

Procedimiento para obtener curvas I-D-Tr a partir de registros pluviométricos

Daniel Francisco Campos Aranda

Facultad de Ingeniería, UASLP

Rubén Gómez de Luna

Coordinación Regional Noreste, CNA

En este trabajo se sugiere un procedimiento para estimar las curvas Intensidad-Duración-Periodo de Retorno (I-D-Tr) a partir de registros pluviométricos. Tal propuesta se apoya en el análisis de los resultados obtenidos en 33 estaciones pluviográficas de la República Mexicana, en relación con el cociente lluvia-duración.

Antecedentes

Curvas I-D-Tr

La lluvia se define mediante tres variables: magnitud o lámina, duración y frecuencia. La magnitud de lluvia es la precipitación total ocurrida (en milímetros) en la duración de la tormenta; la frecuencia se expresa por el período de retorno de la lluvia o su intervalo de recurrencia, que es el tiempo promedio en años en el cual el evento puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio (Campos, 1987). Las curvas precipitación-duración-período de retorno forman una gráfica en la que se concentran las características de las tormentas de la zona o región, con respecto a las variables mencionadas.

Registros pluviográficos

Tomando en cuenta que los pluviógrafos registran en forma continua la variación de la altura o lámina de lluvia con respecto al tiempo, sus registros (banda pluviográfica) son los que permiten realizar el análisis más completo de las tormentas de la zona, representado por las curvas intensidad-duración-período de retorno. La banda pluviográfica constituye la gráfica sobre la cual la pluma del pluviógrafo registra la lluvia acumulada. De acuerdo con el

mecanismo de relojería del pluviógrafo, el reemplazo o cambio de la banda podrá ser diario o semanal, según las necesidades de precisión y lo accesible de la estación pluviográfica (Campos, 1987). Dicha banda presenta una seria limitación para su uso, pues su amplitud de registro es de 10 milímetros de lluvia acumulada, que corresponde al punto de vaciado del volumen retenido de lluvia para una tormenta real. Debido a esto, para que la banda pluviográfica sea útil, se debe transformar en la llamada curva masa de la tormenta, que es una gráfica de lluvia acumulada en milímetros contra el tiempo, desde el inicio de la tormenta, este último acotado en el eje de las abscisas. A partir de la curva masa se pueden obtener las curvas I-D-Tr; el proceso operativo consiste en dibujar en un papel transparente divisiones verticales de las duraciones que se están estudiando, con la misma escala del eje de las abscisas de la curva masa de la tormenta en análisis. En seguida se superpone el papel transparente sobre la curva masa, desplazando el origen para poder determinar los incrementos máximos de lluvia. Terminado el proceso, se dispone de los grupos de alturas de lluvia para duraciones constantes a fin de integrar las series de excedentes anuales necesarias, una para cada duración analizada; integradas éstas, las alturas de lluvia se convierten en intensidades y después se procesan estadísticamente según se requiera, con los

criterios de interpolación o extrapolación. En el primer caso se plantea una ecuación de regresión del tipo:

$$i = A + B(\log Te) \quad (1)$$

donde:

- i = intensidad de la lluvia para una determinada duración, en mm/h
- A, B = parámetros de ajuste
- Te = período de retorno, en años.

Cuando la amplitud del registro en años es menor que los periodos de retorno que tendrán los eventos estimados, pero el más grande de ellos no es mayor de cinco veces la amplitud del registro, se ajusta a los datos una distribución de probabilidades, para estimar a partir de ella los valores probables de intensidades de lluvia para los periodos de retorno requeridos. Las distribuciones de probabilidad más adecuadas para estos registros son: Distribución general de valores extremos, Distribución Log-Pearson III y Distribución Gamma incompleta.

Como resultado del procedimiento estadístico descrito, se obtienen las intensidades correspondientes a los periodos de retorno que tendrán las curvas I-D-Tr en las distintas duraciones analizadas.

Uso de registros pluviométricos

En la República Mexicana se cuenta con 2 682 estaciones pluviométricas y 345 pluviógrafos, es decir, sólo el 13% de las estaciones climatológicas tienen pluviógrafo, de manera que se tendrá una relativa facilidad para disponer en una cuenca pequeña o en sus cercanías, de uno o varios registros de lluvias máximas diarias y obtener a partir de ellos las curvas precipitación-duración-período de retorno, básicas en todo análisis hidrológico de avenidas máximas por métodos empíricos e hidrológicos (Campos, 1987).

Cociente lluvia-duración

Descripción

Debido a la escasez de registros de lluvia de corta duración, ha surgido la necesidad de utilizar las relaciones promedio entre lluvias encontradas en otros países. Goswami (1972) indica que diversos investigadores como Bell, Reich, Hershfield, Weiss y Wilson, han demostrado que las relaciones duración-lluvia encontradas en EUA pueden aplicarse en otras partes del mundo, como sur y norte de Africa, Alaska, Hawaii, Puerto Rico y Australia. Como se observa, las

localizaciones geográficas, y por lo tanto, los climas de los lugares citados son muy variados, lo cual da confiabilidad a la aplicación de tales relaciones en la República Mexicana.

Los registros de lluvia de corta duración son escasos en los países en desarrollo y México no es la excepción. Sin embargo, los de lluvias máximas diarias tienen gran densidad y longitudes de registro aceptables, por lo cual, la lluvia con una duración de una hora y un período de retorno de dos años (o cualquier otro), se podrá evaluar con una relación a la de 24 horas con igual período de retorno, denominada cociente R .

Valores del cociente R en EUA

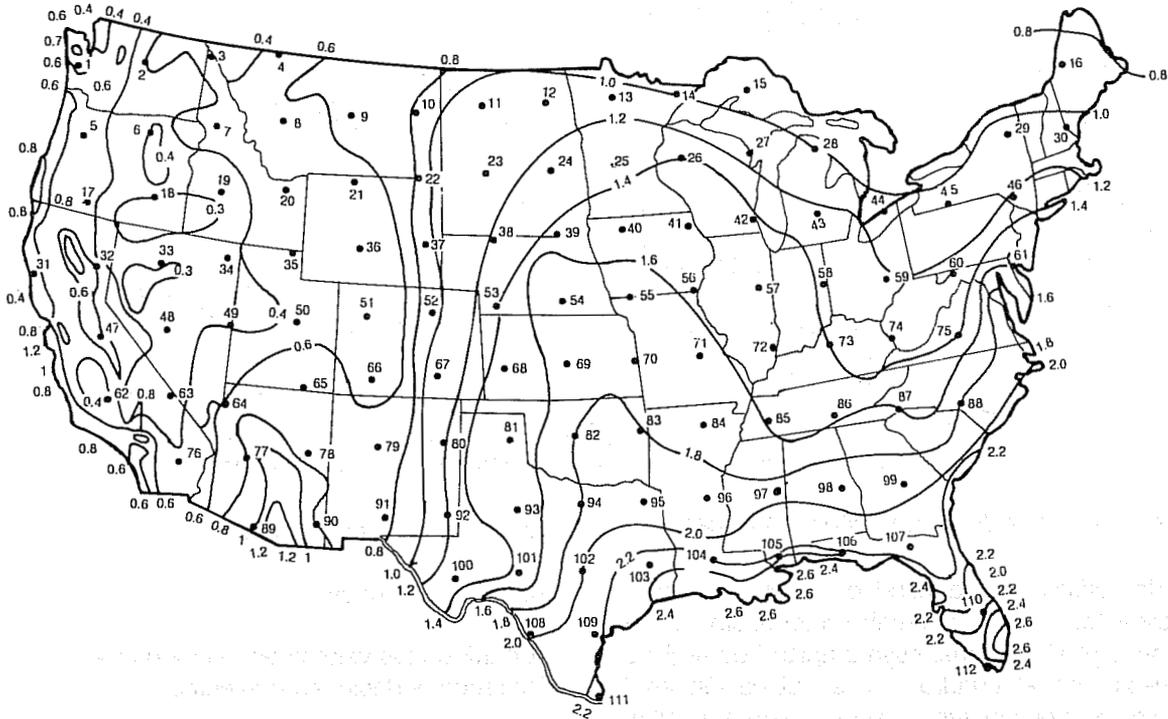
El US Weather Bureau en su Technical Paper No. 40 (1961) indica que "en el lado barlovento de las altas montañas en el oeste de EUA, el cociente R es tan bajo, como 10%. En el sur de Arizona y algunas partes del medio oeste de EUA, es mayor del 60%. En general, excepto para Arizona, el cociente es menor del 40% en el oeste de la Divisoria Continental y mayor del 40% en el este. El valor promedio aproximado para EUA es del 40%".

Hershfield (1962), indica que las regiones con baja incidencia de tormentas convectivas y donde las grandes lluvias proceden de tormentas orográficas, tienen valores menores de 0.40 para el cociente R . En cambio, en regiones de baja lluvia anual, donde el número de días con lluvia es pequeño y la incidencia de aguaceros fuertes es alta, se tienen cocientes R mayores de 0.40.

