

CAUSAS METEOROLÓGICAS Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS LLUVIAS INTENSAS EN LAS CANARIAS ORIENTALES (1951-2003)

Pablo MÁYER SUÁREZ y Lidia Esther ROMERO MARTÍN
Grupo de Geografía Física y Medioambiente. Departamento de Geografía. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN

En este trabajo se realiza una aproximación al análisis de los episodios de lluvia intensa en las islas orientales de Canarias. Para ello se seleccionan, mediante umbrales de lluvia máxima en 24 horas, los episodios de lluvia intensa, se clasifican según el estado de la atmósfera que los genera y se analiza, mediante un sistema de información geográfica (SIG), cómo se distribuyen espacialmente estas lluvias en las principales islas orientales de Canarias con el objeto de establecer las variaciones inducidas por el relieve.

Palabras clave: Islas Canarias, lluvia intensa, distribución espacial de las precipitaciones

ABSTRACT

This paper presents an analysis of bouts of intense rainfall in the Eastern Canary Islands. Bouts of intense rainfall have been selected, based on rainfall thresholds of over 50 litres/m² in 24-hour periods, and subsequently classified according to the atmospheric conditions that produced them. The spatial distribution of these bouts of rainfall in the main islands is then analysed, using GIS, in order to determine the role played by island relief in the variations detected.

Key words: Canary Islands, intense rainfall, spatial distribution of precipitation

1. INTRODUCCIÓN

Algunos acontecimientos atmosféricos de carácter extraordinario ocurridos en Canarias en los últimos años, sirven de ejemplo para mostrar la variedad de tipos de tiempo que podemos encontrar en cada una de las islas. Así, por ejemplo, el 17 de enero de 2005 mientras caían aguaceros muy intensos en la isla de La Gomera, las islas orientales quedaban ocultas bajo una densa capa de polvo sahariano. De igual manera, en una isla se pueden producir lluvias muy intensas en algunas localidades, mientras que en lugares no muy lejanos apenas se tienen registros apreciables. Prueba de esto último fueron las lluvias del 31 de marzo de 2002 en Tenerife. Mientras que en el primer caso, la posición de la borrasca que produjo la inestabilidad hizo que el frente frío a ella asociado sólo afectara a las islas más occidentales, y las islas orientales quedaran bajo la acción de vientos del sudeste cargados de polvo; en el segundo caso, además de la inestabilidad, el relieve jugó un papel clave en la concentración de las lluvias en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife (ELIAZAGA *et al.*, 2003).

En este trabajo se aborda, precisamente, la importancia que tiene el relieve en la distribución espacial de las precipitaciones durante los episodios de lluvia intensa en las tres islas mayores de la provincia oriental de Canarias. La que ocupa una posición central en el conjunto del Archipiélago, Gran Canaria, tiene una superficie de 1.532 km^2 , su forma es casi redonda y presenta una meseta elevada en el sector central, a unos 1.500 m de altitud, de la cual parten, con una disposición radial, una densa red de barrancos. Precisamente su altitud, superior a los 1.000 m, permite identificar diversos ambientes (costa, medianía y cumbre), cuestión que no se observa en las demás islas orientales. Por su parte, Fuerteventura es la de mayor superficie (1.662 km^2) y sus máximas altitudes se localizan en el sur de la isla, en el macizo de Jandía (Pico de la Zarza, 807 m); mientras que Lanzarote es la más pequeña de las tres (862 km^2) y tiene las máximas altitudes en el macizo de Famara (Peñas del Chache, 670 m), al norte de la isla. Ambas se caracterizan por presentar una forma ovalada y alargada, con relieves que se disponen siguiendo una alineación morfoestructural nordeste-sudoeste. Éstos se tratan de restos de macizos antiguos en los que se ubican los picos más elevados, con llanuras de erosión y el retoque de los edificios volcánicos recientes.

La hipótesis que ha guiado esta investigación es la siguiente: en las islas orientales se puede establecer una relación entre el tipo de situación sinóptica que origina lluvias intensas y su distribución espacial, y esta relación es más evidente en la isla de relieve más abrupto y de mayor altitud. Con respecto a los objetivos, se pretende alcanzar los siguientes: determinar cuáles han sido los episodios de lluvia intensa en las islas orientales de Canarias en el período 1951-2003, establecer sus causas meteorológicas y analizar cómo se distribuyen estas precipitaciones en las tres islas.

2. LOS DATOS Y LA METODOLOGÍA

En la provincia de Las Palmas, el Servicio Hidráulico ha realizado un considerable esfuerzo en la instalación y mantenimiento de una densa red de estaciones pluviométricas. Sin embargo, el número de observatorios, y la longitud de sus series, difieren en cada isla. Gran Canaria es la que posee una red más antigua y densa, pues, actualmente, existen 236 pluviómetros (1 pluviómetro por cada 6 km^2), mientras que en Fuerteventura hay 47 (uno por cada 35 km^2) y en Lanzarote 37 (1 pluviómetro por cada 23 km^2). De las series existentes, se escogieron las más largas, fiables y con una buena distribución espacial. Así pues, en Gran Canaria se analizaron las series de 33 observatorios, 13 en Lanzarote y 20 en Fuerteventura.

