

# PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN LAS COMARCAS NAVARRAS

Javier M. PEJENAUTE GOÑI

*Centro Asociado de la UNED de Pamplona*

## RESUMEN

En este trabajo se estudian los valores máximos de precipitación diaria esperados para los distintos períodos de retorno en las comarcas navarras según la distribución de Gumbel. La situación de Navarra, lugar de paso las masas de aire inestables, la presencia de montañas bien orientadas, la proximidad o lejanía del Cantábrico y la altitud, son factores importantes que hacen aumentar la probabilidad de lluvia intensa y explican su alta presencia en los Valles Cantábricos, Valles Pirenaicos Centrales navarros y Corredor del Arakil. Por otra parte, la trayectoria de las tormentas explica las altas lluvias intensas en Navarra Media y la Ribera.

**Palabras clave:** Precipitaciones máximas diarias, periodos de retorno, distribución de Gumbel, Navarra.

## ABSTRACT

*The present study considers the maximum rainfall values expected in the regions of Navarre for different periods of recurrence according to Gumbel's distribution. Several important factors contribute to increasing the probability of heavy rain and explain its presence in the Cantabrian and Central Pyrenean valleys and the Arakil Corridor: the situation of Navarre, in the way of unstable masses of air; the presence of well oriented mountains; the distance to the Cantabrian sea; and the altitude. Besides, the direction of the storms explains the amount of heavy rainfall in Mid-Navarre and Ribera.*

**Key words:** Maximum rainfall in 24 hours, periods of recurrence, Gumbel's distribution, Navarre.

## 1. INTRODUCCIÓN

Navarra padece episodios de altas precipitaciones con riesgo de inundación, dadas las numerosas riadas acaecidas, si bien no tan trágicas como las de la costa mediterránea (BELTRÁN y PEJENAUTE, 1995). Después de realizar varios estudios sobre precipitaciones elevadas y episodios concretos (PEJENAUTE GOÑI, 1989, 1990 y 1996), se ha creído conveniente completarlos con el análisis de las precipitaciones máximas diarias según la distribución de Gumbel, que indica el valor de lluvia máxima que debe esperarse va a ser alcanzado o superado alguna vez en un período de recurrencia o retorno. Esta técnica permite tomar las precauciones necesarias para prevenir los posibles daños que causan las precipitaciones torrenciales, por lo que ha sido utilizada en trabajos de Geografía, Ingeniería e Hidrología (CREUS, 1978; MARTÍN VIDE, 1982 y 1987; MARZOL, 1988; OLCINA 1999).

Los valores calculados siguiendo la distribución de Gumbel han sido extraídos del Estudio agroclimático de Navarra, publicación actual meritoria y de gran riqueza de datos, realizada por la

Tabla 1: Red de observatorios utilizados.

