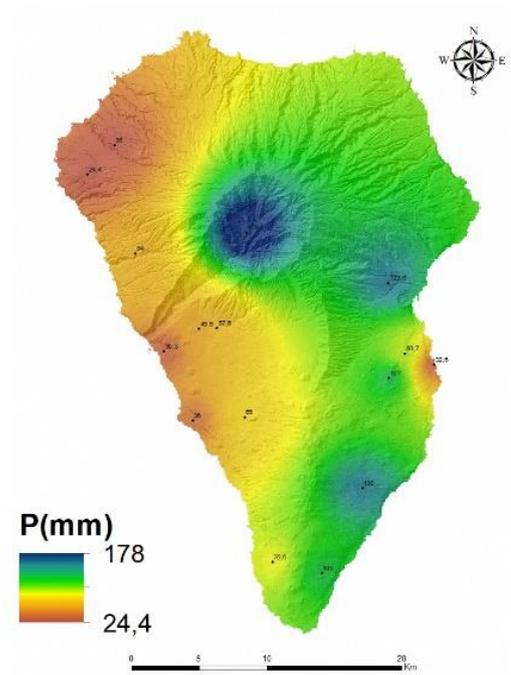
- Santa Cruz de la Palma-Velhoco, 520.3 mm (1/15)
- Caldera de Taburiente-Taburiente, 478 mm (2/15)
- Tzacorte A, 94 mm (14/15)
- Garafía-Las Tricias, 72.6 mm (15/15)



Elaboración: Edgar Cedrés Hernández.
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife, AEMET

Mapa 12: Distribución aproximada de la precipitación, 21/12/2009, en mm.

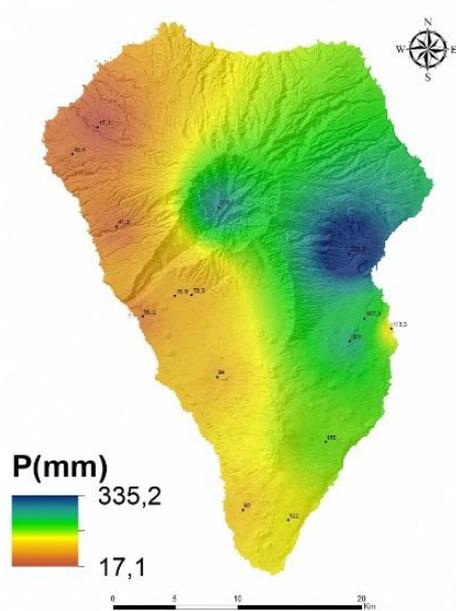
Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Elaboración: Edgar Cedrés Hernández.
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife, AEMET

Mapa 13: Distribución aproximada de la precipitación, 22/12/2009, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Elaboración: Edgar Cedrés Hernández.
Fuente: Centro Meteorológico de Santa Cruz de Tenerife, AEMET

Mapa 14: Distribución aproximada de la precipitación, 23/12/2009, en mm.

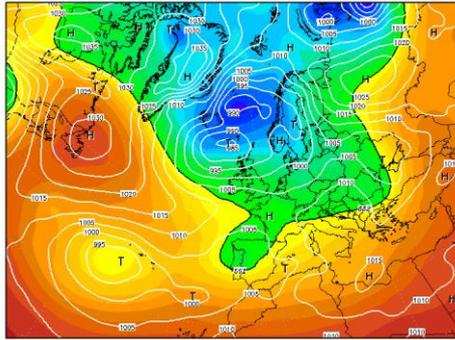
Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

7.4.6. Episodio del 30 octubre al 2 de noviembre de 2012

Durante la jornada del 30 de octubre, tenemos la presencia de un centro de bajas presiones al NW de Canarias, justamente situado al Sur de las Azores, cuya presión desciende hasta los 995 hPa, alcanzando los 500 hPa a unos 5520 metros. En superficie, Canarias queda influenciada por esa baja, y la presión en la isla de La Palma ronda los 1007 hPa, llegando el viento desde el WSW. (Figura 6).