Una vez seleccionadas, se establecieron los umbrales a partir de los cuales considerar los episodios de lluvia más intensa. En Canarias, se consideran muy fuertes aquellas lluvias que superan los 50,0 mm en 24 horas (MARZOL, 1988), motivo por el cual éste es el umbral escogido en los casos de Lanzarote y Fuerteventura, donde no existe una diferenciación altitudinal de sus macizos montañosos. Sin embargo, en Gran Canaria se deben establecer umbrales diferentes pues la altitud de sus relieves, por encima de los 1.000 m, induce comportamientos contrastados en la intensidad y en el volumen de las precipitaciones. Básicamente por este motivo en las zonas de costa y medianías bajas del norte se mantiene el umbral de 50,0 mm/24 h, mientras que para las medianías es de 100,0 mm/24 h y en la zona de cumbre, donde la intensidad de las precipitaciones es superior a los demás ambientes, el umbral escogido es de 150,0 mm/24 h.

Por su parte, el análisis del estado de la atmósfera se realizó con los mapas del tiempo en superficie, 500 y 300 hPa del *Boletín Meteorológico Diario* que edita el Instituto Nacional de

CAUSAS METEOROLÓGICAS Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS LLUVIAS INTENSAS EN LAS CANARIAS ORIENTALES (1951-2003)

Meteorología, del *Boletín Meteorológico Europeo*, del *Täglicher Wetterbericht*, editados ambos por el Deutscher Wetterdienst en Offenbach (Alemania) y del *Bulletin Quotidien D'Études*, editados por Météo France (Francia). A partir de la consulta de dichas publicaciones, se clasificaron las situaciones sinópticas de los episodios seleccionados mediante el análisis de los sistemas de presión que se establecen en las capas medias (500 hPa) y altas (300 hPa) de la atmósfera (OLCINA, 1994) y según las masas de aire que entran en juego.

Para el análisis de la distribución espacial de las precipitaciones en cada isla se almacena, en una base de datos de un SIG, la totalidad de las estaciones existentes (por ejemplo, 236 observatorios en el caso de Gran Canaria), se depuran los posibles errores que puedan existir, y se procede a interpolar cada estación con las seis más cercanas mediante el método de medias móviles con ponderación de la distancia. De esta manera se obtiene un mapa, en formato *raster*, en la que cada punto de la superficie tiene un dato de precipitación. Las ventajas del método de interpolación escogido son las siguientes: permite una realización bastante rápida mediante SIG, el producto cartográfico es útil pues determina una buena distribución de las precipitaciones y posibilita, por tanto, un análisis bastante acertado (HERNÁNDEZ *et al.*, 2002). Al resultado obtenido se aplica un proceso de reclasificación en intervalos de 50,0 mm. La elección de este intervalo responde, básicamente, a cuestiones inherentes a la propia interpolación espacial, pues un mayor número de rangos supone una mayor diferenciación espacial pero, a su vez, presenta el inconveniente de un mayor peso de los puntos muestrales. Ello da como resultado un mapa con los típicos valles en las áreas interpoladas y picos en los puntos muestrales. Una vez reclasificada la imagen se le aplica una paleta de color tal y como se muestra en la figura 1.

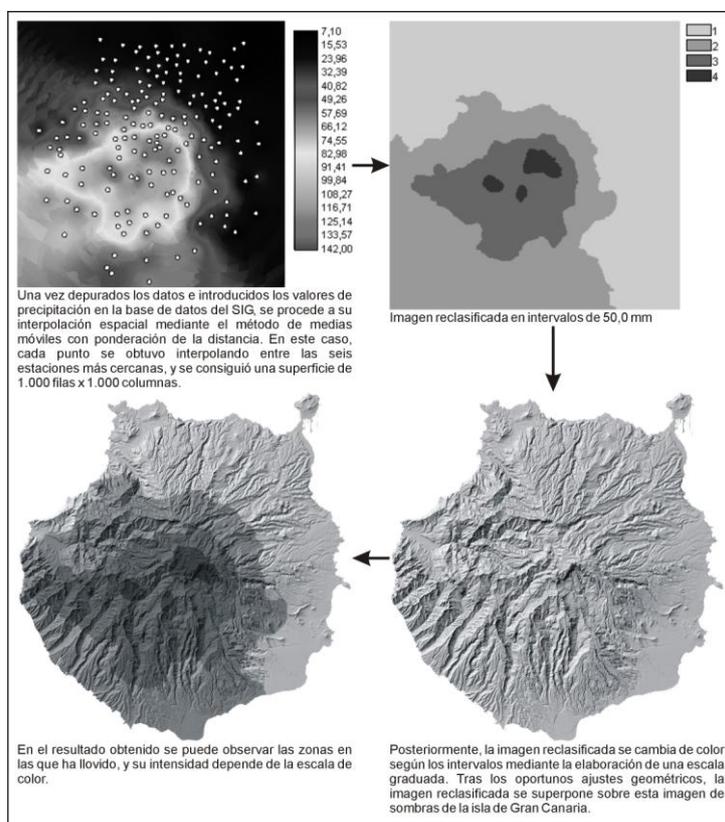


Fig. 1: Esquema del método de interpolación.