Observatorios	Comarcas	Altitud m	Años	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
Artikutza	Valles Cantábricos	305	66	1° 47' W	43° 12'
Arano Arrambide	Valles Cantábricos	70	23	1° 52' W	43° 12'
Santesteban	Valles Cantábricos	131	75	1° 39' W	43° 07'
Amaiur	Valles Cantábricos	305	23	1° 28' W	43° 12'
Olague	Valles Cantábricos	545	22	1° 37' W	42° 57'
Iraizotz	Valles Cantábricos	543	27	1° 39' W	43° 00'
Eugi	Valles Pirenaicos	615	29	1° 47' W	43° 12'
Valcarlos	Valles Pirenaicos	320	23	1° 31' W	42° 57'
Roncesvalles	Valles Pirenaicos	963	22	1° 19' W	43° 00'
Espinal	Valles Pirenaicos	870	25	1° 21' W	42° 58'
Zubiri	Valles Pirenaicos	536	29	1° 30' W	42° 55'
Erro	Valles Pirenaicos	688	22	1° 26' W	42° 56'
Fábrica de Orbaizeta	Valles Pirenaicos	815	20	1° 13' W	43° 00'
Irabia	Valles Pirenaicos	820	51	1° 09' W	42° 59'
Aribe	Valles Pirenaicos	700	26	1° 15' W	42° 56'
Abaurrea Alta	Valles Pirenaicos	1047	42	1° 12' W	42° 54'
Erremendía	Valles Pirenaicos	1060	34	1° 11' W	42° 52'
Esparza de Salazar	Valles Pirenaicos	687	23	1° 05' W	42° 51'
Epároz	Valles Pirenaicos	605	23	1° 15' W	42° 46'
Alsasua	Cuencas Intermedias	525	77	2° 10' W	42° 53'
Irurtzun	Cuencas Intermedias	442	22	1° 49' W	42° 55'
Pamplona-Observatorio	Cuencas Intermedias	442	45	1° 38' W	42° 49'
Pamplona-Noain	Cuencas Intermedias	452	22	1° 38' W	42° 46'
Goñi	Cuencas Intermedias	865	22	1° 54' W	42° 51'
Artieda	Cuencas Intermedias	450	36	1° 19' W	42° 42'
Urbasa-Yerri	Navarra Media y Ribera	890	31	2° 10' W	42° 51'
Estella-Rocamador	Navarra Media y Ribera	426	27	2° 02' W	42° 40'
Larraona	Navarra Media y Ribera	771	22	2° 15' W	42° 46'
Arróniz	Navarra Media y Ribera	572	30	2° 05' W	42° 35'
Lerga	Navarra Media y Ribera	615	22	1° 30' W	42° 34'
Olite	Navarra Media y Ribera	395	66	1° 39' W	42° 29'
Leyre	Navarra Media y Ribera	756	24	1° 10' W	42° 38'
Yesa	Navarra Media y Ribera	515	64	1° 11' W	42° 37'
Carcastillo	Navarra Media y Ribera	340	68	1° 27' W	42° 22'
Sartaguda	Navarra Media y Ribera	310	77	2° 03' W	42° 21'
Tudela-Azucarera	Navarra Media y Ribera	263	36	1° 35' W	42° 03'
Fitero	Navarra Media y Ribera	438	64	1° 51' W	42° 03'
Buñuel	Navarra Media y Ribera	242	67	1° 26' W	41° 58'

Sección de Suelos y Climatología del Servicio de Estructuras Agrarias del Gobierno de Navarra, que utiliza la fórmula  $X_T = X + (Y_T - Y_n/S_n)S_x$ , en la que  $S_x$  es la desviación típica de las máximas anuales,  $X$  es la media de las lluvias máximas anuales,  $Y_T$  la variable reducida,  $Y_n$  y  $S_n$  la media y desviación típica de la variable reducida, técnica utilizada en otros estudios anteriores (Elías Castillo, 1963 y 1979). Se han seleccionado treinta y ocho observatorios más representativos, estratégicamente situados por las comarcas navarras, fiables y que incluyen, por lo menos, series de más de veinte años de observaciones (tabla 1). Con los datos aportados se describen y analizan las precipitaciones máximas en 24 horas para períodos de retorno de dos, cinco, diez, quince, veinte, veinticinco, cincuenta y cien años; se señalan las diferencias comarcales existentes en Navarra y se explican los factores que las provocan.

## 2. PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN LAS COMARCAS NAVARRAS

El rasgo más sobresaliente del clima de Navarra es la gran diversidad pluviométrica existente de acuerdo con su reducida extensión. En su territorio tiene lugar la transición del medio oceánico lluvioso (Valles Cantábricos) al mediterráneo seco (Navarra Media y Ribera). No se trata de un cambio brusco como el que se da en otras regiones peninsulares, sino de un paso gradual, con la aparición de una variedad amplia de matices pluviométricos (Valles Meridionales Húmedos, Cuencas Intermedias). Además, los Valles Pirenaicos navarros, debido al compartimentado relieve, crean una diversidad importante de microclimas.

### 2.1. Los Valles Cantábricos

Se encuentran al norte de Navarra, próximos al mar Cantábrico, en la parte septentrional de la cadena divisoria Belate-Azpirotz y, por lo tanto, en la zona frecuente de paso de las borrascas atlánticas, que se trasladan desde el Cantábrico Oriental al Valle del Ebro. La cadena divisoria Belate-Azpirotz desempeña un papel fundamental, puesto que divide dos zonas distintas en cuanto a las precipitaciones máximas diarias: los Valles Cantábricos abiertos a la influencia oceánica (Baztan, Leitzarán, Doneztebe, Regata del Bidasoa) que superan los 100 mm de precipitación máxima diaria para un período de retorno de cinco y diez años; y los Valles Meridionales Húmedos (Larraun, Ultzama, Basaburua, Anue), que registran valores por debajo, por su situación en la parte meridional de la citada cadena.

