

LA NATURALEZA DESÉRTICA DE FUERTEVENTURA
Y LA EROSIONABILIDAD DE SUS PRECIPITACIONES

PABLO MÁYER SUÁREZ
LIDIA ESTHER ROMERO MARTÍN

1. INTRODUCCIÓN

Los resultados preliminares del Programa de Acción Nacional contra la Desertización (PAND) ponen de manifiesto que Canarias, junto con Andalucía, Murcia y Valencia son las comunidades autónomas con mayor riesgo de desertificación en España. A su vez, en nuestra comunidad, la provincia de Las Palmas presenta el cien por cien de su territorio afectado por ese fenómeno de degradación ambiental que supone la pérdida de productividad biológica y económica de todo tipo de tierras como cultivos, pastizales y bosques. La causa de este fenómeno global que amenaza, según datos de las Naciones Unidas, a la cuarta parte de las tierras del planeta y a 250 millones de personas, es la acción conjunta de las características climáticas de las tierras áridas y desérticas y diversas actividades humanas como el cultivo, el pastoreo excesivo y la deforestación.

Desde la Dirección General para la Biodiversidad (Ministerio de Medioambiente) se están realizando estudios sobre el avance de la desertificación en España, los cuales se estructuran en dos aspectos:

- Un inventario nacional de erosión de suelos que contemple los procesos de erosión y su evolución en el tiempo.
- Una red de estaciones experimentales de seguimiento y evaluación de la erosión para la obtención de un banco de datos sobre el ciclo de erosión, el ciclo del agua y la calidad del agua.

La isla de Fuerteventura es, de las tres que componen la provincia oriental de Canarias, la que de forma más acusada manifiesta en su paisaje un avanzado estado de desertificación. Por tal motivo, el ejecutivo canario tiene previsto acometer, con carácter preferente, las primeras acciones para mitigar las consecuencias de este fenómeno en dicha isla.

Por otro lado, es evidente que las diversas variaciones climáticas acaecidas en el pasado geológico han sido las encargadas, durante un período de tiempo prolongado (más de 14 millones de años), de remodelar el paisaje volcánico ori-

ginal. Así, los primitivos edificios en escudo se han transformado en formas de relieve erosivas, que predominan en el paisaje mayorero actual. Entre otras, destacan las siguientes geoformas: macizos antiguos muy erosionados, valles en U (muchos de ellos acéfalos), interfluvios en cuchillo, edificios volcánicos encalichados, glaciares y sectores de costa acantilados.

El objetivo general de este trabajo es conocer la distribución espacial y temporal de las precipitaciones en Fuerteventura, los umbrales máximos que cabe esperar se produzcan en esta isla y el potencial erosivo de las mismas. Este objetivo puede contribuir a la elaboración del banco de datos sobre los ciclos de erosión y del agua que actualmente elabora la Dirección General para la Biodiversidad.

Partimos de la hipótesis de que las condiciones climáticas actuales, concretamente las pluviométricas, no son suficientes ni justifican por sí solas las grandes escorrentías que se registran tras un episodio de lluvias intensas que, además, dan lugar a las típicas imágenes del litoral mayorero enturbiado por los sedimentos transportados hasta el mar.

2. METODOLOGÍA

Para proceder al análisis de las características generales de la pluviosidad en Fuerteventura se han seleccionado 24 de las 42 estaciones pluviométricas que actualmente gestiona el Servicio Hidráulico de Las Palmas (Dirección General de Aguas, Gobierno de Canarias). La selección de estas estaciones obedece a los siguientes criterios: la longitud de las series (más de 30 años), que sean completas y una buena distribución espacial. La mayor parte de los pluviómetros se localiza en los macizos de Tetir y Betancuria, áreas donde los registros pueden variar considerablemente de unas cuencas a otras. Sin embargo, en el macizo de Jandía, hacia el sudoeste de la isla, donde están las máximas altitudes, sólo existe un pluviómetro a una cota de 30 m sobre el nivel del mar (Morro Jable).

Hay que señalar que algunas estaciones comienzan sus series hacia mediados del siglo XX, mientras que otras lo hacen hacia la década de los años setenta de ese mismo siglo. Por este motivo, el período de análisis escogido para esta investigación ha sido los 33 años comprendidos entre enero de 1971 y diciembre de 2003. Aquellos meses en los que no existen datos se han calculado con las estaciones más cercanas con índices de correlación superiores al 0,7.

Se han trabajado los totales mensuales, anuales, las máximas en 24 horas y el número de días de lluvia de cada una de las series. A cada una de ellas se le aplicó un tratamiento estadístico básico (centralidad, dispersión y frecuencias). Sin embargo, el análisis de los datos de la lluvia diaria se realizó con las siete series completas, las de El Cotillo, Villaverde, Vallebrón, Tuineje, Pozo Negro, Castillo de Lara y Tesegueraque, que presentan una buena distribución espacial.

Por otro lado, y con el objeto de determinar el potencial erosivo de las lluvias, se aplicaron cuatro índices: el de Fournier modificado (F_m); el índice de concentración de las precipitaciones (IPC), el índice de concentración máxima diaria (F_{24}) y el factor R o índice de erosión pluvial.

3. RESULTADOS

3.1. *La precipitación anual, estacional y mensual*

Uno de los rasgos climáticos más característicos de Fuerteventura es su extrema sequedad. Prueba de ello son los escasos 136,6 mm que se registran de lluvia media anual, concentrados en apenas 23 días de lluvia (también en promedio), por lo que sólo llueve un 6% de los días del año. Estos valores medios son similares a los 146,3 mm de su vecina isla de Lanzarote (Romero y Máyer, 2002).

La principal causa de esta indigencia pluviométrica es su posición en el extremo este del archipiélago, cercano al vecino continente africano, lo que se traduce en un debilitamiento general de los sistemas frontales que, procedentes del cuarto cuadrante, llegan a Canarias, bien asociados a borrascas que descienden en latitud, bien aquellos otros que se desplazan por el flanco oriental y meridional del anticiclón de las Azores. Estos últimos, asociados a vaguadas de aire polar marítimo en las capas medias y altas, generan, especialmente en las islas occidentales, lluvias importantes en los meses de finales del otoño y principios de la primavera. Además, la ausencia de relieves significativos que favorezcan el estancamiento y la canalización de los flujos de aire, húmedos e inestables, procedentes del norte y noroeste es otra de las causas de esta escasez de las lluvias.