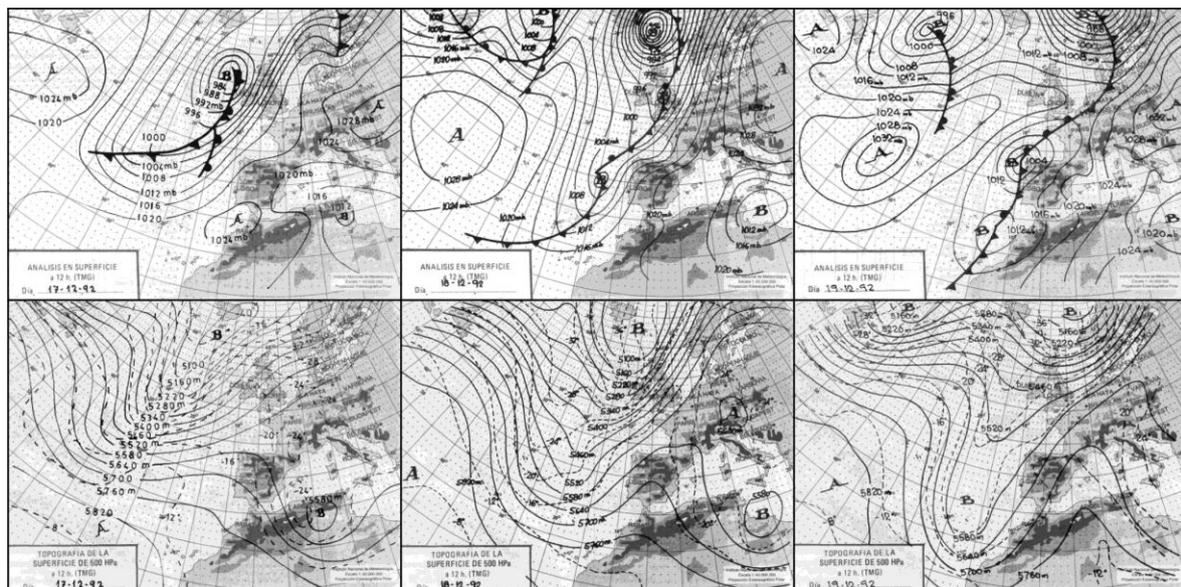
3. RESULTADOS

Con los umbrales de lluvia máxima en 24 horas mencionados en la metodología, se seleccionaron 147 días pertenecientes a 108 episodios de lluvia intensa. Diciembre es el mes que tiene una mayor frecuencia en la aparición de estos episodios (22,2%) seguido de enero (20,4%), noviembre (18,5%), marzo (13,0%), febrero y octubre, (ambos con un 10,2%) septiembre (3,7%) y abril (1,9%).

Tal y como se menciona en la secuencia metodológica, en los siguientes párrafos se clasifican los distintos episodios según la situación de la atmósfera que los genera y, en cada uno de ellos, se analiza la distribución espacial de las lluvias con el objeto de establecer relaciones. Hay que señalar, previamente, que la distribución de las lluvias en las islas depende de múltiples factores. Entre otros, de la trayectoria de las perturbaciones, de su mínimo barométrico y de su posición final con respecto a las islas; de la disposición y trayectoria del frente frío; del estancamiento de las masas nubosas en algunos lugares que generan chubascos muy fuertes; y del relieve a la hora de canalizar los flujos y concentrar las lluvias en determinados sectores. Con respecto a esta última cuestión, hay que diferenciar lo que sucede en Gran Canaria del resto de las islas. La forma circular de ésta y las máximas elevaciones en el sector central, permiten identificar un comportamiento espacial de las lluvias según la procedencia de las masas nubosas. Sin embargo, en Lanzarote y en Fuerteventura no se pueden determinar relaciones tan claras debido a la discontinuidad de sus relieves más altos y, sobre todo, a la menor altitud de sus macizos montañosos.

3.1. Vaguadas y distribución espacial de las lluvias

En el 31,5% de los episodios se dibujan, en las topografías de 500 y 300 hPa, vaguadas con ejes norte-sur y nordeste-sudoeste sobre la costa occidental europea, cuyo borde meridional alcanza Canarias (figura 2).



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología

Fig. 2: Vaguada de aire polar marítimo con bajas presiones en la costa occidental de la península Ibérica correspondiente al episodio del 19 de diciembre de 1992.

La presencia, en algunos casos, de la corriente en chorro sobre las islas, o al norte de las mismas, indica una circulación meandriforme con una fuerte expansión de aire polar marítimo hacia las islas. También suele ocurrir que la vaguada termine por estrangularse, y una depresión fría en altura quede aislada al oeste de Portugal o en las proximidades del golfo de Cádiz. Las isohipsas a 5.500 m indican temperaturas que se sitúan entre -12°C y -20°C . En superficie, las situaciones más frecuentes se asemejan a la figura 2 en la que se observan perturbaciones en la costa occidental de la península Ibérica con un frente frío asociado cuya cola alcanza las islas por el norte y noroeste. En otras ocasiones, lo que se detecta es una situación de altas presiones en superficie y, en algunos casos, un extenso frente frío que desde el norte se desplaza hacia el sur por el flanco oriental y meridional del anticiclón de las Azores.