Dentro del sector septentrional, los valles situados junto al macizo de Cinco Villas son los más intensamente lluviosos con precipitaciones máximas diarias abundantes superiores a 100 mm en un período de retorno de dos años. El Valle del Urumea-Añarbe alcanza los 160 mm, cifra más alta de Navarra, para un período de retorno de diez años y que llega fácilmente a los 200 mm si el período considerado se alarga a veinticinco años. Estos valles se ven favorecidos por su situación al pie del macizo de Cinco Villas, que realiza la función de primera pantalla condensadora de humedad y por su mayor altitud (Artikutza 172,4 mm y Arano-Arrambide 140 mm para un período de retorno de diez años).

Conviene detenerse en Artikutza, porque seguramente es uno de los observatorios que registra las lluvias más intensas de la parte norte peninsular. Se ha anotado una precipitación máxima anual superior a 60 mm en los 66 años consultados; en casi las dos terceras partes de los años se han

Tabla 2: Valles cantábricos. Precipitaciones máximas diarias (Gumbel).

Observatorios	X 2	X 5	X 10	X 15	X 20	X 25	X 50	X 100
Artikutza	113,2	148,8	172,4	185,7	195,1	202,2	224,3	246,3
Arano Arrambide	90,8	120,4	140,0	151,1	158,8	164,8	183,2	201,4
Santesteban	74,3	96,7	111,6	119,9	125,8	130,3	144,2	158,0
Amaiur	82,1	110,0	128,6	139,0	146,3	151,9	169,3	186,5
Olague	55,8	70,6	80,5	86,0	89,9	92,9	102,1	111,2
Iraizotz	58,7	73,6	83,5	89,0	92,9	95,8	105,1	114,3

superado los 100 mm; en una tercera parte los 125 mm; y en un casi 15 % los 150 mm. Los valores extremos de la serie son 1953 y 1944 con una precipitación máxima diaria de 293 mm, cantidad muy elevada para el medio oceánico que se encuentra, y 65 mm respectivamente.

Una segunda zona de máximas diarias copiosas se encuentra en las tierras altas del Valle del Baztán, situadas al pie del macizo de Quinto Real. Aquí, la lluvia diaria que podría recogerse, supera los 120 mm y 150 mm para períodos de retorno de diez y veinticinco años (Amaiur 128,6 mm y 151,9 mm ). Las diferencias son originadas, no por la altitud que es parecida en ambos casos, sino por la situación occidental de Artikutza, más favorable a la entrada de los temporales atlánticos.

Las precipitaciones máximas diarias descienden en la Regata del Bidasoa por el efecto de sombra pluviométrica que realiza el macizo de Cinco Villas (Santesteban 111,6 mm y 144,2 mm de lluvia máxima para un período de diez y cincuenta años respectivamente). Santesteban anota resultados inferiores a los de Artikutza, pues de los 74 años estudiados, en más del 90 % de los años se ha alcanzado una precipitación máxima anual superior a 50 mm, en algo más de una tercera parte los 80 mm, en un casi 15 % los 100 mm y sólo un 8 % llega a los 125 mm.. Los valores extremos de la serie se registraron en los años 1953 y 1921 con una precipitación máxima diaria de 163 mm y 38,1 mm respectivamente.

Finalmente, en los Valles Meridionales Húmedos, situados en la cara sur de la cadena Belate-Azpirotz, la probabilidad de alcanzar los cien milímetros de lluvia se alarga a un período de cincuenta años. Sin embargo no se pueden menospreciar las lluvias intensas que caen en estos valles, puesto que la probabilidad de obtener cincuenta milímetros de lluvia aparece en un período de dos años, como se observa en los datos de Olague e Iraizotz (tabla 2).

En definitiva, los Valles Cantábricos presentan intensidades elevadas de precipitación máxima diaria por su situación en la línea de entrada de las depresiones atlánticas. Dentro de este sector las diferencias entre uno lugares y otros son acusadas y vienen dadas primeramente por su situación en la parte septentrional y meridional de la Cadena Divisoria, o sea influye la proximidad o lejanía al mar Cantábrico. En segundo lugar afecta la situación de los valles a barlovento o sotavento de los macizos de Cinco Villas y Quinto Real y la altitud en que se encuentran los observatorios.