El análisis de la distribución espacial de las lluvias medias anuales permite identificar dos áreas de máxima pluviosidad, con valores ligeramente superiores a los 200,0 mm anuales, concordantes con las zonas culminantes de la isla (figura 1). Estas zonas son las siguientes: el macizo de Betancuria, en el centro de la isla con altitudes máximas de 650 m (Betancuria: 215,2 mm) y Tetir, en el norte de la isla con cotas máximas en el pico de la Muda a 689 m de altitud (Tetir: 215,6 mm). A estos dos sectores podría añadirse el macizo de Jandía, con su cota máxima en el pico de la Zarza (807 m) en el extremo sudoeste de la isla. En este ámbito, y pese a la inexistencia de pluviómetros, se ha dibujado la isoyeta de 150,0 mm por analogía a lo que sucede en los demás macizos montañosos de la isla.

Esta isoyeta de 150,0 mm, además de la península de Jandía, delimita sendas zonas prácticamente concéntricas a las de máxima pluviosidad. Los macizos de Betancuria y de Tetir localizan estas dos isoyetas separadas por una extensa zona considerablemente llana, de unos 200-250 m de altitud media, donde las

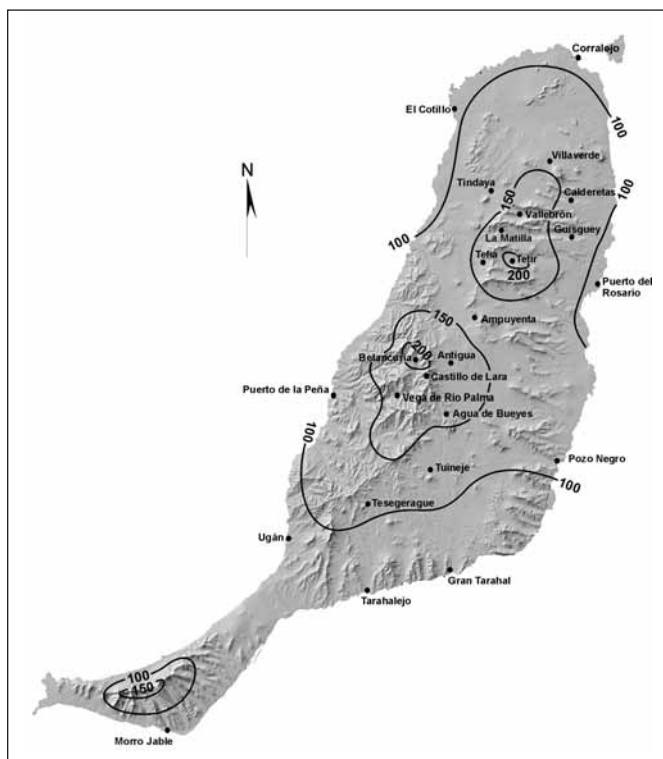


Figura 1. Isoyetas medias anuales en Fuerteventura (1971-2003).

lluvias son menores (Ampuyenta: 133,3 mm). Esa área comprende parte del malpaís y jable septentrional, la llanura interior y buena parte de la llanura oriental.

Finalmente, la isoyeta de 100,0 mm separa las zonas más secas de la isla, que son las siguientes: las franjas costeras del norte, noroeste y nordeste y todo el sector meridional al sur de Pozo Negro y del macizo de Betancuria, a excepción de las cotas más elevadas de la península de Jandía.

En la tabla 1 se presentan los principales valores estadísticos de las distintas series. Según se puede observar, en todas éstas la mediana es inferior a la media, lo que evidencia un predominio de los años secos sobre los lluviosos. Esta cuestión se observa de forma más clara en aquellas series donde los años secos llegan a duplicar a los lluviosos como, por ejemplo, en Calderetas, Puerto de la Peña y Pozo Negro. Por el contrario, aquellos casos en los que el número de años secos y lluviosos prácticamente coincide, las diferencias entre la media y la mediana son inferiores a 5,0 mm (Castillo de Lara o Tuineje).

TABLA 1. PRINCIPALES VALORES ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES
PLUVIOMÉTRICAS EN FUERTEVENTURA (1971-2003)

<i>Estación</i>	<i>Media</i>	<i>Mediana</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Índice de Amplitud</i>	<i>Desviación tipo</i>
NORTE						
Corralejo	85.4	73.6	203.1	34.4	168.7	45.4
Cotillo	96.6	84.3	283.3	42.5	240.8	49.5
Villaverde	141.1	124.7	521.9	46.4	475.5	92.2
Tindaya	118.4	113.8	274.3	41.1	233.2	54.1
Calderetas	145.3	127.9	446.1	50.6	395.5	87.8
Vallebrón	170.0	145.0	400.2	63.3	336.9	78.4
La Matilla	177.5	155.0	446.6	73.1	373.5	81.7
Guisgüey	133.6	117.4	416.8	41.8	375.0	74.6
Tefía	157.7	128.0	506.5	50.3	456.2	102.4
Tetir	215.6	165.0	682.9	65.8	617.1	139.6
CENTRO						
Ampuyenta	133.3	116.7	362.4	54.0	308	4 71.4
Betancuria	215.2	206.3	487.4	80.7	406.7	91.7
Antigua	170.4	148.7	469.5	76.5	393.0	84.4
Castillo de Lara	196.2	192.6	488.9	76.3	412.6	91.8
Puerto de la Peña	111.0	88.2	386.7	24.0	362.7	83.9
Vega Río Palma	164.3	157.7	471.4	68.1	403.3	85.4
Agua de Bueyes	157.7	132.4	429.4	59.9	369.5	80.6
Tuineje	125.1	120.8	382.9	42.2	340.7	64.7
Pozo Negro	102.9	85.5	311.8	24.0	287.8	61.0
SUR						
Teseguera	126.2	106.6	374.5	45.3	329.2	65.6
Ugán	90.8	76.3	292.9	37.9	255.0	54.4
Gran Tarahal	73.3	67.8	208.1	20.7	187.4	44.1
Morro Jable	93.7	80.9	219.6	32.9	186.7	45.8

El análisis de la desviación tipo permite conocer la variabilidad interanual de las lluvias. En líneas generales, se observa una mayor dispersión de los datos en las zonas más lluviosas, concordantes con las áreas de mayor altitud. En todas ellas los valores son superiores a los 70,0 mm, destacando los máximos de Tetir (139,6 mm) y Tefía (102,4 mm) en el norte, y Betancuria (91,7 mm) y Castillo de Lara (91,5 mm) en el centro. En estos ambientes la variabilidad interanual de las lluvias es considerable, pues se da el caso de algunos años donde sólo precipita la mitad de la media (en casos extremos 1/3), y años en los que se llega a triplicar ese valor. Por el contrario, en las zonas de costa las lluvias son considerablemente escasas, y excepcionales los años en los que precipita menos de la mitad de la media.

