

-Ponencia marco-

ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS  
EN FUERTEVENTURA Y LANZAROTE:  
PELIGROS E INCERTIDUMBRES ANTE UN ESCENARIO  
DE CAMBIO CLIMÁTICO

Pablo Máyer Suárez

*Departamento de Geografía, ULPGC*

María Victoria Marzol Jaén

*Departamento de Geografía, ULL*

**RESUMEN:** en este trabajo se analizan las características de las precipitaciones y de las temperaturas en las islas más orientales del archipiélago Canario, Fuerteventura y Lanzarote, con el objeto de establecer su peligrosidad. En el caso de las precipitaciones se estudian los valores extremos para determinar la importancia que tienen en el total anual y mensual. Asimismo, se aplican diversos índices para evaluar su peligrosidad y su potencial erosivo. En el caso de las temperaturas se analizan los regímenes térmicos de ambas islas, sus valores extremos y su recurrencia, y la frecuencia de las temperaturas mínimas más altas registradas (noches tropicales) con el objeto de establecer si hay un incremento de las mismas en las últimas décadas.

Los principales resultados obtenidos demuestran que, en estas dos islas, la lluvia se concentra en muy pocos días, tiene un carácter torrencial y los índices de concentración diaria (MARTÍN VIDE, 1984), oscilan entre 0,62 y 0,66, similares a los del levante peninsular. Con respecto a las temperaturas, los valores más altos registrados coinciden con las advecciones de aire sahariano durante el verano, y se observa que en los últimos años hay un aumento significativo de la frecuencia de las noches tropicales. Ello pone de manifiesto la necesidad de considerar estos dos parámetros en los documentos de planificación y ordenación del territorio, pues su interacción con la sociedad genera riesgos significativos, sobre todo si se consideran las predicciones del IPCC sobre el incremento de las temperaturas o la mayor incidencia de los fenómenos meteorológicos adversos en las próximas décadas.

**Palabras clave:** índice de concentración diaria de las precipitaciones; erosividad de las precipitaciones; índice de Fournier; noches tropicales; Fuerteventura; Lanzarote.

**Abstract:** this article aims to analyse the potential dangers presented by the rainfall and temperature in the most easterly islands of the Canary archipelago, Fuerteventura and Lanzarote. Extreme rainfall values are considered in order to determine their importance in the yearly and monthly totals, while different indices are used to assess the potential danger and erosion they may cause. The thermal regimes for both islands are studied, including their extreme values and the recurrence of these, together with the frequency of the highest minimum temperatures recorded (tropical night temperatures) with the aim of establishing whether these have become more frequent in recent decades. The results obtained show that, in these two islands, the rainfall is concentrated in just a few days, is of a torrential nature, and the indices of daily concentration

(MARTÍN VIDE, 1984) oscillate between 0.62 and 0.66 which is similar to those found in the eastern area of the Iberian Peninsula. The highest temperature values recorded coincide with the advection of Saharan winds during the summer and we have observed a significant increase in the frequency of tropical night temperatures. This underlines the need to consider these two parameters in land planning and zoning, since they pose significant risks to the population, especially when considering IPCC predictions concerning increases in temperature and adverse meteorological conditions for the coming decades.

**Key words:** daily precipitation concentration index; rainfall erosivity; Fournier index; tropical night temperatures; Fuerteventura; Lanzarote.

## 1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento detallado del régimen de las precipitaciones es útil no solo desde el punto de vista de los recursos hídricos, sobre todo en unas islas con rasgos desérticos como Lanzarote y Fuerteventura, sino, sobre todo, desde el punto de vista de su peligrosidad, pues ocasionan, entre otras cuestiones, procesos erosivos significativos e inundaciones que es preciso considerar en los documentos de planificación territorial. De la misma manera, el análisis del régimen térmico permite conocer la incidencia de episodios extremos, y su recurrencia en el tiempo, los cuales pueden llegar a generar un número considerable de víctimas mortales como, por ejemplo, las ocasionadas en Europa durante el verano de 2003.

En este trabajo se abordan ambas variables tanto desde el punto de vista de su caracterización general como desde su consideración de peligro. En el caso de las precipitaciones el estudio se ha centrado en valorar la importancia de las precipitaciones, en la generación de procesos erosivos mediante la aplicación de diversos índices, mientras que en el caso de las temperaturas se ha abordado un análisis centrado en los valores extremos y, sobre todo, en determinar si ha habido o no un incremento de las temperaturas mínimas nocturnas iguales o superiores a 20°C, que son un indicador más del incremento de las temperaturas que viene anunciando en las últimas décadas el IPCC.

## 2. FUENTES Y METODOLOGÍA UTILIZADAS

En el análisis de las características generales de la pluviosidad en Lanzarote y Fuerteventura se han seleccionado 23 de las 85 estaciones pluviométricas que, en su día, gestionaba el Servicio Hidráulico de Las Palmas (Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias). La mayor parte de los observatorios pluviométricos comenzaron a funcionar en la década de los años cincuenta, ampliándose notablemente su número en 1970, en ambas islas. En el año 2004, el control de esta amplia red de pluviómetros fue transferido a los Cabildos insulares. La imposibilidad de acceder a la información pluviométrica actualizada desde ese momento obliga a analizar solo el período comprendido entre 1970 y 2003 (33 años).

Con respecto a las temperaturas, es manifiesta la escasez de datos en ambas islas, pues de las 20 estaciones termométricas disponibles (9 en Lanzarote y 11 en Fuerteventura) solo es factible el análisis diario de seis en Lanzarote y tan solo una en Fuerteventura. La mayoría de las estaciones comenzaron a funcionar a mediados de los años 90, aunque de manera discontinua, y solo los aeropuertos tienen datos fiables desde la década de los años 1970.

Las escalas de análisis de las dos variables meteorológicas, la precipitación y la temperatura, han sido la diaria, mensual y anual. En el caso de la precipitación, se aplican diversos parámetros estadísticos de centralidad y dispersión para caracterizar su variabilidad interanual, su distribución mensual y la importancia de las máximas en 24 horas en los totales anuales y mensuales. Además, con el objeto de caracterizar tanto la concentración como la agresividad de las lluvias se utilizan diferentes índices utilizados en la Península Ibérica en su conjunto (SÁNCHEZ LORENZO y MARTÍN VIDE, 2006), en el levante español (DE LUIS et al., 1996), en localidades del interior y en zonas próximas a la costa (SCHNABEL, 1998; JORDÁN, y BELLIFANTE, 2000) así como en Canarias (SÁNCHEZ et al., 1985; PADRÓN, et al. 1991).

Se aplica el índice de concentración diaria de la lluvia (CI) (MARTÍN VIDE, 1984) que relaciona el número de días de precipitación con respecto al total de días de precipitación ( $x$ ), así como en las cantidades de lluvia diarias con respecto a la cantidad total ( $y$ ). Con posterioridad, se generan las curvas poligonales de la concentración de la precipitación a partir de la integral de la función  $y=a \cdot x^{bx}$ .

Además, se calcula el factor  $R$ , también llamado “índice de erosión”, que es una medida de la fuerza erosiva que tiene la precipitación. El Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) propuso, en 1980,

una ecuación de regresión para numerosas zonas del territorio nacional. Esta es una modificación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), que se obtiene a partir de la energía cinética liberada por la lluvia ( $E$ ) y la máxima intensidad de la precipitación en un intervalo de 30 minutos ( $I_{30}$ ) (WISCHMEIER, 1960). La ausencia de pluviógrafos, tanto en el territorio peninsular como en Canarias, que permitan calcular intensidades de 30 minutos fue el motivo principal para realizar la modificación antes señalada que, en el caso de Canarias, adquiere la siguiente expresión:

$$R = e^{-1,235} \cdot (PMEX)^{1,297} \cdot (MR)^{-0,511} \cdot (MV)^{0,366} \cdot F_{24}^{0,414}$$

Siendo:

*PMEX*: valor medio de las series anuales de lluvias mensuales máximas.

*MR*: precipitación media del período octubre-mayo.

*MV*: precipitación media del período junio-septiembre.

*F24*: factor de Fournier para las precipitaciones máximas en 24 horas, esto es, la media de los valores obtenidos al dividir el cuadrado de la precipitación máxima en 24 horas de un año entre la suma de las precipitaciones máximas en 24 mensuales de ese mismo año.

Otros autores han obtenido el factor  $R$  con parámetros más sencillos de conseguir, entre los que se encuentra el índice de agresividad climática (FOURNIER, 1960), que muestra una alta correlación de la lluvia con la cantidad de sedimentos arrastrados por las escorrentías. Este índice relaciona la precipitación media del mes más lluvioso ( $p$ ) entre la precipitación media anual ( $P$ ) según la expresión:

$$IF = p^2/P$$

Este índice es modificado con posterioridad por Arnoldus (1978), al considerar la totalidad de las precipitaciones caídas en los doce meses del año ( $p$ ) según la ecuación:

$$IFM = \sum p^2/P$$

Este índice, también denominado “de agresividad de la lluvia”, se clasifica en 5 rangos (CEC, 1992), de manera que las localidades con valores

inferiores a 90 tienen una erosividad baja o muy baja, moderada cuando está entre 90 y 120, y alta o muy alta si supera el umbral de 120 (tabla 1).

**TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS VALORES DEL IFM**

<i>IFM</i>	Descripción
< 60	Muy baja
60-90	Baja
90-120	Moderada
120-160	Alta
> <b>160</b>	Muy alta

Finalmente, el índice de concentración de las precipitaciones (ICP) (OLIVER, 1980), sirve de complemento a los anteriores (PADRON et al., 1991). Este índice se basa, igualmente, en la distribución mensual de la lluvia y su relación con los totales anuales y su fórmula es la siguiente:

$$ICP = 100 \cdot \sum p^2 / (P^2)$$

Donde *p* es la precipitación de cada mes del año, de manera que, si la precipitación fuera la misma en todos los meses, el índice sería de 8,3%, y, si toda la precipitación anual se concentrara en un mes, el ICP sería 100%. En la tabla 2 se muestran los valores del índice de concentración de las precipitaciones según Oliver (1980).

**TABLA 2. CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN (OLIVER, 1980)**

<i>Índice de concentración (%)</i>	ICP
< 10,0	Uniforme
10,1-15,0	Moderadamente estacional
15,1-20,0	Estacional
> <b>20,0</b>	Fuertemente estacional

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. LAS PRECIPITACIONES

##### 3.1.1. Variabilidad pluviométrica interanual

La escasez de lluvia y el reducido número de días en la que precipita en el año son dos de los rasgos más característicos de la pluviosidad de Lanzarote y de Fuerteventura. Así, los 144,7 mm de precipitación media anual en Lanzarote y los 132,9 mm en Fuerteventura, que caen en 28 y 22 días respectivamente (apenas un 8% de los días del año), dan claras muestras de los rasgos desérticos de ambas islas. Esos valores tan exigüos de precipitación son similares a los que se obtienen en el archipiélago de Cabo Verde, donde, como indican Marzol et al. (2006), no se superan los 200 mm anuales en tan solo el 5% de los días del año.

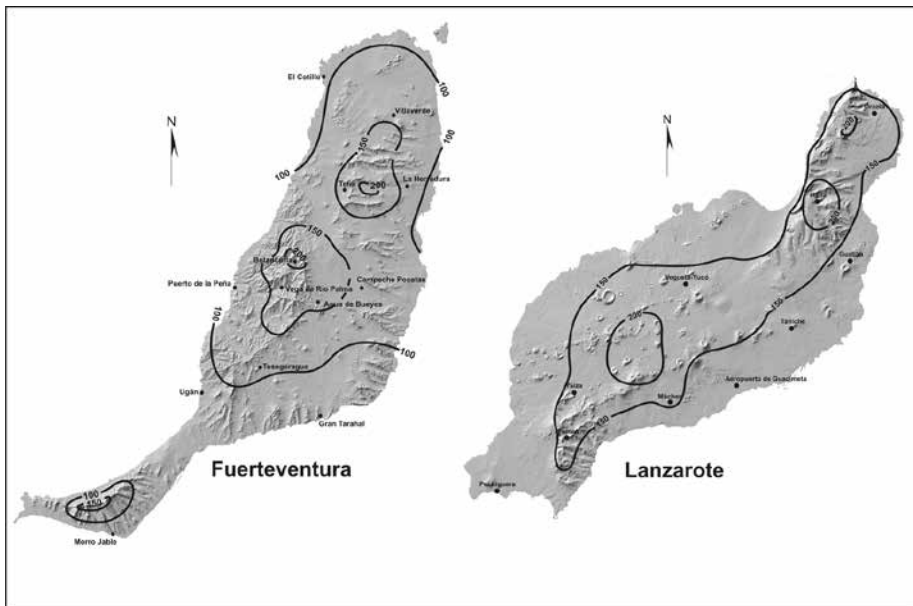


Figura 1. Distribución espacial de las precipitaciones medias en Lanzarote y Fuerteventura (1970-2003).