Los meses que presentan una mayor frecuencia de advecciones de aire polar marítimo y ártico marítimo son diciembre (23,5%), seguido de noviembre (17,6%), enero, marzo y octubre (todos ellos con la misma frecuencia, 14,7%) y septiembre (8,8%). La alta frecuencia en los meses de finales del otoño y comienzos del invierno, indica una circulación en las capas altas caracterizada por fuertes ondulaciones en la corriente en chorro que traslada masas de aire frío hasta Canarias, a lo que se añade el debilitamiento del anticiclón de las Azores o su retirada hacia el oeste. Esta situación, junto con el efecto del relieve, favorece el desarrollo de la nubosidad y la concentración de las lluvias principalmente en las vertientes septentrionales de Gran Canaria. Sin embargo, la posición tan oriental de las islas de Fuerteventura y de Lanzarote implica una llegada de los frentes más debilitada y, por tanto, la incidencia de estas lluvias es considerablemente menor.

La distribución de las lluvias en estos episodios varía. En Gran Canaria, se pueden diferenciar tres situaciones según dónde se localicen las máximas intensidades de la lluvia. En primer lugar destacan los días en los que éstas se localizan en la cumbre y medianías expuestas al noroeste y norte. Es la situación más frecuente (57%) y aquella en la que se producen las mayores intensidades de la lluvia diaria, pues en la mitad de los casos se observan precipitaciones máximas comprendidas entre 80,0 y 160,0 mm/24 h y, en la otra mitad, valores entre 160,0 y 240,0 mm/24 h (figura 3.A.). En segundo lugar hay que señalar aquellos días en los que las máximas intensidades de la lluvia se concentra en los ambientes de costa y medianías del norte, aproximadamente entre el mar y los 400-800 m de altitud. Suponen el 38% de los casos y las intensidades oscilan entre 40,0 y 120,0 mm/24 h (figura 3.B.). Finalmente, destacan los días con máximas intensidades de la lluvia en las medianías bajas y zonas de costa orientadas al este. Suponen un 5% de los días seleccionados y, en estos casos, los mapas del tiempo reflejan, en las capas medias y altas, depresiones frías en el centro y sur de Europa que se extienden en forma de vaguada hasta Canarias, favorecidas por un flujo retrógrado de la corriente en chorro cuyo extremo meridional discurre próximo a las islas. En superficie, dominan altas presiones localizadas bien sobre Azores, o al norte de este archipiélago, bien en las proximidades de las islas Británicas o península de Bretaña. En todos los casos las lluvias se concentran en las medianías y costa del este de Gran Canaria (figura 3.C.), con intensidades que oscilan entre 40,0 y 120,0 mm/24 h.

Por su parte, en 5 de los 10 días clasificados como vaguadas en Fuerteventura las lluvias se concentran en los relieves del norte, cuestión que está asociada al paso de frentes fríos que penetran en la isla con una marcada disposición nordeste-sudoeste (figura 4.A.). En otros dos días, las máximas intensidades de la lluvia se distribuyen por el centro y oeste (figura 4.B.), mientras que en los demás casos la distribución es dispar. En los tres episodios de Lanzarote,

las lluvias se concentran en el norte (macizo de Famara) y destaca, por su intensidad, el episodio del 16 de septiembre de 1964 en el que se superara los 130,0 mm/24 h (figura 4.C.).

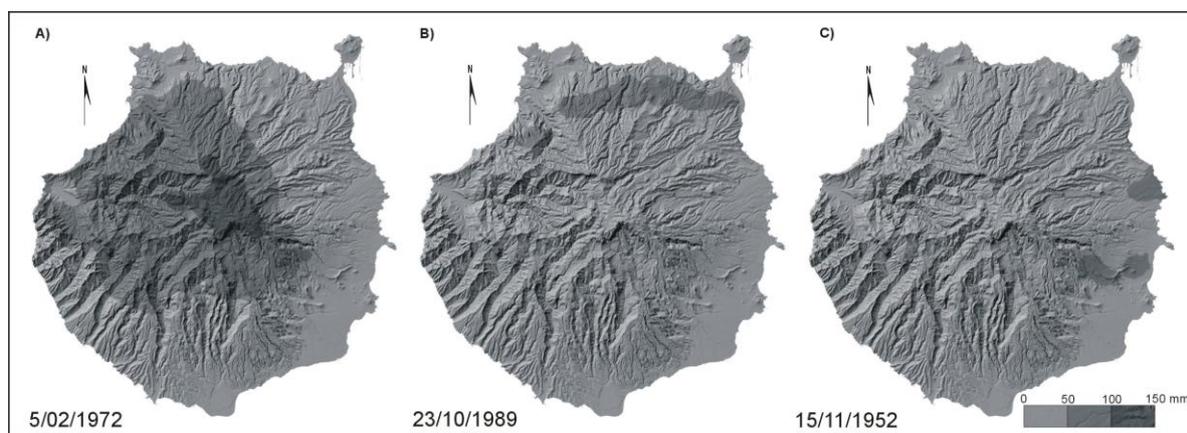


Fig. 3: Distribución espacial de las lluvias en Gran Canaria durante situaciones de vaguada.