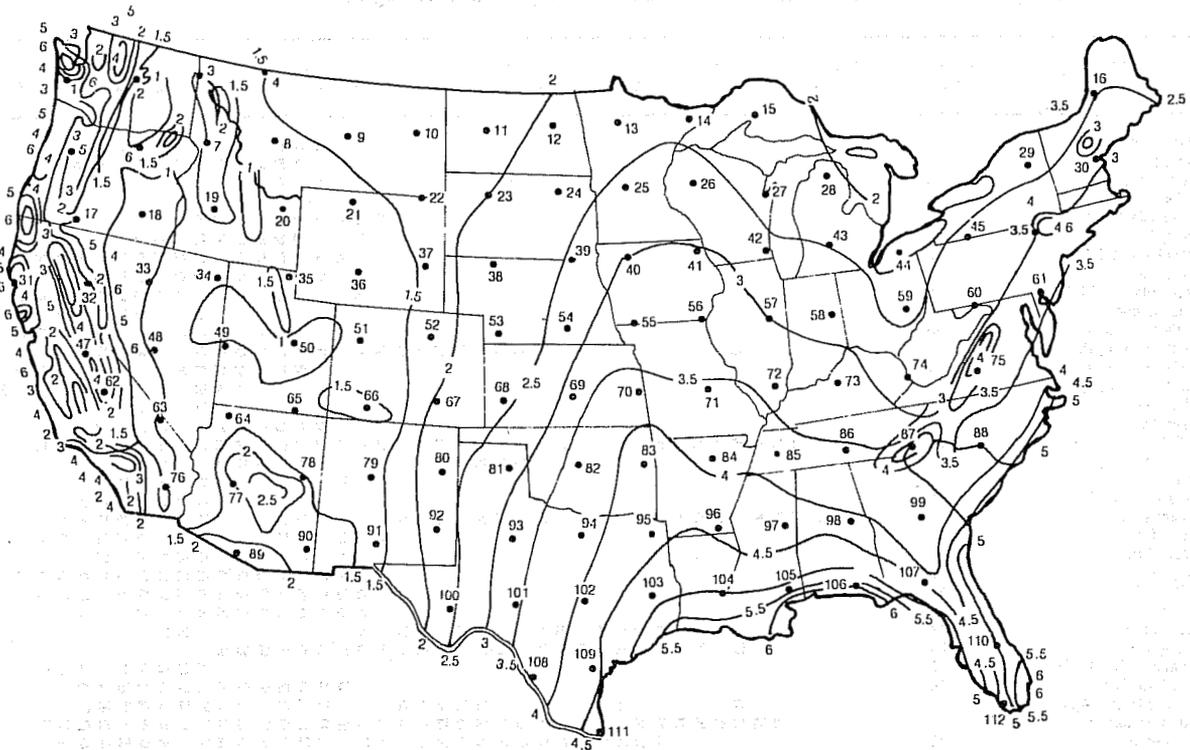
Con objeto de comprobar las aseveraciones anteriores en una forma general, se utilizó la ilustración 2.6 de las páginas 28 y 29 de Schwab (1981) *et al.*, que tiene dos mapas de EUA, uno de precipitación máxima en 24 horas y período de retorno de 2 años (véase ilustración 1) y otro para una precipitación de una hora e igual período de retorno; (véase ilustración 2) en estos mapas se trazó una malla de cuadrados que sirvió para definir 112 vértices (puntos) dentro de ese país. Para cada uno de dichos vértices se determinaron sus correspondientes precipitaciones de 1 y 24 horas y las parejas de valores se llevaron a un diagrama de dispersión, en el cual se definió una relación lineal, con un coeficiente de correlación de 0.95 para 105 parejas y cuya recta de regresión tiene una pendiente de 0.47 y una ordenada al origen prácticamente nula, por lo cual (Campos, 1984): (véanse ilustraciones 1, 2 y 3):

$$R = 0.47 \text{ (con un intervalo de 0.28 a 0.60) (véase ilustración 3).}$$

1. Lluvia de 1 hora de duración y período de retorno de 2 años (en pulgadas)



2. Lluvia de 24 horas de duración y período de retorno de 2 años (en pulgadas)



2. Valores del cociente γ en 33 pluviógrafos en la República Mexicana

No. Estación	$R = \frac{P_1^2}{P_{24}^2}$	Latitud	Longitud	Altitud m s n m	Tipo de clima
1	0.4814	22° 48' 00"	98° 42' 00"	90	Aw0
2	0.3360	22° 14' 00"	97° 51' 00"	12	Aw1"(e)
3	0.6000	20° 22' 00"	101° 02' 00"	1723	(A)C(w)l(w)
4	0.4545	22° 07' 00"	103° 18' 00"	1735	(A)C(w)l(w)
5	0.5747	20° 41' 00"	103° 20' 00"	1589	(A)C(w)l(w)
6	0.2037	21° 31' 00"	104° 53' 00"	915	(A)C(w)2(w)
7	0.2976	21° 39' 50"	99° 12' 48"	196	Aw2(w)
8	0.4094	20° 19' 00"	105° 22' 00"	600	Aw2(w)
9	0.3947	21° 14' 18"	98° 51' 26"	155	(A)C(m)l(w)
10	0.3961	20° 59' 00"	98° 10' 00"	595	(A)C(m)l(w)
11	0.3835	20° 04' 00"	97° 03' 00"	151	Am(f)
12	0.5871	18° 53' 00"	97° 44' 00"	2013	C(w)l(w)
13	0.4500	19° 29' 00"	99° 13' 00"	2266	C(w)1(w)
14	0.6458	19° 09' 00"	98° 53' 00"	2600	C(w)2(w)
15	0.4513	23° 00' 00"	99° 43' 00"	1173	BSg(hw)
16	0.6250	30° 25' 00"	109° 24' 00"	965	BSg(hw)(x)
17	0.5038	25° 35' 00"	104° 59' 00"	1550	BSg(hw)(w)
18	0.6313	25° 27' 00"	108° 05' 00"	45	BSg(h)(hw)
19	0.2843	18° 56' 00"	103° 58' 00"	28	BS(h)l(w)(w)
20	0.2864	32° 06' 28"	116° 27' 00"	410	BSks
21	0.3882	25° 40' 00"	100° 18' 00"	538	BS1hw
22	0.4967	21° 48' 34"	99° 51' 16"	900	BS1hw
23	0.5072	20° 01' 00"	99° 19' 00"	2050	BS1Kw(w)
24	0.6250	20° 03' 00"	99° 20' 00"	2036	BS1Kw(w)
25	0.6060	19° 58' 00"	99° 18' 00"	2161	BS1Kw(w)
26	0.6140	19° 45' 00"	98° 35' 00"	2500	BS1Kw
27	0.3968	22° 23' 00"	103° 11' 00"	1932	BS1hw(w)
28	0.5555	24° 01' 00"	104° 40' 00"	1889	BS1Kw(w)
29	0.5043	25° 13' 30"	105° 26' 35"	1670	BS1Kw(w)
30	0.6140	23° 42' 19"	103° 05' 55"	1890	BS1hw
31	0.3833	21° 53' 00"	102° 08' 00"	1979	BS1hw
32	0.5637	25° 15' 00"	101° 47' 00"	1193	BW(h)
33	0.5416	25° 32' 00"	103° 32' 00"	1137	BW(hw)

- En las regiones áridas y semiáridas R varía de 0.40 a 0.60 y en las zonas húmedas, de 0.30 a 0.40.
- A mayor altitud, R es más grande y viceversa.

Fórmula de F. C. Bell

Bell (1969) encontró cocientes estables entre la lluvia de una hora y un período de retorno de 10 años y la lluvia de igual duración pero con diferente período de retorno; posteriormente, combinó las relaciones duración-lluvia con los cocientes frecuencia-lluvia, para obtener una relación general de precipitación-duración-período de retorno, definida por la ecuación siguiente:

$$P_t^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} &\text{si } 2 \leq T \leq 100 \text{ años} \\ &5 \leq t \leq 120 \text{ minutos} \end{aligned}$$

donde:

- P_t^T = precipitación de duración t minutos y período de retorno T años, en milímetros.
- P_{60}^{10} = precipitación de duración 60 minutos y período de retorno 10 años, en milímetros.

4. Ubicación de los 33 pluviógrafos estudiados



Por último, tomando en cuenta que se ha realizado un gran número de investigaciones para obtener la lluvia de duración de una hora y período de retorno de 2 años, Bell presenta la ecuación (2) en función de dicha lluvia:

$$P_t^T = (0.35 \ln T + 0.76)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^2 \quad (3)$$

siendo P_t^T la precipitación de duración t minutos y periodos de retorno T años, en milímetros.

Recomendaciones para su empleo

De acuerdo con el análisis de los resultados para las 33 estaciones estudiadas, esta fórmula para periodos de retorno entre 2 y 10 años y duraciones pequeñas, sobre todo 5 minutos, se aproxima más a los valores reales.

Fórmula de Cheng-Lung Chen

Chen (1983), presenta una fórmula general de intensidad de lluvia-duración-período de retorno, útil para estimaciones dentro del intervalo de 5 minutos a 24 horas y periodos de retorno mayores de un año. Para la aplicación de la fórmula de Chen se requiere del conocimiento (estimación) de los cocientes lluvia-duración ($R = P_1^{Tr} / P_{24}^{Tr}$) y lluvia-período de retorno ($F = P_t^{100} / P_t^{10}$).

La fórmula propuesta por Chen para estimar la lluvia en milímetros de duración t (minutos) y período de retorno Tr (años) es la siguiente:

$$P_t^{Tr} = \frac{a \cdot P_1^{10} \log(10^{2-F} \cdot Tr^{F-1})t}{60(t+b)^c} \quad (4)$$

donde, P_1^{10} es la lluvia de duración de una hora y período de retorno de 10 años, en milímetros; a , b y c son parámetros función del cociente R y se determinan por medio de la ilustración 5.

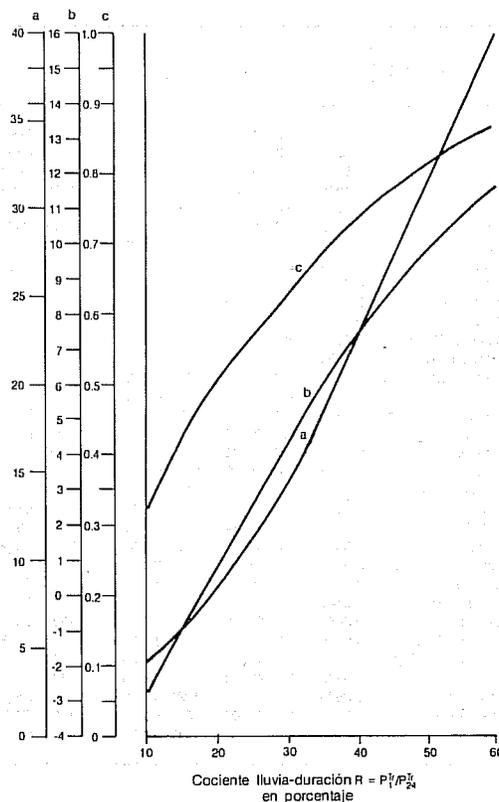
Recomendaciones para su empleo

Conforme a los resultados de las 33 estaciones estudiadas, esta fórmula funciona bastante bien para periodos de retorno mayores o iguales a 10 años.