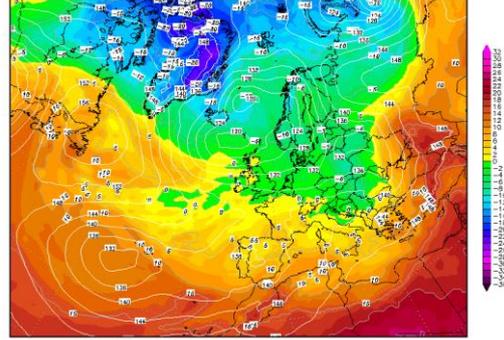
Aparecen precipitaciones moderadas en gran parte del territorio insular con totales que van entre los 30 y los 70 litros por metro cuadrado en el Oeste, y los más de 80 mm en puntos de la vertiente Este y de la cumbre, destacando los 96.4 mm de Velhoco, o los 115 mm de La Caldera. El día 31, segunda jornada del temporal, seguimos bajo la influencia del centro de bajas presiones situado algo más al sur que el día anterior, Depresión que envía algunos frentes nubosos y que, por su posición y la ausencia de fuertes vientos en la isla de La Palma, favorecen la generación de nubosidad de evolución compacta sobre la isla. Las precipitaciones vuelven a ser generosas en todo el territorio, destacando nuevamente las medianías y la cumbre, donde se superan los 50-60 litros por metro cuadrado, destacando los 82.2 mm de San José en Breña Baja; en el sureste de la isla las precipitaciones no son tan cuantiosas, situándose por debajo de los 30 mm en algunos puntos como Tigalate, Mazo, donde solo se registran 24 mm. Arranca el mes de noviembre y continúa la inestabilidad, con un pequeño cambio en la dirección del viento que pasa del WSW al SSW, en general flojo, favoreciendo la generación de nubosidad de evolución en todas las medianías y en la vertiente oriental y nororiental, zonas donde se superan los 70 mm, destacando los 100.2 mm de Las Rosas, Mazo, los 90 mm de Caletas en Fuencaliente, o los 82.2 mm de Velhoco en Santa Cruz, segundo punto más lluvioso del episodio; en la costa W, al no verse beneficiada por la nubosidad de evolución generada en las medianías de la isla, las precipitaciones eran más escasas, apareciendo zonas donde los registros eran inferiores a los 10 mm, como es el caso de Tzacorte A, con tan solo 6.5 mm. En la jornada siguiente, la baja tiende a debilitarse, pero aun quedan 12-24 horas de inestabilidad sobre la isla. Continúa en superficie el flujo del SW, en general, débil; este día las precipitaciones vuelven a centrarse en zonas de medianías y en la vertiente este, y son más escasas nuevamente en la costa W; destacan los 64 mm de la Corona Forestal, Garafía, o los 88 mm de la Caldera de Taburiente, punto más lluvioso del episodio donde se registran más de 350 litros por metro cuadrado.

30OCT2012 12Z
500hPa Geopotential (gdam), Bodendruck (hPa)



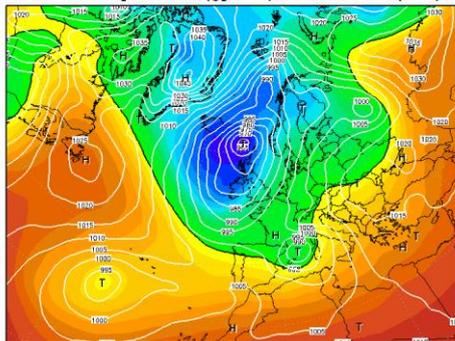
Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

30OCT2012 12Z
850 hPa Geopot. (gdam) und Temperatur (Grad C)



