

FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE PRECIPITACIONES EXTREMAS DIARIAS EN EL COLMENAR - TUCUMAN

Figuroa Luis Roberto *, César Manuel Lamelas ** y Jorge D. Forciniti **

* Ing. Agr. M. Sc. Inv. Principal, Sección Suelos y Nutrición Vegetal. EEAOC.

** Ing. Agr., Téc. Mec., Sección Agrometeorología. EEAOC.

RESUMEN

Se trabajó con una serie continua de datos de lluvia diaria que abarca el período 1970 – 1999, registrados en la estación agrometeorológica central de la EEAOC, ubicada en la localidad de El Colmenar ($26^{\circ} 48' S - 65^{\circ} 12' W - 481 m$), provincia de Tucumán. Se utilizó la distribución de Gumbel (2) para el análisis estadístico de las precipitaciones diarias extremas y la metodología propuesta por Oosterbaan (6) para establecer un intervalo de confianza del 80%. Los resultados obtenidos superan, en un rango que va de un 9% a un 14% en todos los períodos de recurrencia, a los obtenidos por Medina y Moyano (4) para el periodo 1908 – 1972. Estos datos muestran también que enero es el mes con mayor número de días de lluvia máximos para el período analizado. Además, se calculó la magnitud de eventos con periodos de recurrencia de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, para los totales mensuales, máxima precipitación diaria y las sumas móviles máximas de precipitación de 2, 3, 4 y 5 días. Los resultados indican que enero es el mes con lluvias de mayor intensidad y que octubre presenta lluvias más intensas que noviembre, tomando iguales periodos de recurrencia. Por otro lado, al considerar las sumas móviles máximas anuales de 5 días, se determinó que las lluvias máximas de 1 día contribuyen en promedio con el 66 % de la lluvia total. Por último, hay una correlación altamente significativa entre la cantidad total de lluvia del periodo octubre – marzo y la suma de precipitaciones máximas diarias de igual periodo.

Palabras claves: Precipitaciones diarias, valores extremos, probabilidad.

SUMMARY

Frequency of daily rainfall intensity for El Colmenar – Tucumán

A continuous series of daily rainfall collected at the central weather station of EEAOC., located in El Colmenar, Province of Tucumán ($26^{\circ} 48'S - 65^{\circ} 12' W - 481 \text{ m}$), covering a period from 1970 to 1999 was taken. The Gumbel probability distribution (2) was used to calculate the daily rainfall extreme values together with the method applied by Oosterbaan (6) to calculate the 80% confidence belt. The results obtained showed to be greater 9% to 14% than those produced by Medina y Moyano (4) for the 1908 – 1972 period. January is the month having the largest number of maximum daily rainfall during the year for the period under consideration. The magnitude of extreme events for the monthly and daily rainfall and for the mobile sums of 2, 3, 4 and 5 days were also calculated for the return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years. The results showed that January is the month having the highest rainfall intensity and that the intensity in October is higher than in November. The rainfall occurred in one day counts for 66 % of the total maximum annual rainfall of 5 consecutive days as an average. Finally, a highly significant correlation between the total amount of rainfall for the period October – March and the sum of maximum daily rainfalls for the same period was found.

Key Words: Daily rainfall, extreme values, probability.

INTRODUCCION

El estudio de fenómenos naturales en lo referente a sus magnitudes y frecuencias de ocurrencia tiene gran importancia en hidrología por su aplicación en el diseño y construcción de obras civiles e hidráulicas. Así, el diseño de una obra está directamente vinculado con la estimación de la magnitud de un fenómeno para una dada frecuencia de ocurrencia, la cual va a estar en directa relación con la importancia de la obra, su vida útil y las consecuencias que tendría sobre la comunidad el hecho que ocurra un evento de magnitud superior al tomado a los fines de los cálculos de la obra.

En el caso de la producción agropecuaria y específicamente en los problemas de conservación de suelos, el conocimiento de la magnitud de las precipitaciones, por su vinculación con excedentes de escurrimiento, es de fundamental importancia en la planificación y ejecución de trabajos de conservación de suelos, sobre todo en el diseño de canales de desagüe. El Manual de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica (1) ha calculado el escurrimiento de cuencas agrícolas sobre la base del Método de la Curva Número y presenta una serie de ábacos que predicen los caudales pico de descarga en función de su superficie, la curva número y la precipitación máxima diaria. Esta última puede ser tomada para distintas probabilidades de ocurrencia (intervalos de retorno) según sea la importancia de la obra a realizar y los riesgos que conlleva el hecho de que la misma se vea superada en su diseño. La predicción de lluvias extremas tiene otras aplicaciones en el campo de la agronomía, hidrología y ecología.