## 2.2. Los Valles Pirenaicos

Los Valles Pirenaicos representan la zona de más altitud de Navarra y se caracterizan por la presencia de un complicado relieve con una amplia diversidad con alternancia de montañas altas y medias, con valles y depresiones de diferente altura. Los Pirineos Centrales navarros, formados por las cabeceras de los valles del Arga, Erro, Urrobi e Irati, son de inferior altitud y están más abiertos a las influencias del mar Cantábrico y en ellos se encuentran llanuras intramontanas muy lluviosas como Espinal-Burguete-Roncesvalles y Garralda-Arribes. En estos valles, los observatorios situados junto a la divisoria pirenaica son los más intensamente lluviosos, pues registran precipitaciones máximas diarias abundantes superiores a 100 mm para un período de retorno de cinco años (Roncesvalles 119,5 mm y 150 mm y Fábrica de Orbaitzeta 123,8 mm y 163 mm para diez años y cincuenta años respectivamente). Se trata de auténticos nidos de inundaciones con borrascas que se desplazan desde las Islas Británicas hasta el sureste de Francia.

Valcarlos, situado en la cara septentrional de los Pirineos y a poca altitud se encuentra en la línea de entrada de las borrascas atlánticas, por eso anota 92,7 mm y 105,4 mm para períodos de retorno de diez y veinticinco años (tabla 3). Eugi, en la cabecera del Valle del Arga es un foco muy lluvioso que alcanza los 100 mm para un período de retorno de diez años. Las precipitaciones máximas diarias descienden hacia el sur, debido a la latitud y altitud. (Espinal 96,9 mm; Erro 92 mm; Zubiri 79,1 mm para un período de diez años).

Conviene detenerse en el análisis más pormenorizado de algunos observatorios de esta zona. En Roncesvalles los 22 años estudiados han anotado una precipitación máxima anual superior a 50 mm, algo menos de las dos terceras partes han superado los 80 mm, y una cuarta parte los 100 mm; el año 1981 fue el de mayor precipitación máxima diaria con 143 mm, y 1995 el de menor con 60,4 mm. En Eugi de los 29 años considerados, casi el 90 % supera los 50 mm, el 10 % los 80 mm y sólo el 3 % los 100 mm. El año 1993 fue el de mayor precipitación máxima diaria con 114 mm y 1970 el de menor precipitación máxima diaria con 45,5 mm. Se trata de observatorios en donde los fuertes chubascos dan lugar a intensas lluvias.

En los Pirineos Orientales navarros (Salazar y Roncal) las precipitaciones máximas son menos elevadas, debido a que la lejanía del mar Cantábrico y el efecto de sombra pluviométrica que realiza el macizo de Quinto Real, no se ve compensado con la mayor altitud de los observatorios. Irabia, Arribes y Abaurrea Alta, situados en la parte más occidental, tienen una mayor probabilidad de lluvias intensas (85,5 mm, 86,3 mm y 82,7 mm respectivamente para un período de retorno de diez años). El resto de observatorios (Erremendia 75,2 mm y Esparza de Salazar 79,3 mm) también tienen una probabilidad de lluvia intensa inferior, pero más elevada que los observatorios de la parte meridional (Epároz 70,1 mm)

Los observatorios de esta zona registran resultados elevados pero inferiores a los obtenidos en los Valles Cantábricos lluviosos y Pirineos Centrales navarros. En Irabia de los 51 años estudiados, en el 70 % se ha anotado una precipitación máxima anual superior a 50 mm, en la décima parte se han superado los 80 mm, y sólo los 100 mm en una ocasión. El año 1943 fue el de mayor precipitación máxima diaria con 120,2 mm en un día y 1933 el de menor precipitación máxima diaria con 35,3 mm. En Abaurrea Alta, de los 42 años considerados, más del 80 % superan los 50 mm, el 7 % los 80 mm y sólo un año ha superado los 100 mm; el año 1984 fue el de mayor precipitación máxima diaria con 114 mm en un día, y 1933 el de menor precipitación máxima diaria con 35,5 mm.

Tabla 3: Valles pirenaicos. Precipitaciones máximas diarias (Gumbel).