Otro cálculo que permite incidir aún más en la acusada irregularidad interanual de las lluvias es el índice de amplitud aplicado a las estaciones seleccionadas. En este caso, la diferencia entre el año más lluvioso y el más seco evidencia máximos por encima de los 400 mm en las zonas culminantes de Tetir y Betancuria (el máximo es de 617,1 mm en Tetir), mientras que en las zonas de costa esos valores no alcanzan los 300 mm. Únicamente en la costa occidental de Fuerteventura se superan los 350 mm. Es el caso del Puerto de la Peña, estación que también tiene un valor considerablemente alto de la desviación tipo (83,9 mm).

En definitiva, la acusada irregularidad es, quizás, la principal característica de las lluvias en Fuerteventura. Ese rasgo es particularmente acentuado en las zonas más lluviosas, a las que hay que añadir el sector de costa occidental. Sin embargo, en las demás zonas de costa las lluvias, aun siendo irregulares, lo son menos que en las anteriores, pues las diferencias entre los distintos años de la serie no son tan acusadas.

La clasificación de los valores anuales de la lluvia proviene del análisis de los quintiles, método que tiene el inconveniente de considerar únicamente el volumen total de agua precipitada en un año, independientemente de que ésta se produzca en un único episodio lluvioso, como sucede en algunos años de las series. Sin embargo, permite clasificar los años en muy secos, secos, normales, lluviosos o muy lluviosos.

El quinquenio 1987-1991 puede considerarse como el más lluvioso en toda la isla, 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 algunos casos, como en Villaverde, la lluvia caída ese año casi cuadruplica la media, y es considerable el número de estaciones que la triplican. Otros años muy lluviosos en toda la isla fueron 1972, 1980 y 1996.

Por el contrario, el trienio 1973-1975 así como el bienio 2000-2001 pueden considerarse como los más secos para el conjunto de la isla. De la misma manera, los años 1981, 1983 y 1992 fueron secos o muy secos en toda la isla, sobre todo 1983, pues numerosas estaciones del norte y centro-sur de la isla tienen ese año como el más seco de sus series.

La variabilidad espacial de las lluvias también se refleja en este análisis de los quintiles. Prueba de ello es que numerosos años fueron clasificados como lluviosos o muy lluviosos en unas estaciones, mientras que en otras ese mismo año aparece como seco o muy seco. Por ejemplo, los años 1976 y 1977 fueron muy lluviosos en el norte de la isla, lluviosos en el centro y secos o muy secos en la costa este y sur. Incluso dentro de un mismo ámbito, un año puede clasificarse como lluvioso o muy lluvioso en unas estaciones y en otras cercanas puede ser seco o muy seco, como por ejemplo 1986 o 2003. Ello es debido, en este último caso, a las lluvias de enero, octubre y noviembre. Mientras que las de octubre fueron abundantes en la práctica totalidad de las estaciones del norte, las de enero y noviembre dejaron volúmenes considerables sólo en algunas localidades.

En Fuerteventura las lluvias se concentran durante el invierno, período en el que la isla recibe el 56,7% de la lluvia anual, seguido del otoño (23,3%), la primavera (19,7%) y el verano (0,3%). Estas lluvias invernales, obedecen, básicamente, al descenso en latitud de las borrascas procedentes del frente polar. Cuando estas perturbaciones se localizan muy próximas a nuestras islas, sobre todo en el extremo noroeste del archipiélago, los frentes perturbados penetran por el sur y sudoeste, por lo que afectan a todas las islas, incluso las más orientales. Con la llegada de la primavera la incidencia de estas perturbaciones es cada vez menor, hasta que se restablece el régimen de los alisios en los meses del verano. En éstos, las lluvias son prácticamente inapreciables e, incluso, en algunas localidades no ha caído ni una gota en los 33 años analizados.

A la fuerte irregularidad interanual de las lluvias, ya mencionada, se añade su desigual reparto a lo largo del año (tabla 2). En este sentido, es significativo que en un 35% de los años de la serie diciembre haya sido el mes más lluvioso, seguido de enero (20%), noviembre (14%) y febrero (13%). De la misma manera, las medias mensuales evidencian que el mes de diciembre es el que registra los mayores volúmenes, con valores que oscilan entre máximos próximos a los 50,0 mm en las zonas más lluviosas del norte y centro de la isla y los exiguos 20,0 mm de las zonas de costa. Al mes de diciembre le sigue enero con cantidades considerablemente inferiores y próximas a los 35,0 mm de Betancuria y Tetir y valores cercanos a los 15 mm como los de Tarahalejo y Corralejo.

Por otro lado, la importancia que tienen las lluvias recogidas en el mes más lluvioso de cualquiera de los años de la serie es considerable. En este sentido, es significativo que la cantidad de lluvia recogida en ese mes es siempre superior al 20% del total anual, si bien lo más frecuente es que esa cantidad suponga entre el 20% y el 60% del total anual. Ese porcentaje se ha llegado a superar en las localidades donde las lluvias medias anuales son menores, pues en ellas la lluvia recogida en el mes más lluvioso puede llegar a suponer entre el 80% y el 100% de las lluvias anuales, cuestión que se observa en 4 de los 33 años de la serie de Ugán y en 3 de las series de Antigua, Tuineje, Pozo Negro, Teseguerague, Gran Tarahal y Morro Jable. También es significativo el hecho de que en algún año sólo ha llovido un mes.