Para la República Argentina se han elaborado diversos trabajos sobre intensidad de las precipitaciones (3), (7) y (8). Un antecedente existente para San Miguel de Tucumán es el trabajo de Medina y Moyano (4), "Estudio Piloto de Lluvias Intensas en la República Argentina", donde utilizaron datos pluviográficos y pluviométricos diarios del periodo 1908-1972 provenientes del Servicio Meteorológico Nacional.

Este trabajo se propone estudiar la intensidad de las lluvias diarias para la localidad de El Colmenar en el período 1970-99.

MATERIAL Y METODOS

Se tomaron los datos de lluvias diarias provenientes de la estación agrometeorológica central de la EEAO, ubicada en la localidad de El Colmenar (26° 48' S – 65° 12' W - 480 m), al noreste de la Ciudad de San Miguel de Tucumán, que conforman una serie ininterrumpida de 30 años, desde 1970 a 1999. En la práctica, esta serie puede considerarse una continuidad de la generada para San Miguel de Tucumán por el observatorio meteorológico del Servicio Meteorológico Nacional, que se clausurara en la década del 70, y que se encontraba ubicado en el mismo predio.

Para el análisis estadístico se usó la distribución de Gumbel (2), también conocida como distribución doble logarítmica o Distribución Fisher - Tippett Tipo I, por ser esta la más aceptada en la predicción de eventos extremos en hidrología y meteorología. La fórmula de Gumbel establece que:

$$F_c = \exp(-\exp(-\phi(x - \mu)))$$

Donde:

F_c = Frecuencia acumulada

x = Variable en consideración (en este caso la precipitación diaria)

μ = $\bar{x} - c/\phi$ (modo de la distribución)

z = Media de la distribución estimada por medio de la media de la muestra **m_x**

c = Constante de Euler

φ = $\sqrt{6}/(sd * 6^{1/2})$

sd = desviación estándar de la distribución, estimada por medio de la desviación estándar de la muestra **s_x**

Esta relación matemática, planteada en forma doble logarítmica, da la ecuación de una recta que, volcada al papel de Gumbel, permite inferir los valores de la variable lluvia para cualquier nivel de probabilidad o período de retorno.

A partir de esta relación, la frecuencia de que la variable exceda un valor dado (**F_e**) se establece por la relación:

$$F_e = 1 - F_c$$

El periodo de retorno, expresado en años en este caso, **(T)** es igual a:

$$T = 1/F_e$$

Los valores de la variable, tomados de registros, ordenados de mayor a menor y numerados (Cuadro 1), sirven para establecer una frecuencia acumulada real **(Fcr)**, donde:

$$F_{cr} = n/(N+1)$$

N = número total de datos

n = número de orden

A los fines de establecer un intervalo de confianza del 80%, para las lluvias diarias máximas, se usó la distribución binomial conforme al método propuesto por Oosterbaan R. J.(5). Se trabajó con los valores calculados de las curvas de frecuencias acumuladas para una muestra de 30 individuos, tomando los periodos de recurrencia de 2; 5; 10; 25; 50 y 100 años. Los valores extremos para el rango inferior ($p=0,10$) y superior ($p=0,90$) del intervalo de confianza fueron establecidos por interpolación a partir de los gráficos publicados por Oosterbaan R. J. (5). Los valores, así estimados, fueron llevados al papel de Gumbel para establecer el rango de confianza correspondiente a cualquier período de retorno.

Los datos de precipitación diarios máximos, las sumas móviles máximas para 2, 3, 4 y 5 días consecutivos y los totales mensuales de cada año, se utilizaron para obtener las ecuaciones correspondientes del modelo de Gumbel que permiten estimar las precipitaciones máximas con los intervalos de recurrencia ya mencionados.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 presenta los valores máximos de precipitación diaria para todos los años de la serie, ordenados de mayor a menor y acompañados de la fecha de ocurrencia. De la misma manera se hicieron cuadros para las sumas móviles y para los valores mensuales, los que sirvieron de base para calcular las ecuaciones de acuerdo a la distribución de Gumbel.