Observatorios	X 2	X 5	X 10	X 15	X 20	X 25	X 50	X 100
Eugi	67,5	87,2	100,2	107,5	112,6	116,6	128,8	140,8
Valcarlos	67,6	82,7	92,7	98,4	102,3	105,4	114,7	124,0
Roncesvalles	84,7	105,6	119,5	127,3	132,8	137,0	150,0	162,9
Espinal	56,5	80,8	96,9	105,9	112,3	117,2	132,2	147,2
Zubiri	54,3	69,2	79,1	84,7	88,6	91,6	100,9	110,1
Erro	60,7	79,5	92,0	99,0	103,9	107,7	119,4	131,0
Fáb. Orbaizeta	79,1	106,0	123,8	133,8	140,9	146,3	163,0	179,5
Irabia	57,6	74,4	85,5	91,7	96,1	99,5	109,9	120,3
Aribe	58,9	75,4	86,3	92,5	96,8	100,1	110,3	120,4
Abaurrea Alta	58,9	73,2	82,7	88,1	91,8	94,7	103,6	112,5
Erremendía	52,8	66,3	75,2	80,2	83,7	86,5	94,8	103,1
Esparza Salazar	58,5	71,0	79,3	84,0	87,3	89,8	97,6	105,3
Epároz	49,0	61,7	70,1	74,8	78,2	80,7	88,6	96,4

En definitiva, los Valles Pirenaicos navarros presentan intensidades elevadas de precipitación máxima diaria y una diferenciación entre los Centrales, más abiertos a las influencias del Cantábrico y a las borrascas que entran por el Golfo de Vizcaya y los Orientales, más alejados. Sin duda, la altitud media de esta zona y el aumento progresivo de la montaña hacia el este, supone la presencia de sucesivas pantallas con respecto a las situaciones lluviosas dominantes. Además, la quebrada orografía y la orientación de las montañas, influyen en la elevada cantidad de lluvia recogida. El lugar más lluvioso se encuentra en la llanada Espinal-Burguete- Roncesvalles, que supone el segundo foco con alta probabilidad de lluvia intensa, después de los observatorios de los Valles Cantábricos situados al pie de los macizos de Cinco Villas y Quinto Real. Las situaciones del noroeste siguen siendo las que anotan precipitaciones más intensas. Las advecciones del norte resultan más lluviosas en los Pirineos Centrales navarros y las del suroeste en los Orientales.

### 2.3. Las Cuencas Intermedias

Son pasillos intermedios entre montañas y por encima de los cuatrocientos metros de altitud, cerrados en su parte meridional por los complejos montañosos de Urbasa-Andía, Perdón-Aláiz-Izco y Leyre. En este sector, la probabilidad de que se registren cuantías más abundantes aparece en las zonas montañosas que registran resultados parecidos a los Valles Cantábricos menos lluviosos (tabla 4) para un período de retorno de diez años (Goñi 119 mm). El Corredor del Arakil, formado por la Barranca y la Burunda, que se encuentra en la parte occidental y por lo tanto más abierto a las influencias cantábricas, registra lluvias diarias copiosas parecidas a las de los Valles Pirenaicos (Alsasua 92,9 mm; Irurtzun 88,4 mm). En la Cuenca de Pamplona y en la parte oriental la Cuenca de Lumbier-Aóiz disminuye la intensidad de lluvia diaria (Pamplona- Obs. 76,7 mm; Artieda 73,7 mm).

Tabla 4: Cuencas intermedias. Precipitaciones máximas diarias (Gumbel).

Observatorios	X 2	X 5	X 10	X 15	X 20	X 25	X 50	X 100
Alsasua	60,2	79,9	92,9	100,2	105,4	109,3	121,5	133,6
Irurtzun	59,4	76,9	88,4	95,0	99,5	103,1	113,9	124,7
Pamplona-Obs.	47,5	65,1	76,7	83,3	87,9	91,5	102,4	113,2
Pamplona-Noain	43,5	63,5	76,8	84,2	89,5	93,5	105,9	118,3
Goñi	71,6	100,1	119,0	129,6	137,0	142,8	160,5	178,0
Artieda	44,6	62,1	73,7	80,2	84,8	88,3	99,2	110,0

En Alsasua la probabilidad de altas lluvias en 24 h. es importante, pues de los 87 años estudiados, en más del 80 % se ha anotado una precipitación máxima anual superior a 50 mm, en el 15 % se han superado los 80 mm y en un 5 % los 100 mm; los valores extremos de la serie se registraron en 1926 y 1984 con una precipitación máxima diaria de 158 mm y 35,4 mm respectivamente. En Pamplona Observatorio los resultados menguan bastante, pues de los 45 años considerados, sólo algo más de la tercera parte supera los 50 mm, el 9 % los 80 mm y en ninguna ocasión se han superado los 100 mm; los valores extremos de la serie se registraron 1960 y 1961 con una precipitación máxima diaria de 91,2 mm y 24,8 mm respectivamente.