Procedimiento propuesto y ejemplos

Cuando se requiera construir curvas I-D-Tr, en caso de contar con un registro de pluviógrafo cercano, se recomienda seguir el procedimiento descrito en la parte de los registros pluviográficos. De no ser así, será necesario emplear algún registro

5. Valores de los parámetros a, b y c, en función del cociente lluvia-duración

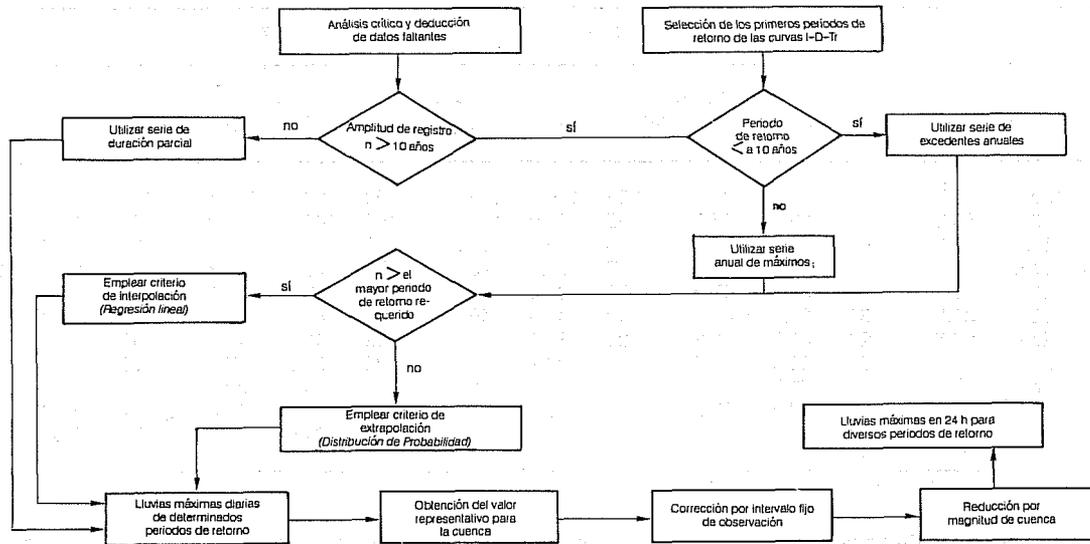


cercano de lluvias máximas diarias, el más largo y confiable posible, utilizando las distribuciones de probabilidad mencionadas. El procedimiento de análisis se muestra en la ilustración 6. Si no se dispone de ningún registro pluviométrico confiable o de suficiente amplitud, se pueden obtener las magnitudes de lluvia de los planos de curvas isomáximas editadas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1976. Posteriormente, se define el cociente R con los valores reportados en el cuadro 2 y el mapa de la ilustración 4, con lo cual, mediante las fórmulas de Bell y Chen, pueden obtenerse lluvias de determinado período de retorno para duraciones diferentes. Después, se puede hacer una comparación entre los resultados obtenidos con ambos criterios y adoptar valores para las curvas I-D-Tr necesarias.

Por último, se detalla un ejemplo completo de la estación pluviográfica Cazadero, Zacatecas. Los datos de esta estación se procesaron primero con el método tradicional descrito al principio y después se aplicaron las fórmulas de Bell y Chen, con propósitos de comparación.

Del anexo se obtuvieron las series de excedentes anuales para cada duración, las cuales se muestran en el cuadro 3. Dichas series se procesaron

6. Secuencia del procesamiento estadístico de lluvias máximas diarias



estadísticamente empleando la ecuación (1); los parámetros de cada ajuste y los eventos para varios periodos de retorno se presentan al final de dicho cuadro. Posteriormente, tales valores se llevaron a la gráfica correspondiente (véase ilustración 7).

El método de extrapolación se aplicó (véase cuadro 4) a las mismas series de excedentes anuales del cuadro 3, con el propósito específico de estimar

los valores correspondientes a los periodos de retorno de 20 y 50 años.

Por otra parte, en el cuadro 5 se aplicaron las fórmulas de Bell y Chen, para obtener las lluvias correspondientes a diversos periodos de retorno y las 10 duraciones estándar, haciendo uso del valor del cociente R , calculado con los datos de la estación pluviográfica, cuyo valor fue de:

3. Cálculo de las curvas I-D-Tr para el registro pluviográfico de la estación Cazadero, Zac

Orden	Intensidades máximas en mm/h para duraciones en minutos										$T_e = n/m$	$\log T_e$
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120		
1	162.0	117.0	84.0	79.8	63.4	49.6	43.1	36.8	32.8	29.2	16.0000	1.20412
2	151.2	102.6	82.0	78.0	60.0	46.9	41.4	36.3	30.5	26.1	8.0000	0.90309
3	132.0	96.0	81.3	71.4	58.0	45.2	38.9	29.7	24.9	21.1	5.3333	0.72700
4	121.2	96.0	79.6	70.5	52.5	40.8	30.6	23.0	18.4	15.7	4.0000	0.60206
5	120.0	93.0	76.8	62.3	50.6	34.4	29.3	22.4	18.2	15.4	3.2000	0.50515
6	118.8	90.6	74.0	60.6	49.0	34.4	25.9	21.5	17.9	15.3	2.6667	0.42600
7	114.0	84.0	71.0	55.8	42.4	33.6	25.8	20.1	16.9	14.6	2.2857	0.35902
8	108.0	81.6	63.0	55.2	42.0	33.1	25.7	20.0	16.0	13.4	2.0000	0.30103
9	105.6	76.2	62.5	54.4	41.7	30.9	25.5	19.4	15.5	13.4	1.7778	0.24988
10	100.8	76.0	60.6	54.4	41.4	30.5	24.7	19.4	15.5	13.0	1.6000	0.20412
11	97.2	72.6	59.2	54.1	41.3	30.1	24.3	18.7	15.1	13.0	1.4545	0.16273
12	94.8	72.3	58.0	52.5	40.8	30.0	23.8	18.5	15.0	12.9	1.3333	0.12494
13	90.0	71.4	57.6	52.5	40.7	29.5	23.5	18.2	14.8	12.6	1.2308	0.09018
14	89.7	70.0	57.6	52.2	39.2	28.0	22.8	17.3	14.8	12.5	1.1428	0.05799
15	88.8	68.4	56.8	50.1	38.6	27.8	21.2	17.1	14.5	12.5	1.0667	0.02803
16	85.2	66.0	55.2	49.5	38.4	27.3	21.0	16.8	13.8	12.3	1.0000	0.00000
b=A	87.0617	67.8217	56.6978	49.0755	37.5309	26.8998	20.6052	15.5476	12.4185	10.5347		
m=B	64.9779	41.8066	28.9364	28.2730	23.4648	20.4705	19.8168	17.9029	16.1310	14.2035		
r xy	0.9919	0.9871	0.9387	0.9759	0.9758	0.9784	0.9667	0.9579	0.9520	0.9480		
Tr=2	106.62	80.41	65.41	57.58	44.59	33.06	26.57	20.94	17.27	14.81		
Tr=5	132.48	97.04	75.92	68.84	53.93	41.21	34.46	28.06	23.69	20.46		
Tr=10	152.04	109.63	85.63	77.35	60.99	47.37	40.42	33.45	28.55	24.74		
Tr=20	171.60	122.21	94.34	85.86	68.06	53.53	46.39	38.84	33.41	29.01		

4. Resultados de los ajustes aplicados a los datos de intensidad de lluvia (mm/h)

Estación: Cazadero, Zac.															Periodo: 1963 - 1978		
Duración en minutos	T _r =2 años			T _r =5 años			T _r =10 años			T _r =20 años			T _r =50 años				
	LP	G	Adopt.	LP	G	Adopt.	LP	G	Adopt.	LP	G	Adopt.	LP	G	Adopt.		
5	109.1	109.7	109	131.2	136.7	135	146.0	154.6	150	160.3	171.7	170	179.1	193.9	190		
10	79.9	80.3	80	92.6	95.9	95	101.0	106.2	105	109.2	116.2	115	119.9	129.0	125		
15	67.0	66.3	67	76.5	78.1	76	82.1	85.9	85	86.9	93.4	90	92.8	103.2	100		
20	57.6	57.9	58	66.5	69.0	67	72.6	76.3	75	78.4	83.3	80	86.2	92.4	90		
30	46.1	46.5	46	54.8	57.2	55	60.8	64.3	63	66.6	71.1	70	74.4	80.0	75		
45	33.1	33.5	33	39.5	41.4	40	43.9	46.6	45	48.3	51.7	50	63.0	58.2	55		
60	27.9	28.6	28	33.3	35.3	35	37.3	39.8	39	41.6	44.1	42	47.6	49.7	48		
80	20.9	21.7	21	26.0	28.5	27	30.2	33.0	32	34.7	37.3	35	41.5	42.8	43		
100	16.8	17.7	17	21.5	24.3	22	25.6	28.7	27	30.3	32.8	31	37.6	38.3	38		
120	14.6	15.3	15	18.8	20.8	20	22.1	24.5	23	25.7	28.0	27	31.2	32.5	32		
1440	1.59	1.73	1.9	1.99	2.26	2.5	2.31	2.61	2.9	2.69	2.95	3.3	3.30	3.39	4.0		

LP = Log- Pearson III G = Gumbel

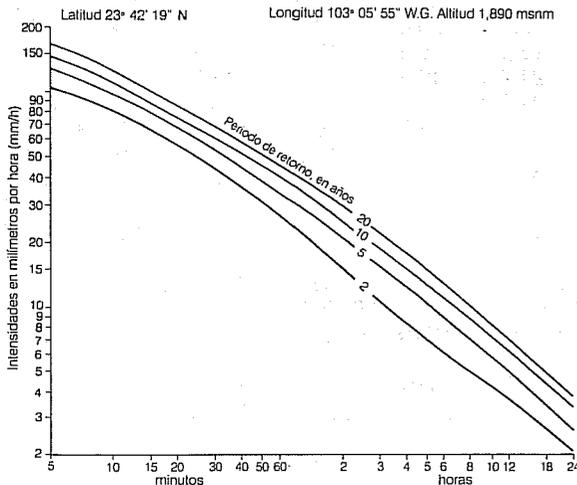
5. Comparación entre los datos reales de intensidad de lluvia y los obtenidos con las fórmulas de Cheng-Lung Chen y Bell