Cuadro 1: Valores máximos de precipitación diaria, frecuencia acumulada, frecuencia esperada y tiempo de retorno, para El Colmenar en el período 1970 – 99.

Año	Fecha	Lluvia Máxima mm/ día	Número de orden	Fe	Fc	T
1973	3-marzo	189.0	1	0.032258	0.967742	31.00
1994	2-febrero	165.5	2	0.064516	0.935484	15.50
1988	25-enero	149.0	3	0.096774	0.903226	10.33
1981	31-dic	148.0	4	0.129032	0.870968	7.75
1986	31-dic	130.0	5	0.161290	0.838710	6.20
1993	24-enero	120.5	6	0.193548	0.806452	5.17
1997	26-febrero	120.0	7	0.225806	0.774194	4.43
1984	2-enero	113.5	8	0.258065	0.741935	3.88
1992	10-marzo	113.5	9	0.290323	0.709677	3.44
1985	6-marzo	111.0	10	0.322581	0.677419	3.10
1983	31-dic	103.5	11	0.354839	0.645161	2.82
1989	13-enero	103.5	12	0.387097	0.612903	2.58
1999	6-febrero	99.5	13	0.419355	0.580645	2.38
1978	17-febrero	98.0	14	0.451613	0.548387	2.21
1990	8-febrero	96.7	15	0.483871	0.516129	2.07
1977	19-Dic	95.0	16	0.516129	0.483871	1.94
1979	27-enero	95.0	17	0.548387	0.451613	1.82
1976	14-enero	93.5	18	0.580645	0.419355	1.72
1987	3-dic	93.0	19	0.612903	0.387097	1.63
1972	4-enero	91.2	20	0.645161	0.354839	1.55
1995	1-mayo	86.0	21	0.677419	0.322581	1.48
1982	30-Nov	80.5	22	0.709677	0.290323	1.41
1991	24-enero	78.4	23	0.741935	0.258065	1.35
1980	31-dic	76.5	24	0.774194	0.225806	1.29
1970	3-Febrero	73.5	25	0.806452	0.193548	1.24
1974	10-enero	70.2	26	0.838710	0.161290	1.19
1996	4-marzo	69.2	27	0.870968	0.129032	1.15
1971	5-febrero	68.0	28	0.903226	0.096774	1.11
1998	6-enero	62.5	29	0.935484	0.064516	1.07
1975	13-dic	62.0	30	0.967742	0.032258	1.03

Los datos del Cuadro 1 muestran también que la lluvia máxima diaria se produjo 1 vez en noviembre, 7 veces en diciembre, 10 veces en enero, 7 veces en febrero, 4 veces en marzo y 1 vez en mayo.

La Figura N° 1 presenta las curvas correspondientes a la distribución de Gumbel y al intervalo de confianza del 80% para el periodo estudiado. Esta permite estimar los

valores de precipitación máxima diaria y sus correspondientes intervalos de confianza para cualquier nivel de probabilidad o período de retorno.