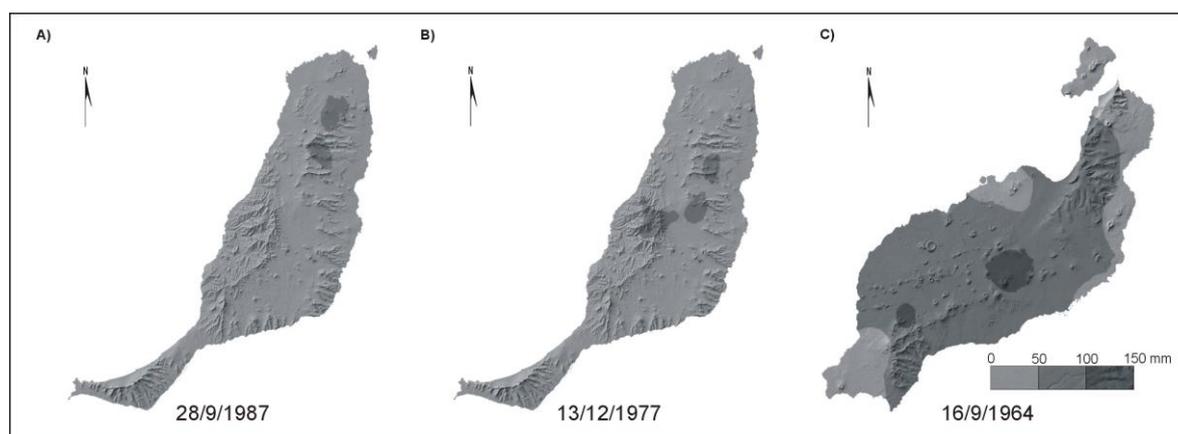


Fig. 4: Distribución espacial de las lluvias en Fuerteventura y Lanzarote durante situaciones de vaguada.

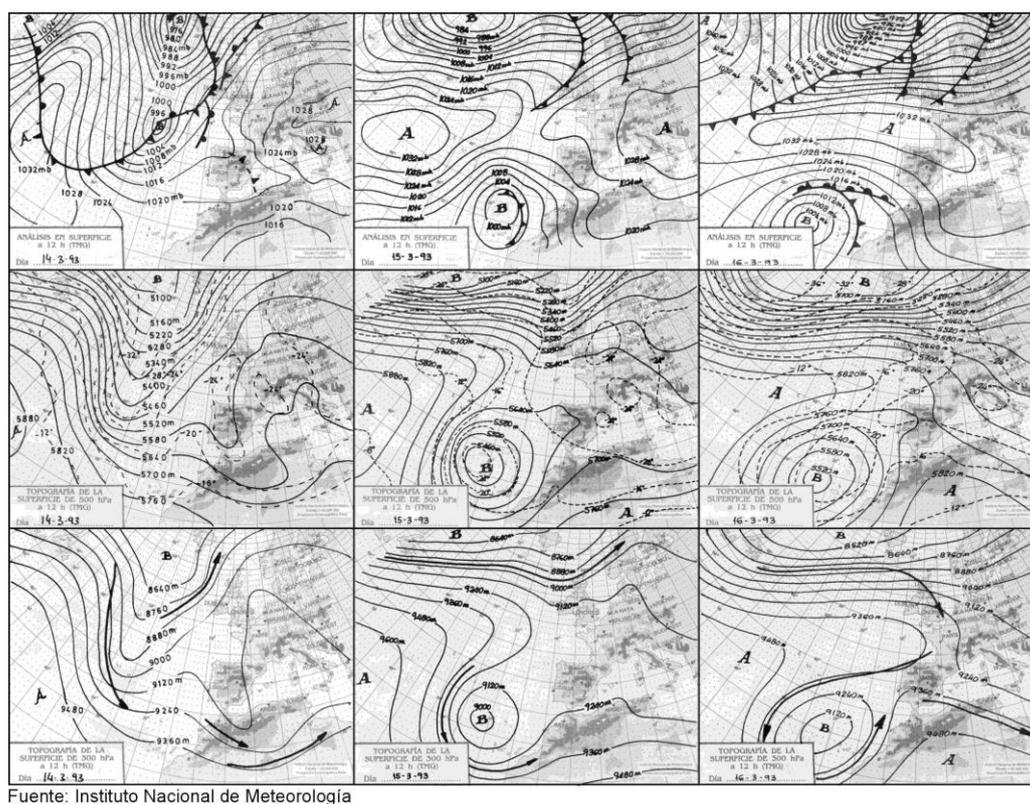
3.2. Depresiones frías en altura y distribución espacial de las lluvias

En un 66,7% de los episodios se observan depresiones frías, definidas en los mapas de 500 y 300 hPa entre las latitudes 25°-40°N y longitudes 15°-25°O. Este tipo de situaciones, cuando afectan a Canarias, producen las precipitaciones de mayor intensidad horaria. Además, la presencia, en numerosos casos, de perturbaciones oceánicas en superficie en las proximidades de Canarias evidencia la existencia de fuertes vientos, normalmente del tercer cuadrante, y un fuerte oleaje que suele producir importantes daños. Estos episodios son más frecuentes durante el invierno, especialmente en diciembre (22,2%), enero (20,4%), noviembre (18,5%), marzo (13,0%), febrero y octubre (ambos con un 10,2%), septiembre (3,7%) y abril (1,9%).