Los valores tan exigüos de precipitación en las dos islas canarias más orientales obedece a dos factores principales: la escasa magnitud de sus relieves, que no permite la canalización de los flujos de aire inestable y su posterior ascenso brusco, circunstancia que incrementaría la nubosidad, y, por otro, su localización más oriental y cercana al continente africano les

hace ser las últimas en recibir los frentes asociados a las perturbaciones atlánticas que llegan hasta el archipiélago canario.

El análisis de la distribución espacial de la lluvia media anual permite identificar, en ambas islas, dos áreas de máxima pluviosidad, con valores ligeramente superiores a los 200 mm anuales (figura 1).

En el caso de Fuerteventura, se corresponde con las zonas culminantes de la isla, el macizo de Betancuria, en el centro y con altitudes de 650 m (Betancuria, con 215 mm al año) y Tetir, en el norte de la isla, con cotas máximas en el pico de la Muda de 689 m.s.n.m. (Tetir, con 216 mm).

La isoyeta de 150 mm delimita sendas zonas prácticamente concéntricas a las de máxima pluviosidad, separadas por una extensa zona considerablemente llana, de unos 200-250 m de altitud media, donde las lluvias son menores (Campeche Pocetas: 118 mm). Esa área comprende parte del malpaís y jable septentrional, la llanura interior y buena parte de la llanura oriental. A estos dos sectores de máxima pluviosidad podría añadirse el macizo de Jandía, con su cota máxima en el pico de la Zarza (807 m) en el extremo suroeste de la isla.

Finalmente, la isoyeta de 100 mm separa las zonas más secas de la isla, que son las franjas costeras del norte, noroeste y nordeste, así como todo el sector meridional al sur de Pozo Negro y del macizo de Betancuria, a excepción de las cimas de la península de Jandía.

En Lanzarote, los máximos de pluviosidad se localizan en dos áreas: el norte, en el macizo de Famara (670 m) y en el centro de la isla, a una altitud de 295 m, entre el campo de volcanes que compone el conjunto de Zonzamas al sureste, el volcán de Guatisea al suroeste y el de Tao al norte. El macizo de los Ajaches también recibe una precipitación algo superior a las demás zonas de la isla, pues en la localidad de Femés (Pico de Femés, 608 m) se recogen un promedio anual de 155 mm. Con la excepción de las áreas más lluviosas anteriormente señaladas, la isoyeta de 150 mm delimita las áreas central y norte de la isla y, a diferencia de lo que sucede en Fuerteventura, en ninguna de las localidades llueve menos de 100 mm al año.

En la tabla 3 se muestran los principales parámetros estadísticos de las series pluviométricas estudiadas. Se observa que la mediana es inferior a la media, lo que evidencia un predominio de los años secos sobre los lluviosos. Este rasgo es más nítido en las localidades donde los años secos duplican a los lluviosos como, por ejemplo, en Puerto de la Peña, en Fuerteventura, o en las localidades conejeras de Yaiza y Vegueta-Yuco. Por el contrario, cuando el número de años secos y lluviosos coincide, la media y



la mediana también lo hacen. Es el caso de las localidades de Tefía y Vega de Río Palmas en Fuerteventura y Pechiguera en Lanzarote.

**TABLA 3. PRINCIPALES VALORES ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES PLUVIOMÉTRICAS DE FUERTEVENTURA Y LANZAROTE (1970-2003)**

Localidades	Alt (m)	Orientación	Media	Mediana	Mín	Máx	Amp	C.V.	Nº días de lluvia
<b>FUERTEVENTURA</b>									
Agua de Bueyes	248	Centro	154,3	134,5	59,9	326,4	266,5	44,5	21
La Herradura	174	Nordeste	110,6	100,3	37,1	283,3	246,2	49,9	21
El Cotillo	17	Norte	97,2	84,3	42,5	283,3	240,8	51,0	19
Tefía	190	Centro-Norte	151,7	143,0	50,3	450,6	400,3	60,2	23
Villaverde	207	Norte	141,1	124,7	46,4	521,9	475,5	65,3	21
Puerto de la Peña	19	Oeste	106,2	80,2	11,4	386,7	375,3	78,3	20
Vega de Río Palmas	263	Oeste	165,7	158,3	65,5	471,4	405,9	50,9	29
Betancuria	415	Oeste	214,8	199,2	80,7	487,4	406,7	44,2	38
Ugán Cortijo	61	Suroeste	90,2	73,0	30,7	292,9	262,2	61,7	13
Morro Jable	30	Sur	95,5	85,1	30,4	219,6	189,2	48,5	18
Tesejerague	205	Centro-Sur	126,2	106,6	45,3	374,5	329,2	52,0	19
Gran Tarajal	23	Sureste	68,0	63,1	20,7	197,2	176,5	56,9	11
Campeche Pocetas	155	Centro-Este	117,8	99,3	31,6	343,3	311,7	56,5	16
<b>LANZAROTE</b>									
Guatiza	95	Noreste	126,3	114,3	55,0	290,1	235,1	44,5	21
Órzola	45	Norte	151,7	132,5	65,1	388,0	322,9	44,1	29
Haría	285	Norte	184,2	168,4	65,7	471,5	405,8	44,0	35
Vegueta-Yuco	230	Centro-Norte	164,8	143,3	78,6	405,6	327,0	45,0	32
Aeropuerto	14	Este	105,1	98,0	42,8	298,2	255,4	51,2	34
Tahiche	155	Centro-Este	104,4	91,4	37,6	299,8	262,2	54,2	22
Macher	190	Sureste	153,7	131,9	65,2	368,3	303,1	45,8	32
Yaiza	155	Suroeste	154,7	132,0	90,1	376,8	286,7	43,7	38
Pechiguera	30	Sur	99,8	92,0	43,5	259,7	216,2	49,2	23
Femés	350	Sur	155,3	132,8	71,9	458,4	386,5	47,5	27

Fuente: Servicio Hidráulico de Las Palmas

Otro de los rasgos más característicos de la lluvia en Canarias es su irregularidad interanual. Prueba de ello es la acusada diferencia que existe entre los valores máximo y mínimo de cada localidad, observándose diferencias de más de 400 mm en algunos casos. Así, en el Puerto de la Peña (Fuerteventura) en el año más seco, el año 2000, tan solo se contabilizaron 11,4 mm mientras que en el más lluvioso, el de 1991, cayeron 386,7 mm. Algo similar sucede en Tahíche (Lanzarote), donde contrastan el año 2001, con solo 37,6 mm, y el de 1970 con 299,8 mm.

Un índice que permite caracterizar mejor esa variabilidad de la precipitación anual es el coeficiente de variación (CV). Todas las localidades superan el 40%, valores más elevados de los obtenidos en el levante español (MARTÍN VIDE, 1996). En este sentido, conviene señalar que la variabilidad es superior en Fuerteventura que en Lanzarote, puesto que en la mayoría de las localidades de la primera isla se supera el 60% de CV. La fuerte irregularidad de la lluvia se pone de manifiesto porque en algunos años precipita menos de la mitad de la media, e incluso 1/3 de lo que es habitual, mientras que en otros se triplica ese valor. Un ejemplo de ello son las localidades situadas en el centro-norte de la isla y a una altitud próxima a los 200 m, como Tefia y Villaverde, o las zonas costeras del oeste de la isla como el Puerto de la Peña y Ugán. En el caso de Lanzarote, los valores más altos del CV se dan en el este de la isla, en Tahíche y Arrecife.

Con el fin de conocer cuáles han sido los años más secos y los más lluviosos de los 33 años de las diferentes series se aplica el método de los quintiles que es el aconsejado por la Organización Meteorológica Mundial. Así, el quinquenio 1987-1991 fue el más lluvioso en ambas islas, destacando especialmente los años 1989 y 1991. De estos dos, destaca el primero, pues en casi todas las estaciones las lluvias caídas constituyen la efeméride de sus respectivas series. En algunas localidades, como Villaverde (Fuerteventura), la lluvia caída ese año casi cuadruplica a la media, y son muchas en las que se triplicó. Otros años muy lluviosos fueron 1972, 1980 y 1996.

Por el contrario, el trienio 1973-1975 así como el bienio 2000-2001 han sido los más secos en ambas islas. De la misma manera, los años 1981, 1983, 1984, 1992 y 2001 fueron secos o muy secos, sobre todo el último en Lanzarote, pues en la mayoría de las localidades se recogió menos de 60 mm, y, el de 1983 en Fuerteventura, pues numerosas estaciones del norte y centro-sur de la isla tienen ese año como el más seco de sus series.

La variabilidad espacial es otro rasgo significativo de la precipitación en Canarias, puesto que años clasificados como lluviosos o muy lluviosos en unas estaciones lo son como secos o muy secos en otras. Por ejemplo, 1976

y 1977 fueron años muy lluviosos en el norte de Fuerteventura, lluviosos en el centro y secos o muy secos en las costas este y sur. En la irregularidad de la lluvia en un mismo año tiene mucho que ver el desigual reparto espacial de los aguaceros durante una tormenta, pues descarga grandes cantidades de agua en un lugar mientras que en otro no muy distante apenas precipita algo de lluvia. Estos aguaceros suponen un porcentaje muy considerable de agua en los totales mensual y anual.

### 3.1.2. El desigual reparto mensual de la precipitación

A la fuerte irregularidad interanual de la precipitación se añade su desigual reparto a lo largo del año (tabla 4). Las medias mensuales evidencian que el mes de diciembre es el más lluvioso, con altos valores, alrededor de 50,0 mm en las zonas del norte y centro de ambas islas, y exiguas cantidades, de 20,0 mm en los sectores de costa. Al mes de diciembre le sigue en pluviosidad enero, aunque con cantidades considerablemente inferiores.

**TABLA 4. PROMEDIO DE LAS LLUVIAS MENSUALES EN FUERTEVENTURA Y LANZAROTE (1970-2003)**

Localidades	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
FUERTEVENTURA												
Agua de Bueyes	23,3	20,6	24,0	7,9	1,5	0,1	0,0	0,0	3,5	10,2	19,9	43,3
La Herradura	20,4	17,4	13,3	5,9	0,9	0,0	0,0	0,0	3,3	8,1	13,5	27,9
El Cotillo	15,4	14,0	10,4	3,3	1,1	0,1	0,0	0,0	3,9	6,2	16,7	26,1
Tefia	24,6	24,5	20,2	7,0	2,2	0,2	0,1	0,1	5,2	11,6	22,6	33,4
Villaverde	22,9	22,0	17,8	6,9	1,7	0,0	0,0	0,0	5,3	11,1	21,1	32,3
Puerto de la Peña	15,4	16,0	14,4	5,4	1,6	0,1	0,0	0,0	2,3	5,6	14,4	30,9
Vega de Río Palmas	29,2	26,4	21,5	7,0	2,9	0,5	0,0	0,1	4,5	11,7	21,6	40,2
Betancuria	36,0	31,7	28,5	13,9	4,0	0,9	0,3	0,4	5,4	17,4	26,3	50,0
Ugan Cortijo	13,7	14,6	11,4	4,0	1,2	0,0	0,3	0,0	1,8	5,8	11,4	26,0
Morro Jable	16,7	15,9	11,8	4,0	0,9	0,1	0,0	0,0	3,2	4,7	12,0	25,3
Tesegerague	22,4	18,5	15,7	6,4	1,5	0,1	0,1	0,0	2,1	8,9	16,6	33,7
Gran Tarajal	10,9	10,2	7,7	2,8	0,3	0,0	0,3	0,0	0,9	3,9	7,8	23,2
Campeche Pocetas	18,7	18,3	18,8	5,5	0,8	0,0	0,2	0,0	3,1	6,8	13,6	32,0

LANZAROTE												
Guatiza	27,6	16,5	17,2	6,4	2,1	0,0	0,0	0,0	1,9	11,4	20,2	30,1
Órzola	27,9	20,0	19,1	8,5	1,6	0,4	0,1	0,0	2,7	13,9	24,1	34,0
Haría	34,7	23,3	23,3	10,5	2,4	0,9	0,2	0,1	3,5	17,5	30,2	37,0
Vegueta-Yuco	31,7	22,7	22,1	9,1	1,2	0,7	0,1	0,4	3,7	15,2	26,1	43,2
Aeropuerto	21,6	13,2	13,4	5,8	1,4	0,1	0,0	0,3	2,0	8,6	13,2	25,4
Tahíche	21,2	14,9	13,2	5,3	1,0	0,2	0,0	0,0	1,9	9,8	16,9	25,2
Mácher	27,2	21,2	18,6	8,9	1,5	0,1	0,1	0,1	3,4	13,5	23,4	36,4
Yaiza	28,0	22,1	19,8	8,6	1,3	0,4	0,2	0,1	3,7	12,2	23,8	35,7
Pechiguera	18,2	12,6	14,1	4,2	1,1	0,0	0,0	0,0	2,1	6,9	15,3	22,5
Femés	29,4	22,8	19,3	10,7	2,5	0,6	0,0	0,2	3,4	12,4	24,6	40,3

Es significativo que en Fuerteventura la lluvia caída en diciembre suponga el 48% de la caída en todo el año, mientras que ese porcentaje baja al 45% en Lanzarote. Hay que señalar que esos valores medios ocultan concentraciones mucho más altas, pues hay años en los que la lluvia del mes más húmedo supone más del 80% de la caída en ese año.

