

## PERIODOS DE RETORNO PARA LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN VARIOS DÍAS

Antonio Mestre Barceló  
César Rodríguez Ballesteros  
Área de Climatología y Aplicaciones Operativas (AEMET)

*RESUMEN: El poder disponer de valores estimados de la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones intensas superiores a un determinado umbral es fundamental en tareas de planificación. Hasta la fecha se han llevado a cabo diversos estudios que han caracterizado la frecuencia de precipitaciones máximas a escala diaria, pero se dispone de una información mucho más limitada sobre precipitaciones acumuladas en periodos mayores de 24 horas. Estas estimaciones son necesarias cuando lo que se pretende es caracterizar situaciones que dan lugar a precipitaciones persistentes de escala temporal larga, como es el caso de los temporales atlánticos. Este trabajo pretende por ello cubrir un ámbito temporal más amplio que el de trabajos anteriores, y plantea el cálculo de los periodos de retorno de precipitaciones sobre intervalos de tiempo variables desde 1 a 5 días consecutivos, para lo que se utiliza la información más actualizada disponible en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET de una selección de estaciones principales.*

### INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS DEL TRABAJO

El disponer de una estimación lo más precisa posible de la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones intensas superiores a un determinado umbral es básico en tareas de planificación, en particular en todas aquellas relacionadas con el análisis de riesgos hidrológicos, tales como la determinación de zonas inundables y el diseño de obras de infraestructura hidráulica, como canales, presas, azudes de derivación, sistemas de drenaje de carreteras y aeropuertos y redes de alcantarillado. Estas actuaciones requieren el disponer de unos valores estimados de los caudales máximos que pueden circular por el cauce de un río con una determinada probabilidad de ocurrencia, lo que a su vez exige una amplia información climática de base, en particular cuando se adopte el método hidrometeorológico que se basa en la simulación del proceso de generación de escorrentías a partir de las precipitaciones.

Este marco climático condiciona además el criterio de selección del método específico de tratamiento de los datos pluviométricos para la evaluación del riesgo climático de ocurrencia de precipitaciones intensas, en el sentido de que las escalas espaciales y temporales y las distribuciones espaciotemporales de los campos de precipitación característicos de los sistemas meteorológicos que pueden dar origen a estos fenómenos extremos determinan la información específica a utilizar en los análisis de riesgos climáticos, ya se trate de series históricas de datos locales de precipitación, de series temporales de precipitaciones medias estimadas sobre áreas predefinidas o bien de series temporales de precipitaciones acumuladas sobre intervalos temporales de duración variable.

En el caso de España, su ubicación, en una zona de transición entre áreas en las que predominan masas de aire de muy diferentes características, da lugar a una gran heterogeneidad climática en relación con el tamaño del país y es así mismo causa de que la gama de escalas espaciales y temporales asociadas a estos sistemas meteorológicos productores de precipitaciones intensas que pueden dar lugar a crecidas de los ríos sea muy amplia. Así, los episodios de precipitaciones intensas que dan lugar a inundaciones se suelen producir, bien por temporales de larga duración que afectan a áreas muy extensas, temporales que están normalmente asociados a la penetración en la Península de sucesivos sistemas frontales procedentes del océano Atlántico, bien por lluvias de carácter torrencial, en general de tipo convectivo, asociadas a las perturbaciones de influencia mediterránea, que pueden también afectar a áreas extensas aunque menos que en el caso anterior y tienen una duración menor que los temporales atlánticos, o bien, ya a una menor escala espacial y temporal, por la acción de tormentas locales que pueden en determinadas condiciones dar lugar a precipitaciones de intensidad torrencial en zonas de extensión reducida, siendo especialmente peligrosas en el caso de que estos núcleos convectivos queden anclados sobre una zona concreta. Por todo ello la información climática básica requerida en el análisis de riesgos abarcará desde los valores de las intensidades máximas puntuales de precipitación registradas en intervalos temporales de unos cuantos minutos hasta periodos de varios días consecutivos, siendo también de gran utilidad disponer de una evaluación basada en un análisis de episodios de los valores de los coeficientes de reducción de área que permitan estimar para cada zona las intensidades máximas por área en función del intervalo temporal de acumulación y de la extensión de la zona.