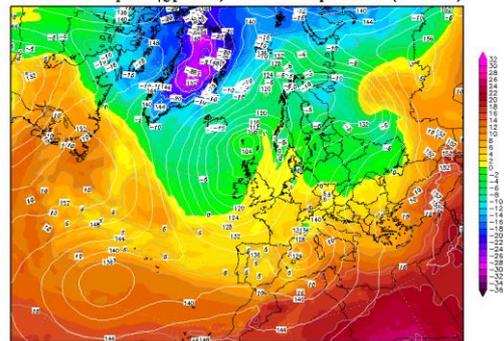
Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

31OCT2012 12Z
500hPa Geopotential (gdam), Bodendruck (hPa)



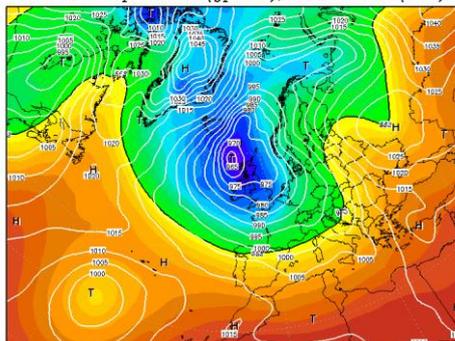
Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

31OCT2012 12Z
850 hPa Geopot. (gdam) und Temperatur (Grad C)



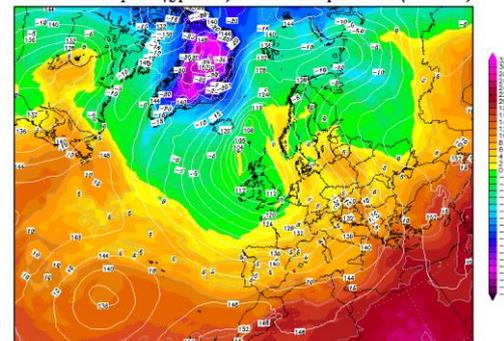
Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

01NOV2012 12Z
500hPa Geopotential (gdam), Bodendruck (hPa)



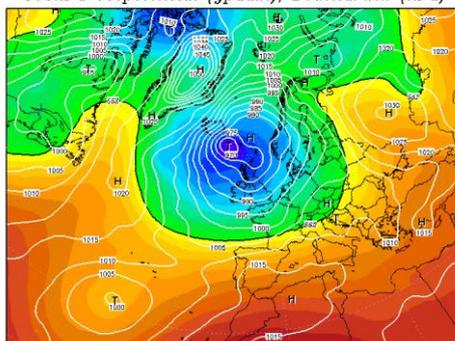
Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

01NOV2012 12Z
850 hPa Geopot. (gdam) und Temperatur (Grad C)



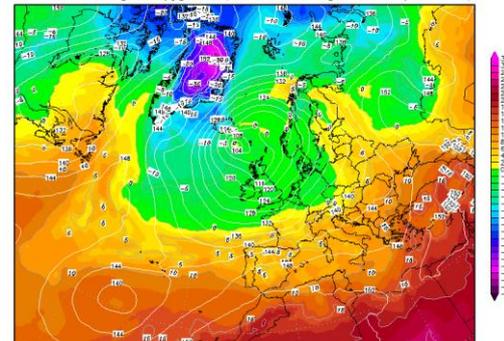
Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

02NOV2012 12Z
500hPa Geopotential (gdam), Bodendruck (hPa)



Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

02NOV2012 12Z
850 hPa Geopot. (gdam) und Temperatur (Grad C)