Del análisis de las situaciones sinópticas de estos episodios, se distinguen dos grandes tipos de circulación troposférica. Por un lado, las situaciones en omega caracterizadas por una gran expansión de aire polar marítimo hacia latitudes meridionales (figura 5). En los mapas de 300 hPa y 500 hPa aparece una profunda vaguada con posición latitudinal diversa (normalmente

CAUSAS METEOROLÓGICAS Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS LLUVIAS INTENSAS EN LAS CANARIAS ORIENTALES (1951-2003)

al oeste del meridiano 5° O), en el Atlántico. Esta expansión de aire frío se caracteriza, en los mapas de 300 hPa, por una bifurcación del *jet-stream*, de manera que la rama descendente produce una acusada ciclogénesis, identificable en los mapas de altura por la existencia de varias isohipsas cerradas y, en superficie, por la formación de perturbaciones oceánicas en la región de Azores. La isotermas en 500 hPa muestran valores de entre -12° y -20°C. Por otro lado, las situaciones de bloqueo (QUEREDA, 1989) se caracterizan por la presencia de altas presiones en el centro y en la costa occidental de Europa que impiden la circulación normal de las depresiones formadas en el Atlántico hacia el este. En función de la intensidad y la duración del anticiclón de bloqueo, esta situación puede durar varios días, tal y como sucedió en los episodios de febrero de 1956 y enero de 1965.



Fuente: Instituto Nacional de Meteorología

Fig. 5: Bifurcación del *jet-stream* y formación de una depresión aislada en los niveles altos al noroeste de Canarias. Episodio del 17 de marzo de 1993.

Por lo que respecta al análisis en superficie, se pueden diferenciar tres situaciones. La primera se caracteriza por la existencia de dos grandes áreas donde se localizan las altas presiones: una abarca la costa occidental europea e islas Británicas y se extienden hasta Centroeuropa; la otra se localiza al oeste de Azores. Las depresiones se ubican al oeste y al sudoeste de la península Ibérica, en la región de Canarias, Madeira y Azores. La segunda situación se caracteriza por la existencia de una amplia región de altas presiones al oeste de las islas Británicas y al sur de Islandia, que se corresponde con el anticiclón de bloqueo en las capas medias y altas. Las bajas presiones se localizan entre Azores y la península Ibérica y al noroeste de Canarias (en casos excepcionales llegan a ubicarse al oeste y sudoeste del archipiélago). Finalmente, en 10 episodios se observa una situación en superficie poco definida o con la presencia de altas presiones, por lo que han sido agrupadas con el término de gotas frías (LLASAT, 1991).

Por lo que respecta a la distribución espacial de las lluvias, los días seleccionados en Gran Canaria se pueden agrupar de la siguiente manera. En primer lugar, hay que señalar aquellos casos en los que las máximas intensidades de la lluvia se concentran en la cumbre y medianías del sur y oeste. Suponen el 49% de los episodios y, en ellos, las borrascas se sitúan al oeste y noroeste del archipiélago (entre 20°-25°O y 25°-35°N). En estos casos, los frentes asociados y los flujos de aire templados y húmedos entran en la isla por el sur y por el sudoeste y, canalizados por el relieve, favorecen el crecimiento convectivo de la nubosidad lo que produce aguaceros en los ambientes señalados (figura 6.A.). Las máximas intensidades en el 50% de los días con esta distribución de las lluvias oscilan entre 120,0-180,0 mm. Ocasionalmente, las lluvias rebasan las zonas de cumbre y afectan igualmente a las medianías altas del norte y del oeste.

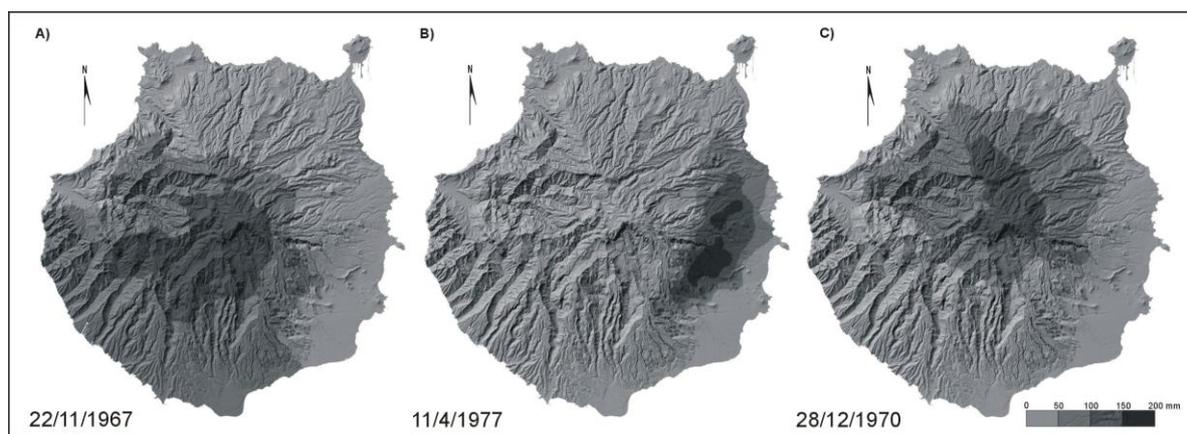


Fig. 6: Distribución espacial de las lluvias en Gran Canaria durante las depresiones frías en altura.