TABLA 2. PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES (1971-2003)

<i>Estación</i>	<i>ENE</i>	<i>FEB</i>	<i>MAR</i>	<i>ABR</i>	<i>MAY</i>	<i>JUN</i>	<i>JUL</i>	<i>AGO</i>	<i>SEP</i>	<i>OCT</i>	<i>NOV</i>	<i>DIC</i>
NORTE												
Corralejo	14.0	11.5	10.9	4.7	0.8	0.0	0.0	0.2	2.8	6.1	13.1	21.2
Cotillo	15.9	12.9	10.6	3.4	1.2	0.1	0.0	0.0	4.1	7.1	15.8	25.7
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
Tindaya	19.7	14.5	13.8	5.7	1.7	0.0	0.1	0.0	4.9	9.3	19.2	29.5
Vallebrón	27.1	23.5	19.1	9.2	2.5	0.3	0.2	0.1	9.6	13.5	23.0	42.1
Guisgüey	22.9	20.0	18.0	8.8	1.1	0.1	0.0	0.1	3.1	7.9	15.7	35.8
Calderetas	24.6	21.4	21.5	11.5	2.4	0.5	0.1	0.4	2.8	9.6	16.2	34.4
La Matilla	31.6	23.9	21.3	9.3	3.1	0.3	0.2	0.1	9.1	13.5	24.3	40.9
Tetir	37.9	32.5	25.8	13.1	4.5	0.2	0.0	0.0	10.0	12.8	27.7	51.1
Tefía	25.2	23.0	20.3	7.3	2.3	0.2	0.1	0.1	5.3	12.3	22.6	38.9
CENTRO												
Ampuyenta	22.5	17.0	17.7	7.1	1.5	0.1	0.0	0.0	3.9	8.8	18.9	35.8
Betancuria	35.6	29.3	28.4	14.4	4.2	0.9	0.3	0.4	5.6	17.9	26.7	51.5
Antigua	28.8	22.3	23.5	9.3	2.4	0.2	0.2	0.0	4.3	10.1	22.2	47.0
Castillo de Lara	33.3	26.7	25.9	11.0	3.8	0.9	0.3	0.3	6.2	15.1	25.8	46.9
Puerto de la Peña	17.4	16.5	14.4	5.6	1.6	0.1	0.0	0.0	2.3	7.9	14.4	30.9
Vega Río Palma	28.7	24.5	21.7	7.7	3.0	0.5	0.0	0.1	4.7	12.1	21.6	39.7
Agua de Bueyes	25.2	23.1	24.2	8.3	1.6	0.1	0.0	0.0	3.7	10.8	19.0	41.8
Pozo Negro	18.3	14.8	13.9	5.3	1.1	0.0	0.6	0.1	1.7	7.0	11.4	28.7
Tuineje	20.8	18.9	16.6	7.8	1.2	0.0	0.0	0.0	3.4	7.5	13.5	35.2
SUR												
Tesgueraque	22.4	18.5	15.7	6.4	1.5	0.1	0.1	0.0	2.1	8.9	16.6	33.7
Ugán	14.7	13.9	11.8	4.2	1.3	0.0	0.3	0.0	1.8	5.9	10.8	26.2
Gran Tarahal	13.2	9.9	8.4	2.9	0.3	0.0	0.3	0.1	1.2	4.5	9.6	22.8
Morro Jable	17.0	14.9	11.8	4.3	0.9	0.1	0.0	0.0	3.3	4.8	12.5	23.9

Por otro lado, del análisis de la intensidad de la lluvia diaria se desprende que lo más frecuente es que ésta sea débil o muy débil, pues el 85% de los días en que ha llovido en Fuerteventura lo ha hecho con una intensidad comprendida entre 0,1 y 10,0 mm. Un 9% de los días de lluvia tiene una intensidad comprendida entre 10,1 y 20,0 mm, mientras que precipitaciones superiores a los 20,0 mm en 24 horas sólo se han registrado en un 6% de los días con precipitación apreciable.

Tal y como señala Marzol (1988), las lluvias diarias de intensidad entre 1,1 y 10,0 mm suelen acompañarse de vientos del primer cuadrante, los cuales son muy frecuentes a lo largo del año, básicamente en invierno y primavera. Las lluvias de más de 30,0 mm en 24 horas, capaces de generar procesos erosivos importantes, sólo se han producido en un 2,7% de los días de lluvia, mientras que lluvias muy fuertes, de más de 50,0 mm son excepcionales, pues sólo el 0,9% de

los días de lluvia tiene tal intensidad. Éstas se asocian a vientos del sudoeste, los cuales 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 barrancos que llevan abundante caudal con sedimentos.

3.2. La intensidad de la precipitación: los días más lluviosos

Tal y como puede observarse en la tabla 3, las precipitaciones máximas en 24 horas del período analizado oscilan entre los 62,1 mm de Morro Jable (noviembre de 2001) y los 125,0 mm caídos en Puerto de la Peña (diciembre de 2001).

TABLA 3. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (MM)
EN FUERTEVENTURA (1971-2003)

<i>Nombre</i>	<i>Valor máximo 24 horas</i>	<i>Año y mes</i>	<i>Total año</i>	<i>% año Máx. 24h</i>	<i>Media anual</i>
NORTE					
Corralejo	80,9	ene-92	197,2	41,0	22,7
Vega del Río Palma	87	dic-82	165,8	52,5	27,8
Villaverde	109,4	feb-89	521,9	21,0	32,7
Tindaya	92,4	dic-72	220,8	41,8	28,7
Calderetas	109,7	feb-89	446,1	24,6	37,2
Vallebrón	98	sep-84	214,5	45,7	37,0
Guisgüey	80,4	feb-89	416,8	19,3	33,1
La Matilla	109	dic-72	245,8	44,3	37,4
Tefía	118,8	dic-91	450,6	26,4	32,3
Tetir	158	sep-84	376,8	41,9	42,8
CENTRO					
Ampuyenta	78,5	dic-91	260,4	30,1	29,7
Betancuria	88,6	dic-91	405,6	21,8	35,1
Vega del Río Palma	110	feb-71	270,4	40,7	32,6
Antigua	96	feb-89	469,5	20,4	38,8
Castillo de Lara	83	dic-91	401,1	20,7	35,4
Puerto de la Peña	125	dic-91	386,7	32,3	31,0
Agua de Bueyes	80	dic-91	326,4	24,5	32,6
Pozo Negro	85	dic-91	247,9	34,3	27,8
Tuineje	83,5	feb-89	382,9	21,8	33,9
SUR					
Tesegerague	80,2	feb-89	374,5	21,4	32
Ugan Cortijo	100	dic-91	221,7	45,1	29,6
Gran Tarajal	80,9	dic-91	197,2	41,0	22,7
Morro Jable	62,1	nov-01	88,7	70,0	27

Estos valores extremos se asocian a ocho episodios de gran inestabilidad atmosférica, de los cuales destacan los de diciembre de 1991 y febrero de 1989. El primero responde al descenso en latitud de una perturbación oceánica que del 4 al 6 dejó fuertes lluvias en todas las islas. En nueve de las veintitrés estaciones pluviométricas de Fuerteventura se produjeron los mayores registros de los últimos 33 años. La situación de febrero obedece a una gota fría que, desde el norte de África, se desplazó desde la costa occidental de Marruecos hasta Canarias, lo que se tradujo en fuertes lluvias los días 16 y 17, las cuales constituyen una efeméride en 6 estaciones. En cambio los valores restantes dan idea del carácter local de los episodios lluviosos extremos en esta isla de grandes dimensiones.