#### 2.4. Navarra Media y la Ribera

Las sierras Exteriores, principalmente Urbasa-Andía y el complejo montañoso Perdón-Aláiz-Izco, actúan como una pantalla climática, que va a dividir dos zonas pluviométricas diferentes y que se va a poner de manifiesto en las precipitaciones máximas diarias anuales: la lluviosa Montaña Navarra, anteriormente estudiada, y la seca Cuenca del Ebro, que comprende Navarra Media y la Ribera. Navarra Media, situada en la parte meridional de las sierras Exteriores y a superior altura que la Ribera, se encuentra al igual que ésta en la Cuenca del Ebro, y desempeña un papel de transición entre las Cuencas Intermedias y la Ribera Navarra. En esta comarca aparecen los caracteres mediterráneos que se manifiestan en las precipitaciones, y que son más visibles en la Ribera. La diversidad es la característica fundamental del Valle del Ebro, en cuanto a las precipitaciones máximas diarias. La configuración del territorio en cuenca amplia, cerrada por las sierras Exteriores y el Sistema Ibérico, le confiere un carácter singular, pues se ve sometida en invierno a inversiones frías y en verano a fuertes calentamientos y tormentas estivales.

En estas comarcas hay que distinguir entre los lugares situados a cierta altitud, junto a las sierras Exteriores, que reciben cantidades más elevadas de lluvia y los que se encuentran en la parte llana y más alejados de las mismas. En efecto, Larraona y Urbasa-Yerri obtienen 103 mm y 103,2 mm de precipitación máxima diaria para un período de retorno de diez años (tabla 5); cantidades parecidas a los observatorios menos lluviosos de los Valles Cantábricos y a los más lluviosos de los Valles Pirenaicos navarros. Las tormentas estivales del suroeste se ven obligadas a ascender en contacto con estas sierras y producen intensos chubascos.

Tabla 5: Navarra Media y Ribera. Precipitaciones máximas diarias (Gumbel).

Observatorios	X 2	X 5	X 10	X 15	X 20	X 25	X 50	X 100
Urbasa-Yerri	57,6	84,9	103,0	113,2	120,3	125,8	142,7	159,5
Estella-Rocam.	45,6	72,1	89,6	99,5	106,4	111,8	128,2	144,5
Larraona	60,4	86,1	103,2	112,8	119,5	124,7	140,7	156,5
Arróniz	41,0	56,8	67,3	73,2	77,4	80,6	90,4	100,2
Lerga	44,5	69,7	86,4	95,8	102,4	107,5	123,1	138,6
Olite	39,3	53,4	62,8	68,1	71,8	74,6	83,4	92,1
Leyre	48,7	60,1	67,6	71,8	74,8	77,1	84,1	91,1
Yesa	49,6	67,9	80,0	86,8	91,6	95,2	106,6	117,8
Carcastillo	38,2	51,4	60,1	65,0	68,5	71,1	79,3	87,4
Sartaguda	43,1	75,4	96,8	108,9	117,3	123,8	143,9	163,8
Tudela-Azucarera	44,8	65,9	79,8	88,7	93,3	97,5	110,6	123,7
Fitero	34,4	49,6	59,7	65,5	69,5	72,5	82,0	91,4
Buñuel	40,6	61,9	76,0	84,0	89,6	93,9	107,1	120,2

Algunos lugares situados en las trayectorias más frecuentes de las tormentas y al pie de la cara sur de las sierras de Urbasa-Andía (Estella-Rocamador), Alaiz-Izco (Lerga) y Leyre (Yesa), registran precipitaciones máximas diarias que superan los 80 mm para un período de retorno de diez años. Los resultados descienden en la Ribera, en donde se distinguen los observatorios más irrigados al paso de las tormentas, que alcanzan los 70 mm, como Tudela y Buñuel, y los que presentan menor intensidad de lluvia diaria, como Olite, Carcastillo y Fitero. Las vaguadas con vientos del suroeste en las capas medias de la atmósfera y vientos del sureste en superficie, las gotas frías situadas en el Golfo de Vizcaya, Lisboa, o Golfo de Cádiz y las tormentas asociadas a masas de aire del oeste y noroeste, son las situaciones que dan lugar a precipitaciones intensas.

