

ANEXOS

Anexo A

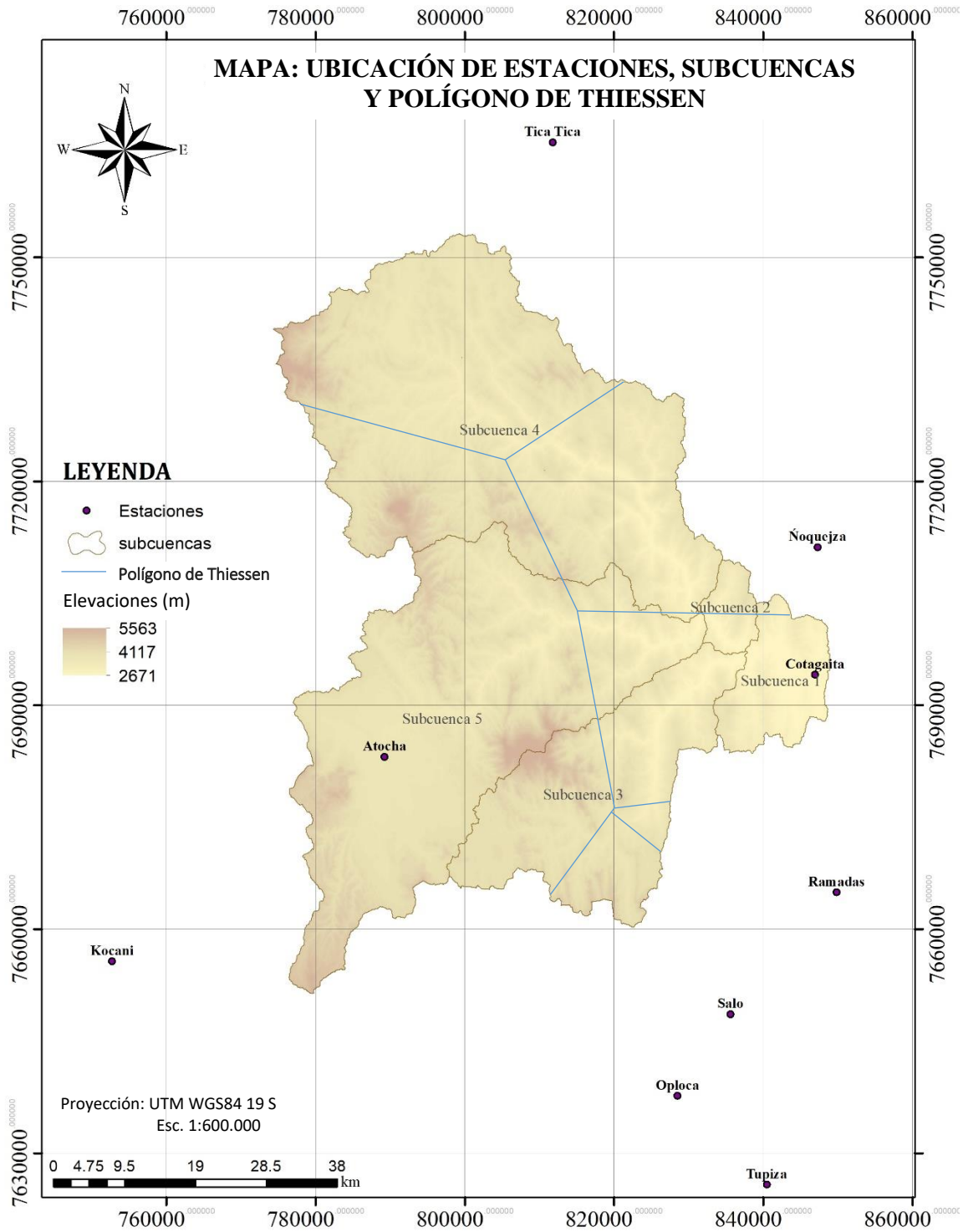


Figura 1. Mapa de Estaciones, Subcuencas y Polígono de Thiessen.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo B

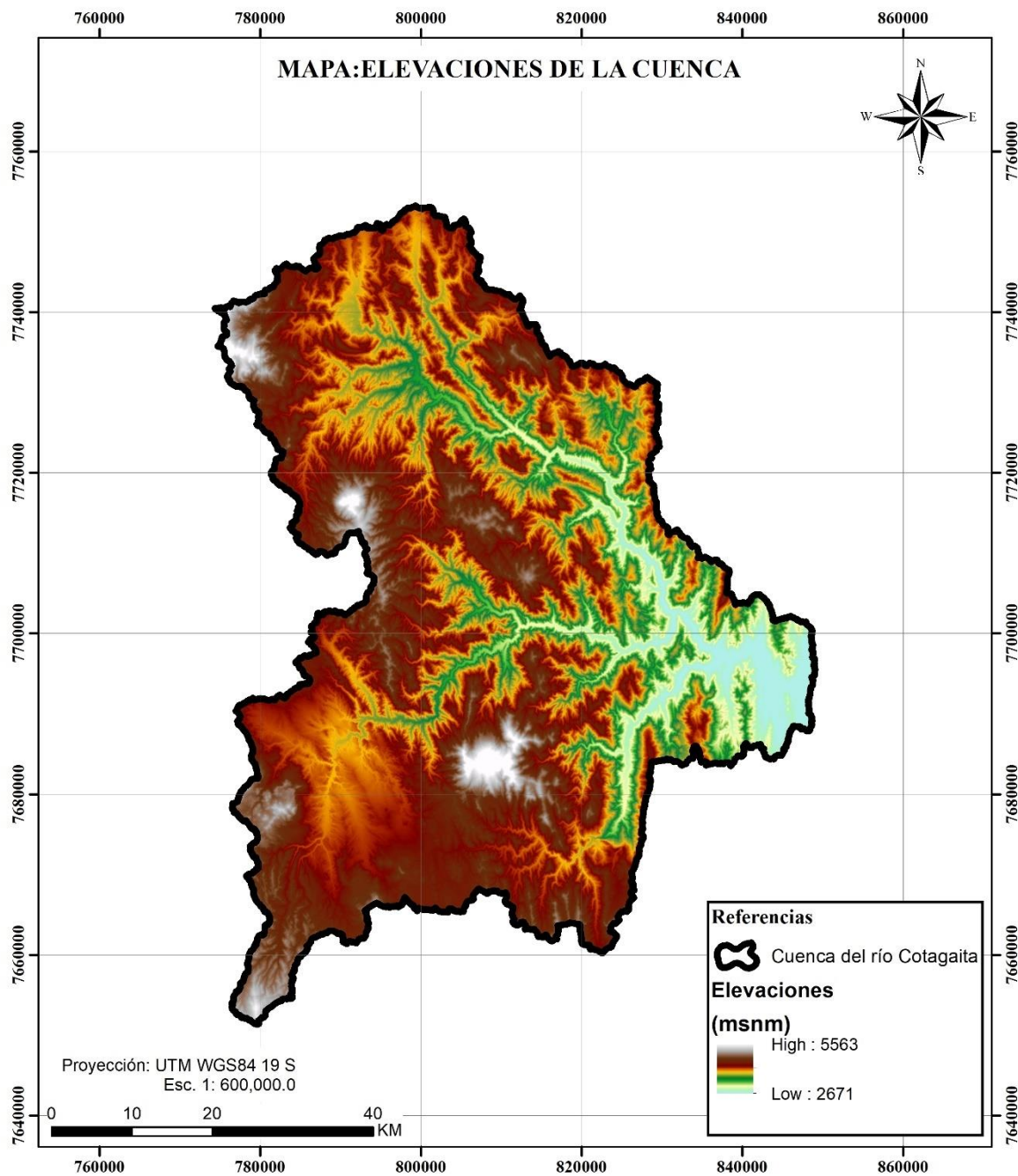


Figura 1. Mapa de Elevaciones de la Cuenca.