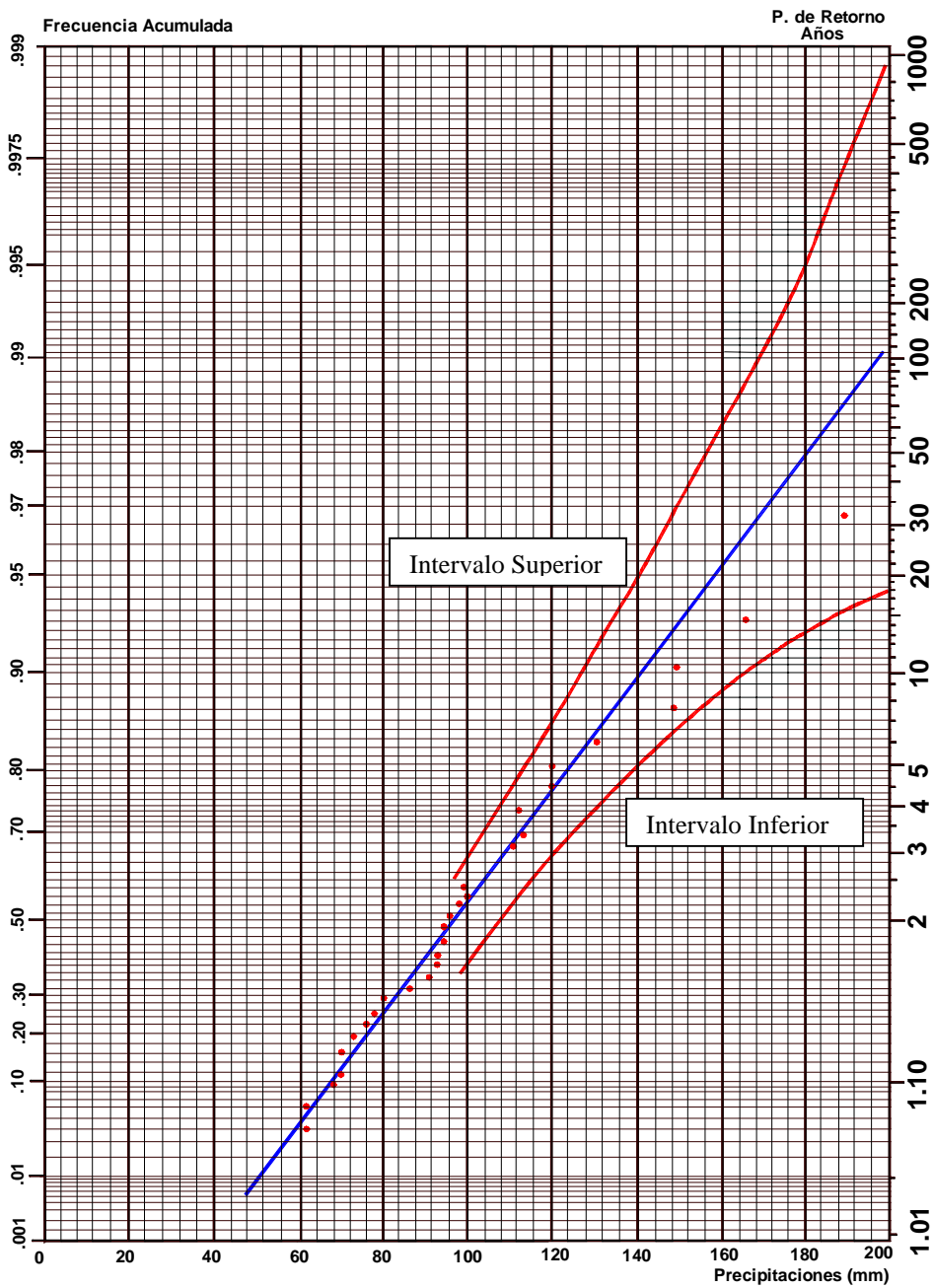


Figura 1: Curva de Gumbel e intervalo de confianza del 80% para los datos de lluvias máximas diarias de El Colmenar para el período 1970-99.

En el Cuadro 2 se han volcado los valores estimados correspondientes a las lluvias máximas diarias para los respectivos periodos de recurrencia y sus correspondientes intervalos de confianza al nivel del 80%. Estos valores superan entre un 9,7% a un 14,1%, en todos los períodos de recurrencia, a los estimados en el trabajo de Medina y Moyano (4) para el periodo 1908 –1972. El intervalo de confianza del 80 %, calculado usando la distribución binomial, tiene el significado de que todavía existe un 20 % de probabilidad que un evento sea inferior o supere al rango presentado en esta tabla para un dado periodo de recurrencia. Medina y Moyano (4) presentan también valores máximos alcanzables para intervalos de confianza del 68 % y 95 % que no se incluyen en el Cuadro 2 por haber sido calculados siguiendo un método distinto al usado en el presente trabajo.

Cuadro 2: Intensidades máximas diarias para El Colmenar en el período 1970-99 y su comparación con los correspondientes al período 1908-72.