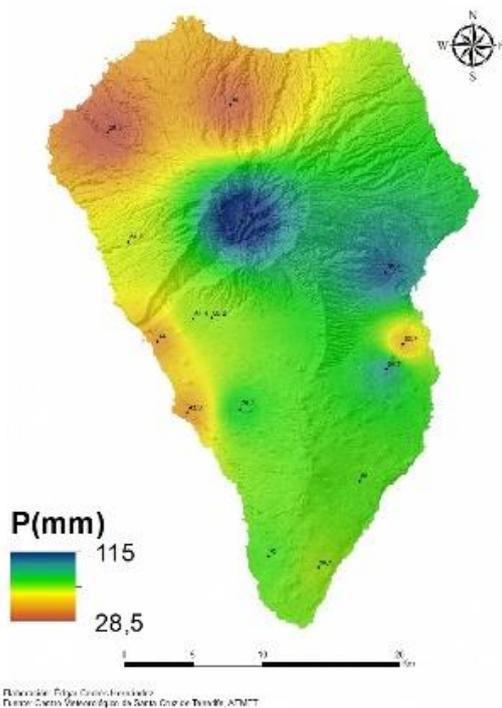
Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Figura 6: Situación sinóptica y altura geopotencial a 500 y 850 hPa los días 30 y 31 de octubre de 2012, y 01 y 02 de noviembre de 2012. Fuente: Wetterzentrale.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PRECIPITACIÓN (mm)	JORNADA
Caldera de Taburiente- Taburiente	115.0	30/10/2012
Mazo-Las Rozas	100.2	01/11/2012
Santa Cruz de la Palma-Velhoco	96.4	30/10/2012
Fuencaliente-Caletas	90.0	01/11/2012
Caldera de Taburiente- Taburiente	88.0	02/11/2012
Breña Baja-San José	84.7	30/10/2012
Buenavista-Aeropuerto Viejo	82.2	31/10/2012

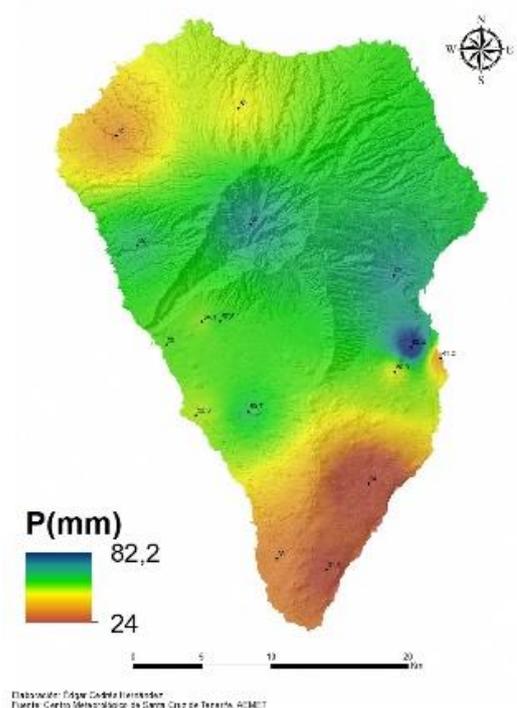
Tabla 11: Precipitaciones más destacadas del episodio (30 de octubre- 02 de noviembre de 2012).

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



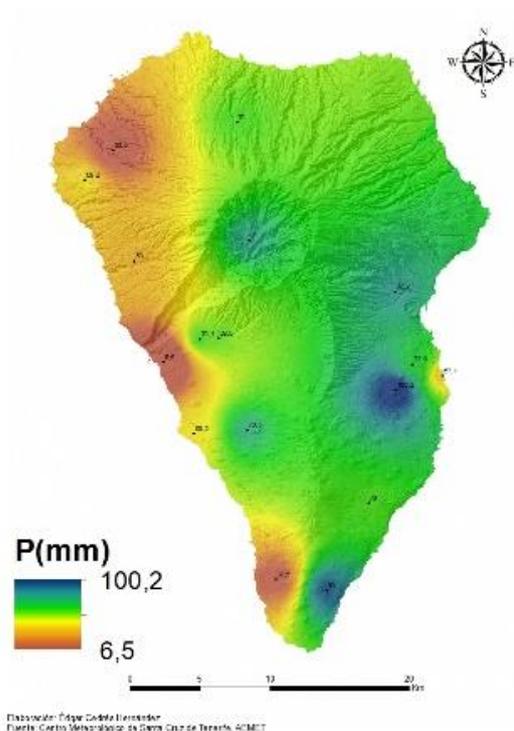
Mapa 15: Distribución aproximada de la precipitación, 30/10/2012, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