En AEMET se han llevado a cabo diversos estudios que han caracterizado la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones máximas a escala diaria (INM, 1998; INM, 2007). En concreto en el estudio regionalizado llevado a cabo en 2001 (INM; 1998) se utilizó como información de base el conjunto formado por los datos de precipitación diaria de un total de 2270 estaciones, llevando a cabo un análisis y modelización estadística de las series locales de precipitaciones máximas para cada estación pluviométrica seleccionada. Los resultados de este trabajo incluyeron para cada estación los valores máximos esperados de la precipitación diaria para 2, 5, 25, 50, 100, 250 y 500 años, junto con los intervalos de confianza de la estimación para diversos niveles de confianza. Este análisis fue actualizado posteriormente para incluir información más reciente (INM, 2007). Así mismo se abordó la extensión del análisis de frecuencia de precipitaciones extremas a periodos de tiempo variables, con la realización de un trabajo sobre curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) a nivel nacional (INM, 2003). La base de información utilizada para este trabajo fue la compuesta por los datos disponibles procedentes de bandas pluviográficas digitalizadas, generándose las series de intensidades máximas anuales de precipitación para cada uno de los observatorios seleccionados para el estudio sobre distintos intervalos temporales de acumulación desde 5 minutos hasta 72 horas, con objeto de cubrir la mayor gama posible de escalas temporales concordantes con las asociadas a las estructuras meteorológicas que dan lugar a situaciones de crecidas.

Partiendo de estos trabajos previos, el objetivo de este trabajo es cubrir un ámbito temporal más largo que el llevado a cabo en trabajos anteriores, procediendo a estimar los periodos de retorno de precipitaciones sobre intervalos de tiempo variables desde 1 a 5 días consecutivos, y utilizando para ello la información más actualizada disponible en el Banco Nacional de Datos Climáticos (BNDC) de AEMET de una selección de estaciones principales.

## **METODOLOGÍA**

En este trabajo se han utilizado los datos de precipitación diaria, referidos al día pluviométrico (de 07 horas UTC a 07 horas UTC) de un conjunto de estaciones principales extraídas del BNDC. Estas estaciones, en total 54, se relacionan en la tabla 2 del artículo anterior (pág. 293). El criterio de selección utilizado ha sido que se trate de estaciones principales con series suficientemente largas, mayores de 40 años. En el caso de que hubiera lagunas en los datos diarios el año correspondiente ha sido excluido del cálculo.

El cálculo de los periodos de retorno se ha llevado a cabo mediante el uso de la aplicación actualmente operativa en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET, que fue desarrollada conjuntamente por personal del Área de Climatología y Aplicaciones Operativas y por José Antonio López, director del Programa de Técnicas Climatológicas. El tratamiento estadístico (LÓPEZ, 2010) consiste en el ajuste local de los datos de precipitación máxima anual para cada estación e intervalo de tiempo definido a una distribución de Gumbel, con objeto de mejorar los resultados que se obtendrían ajustando a una distribución de Gumbel, utilizando para ello el método de Harris (HARRIS, 1996). Este método supone una mejora importante frente al anterior método tradicional. Se basa en tener en cuenta el error en la estimación de los valores de la variable reducida, haciendo una regresión ponderada en lugar de una regresión simple. El método de Harris mejora además la estimación de los valores de la variable reducida correspondientes a cada valor de la muestra. En esta aplicación el cálculo de los intervalos de confianza de los valores estimados se lleva a cabo mediante el denominado *bootstrapping* paramétrico (EFRON Y TIBSHIRANI, 1993).

## **RESULTADOS**

En la tabla que se adjunta (tabla 1) se presentan los resultados obtenidos para cada estación, correspondiendo a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años de las precipitaciones acumuladas en 1 día, 2 días consecutivos y 5 días consecutivos.