Fuente: Elaboración propia

Anexo C

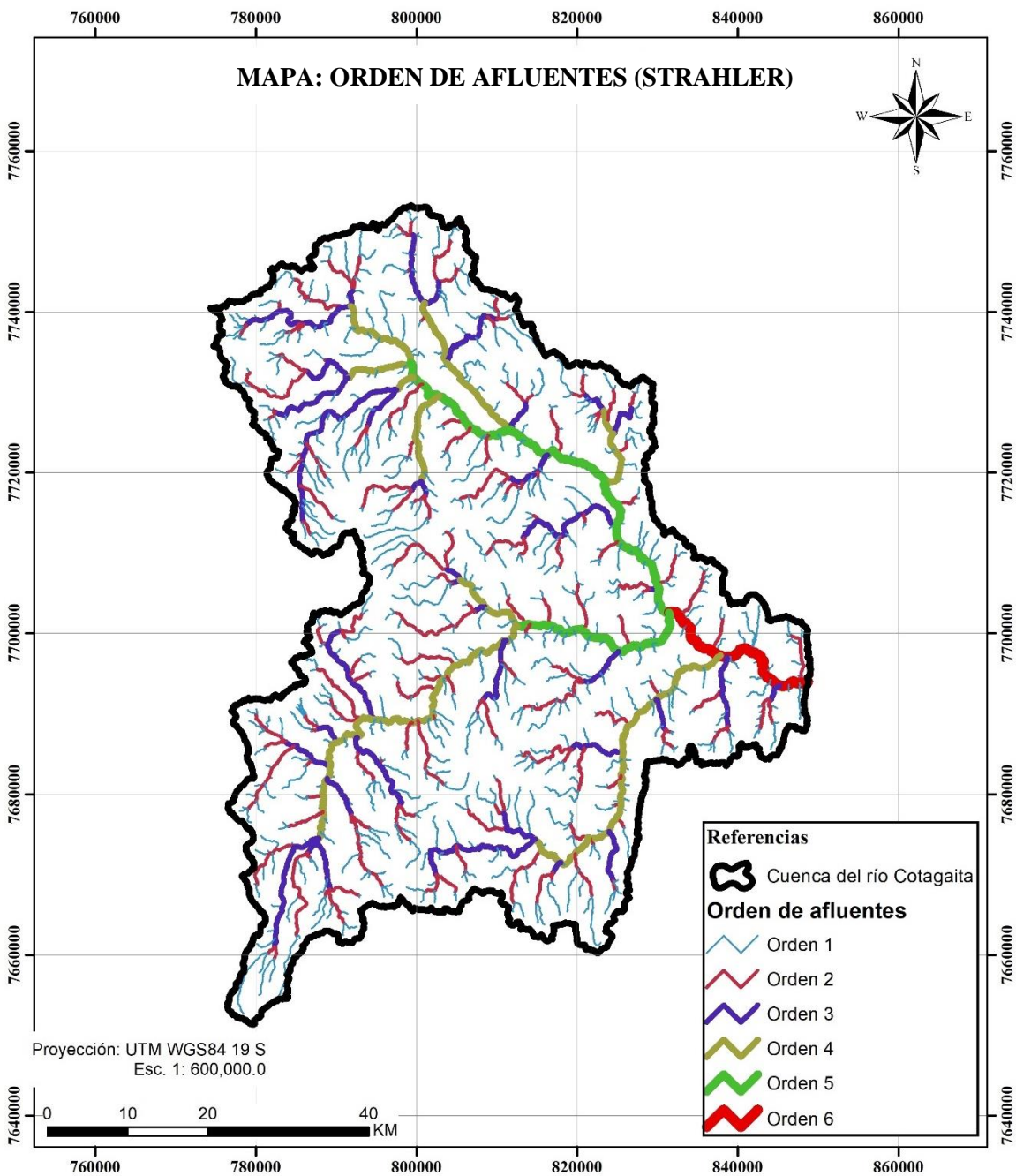


Figura 1. Mapa de Orden de Afluentes.

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

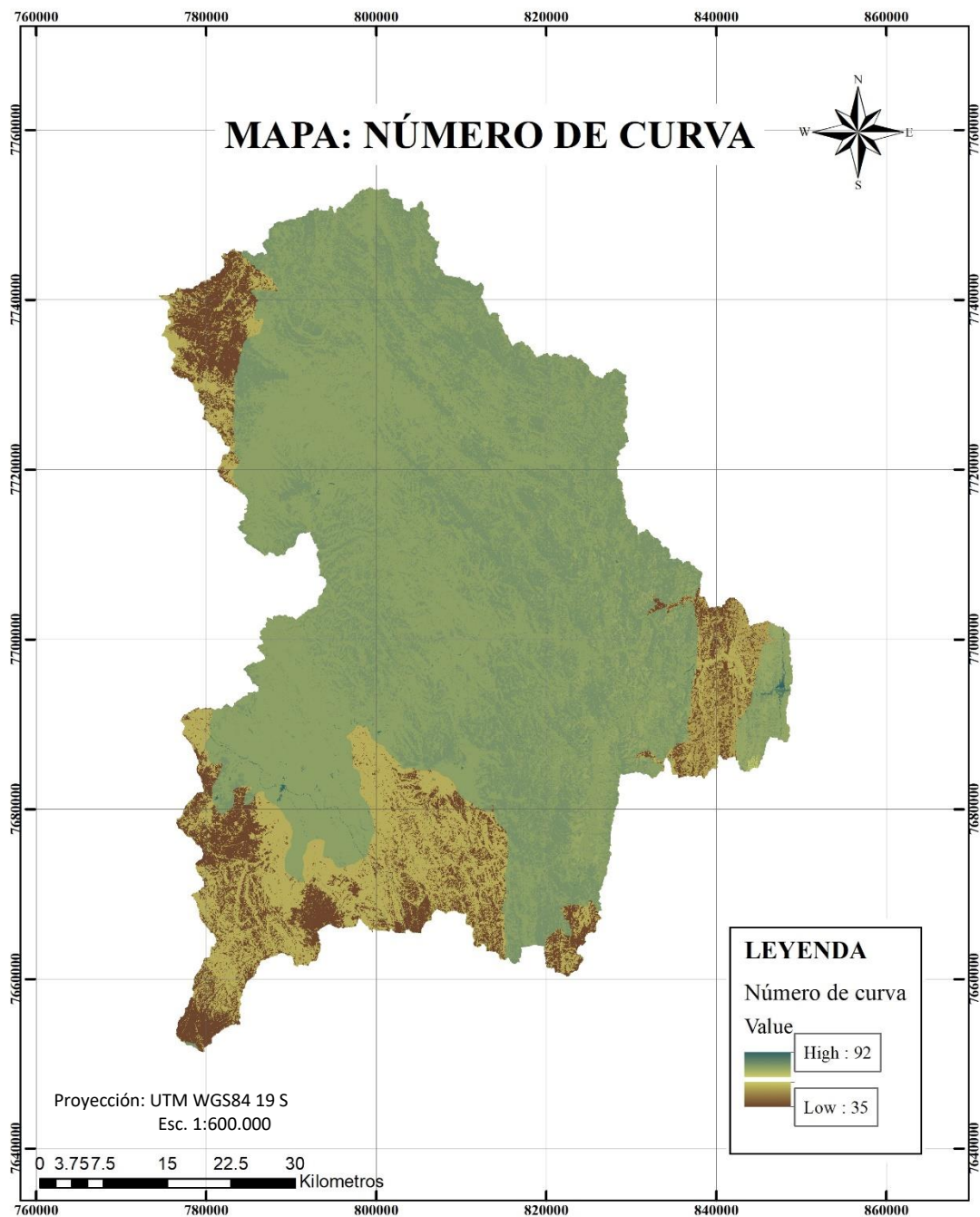


Figura 1. *Mapa del Número de Curva.*

Fuente: Elaboración propia.