La lluvia se concentra durante el invierno, período en el que ambas islas reciben el 56% del total anual. Las demás estaciones del año acumulan menos de un tercio del total de la lluvia: otoño el 24% y la primavera el 19%. Estas lluvias invernales, obedecen, básicamente, al descenso en latitud de las borrascas procedentes del frente polar. Cuando esas perturbaciones se sitúan muy próximas a nuestras islas, sobre todo en el extremo Noroeste del archipiélago, los frentes perturbados penetran por el Sur y Suroeste, afectando así a todas las islas, incluso a las más orientales. Con la llegada de la primavera, la incidencia de esas perturbaciones es cada vez menor, hasta que se restablece el régimen de los alisios en los meses del verano. En estos, la lluvia es casi inapreciable e, incluso, en algunas localidades no ha caído ni una gota de agua en los 33 años analizados.

La figura 2 muestra un ejemplo de los diferentes valores de concentración mensual de la precipitación entre dos localidades de Fuerteventura. En Gran Tarajal, el agua caída en el mes más lluvioso supone más del 50% del total anual en el 70% de los años analizados, mientras que en Betancuria solo el 20% de los años de la serie se alcanza ese mismo porcentaje. Ello es debido a la posición más meridional y próxima a la costa de Gran Tarajal, en donde los aguaceros asociados a las perturbaciones oceánicas dejan considerables cantidades de agua, mientras que en Betancuria la llu-

via se reparte a lo largo de un mayor número de días a causa de su altitud y orientación favorable a la llegada de la nubosidad.

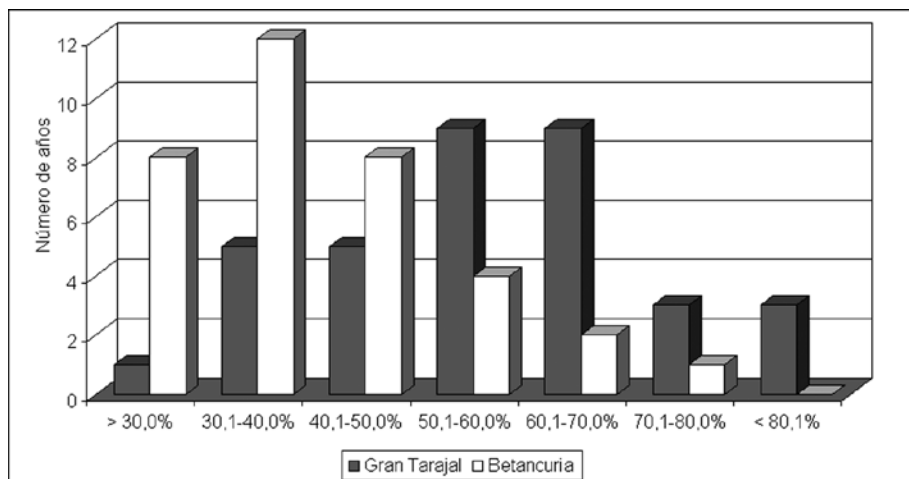


Figura 2. Frecuencia de la concentración de la precipitación mensual con respecto al total anual en Gran Tarajal y Betancuria.

### 3.1.3. Altos volúmenes de agua registrados el día más lluvioso del año

Si es significativa la concentración mensual de la precipitación, aún lo es más la diaria con respecto a los totales mensuales y anuales. En ocasiones, en un único día precipita toda la lluvia de un mes y ese día posee la efeméride del año. En general, en Lanzarote y Fuerteventura, el porcentaje de agua caída el día más lluvioso del año supone el 52% y 60% de la lluvia recogida en ese mes, respectivamente. Si esa relación se establece con respecto al total anual, la lluvia de ese día es el 21% y 26% del año en ambas islas. Esos valores muestran la importancia de las precipitaciones de carácter torrencial.

La figura 3 muestra el peso de la precipitación del día más lluvioso del año en el total mensual en diferentes localidades de Fuerteventura y Lanzarote. En las más próximas a la costa, el carácter torrencial de la precipitación implica que ese día contabilice, en más de un tercio de los años analizados, entre el 40% y el 60% del total mensual. Es significativo, además, que en un 20% de los años el día más lluvioso haya aportado más del 80% al total anual. Estas cifras son similares a las registradas en localidades situadas a una mayor altitud, aunque se observa una significativa disminución en el número de años en que el día más lluvioso haya supuesto

más del 80% del total mensual. Un ejemplo de ello se halla en Betancuria y Ugán, en el caso de Fuerteventura, y Yaiza y Guatiza, en Lanzarote.

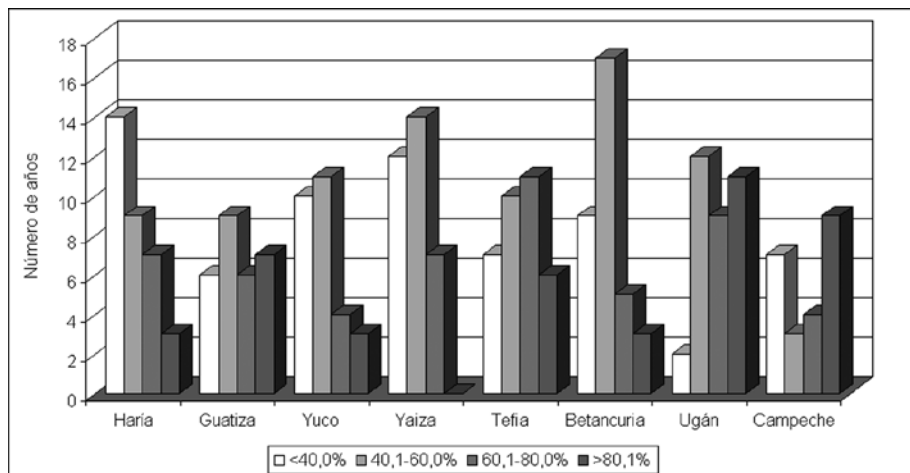


Figura 3. Porcentaje de lluvia del día más lluvioso del año en el total de ese mes en localidades de Lanzarote y Fuerteventura (1970-2003).

Por otro lado, diciembre no solo es el mes más lluvioso en todas las localidades sino que, además, es el mes que suele acoger al día más lluvioso del año (tabla 5). A ese mes le siguen los de enero, febrero y noviembre. Solo Morro Jable y Teseguera no cumplen con ese orden.

**TABLA 5. FRECUENCIA DEL DÍA MÁS LLUVIOSO DEL AÑO (1971-2003)**

Localidades	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
FUERTEVENTURA												
Agua de Bueyes	12	18	18	3	0	0	0	0	3	6	12	29
La Herradura	15	12	9	6	0	0	0	0	0	6	12	39
El Cotillo	9	18	6	9	0	0	0	0	3	6	18	30
Tefía	12	15	12	6	0	0	0	0	3	6	15	32
Villaverde	15	12	6	6	0	0	0	0	6	9	9	36
Puerto de la Peña	21	18	6	9	0	0	0	0	0	3	9	33
Vega de Río Palmas	24	15	9	3	3	0	0	0	0	6	9	32
Betancuria	15	21	12	0	0	0	0	0	0	6	12	35
Ugán Cortijo	12	12	12	6	0	0	0	0	0	6	18	35
Morro Jable	19	25	16	0	0	0	0	0	3	3	13	22

Tesejergue	15	24	15	3	0	0	0	0	0	6	12	24
Gran Tarajal	15	21	3	9	0	0	0	0	0	3	12	38
Campeche Pocetas	26	19	13	0	0	0	0	0	0	3	3	35
LANZAROTE												
Guatiza	18	18	4	4	7	0	0	0	0	7	11	32
Órzola	18	15	9	3	0	0	0	0	0	9	18	27
Haría	21	18	6	6	0	0	0	0	0	3	21	24
Vegueta-Yuco	25	11	11	4	0	0	0	0	0	4	7	39
Aeropuerto	19	13	6	6	0	0	0	0	0	10	13	32
Tahíche	17	20	7	7	0	0	0	0	0	7	13	30
Mácher	17	17	13	0	0	0	0	0	3	7	17	27
Yaiza	15	15	6	3	0	0	0	0	0	6	21	33
Pechiguera	15	12	23	4	0	0	0	0	0	4	12	31
Femés	14	17	10	10	0	0	0	0	0	7	17	24

La intensidad más frecuente de la precipitación caída el día más lluvioso del año suele ser de 20,1 a 40,0 mm (tabla 6). Sin embargo, en algunas localidades situadas próximas a la costa y en las zonas orientadas al este la intensidad de la lluvia de ese día es inferior a 20,0 mm.

**TABLA 6. FRECUENCIA (%) DE LA INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN DEL DÍA MÁS LLUVIOSO DEL AÑO (1970-2003)**

Localidades	Altitud (m)	<20,0 mm	20,1-40 mm	40,1-60 mm	60,1-80 mm	80,1-100 mm	> 100 mm	Suma
FUERTEVENTURA								
Agua de Bueyes	248	18	50	24	9	0	0	100
La Herradura	174	27	55	18	0	0	0	100
El Cotillo	17	42	42	9	3	3	0	100
Tefía	190	32	38	18	3	6	3	100
Villaverde	207	36	39	12	6	3	3	100
Puerto de la Peña	19	39	42	12	0	3	3	100
Vega de Río Palmas	263	32	41	18	3	3	3	100
Betancuria	415	21	44	26	6	3	0	100
Ugán Cortijo	61	53	29	12	0	6	0	100
Morro Jable	30	44	38	16	3	0	0	100

Tesegerague	205	33	36	21	6	3	0	100
Gran Tarajal	23	68	21	6	3	3	0	100
Campeche Pocetas	155	27	58	3	6	6	0	100
LANZAROTE								
Guatiza	95	36	50	7	4	4	0	100
Órzola	45	41	32	21	6	0	0	100
Haría	285	29	50	12	3	6	0	100
Vegueta-Yuco	230	39	36	14	4	4	4	100
Aeropuerto	14	48	42	6	3	0	0	100
Tahíche	155	70	17	7	3	3	0	100
Mácher	190	27	47	13	10	0	3	100
Yaiza	155	35	44	12	3	6	0	100
Pechiguera	30	54	38	4	0	4	0	100
Femés	350	31	55	10	0	0	3	100

### 3.1.4. Características de la intensidad de la lluvia diaria

En el análisis de la lluvia diaria se han utilizado cuatro umbrales de intensidad: entre 0,1 y 10 mm, de 10 a 20 mm, de 20 a 50 mm y más de 50 mm. Se han contabilizado los días lluviosos en función de esas intensidades y la cantidad de agua acumulada en cada uno de ellos. Los resultados muestran que el 80% de los días de lluvia tienen una intensidad comprendida entre 0,1 y 10,0 mm. El volumen de agua recogido durante estas lluvias supone el 55% de toda la lluvia, por lo que, en líneas generales, las precipitaciones en Lanzarote y Fuerteventura suelen tener una intensidad débil o muy débil. El 11% de los días de lluvia precipita con intensidades entre 10,0 y 20,0 mm, mientras que el volumen de agua recogido con estas intensidades es el 24%. Tal y como señala Marzol (1984) estas lluvias suelen acompañarse con vientos del primer cuadrante, los cuales tienen una frecuencia significativa en invierno y primavera. Las cantidades entre el 20,1 y 50,0 mm caen en el 5% de los días y el volumen de agua que supone sobre el total anual es considerable (el 17%). Estas precipitaciones son capaces de generar importantes procesos erosivos, especialmente en Fuerteventura, debido a la ausencia de una cobertura vegetal que impida la movilización de los suelos hacia los cauces de los barrancos y a la abundancia de arcillas en sus suelos.



Finalmente, las cantidades superiores a 50,0 mm son realmente excepcionales pues menos del 1% de los días precipita con tal intensidad. Sin embargo, el volumen de agua llovido en tales días supone el 4% del total anual. Si se comparan esos datos con los de otras islas de la Macaronesia (MARZOL et al., 2006) se observa que las precipitaciones de mayor intensidad en Lanzarote y Fuerteventura son igual de frecuentes que en Terceira (Azores) y Madeira, donde representan el 2%, pero mucho menos frecuentes que en Santiago (Cabo Verde), donde llegan a suponer el 11%. Las precipitaciones de este tipo se asocian a vientos del suroeste, generados en las borrascas que descienden en latitud y pueden durar varios días. Se trata de gruesas gotas que empapan el terreno, producen escorrentías que llenan las gavias y generan una estampa poco frecuente de los barrancos con abundante caudal y sedimentos. La figura 4 muestra que más de la mitad de los días de lluvia al año en esas cuatro localidades tienen una intensidad inferior a 10,0 mm y, además, esos días lluviosos suponen el 50% del total de agua precipitada.