T Frecuencia Años	Probabilidad	mm/24 horas 1970-1999	80% intervalo confianza		Medina Moyano 1908-1972
			mm/24 horas inferior	mm/24 horas superior	
2	0.50	97.3	89	108	88
5	0.80	124.4	114	144	109
10	0.90	142.4	132	173	126
25	0.96	165.0	150	216	149
50	0.98	181.9	161	274	165
100	0.99	198.6	168	293	181

El Cuadro 3 muestra los valores máximos estimados, aplicando la distribución de Gumbel, para totales mensuales, diarios y sumas móviles correspondientes a 2, 3, 4 y 5 días. Considerando los valores mensuales, se observa que el mes más lluvioso es enero. En segundo término y con valores muy parecidos están los meses de diciembre, febrero y marzo y un poco menores los correspondientes a noviembre, octubre y abril. El resto del año recibe cantidades de lluvias notablemente inferiores. Un comportamiento similar se observa en la distribución de totales diarios y acumulados desde 2 a 5 días.

Se destaca el hecho que el mes de octubre muestra lluvias diarias y sumas móviles de mayor intensidad que noviembre en todos los casos. Esto ocurre aun cuando el promedio mensual de precipitación para el periodo analizado es mayor en este último mes.

Cuadro 3: Período de recurrencia para lluvias extremas mensuales, diarias y sumas móviles de 2, 3, 4 y 5 días, para El Colmenar en el período 1970-99.

Mensuales												
T (años)	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
2	10.1	11.5	18.5	65.4	94.1	166.4	215.4	163.1	171.5	62.2	27.9	15.9
5	18.7	24.4	35.3	106.1	131.5	235.8	286.6	235.7	241.2	95.5	52.0	26.5
10	24.4	32.9	46.4	133.0	156.3	281.7	333.8	283.8	287.3	117.5	67.9	33.5
25	31.5	43.6	60.5	167.1	187.6	339.7	393.4	344.5	345.6	145.3	88.0	42.3
50	36.9	51.6	70.9	192.3	210.9	382.7	437.7	389.5	388.9	166.0	103.0	48.9
100	42.2	59.5	81.2	217.4	233.9	425.4	481.6	434.2	431.8	186.5	117.8	55.4
Diarias												
T (años)	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
2	4.6	6.1	9.2	29.6	31.5	54.0	64.2	50.9	52.4	20.6	11.6	7.1
5	8.0	12.7	17.3	50.7	45.6	81.8	89.7	81.3	83.2	32.3	25.3	12.3
10	10.3	17.1	22.6	64.7	55.0	100.2	106.6	101.4	103.7	40.0	34.4	15.7
25	13.2	22.6	29.3	82.3	66.8	123.4	127.8	126.9	129.5	49.8	45.8	20.0
50	15.4	26.7	34.3	95.4	75.6	140.7	143.6	145.8	148.6	57.0	54.3	23.2
100	17.5	30.8	39.2	108.4	84.3	157.8	159.3	164.5	167.6	64.2	62.7	26.4
2 Días												
T (años)	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
2	5.9	7.5	12.4	37.0	37.8	66.5	75.5	58.9	60.0	26.7	15.3	9.2
5	10.0	15.4	21.7	64.3	55.3	102.3	101.6	88.7	95.0	40.6	29.5	15.6
10	12.7	20.6	27.9	82.4	66.9	126.0	118.8	108.4	118.3	49.9	39.0	19.9
25	16.2	27.3	35.7	105.2	81.5	156.0	140.6	133.3	147.6	61.5	50.9	25.3
50	18.7	32.2	41.5	122.1	92.4	178.2	156.7	151.8	169.4	70.2	59.7	29.3
100	21.2	37.1	47.2	138.9	103.1	200.3	172.8	170.1	191.0	78.8	68.5	33.3
3 Días												
T (años)	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
2	6.7	9.5	14.6	39.9	43.2	73.3	80.5	67.7	65.2	29.9	18.7	10.4
5	11.2	18.5	25.9	67.7	62.3	111.0	105.1	102.2	101.3	47.3	36.8	17.2
10	14.2	24.4	33.4	86.1	75.0	136.1	121.3	125.0	125.3	58.8	48.8	21.7
25	18.0	31.8	42.8	109.4	91.1	167.6	141.9	153.9	155.5	73.4	63.9	27.5
50	20.9	37.3	49.8	126.6	103.0	191.1	157.2	175.4	178.0	84.2	75.1	31.7
100	23.7	42.8	56.7	143.7	114.8	214.4	172.3	196.6	200.2	95.0	86.3	35.9
4 Días												
T (años)	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
2	7.2	8.3	15.4	46.1	48.3	81.9	97.93	72.9	71.9	32.1	19.6	11.3
5	12.1	16.8	27.8	75.2	70.8	130.5	135.4	108.1	112.7	49.9	37.6	19.1
10	15.4	22.5	35.9	94.4	85.7	162.6	160.3	131.4	139.7	61.6	49.6	24.2
25	19.5	29.6	46.3	118.7	104.4	203.2	191.6	160.8	173.8	76.5	64.7	30.7
50	22.6	34.9	54.0	136.7	118.4	233.4	214.9	182.7	199.1	87.6	75.9	35.5
100	25.6	40.2	61.6	154.6	132.2	263.3	238	204.3	224.3	98.6	87.0	40.2
5 Días												
T (años)	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
2	7.8	8.7	16.2	48.7	53.7	84.1	102.6	76.9	80.8	34.0	20.3	11.7
5	13.7	17.2	28.9	78.5	76.7	133.3	137.3	113.3	126.0	52.4	40.1	20.3
10	17.6	22.8	37.4	98.3	92.0	165.9	160.2	137.4	156.0	64.6	53.2	25.9
25	22.6	30.0	48.1	123.2	111.3	207.1	189.2	167.9	193.8	80.0	69.8	33.1
50	26.2	35.3	56.1	141.7	125.6	237.7	210.6	190.5	221.9	91.4	82.1	38.4
100	29.9	40.5	63.9	160.0	139.8	268.0	232.0	212.9	249.7	102.7	94.3	43.7