Anexo E

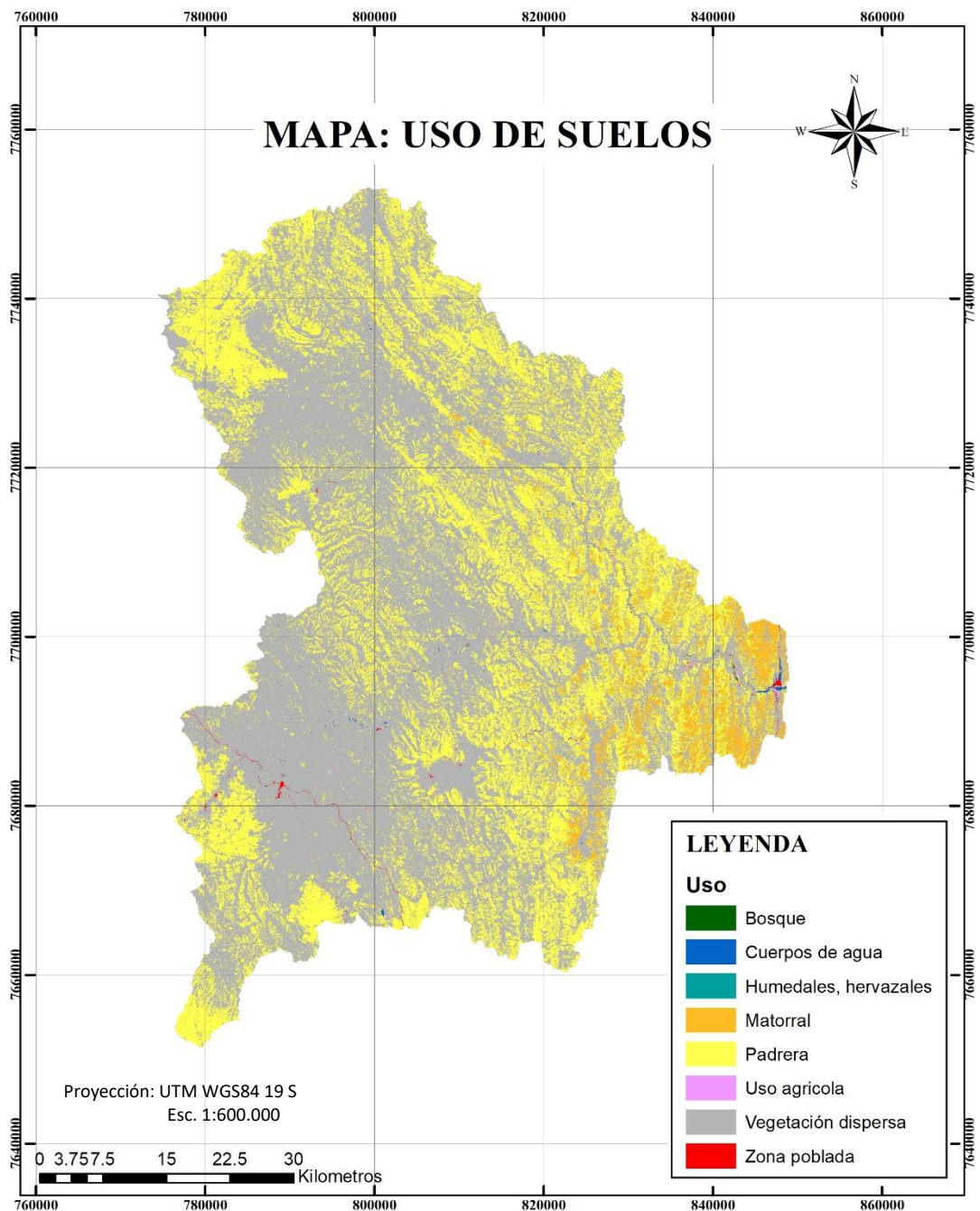


Figura 1. *Mapa de Uso de Suelos.*

Fuente: Elaboración propia.

Anexo F

Análisis de Consistencia de Estaciones: Curva Doble Masa

- Estación Atocha.

Tabla 1. Análisis de consistencia estación Atocha.

PERIODO (años)	ESTACIÓN PATRÓN TUPIZA		ESTACIÓN ATOCHA	
	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)
1996-1997	439,0	439,0	308,5	308,5
1997-1998	136,8	575,8	142,8	451,3
1998-1999	227,7	803,5	269,1	720,4
1999-2000	225,1	1028,6	306,3	1026,7
2000-2001	288,3	1316,9	390,9	1417,6
2001-2002	181,7	1498,6	246,4	1664,0
2002-2003	209,9	1708,5	284,6	1948,6
2003-2004	236,7	1945,2	321,0	2269,5
2004-2005	246,6	2191,8	334,4	2603,9
2005-2006	345,1	2536,9	376,2	2980,1
2006-2007	285,3	2822,2	229,3	3209,4
2007-2008	464,4	3286,6	290,8	3500,2
2008-2009	575,0	3861,6	788,3	4288,5
2009-2010	295,3	4156,9	671,2	4959,7
2010-2011	250,9	4407,8	356,7	5316,3
2011-2012	389,1	4796,9	527,1	5843,4
2012-2013	452,3	5249,2	700,6	6544,0
2013-2014	414,3	5663,5	888,8	7432,8
2014-2015	287,1	5950,6	675,6	8108,4
2015-2016	244,4	6195,0	541,6	8650,0
2016-2017	165,7	6360,7	219,3	8869,2
2017-2018	314,0	6674,7	532,7	9401,9
2018-2019	239,9	6914,6	325,3	9727,2
2019-2020	299,1	7213,7	355,0	10082,2
Promedio	297,0		329,9	

Fuente: Elaboración propia.

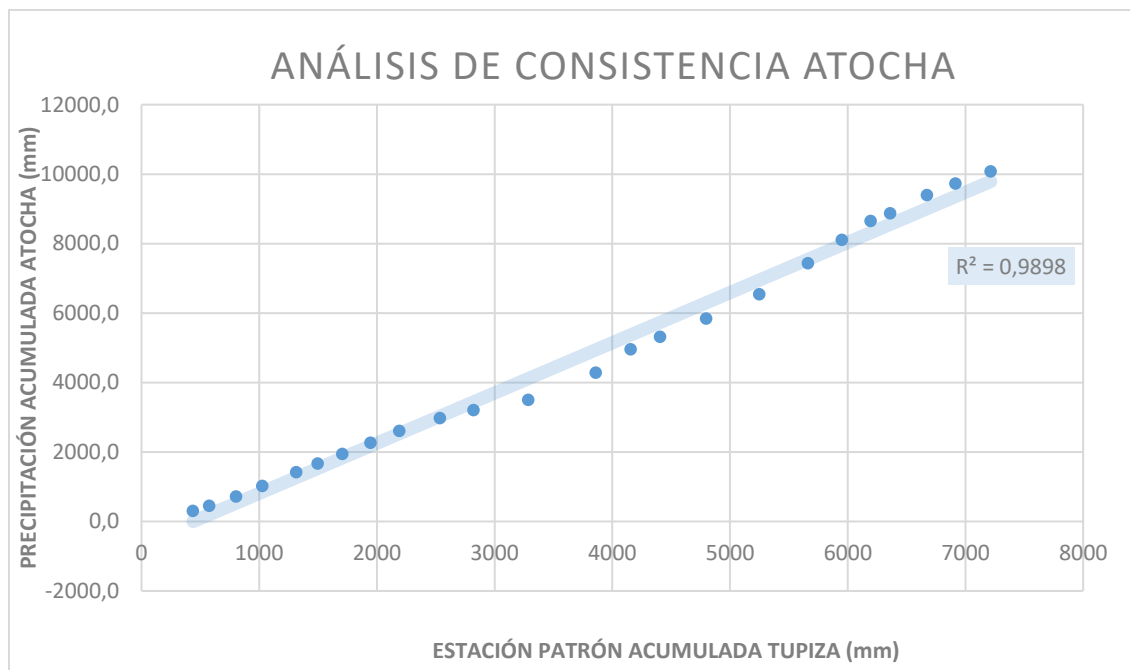


Figura 1. Curva doble masa Atocha.