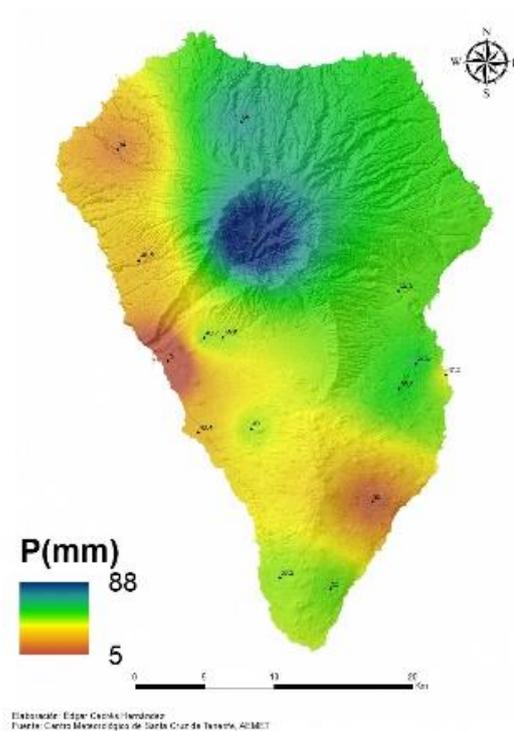
Mapa 16: Distribución aproximada de la precipitación, 31/10/2012, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Mapa 17: Distribución aproximada de la precipitación, 01/11/2012, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.



Mapa 18: Distribución aproximada de la precipitación, 02/11/2012, en mm.

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

7.5. Distribución y duración de los episodios

Como se ha comprobado a lo largo del estudio, los episodios comprendidos entre los años 1957 y 2018, tienen una duración determinada y aparecen también en unas fechas el año concretas. Haciendo un pequeño análisis estadístico trataremos de dar explicación a estos parámetros:

Por un lado, en cuanto a su duración, encontramos que el 75% de los episodios tiene una duración de entre 1 y 2 días, mientras que tan solo el 25%, llegan a prolongarse hasta 3 o 4 jornadas. En este sentido, la mayoría de los episodios, el 43,75%, tiene una duración de dos días; seguidamente predominan los que duran menos de 24 horas, alcanzando el 31,25%; el 18,75% tienen una duración de 3 jornadas, mientras que tan solo el 6,25% se prolongan hasta 4 jornadas. Ninguno de los episodios estudiados tiene una duración de más de 4 jornadas. (Gráfico 1).