En el Cuadro 4 se presentan las contribuciones porcentuales de las lluvias máximas diarias en las sumas móviles de 5 días para el evento máximo de cada año. Se observa que las mismas son altas y fluctúan entre un 34 % y un 99 % con una media de 66 %.

Cuadro 4: Relaciones porcentuales entre las precipitaciones máximas anuales de 1 y 5 días consecutivos, correspondientes al mismo evento, para El Colmenar en el período 1970-99.

Año	Precipitación Máxima 5 días Fecha Central	Precipitación Máxima 5 días mm	Precipitación Máxima 1 día Fecha	Precipitación Máxima 1 día mm	%
1970	15-DICIEMBRE	118.0	16-DICIEMBRE	68.0	58
1971	22-ENERO	107.8	23-ENERO	63.2	59
1972	4-ENERO	102.7	4-ENERO	91.2	89
1973	5-MARZO	277.0	3-MARZO	189.0	68
1974	9-ENERO	165.9	10-ENERO	70.2	42
1975	13-MARZO	81.7	11-MARZO	38.3	47
1976	20-DICIEMBRE	113.5	19-DICIEMBRE	93.5	82
1977	18-ENERO	201.7	19-ENERO	95.0	47
1978	18-FEBRERO	127.6	19-FEBRERO	98.0	77
1979	29-ENERO	113.9	27-ENERO	95.0	83
1980	8-MARZO	103.7	8-MARZO	76.5	74
1981	31-DICIEMBRE	166.9	31-DICIEMBRE	100.4	60
1982	2-DICIEMBRE	150.5	31-NOVIEMBRE	80.5	53
1983	31-DICIEMBRE	287.5	31-DICIEMBRE	103.5	39
1984	17-MARZO	175.7	15-MARZO	99.8	57
1985	5-MARZO	130.0	6-MARZO	111.0	85
1986	29-DICIEMBRE	131.6	31-DICIEMBRE	130.0	99
1987	27-DICIEMBRE	126.0	26-DICIEMBRE	43.0	34
1988	23-ENERO	202.4	25-ENERO	149.0	74
1989	14-ENERO	118.3	13-ENERO	103.5	87
1990	8-FEBRERO	111.2	8-FEBRERO	96.7	87
1991	23-ENERO	82.8	24-ENERO	78.4	95
1992	10-ENERO	170.3	9-ENERO	72.5	43
1993	26-ENERO	157.7	24-ENERO	120.5	76
1994	3-FEBRERO	215.7	2-FEBRERO	165.5	77
1995	3-MAYO	103.0	1-MAYO	86.0	83
1996	6-MARZO	118.7	8-MARZO	69.2	58
1997	28-ENERO	186.4	29-ENERO	90.5	49
1998	14-OCTUBRE	76.7	14-OCTUBRE	46.3	60
1999	28-OCTUBRE	140.7	28-OCTUBRE	92.0	65