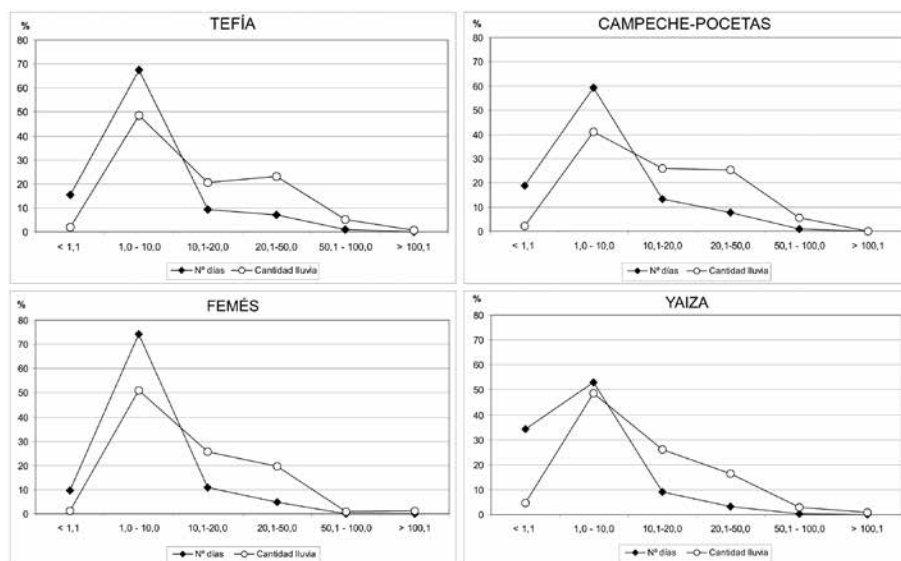


Figura 4. Relación del número de días y la cantidad de lluvia según su intensidad en dos localidades de Fuerteventura y Lanzarote.

El índice de concentración de la precipitación diaria (SÁNCHEZ-LORENZO y MARTÍN-VIDE, 2006) permite relacionar el número de días de precipitación con sus correspondientes cantidades de agua. De su aplicación a las dos islas se extrae que los resultados obtenidos, de 0,62 y 0,66, son muy parecidos a los de la fachada mediterránea, con valores de 0,58 a 0,68 (DE

LUIS et al., 1996; SÁNCHEZ-LORENZO y MARTÍN VIDE, 2006). En Lanzarote y Fuerteventura el índice de concentración diaria es menos significativo que en las vertientes orientales y meridionales de las islas más montañosas de Canarias, que tienen valores de 0,70, pero similares a los sectores de costa. Así, por ejemplo, Arrecife y Guatiza, en Lanzarote, y El Cotillo y Puerto del Rosario, en Fuerteventura, tienen un índice de 0,66. Los valores más bajos se obtienen en las zonas más altas de ambas islas, como Yaiza en Lanzarote (0,63) y Betancuria en Fuerteventura (0,64).

### 3.1.5. La duración y frecuencia de las rachas lluviosas

La duración media de las secuencias lluviosas es de dos días en ambas islas, valor similar al obtenido por Marzol et al. (2006) en Tenerife. Sin embargo, en todas las localidades analizadas predominan las secuencias lluviosas de un solo día (el 60%), que contabilizan el 22% de la precipitación anual (figura 5). Las rachas de mayor duración, más de una semana lloviendo de forma ininterrumpida, son excepcionales pues suponen solo un 1% del total de las secuencias lluviosas (en el Puerto de la Peña nunca ha llovido más de siete días de forma consecutiva) y las cantidades que aportan al total anual oscilan entre el 7% y el 9%.

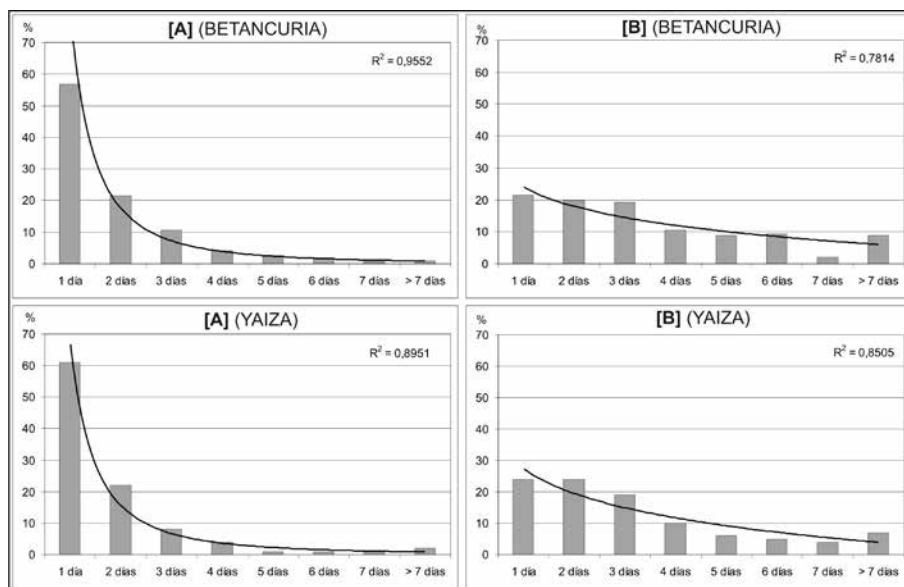


Figura 5. Relación entre la duración de los episodios lluviosos (A) y la cantidad de lluvia recogida sobre el total anual (B) en Betancuria (Fuerteventura) y Yaiza (Lanzarote). (1970-2003).

La racha de mayor duración se registró en la localidad de Yaiza (Lanzarote), donde estuvo lloviendo de forma ininterrumpida durante 14 días, del 18 al 31 de enero de 1996. En esas mismas fechas, pero hasta el 30 de enero, llovió en Betancuria (Fuerteventura), un total de 13 días. En Yaiza fueron lluvias débiles que acumularon 36,7 mm, un 17% del total anual y algo más de la mitad del mes. Sin embargo, en Betancuria, las precipitaciones llegaron a acumular 60,9 mm: el 19% del total anual y el 63% de toda la lluvia caída ese mes.

Hay que señalar la importancia que llegan a adquirir determinadas rachas lluviosas en años secos o muy secos, pues aportan cantidades muy considerables a los totales anuales. Prueba de ello fueron los 6 días de lluvias consecutivas que cayeron entre el 11 y el 17 de febrero de 1981 que aportaron el 84% de toda la lluvia caída ese año en el aeropuerto de Lanzarote y, en esas mismas fechas pero en Betancuria (Fuerteventura), el 77% de toda la lluvia caída en 1981. Algo similar sucedió en noviembre de 2001 pues las lluvias caídas del 18 al 23 (6 días) supusieron más del 70% de toda la lluvia caída en ambas localidades.

### *3.1.6. La distribución desigual de las precipitaciones en los días de lluvia más intensos*

La distribución espacial de los aguaceros más intensos en las islas orientales de Canarias depende de la trayectoria de las masas nubosas asociadas a los frentes que las atraviesan (MÁYER y ROMERO, 2006; MÁYER, 2011). En el 75% de los casos son borrascas atlánticas que llegan hasta el archipiélago con diferentes trayectorias y el 25% restante son expansiones de masas de aire polar que, en altura, se dibujan como vaguadas, mientras que en superficie son los frentes fríos responsables de las precipitaciones más intensas en esas islas.

Se ha analizado la precipitación diaria de las localidades consideradas en este trabajo, desde 1953 hasta 2009<sup>1</sup>, y se seleccionan aquellos días en los que se superan los 50 mm en 24 horas. Han sido un total de 71 días pertenecientes a 62 episodios lluviosos. Los meses con máxima frecuencia de este tipo de eventos son diciembre (27%), enero, febrero y noviembre (to-

---

<sup>1</sup> Tal y como se indicó en el epígrafe 2 (fuentes y metodología) la mayor parte de las estaciones consideradas terminan sus series en 2003, momento en que desde el Servicio Hidráulico se trasladó su gestión a los Cabildos Insulares, siendo imposible, hasta ahora, su consulta. Sin embargo, algunos de estos observatorios también envían sus datos a la Agencia Estatal de Meteorología, motivo por el cual ha sido posible identificar los episodios de lluvias intensas hasta 2009.

dos ellos con el 16%), marzo (10%), octubre (8%), septiembre (5%) y abril (2%). Hay que señalar que, de estas 71 fechas, solo en 10 ocasiones se han superado los 100 mm en 24 horas, una cifra realmente baja si se compara con algunas localidades de las medianías de las demás islas occidentales.

Con respecto a la distribución espacial de esos aguaceros intensos hay que señalar que en las situaciones de vaguadas, las lluvias se reparten por los macizos del norte de Fuerteventura, porque los frentes fríos tienen una marcada disposición nordeste-suroeste (figuras 6A y 6B). En aquellos casos en los que las masas nubosas proceden del oeste, las lluvias más intensas se reparten por el macizo de Betancuria y por el centro de la isla. Algo similar sucede en Lanzarote, donde las lluvias se concentran en el Norte de la isla. Como caso excepcional (figura 6C), por el alto volumen de agua recogido, destacan las lluvias del 16 de septiembre de 1964, donde se llegaron a recoger 116,0 mm/24 horas en el nordeste (Guatiza).

La distribución de las precipitaciones durante las depresiones de aire frío en altitud, con borrascas en superficie que se ubican al oeste-noroeste de Canarias, es muy dispar. En el caso de Fuerteventura (figura 7), el 36% de los días las lluvias se localizan en los relieves del norte, en el 27% de los casos se concentran en las cabeceras de los barrancos del oeste y en la llanura central, mientras que en los demás días la distribución de la lluvia es irregular a lo largo de la isla como consecuencia del paso de las nubes desde el sur hacia el norte. En esos momentos, la intensidad máxima oscila entre 40,0 y 80,0 mm en 24 horas y solo en 7 ocasiones se han superado esas cantidades.

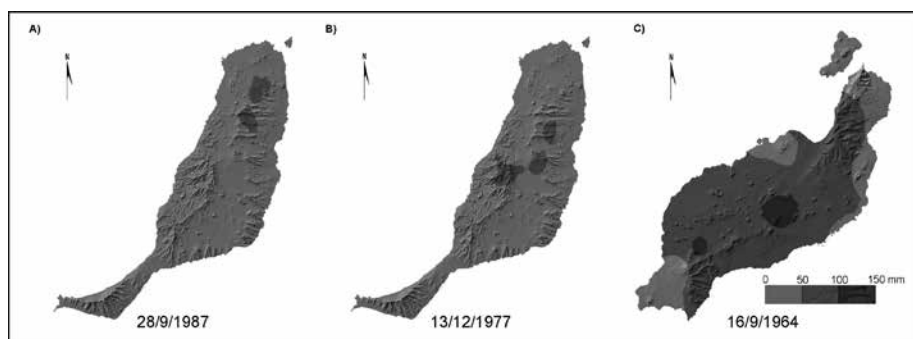


Figura 6. Distribución espacial de las lluvias en Fuerteventura y Lanzarote durante situaciones de vaguadas.

En Lanzarote, en la mitad de los días seleccionados, las máximas intensidades se reparten a modo de franjas de norte a sur de la isla, cayendo fundamentalmente en los relieves del centro (figura 8). En un 27% de los días

la máxima intensidad se localiza en áreas de reducida superficie, mientras que, en el 23% restante, las lluvias afectan de manera generalizada a toda la isla. En estos últimos episodios las intensidades de la lluvia siempre superan los 120 mm en 24 horas.

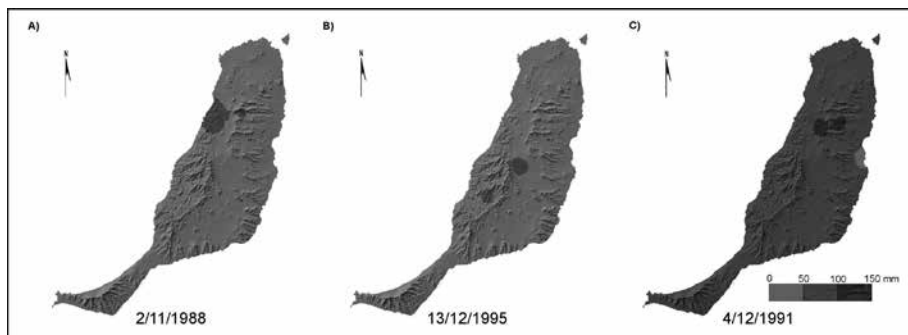


Figura 7. Distribución espacial de las precipitaciones en Fuerteventura durante las depresiones frías en altura.

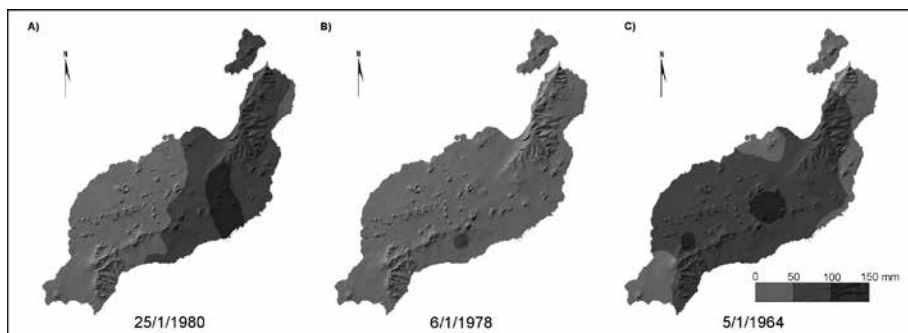


Figura 8. Distribución espacial de las precipitaciones en Lanzarote durante las depresiones frías en altura.