Estación	Días acumulación	Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en los días indicados para un periodo de:					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
A Coruña	1	43,0	55,3	63,4	73,7	81,3	88,9
	2	57,7	73,5	83,9	97,1	106,8	116,5
	5	85,4	105,9	119,5	136,6	149,4	162,0
Albacete	1	35,8	50,4	60,0	72,2	81,2	90,2
	2	45,8	63,0	74,4	88,7	99,4	110,0
	5	56,4	75,4	88,0	103,9	115,7	127,4
Alicante	1	49,9	76,2	93,6	115,7	132,0	148,2
	2	60,1	90,8	111,1	136,8	155,8	174,7
	5	70,7	108,2	133,0	164,4	187,7	210,8
Almería	1	31,5	47,1	57,4	70,4	80,1	89,7
	2	36,3	54,1	65,9	80,8	91,9	102,8
	5	43,0	63,4	76,8	93,9	106,5	118,1
Foronda	1	41,4	53,6	61,6	71,9	79,4	87,0
	2	56,4	71,4	81,3	93,9	103,2	112,5
	5	79,4	102,7	118,1	137,5	151,9	166,3
Oviedo	1	49,6	63,6	72,9	84,8	93,2	101,8
	2	70,8	87,7	98,9	113,1	123,6	134,0
	5	97,8	116,2	128,4	143,7	155,2	166,5
Ávila	1	28,7	40,1	47,6	57,1	64,1	71,1
	2	36,2	49,8	58,7	70,1	78,5	86,9
	5	47,0	65,0	77,0	92,0	103,2	114,3
Badajoz	1	35,5	45,6	52,3	60,8	67,1	73,4
	2	46,3	59,3	67,9	78,8	86,8	94,8
	5	66,2	82,9	94,0	108,0	118,4	128,7
Palma de Mallorca	1	41,9	54,0	62,1	72,2	79,8	87,3
	2	53,7	71,5	83,2	98,1	109,1	120,1
	5	71,5	101,3	121,1	146,1	164,6	183,0
Barcelona	1	62,2	91,0	110,0	134,1	152,0	169,7
	2	76,6	118,4	144,7	178,0	202,7	227,2
	5	96,1	143,6	175,1	214,9	244,4	273,7
Bilbao	1	62,1	82,5	96,0	113,1	125,8	138,3
	2	84,2	110,1	127,2	148,9	164,9	180,8
	5	119,1	153,2	175,7	204,2	225,4	246,4
Burgos	1	33,1	42,0	47,8	55,2	60,6	66,1
	2	45,8	57,6	65,4	75,3	82,6	89,8
	5	62,4	77,0	86,6	98,8	107,9	116,8
Cáceres	1	43,0	55,8	64,3	75,1	83,1	91,0
	2	55,6	69,8	79,2	91,0	99,8	108,5
	5	79,6	105,3	122,3	143,8	159,7	175,6
Cádiz	1	53,3	73,3	88,5	103,2	115,5	127,8
	2	70,3	96,1	113,2	134,8	150,8	166,6
	5	96,5	134,0	158,8	190,2	213,5	236,6
Santander	1	58,5	76,1	87,7	102,4	113,4	124,2
	2	83,3	106,9	122,5	142,2	156,9	171,4
	5	124,1	159,4	182,7	212,2	234,1	255,8
Castellón	1	61,6	90,4	109,5	133,6	151,5	169,2
	2	77,6	113,1	136,6	166,3	188,3	210,2
	5	98,2	144,4	175,0	213,7	242,3	270,8
Ceuta	1	55,0	77,9	93,0	112,1	126,3	140,4
	2	73,2	100,6	118,7	141,6	158,6	175,5
	5	97,4	133,2	156,9	186,9	209,1	231,2
Ciudad Real	1	30,7	40,9	47,7	56,2	62,5	68,8
	2	40,1	54,1	63,4	75,1	83,8	92,5
	5	56,6	74,1	85,7	100,4	111,3	122,1

Tabla 1. Valores de precipitación acumulada en diferentes intervalos para un determinado periodo de retorno.