También resulta interesante señalar que, salvo el caso excepcional de Morro Jable, en donde la máxima lluvia diaria supuso el 70% del total anual; y, en menor medida, lo sucedido en El Cotillo, con el 52,5%; en la mayor parte de la isla ese valor pluviométrico extremo suele representar entre el 20% y el 40% del total registrado en su respectivo año. Ese dato nos da idea del nivel de concentración de las precipitaciones en cortos intervalos de tiempo, sin que aparentemente exista una razón geográfica que lo justifique, tal como la localización en la isla (norte, centro o sur), la vertiente o fachada (oeste, este) o el relieve (altitud, forma).

El diagrama de frecuencia de estas lluvias (figura 2), muestra un claro predominio del intervalo pluviométrico comprendido entre los 76 y los 100 mm en un solo día, seguido del inmediatamente superior, entre 101 y 125 mm. Por último, hay que destacar que las estaciones con registros máximos diarios superiores a los 100 mm se localizan en la fachada occidental (Ugán, Puerto de la Peña, Vega del río Palma) y en sectores del norte insular abiertos a esa misma fachada.

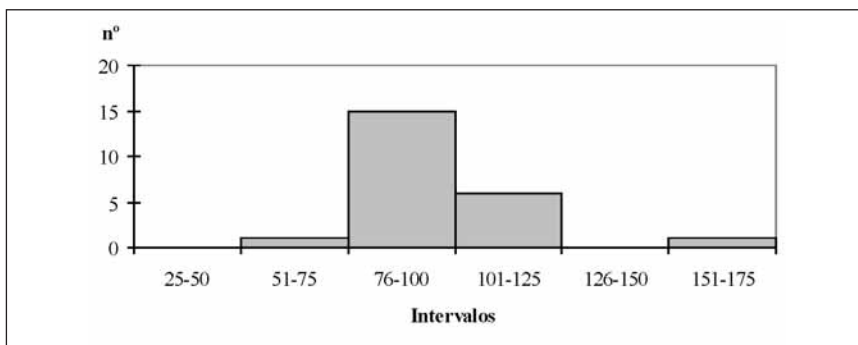


Figura 2. Frecuencia absoluta de la intensidad en los días más lluviosos en Fuerteventura (1971-2003).

En la figura 3 se puede apreciar que, en todos los puntos de la isla de Fuerteventura, el máximo de precipitación diaria supone, respecto al total mensual, más del 40% y que en seis de ellos ese mismo registro supone algo más del 90% de la

lluvia mensual. Esto último sucede en puntos situados en los dos extremos de la isla como son El Cotillo y Morro Jable y el resto localizado a cotas superiores a los 250 metros de altitud y asociados a los macizos de Betancuria y de Tetir.

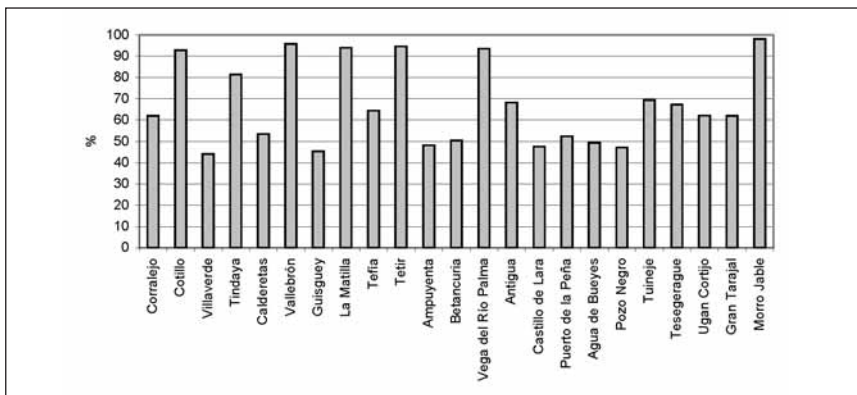


Figura 3. Relación entre la precipitación máxima diaria y el mes de su registro, en Fuerteventura (1971-2003).

Si relacionamos la lluvia mensual en la que se registra el máximo pluviométrico diario con el total de ese año (figura 4), se comprueba que la lluvia caída en ese mes supone, para el grueso de las estaciones analizadas, algo más del 40%, a excepción de las situadas a sotavento del macizo de Betancuria (Antigua, Tuineje y Tesegerague, en el interior insular).

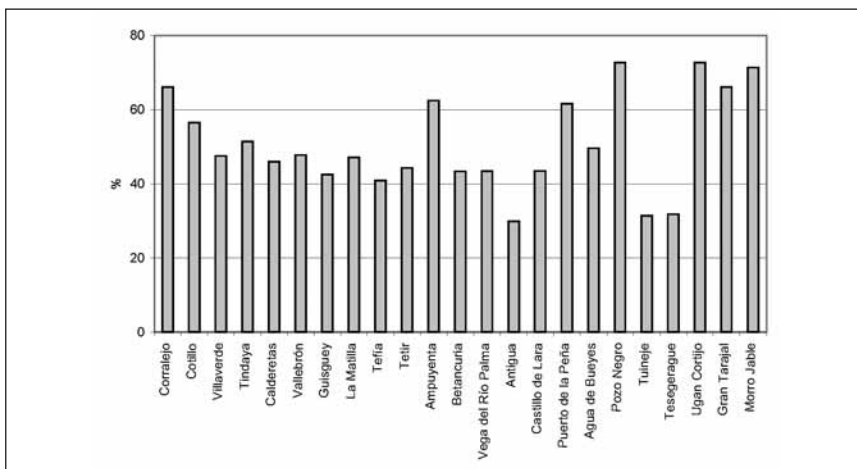


Figura 4. Relación entre la precipitación total mensual y la total anual en Fuerteventura (1971-2003).

Diciembre concentra los mayores registros pluviométricos diarios, frente a noviembre en el caso de Lanzarote (Romero y Máyer, 2002), tal y como lo evidencian los datos de las tablas 4 y 5, y le siguen los meses de febrero y enero. En diciembre suele registrarse en torno al 33% de los valores máximos diarios de precipitación en los sectores norte y centro insular. En cambio, en el sur (Tesegerague) ese valor decrece hasta el 24,2%.