Fuente: Elaboración propia.

- Estación Cotagaita.

Tabla 2. Análisis de consistencia estación Cotagaita.

PERÍODO (años)	ESTACIÓN PATRÓN TUPIZA		ESTACIÓN COTAGAITA	
	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)
1974-1975	305,2	305,2	326,7	326,7
1975-1976	260,9	566,1	200,0	526,7
1976-1977	226,9	793,0	192,3	719,0
1977-1978	480,8	1273,8	362,3	1081,3
1978-1979	451,4	1725,2	449,9	1531,2
1979-1980	378,1	2103,3	150,3	1681,5
1980-1981	386,2	2489,5	262,9	1944,4
1981-1982	320,4	2809,9	331,4	2275,8
1982-1983	164,8	2974,7	65,0	2340,8
1983-1984	426,5	3401,2	351,9	2692,7
1984-1985	352,7	3753,9	355,5	3048,2
Promedio	341,3		277,1	

Fuente: Elaboración propia.

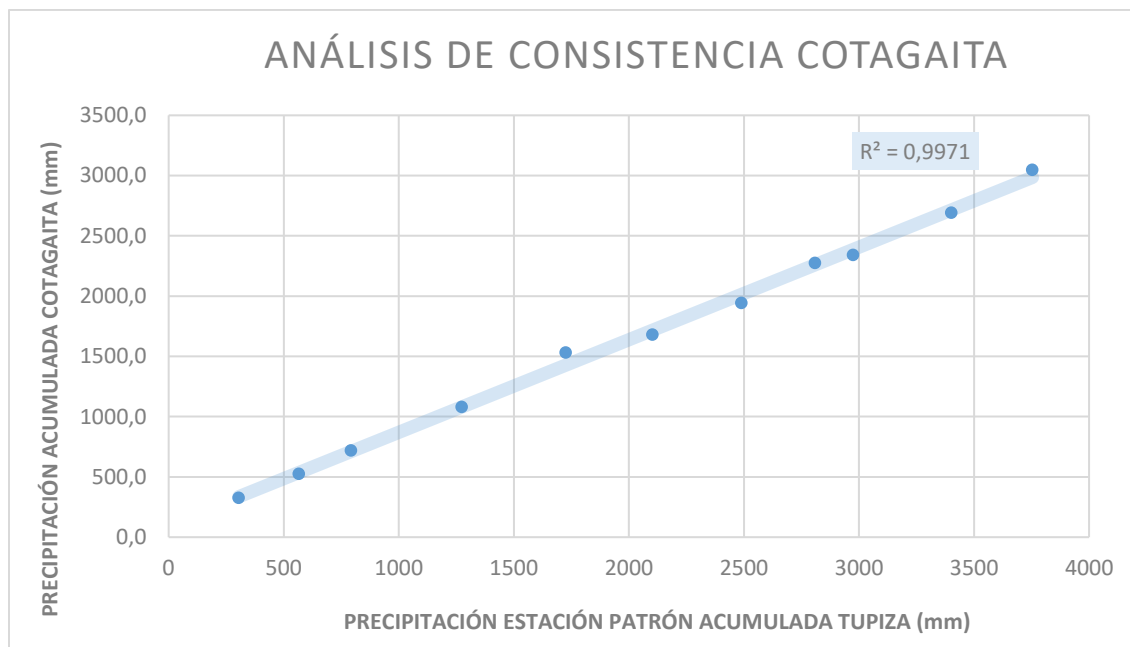


Figura 2. Curva doble masa Cotagaita.

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis estación Kocani.

Esta estación fue descartada porque sólo contaba con un año de registro.

- Análisis estación Ñoquejza.

Tabla 3. Análisis de consistencia estación Ñoquejza.

PERIODO (años)	ESTACIÓN PATRÓN TUPIZA		ESTACIÓN ÑOQUEJZA	
	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)
2010-2011	250,9	250,9	234,6	234,6
2011-2012	389,1	640,0	570,5	805,1
2012-2013	452,3	1092,3	453,3	1258,4
2013-2014	414,3	1506,6	359,7	1618,1
2014-2015	287,1	1793,7	348,3	1966,4
2015-2016	244,4	2038,1	280,9	2247,3
2016-2017	165,7	2203,8	165,8	2413,1
2017-2018	314,0	2517,8	313,9	2727,0

2018-2019	239,9	2757,7	475,4	3202,4
2019-2020	299,1	3056,8	236,8	3439,2
Promedio	305,7		343,9	

Fuente: Elaboración propia.

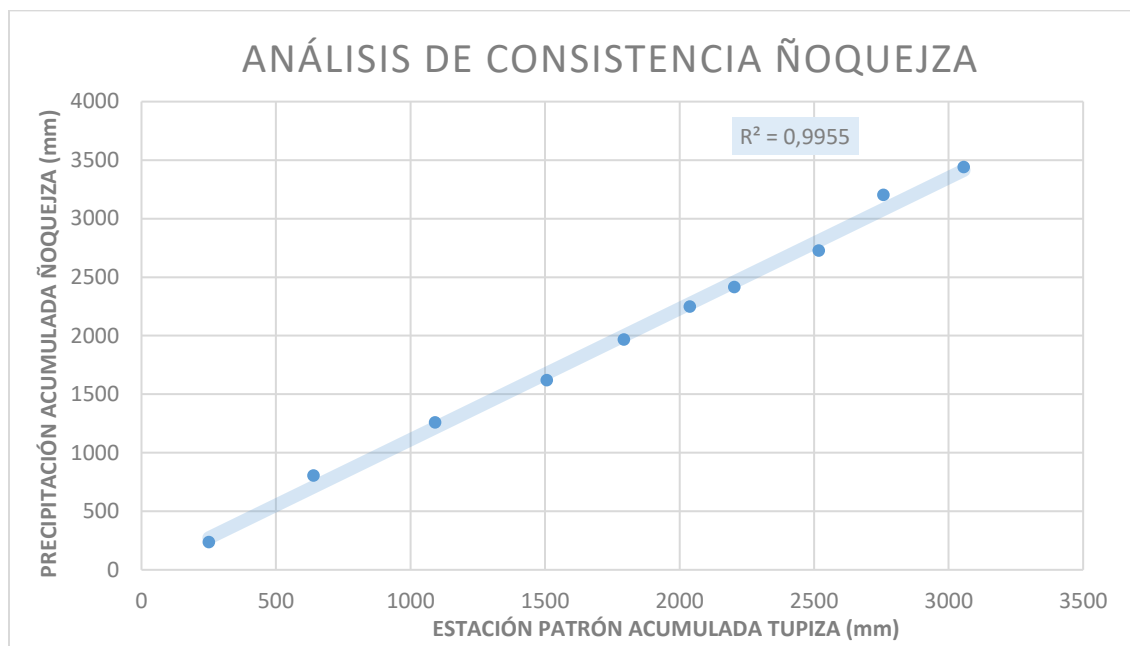


Figura 3. Curva doble masa Ñoquejza.