Estación	Días acumulación	Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en los días indicados para un periodo de:					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Córdoba	1	50,5	69,8	82,5	98,6	110,6	122,4
	2	86,3	91,7	108,5	129,7	145,5	161,1
	5	100,7	138,6	163,6	195,3	218,8	242,1
Cuenca	1	34,7	46,9	55,0	65,3	72,9	80,4
	2	43,6	55,3	63,0	72,8	80,1	87,3
	5	62,5	76,5	85,7	97,4	106,1	114,7
San Sebastián	1	68,4	89,5	103,5	121,2	134,3	147,3
	2	92,0	118,4	135,9	158,0	174,5	190,7
	5	132,8	168,3	191,9	221,7	243,7	265,6
Girona	1	61,2	84,2	99,4	118,6	132,9	147,0
	2	79,2	106,5	124,6	147,4	164,4	181,2
	5	103,8	141,2	166,1	197,4	220,7	243,7
La Molina	1	80,3	111,0	131,3	156,9	175,9	194,8
	2	111,1	158,1	189,3	228,6	257,7	286,7
	5	137,6	196,1	234,9	283,9	320,2	356,3
Granada	1	29,9	40,1	46,8	55,3	61,6	67,9
	2	40,5	53,0	61,3	71,7	79,5	87,2
	5	55,4	70,5	80,5	93,2	102,6	111,9
Guadalajara	1	28,9	37,5	43,1	50,3	55,6	60,8
	2	39,2	50,9	58,6	68,3	75,6	82,7
	5	53,9	71,6	83,4	98,2	109,2	120,1
Huelva	1	48,8	71,7	86,9	106,1	120,3	134,4
	2	64,5	95,3	115,7	141,4	160,5	179,5
	5	91,0	135,2	164,4	201,4	228,8	256,0
Huesca	1	45,2	60,1	69,9	82,3	91,6	100,7
	2	56,0	74,2	86,2	101,4	112,6	123,8
	5	69,9	89,7	102,8	119,4	131,7	143,9
Jaén	1	40,3	56,0	66,4	79,5	89,2	98,9
	2	56,3	71,6	81,8	94,6	104,1	113,5
	5	74,2	98,3	114,2	134,4	149,4	164,2
Logroño	1	31,7	42,0	48,8	57,5	63,8	70,2
	2	41,0	54,7	63,8	75,2	83,7	92,1
	5	50,6	66,5	77,1	90,4	100,2	110,0
Gran Canaria	1	27,4	45,6	57,6	72,7	84,0	95,2
	2	35,7	59,3	75,0	94,7	109,4	123,9
	5	40,9	67,5	85,1	107,3	123,8	140,2
León	1	32,7	42,1	48,3	56,2	62,0	67,8
	2	43,8	57,1	65,9	77,0	85,2	93,4
	5	62,3	79,3	90,5	104,7	115,2	125,6
Lleida	1	37,2	49,8	58,1	68,6	76,4	84,1
	2	44,8	59,2	68,7	80,8	89,7	98,6
	5	54,7	70,6	81,2	94,5	104,4	114,2
Lugo	1	46,0	59,1	67,8	78,8	86,9	95,0
	2	67,3	89,3	103,9	122,4	136,0	149,6
	5	94,0	121,0	138,9	161,5	178,2	194,9
Madrid	1	31,3	40,5	46,6	54,3	60,0	65,6
	2	41,6	53,3	61,0	70,8	78,0	85,2
	5	58,5	74,8	85,5	99,2	109,3	119,3
Navacerrada	1	70,8	94,8	110,8	130,9	145,8	160,6
	2	102,1	138,4	162,4	192,7	215,2	237,5
	5	145,4	195,3	228,4	270,2	301,2	332,0
Málaga	1	66,7	95,6	114,7	138,8	156,7	174,5
	2	85,8	122,2	146,3	176,7	199,3	221,8
	5	115,2	165,9	199,5	242,0	273,4	304,7

Tabla 1. Valores de precipitación acumulada en diferentes intervalos para un determinado periodo de retorno (continuación).

Estación	Días acumulación	Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en los días indicados para un periodo de:					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Melilla	1	49,2	75,2	92,4	114,1	130,2	146,2
	2	63,4	97,3	119,7	148,1	169,1	190,0
	5	76,1	114,6	140,1	172,4	196,3	220,0
Murcia	1	55,7	85,3	105,0	129,8	148,2	166,5
	2	69,2	104,8	128,3	158,1	180,2	202,1
	5	79,9	122,7	151,0	186,8	213,3	239,7
Pamplona	1	43,1	58,2	68,2	80,8	90,2	99,5
	2	58,3	75,8	87,3	101,9	112,7	123,4
	5	74,0	95,9	110,4	128,6	142,2	155,7
Ourense	1	45,5	58,3	66,8	77,5	85,4	93,3
	2	61,5	75,3	84,5	96,1	104,7	113,3
	5	90,6	117,2	134,8	157,1	173,6	190,0
Palencia	1	26,9	35,7	41,5	48,9	54,3	59,7
	2	36,6	45,8	51,8	59,5	65,2	70,8
	5	48,9	61,3	69,6	80,0	87,8	95,4
Pontevedra	1	68,4	84,5	95,1	108,6	118,5	128,4
	2	97,1	121,3	137,3	157,5	172,5	187,4
	5	151,9	191,9	218,4	251,9	276,8	301,4
Salamanca	1	28,7	36,8	42,3	49,1	54,2	59,2
	2	37,2	49,2	57,1	67,2	74,6	82,0
	5	48,9	64,5	74,8	87,9	97,6	107,2
Santa Cruz de Tenerife	1	41,2	64,6	80,0	99,5	114,0	128,4
	2	52,4	79,6	97,6	120,4	137,3	154,1
	5	63,2	95,4	116,7	143,7	163,7	183,6
Segovia	1	27,8	34,8	39,4	45,2	49,5	53,8
	2	34,4	42,1	47,2	53,7	58,5	63,3
	5	49,2	61,7	70,1	80,6	88,3	96,1
Sevilla	1	51,2	69,8	82,1	97,7	109,2	120,7
	2	68,8	94,4	111,4	132,8	148,7	164,4
	5	99,2	134,0	157,0	186,1	207,7	229,1
Soria	1	32,8	43,5	50,6	59,6	66,3	72,9
	2	43,5	56,6	65,3	76,2	84,4	92,4
	5	60,7	76,6	87,1	100,4	110,2	120,0
Reus	1	60,4	84,4	100,3	120,4	135,3	150,1
	2	75,1	104,6	124,2	148,9	167,3	185,5
	5	90,7	126,1	149,6	179,2	201,2	223,1
Teruel	1	35,7	48,1	56,3	66,6	74,3	81,9
	2	44,1	60,3	71,0	84,5	94,6	104,5
	5	50,1	65,6	75,8	88,7	98,3	107,9
Toledo	1	29,8	41,5	49,2	59,0	66,3	73,5
	2	37,3	51,4	60,8	72,8	81,3	90,0
	5	51,8	72,4	86,0	103,3	116,1	128,7
Valencia	1	68,4	106,7	132,0	164,0	187,8	211,3
	2	83,8	129,0	159,0	196,8	224,9	252,8
	5	101,1	150,5	183,3	224,6	255,3	285,8
Valladolid	1	32,7	45,2	53,5	63,9	71,7	79,3
	2	42,3	57,5	67,5	80,2	89,6	98,9
	5	56,5	73,8	85,2	99,7	110,4	121,0
Zamora	1	27,5	36,7	42,7	50,4	56,1	61,7
	2	35,1	47,4	55,6	65,9	73,5	81,1
	5	46,0	63,2	74,6	89,0	98,6	110,2
Zaragoza	1	35,5	48,6	57,3	68,2	76,4	84,5
	2	43,8	59,5	69,8	83,0	92,7	102,3
	5	52,1	71,5	84,4	100,6	112,7	124,6