TABLA 4. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN FUERTEVENTURA (1971-2003)

Estación	*	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
NORTE													
Cotillo	(1)	30,0	56,0	30,0	14,0	6,3	1,0	0,5	1,0	24,0	37,0	46,5	87,0
	(2)	6,7	7,4	6,2	2,4	1,1	0,1	0,0	0,0	2,2	4,5	9,1	15,6
Villaverde	(1)	61,0	109,4	36,0	24,0	9,3	0,5	0,5	1,0	43,0	37,1	42,0	89,2
	(2)	12,6	11,1	8,9	4,5	1,4	0,0	0,0	0,0	4,1	6,1	11,2	18,1
Vallebrón	(1)	50,0	52,0	42,5	20,0	16,5	5,5	2,0	2,0	98,0	51,5	50,2	87,5
	(2)	12,3	12,1	10,0	5,6	1,7	0,2	0,2	0,1	7,0	6,8	12,3	21,1
CENTRO													
Tuineje	(1)	37,7	83,5	30,0	40,0	8,5	0,0	0,0	0,0	53,5	43	53,2	70,3
	(2)	9,1	12,1	9,1	4,7	0,9	0,0	0,0	0,0	2,8	5,0	7,8	19,7
Pozo Negro	(1)	56,0	71,5	70,0	29,0	5,1	0,0	20,6	1,4	6,5	26,3	47,6	85
	(2)	7,7	8,1	7,6	3,7	0,6	0,0	0,6	0,0	1,1	3,8	6,9	15,0
Castillo de Lara	(1)	44,0	69,0	31,0	22,8	23,0	5,2	2,1	4,0	32,5	41,2	54,0	83,0
	(2)	13,6	14,3	12,4	5,5	2,7	0,5	0,2	0,3	4,2	7,0	12,9	20,6
SUR													
Tesegerague	(1)	46,5	80,2	35,1	27,0	9,5	3,1	4,5	0,4	10,3	55,0	52,0	76,5
	(2)	10,9	12,0	9,0	3,7	0,9	0,2	0,1	0,0	1,5	6,3	9,2	18,4

* (1) Precipitación máxima diaria (mm)

(2) Media de las precipitaciones máximas diarias

TABLA 5. FRECUENCIA MENSUAL DE LA MÁXIMA LLUVIA DIARIA EN FUERTEVENTURA (1971-2003)

Estación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
NORTE												
Cotillo	11,8	17,6	2,9	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	8,8	14,7	32,4
Villaverde	15,2	12,1	6,1	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	3,0	9,1	36,4
Vallebrón	11,8	14,7	5,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	8,8	14,7	35,3
CENTRO												
Tuineje	21,2	18,2	6,1	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	6,1	9,1	33,3
Pozo Negro	18,2	15,2	6,1	6,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	6,1	12,1	33,3
Castillo Lara	15,2	21,2	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	18,2	30,3
SUR												
Tesegerague	15,2	24,2	15,2	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	12,1	24,2

Conocidos los valores diarios extremos de precipitación ocurridos en el pasado, se puede hacer una prognosis con el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de determinados umbrales pluviométricos. El método más empleado es el ideado por Gumbel cuyos resultados se exponen en la figura 5.

En el intervalo de 2 años, la máxima lluvia diaria que puede esperarse que caiga, oscila entre los 24,3 mm del Cotillo, en el extremo noroccidental de la isla, y los 33,9 mm de máxima, también en el norte pero a una altitud de 257 metros. No es previsible que se alcance el umbral de los 50 mm día hasta un período de retorno de diez años. Cabe señalar que es en el macizo del norte de la isla, en Villaverde y Vallebrón, donde en 50 años se pueden alcanzar los 100 mm/día. De este análisis se deduce que no existe una relación directa entre los máximos valores diarios de precipitación con la altitud, pues en el caso de Castillo de Lara, situada a 490 metros, no se encuentra entre el grupo de los puntos con mayores registros máximos diarios. Todo ello nos permite corroborar la idea de la gran aleatoriedad del fenómeno pluviométrico en las islas canarias orientales.

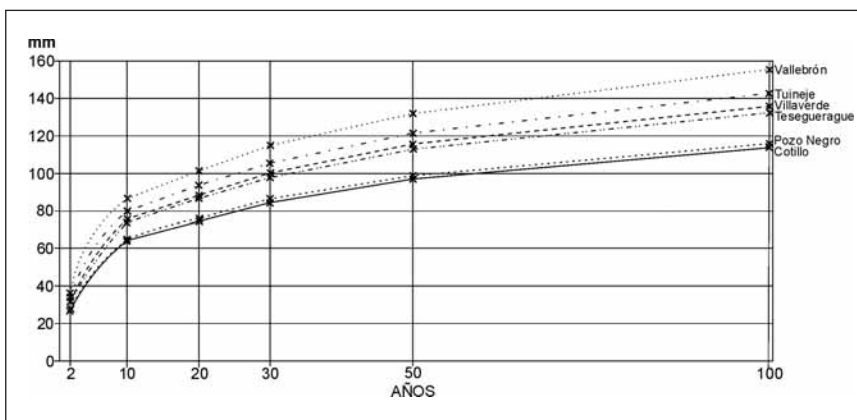


Figura 5. Distribución de las máximas lluvias diarias según los distintos periodos de retorno en Fuerteventura (1971-2003).

3.3. El potencial erosivo de la lluvia

La lluvia, junto con el viento, actúa sobre esta superficie insular que se ha visto sometida desde su conquista (período histórico) a un intenso proceso de deforestación, sobrepastoreo, diversas formas de cultivo y regadíos con aguas salobres de pozos, hasta llegar al actual estado de degradación ambiental en la que se encuentra.

La erosividad de la lluvia constituye un factor importante para la comprensión de los procesos geomorfológicos que tienen lugar en un territorio, sin embargo, es un parámetro difícil de estimar cuando se carece de los datos de estaciones pluviográficas que nos aportan el dato de intensidad pluviométrica con una mayor resolución temporal.

Con la serie pluviométrica de lluvias (totales mensual y anuales) se han aplicado los índices de Fournier modificado, también llamado de Arnoldus (1980), y el índice de concentración de las precipitaciones. En ambos casos se relaciona la suma de todas las lluvias mensuales al cuadrado con la lluvia total anual, con la diferencia de que en el primero se expresa el resultado en mm de lluvia y en el segundo en porcentaje de concentración. En ambos, el valor más elevado representa un mayor poder erosivo (Tabla 6 y figura 6).