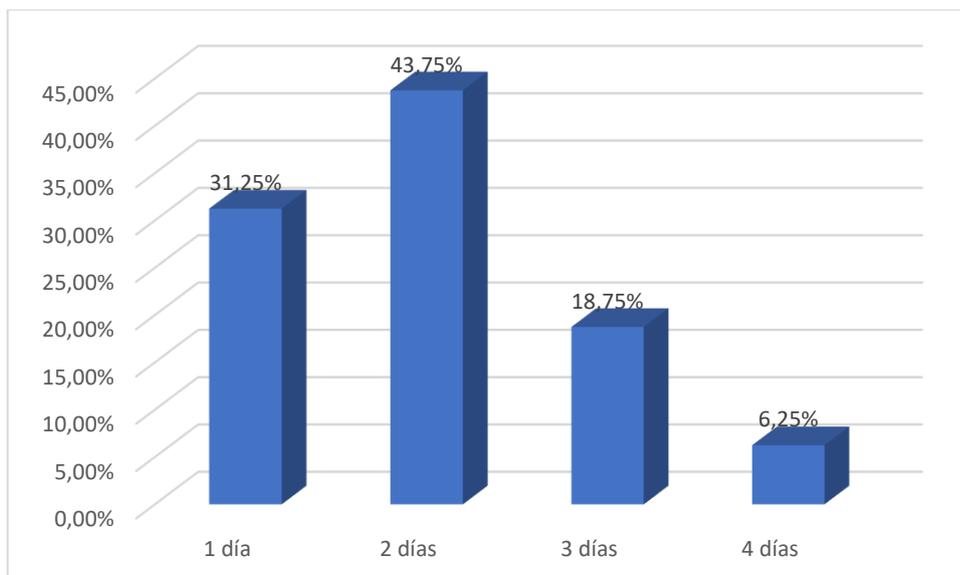


Gráfico 1: Duración, en porcentaje por día, de los episodios de lluvia en La Palma (1957-2018).

Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

Por otro lado, en cuanto a la distribución mensual de los temporales (Gráfico 2), destacan dos aspectos: por una parte, todos se producen entre septiembre y marzo y, por otra parte, destaca el mes de febrero sobre el resto, con cerca del 28%. Así, diciembre, febrero y marzo son los meses donde más episodios se han producido en la isla de La Palma, concentrando más del 60% de ellos; el resto, algo menos del 40% aparece de manera desigual repartida entre los meses de octubre, noviembre, enero, y en menor medida, septiembre, donde solo se ha registrado un temporal, representando el 5,26% del total.

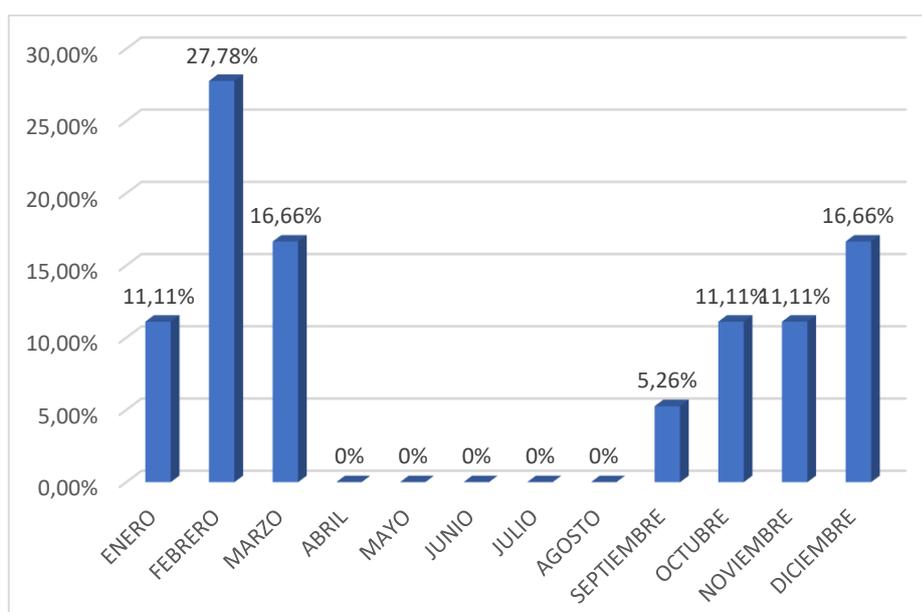


Gráfico 2: Distribución mensual de los temporales. Fuente: AEMET. Elaboración Propia.

8. CONCLUSIONES

La incidencia de las intensas precipitaciones en Canarias varía según la procedencia y el origen de las perturbaciones, y pese a que algunas afecten de manera parecida a las islas, los registros de precipitaciones son muy dispares. El análisis realizado con los datos pertenecientes a las estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), muestran los grandes contrastes que aparecen dentro de cada isla de Canarias, en este caso, La Palma. A ello hay que sumarle la tropicalización que pueden sufrir algunas perturbaciones que afectan el archipiélago, y junto con el aumento de la temperatura del mar, podría abrirse un nuevo pasillo de sistemas tropicales hacia las islas, sistemas como la tormenta tropical Delta, que afectó Canarias entre el 28 y 29 de noviembre del 2005, u otros de mayor intensidad.