Si se analizan año por año las diferencias en estas comarcas son grandes. En Urbasa el 60 % de los años se supera los 50 mm de lluvia máxima diaria, en Yesa la mitad de los años y en Carcastillo sólo la quinta parte. En este último ningún año ha llegado a registrar 80 mm, mientras sólo lo han hecho el 12 % y el 8 % en Urbasa y Yesa respectivamente.

### 3. PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN INTERVALOS DE TIEMPO INFERIORES A 24 HORAS EN PAMPLONA-NOAIN

Se han ajustado las precipitaciones máximas anuales en intervalos de 10 minutos a 24 horas en el período 1989-1998 (10 años) para períodos de retorno de 2 a 100 años (Estudio agroclimático de Navarra, 2001). La serie de datos es muy corta por lo que los valores obtenidos deberán tomarse con reservas, aunque se puede obtener una primera idea de las lluvias máximas en períodos inferiores a 24 h (tabla 6).



Tabla 6: Pamplona-Noain. Precipitaciones máximas anuales (Gumbel)

AÑOS	10 m	20 m	30 m	1 hora	2 horas	6 horas	12 horas	24 horas
Media	11,4	14,9	18,1	22,2	25,8	32,4	35,9	46,2
Desv. típ. (Sx)	5,8	6,4	8,1	10,4	11,0	19,6	19,0	26,6
X2	10,6	14,0	17,0	20,7	24,3	29,7	38,3	42,5
X5	17,5	21,7	26,7	33,2	37,5	53,2	56,0	74,4
X10	22,1	26,7	33,1	41,4	46,2	68,7	71,1	95,4
X15	24,7	29,6	36,6	46,0	51,0	77,3	79,4	107,1
X20	26,5	31,6	39,2	49,0	54,5	83,5	85,5	115,6
X25	27,9	33,1	41,2	51,8	57,2	85,6	90,1	122,0
X50	32,2	37,9	47,2	59,5	65,3	102,8	104,1	141,7
X100	36,5	42,5	53,1	67,1	73,3	117,1	118,0	161,1

En diez minutos puede caer lluvia intensa en Pamplona, más de veinte y treinta milímetros para un período de retorno de diez y cincuenta años respectivamente. En media hora los resultados se disparan a más de treinta y casi cincuenta milímetros, y en una hora a más de cuarenta y casi sesenta milímetros. En seis horas los valores aumentan a más de cien milímetros para un período de retorno de cincuenta años. Estos datos indican la probabilidad de lluvias intensas en pequeños intervalos que pueden causar problemas, puesto que difícilmente pueden ser absorbidas por los desagües de la ciudad o por el suelo.

#### 4. CONCLUSIONES.

Existe una diversidad importante en Navarra en cuanto a las precipitaciones máximas diarias. La isoyeta 100 mm para un período de retorno de diez años, que se extiende por las sierras de Urbasa y Andía, Valle Larraun, Cadena Divisoria, macizo de Quinto Real y embalse de Irabia, separa dos zonas diferentes: la de probabilidad elevada de lluvia intensa situada al norte, que comprende el Corredor del Arakil (desde Alsua hasta Irurtzun), los Valles Cantábricos (Urumea-Añarbe, Leizaran, Cinco Villas, Baztan) y la parte septentrional de los Pirineos Centrales navarros (cabecera del Valle Esteribar, llanada de Burguete-Roncesvalles, cabecera del río Irati); y la de menor probabilidad de lluvia intensa situada al sur, que abarca los Valles Meridionales Húmedos (Ultzama, Larraun, Anue), los Pirineos Orientales navarros, las Cuencas Intermedias, Navarra Media y la Ribera.

Las inundaciones que tienen lugar en las Cuencas Intermedias, Navarra Media y la Ribera son provocadas por las precipitaciones intensas caídas en la Cadena Divisoria, Pirineos Centrales navarros y en algunas ocasiones sierras de Urbasa-Andía. Las avenidas producidas en el área guipuzcoana (Valles del Oría, Urumea y Bidasoa) se deben a las lluvias intensas en los Valles Cantábricos navarros, sobre todo en los macizos de Cinco Villas y Quinto Real. Las intensas lluvias de tormenta anegan los cultivos del Valle del Ebro.