Estación: Cazadero, Zac.															Periodo: 1963 - 1978		
Duración en minutos	T _r =2 años			T _r =5 años			T _r =10 años			T _r =20 años			T _r =50 años				
	A	CH	B	A	CH	B	A	CH	B	A	CH	B	A	CH	B		
5	109.0	105.5	103.6	135.0	123.2	136.7	150.0	136.6	161.8	170.0	150.0	186.8	190.0	167.7	220.0		
10	80.0	83.8	77.5	95.0	97.8	102.3	105.0	108.5	121.1	115.0	119.1	139.8	125.0	133.2	164.6		
15	67.0	69.9	63.2	76.0	81.6	83.4	85.0	90.5	98.7	90.0	99.4	114.0	100.0	111.1	134.2		
20	58.0	60.2	54.1	67.0	70.3	71.4	75.0	78.0	84.4	80.0	85.6	97.5	90.0	95.7	114.8		
30	46.0	47.5	42.9	55.0	55.5	56.6	63.0	61.5	67.0	70.0	67.6	77.4	75.0	75.5	91.1		
45	33.0	36.5	33.6	40.0	42.6	44.4	45.0	47.3	52.5	50.0	51.9	60.7	55.0	58.0	71.4		
60	28.0	29.9	28.2	35.0	34.9	37.2	39.0	38.7	44.0	42.0	42.5	50.8	48.0	47.5	59.8		
80	21.0	24.2	23.5	27.0	28.3	31.0	32.0	31.4	36.7	35.0	34.4	42.3	43.0	38.5	49.9		
100	17.0	20.5	20.3	22.0	23.9	26.8	27.0	26.5	31.8	31.0	29.1	36.7	38.0	32.5	43.2		
120	15.0	17.8	18.1	20.0	20.8	23.8	23.0	23.0	28.2	27.0	25.3	32.6	32.0	28.3	38.4		
1440	1.9	2.3	3.3	2.5	2.7	4.4	2.9	3.0	5.2	3.3	3.3	6.0	4.0	3.7	7.0		

A = Adoptado CH = Calculado con la fórmula Chen B = Calculado con la fórmula de Bell

7. Curvas intensidad-duración-período de retorno (Estación pluviográfica: Cazadero. Municipio: Río Grande, Zac.)

$$R = \frac{P_1^2}{P_{24}^2} = \frac{28.0}{45.6} = 0.614$$



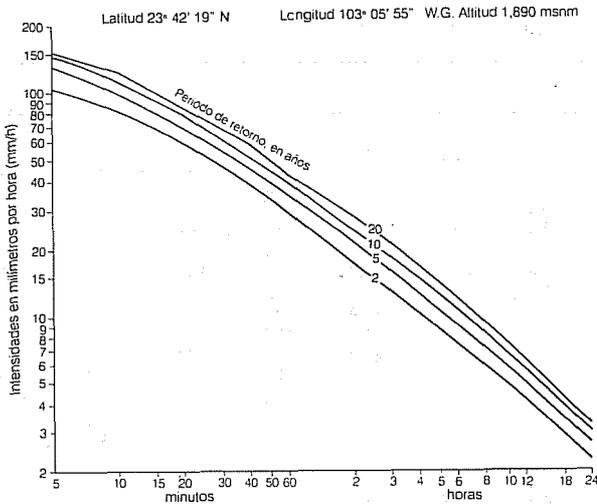
Finalmente, en la ilustración 8, se muestran las curvas I-D-Tr utilizando los valores calculados con las fórmulas de Bell y Chen, adoptando los valores que se obtienen con la fórmula de Bell para duraciones pequeñas y periodos de retorno menores de 10 años.

Referencias

Bell, F.C., Generalized Rainfall -Duration- Frequency Relationships, proc. ASCE, Journal of Hydraulics Div., vol. 95, núm. HY1, pp. 311-327, 1969.

Campos, A., D.F., Manual para la estimación de avenidas de diseño en cuencas menores de 15 km², Anexo D: Relaciones entre las precipitaciones de una y 24 horas para periodos de retorno de 2 y 100 años. Subdirección

8. Curvas intensidad-duración-período de retorno (Estación pluviográfica: Cazadero. Municipio: Río Grande, Zacatecas)



Regional Noreste de Obras Hidráulicas e Ing. Agrícola para el Desarrollo Rural, SARH, San Luis Potosí, México, 84 pp., 1984.

Campos, A., D.F., *Procesos del ciclo hidrológico*, inciso 4.6: Procesamiento estadístico de lluvias máximas diarias, páginas 4-46 a 4-52, Editorial Universitaria Potosina, México, primera reimpresión, 1987.

Chen, C-L., "Rainfall intensity-duration-frequency formulas", Proc. ASCE, *Journal of Hydraulic Engineering*, vol., 109, núm. 12, paper núm. 18441, pp. 1603-1621, 1983.

Goswami, A.C., "Short Duration Rainfall Depth-Duration-Frequency Map of India", Proc. of the Second International Symposium in Hydrology, theme: Decisions with Inadequate Hydrologic Data, pp. 48-59. Fort Collins, Co., USA, septiembre 1972.

Hershfield, D.M., "Extreme rainfall relationships", Proc. ASCE, *Journal of Hydraulics Div.*, vol. 88, núm. HY6, pp. 73-92, 1962.

Schwab, G.O., Frevert, R.K., Edminster, T. W. y Barnes, K.K., capítulo 2: "Precipitation", en *Soil and water conservation engineering*, pp. 17-48, John Wiley Sons, Nueva York, EUA, tercera edición, 1981.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (ed.), *Boletín climatológico núm. 4*, Región Hidrológica núm. 36: Nazas-Aguanaval. Subdirección de Hidrología de la subsecretaría de Planeación, México, D.F. 1980.

Secretaría de Recursos Hidráulicos (ed.), *Boletín de tormentas máximas observadas y probables en México en 24 horas (hasta 1974)*, Dirección General de Estudios, Subsecretaría de Planeación, México, D.F. 1976.

US Weather Bureau., *Rainfall frequency Atlas of the United States*, Technical Paper, núm. 40, Washington, D.C., EUA, 1961.

Anexo

Lluvias con intensidades máximas maximorum

Estación: Cazadero Clave: 36-400-500-0-00-648-M-0-32-00
 División: Región Lagunera Municipio: Río Grande Entidad: Zacatecas Pluviógrafo: Lambrecht

Fecha mes-día-h	Duración minutos	Lluvia acumulada mm	Intensidades máximas en mm/h para duraciones en minutos									
			5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1963												
jun - 8 - 14	80	20.5	118.8	72.3	56.8	49.5	38.2	27.0	20.4	15.4	12.3	10.3
jun - 29 - 22	200	10.2	26.4	22.2	20.4	18.0	13.1	9.7	7.8	6.3	5.3	4.6
jun - 30 - 15	180	16.6	54.0	43.2	33.6	27.9	26.4	19.6	15.4	12.0	9.7	8.3
jul - 1 - 15	465	25.8	67.2	42.0	31.6	27.0	22.0	18.3	21.5	16.7	13.4	11.2
jul - 3 - 14	105	4.0	37.2	18.7	12.5	9.8	7.6	5.2	3.9	3.0	2.4	2.0
jul - 4 - 21	340	17.8	8.4	8.0	8.0	7.2	6.4	5.9	5.8	5.8	5.8	5.6
jul - 10 - 18	59	25.8	76.8	57.3	50.8	50.1	42.4	33.6	25.8	19.4	15.5	12.9
ago - 9 - 16	195	27.5	73.2	51.6	44.4	42.2	38.6	29.5	23.5	18.5	15.1	13.0
ago - 12 - 17	470	34.8	34.8	23.4	18.8	18.0	16.7	14.3	11.4	11.3	10.2	8.9
ago - 26 - 18	175	5.0	39.6	22.8	15.8	12.3	8.3	5.6	4.3	3.3	2.7	2.3
ago - 27 - 16	500	31.5	66.0	43.3	43.1	38.7	26.7	22.4	17.2	13.2	10.8	9.0
sep - 15 - 17	367	13.0	37.3	18.7	15.2	12.9	10.3	7.3	5.6	4.2	3.8	3.4
sep - 18 - 23	193	18.2	48.0	45.1	39.0	34.1	30.4	21.9	16.6	12.6	10.2	8.5
sep - 21 - 6	55	6.7	27.6	22.8	20.0	16.8	12.1	8.8	6.7	5.0	4.0	3.4
sep - 30 - 20	140	7.2	24.0	15.6	12.4	9.8	7.2	6.2	5.5	4.6	4.2	3.6
oct - 3 - 14	138	11.2	63.6	45.0	34.0	28.0	20.1	13.6	10.6	8.1	6.6	5.5
oct - 18 - 23	180	7.6	36.0	21.0	16.0	13.5	10.2	7.7	6.1	4.9	4.1	3.6
nov - 4 - 16	230	9.4	15.6	11.7	10.4	9.4	8.4	6.8	5.9	5.0	4.2	3.9
dic - 17 - 17	35	18.9	151.2	102.6	71.0	55.2	37.7	25.2	18.9	14.2	11.3	9.5
dic - 17 - 20	75	9.1	64.8	39.6	28.8	23.4	17.8	12.0	9.0	6.8	5.5	4.6

*(SARH, 1980)

Lluvias con intensidades máximas maximorum (continuación)