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis de la estación Ramadas Potosí.

Tabla 4. Análisis de consistencia estación Ramadas Potosí.

PERÍODO (años)	ESTACIÓN PATRÓN TUPIZA		ESTACIÓN RAMADAS POTOSÍ	
	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)
1977-78	480,8	480,8	530,7	530,7
1978-79	451,4	932,2	444,5	975,2
1979-80	378,1	1310,3	216,5	1191,7
1980-81	386,2	1696,5	449,6	1641,3
1981-82	320,4	2016,9	267,3	1908,6
1982-83	164,8	2181,7	158,8	2067,4
1983-1984	426,5	2608,2	622,2	2689,6
1984-1985	352,7	2960,9	384,9	3074,5

1985-1986	281,5	3242,4	280,7	3355,2
1996-1997	439,0	3681,4	376,3	3731,5
1997-1998	136,8	3818,2	69,3	3800,8
1998-1999	227,7	4045,9	316,5	4117,3
1999-2000	225,1	4271,0	219,7	4336,9
2000-2001	288,3	4559,3	263,3	4600,2
2001-2002	181,7	4741,0	165,9	4766,2
2002-2003	209,9	4950,9	191,7	4957,8
2003-2004	236,7	5187,6	216,2	5174,0
2004-2005	246,6	5434,2	225,2	5399,2
2005-2006	345,1	5779,3	333,3	5732,4
2006-2007	285,3	6064,6	256,6	5989,0
2007-2008	464,4	6529,0	317,8	6306,8
2008-2009	575,0	7104,0	525,1	6831,9
2009-2010	295,3	7399,3	184,9	7016,8
2010-2011	250,9	7650,2	229,1	7245,9
2011-2012	389,1	8039,3	355,0	7600,9
2012-2013	452,3	8491,6	266,9	7867,8
2013-2014	414,3	8905,9	340,0	8207,8
2014-2015	287,1	9193,0	265,7	8473,5
2015-2016	244,4	9437,4	209,4	8682,9
2016-2017	165,7	9603,1	149,2	8832,1
2017-2018	314,0	9917,1	396,3	9228,4
2018-2019	239,9	10157,0	219,1	9447,4
2019-2020	299,1	10456,1	432,6	9880,0
Promedio	316,9		299,4	

Fuente: Elaboración propia.

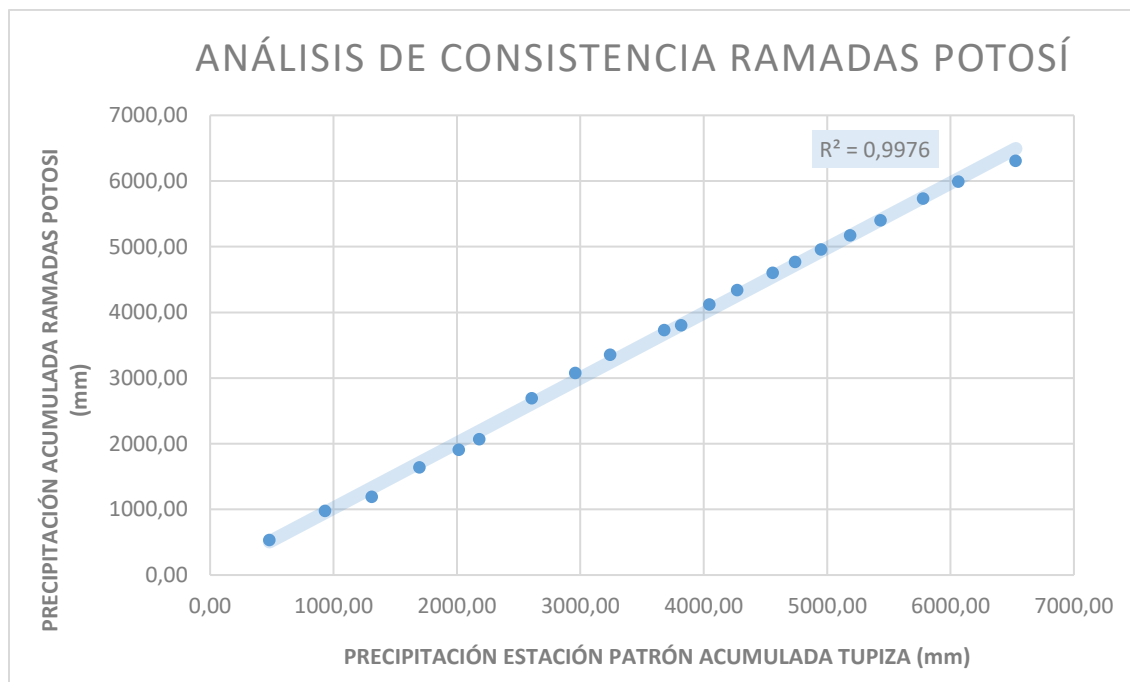


Figura 4. Curva doble masa Ramadas Potosí.

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis estación Salo.

Tabla 5. Análisis de consistencia estación Salo.

PERÍODO (años)	ESTACIÓN PATRÓN TUPIZA		ESTACIÓN SALO	
	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)
2008-2009	575,0	575,0	420,3	420,3
2009-2010	295,3	870,3	355,9	776,2
2010-2011	250,9	1121,2	235,3	1011,5
2011-2012	389,1	1510,3	306,1	1317,6
2012-2013	452,3	1962,6	229,1	1546,7
2013-2014	414,3	2376,9	196,5	1743,2
2014-2015	287,1	2664,0	361,9	2105,1
2015-2016	244,4	2908,4	414,4	2519,5
Promedio	363,6		314,9	

Fuente: Elaboración propia.