Tabla 1. Valores de precipitación acumulada en diferentes intervalos para un determinado periodo de retorno (continuación).



Si bien los valores obtenidos solo tienen validez en el entorno de cada una de las estaciones de la muestra seleccionada, dado que se ha trabajado individualmente con las series de cada estación, a efecto de visualizar los resultados se han incluido en este trabajo una serie de mapas que representan los valores de precipitación acumulados en periodos de 2 y 5 días correspondientes a periodos de retorno de 10, 50 y 100 años (mapas 1 a 6). Cabe indicar el carácter meramente indicativo de estos mapas de cara a analizar la distribución geográfica de estos valores, dado que solo se han realizado los cálculos para un número limitado de estaciones, por lo que no están adecuadamente representados los efectos orográficos. Con objeto de paliar algo este problema se han incluido en el listado de estaciones dos ubicadas en alta montaña: Navacerrada y La Molina.

En el caso del análisis de las precipitaciones acumuladas en 2 días consecutivos, los correspondientes mapas para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años se muestran en las figuras 1, 2 y 3. Como se puede apreciar en dichos mapas, para un periodo de retorno de 10 años las precipitaciones superan los 100 mm en toda la franja mediterránea desde Murcia a Girona, así como en gran parte de Andalucía, mitad oriental de la vertiente cantábrica, oeste y centro de Galicia y zonas elevadas de los sistemas montañosos. Los valores más altos, superiores a 150 mm se aprecian en los observatorios de montaña: La Molina y Navacerrada, alcanzándose valores próximos a 150 mm en Málaga y Barcelona. En zonas llanas del interior peninsular los valores calculados oscilan en general entre los 60 y los 80 mm, quedando por debajo de 60 mm en diversos observatorios de Castilla y León y norte de Castilla-La Mancha. Se puede así mismo apreciar que la distribución espacial de los valores estimados para los periodos de retorno más altos, de 50 y 100 años, se mantiene similar a grandes rasgos a la correspondiente al periodo de 10 años. Para un periodo de retorno de 50 años los valores más altos se aprecian en La Molina con algo más de 250 mm, superándose también los 200 mm en Navacerrada, Valencia y Barcelona, mientras que los más bajos se registran en las mismas áreas mencionadas para el anterior periodo de retorno, con 58,5 mm en Segovia y 65,2 mm en Palencia. Finalmente para el periodo de 100 años los valores más altos de precipitación corresponden a La Molina con 286,7 mm, seguido de Valencia con 252,8 mm y el puerto de Navacerrada con 237,5 mm, mientras que en un sentido contrario, en las dos mesetas no se alcanzan en general los 100 mm, con valores mínimos de 63,3 mm en Segovia y 70,8 mm en Palencia.