Cuadro 5: Precipitaciones acumuladas en el semestre octubre – marzo y sumas de precipitaciones máximas diarias de todos los meses del semestre, para El Colmenar en el período 1970-99

Año	Octubre - Marzo Totales de precipitación mm	Octubre - Marzo Suma de precipitaciones diarias máximas. mm
1970-71	848.9	300.0
1971-72	565.5	357.7
1972-73	900.5	359.4
1973-74	906.0	203.7
1974-75	752.4	190.5
1975-76	1069.5	322.0
1976-77	980.4	256.6
1977-78	1145.6	361.9
1978-79	1147.2	357.5
1979-80	873.7	235.6
1980-81	1257.2	363.6
1981-82	906.6	355.3
1982-82	1026.9	342.0
1983-74	1329.1	422.3
1984-85	826.7	292.4
1985-86	842.5	251.5
1986-87	727.4	301.3
1987-88	1224.9	412.8
1988-89	466.8	210.3
1989-90	767.5	267.5
1990-91	1002.2	299.8
1991-92	1026.2	347.8
1992-93	951.6	340.2
1993-94	1056.7	420.0
1994-95	770.9	215.8
1995-96	648.3	225.2
1996-97	1244.5	397.1
1997-98	853.0	251.5
1998-99	1052.4	323.8
1999-00	1354.8	473.8

La correlación entre las sumas de las precipitaciones mensuales y las sumas de precipitaciones máximas diarias del periodo octubre – marzo, que se muestran en el cuadro 5, es $r = 0,7393$, la que resulta altamente significativa al nivel de 99,9 %. Esto indica una estrecha asociación entre años lluviosos y lluvias diarias de alta intensidad.

CONCLUSIONES

El mes con lluvias más intensas es enero. En segundo término y con valores muy parecidos están los meses de diciembre, febrero y marzo y un poco menores los correspondientes a noviembre, octubre y abril. El resto del año experimenta lluvias de mucho menor intensidad.

El mes de octubre muestra lluvias diarias y sumas móviles de mayor intensidad que noviembre en todos los casos. Esto ocurre aún cuando el promedio mensual de precipitación para el periodo analizado es mayor en este último mes.

Las precipitaciones máximas diarias calculadas para los periodos de recurrencia de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años del periodo 1970–99 superan entre un 10% y un 14 % a las estimadas por Medina y Moyano para el período 1908 – 1972.

Las sumas móviles de 5 días indican que una parte muy importante de la lluvia total corresponde a la precipitación de 1 día. El porcentaje fluctúa entre un 34 % y un 99 %, con una media de un 66 %.

Finalmente, se estableció que los años lluviosos tienen una alta asociación con lluvias diarias de alta intensidad.

LITERATURA CITADA

1. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Servicio de Conservación de Suelos. 1979. "Engineering Field Manual". Cap. 2 "Estimating Runoff": 1 – 76.

2. Gumbel, E.J. 1954. Statistical theory of extreme values and some practical applications. Applied mathematics series 33. U.S. Dep. of Commerce, National Bureau of Standards.

3. Marchetti, A.A. 1952. Frecuencia de las lluvias intensas de corta duración en la ciudad de Buenos Aires. Meteoros, Año II, N° 1-2.

4. Medina, L. y M.C. Moyano. 1975. Estudio piloto de lluvias intensas en la República Argentina. Hidrología. Cuaderno N° 2. INCYTH, Buenos Aires.

5. Oosterbaan, R.J. 1988. Frequency predictions and their binomial confidence limits. En "Economic aspects of flood control and non-structural measures". Proceedings of the Special technical Session of the International Commission of Irrigation and Drainage (ICID). Dubrovnik, pp 149-160.
6. Oosterbaan, R.J. 1994. Frequency and Regression Analysis. En "Drainage Principles and Applications". International Institute of Land Reclamation and Improvement (ILRI). Pub. N° 16, 2º Edic.:175-223.
7. Rojas, Alicia E.C. de. Intensidades máximas de las precipitaciones. Proyecto Agricultura Conservacionista. INTA – Centros Regionales Buenos Aires Norte, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fé. 9 pp.
8. Seiler, R.A. y J.M. Puiatti. 1998. Estimación de valores máximos de lluvia en 24 horas en Río Cuarto (Córdoba). Univ. Buenos Aires. Rev. Facultad de Agronomía, 18(1-2): 7-13.