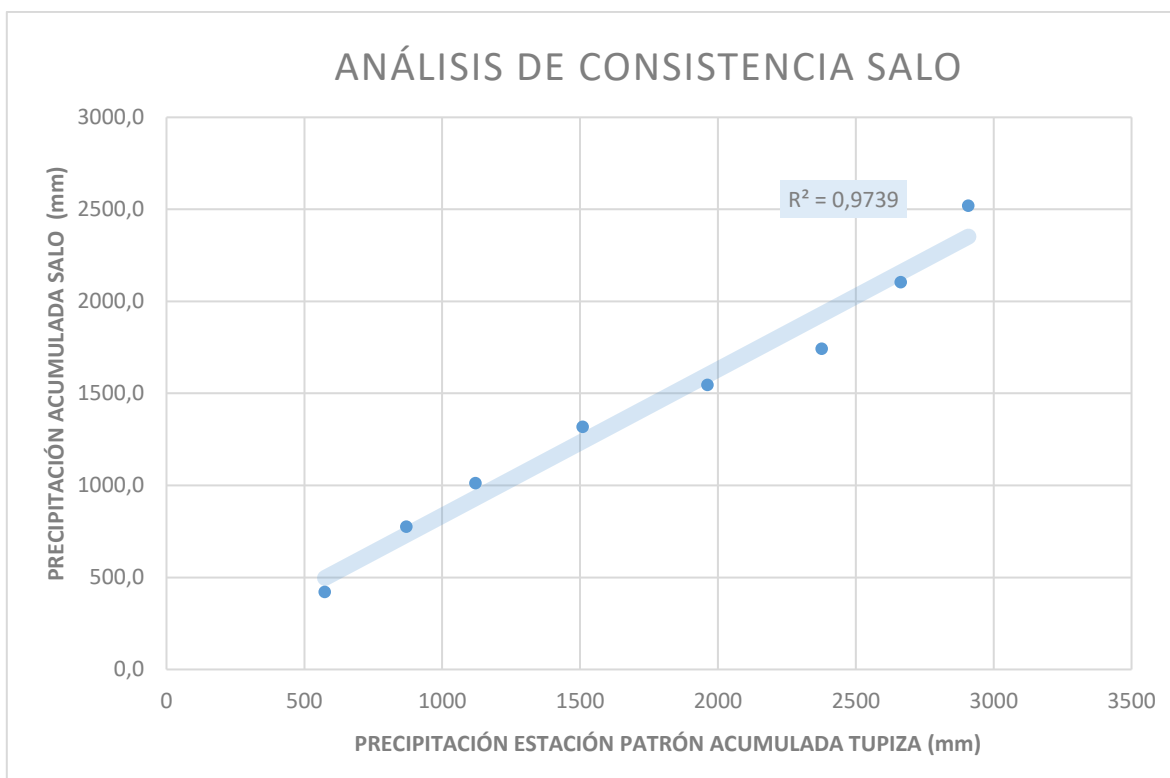


Figura 5. Curva doble masa Salo.

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis estación Tica Tica.

Tabla 6. Análisis de consistencia estación Tica Tica.

PERIODO (años)	ESTACIÓN PATRÓN TUPIZA		ESTACIÓN TICA TICA	
	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)
2005-2006	345,1	345,1	482,8	482,8
2006-2007	285,3	630,4	279,3	762,1
2007-2008	464,4	1094,8	755,4	1517,4
2008-2009	575	1669,8	793,7	2311,1
2009-2010	295,3	1965,1	350,3	2661,4
2010-2011	250,9	2216	795,8	3457,2
2011-2012	389,1	2605,1	531,1	3988,3
2012-2013	452,3	3057,4	262,1	4250,4
2013-2014	414,3	3471,7	442,8	4693,2
2014-2015	287,1	3758,8	362,2	5055,4
2015-2016	244,4	4003,2	222,8	5278,2
2016-2017	165,7	4168,9	237,1	5515,3

2017-2018	314	4482,9	640,0	6155,3
2018-2019	239,9	4722,8	327,8	6483,1
2019-2020	299,1	5021,9	371,4	6854,5
Promedio	334,8		457,0	

Fuente: Elaboración propia.

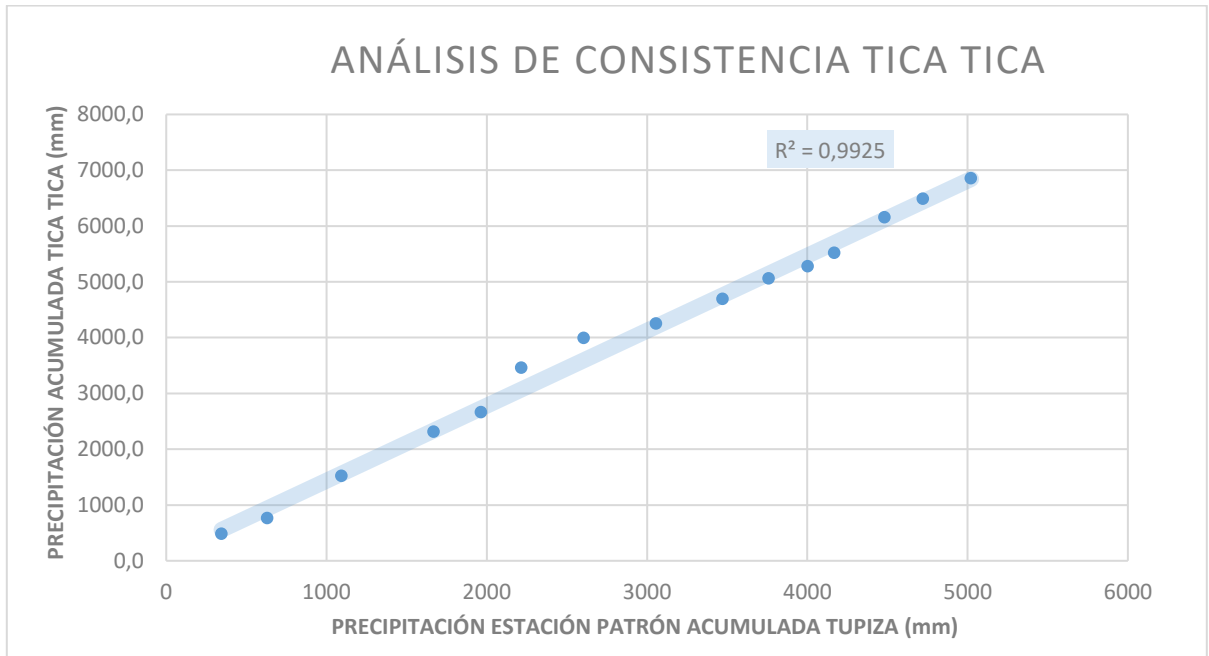


Figura 6. Curva doble masa estación Tica Tica.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo G

Análisis de Homogeneidad de Estaciones: Test de Mann-Kendall

a) Estación Cotagaita.

COTAGAITA			
n	P _{max} (mm)	Si	ti
1	30,0	3	7
2	16,0	9	0
3	20,4	6	2
4	35,5	2	5
5	60,1	0	6
6	29,9	1	4
7	21,2	2	2
8	19,2	2	1
9	16,2	2	0
10	23,2	1	0
11	46,8	n-1	

$$I = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_i = 27 \qquad = \sum_{i=1}^{i=n-1} S_i = 28$$

$$n = 11$$

$$S = T - I = 1$$

$$V = \frac{S - 1}{\sqrt{\frac{n * (n - 1) * (2 * n + 5)}{18}}} = 0$$

V _{crit} para diferentes niveles de significancia:					
α	0,0058	0,01	0,025	0,05	0,1
V _{crit}	2,58	2,33	1,96	1,64	0,128

Se escoge un nivel de significancia de 5%.

Se tiene que V_{crit} se encuentra entre 1,64 y -1,64.

Teniendo que: $V = 0$

Entonces la hipótesis es Válida, por lo tanto, los datos son homogéneos.

b) Estación Ñoquejza.

ÑOQUEJZA			
n	P_{max} (mm)	Si	ti
1	26,0	7	2
2	20,0	8	0
3	28,0	6	1
4	30,0	5	1
5	40,2	0	4
6	36,1	2	2
7	30,2	2	1
8	40,2	0	2
9	40,1	0	1
10	23,0	n-1	

$$I = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_i = 14 \qquad = \sum_{i=1}^{i=n-1} S_i = 30$$

$$n = 10 \qquad = T - I = 16$$

$$V = \frac{S - 1}{\sqrt{\frac{n * (n - 1) * (2 * n + 5)}{18}}} = 1,3416$$

V_{crit} para diferentes niveles de significancia:					
α	0,0058	0,01	0,025	0,05	0,1
V_{crit}	2,58	2,33	1,96	1,64	0,128

Se escoge un nivel de significancia de 5%.

Se tiene que V_{crit} se encuentra entre 1,64 y -1,64.

Teniendo que:

$$V = 1,3416$$

Entonces la hipótesis es Válida, por lo tanto, los datos son homogéneos.

c) Estación Ramadas.