El cociente entre la precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años y el correspondiente a 10 años alcanza un valor promedio sobre el conjunto de estaciones analizadas de 1,32, con una dispersión relativamente reducida sobre la muestra de estudio, alcanzando este cociente los valores más elevados en la costa mediterránea, donde oscilan en torno a 1,40 y sobre todo en Canarias (1,46 en el observatorio de Las Palmas) y los más reducidos, entre 1,24 y 1,28 en Galicia, regiones cantábricas, Extremadura y algunos puntos de las dos mesetas, con valores mínimos de 1,24 en Ourense y Segovia. De igual forma se pueden analizar los valores de los cocientes entre las precipitaciones máximas para periodos de retorno de 100 y 10 años, obteniéndose un valor medio en torno a 1,46. En consonancia con lo que se observa en el caso anterior, los valores más altos de este coeficiente se alcanzan en las regiones mediterráneas, donde se sitúan en general entre 1,55 y 1,58 y en Canarias donde se alcanza el valor máximo de 1,65, con datos del observatorio de Las Palmas. Por el contrario en Galicia, regiones cantábricas y otras áreas del extremo occidental peninsular los valores de este coeficiente se sitúan en general entre 1,35 y 1,39, con un mínimo de 1,34 en los observatorios de Ourense y Segovia.

En relación con las precipitaciones acumuladas en 5 días consecutivos se ha llevado a cabo un análisis similar al realizado para las acumulaciones en 2 días, mostrándose los mapas correspondientes a periodos de retorno de 10, 50 y 100 años en las figuras 4, 5 y 6 respectivamente. Se puede apreciar claramente como para estos periodos de acumulación más largos, los valores máximos de precipitación para los diversos periodos de retorno se incrementan en Galicia de forma más acusada que en el resto de las zonas, de modo que en el suroeste de Galicia casi igualan a los valores de las regiones mediterráneas y los de los observatorios de alta montaña. Este incremento relativo también se observa, aunque en menor medida, en las

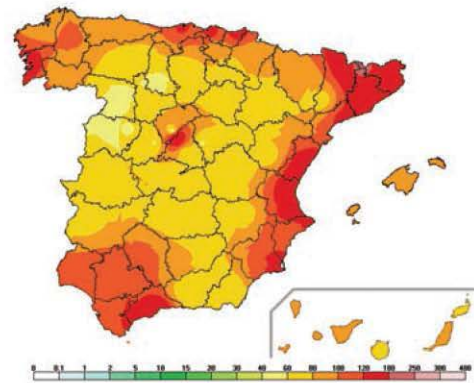


Figura 1. Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en 2 días para un periodo de 10 años.

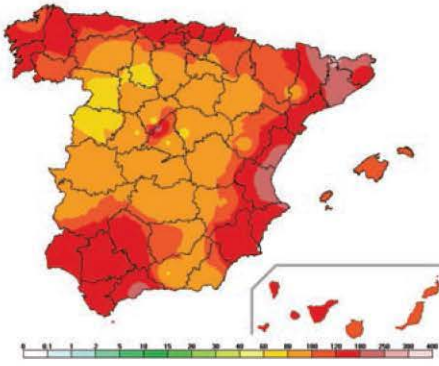


Figura 2. Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en 2 días para un periodo de 50 años.

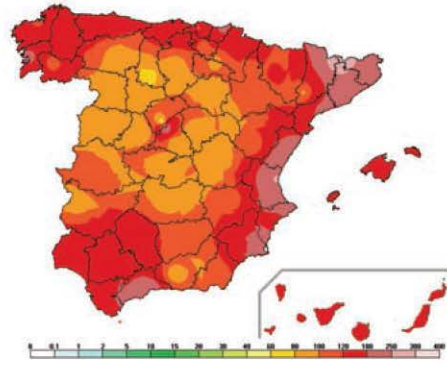


Figura 3. Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en 2 días para un periodo de 100 años.

regiones cantábricas y en el oeste de Andalucía. Así, para el periodo de retorno de 10 años (figura 4) los valores de precipitación más elevados, por encima de 200 mm, se aprecian en los observatorios de Navacerrada y La Molina y en el de Pontevedra, que supera a los de la vertiente mediterránea. Para el periodo de 50 años los valores máximos estimados superan los 300 mm en Navacerrada y La Molina y los 275 mm en Pontevedra, quedando muy cerca de este valor Málaga (273). Finalmente para 100 años el valor máximo se aprecia en La Molina con 356 mm, superando asimismo los 300 mm los observatorios de Navacerrada (352 mm), Málaga (305 mm) y Pontevedra (301 mm). Los valores más bajos, para todos los periodos de retorno, se aprecian en las dos mesetas, especialmente en la meseta norte, con un mínimo en los observatorios de Palencia y Segovia, que alcanzan en torno a 70 mm para 10 años, 88 mm para 50 años y 96 mm para 100 años.