La dinámica atmosférica y el territorio navarro son los factores que explican la presencia de precipitaciones máximas elevadas. En primer lugar, la situación de Navarra en el frente de ataque de gotas frías, vaguadas o borrascas activas, en un lugar de paso de las masas de aire inestables del mar Cantábrico al Mediterráneo. En segundo lugar, la presencia de montañas navarras con orientación ONO-ESE, que al ser opuestas al flujo principal, favorecen los ascensos de las masas nubosas inestables. En tercer lugar la proximidad del mar y la altitud, son factores importantes que aumentan la probabilidad de lluvia intensa. Finalmente, la trayectoria de las tormentas explica las altas lluvias intensas en Navarra Media y la Ribera; las masas de aire del sureste en superficie, cálidas y húmedas, penetran en el sur de Navarra y se adentran por el curso de los ríos Ega, Arga y Aragón, y en contacto con los relieves montañosos del norte y centro de Navarra, producen ascensiones violentas que provocan precipitaciones intensas.

## 5. REFERENCIAS

- BELTRÁN, F. y PEJENAUTE, J. (1995): Las inundaciones en Navarra. En CREUS, J. (Eds) *Situaciones de riesgo climático en España*. Instituto Pirenaico de Ecología, pp. 129-140.
- CREUS, J. y PUIGDEFABREGAS, J. (1978): Influencia del relieve en la distribución de las precipitaciones máximas. Un ejemplo Pirenaico. *Cuadernos de Investigación*, 4, pp. 11-23, Colegio Univ. de Logroño.
- ELÍAS CASTILLO, F. (1963): *Precipitaciones máximas en España. Régimen de intensidades y frecuencias*, Madrid, Ministerio de Agricultura.
- ELÍAS CASTILLO, F., y RUIZ BELTRÁN, L. (1979): *Precipitaciones máximas en España*, Madrid, Ministerio de Agricultura.
- GOBIERNO DE NAVARRA (2001): *Estudio agroclimático de Navarra*. Pamplona, Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Servicio de Estructuras Agrarias, sección de Suelos y Climatología.
- MARTÍN VIDE, J. (1982): "Intensidades diarias de la precipitación en Tarragona", *Tarraco*, 3, pp 185-193, Departamento de Geografía, Tarragona, Universidad de Barcelona.
- MARTÍN VIDE, J. (1987): *Característiques climatologiques de la precipitació en la franja costera Mediterranea de la Península Ibérica*, Barcelona, Generalitat de Catalunya.
- MARZOL, M.V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. S/C de Tenerife, Servicio de Publicaciones de la Caja de Ahorros de Canarias.
- OLCINA CANTOS, J. y RICO AMORÓS, A., (1999): Mapa de precipitaciones máximas diarias y riesgo de inundaciones en la provincia de Alicante. En RASO, J. M. y MARTÍN VIDE, J. (Eds): *La climatología Española en los albores del siglo XXI*. I Congreso de la Asociación Española de Climatología (AEC, serie A, nº 1), Barcelona, pp. 353-362.
- PEJENAUTE GOÑI, J. (1989): Los días de precipitación elevada en Navarra y las situaciones atmosféricas que los originan. *Notas y Estudios de Ciencias Sociales*, 2, pp. 17-60, Pamplona, Centro Asociado de la UNED de Navarra.
- PEJENAUTE GOÑI, J. (1990): "Estudio de las precipitaciones torrenciales de agosto de 1983 en Navarra". *Lurralde*, 14, pp. 117-142, San Sebastián, INGEBa.
- PEJENAUTE GOÑI, J. (1996): Los fuertes contrastes pluviométricos de las comarcas navarras. En MARZOL, M<sup>a</sup> V., DORTA, P., VALLADARES, P. (Eds.): *Clima y agua*, pp. 65-78.
- PEJENAUTE GOÑI, J. (1996): Estudio de un episodio de lluvia torrencial en Navarra con efectos de inundación. *Espacio, tiempo y forma*, Serie VI, Geografía, t. 9, pp. 133-177, Madrid, Universidad a Distancia.
- PEJENAUTE GOÑI, J. (1996): Lluvias torrenciales e inundaciones de enero de 1997 en Navarra. *Estudios de Ciencias Sociales* 9, pp. 13-68, Pamplona, Centro Asociado de la UNED de Navarra.