RAMADAS

n	P_{max} (mm)	Si	ti
1	32,0	11	21
2	38,9	6	25
3	19,2	29	1
4	53,6	3	26
5	42,0	3	25
6	25,2	18	9
7	40,7	3	23
8	20,0	22	2
9	25,0	17	7
10	24,0	17	6
11	19,0	22	0
12	28,0	11	9
13	25,5	14	5
14	37,3	3	16
15	19,8	18	0
16	27,9	11	6
17	20,3	15	1
18	26,6	11	4
19	28,0	10	4
20	33,0	4	9
21	36,0	3	9
22	58,8	1	10
23	31,0	3	7
24	25,5	6	3
25	55,6	1	7
26	20,0	7	0
27	60,0	0	6
28	28,5	3	2
29	32,4	0	4
30	20,8	3	0
31	29,2	1	1

32	22,3	1	0
33	30,6	n-1	

$$I = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_i = 248 \qquad = \sum_{i=1}^{i=n-1} S_i = 277$$

$$n = 33 \qquad = T - I = 29$$

$$V = \frac{S - 1}{\sqrt{\frac{n * (n - 1) * (2 * n + 5)}{18}}} = 0,4338$$

V_{crit} para diferentes niveles de significancia:					
α	0,0058	0,01	0,025	0,05	0,1
V_{crit}	2,58	2,33	1,96	1,64	0,128

Se escoge un nivel de significancia de 5%.

Se tiene que V_{crit} se encuentra entre 1,64 y -1,64.

Teniendo que:

$$V = 0,4338$$

Entonces la hipótesis es Válida, por lo tanto, los datos son homogéneos.

d) Estación Salo.

SALO			
n	P_{max} (mm)	Si	ti
1	28,0	1	6
2	37,1	0	6
3	24,6	0	5
4	20,0	3	0
5	20,0	3	0
6	20,5	1	0
7	20,5	1	0
8	22,2	n-1	

$$I = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_i = 17 \qquad = \sum_{i=1}^{i=n-1} S_i = 9$$

$$n = 8 \qquad = T - I = -8$$

$$V = \frac{S - 1}{\sqrt{\frac{n * (n - 1) * (2 * n + 5)}{18}}} = -1,1134$$

V_{crit} para diferentes niveles de significancia:					
α	0,0058	0,01	0,025	0,05	0,1
V_{crit}	2,58	2,33	1,96	1,64	0,128

Se escoge un nivel de significancia de 5%.

Se tiene que V_{crit} se encuentra entre 1,64 y -1,64.

Teniendo que:

$$V = -1,1134$$

Entonces la hipótesis es Válida, por lo tanto, los datos son homogéneos,

e) Estación Tica Tica.

TICA TICA			
n	P_{max} (mm)	Si	ti
1	29,4	4	10
2	32,0	3	10
3	26,0	6	6
4	60,9	0	11
5	29,0	2	8
6	35,0	1	8
7	57,5	0	8
8	16,0	7	0
9	26,8	1	5
10	18,0	5	0
11	20,3	3	1
12	21,5	2	1
13	28,5	0	2

14	23,1	0	1
15	18,9		n-1

$$I = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_i = 71 \qquad = \sum_{i=1}^{i=n-1} S_i = 34$$

$$n = 15 \qquad = T - I = -37$$

$$V = \frac{S - 1}{\sqrt{\frac{n * (n - 1) * (2 * n + 5)}{18}}} = -1,5805$$

V_{crit} para diferentes niveles de significancia:					
α	0,0058	0,01	0,025	0,05	0,1
V_{crit}	2,58	2,33	1,96	1,64	0,128

Se escoge un nivel de significancia de 5%.

Se tiene que V_{crit} se encuentra entre 1,64 y -1,64.

Teniendo que:

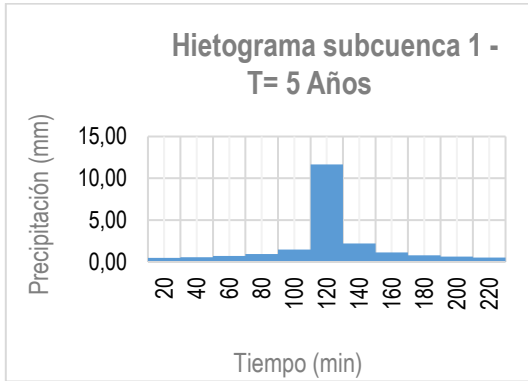
$$V = -1,5805$$

Entonces la hipótesis es Válida, por lo tanto, los datos son homogéneos.

Anexo H

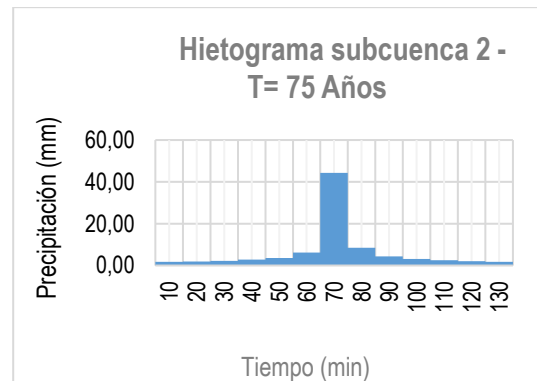
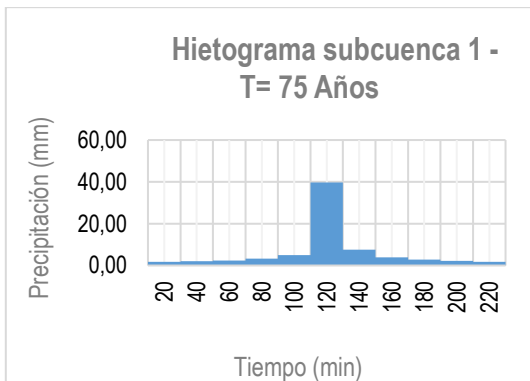
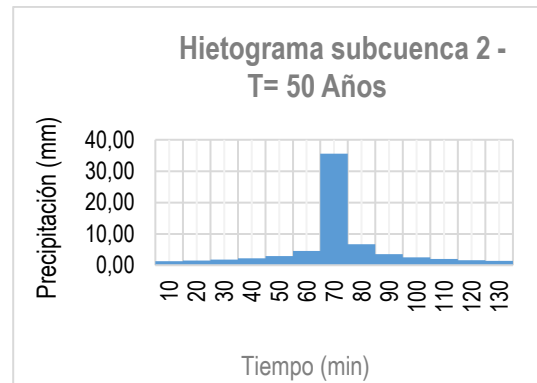
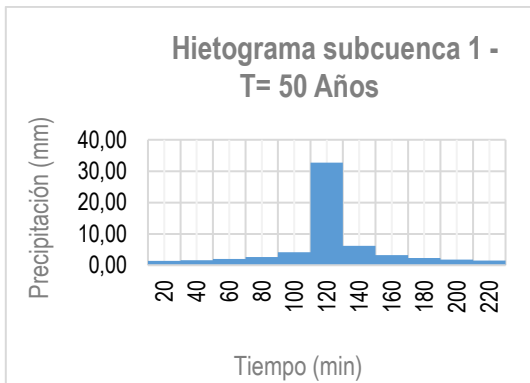
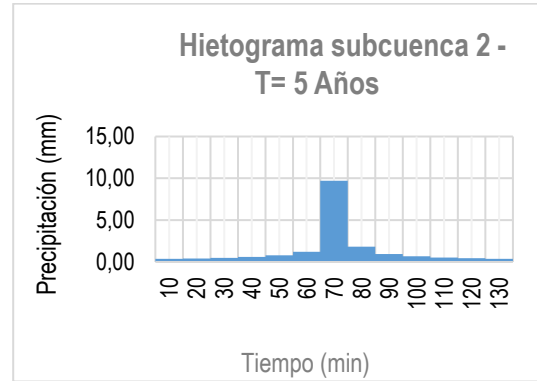
Sub Cuenca 1

Se generaron con las estaciones de Cotagaita y Ñoqueja.