Los cocientes entre las precipitaciones máximas para los periodos de retorno de 100 y de 50 años y el correspondiente a 10 años alcanzan valores prácticamente idénticos a los que se obtuvieron para el periodo de acumulación de 2 días, con un valor promedio de 1,32 para 50 años y de 1,45 para 100 años, y con una distribución geográfica también muy parecida a del periodo de acumulación de 2 días. Así los cocientes en el caso de la comparación entre 50 y 10 años varían entre el valor de 1,21 correspondiente al observatorio de Oviedo y 1,46 del de Las Palmas y en el de la comparación entre 100 y 10 años entre 1,30 en Oviedo y 1,65 en Las Palmas.

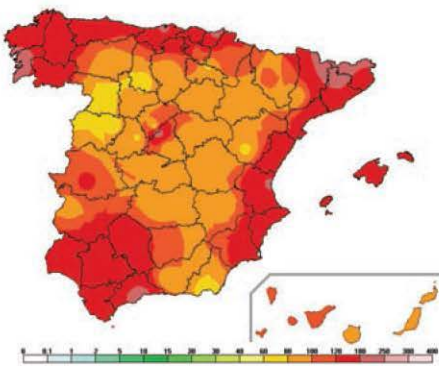


Figura 4. Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en 5 días para un periodo de 10 años.

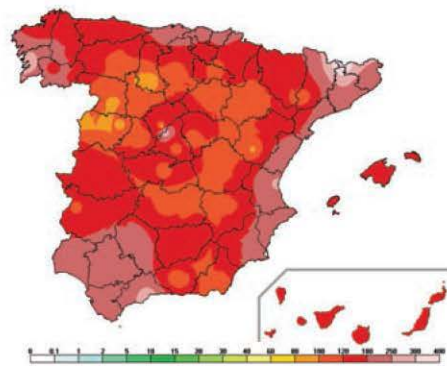
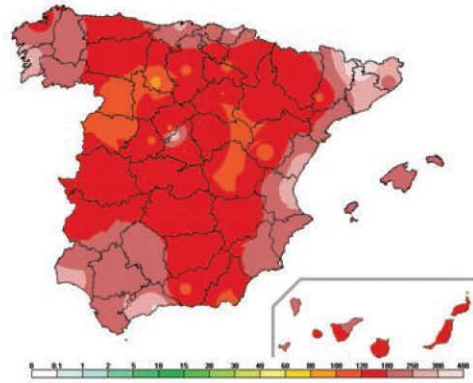


Figura 5. Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en 5 días para un periodo de 50 años.

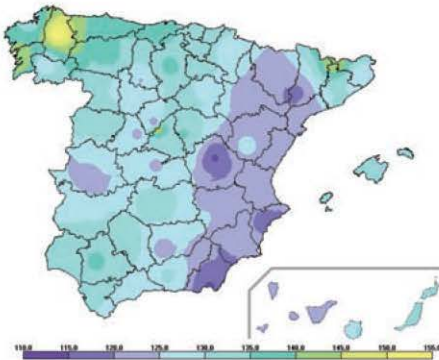


Finalmente se ha llevado a cabo un análisis de la distribución geográfica de los cocientes entre las precipitaciones para un determinado periodo de retorno para 2 y 5 días y el valor a dicho periodo de retorno para 24 horas. El interés de estos valores radica en el hecho de que, mientras que son muy escasos los estudios sobre la frecuencia de eventos de precipitaciones acumuladas en periodos de tiempo superiores a un día, se dispone en cambio de una bibliografía más amplia acerca de las precipitaciones máximas diarias, por lo que utilizando estos coeficientes se podrían inferir, al menos de forma aproximada, los valores de precipitación máxima para cierto periodo de retorno en una estación y en un periodo de acumulación distinto del día a partir de los valores diarios. En las figuras 7 y 8 se han representado los valores de estos coeficientes en el caso de la comparación entre la precipitación acumulada en 2 días y la precipitación diaria; en el que se refiere al periodo de retorno de 10 años se advierte una variación espacial suave de los coeficientes, en dirección noroeste-sureste, con los valores más elevados en Galicia y zonas de alta montaña donde superan 1,40, mientras que los más bajos se aprecian en el tercio oriental (salvo la zona de Pirineos), donde quedan por debajo de 1,25. En el de 100 años se puede apreciar una distribución bastante similar a la del caso anterior.