Fecha mes-día-h	Duración minutos	Lluvia acumulada mm	Intensidades máximas en mm/h para duraciones en minutos									
			5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1964												
may - 23 - 17	385	11.5	15.6	10.8	9.4	9.3	7.5	5.9	4.5	3.5	3.3	3.7
may - 25 - 19	95	6.4	26.4	21.0	17.6	14.5	9.9	6.8	5.4	4.5	3.8	3.2
jun - 20 - 21	182	12.9	72.0	46.2	36.8	29.4	20.2	15.2	11.6	9.5	7.6	6.4
jun - 26 - 16	186	7.1	28.8	18.9	15.6	16.0	12.4	8.5	6.4	4.8	3.9	3.2
jul - 6 - 16	350	13.7	100.8	68.4	47.2	35.4	23.7	15.8	11.9	9.0	7.2	6.2
jul - 19 - 15	320	16.0	21.6	18.6	15.8	14.4	12.6	10.1	7.7	5.9	6.2	5.9
jul - 20 - 14	53	21.0	92.4	70.0	62.5	54.4	40.8	27.8	21.0	15.8	12.6	0.5
jul - 28 - 20	490	9.1	18.0	13.8	11.6	10.5	7.8	6.3	6.0	5.3	4.7	4.0
ago - 8 - 19	160	12.0	34.8	33.0	30.0	24.0	17.3	11.9	9.1	7.1	6.5	5.5
ago - 10 - 17	200	11.0	50.4	48.0	34.8	29.1	20.7	14.3	10.7	8.0	6.4	5.4
ago - 15 - 16	24	21.0	162.0	117.0	81.3	62.3	42.0	28.0	21.0	15.8	12.6	10.5
ago - 15 - 22	70	7.5	42.0	39.0	28.8	21.7	14.6	9.8	7.4	5.6	4.5	3.8
ago - 16 - 15	90	6.5	42.0	28.7	22.0	18.0	12.2	8.3	6.3	4.8	3.9	3.3
ago - 28 - 13	25	6.5	43.2	31.2	23.2	19.2	13.0	8.7	6.5	4.9	3.9	3.3
ago - 28 - 19	225	10.0	18.0	16.2	11.2	8.7	6.1	5.3	5.1	4.3	3.8	3.5
sep - 7 - 17	583	15.8	18.0	13.5	12.0	9.9	7.7	6.3	5.5	4.9	4.1	3.5
sep - 11 - 13	70	9.8	32.4	28.2	22.8	19.0	14.3	11.7	8.8	7.3	5.9	4.9
sep - 12 - 23	356	11.8	24.2	19.3	17.7	16.1	14.0	11.0	8.7	6.8	5.5	4.6
sep - 16 - 16	380	12.7	38.4	29.4	22.8	19.5	13.2	9.0	6.9	5.6	5.2	4.7
sep - 17 - 18	17	3.0	20.4	15.6	11.5	9.0	6.0	4.0	3.0	2.3	1.8	1.5
1965												
abr - 29 - 15	305	11.1	15.6	13.0	12.1	11.7	10.6	9.3	8.6	7.7	6.4	5.4
jun - 20 - 15	265	19.2	70.0	60.0	45.0	37.5	28.7	21.6	16.5	12.9	10.9	9.2
jun - 22 - 16	250	16.1	48.0	32.5	29.4	27.4	25.6	19.3	15.7	11.9	9.5	7.9
jun - 30 - 17	130	4.0	16.8	15.6	14.0	11.7	7.8	5.2	3.9	3.0	2.4	2.0
jul - 6 - 16	250	9.0	10.8	8.4	7.2	6.9	5.4	4.5	3.8	3.3	3.2	2.9
jul - 31 - 14	50	3.8	25.2	18.6	14.1	11.1	7.5	5.0	3.8	2.9	2.3	1.9
ago - 4 - 13	40	4.7	20.4	17.4	16.4	12.8	9.0	6.3	4.7	3.5	2.8	2.4
ago - 4 - 17	165	26.9	114.0	93.0	82.0	71.4	50.6	34.4	25.9	20.8	16.0	13.4
ago - 7 - 18	200	18.4	88.8	54.0	40.0	30.3	20.6	16.7	12.5	9.4	7.6	7.9
ago - 8 - 10	153	4.8	24.0	15.7	10.7	8.2	5.6	3.8	2.8	2.1	1.7	1.4
ago - 14 - 20	255	10.6	10.8	10.2	8.8	8.1	6.6	5.9	5.1	3.8	3.1	2.6
ago - 20 - 23	535	12.5	10.8	9.3	8.8	8.4	8.0	7.6	6.9	6.2	5.5	5.1
ago - 31 - 14	45	4.3	22.8	12.3	8.8	10.2	7.7	5.7	4.3	3.2	2.6	2.2
ago - 31 - 21	200	6.1	26.4	16.2	11.3	8.9	6.4	4.9	4.2	3.3	2.7	2.5
sep - 20 - 15	87	4.9	31.2	18.7	12.6	9.6	6.5	4.8	4.0	3.6	2.9	2.5
sep - 23 - 12	730	26.5	89.7	56.1	43.4	36.3	26.8	18.3	14.0	11.2	10.1	9.4
sep - 24 - 4	570	11.0	19.2	11.4	8.8	7.4	6.9	6.1	5.5	5.5	4.5	3.8
sep - 24 - 17	570	30.9	49.2	30.6	28.4	24.0	19.9	17.4	14.8	11.6	9.4	8.0
nov - 6 - 23	205	24.5	81.6	54.5	45.6	41.5	32.7	24.6	19.7	15.9	13.0	11.0
dic - 2 - 21	560	22.8	8.4	7.2	7.2	7.2	7.1	7.0	6.7	6.1	5.5	5.0
1966												
may - 2 - 18	245	26.7	48.0	31.5	26.0	25.3	23.7	19.4	18.8	17.3	14.8	12.6
may - 27 - 21	105	3.0	22.8	16.2	11.1	8.5	5.8	3.9	2.9	2.2	1.8	1.5
jun - 16 - 16	45	5.2	37.2	25.8	17.5	13.3	10.0	6.9	5.2	3.9	3.1	2.6
jun - 22 - 18	455	12.7	22.8	16.5	14.4	12.2	9.9	7.7	6.4	5.7	5.3	4.7
jun - 25 - 19	385	4.2	24.0	14.4	11.2	9.0	6.0	4.0	3.0	2.3	1.8	1.6
jul - 6 - 19	65	6.3	84.8	34.8	23.4	17.7	12.0	8.2	6.3	4.7	3.8	3.2
jul - 28 - 13	160	10.8	36.0	25.2	21.6	21.6	19.4	13.4	10.1	7.6	6.1	5.2
jul - 29 - 15	225	5.3	13.2	11.4	8.8	7.5	6.0	6.0	4.9	3.8	3.0	2.5
ago - 7 - 17	195	8.4	37.2	25.2	17.8	14.1	9.4	6.3	4.8	5.3	4.3	3.6
ago - 8 - 18	585	33.7	94.8	76.0	74.0	70.5	60.0	40.8	30.6	23.0	18.4	15.4
ago - 13 - 15	485	13.0	80.0	52.8	35.6	26.7	17.9	11.9	9.0	6.8	5.4	4.5
ago - 27 - 15	445	20.8	32.4	19.2	14.8	11.4	8.8	3.7	7.7	7.0	5.9	5.2
ago - 28 - 18	223	11.0	36.0	30.0	27.4	26.1	21.2	14.2	10.7	8.1	6.5	5.4
ago - 30 - 2	170	9.1	31.2	21.6	18.4	15.8	11.9	8.2	6.4	5.3	4.7	4.3
sep - 1 - 18	30	4.2	34.8	24.0	16.2	12.3	8.4	5.6	4.2	3.2	2.5	2.1
sep - 11 - 23	200	6.4	18.0	13.8	12.4	10.8	8.7	6.5	5.6	4.4	3.6	3.1
sep - 12 - 19	207	26.4	31.2	25.8	24.0	22.5	20.0	17.1	15.4	12.5	10.8	10.2
sep - 17 - 18	108	5.2	7.2	9.8	5.3	5.0	4.8	3.9	3.4	3.3	3.0	2.6
sep - 30 - 20	430	19.0	20.4	18.0	13.5	11.2	8.5	7.1	7.0	7.1	7.0	6.9
oct - 12 - 17	195	27.5	58.8	48.0	38.1	31.2	23.5	18.4	19.0	16.4	13.8	12.3

Procedimiento para obtener curvas I-D-Tr a partir de registros pluviométricos

Lluvias con intensidades máximas maximorum (continuación)