En segundo lugar, destacan los días en los que las máximas intensidades de la lluvia se distribuyen por las medianías del este y del sudeste. Representan el 18% de los casos y con intensidades que oscilan entre 80,0 y 120,0 mm/24h. De forma excepcional, en algunos episodios se rebasan con creces estos valores y se superaron los 200,0 mm/24 h (figura 6.B.). En tercer lugar, en un 14% de los días, se observan máximas intensidades que se localizan en las medianías altas del norte y del noroeste, así como en la cumbre. Dentro de este ambiente hay que señalar el sector correspondiente a las cabeceras de las cuencas del este y del nordeste, pues, por el efecto orográfico de las fuertes pendientes que la circundan, se localizan las máximas intensidades (figura 6.C.). En los demás casos (19%) no se observan pautas en la distribución espacial de las lluvias de manera que, en la mayoría de ellos, intensos aguaceros en puntos diversos de la geografía insular evidencian el estancamiento de masas nubosas. Así, por ejemplo, el 20 de noviembre de 1971 se produjeron precipitaciones que llegaron a alcanzar los 300 mm en el sector noroeste de la isla, mientras que en otros lugares apenas se produjeron precipitaciones apreciables.

En el caso de Fuerteventura, cuando las masas nubosas tienen una marca procedencia del noroeste y oeste las máximas intensidades se localizan en los relieves del norte de la isla, cuestión que se observa en un 36% de los días seleccionados (figura 7.A.). En un 27% de los casos las máximas intensidades se concentran en las cabeceras de los barrancos del oeste (Betancuria) y en la llanura central (figura 7.B.). En los demás, las precipitaciones se distribuyen de forma dispar: o bien afectan de forma generalizada a la isla (18%), o bien se

concentran en el sur, centro y oeste (18%). En todos los días las máximas intensidades oscilan entre 40,0 y 80,0 mm/24 h, excepto en 7 ocasiones en que se supera este umbral, destacando, por su alta intensidad, las lluvias del 4 de diciembre de 1991 (figura 7.C.).

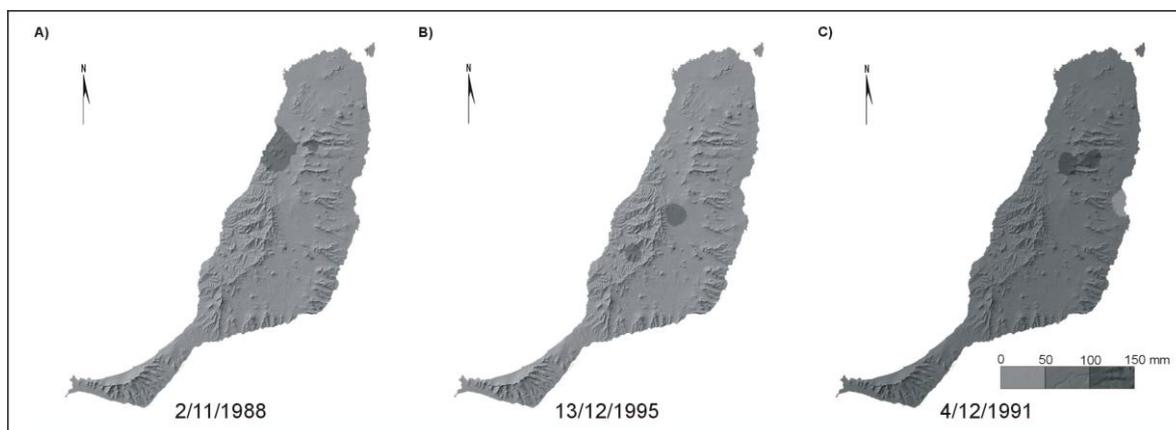


Fig. 7: Distribución espacial de las lluvias en Fuerteventura durante las depresiones frías en altura.

En Lanzarote, las lluvias se reparten de forma irregular. En la mitad de los días seleccionados las máximas intensidades se distribuyen en forma de franjas verticales que reflejan el paso de las masas nubosas a lo largo de la isla (figura 8.A). Por otro lado, en un 27% de los días se observan máximas intensidades en áreas muy localizadas y que afectan a una superficie reducida (figura 8.B.); mientras que en el 23% restante las lluvias afectan de manera general a la isla (figura 8.C.). En estos últimos días la intensidad de la lluvia es considerable, pues siempre se superan los 120 mm/24 h.