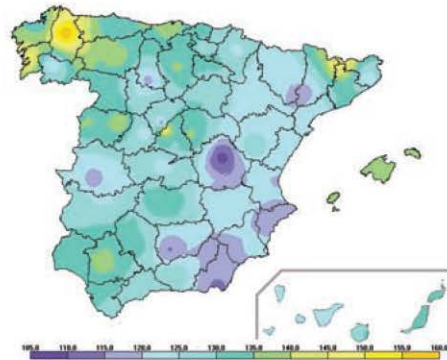
En las figuras 9 y 10 se han representado los coeficientes correspondientes a la comparación entre la precipitación acumulada en 5 días y la precipitación diaria; en el que se refiere al periodo de 10 años se advierte una variación espacial de estructura similar a la del caso anterior (2 días) aunque con contrastes más marcados, poniéndose en este caso en evidencia el efecto de la persistencia de los temporales atlánticos, con valores especialmente altos en el suroeste de Galicia, por encima de 2,2 y coeficientes también superiores a 2 en Navacerrada así como en Cantabria y valores muy próximos a 2 en Baleares, frente a valores mínimos por debajo de 1,40 en Levante, sureste y zona de la Ibérica, áreas donde las precipitaciones intensas se producen en general asociadas a eventos de corta duración. Para el periodo de retorno de 100 años la distribución espacial es muy similar a la anterior, con un valor máximo de 2,35 en Pontevedra y un mínimo de 1,32 en Teruel.



*Figura 6. Valor de retorno estimado de la precipitación máxima acumulada en 5 días para un periodo de 100 años.*



*Figura 7. Cociente (%) entre los valores de retorno para un periodo de 10 años de la precipitación máxima acumulada en 2 días frente a la acumulada en 24 horas.*



*Figura 8. Cociente (%) entre los valores de retorno para un periodo de 100 años de la precipitación máxima acumulada en 2 días frente a la acumulada en 24 horas.*



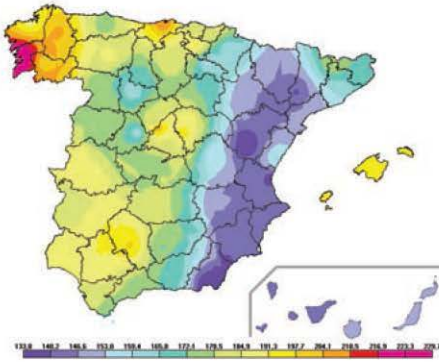


Figura 9. Cociente (%) entre los valores de retorno para un periodo de 10 años de la precipitación máxima acumulada en 5 días frente a la acumulada en 24 horas.

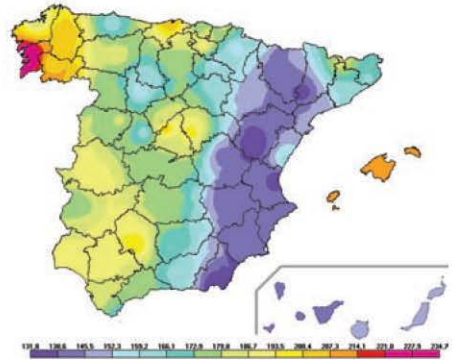


Figura 10. Cociente (%) entre los valores de retorno para un periodo de 100 años de la precipitación máxima acumulada en 5 días frente a la acumulada en 24 horas.

## BIBLIOGRAFÍA

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA, MIMAM, 1998: Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España: un estudio por regiones. 1998.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA, MIMAM, 2007: Estudio sobre precipitaciones máximas diarias y periodos de retorno para un conjunto de estaciones pluviométricas seleccionadas de España. CD.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA, MIMAM, 2003: Curvas de intensidad, duración, frecuencia de la precipitación en España. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. CD.
- LÓPEZ, J. A., 2010: Técnicas estadísticas empleadas en el programa de ajuste de extremos y cálculo de periodos de retorno. Anexo del documento «Guía de usuario de la Aplicación de Periodos Retorno». AEMET.
- HARRIS, R. I., 1996: Gumbel re-visited: a new look at extreme value statistics applied to wind speeds. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 59, 1-22.
- EFRON, B. y R. TIBSHIRANI, 1993: An Introduction to the Bootstrap. Chapman and Hall.