Los valores de ambos índices son moderados y no parecen mostrar diferenciación espacial ni por su localización ni por su relieve (altitud y forma). Los valores del índice Fournier modificado oscilan entre los más bajos en las costas norte y sur (Corralejo: 13,3 mm y Gran Tarajal: 13,5 mm) y los más elevados del interior (Tetir: 32,5 mm y Betancuria 31,9 mm). En esos dos últimos puntos, el potencial erosivo de los dos enclaves situados en el macizo de Betancuria y en el conjunto de paleovalles del nordeste duplica al de los situados en las costas norte y sur. Existe una cierta correlación entre los valores del índice de Fournier modificado y la altitud, con un R^2 de 0,7714, pero, en cambio, no ocurre lo propio con el ICP (Oliver, 1980) en el que el mismo coeficiente de correlación es de apenas 0,023.

TABLA 6. ÍNDICES DE FOURNIER MODIFICADO Y DE CONCENTRACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES

<i>Estación</i>	<i>Pmm</i>	<i>Z</i>	<i>Localización insular</i>	<i>Fm</i>	<i>ICP</i>
NORTE					
Corralejo	85,4	18	Norte costa este	13,3	15,6
Cotillo	96,6	17	Norte costa oeste	15,7	16,3
Villaverde	141,1	207	Norte interior	21,3	15,1
Tindaya	118,4	144	Norte interior	18,4	15,5
Calderetas	145,3	168	Norte interior	22,1	15,2
Vallebrón	170,0	257	Norte interior	25,4	14,9
Guisgüey	133,6	134	Norte interior	21,9	16,4
La Matilla	177,5	358	Norte interior	26,2	14,8
Tefía	157,7	190	Norte interior	28,2	32,6
Tetir	215,6	279	Norte interior	32,5	15,0

→

<i>Estación</i>	<i>Pmm</i>	<i>Z</i>	<i>Localización insular</i>	<i>Fm</i>	<i>ICP</i>
CENTRO					
Ampuyenta	133,3	235	Centro interior	21,7	16,3
Betancuria	215,2	415	Centro interior	31,9	14,8
Vega del Río Palma	164,3	263	Centro interior	25,4	15,4
Antigua	170,4	269	Centro interior	28,1	16,5
Castillo de Lara	196,2	490	Centro interior	29,4	15,0
Puerto de la Peña	111,0	19	Centro costa oeste	18,4	16,6
Agua de Bueyes	157,7	248	Centro interior	25,8	16,3
Pozo Negro	102,9	7	Centro costa este	17,3	16,8
Tuineje	125,1	168	Centro interior	21,0	16,8
SUR					
Tesegerague	126,2	205	Sur interior	20,9	16,5
Ugan Cortijo	90,8	61	Sur costa oeste	15,5	17,0
Gran Tarahal	73,3	23	Sur costa este	13,5	18,4
Morro Jable	93,7	30	Sur costa sur	15,3	16,4

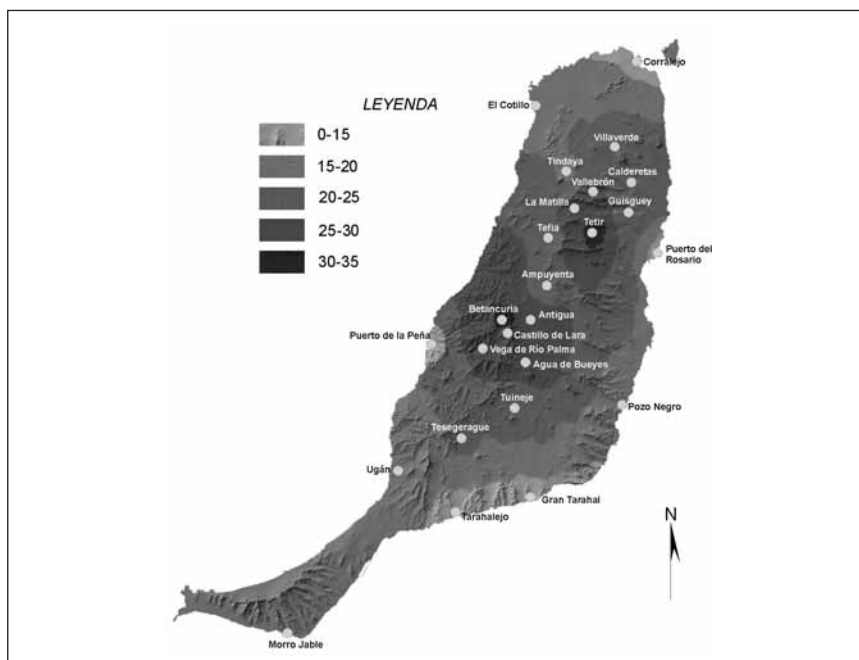


Figura 6. Potencial erosivo de la lluvia en Fuerteventura.

Otros índices que nos permiten conocer la erosividad de la lluvia a partir de estimaciones de volúmenes pluviométricos son el factor de concentración de la lluvia máxima (F_{24}) y el de erosividad de la lluvia ideado por Wischmeier (1959).

El factor de concentración de la lluvia máxima (F_{24}) fue definido en España por el ICONA (1988). Es el cociente entre la máxima lluvia en 24 horas observada en un año, elevada al cuadrado, y la suma de las máximas en 24 horas de todos los meses del mismo periodo.

El cálculo del factor “R” fue adaptado por el ICONA para el territorio español y para la red de pluviómetros convencionales a partir de un método de regresión sucesiva, que admite la posibilidad de calcular los valores medios interanuales del factor R a partir de una serie de variables pluviométricas: la lluvia mensual máxima (PMEX), la precipitación media del período octubre-mayo, en mm (MR), la precipitación media del período junio-septiembre (MV), y el factor de concentración de la máxima lluvia diaria (F_{24}). Esa adaptación de la R se realiza a partir de una zonificación del territorio español en tres grandes áreas, a cada una de las cuales se le asignó su respectiva ecuación de regresión. La que se ha aplicado en este estudio es la que le corresponde a Canarias, y es la siguiente:

$$R = e^{-1.235} \cdot (PMEX)^{1.297} \cdot (MR)^{-0.511} \cdot (MV)^{0.366} \cdot F_{24}^{0.414}$$

Los resultados obtenidos quedan resumidos en las tablas 7 y 8. Según se puede observar, los valores son bajos en los dos casos y para la totalidad de la isla, como es de esperar, atendiendo al reducido volumen de precipitación que se registra en esta isla al año.