Cabría preguntarse si estos episodios, en los que precipitan más de 50 mm en 24 horas, se han ido incrementando en los últimos años o si, por el contrario, su frecuencia es cada vez menor. En este sentido, es significativo el elevado número de episodios que hubo en las décadas de 1971 a 1980 y de 1980 a 1990, un total de 15 y 14 respectivamente. Sin embargo, en los años de 1950 a 1960, en los que hubo fuertes tormentas en las islas occidentales, en Fuerteventura y Lanzarote solo se registraron 7 episodios, similar número al del período 2001-2009. Así pues, no se constata un incremento del número de episodios tormentosos en los sesenta años analizados, más bien lo contrario, una disminución progresiva desde los años 80 hasta la actualidad (figura 9).

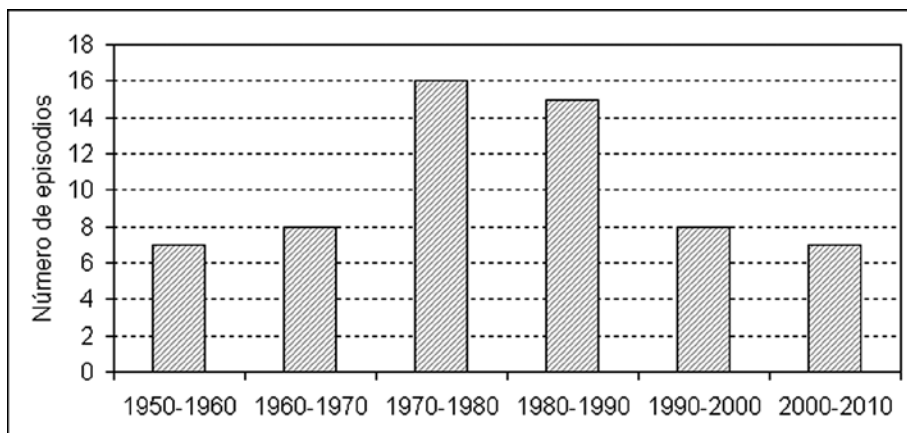


Figura 9. Frecuencia decenal de los días lluviosos con más de 50 mm en Lanzarote y Fuerteventura (1950-2009).

### 3.1.7. El potencial erosivo de las precipitaciones

Tal y como se indicó en la metodología, hay diversos índices que permiten relacionar las precipitaciones mensuales con los totales anuales, con el objeto de determinar el potencial erosivo de las precipitaciones. En el caso de Fuerteventura y Lanzarote ya se ha incidido en la importante concentración de la lluvia mensual sobre el total anual y en la importancia que tienen los aguaceros más intensos sobre sus respectivos meses y años. Sin embargo, el análisis de los resultados de los principales índices que determinan la agresividad de las precipitaciones, o su potencial erosivo, a escala mensual y anual muestra que hay contrastes significativos.

Los valores del índice de Fournier modificado (IFM) muestran valores muy bajos, siempre inferiores a 60, umbral a partir del cual pueden considerarse las precipitaciones con moderado carácter estacional (tabla 7). Si se compara ese valor obtenido con el de otras localidades de Canarias (PADRÓN et al., 1991) se evidencia que Lanzarote y Fuerteventura tienen los IFM más bajos, solo equiparables con algunas localidades de la costa de El Hierro (Lomo Negro, 46 y Orchilla, 50), de Tenerife (Faro de Rasca, 42) y de Gran Canaria. Muy lejos quedan los valores superiores a 100 de las localidades orientadas al Norte y, sobre todo, de las medianías, o los índices de más de 150 en la costa valenciana.

**TABLA 7. VALORES Y CALIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE FOURNIER MODIFICADO POR ARNOLDUS (IFM), ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES (PCI) Y FACTOR R O ÍNDICE DE EROSIÓN.**

Localidades	Alt (m)	IFM	CAL.	PCI	CAL.	R
<b>FUERTEVENTURA</b>						
El Cotillo	17	36,0	Bajo	37,4	F. estacional	42
Puerto de la Peña	19	37,5	Bajo	35,6	F. estacional	28
Gran Tarajal	23	29,1	Bajo	46,3	F. estacional	20
Morro Jable	30	35,7	Bajo	38,9	F. estacional	34
Ugán Cortijo	61	35,6	Bajo	43,1	F. estacional	30
Campeche Pocetas	155	40,8	Bajo	38,1	F. estacional	35
La Herradura	174	36,9	Bajo	36,3	F. estacional	30
Tefía	190	46,0	Bajo	34,5	F. estacional	54
Tesejerague	205	41,2	Bajo	36,2	F. estacional	35
Villaverde	207	43,0	Bajo	33,5	F. estacional	42
Agua de Bueyes	248	48,6	Bajo	34,0	F. estacional	46
Vega de Río Palmas	263	47,1	Bajo	30,9	F. estacional	61
Betancuria	415	55,9	Bajo	28,0	F. estacional	49
Máximo		48,6		46,3		61
Mínimo		29,1		30,9		<b>20</b>
<b>LANZAROTE</b>						
Aeropuerto	14	35,2	Bajo	35,1	F. estacional	32
Pechiguera	30	30,0	Bajo	32,5	F. estacional	19
Órzola	45	45,2	Bajo	31,2	F. estacional	33
Guatiza	95	41,4	Bajo	34,9	F. estacional	25
Tahíche	155	33,5	Bajo	33,7	F. estacional	23
Yaiza	155	45,4	Bajo	30,4	F. estacional	43
Mácher	190	46,1	Bajo	30,8	F. estacional	38
Vegueta-Yuco	230	51,0	Bajo	31,2	F. estacional	58
Haría	285	50,0	Bajo	28,7	F. estacional	41
Femés	350	45,5	Bajo	30,8	F. estacional	46
Máximo		51,0		35,1		58
Mínimo		30,0		28,7		19

Hay que señalar, que, a pesar de que el IFM en Lanzarote y Fuerte-

ventura muestra valores bajos, tiene una fuerte correlación con los totales anuales de precipitación (0,96) y con la altitud (0,83), lo cual permite elaborar el mapa de la distribución espacial de este índice en ambas islas (figura 10).

Por otra parte, el valor del índice de concentración de las precipitaciones (ICP) de Oliver (1980), tiene un comportamiento contrario al IFM e indica que las lluvias tienen un carácter fuertemente estacional. Esta contradicción muestra las diferencias que tiene este índice con el IFM y su nula relación con otras variables como la precipitación media anual (0,4) o la altitud (0,3). En este caso, todas las localidades se sitúan por encima de 20, lo que implica una fuerte estacionalidad de las precipitaciones, cuestión que corrobora lo indicado en los epígrafes anteriores. Estos resultados contrastan con los obtenidos en localidades valencianas (PASCUAL et al. 1991; DE LUIS, et al., 1997), pues aquellas que tienen máximas precipitaciones medias anuales tienen, igualmente, valores más altos, tanto del IFM como del ICP. En las demás islas de Canarias se evidencia esta cuestión y así, por ejemplo, el valor más bajo ICP de 16,6 en Tacoronte contrasta con el más alto del faro de Arona de 48,1.

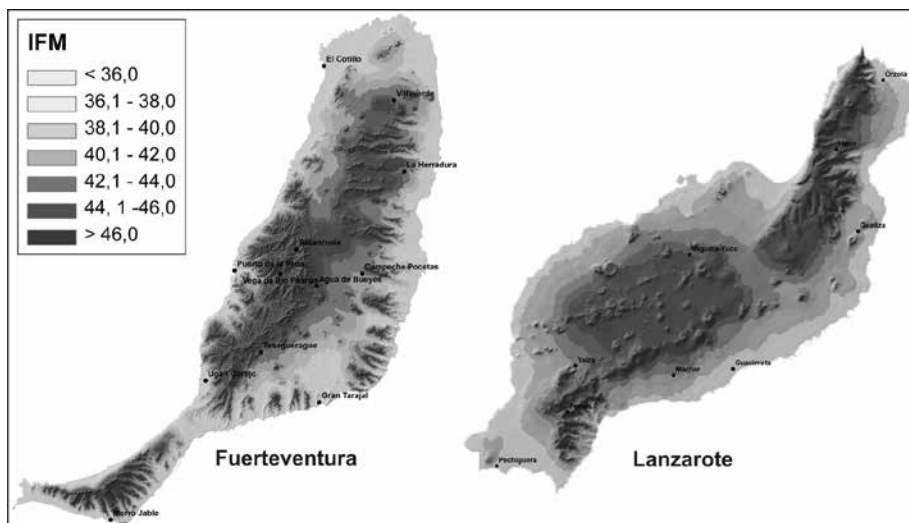


Figura 10. Distribución espacial del índice de Fournier modificado (IFM) en Lanzarote y Fuerteventura.

Con respecto a la ecuación de regresión que permite calcular el factor *R* de erosividad de las precipitaciones hay que señalar lo siguiente: no hay una relación evidente con la altitud (0,4), y los valores muestran una dispersión significativa. Los más altos se observan en las localidades de Vega



de Río Palmas (61), Tefía (54) y Agua de Bueyes (46), en Fuerteventura, y Vegueta-Yuco (58), Femés (46) y Yaiza (43), en Lanzarote. Esos valores se asemejan bastante a los obtenidos por Sánchez et al. (1985) en las zonas de costa de la isla de Gran Canaria, especialmente las orientadas al sur y oeste, así como en algunas localidades de la isla de Tenerife como Tamaimo (61) y Santa Cruz de Tenerife (65).

En general, los dos inconvenientes que dificultan el uso de estos índices para evaluar el potencial erosivo de las precipitaciones en Fuerteventura y Lanzarote son (i) que su formulación se basa en datos a escala mensual y (ii) que en ellos tiene mucho peso la cuantía total de la precipitación del año. En territorios desérticos, con lluvias muy escasas e irregulares, la agresividad de la precipitación la generan episodios diarios con una elevada concentración de la misma; unido a otros rasgos, como la falta de cubierta vegetal, las pendientes notables de algunos relieves y las características físicas de los suelos, generan importantes procesos erosivos. Por ese motivo, son precisos índices que incluyan datos a escala diaria, e incluso horaria, para así evaluar correctamente el potencial erosivo de la precipitación.

Así, el índice de concentración diaria de la precipitación propuesto por Martín Vide (1984) es más adecuado. La relación entre el número de días de lluvia y la precipitación acumulada en esos días es un buen indicador de la concentración a escala diaria y da una idea más acertada de la peligrosidad de las precipitaciones y de su potencial erosivo, sin embargo no son numerosos los estudios que abordan esa relación (DE LUIS et al., 1997).

Las imágenes que, de vez en cuando, muestran a los barrancos de las islas evacuando al mar grandes cantidades de sedimentos erosionados por las lluvias y las gavias totalmente anegadas por el fango, son reflejo de unos aguaceros muy intensos pero distribuidos irregularmente en el espacio y en el tiempo. Ello no se puede explicar teniendo en cuenta los totales mensuales y anuales de la precipitación, es preciso realizar el análisis, por tanto, a escalas con mayor resolución temporal.

Los valores diezminutales, obtenidos gracias a una extensa red de pluviógrafos, permiten realizar múltiples análisis de la precipitación y su relación con caudales en las principales cuencas de la Península, así como determinar las pérdidas de suelo, cálculos del factor de escorrentía, etc. (CAMARASA, 2002). Todo ello se ha conseguido en el ámbito de la vertiente mediterránea gracias al Sistema Automático de Información Hidrológica que, en el caso de Canarias, no se ha podido implementar, ni siquiera de forma experimental, en algunas de las principales cuencas de las islas más

montañosas donde la intensidad de las precipitaciones y el volumen de agua que se evacua a través de los barrancos es considerablemente mayor y donde, además, se han producido inundaciones graves en las últimas décadas.

### 3.1.8. ¿Incremento o descenso de las precipitaciones anuales?

Para este análisis se han considerado todos los datos disponibles de las series de Lanzarote y Fuerteventura entre 1957 y 2009. Se ha aplicado el método establecido por el IPCC, que consiste en comparar la media del período 1961-1990 con cada uno de los años, estableciendo, mediante un análisis de medias móviles, la variabilidad de las lluvias en los 53 años de análisis.