Fecha mes-día-h	Duración minutos	Lluvia acumulada mm	Intensidades máximas en mm/h para duraciones en minutos									
			5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1967												
mar - 1 - 13	410	8.5	45.6	37.8	27.7	20.9	14.1	9.5	7.2	9.4	4.4	3.7
jun - 7 - 20	120	9.9	18.0	11.4	12.4	9.7	7.7	8.3	7.2	7.3	5.9	5.0
jun - 8 - 20	195	18.4	25.2	23.4	22.0	19.4	16.9	13.9	11.1	8.6	7.7	7.3
jun - 30 - 21	222	23.3	58.8	51.0	39.4	33.6	24.6	19.1	15.8	12.2	10.3	8.9
jul - 2 - 12	175	10.2	60.0	42.0	29.9	23.8	17.0	11.7	9.0	6.8	5.5	5.0
jul - 4 - 16	61	6.6	48.0	36.5	26.0	19.6	13.1	8.8	6.6	5.0	4.0	3.3
jul - 27 - 18	180	8.4	27.6	24.6	21.2	18.6	14.0	10.7	8.1	6.1	4.9	4.1
ago - 17 - 18	217	13.4	30.0	29.4	25.6	22.2	17.4	13.9	10.8	8.2	7.1	6.1
ago - 19 - 16	502	21.8	121.2	81.6	60.6	46.2	31.1	20.8	15.7	11.9	9.6	8.0
ago - 20 - 17	140	7.6	38.4	25.2	19.2	15.3	10.2	6.9	5.2	5.4	4.5	3.8
ago - 22 - 14	167	10.5	21.6	21.1	19.6	18.1	13.7	9.5	7.5	6.2	5.8	5.1
ago - 24 - 14	480	18.6	96.0	57.0	38.1	28.7	19.2	14.7	11.1	8.3	6.7	6.9
ago - 28 - 18	283	14.9	25.2	18.6	14.3	11.3	8.4	8.8	7.5	6.0	5.5	5.8
sep - 3 - 11	100	10.7	51.6	40.2	30.0	22.9	17.6	12.9	9.7	7.9	6.4	5.4
sep - 3 - 15	400	16.5	72.0	39.8	28.1	21.2	14.6	10.6	7.9	6.0	6.0	5.5
sep - 17 - 22	35	4.9	30.0	21.0	18.0	13.8	9.6	6.5	4.9	3.7	2.9	2.5
sep - 27 - 16	105	7.5	57.6	39.0	28.8	21.7	14.5	9.7	7.4	5.6	4.5	36.8
sep - 27 - 22	290	11.5	10.8	9.6	9.2	8.4	7.5	6.8	6.6	6.5	5.8	5.3
dic - 5 - 15	182	6.8	39.6	27.6	19.4	15.3	10.3	6.9	5.3	4.0	3.2	2.7
dic - 6 - 15	52	5.2	36.0	27.6	20.1	15.1	10.2	6.9	5.2	3.9	3.1	2.6
1968												
mar - 4 - 4	1350	31.9	7.2	6.6	6.0	5.7	5.4	5.0	4.6	4.6	4.5	4.4
abr - 11 - 12	150	3.3	24.0	15.6	10.6	8.1	5.6	3.8	2.9	2.2	1.8	1.5
jun - 26 - 12	270	8.6	22.8	13.4	10.3	8.7	6.3	5.3	4.5	3.7	3.0	2.5
jun - 30 - 22	265	42.5	105.6	98.0	79.6	79.8	63.4	49.6	38.9	29.7	24.9	21.1
jul - 14 - 1	240	19.0	34.8	21.8	17.4	15.2	14.4	14.3	11.8	9.3	8.2	7.0
jul - 14 - 13	120	26.0	66.0	51.0	46.0	43.5	43.8	31.6	24.8	19.2	15.5	13.0
jul - 17 - 19	425	15.9	32.4	22.4	19.1	17.4	16.0	11.3	5.6	6.5	5.3	4.5
jul - 18 - 22	120	12.5	48.0	39.0	30.0	24.8	20.0	13.8	10.7	8.8	7.3	6.3
jul - 30 - 20	80	9.2	40.8	31.2	21.5	16.7	11.8	9.7	8.6	6.9	5.5	4.6
ago - 1 - 15	340	11.6	22.8	18.0	16.4	14.4	12.4	9.6	7.5	6.0	4.9	4.2
ago - 2 - 13	30	4.7	36.0	28.4	17.9	13.7	9.4	6.3	4.7	3.5	2.8	2.4
ago - 17 - 14	1035	45.0	43.2	27.0	22.4	20.4	21.2	18.5	15.2	11.6	9.4	8.0
ago - 30 - 4	155	12.7	18.0	12.3	10.4	9.3	8.2	6.5	6.3	5.5	4.6	4.7
sep - 2 - 22	265	8.3	12.0	8.9	7.8	7.3	6.4	5.6	5.2	4.6	4.2	3.8
sep - 4 - 13	70	6.8	42.0	28.2	23.6	18.8	13.2	8.9	6.8	5.1	4.1	3.4
sep - 5 - 18	80	9.0	40.8	26.6	15.6	13.5	10.3	7.2	8.8	6.8	5.4	4.5
sep - 8 - 18	40	2.9	22.8	14.4	9.9	7.7	5.5	3.9	2.9	2.2	1.7	1.5
sep - 11 - 18	640	19.0	15.6	12.0	8.7	7.0	6.4	5.7	4.8	4.1	3.8	4.0
sep - 28 - 1	120	7.7	20.4	14.0	11.9	10.8	10.8	8.4	6.6	5.1	4.4	3.9
sep - 28 - 20	70	13.0	28.8	24.0	20.8	18.0	14.7	14.4	12.3	9.8	7.8	6.5
1969												
jun - 26 - 20	210	34.8	85.2	84.0	63.0	52.5	41.7	34.4	29.3	22.4	18.2	15.7
jun - 27 - 12	15	2.3	20.4	12.0	9.2	6.9	4.6	3.1	2.3	1.7	1.4	1.2
jul - 18 - 15	130	6.7	24.4	16.2	13.6	11.0	8.6	7.6	5.8	4.4	3.7	3.3
jul - 20 - 13	60	7.6	32.4	23.4	18.8	16.5	13.3	9.9	7.6	5.7	4.6	3.8
jul - 28 - 13	50	6.1	31.2	26.4	20.4	15.9	11.1	8.0	6.1	4.6	3.7	3.1
ago - 8 - 22	80	5.9	15.6	9.0	7.6	7.4	7.2	6.4	5.3	4.4	3.5	3.0
ago - 9 - 14	115	10.3	42.0	40.2	36.0	27.9	19.2	12.8	9.6	7.3	5.8	5.2
ago - 15 - 17	25	5.6	31.2	30.6	22.0	16.7	11.2	7.5	5.6	4.2	3.4	2.8
ago - 27 - 18	105	5.7	15.6	10.8	8.5	7.5	5.6	3.8	2.9	3.5	3.4	2.9
ago - 30 - 16	400	9.9	21.6	16.2	12.6	10.8	7.9	6.0	5.1	4.4	3.9	3.6
ago - 31 - 15	125	8.2	52.8	35.4	29.6	22.4	15.2	10.2	7.7	5.6	4.7	4.1
ago - 31 - 20	270	17.6	26.4	17.7	14.8	13.5	12.3	12.8	11.1	8.9	8.0	7.7
sep - 2 - 20	275	8.6	10.8	8.8	8.1	7.8	6.5	5.5	4.9	4.5	4.2	3.8
sep - 15 - 20	115	5.2	18.0	11.6	9.4	8.3	7.2	4.9	3.8	3.2	3.0	2.6
sep - 17 - 12	85	5.5	25.2	18.9	16.8	13.5	9.8	6.8	5.4	4.1	3.3	2.8
sep - 18 - 19	65	4.5	16.8	14.4	13.6	10.9	8.2	5.8	4.5	3.4	2.7	2.3
sep - 20 - 19	80	13.9	90.0	88.0	45.5	35.3	25.0	17.6	13.7	10.4	8.3	7.0
sep - 24 - 5	230	8.7	22.8	16.8	14.8	12.6	9.7	8.0	6.6	5.2	4.3	3.6
oct - 16 - 21	260	17.5	28.8	20.2	17.3	15.9	16.3	13.9	12.4	10.7	9.3	8.1
oct - 28 - 14	125	12.0	24.0	21.3	20.4	17.4	14.4	14.7	11.7	8.9	7.1	6.0

Lluvias con intensidades máximas maximorum (continuación)

Fecha mes-día-h	Duración minutos	Lluvia acumulada mm	Intensidades máximas en mm/h para duraciones en minutos									
			5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1970												
jun - 8 - 13	205	23.3	132.0	90.6	76.8	60.6	40.7	27.3	20.5	15.4	12.3	10.3
jun - 21 - 19	435	25.0	37.2	30.6	26.0	24.0	19.3	13.7	13.6	13.4	10.9	9.2
jun - 27 - 12	970	13.7	9.6	7.0	6.1	5.7	5.4	4.7	4.3	4.4	3.8	3.4
jun - 29 - 17	625	19.5	38.4	31.2	21.8	17.2	12.5	9.8	8.7	6.6	5.4	4.5
jul - 16 - 19	150	53.1	62.4	58.8	54.8	54.4	52.5	45.2	41.4	36.3	30.5	26.1
jul - 17 - 12	842	15.6	46.8	30.9	25.6	20.4	15.2	11.1	8.6	6.5	5.2	4.9
jul - 18 - 13	745	18.0	33.6	23.4	17.1	14.0	10.8	7.5	5.9	4.7	4.1	4.1
jul - 26 - 23	250	18.1	84.0	76.2	58.0	44.0	30.6	20.7	15.5	11.7	9.6	8.6
ago - 9 - 21	85	4.1	27.6	18.0	12.1	10.2	7.4	5.0	4.0	3.1	2.5	2.1
ago - 10 - 18	150	7.3	37.2	27.6	21.2	18.0	12.5	8.7	6.5	4.9	4.0	3.3
ago - 19 - 16	60	6.4	86.0	37.8	25.2	19.0	12.7	8.5	6.4	4.8	3.8	3.2
ago - 25 - 0	31	2.8	25.2	16.2	10.9	8.3	5.6	3.7	2.8	2.1	1.7	1.4
sep - 10 - 21	202	7.7	30.0	16.0	11.3	8.8	6.1	4.3	4.1	3.2	2.6	2.2
sep - 16 - 17	80	9.1	68.4	42.0	31.2	23.7	16.2	11.2	8.7	6.8	5.5	4.6
sep - 23 - 21	290	12.7	15.6	9.8	7.9	7.2	6.1	5.4	4.9	4.2	4.2	4.2
sep - 26 - 14	840	18.0	8.4	5.4	5.3	5.3	5.3	5.2	5.0	4.7	4.3	3.9
sep - 27 - 8	690	14.5	24.0	14.4	10.6	9.8	8.3	6.1	5.0	3.9	3.1	2.6
sep - 29 - 14	550	8.0	24.0	18.7	12.9	11.0	8.9	6.6	5.4	4.3	3.5	3.0
oct - 1 - 14	110	7.1	28.8	24.0	18.6	15.9	12.0	8.6	6.5	5.0	4.2	3.6
oct - 3 - 18	130	13.0	42.0	36.0	28.8	23.1	16.2	11.7	9.5	7.9	7.3	6.4
1971												
may - 25 - 13	100	14.1	25.2	24.0	20.0	16.5	15.0	12.7	11.8	10.5	8.5	7.1
may - 27 - 21	570	21.0	31.2	30.6	29.6	25.2	20.2	15.0	11.5	9.0	7.7	6.7
jun - 14 - 0	195	20.2	27.6	21.0	20.0	21.0	19.0	14.4	11.3	8.7	8.7	8.9
jun - 17 - 22	225	23.5	72.0	68.4	57.6	52.2	37.7	26.5	20.0	16.1	13.0	10.9
jun - 22 - 16	620	46.9	58.8	42.0	38.0	34.5	28.5	26.9	24.7	21.5	17.9	15.3
jun - 23 - 19	340	17.3	18.0	17.4	16.0	15.0	12.0	9.3	7.1	5.4	5.1	4.8
jun - 25 - 0	155	7.0	22.8	18.0	13.6	11.4	9.2	7.3	5.8	4.5	3.9	3.4
jun - 26 - 14	195	8.1	40.8	37.2	25.6	19.4	13.0	8.7	6.5	4.9	3.9	3.3
ago - 1 - 20	65	5.5	24.0	18.0	15.2	13.5	9.7	7.1	5.5	4.1	3.3	2.8
ago - 2 - 3	270	21.5	72.0	54.0	42.0	35.5	29.0	19.7	15.0	11.5	9.7	8.5
ago - 11 - 21	690	25.3	7.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	5.6	5.1	5.1
ago - 13 - 11	770	17.5	24.0	18.0	14.8	12.0	8.6	7.4	6.8	6.2	5.8	5.0
ago - 15 - 12	245	10.0	31.2	20.4	16.8	13.7	13.2	11.3	8.6	6.5	5.3	4.5
ago - 25 - 18	55	3.7	24.0	15.0	11.2	9.3	6.8	4.9	3.7	2.8	2.2	1.9
sep - 2 - 16	150	9.2	60.0	42.0	32.0	25.5	17.2	11.7	8.9	6.8	5.4	4.6
sep - 4 - 1	80	8.8	36.0	34.2	26.8	23.1	16.4	11.4	8.7	6.6	5.3	4.4
sep - 25 - 20	250	10.5	14.4	9.0	8.0	7.5	5.7	4.6	4.1	3.9	3.7	4.1
sep - 30 - 12	65	7.7	43.2	27.6	21.2	17.0	12.2	9.9	7.6	5.8	4.6	3.9
oct - 8 - 14	170	15.0	60.0	48.0	40.0	33.9	26.2	18.6	14.3	10.8	8.7	7.3
oct - 11 - 23	945	29.2	16.8	11.4	10.4	9.2	8.1	6.7	6.5	5.3	4.8	4.8
1972												
mar - 9 - 17	50	6.4	27.6	22.8	19.2	17.4	12.3	8.5	6.4	4.8	3.8	3.2
may - 29 - 2	140	5.8	16.8	10.8	8.8	7.5	6.2	6.3	5.6	4.2	3.4	2.9
may - 30 - 16	300	5.0	33.6	21.6	15.2	11.6	8.1	5.6	4.2	3.2	2.6	2.1
jun - 1 - 1	152	2.9	18.0	9.2	6.3	4.8	3.3	2.3	2.2	1.9	1.6	1.4
jun - 1 - 14	145	9.9	54.0	30.6	20.5	15.4	10.4	7.0	5.3	4.0	3.3	3.8
jun - 4 - 17	40	11.6	63.6	40.8	33.2	30.9	22.6	15.5	11.6	8.7	7.0	5.8
jun - 5 - 18	105	25.0	72.0	63.0	50.0	43.5	39.2	30.1	24.3	18.7	15.0	12.5
jun - 8 - 9	1460	42.2	13.2	9.0	8.0	7.5	6.6	6.0	5.6	5.3	5.1	4.5
jun - 12 - 22	402	18.5	86.0	37.0	27.3	22.5	18.1	14.0	10.9	8.5	7.5	7.4
jul - 14 - 22	285	13.3	61.2	43.2	34.4	32.1	22.7	15.9	12.3	9.2	7.4	6.2
jul - 15 - 17	395	10.0	9.6	5.9	4.6	4.0	3.6	3.1	2.8	2.5	2.3	2.0
jul - 28 - 18	80	3.5	14.4	10.8	8.4	7.2	5.8	4.4	3.4	2.6	2.1	1.8
ago - 10 - 0	150	4.5	4.8	3.8	3.4	3.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	2.1
ago - 10 - 15	270	5.8	22.8	17.4	12.4	9.9	8.6	6.4	5.0	3.8	3.1	2.7
sep - 12 - 21	80	2.8	18.8	12.0	8.0	6.0	4.6	3.5	2.7	2.1	1.7	1.4
sep - 17 - 15	175	4.5	15.6	9.6	7.4	8.1	6.3	4.7	3.6	2.7	2.2	1.9
sep - 22 - 18	755	24.3	16.8	13.7	12.7	12.5	12.0	9.2	7.3	5.7	5.4	5.1
oct - 6 - 20	100	22.8	73.2	54.6	48.4	44.1	37.4	26.7	20.9	16.6	13.7	11.4
oct - 7 - 20	175	6.9	34.8	20.0	15.0	12.5	10.0	7.8	6.1	4.7	3.9	3.3
oct - 8 - 17	42	2.9	21.1	14.9	10.5	8.2	5.7	3.9	2.9	2.2	1.7	1.5