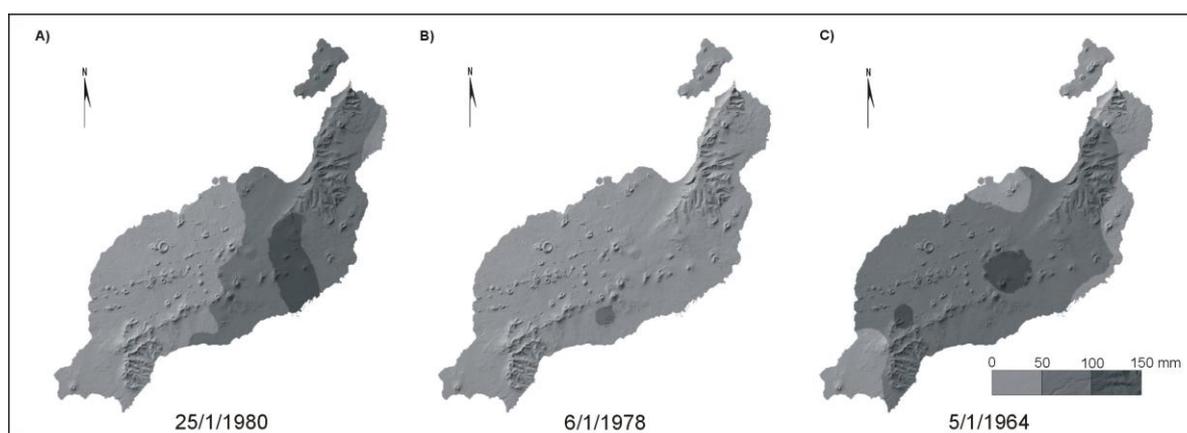


Fig. 8: Distribución espacial de las lluvias en Lanzarote durante las depresiones frías en altura.

4. CONCLUSIONES

En las Canarias orientales, en los últimos 53 años, se han producido 108 episodios de lluvia

intensa. Su desarrollo durante el invierno, especialmente en diciembre, enero y noviembre, evidencia una circulación general de la atmósfera meridional con vaguadas y depresiones en los niveles medios y altos que muestran la entrada de aire polar y ártico hacia las islas. Con respecto a la distribución espacial de las lluvias en cada uno de los días seleccionados, se extraen las siguientes conclusiones. El factor clave que explica las diferencias espaciales observadas en la distribución espacial de las lluvias obedece a la altitud de cada una de las islas y, sobre todo, la orientación de los relieves con respecto a la dirección e intensidad de los frentes y al desarrollo de la nubosidad. En este sentido, en situaciones de vaguada (34 episodios) los frentes fríos, con una marcada disposición nordeste-sudoeste, dejan las máximas intensidades de la lluvia en los relieves del norte y noroeste de las tres islas. Hay que señalar, en el caso de Gran Canaria, la disposición de los relieves del norte que favorecen la concentración de las lluvias en una estrecha franja entre aproximadamente el mar y los 700-800 m de altitud. Además, en determinados casos en los que se observan vaguadas de evolución retrógrada, las lluvias tienden a concentrarse en el este. Cuando se observan depresiones frías en altura (72 episodios), se establecen claras diferencias entre lo que ocurre en Gran Canaria frente a las demás islas. Así, es frecuente que las máximas intensidades de la lluvia se localicen en las medianías de sur y sudoeste de Gran Canaria, pues los frentes penetran en la isla con una marcada disposición sur-norte o sudoeste-nordeste. No obstante, también se evidencian otras distribuciones aunque con una menor frecuencia. En las demás islas, dependiendo de la procedencia de la nubosidad y de su desarrollo, las precipitaciones, o bien se distribuyen de manera general como sucede la mayoría de los casos de Lanzarote, o bien se localizan en sectores concretos como pueden ser el norte y centro de Fuerteventura o el centro de Lanzarote. Estas cuestiones revelan la importancia que tiene el relieve en la distribución espacial de las lluvias, en su volumen y en su intensidad. Es máxima para Gran Canaria, por su mayor altura y volumen y notablemente inferior en Lanzarote y Fuerteventura.

5. REFERENCIAS

- ELIAZAGA, F.; RUS, J.; BUSTOS, J.; MARRERO, R.; SANZ, X.; CALVET, P.; RIPODAS, C.; ALEJO, F.; MARTÍN, I. y DEL RÍO, P. (2003). Situación de lluvias torrenciales en Santa Cruz de Tenerife el 31 de marzo de 2002. Análisis de los factores meteorológicos relevantes. En: *Primer encuentro de meteorología y atmósfera de Canarias*. Ministerio de Medio Ambiente, Instituto Nacional de Meteorología, pp. 95-97.
- HERNÁNDEZ, L.; MÁYER, P. y ROMERO, L.E. (2002). "Elaboración de modelos digitales de precipitación para la isla de Gran Canaria. Un ejemplo de la cuenca del barranco Guiniguada". *Vegueta*, 6, pp. 201-216.
- LLASAT, M.C. (1991). *Gota fría*. Boixareu Universitaria, Barcelona.
- MARZOL, M.V. (1988). *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Servicio de Publicaciones de la Caja de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- MÁYER P. (2005). *Riesgos asociados a episodios de lluvia intensa en Gran Canaria (1951-2000)*. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- OLCINA, J. (1994). *Riesgos climáticos en la península Ibérica*. Penthalón, Madrid.
- QUEREDA, J. (1989). *La ciclogénesis y las gotas frías del Mediterráneo Occidental*. Diputació de Castelló.