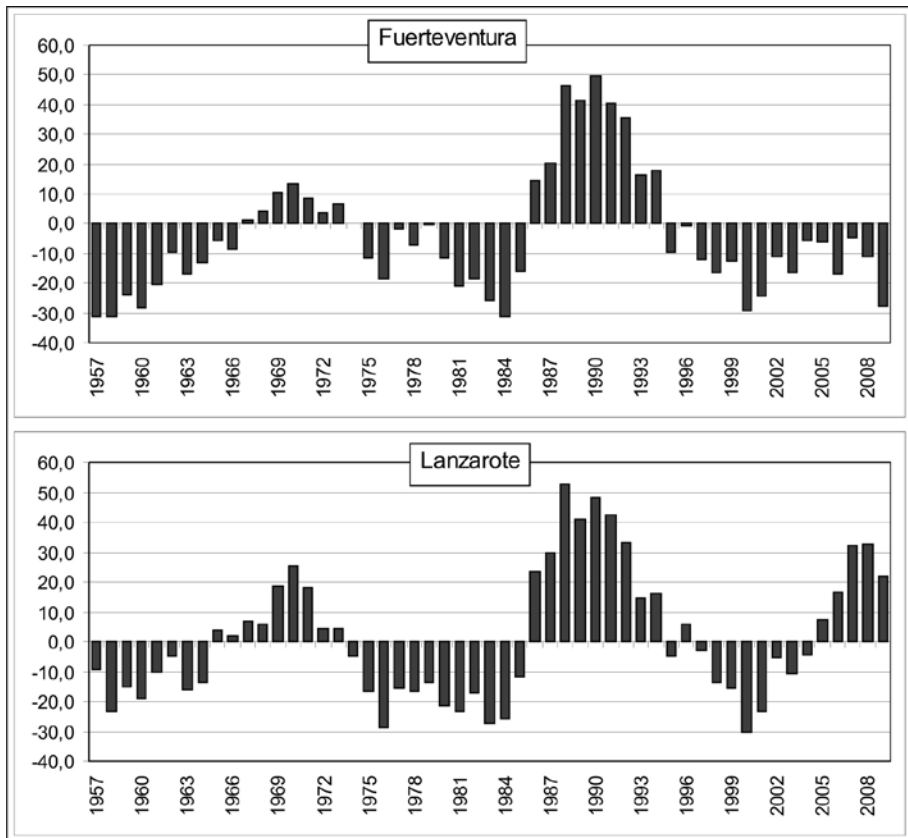


Figura 11. Anomalías de la precipitación anual en Fuerteventura y Lanzarote (1957-2009).

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 11. La fuerte irregula-

ridad de las lluvias queda de manifiesto por una alternancia de períodos, de entre 7 y 9 años, secos seguidos de un número similar de años más húmedos. Ambas islas tienen un comportamiento similar, salvo en los últimos años, desde 2005 a 2009, se observa en Lanzarote un tendencia positiva, mientras que en Fuerteventura se mantienen las secuencias negativas de los años precedentes. Ello puede deberse a una evidente falta de datos en los últimos años de las diversas series consultadas.

Así pues, con estos datos tan variables no puede afirmarse que en estas islas haya un incremento o disminución de las precipitaciones. En el caso de Lanzarote es claro que actualmente hay un período de precipitaciones positivo similar al que hubo en el período 1966-1972 o 1987-1994. Sin embargo, en Fuerteventura, desde el año 1995 (15 años), no se ha producido un cambio de la tendencia negativa que se observa en la figura 11. De confirmarse estos datos sería uno de los episodios más largos de las series que hay disponibles en la isla.

### 3.2. LAS TEMPERATURAS

#### 3.2.1. El régimen térmico

En ambas islas la temperatura media anual es cálida, alrededor de 20°C. Los días de verano se pueden calificar de muy cálidos puesto que se superan los 23°C ó 24°C de temperatura media; en cambio, los del invierno son moderados e incluso frescos porque la temperatura desciende hasta 15°C en muchos lugares. De esos registros resulta una amplitud térmica media anual moderada, entre 6°C y 8°C, con diferencias en función de la altitud y lejanía al océano. Así, en los sectores meridionales y de costa, la diferencia de temperatura entre el verano y el invierno está en torno a los cinco o seis grados centígrados mientras que en las localidades del interior y con una cierta altitud esa amplitud aumenta hasta siete u ocho grados centígrados (tabla 8).

**TABLA 8.** TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DE DIFERENTES LOCALIDADES DE FUERTEVENTURA Y LANZAROTE.

FUERTEVENTURA														
Localidades	Alt. (m)	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D	AÑO
Morro Jable	10	17,7	18,1	18,9	19,9	21,2	22,6	24,9	25,3	25,3	23,9	21,5	19,2	21,5

Corralejo	13	17,3	17,4	18,2	19,0	20,3	21,7	23,2	24,1	23,8	22,3	20,2	18,8	20,5
Jandía	25	18,4	19,4	20,1	20,2	21,2	23,0	24,1	25,3	24,6	24,2	21,2	20,1	21,8
El Matorral	29	17,1	17,3	18,1	18,7	20,0	21,7	23,4	24,0	23,7	22,3	20,3	18,3	20,4
Taca	42	17,3	18,2	18,5	18,7	19,6	20,9	22,2	22,8	22,7	21,7	20,2	18,2	20,1
El Cotillo	236	15,6	16,0	17,4	18,0	19,3	21,2	23,3	23,8	23,4	22,0	19,4	16,7	19,7
Antigua	263	15,3	16,1	17,6	18,6	19,6	20,4	21,8	23,2	22,9	21,4	18,9	16,7	19,4
Los Estancos	240	15,4	16,0	17,0	16,9	18,6	19,8	22,3	23,0	21,9	20,8	18,0	16,3	18,8
Ampuyenta	270	15,2	15,7	16,2	17,6	18,9	20,1	22,3	23,1	22,1	21,2	19,0	17,0	19,0
LANZAROTE														
Playa Blanca	6	17,4	17,8	18,5	19,2	20,2	21,4	23,1	23,8	23,5	22,1	20,2	18,6	20,5
Famara	10	16,6	17,2	17,7	18,9	20,2	21,3	21,9	23,1	23,0	22,3	20,4	18,0	20,0
La Graciosa	30	17,0	17,1	17,7	18,4	19,3	20,6	21,8	22,7	22,5	21,5	20,0	18,2	19,7
Guacimeta	48	17,3	17,4	17,9	18,2	19,7	20,8	22,8	23,7	23,3	22,4	20,1	17,9	20,1
Arrecife	110	17,0	17,5	18,5	19,0	20,1	21,6	23,3	23,9	23,7	22,6	20,2	18,2	20,5
Teguiise	110	16,9	17,8	18,4	18,9	20,3	22,0	23,4	24,5	23,3	22,4	20,0	18,2	20,5
S.Bartolomé	280	15,3	16,1	17,3	17,6	18,7	20,1	21,4	22,3	22,1	21,1	18,7	16,6	18,9
Tinajo	300	15,9	16,8	17,3	17,2	18,4	19,6	20,7	21,9	21,3	20,9	18,9	16,5	18,8
Las Vegas	370	15,1	15,8	16,9	17,0	18,1	19,7	21,2	22,0	21,6	20,7	18,4	16,2	18,6

FUENTE: AEMET. Elaboración propia.

La influencia del océano queda de manifiesto no solo en el atemperamiento del régimen térmico sino también en el retraso que se produce de los meses más cálido y más frío del año, que en las islas son agosto y enero respectivamente, en lugar de los de julio y diciembre, tal como ocurre en el continente. Ese retraso térmico por el efecto oceánico es tan manifiesto en el archipiélago canario que septiembre es siempre más cálido que julio, a pesar de ser este el mes central del verano. Lo mismo ocurre si se atiende al frío, ya que en febrero hace más frío que en diciembre en todas las localidades canarias.

### 3.2.2. La distribución espacial de la temperatura

La altitud del relieve y la distancia al mar constituyen los dos factores geográficos más importantes en los matices espaciales de la temperatura en

las islas de Fuerteventura y Lanzarote (figura 12). Así, temperaturas medias anuales inferiores a 17°C solo se consiguen por encima de 250 metros de altitud en Lanzarote (macizo de Famara en el norte, el sector central y los Ajaches en el sur) y de 300 m en el caso de Fuerteventura (La Oliva en el norte, el macizo de Betancuria en el centro y las cimas del macizo de Jandía en el sur).

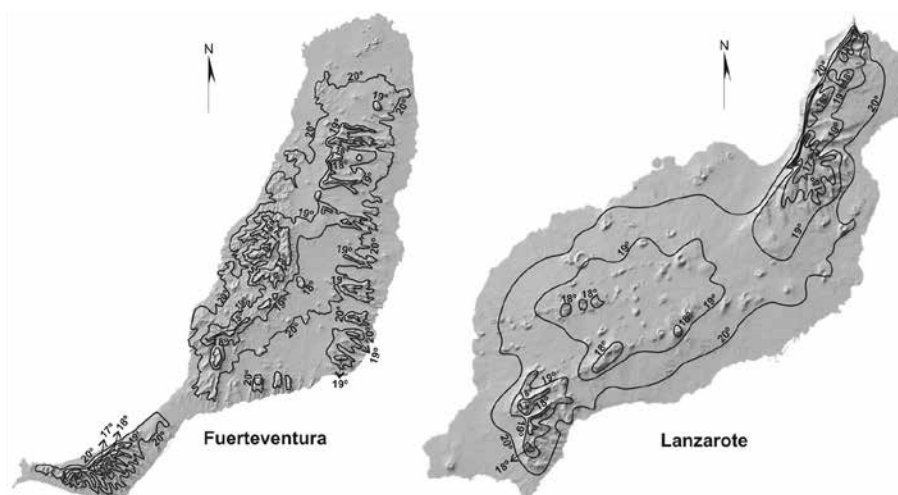


Figura 12. Mapas de isotermas medias anuales de Fuerteventura y Lanzarote.

### 3.2.3. El calendario diario de la temperatura

Los calendarios diarios de la temperatura son una herramienta útil para conseguir una visión rápida de cómo evolucionan las temperaturas en un lugar concreto en el transcurso del día y a lo largo del año. Su confección es laboriosa porque se construyen a partir de los valores medios y extremos de cada uno de los 365 días del año. En esta ocasión se han elaborado los calendarios térmicos diarios de las dos capitales insulares, Puerto del Rosario y Arrecife, y para ello ha sido necesario trabajar con la información de 14.085 días y 8.469 días respectivamente.

En ambas ciudades la temperatura media diaria durante los tres primeros meses del año es siempre inferior a 18°C; en abril predominan los días con temperaturas medias entre 18°C y 19°C, y no es hasta mediados de mayo cuando se alcanzan los 20°C. A partir de junio la temperatura media diaria se eleva un grado centígrado cada 15 días, de tal manera que a mediados de julio se consiguen los 24°C; esa temperatura se mantiene durante dos meses, hasta el 15 de septiembre, fecha en la que se produce

una inflexión en la temperatura porque comienza a disminuir lentamente, a un ritmo de un grado centígrado cada dos semanas, hasta llegar a los 18°C a finales de año (figura 13).

Las noches más frescas, con menos de 15°C, son las de los meses de enero y febrero; en mayo la temperatura nocturna es un grado centígrado más cálida que los meses precedentes, y llega a ser de 21°C durante los meses de julio, agosto y hasta la primera quincena de septiembre. A partir de esa fecha, las noches cada vez son más frescas hasta llegar a 15°C al final del año.

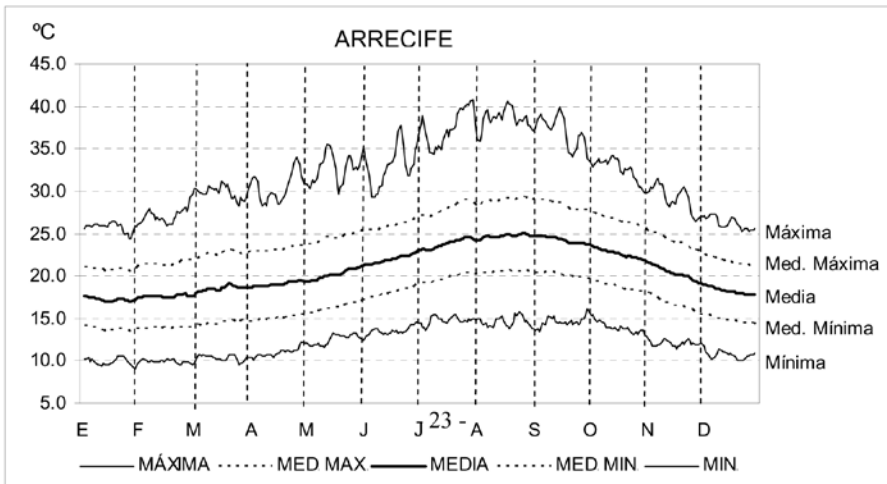
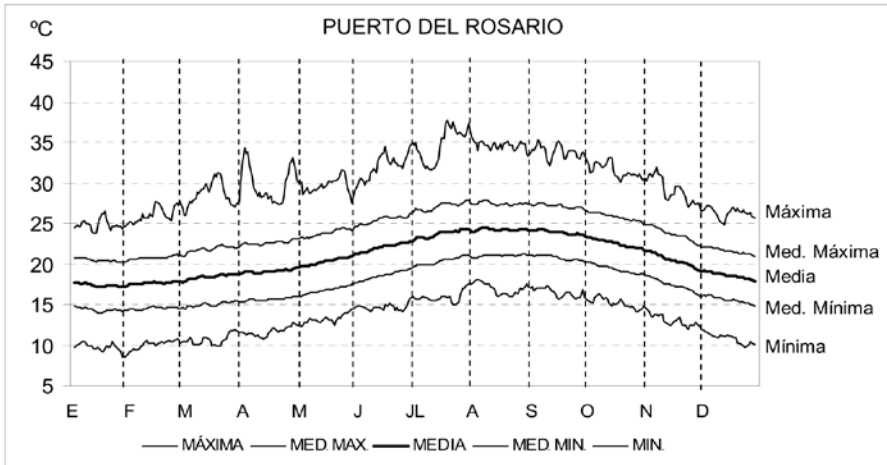


Figura 13. Calendarios de las temperaturas en Puerto del Rosario (Fuerteventura) y Arrecife (Lanzarote).