Procedimiento para obtener curvas I-D-Tr a partir de registros pluviométricos

Lluvias con intensidades máximas maximorum (continuación)

Fecha mes-día-h	Duración minutos	Lluvia acumulada mm	Intensidades máximas en mm/h para duraciones en minutos									
			5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1973												
jun - 26 - 1	55	13.0	66.0	46.0	42.0	36.9	25.4	17.3	13.0	9.8	7.8	6.5
jul - 8 - 16	135	7.2	38.4	30.0	20.2	15.3	10.4	7.4	6.4	5.1	4.2	3.5
jul - 8 - 23	500	18.0	28.8	24.6	20.2	18.0	13.5	10.7	8.6	7.2	6.4	5.6
jul - 14 - 18	50	9.7	32.4	30.0	24.8	25.5	17.8	12.7	9.7	7.3	5.8	4.9
jul - 16 - 18	80	7.8	33.6	25.2	19.2	19.5	14.8	10.2	7.7	5.9	4.7	3.9
jul - 29 - 16	15	3.9	43.2	22.5	15.6	11.7	7.8	5.2	3.9	2.9	2.3	2.0
jul - 29 - 18	125	6.6	38.4	24.6	20.0	15.0	10.1	6.8	5.1	4.8	3.9	3.3
ago - 2 - 21	100	16.8	27.6	21.0	23.2	19.5	15.8	13.3	13.0	11.9	10.1	8.4
ago - 3 - 18	595	32.8	87.2	35.4	24.8	18.7	12.7	9.7	8.2	9.2	8.1	7.4
ago - 5 - 22	160	2.4	25.2	18.9	17.2	15.3	13.4	11.3	10.0	9.5	9.6	9.2
ago - 11 - 18	400	7.0	34.8	25.8	18.1	14.3	11.3	10.8	8.8	7.6	7.1	7.0
ago - 14 - 17	595	39.8	24.0	16.6	14.1	12.9	13.2	11.6	9.8	8.4	7.6	7.1
ago - 15 - 11	20	8.5	48.0	28.2	27.2	25.5	17.0	11.3	8.5	6.4	5.1	4.3
ago - 17 - 18	240	19.3	42.0	32.4	26.0	22.2	17.6	14.4	11.2	8.7	7.8	7.4
sep - 13 - 20	530	29.8	82.8	72.6	55.2	46.5	35.8	25.9	20.1	15.6	12.6	10.5
sep - 15 - 5	205	10.8	40.8	37.2	27.2	21.8	16.4	12.0	9.6	7.4	6.1	5.2
sep - 15 - 13	305	11.2	52.8	37.8	32.8	25.6	18.4	13.3	10.1	7.7	6.2	5.3
sep - 25 - 17	85	8.4	58.8	36.0	26.4	20.2	14.0	9.8	7.8	6.2	5.0	4.2
sep - 26 - 16	55	7.6	60.0	36.0	26.4	20.5	14.6	10.0	7.6	5.7	4.6	3.8
oct - 15 - 19	355	13.3	22.8	16.7	14.6	13.6	11.6	9.8	8.8	7.4	6.1	5.2
1974												
jun - 16 - 21	200	7.0	25.2	13.8	9.6	7.5	5.4	4.0	3.2	2.9	2.7	2.6
jun - 19 - 20	480	7.1	26.4	20.4	15.2	12.5	9.7	7.7	6.0	4.6	3.7	3.1
jun - 30 - 20	80	6.3	28.8	17.0	13.0	11.0	9.0	7.4	6.0	4.7	3.8	3.2
jul - 1 - 20	75	8.9	27.6	15.3	13.4	12.9	10.4	7.3	8.3	6.7	5.3	4.5
jul - 10 - 15	55	5.0	54.0	27.4	18.5	14.1	9.8	6.6	5.0	3.8	3.0	2.5
jul - 11 - 16	335	10.0	25.2	15.2	11.9	10.2	7.5	5.7	4.7	3.7	3.7	3.6
jul - 13 - 13	130	4.1	27.6	14.1	9.6	9.0	6.4	4.6	3.5	3.0	2.4	2.0
jul - 18 - 15	80	9.7	54.0	36.6	27.6	22.4	16.3	11.8	9.3	7.3	5.8	4.9
jul - 27 - 1	140	4.5	10.8	7.2	6.0	5.9	5.2	4.3	3.7	3.1	2.6	2.2
jul - 31 - 17	690	23.3	74.4	48.9	40.4	31.4	22.5	16.3	12.7	9.8	8.1	8.8
ago - 8 - 13	285	9.9	34.8	25.2	22.0	18.3	13.5	9.7	7.9	6.3	5.1	4.3
ago - 10 - 14	140	5.9	50.4	28.2	19.1	14.6	10.0	6.7	5.1	4.2	3.4	2.9
ago - 11 - 15	85	3.0	32.4	16.5	11.2	8.6	5.8	3.9	3.0	2.2	1.8	1.5
ago - 29 - 18	585	14.8	54.0	27.5	18.7	14.3	9.8	10.2	7.7	5.8	4.7	3.9
ago - 30 - 17	440	5.5	38.4	21.0	14.0	10.5	7.0	4.7	3.5	2.7	2.2	2.0
sep - 4 - 19	265	10.4	15.6	10.2	8.4	7.4	5.7	4.3	3.8	3.2	2.9	2.8
sep - 5 - 4	140	8.3	32.4	19.6	15.3	13.2	10.5	8.4	7.0	5.7	4.9	4.1
sep - 24 - 19	171	4.1	27.6	15.3	11.2	9.9	7.8	5.3	4.0	3.0	2.4	2.0
sep - 26 - 16	295	28.0	97.2	63.6	57.6	55.8	41.4	30.5	23.8	18.2	14.8	12.5
oct - 18 - 16	470	10.2	15.6	11.7	10.4	9.1	7.8	5.6	6.1	4.9	4.3	3.7
1975												
jun - 20 - 21	55	5.3	18.0	13.2	11.6	10.4	9.2	6.7	5.3	4.0	3.2	2.7
jun - 26 - 19	20	2.5	24.0	13.2	9.4	7.5	5.0	3.3	2.5	1.9	1.5	1.3
jun - 28 - 22	230	5.9	14.4	11.2	10.1	9.6	7.6	6.3	5.3	4.1	3.3	2.8
jun - 29 - 16	300	21.9	80.4	57.0	49.2	39.8	28.4	19.0	14.3	10.7	8.6	7.2
jul - 13 - 0	205	5.9	16.8	12.6	11.2	10.5	9.4	7.1	5.6	4.2	3.4	2.8
jul - 13 - 22	150	7.4	26.4	21.0	19.2	18.0	13.2	9.1	7.0	5.3	4.3	3.6
jul - 15 - 16	1105	43.7	43.2	27.9	22.8	19.9	17.0	16.0	15.3	13.6	11.8	10.7
jul - 16 - 18	245	16.7	25.2	18.5	16.2	15.1	13.1	10.5	9.0	7.7	7.0	6.5
jul - 19 - 13	95	8.4	32.4	26.0	16.7	14.7	11.2	7.8	6.0	6.1	5.0	4.2
jul - 20 - 15	45	5.0	25.2	18.9	16.8	13.7	9.9	6.7	5.0	3.8	3.0	2.5
jul - 23 - 14	55	5.2	27.6	17.6	14.2	12.5	9.7	6.8	5.2	3.9	3.1	2.6
ago - 4 - 17	175	8.8	39.6	29.1	25.6	20.1	14.1	9.6	7.5	5.9	4.9	4.1
ago - 5 - 10	185	4.3	19.2	12.3	10.0	7.6	5.3	3.7	2.8	2.1	1.8	2.0
ago - 7 - 22	270	11.4	24.0	16.4	13.9	12.6	9.2	6.9	5.8	5.6	5.5	4.8
ago - 11 - 15	35	7.4	36.0	27.0	24.0	19.8	14.6	9.9	7.4	5.6	4.4	3.7
ago - 25 - 20	55	4.4	14.4	10.8	9.6	8.3	7.0	5.7	4.4	3.3	2.6	2.2
ago - 27 - 7	75	6.0	30.0	24.0	18.0	13.7	10.0	7.4	5.8	4.5	3.6	3.0
sep - 2 - 18	145	9.4	26.4	18.0	15.2	11.8	8.4	5.7	4.4	4.2	3.8	4.0
sep - 22 - 14	190	6.0	44.4	25.2	17.4	13.5	9.1	6.1	4.6	3.9	3.2	2.7
oct - 2 - 18	150	12.3	30.0	19.5	16.0	13.7	11.5	9.8	8.3	7.0	5.9	5.5