TABLA 7. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DEL FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE LA LLUVIA MÁXIMA (F_{24})

<i>Estadísticos</i>	<i>Cotillo</i>	<i>Castillo Lara</i>	<i>Villaverde</i>	<i>Vallebrón</i>	<i>Tuineje</i>	<i>Pozo Negro</i>	<i>Tesegeraque</i>
Media	15,0	14,6	14,7	17,0	17,9	15,3	15,7
Mínimo	1,8	2,9	2,8	1,9	3,5	1,7	3,4
Máximo	59,1	43,4	49,4	57,3	45,1	62,2	45,2
Índice de amplitud	57,3	40,5	46,7	55,5	41,6	60,5	41,8
Desviación tipo	13,9	10,5	11,9	13,0	13,0	15,1	11,9
Coefficiente variación	92,4	71,8	80,8	76,7	72,7	98,5	75,8

TABLA 8. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LA SERIE DEL FACTOR “R”

<i>Estadísticos</i>	<i>Cotillo</i>	<i>Castillo Lara</i>	<i>Villaverde</i>	<i>Vallebrón</i>	<i>Tuineje</i>	<i>Pozo Negro</i>	<i>Tesegerague</i>
Media	4,5	6,7	5,4	12,3	4,4	2,9	3,0
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	47,3	24,6	41,3	174,9	73,9	21,1	18,0
Índice de amplitud	47,3	24,6	41,3	174,9	73,9	21,1	18,0
Desviación tipo	9,5	6,1	9,5	31,4	13,8	5,2	4,5
Coef Var	212,1	91,0	174,5	255,8	312,4	178,8	148,3

Los valores medios del F_{24} oscilan entre los 17,9 mm en Tuineje y los 14,6 mm de Castillo de Lara. Pero estos estadísticos de centralidad son poco significativos, pues tanto la desviación tipo correspondiente, como, sobre todo, el coeficiente de variación, nos permiten reconocer la gran variabilidad temporal del potencial erosivo. Los valores extremos oscilan entre los 62,2 mm de Pozo Negro (temporal de diciembre de 1991) y los 43,4 mm de Castillo de Lara. Nuevamente, la erosividad de la lluvia nos indica que no existe relación directa entre este parámetro, la forma del relieve y la altitud debido al carácter local de los núcleos de tormenta. Esta cuestión es, quizás, el dato más significativo y que justificaría el que los máximos registros de erosividad no se originen en el mismo suceso atmosférico.

El análisis del factor R nos aporta valores medios tremendamente bajos, con 12,3 en Vallebrón y 6,7 en Castillo de Lara, en el litoral nororiental y en el macizo de Betancuria. Lo realmente llamativo de este índice son sus valores máximos, que nos muestran una cierta heterogeneidad espacial, máxime si los comparamos con los obtenidos para Gran Canaria (Sánchez, 1995). Destacan, por presentar los valores más bajos, las estaciones de Pozo Negro y Tesegerague. Nuevamente, Castillo de Lara, pese a su elevada altitud y a su abierta exposición al oeste, manifiesta tener los valores más bajos de erosividad de sus lluvias. Por último, nos encontramos con situaciones muy contrastadas que nos aportan valores semejantes a los de determinados puntos de la isla de Gran Canaria, localizados en ambientes diferentes. Ese es el caso del valor máximo de la R de Vallebrón (174,9 en el temporal de 1984), se asemeja al obtenido en Cruz de Tejeda (Gran Canaria) situada a 1.520 metros de altitud en un ambiente húmedo de cumbre. Los 47,3 de El Cotillo y los 41,3 de Villaverde son comparables con los obtenidos para Gran Canaria en los ambientes desérticos del norte (Tamaraceite) y del este (Gando). Y, por último, el valor de 73,9 de la estación de Tuineje, en la llanura interior de Fuerteventura, se asemeja al valor obtenido en el ambiente semiárido de sur y oeste de Gran Canaria (Fataga). Baste decir que estas comparaciones que se acaban de realizar son meras aproximaciones al tema y que los valores obtenidos para Gran Canaria son medias de un período, mientras que los datos comentados para el caso de Fuerteventura son los valores absolutos y extremos de la serie analizada.

4. CONCLUSIONES

Una de las características más significativas de la pluviosidad en Fuerteventura son sus exiguos registros medios y el reducido número de días de lluvia al año, lo que la convierte en la isla más seca de Canarias. Los máximos pluviométricos se localizan en los relieves residuales del centro oeste de la isla y en los valles abiertos del nordeste.

Diciembre es el mes clave en la pluviosidad de esta isla, pues es el mes más lluvioso, así como el que concentra el mayor número de días de lluvia y las máximas intensidades en períodos de 24 horas.

La irregularidad interanual de las lluvias es considerable, particularmente notoria en las zonas más lluviosas de Fuerteventura, así como en las zonas de la costa oeste cercanas al macizo de Betancuria.

El peso que suponen las lluvias mensuales sobre el total anual es considerable, pues siempre suponen más del 20% del total anual. Por su parte, la máxima diaria supone el 40% de la lluvia caída en el mes y, a su vez, ese mismo mes registra, aproximadamente, el 40% de la lluvia caída en todo el año.

La intensidad de la lluvia diaria refleja que éstas suelen ser débiles o muy débiles, y sólo en un reducido número de días se han superado los 30,0 mm en 24 horas.

Las lluvias diarias más intensas se caracterizan por los registros superiores a los 75,0 mm, valores muy lejanos a los que se han llegado a producir en las islas occidentales, que han llegado a rebasar los 350 mm en algunas localidades de medianías altas y cumbres.

Los índices de erosividad reflejan valores bajos, con una gran variabilidad interanual, y no se observa una relación directa con las unidades de relieve que explique su distribución espacial. Las pérdidas de suelo, que parecen ser muy significativas según se puede observar en las imágenes que, de tanto en tanto, aparecen en los medios de comunicación, no responden únicamente a las lluvias, sino a la secular presión ejercida por el mayorero sobre este medio tan vulnerable.

5. BIBLIOGRAFÍA

GONZÁLEZ HIDALGO, J. (1996): *Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación en la valoración de la erosión del suelo*. Geoforma ediciones.

ICONA (1988): *Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

MARZOL, V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias.

ROMERO, L. Y MAYER, P. (2002): “El medio natural: el clima de Lanzarote”, en *Historia General de Lanzarote I. Geografía*. Cabildo de Lanzarote.

SÁNCHEZ *et alii*. (1995): *Cartografía del potencial del medio natural de Gran Canaria*. Cabildo Insular de Gran Canaria, Universidad de Valencia y Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.