Al mediodía, el momento de mayor calor del día, la temperatura tanto en Puerto del Rosario como en Arrecife es inferior a 21°C en los meses de enero y febrero; en marzo y abril los termómetros marcan habitualmente a esa hora 22°C, y a partir de mayo el calor comienza a adueñarse de las dos ciudades porque se constata que el ritmo del aumento de la temperatura es de un grado centígrado cada 10 días hasta llegar a ser de 27°C a mediados de julio. Ese calor se mantiene durante dos meses y no es hasta primeros de octubre cuando la temperatura empieza a descender de forma continua hasta diciembre, mes en el que lo normal es 21°C durante las horas de mayor radiación solar.

La diferencia más notable entre ambas capitales se constata en las temperaturas máxima y mínima aunque en sentido inverso. Es decir, en las horas del mediodía siempre hace más calor en Arrecife que en Puerto del Rosario, sobre todo en el verano, con dos grados centígrados de diferencia a favor de la primera capital. Por el contrario, las noches son más cálidas en Puerto del Rosario que en Arrecife, sobre todo en julio y agosto. La consecuencia de esas diferencias es que en Arrecife hay una amplitud térmica superior a la de Puerto del Rosario, del orden de dos grados más.

Las efemérides de las temperaturas máxima y mínima registradas en Fuerteventura y Lanzarote indican que se han superado los 40°C y se han registrado menos de 10°C en muchas localidades de ambas islas. En la tabla 9 se indican los valores más altos y más bajos de la temperatura alcanzados en cada una de las localidades analizadas; cuando ese dato se ha producido en más de una ocasión se indican las fechas correspondientes.

**TABLA 9. VALORES EXTREMOS DE LA TEMPERATURA EN LAS ISLAS DE FUERTEVENTURA Y LANZAROTE**

Localidades	Máxima °C	Fecha	Mínima °C	Fecha
FUERTEVENTURA				
Morro Jable	42,0	29-7-2007	10,5	27-1-2007
Corralejo	37,4	4-7-1994	8,8	13-2-1994
Pájara	38,5	22-5-2003	10,5	2-11-2003
Puerto del Rosario	43,0	20-7-1975	8,0	28-1-1976
				4-2-1976
				8-3-1974
La Oliva, Taca	45,5	4-7-1994	8,0	16-1-1995
El Cotillo	40,5	25-7-2004	6,1	30-1-2005

Casillas del Ángel	41,0	5-9-1983	10,0	26-2-1984 17-3-1984
Los Estancos	44,0	20-7-1967	8,0	19-12-1966
Antigua	41,0	25-7-2004	6,4	30-1-2005
Ampuyenta	42,0	5-7-1994	7,5	5-1-1956
LANZAROTE				
Playa Blanca	44,2	12-8-2010	8,0	12-1-1999
Famara	37,7	21-5-2003	5,9	30-1-2005
La Graciosa	35,0	22-3-2002	7,0	20-1-1997
Arrecife	43,6	6-8-1980	7,0	30-5-1968
La Granja del Cabildo	42,8	12-8-2010	8,0	19-1-1994
Teguisé	42,0	4-7-1994	7,5	19-1-1994
San Bartolomé	41,5	29-7-2007	6,0	10-1-1995 2-2-2005
Tinajo	42,5	4-7-1994	7,0	7-1-2000
Tías-Masdache	41,7	4-9-2005	1,0	20-1-1995
Tías-Las Vegas	41,6	29-7-2007	6,1	7-1-2000

FUENTE: AEMET.

### 3.2.4. Anomalías de las temperaturas anuales

Del análisis de la evolución de las temperaturas anuales, tanto medias como las extremas, en los últimos cincuenta años en Fuerteventura y Lanzarote, se concluye que ambas islas están experimentando un aumento térmico. En las figuras 14 y 15 se muestran las anomalías anuales, en las tres variables térmicas, de las dos capitales, con respecto al período de referencia de 1961-1990 utilizado por el IPCC. Además, se ha aplicado la tendencia polinomial de orden cuatro para así distinguir períodos con un comportamiento térmico diferente. En ambas series se observa que los años setenta fueron más fríos de lo normal, con una anomalía con respecto al período patrón de 1°C, y, sin embargo, a partir de 1980 las temperaturas, tanto la máxima, mínima como la media, han ido incrementándose con el paso de los años hasta llegar a la actualidad.



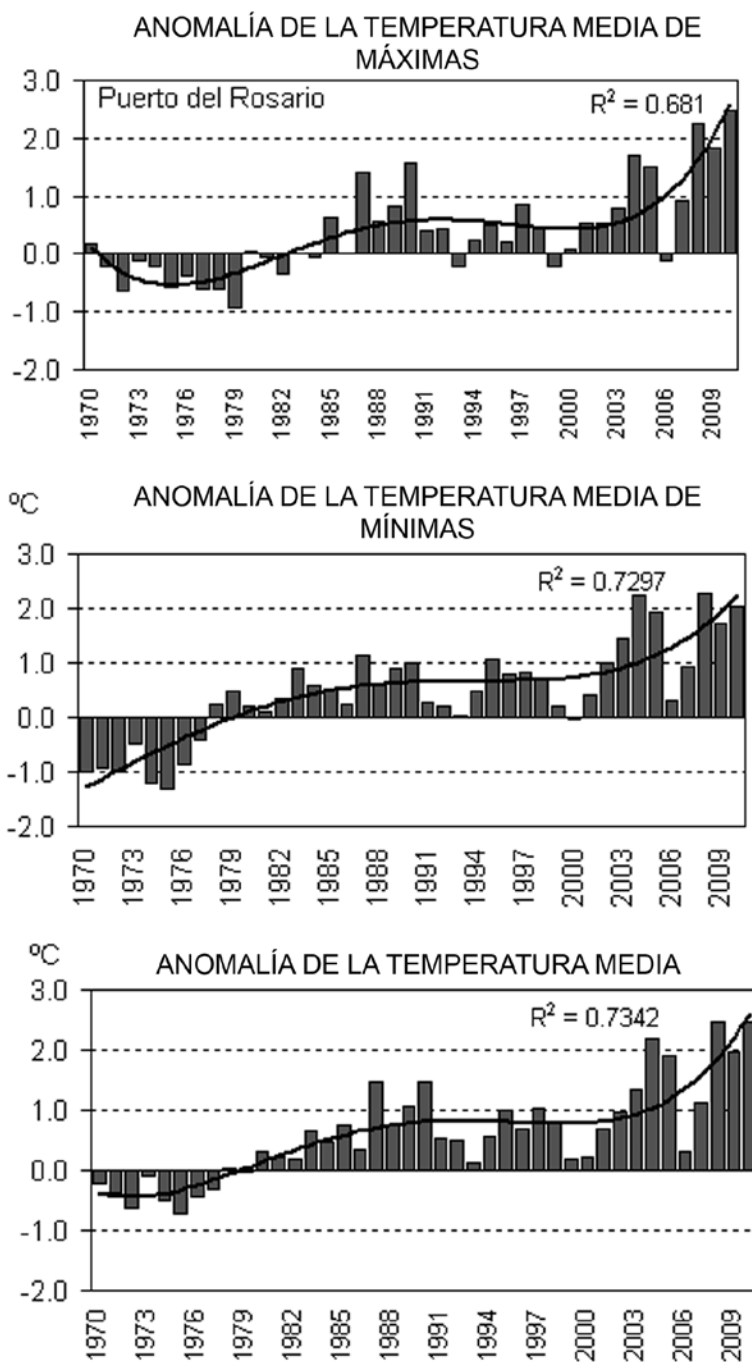


Figura 14. Anomalías de las temperaturas en Puerto del Rosario (Fuerteventura).

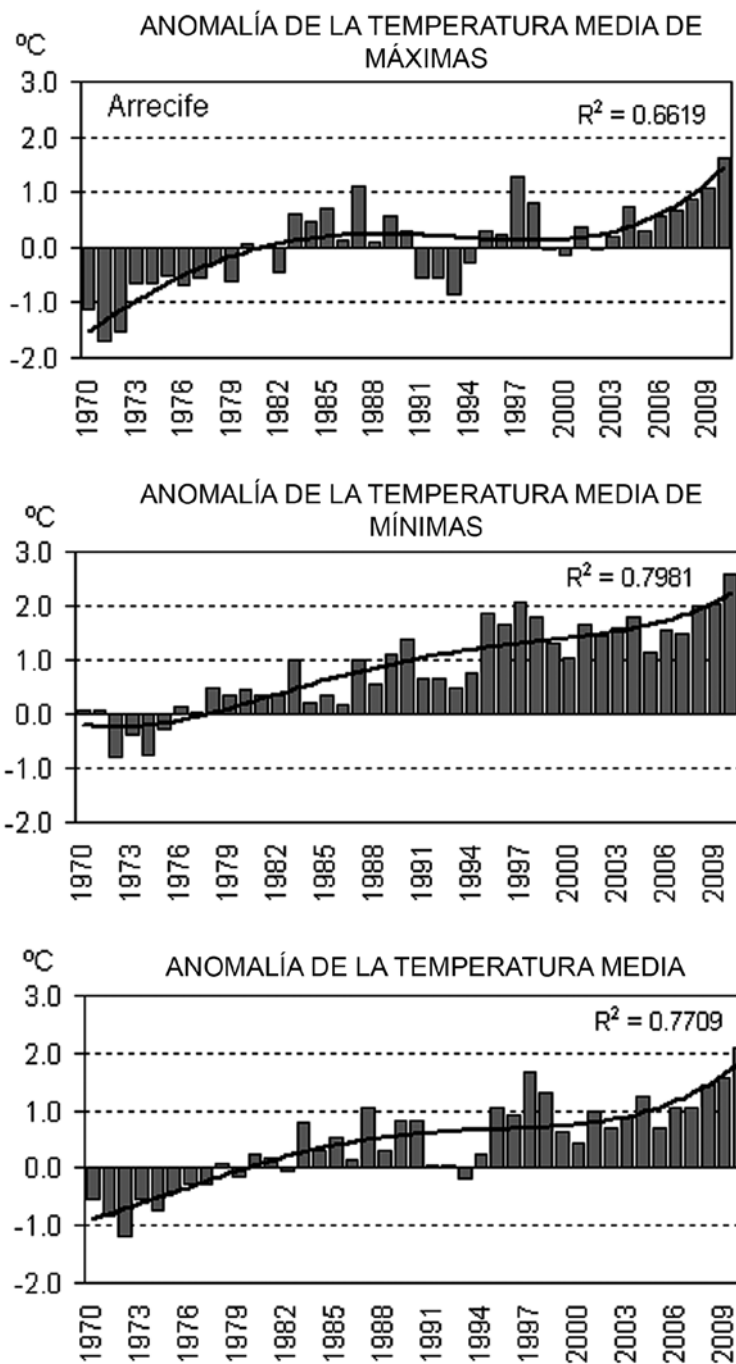


Figura 15. Anomalías de las temperaturas anuales en Arrecife (Lanzarote).

A pesar de mostrar semejante evolución térmica anual, en ambas capitales orientales existen matices diferenciadores entre ellas. El primero de ellos se refiere al decenio de los años setenta en el que las temperaturas al mediodía en Arrecife fueron claramente más frescas que las de Puerto del Rosario, mientras que en las nocturnas fue al contrario. Un segundo matiz diferenciador entre ambas ciudades se refiere al período de los diez años transcurridos del siglo XXI ya que en Arrecife el ascenso térmico, tanto de las máximas como de las mínimas, es más regular, pero también más suave, que en Puerto del Rosario.

### 3.2.5. Las noches cálidas tropicales en las ciudades de Puerto del Rosario y de Arrecife

Se denomina noche cálida, o tropical, aquella cuya temperatura es superior a 20°C. Con el fin de conocer cuál ha sido la evolución del calor en ambas capitales canarias se han contabilizado los días en los que la temperatura mínima fue superior a 20°C. Se puede afirmar que en los últimos treinta años en Puerto del Rosario las noches cálidas se han triplicado mientras que en Arrecife, en cuarenta años, las noches tropicales se han sextuplicado, pasando de representar solo el 5% de los días hasta llegar a ser el 35% de las veces en el año 2010 (figura 16).