En general, los temporales más destacables que afectan a la isla de La Palma entran por el cuarto cuadrante, aunque también son habituales los del tercer y primer cuadrante. Los del segundo cuadrante son muy inusuales, pero pueden llegar a producir intensas precipitaciones en zonas donde no acostumbra a llover con esa intensidad.

Por otro lado, destaca la influencia de las perturbaciones y el comportamiento que tienen sobre la isla de La Palma, y cómo pueden influir las condiciones locales en el reparto de las precipitaciones. Temporales que entran por el Oeste o desde el Suroeste y que dejan precipitaciones más cuantiosas en la vertiente de sotavento, es decir, en la fachada Este y en el Nordeste de la isla, y a la inversa, temporales que entran por el NNW, y dejan los mayores acumulados de precipitación en el ESE.

La altitud, la exposición y la disposición del relieve son los tres elementos clave para entender la distribución de las precipitaciones en la isla, tanto las “normales”, aquellas que se dan a lo largo de todo el año excluyendo las condiciones de extrema inestabilidad y teniendo en cuenta los vientos dominantes, como las “extraordinarias”, aquellas que concentran una mayor cantidad de precipitaciones en un menor periodo de tiempo, es decir, los episodios que han sido analizados en este trabajo. Además, la presencia de numerosos barrancos encajados con fuertes pendientes, son otro de los elementos de la geografía insular que tienen un papel de “efecto disparo” en la canalización de fuertes ascensos de aire para su condensación y precipitación, pudiendo generar anclajes convectivos y actuando de alimentación continua de estos sistemas nubosos. Todo ello

genera una gran concentración espacial de la precipitación, como ha quedado claro en las situaciones expuestas.

Finalmente, cabe destacar la concentración y distribución de los temporales de lluvia en La Palma, que, en su mayoría, tiene una duración inferior a las 48 horas, y aparecen con mayor frecuencia en los meses de diciembre, febrero y marzo, destacando el mes de febrero, que concentra el 28% de los temporales de la serie.

9. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Instituto de Meteorología (I. P.), (2012): *Atlas Climático de los archipiélagos de Canarias, Madeira y Azores*. Temperatura del aire y precipitación, 1971-2000.

Agencia Estatal de Meteorología (2018): Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta).

Dorta, P. (1991) Características climatológicas de las olas de calor estivales en Canarias. *Alisios*. nº 1, págs. 7-20.

Dorta, P. (1996) Las inversiones térmicas en Canarias. *Investigaciones Geográficas*. nº 15, págs. 109-124.

Dorta, P. (2007) Catálogo de riesgos climáticos en canarias: amenazas y vulnerabilidad. *Geographicalia*, 51: 133-160. Santa Cruz de Tenerife

López, A.; Dorta, P.; Díaz, J. y Carballo, O. (2018) Consecuencias de los eventos meteorológicos de rango extraordinario en Canarias: temporales de viento, inundaciones y fenómenos costeros (1996-2016). Santa Cruz de Tenerife

López, A.; Dorta, P.; Díaz, J.; Romero, M^a.C. y Martín, S. (2016) *Movimientos de Ladera en Canarias. El caso del Macizo de Anaga en el temporal de febrero de 2010*. Santa Cruz de Tenerife.

López, J.A. (s.f). *Problemática de la homogeneidad. Disponibilidad de datos en España para escenarios*. Unidad de técnicas climatológicas. Instituto Nacional de Meteorología. Recuperado de: www2.aemet.es/web/sup/ciencia/divulga/escen_curso/pdf/Lopez.pdf

Marzol, M^a.V. (1988). *La Lluvia: un recurso natural para Canarias*. Santa Cruz de Tenerife

Suárez, D.; Fernández, J.A. y Uriel, A.E. (2018). *Catálogo-guía de Fenómenos Meteorológicos Adversos que afectan a la isla de Gran Canaria*. Ministerio para la Transición Ecológica, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Madrid.