Procedimiento para obtener curvas I-D-Tr a partir de registros pluviométricos

Lluvias con intensidades máximas maximorum (continuación)

Fecha mes-día-h	Duración minutos	Lluvia acumulada mm	Intensidades máximas en mm/h para duraciones en minutos									
			5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
1976												
jun - 12 - 15	730	14.6	24.0	14.6	11.5	9.3	6.8	5.6	4.6	3.7	3.0	2.6
jun - 25 - 1	120	5.2	19.2	13.6	11.7	10.8	8.2	5.9	4.7	3.7	3.0	2.6
jul - 3 - 14	40	6.8	36.0	24.0	19.5	17.2	13.3	9.1	6.8	5.1	4.1	3.4
jul - 5 - 2	180	6.8	19.2	11.6	9.1	7.9	6.6	5.7	5.3	4.7	3.9	3.2
jul - 6 - 22	670	24.2	14.4	10.8	9.7	9.1	8.4	7.5	6.4	5.3	4.6	4.3
jul - 7 - 12	835	27.9	63.6	36.0	26.8	22.2	17.6	13.6	10.3	7.8	6.3	5.3
jul - 9 - 20	225	32.4	66.0	51.0	38.0	31.3	24.6	20.1	16.8	15.3	14.5	13.4
jul - 16 - 14	585	41.0	54.0	35.7	29.6	26.0	22.3	17.8	14.8	11.4	9.4	8.5
ago - 17 - 22	70	4.5	30.0	18.2	14.3	12.3	8.6	5.8	4.5	3.4	2.7	2.3
ago - 27 - 22	85	6.4	18.0	12.2	10.2	9.2	8.0	6.8	6.0	4.7	3.8	3.2
ago - 28 - 23	38	3.3	20.4	13.2	10.3	8.2	6.1	4.4	3.3	2.5	2.0	1.7
sep - 1 - 22	95	4.2	24.0	13.2	9.6	7.8	5.9	4.2	3.6	3.0	2.5	2.1
sep - 17 - 16	145	17.9	78.0	46.8	36.4	31.2	23.4	16.6	13.0	10.3	8.8	8.4
sep - 19 - 21	100	8.6	42.0	32.1	28.8	23.1	16.5	11.1	8.4	6.4	5.2	4.3
sep - 21 - 18	100	5.4	20.4	15.0	13.2	11.3	9.4	6.5	5.0	3.9	3.2	2.7
sep - 23 - 14	185	15.0	54.0	38.1	32.8	24.7	16.7	11.3	9.9	8.3	6.8	6.5
sep - 28 - 23	490	26.2	26.4	17.7	14.8	13.4	11.2	8.9	8.2	7.7	6.9	6.8
sep - 29 - 19	420	82.3	120.0	96.0	84.0	78.0	58.0	46.9	43.1	36.8	32.8	29.2
nov - 17 - 20	410	9.4	12.0	7.6	6.1	5.4	4.4	3.8	3.5	3.6	3.6	3.2
dic - 1 - 17	90	6.3	32.4	21.9	18.4	14.4	10.4	7.7	6.1	4.7	3.8	3.2
1977												
jun - 6 - 15	95	14.0	60.0	31.2	21.6	16.8	17.1	16.0	12.6	10.1	8.4	7.0
jun - 22 - 18	455	7.1	6.0	4.7	4.2	4.0	3.8	3.6	3.5	3.4	2.9	2.5
jun - 23 - 18	415	18.8	16.8	11.8	10.1	9.3	7.9	6.9	5.8	4.9	4.4	4.1
jun - 29 - 14	70	6.2	30.0	24.0	17.8	14.7	11.6	7.9	6.1	4.7	3.7	3.1
jun - 29 - 19	65	13.3	46.8	35.7	32.0	29.4	24.7	17.6	13.3	10.0	8.0	6.7
jul - 1 - 17	40	17.2	66.0	48.0	42.0	39.8	33.0	22.9	17.2	12.9	10.3	8.6
jul - 8 - 19	220	19.1	54.0	38.0	32.6	29.9	24.7	18.6	15.4	12.8	10.8	9.2
jul - 21 - 15	282	5.9	24.0	12.2	9.0	9.0	6.1	4.1	3.1	2.4	2.0	1.7
ago - 2 - 18	80	5.5	42.0	24.3	18.4	14.0	9.6	6.7	5.2	4.1	3.3	2.8
ago - 12 - 14	620	35.0	67.2	54.6	46.6	42.6	36.2	30.9	25.5	20.1	16.9	14.6
ago - 14 - 16	30	3.2	26.4	18.0	12.2	9.3	6.4	4.3	3.2	2.4	1.9	1.6
ago - 19 - 17	190	9.7	48.0	25.5	18.0	14.3	10.0	6.7	5.1	3.9	3.5	3.4
ago - 26 - 15	60	7.2	42.0	30.6	26.8	20.4	13.9	9.4	7.2	5.4	4.3	3.6
ago - 28 - 18	280	29.2	74.4	49.2	40.8	41.9	38.4	30.0	24.4	19.3	15.6	13.4
sep - 1 - 0	50	6.6	22.8	17.4	15.6	12.6	8.7	8.4	6.6	5.0	4.0	3.3
sep - 1 - 13	30	3.5	26.4	16.2	12.8	9.9	7.0	4.7	3.5	2.6	2.1	1.8
sep - 7 - 20	290	13.0	24.0	16.8	14.4	11.9	9.7	10.0	9.4	8.0	6.7	5.9
sep - 12 - 20	365	27.9	81.6	57.3	49.2	41.6	31.1	23.9	21.5	16.8	13.6	11.4
sep - 25 - 16	55	22.8	63.6	60.0	55.0	52.5	41.3	30.0	22.8	17.1	13.7	11.4
oct - 25 - 21	705	34.6	42.0	32.2	28.9	23.7	17.4	13.1	11.0	9.2	8.3	7.5
1978												
mar - 26 - 11	145	6.5	64.8	33.6	23.2	17.5	11.8	7.9	6.0	4.5	3.7	3.2
jun - 25 - 14	45	10.5	88.8	49.4	36.3	29.7	20.7	14.0	10.5	7.9	6.3	5.3
jul - 20 - 19	110	7.9	43.2	22.8	16.0	12.6	12.0	9.3	7.3	5.8	4.7	4.0
jul - 28 - 19	150	8.6	42.0	27.2	22.3	19.8	14.9	10.6	8.0	6.0	4.8	4.0
jul - 29 - 5	135	5.3	22.8	14.8	12.1	10.8	8.4	6.3	5.0	3.8	3.1	2.6
jul - 29 - 12	185	8.2	42.0	27.6	20.6	17.1	1.9	8.2	6.3	5.1	4.4	3.9
ago - 2 - 15	840	17.1	12.0	7.8	6.4	5.7	5.0	4.8	4.5	4.6	4.4	4.3
ago - 3 - 16	90	4.9	30.0	18.0	14.0	11.3	8.6	5.8	4.5	3.5	2.9	2.5
ago - 21 - 13	80	8.9	32.4	24.8	22.3	21.0	16.3	11.0	8.3	6.7	5.3	4.5
ago - 29 - 20	330	7.3	16.8	12.3	10.8	10.1	8.4	6.3	5.2	4.4	3.7	3.1
sep - 5 - 21	770	12.6	14.4	9.8	8.3	7.5	6.5	5.9	5.2	4.3	3.5	3.0
sep - 7 - 18	140	5.8	25.2	17.1	14.4	12.8	10.3	7.5	5.6	4.3	3.4	2.9
sep - 8 - 20	205	9.8	16.8	10.2	8.0	6.9	5.8	4.5	3.6	3.5	3.3	3.1
sep - 9 - 18	25	5.8	49.2	33.6	22.7	17.2	11.6	7.7	5.8	4.4	3.5	2.9
sep - 10 - 23	340	33.7	39.6	28.4	24.6	22.8	20.9	20.0	19.2	15.9	13.8	12.3
sep - 11 - 15	600	22.6	51.6	33.6	25.9	22.1	18.8	18.8	15.6	11.8	10.9	10.4
sep - 14 - 15	170	7.7	40.8	25.2	20.0	16.0	12.0	9.1	6.9	5.2	4.2	3.6
sep - 23 - 19	210	13.5	30.0	21.6	18.8	17.4	16.0	12.9	10.2	8.1	6.7	5.7
sep - 27 - 17	560	35.6	84.0	57.8	49.0	44.6	36.7	27.1	21.2	16.8	13.8	12.3
oct - 22 - 18	70	25.9	108.0	71.4	59.2	54.1	49.0	33.1	25.7	19.4	15.5	13.0

Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Subdirección de Hidrología.