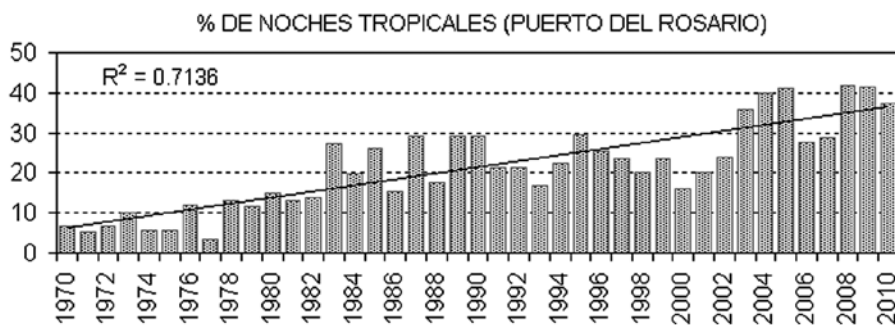


Figura 16. La frecuencia de noches cálidas en las dos capitales canarias orientales.

Con el fin de profundizar en el aumento térmico nocturno tan evidente que han experimentado ambas ciudades en los últimos años, se ha buscado en qué meses es más frecuente esa temperatura cálida, resultando que julio, agosto y septiembre reúnen el 75%, en Puerto del Rosario, y el 78%, en Arrecife, de las noches tropicales del año (figura 17). Llama la atención el alargamiento del calor nocturno hasta octubre porque este mes duplica, en

ambas capitales, el número de noches tropicales contabilizadas en junio. Desde primeros de diciembre hasta finales de mayo no se superan los 20°C durante las horas nocturnas en ninguna de las dos capitales.

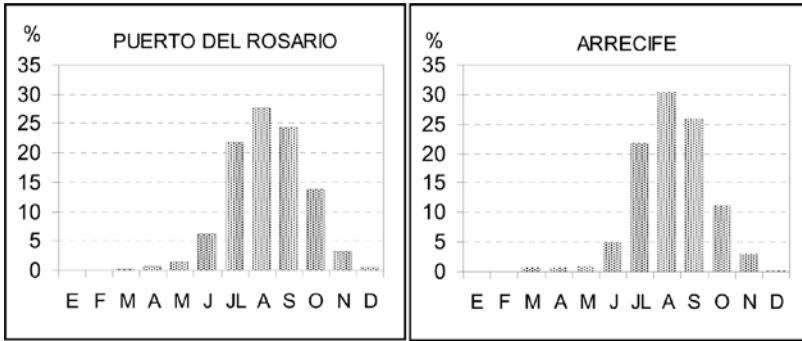


Figura 17. Frecuencia mensual de las noches tropicales en ambas capitales.

### 3.2.6. El calor del mediodía en Puerto del Rosario y Arrecife

En ambas capitales, el calor no solo se registra en las noches del verano también lo hace durante el resto del día, aunque con valores notablemente más elevados, más de 30°C. Para conocer su importancia se han contabilizado los días en los que la temperatura superó los 30°C y el análisis se ha realizado a escala mensual para así detectar cuál es el período de más calor en las dos ciudades.

En Puerto del Rosario, el 73% de los días con más de 30°C se concentran en los meses de julio, agosto y septiembre, mientras que en Arrecife esos tres meses reúnen el 75% de los días (figura 18).

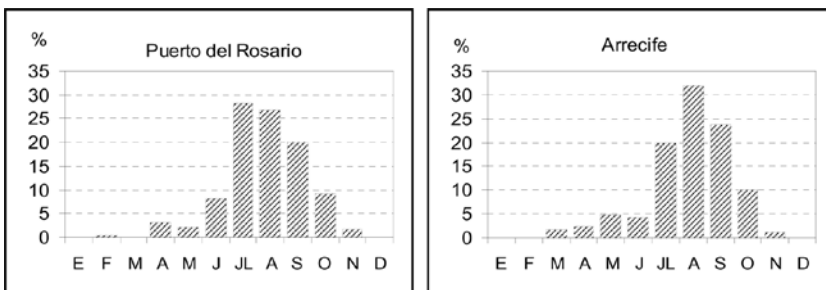


Figura 18. Frecuencia mensual de los días con temperaturas superiores a 30°C.

Se detecta una diferencia en el reparto mensual de esos días calurosos entre ambas ciudades. En Puerto del Rosario el mes con mayor número de

días calurosos es julio, seguido de cerca por agosto, mientras que en Arrecife es claramente agosto, seguido de lejos por septiembre y julio.

La prolongación del calor nocturno y diurno durante varios días puede constituir un riesgo para la población, sobre todo para aquellas personas con problemas cardiovasculares y las personas mayores o los niños. Este hecho ha justificado el análisis de las rachas cálidas. Para ello se han discriminado los días que registraron temperaturas máximas superiores a 30°C en función de su duración. De ese análisis se desprende que lo más frecuente, sobre todo en la capital de Fuerteventura, es que el calor del mediodía, con temperaturas superiores a 30°C, no dure más de un día (figura 19).

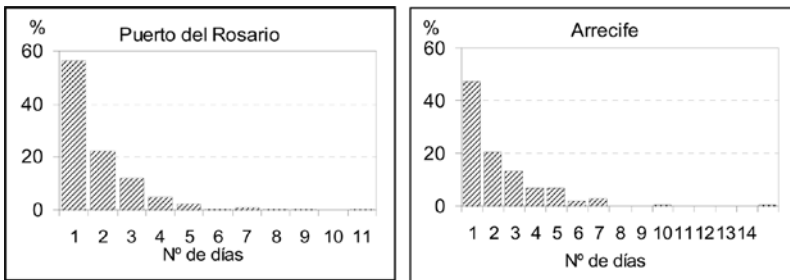


Figura 19. Duración de las olas de calor (> 30°C) en ambas capitales canarias.

En la ciudad de Puerto del Rosario, desde 1970 la ola de calor más larga duró once días y se produjo entre el 21 y 31 de agosto de 2004. En esos once días la temperatura máxima osciló entre 30,7°C y 37,1°C. En Arrecife, desde 1961, la racha de calor de mayor duración fue de catorce días, del 5 al 19 de agosto de 1976, con temperaturas máximas entre 30°C y 38°C. Durante esos días el calor no dio respiro a los habitantes de ambas ciudades porque en las noches los termómetros no descendieron de 22,4°C (figura 20).

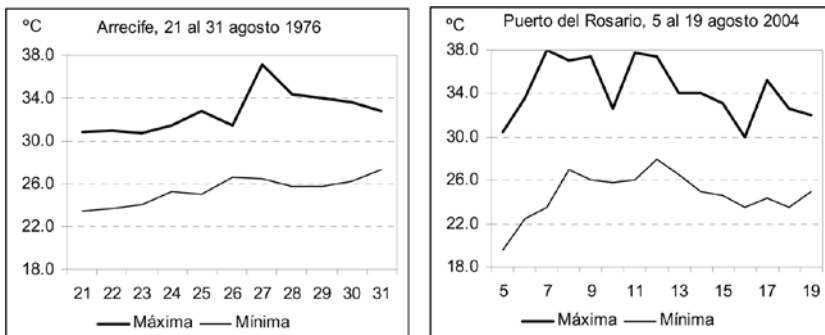


Figura 20. Evolución de la temperatura máxima y mínima en las olas de calor más largas acontecidas en Puerto del Rosario y Arrecife.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARNOLDUS, H.M. (1978): "An aproximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation", DE BOODT, M. y GABRIELS, D. (Eds.). *Assessment of erosion*, pp. 127-132. Chichester, Gran Bretaña.
- CAMARASA, A. (2002): "Crecidas e inundaciones". En AYALA-CARCEDO, F. y OLCINA, J. (Coords.). *Riesgos naturales*, pp. 859-877. Editorial Ariel, Barcelona.
- CEC (1992): *CORINE, Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community*, Comission of the European Communities. Luxembourg, 97 pp.
- DE LUIS, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C.; RAVENTÓS, J.; SÁNCHEZ, J. R.; y CORTINA, J. (1997): "Distribución espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la comunidad valenciana", *Cuaternario y Geomorfología*, 11 (3-4), pp. 33-44.
- DORTA, P. (1992): "Algunos efectos de las advecciones de aire cálido sahariano en Canarias", *VI Coloquio Ibérico de Geografía*. Oporto, pp. 833-839.
- FOURNIER, F. (1960): *Climat et érosion*. Ed, Presses Universitaires de France, Paris.
- JORDÁN, A. y BELLIFANTE, N. (2000): "Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de datos pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz)", *Edafología*, 7 (3), pp. 83-92.
- GABRIELS, D. (2000): "Rain erosivity in Europe". En RUBIO, J.L.; ASINS, S.; ANDREU, V.; DE PAZ, J.M. and JIMENO, E. (Eds.): ESSC III Int. Congreso, Key notes. *Man and soil at the Third Millennium*, Valencia, pp. 31-43.
- ICONA (1981): *Estudio del coeficiente R, factor lluvia de la ecuación Universal de Pérdidas de Suelo y del factor de agresividad de la precipitación en la vertiente mediterránea*. ICONA, Ministerio de Agricultura. Madrid, 15 p.
- MARTÍN-VIDE, J. (1984): "Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain". *International Journal of Climatology*, 24, pp. 959-971.
- MARTÍN VIDE, J. (1996): "Decálogo de la pluviometría española". En MARZOL, M.V., DORTA, P. y VALLADARES (Eds.): *Clima y agua: la gestión de un recurso climático*, Tabapress. Tenerife, pp. 15-24.

- MARZOL, M.<sup>a</sup> V. (1984): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Caja General de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. 220 pp.
- MARZOL, M.<sup>a</sup> V.; YANES, A.; ROMERO, C.; BRITO DE ACEVEDO, E.; PRADA, S. y MARTINS, A. (2006): “Los riesgos de las lluvias torrenciales en las islas de la Macaronesia (Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde)”. En CUADRATS, J.M. et al., (eds.): *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, pp. 443-452.
- MÁYER, P. y ROMERO, L. (2006): “Causas meteorológicas y distribución espacial de las lluvias intensas en las Canarias orientales (1951-2003)”. En CUADRATS, J.M. ET AL. (eds.). *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, pp. 443-452.
- MÁYER, P. (2011): *Lluvias e inundaciones en Gran Canaria, Islas Canarias, España*. Editorial Académica Española, Madrid, 385 pp.
- MICHELIS, P. and GABRIELS, D. (1996): Rain variability indices for the assessment of rainfall erosivity in the Mediterranean region. En RUBIO, J.L. and CALVO, A. (eds.): *Soil degradation in Mediterranean environments*. Geoforma ediciones, Logroño, pp. 49-79.
- ROMERO, L.E. y MÁYER, P. (2002): “El medio natural: el clima de Lanzarote”. En *Geografía, historia general de Lanzarote I*. Servicio de Publicaciones del Cabildo de Lanzarote, pp. 57-90.
- OLIVER, J.E. (1980): “Monthly precipitation distribution: a comparative index”. *Professional Geographer*, 32 (3), pp. 300-309.
- PADRÓN, P.A.; GONZÁLEZ, M.C.; HERNÁNDEZ, L.A.; JIMÉNEZ, C.C.; ORTEGA, M.J.; RODRÍGUEZ, A.; TORRES, J.M. y VARGAS, G.E. (1991): “Erosividad de las lluvias en las islas Canarias occidentales”. *XVIII Reunión Nacional de Suelos*, Universidad de La Laguna, Tenerife, pp. 459-470.
- PASCUAL, J.A.; AÑÓ, C.; SÁNCHEZ, J.; MASÍÁ, F.M.; ARNAU, E. (2001): “Valoración de la idoneidad de los índices PCI y MFI para estimar la concentración y agresividad de las precipitaciones en la Comunidad Valenciana”. *Rev. C. & G.*, 15 (3-4), pp. 77-84.
- SÁINZ-PARDO, A. (1998): “Determinación de parámetros que caracterizan los episodios de calima en Lanzarote”. *Calendario Meteorológico*, I.N.M., pp. 261-264.
- SÁNCHEZ, J.; RÍOS, C., PÉREZ-CHACÓN, E. y SUÁREZ, C. (1985):

*Cartografía del potencial del medio natural de Gran Canaria*, 165 pp. y anexos cartográficos. Cabildo Insular de Gran Canaria, Universidad de Valencia y Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

SÁNCHEZ-LORENZO, A. y MARTÍN-VIDE, J. (2006): “Distribución espacial de la concentración pluviométrica diaria en la península Ibérica”. *Proceedings 5.ª Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, sesión Climatología y Cambio Climático (CD-ROM).

SCHNABEL, S. (1998): “La precipitación como factor en los procesos hidrológicos y erosivos, Análisis de datos de Cáceres capital”. *Norba*, 10, pp. 137-154.

WISCHMEIER, W.H. (1960): “Cropping-management factor evaluation for a universal soil loss equation”. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.*, 24, pp. 322-326.