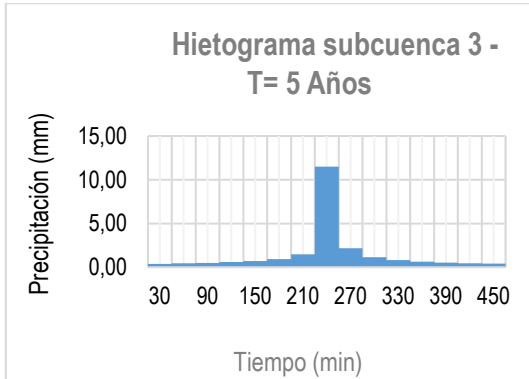
Sub Cuenca 2

Se generaron con las estaciones de Cotagaita y Ñoqueja.



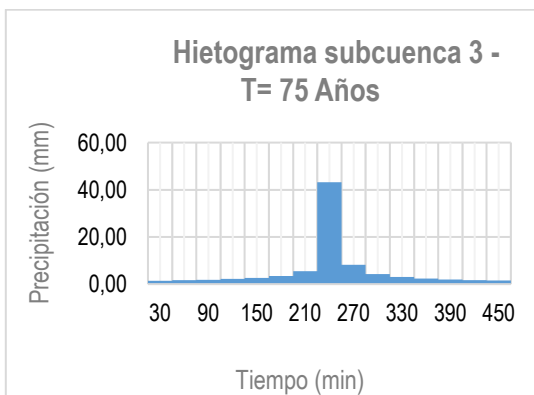
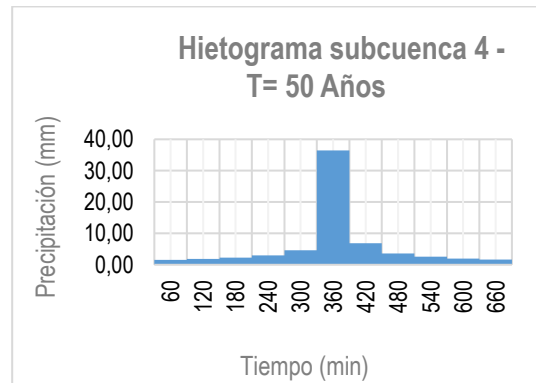
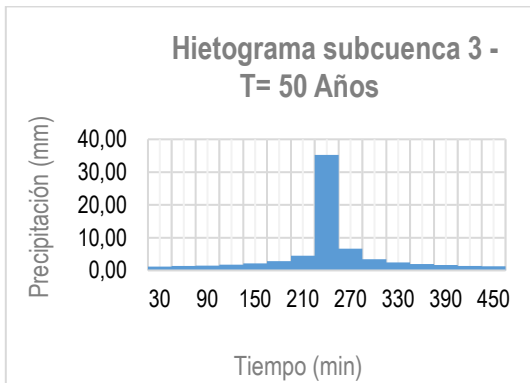
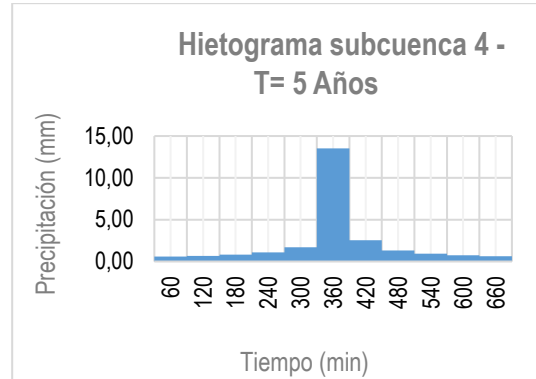
Sub Cuenca 3

Se generaron con las estaciones de Atocha, Cotagaita ramadas y Salo.



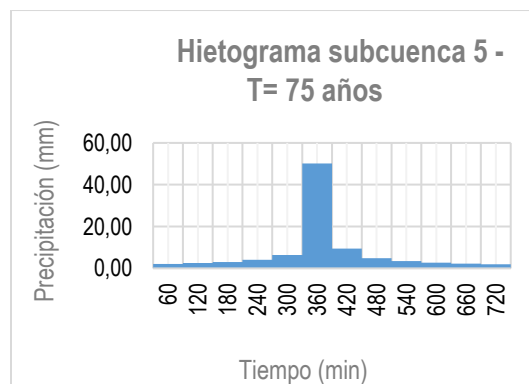
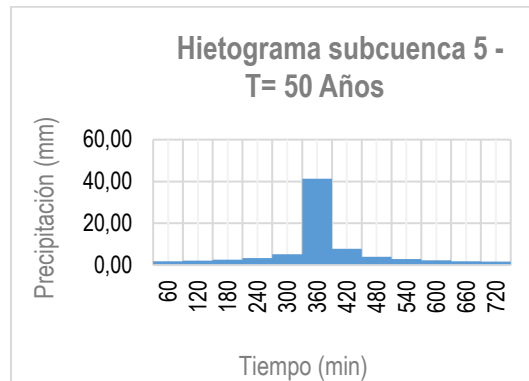
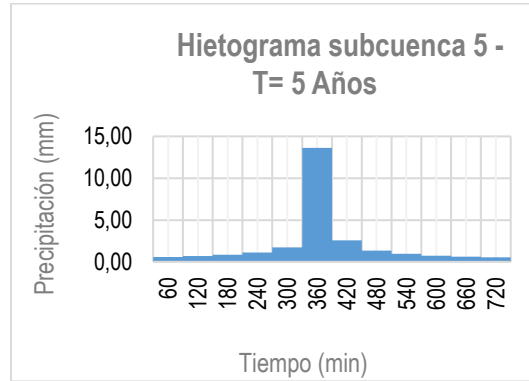
Sub Cuenca 4

Se generaron con las estaciones de Atocha, Cotagaita, Ñoquezja y Tica Tica.



Sub Cuenca 5

Se generaron con las estaciones de Atocha, Cotagaita y Ñoquejza.



Anexo I

Cálculo de Caudales para Comparación

Información de la Cuenca

Área=	4204,14 km ²		
Longitud del río principal=	135,69 km		
Cota mayor=	5563 msnm	Cota menor=	2671 msnm
Tiempo de concentración=	13, 27 h. (promedio Kirpich, Témez y Ven Te Chow)		

Calculamos las precipitaciones máximas con el método de Gumbel Modificado.

Precipitaciones máximas en 24 horas

AÑO	ESTACIONES					
	Atocha	Cotagaita	Ñoquejza	Ramadas	Salo	Tica Tica
1974	1975	30,00				
1975	1976	15,97				
1976	1977	20,40				
1977	1978	35,50		32,00		
1978	1979	60,10		38,90		
1979	1980	29,90		19,20		
1980	1981	21,20		53,60		
1981	1982	19,20		42,00		
1982	1983	16,20		25,20		
1983	1984	23,20		40,70		
1984	1985	46,80		20,00		
1985	1986					
1986	1987					
1987	1988					
1988	1989					
1989	1990					
1990	1991					
1991	1992					

1992	1993						
1993	1994						
1994	1995						
1995	1996			25,00			
1996	1997	20,50		24,00			
1997	1998	15,50		19,00			
1998	1999	19,50		28,00			
1999	2000	28,67		25,55			
2000	2001	41,86		37,30			
2001	2002	22,18		19,77			
2002	2003	31,28		27,88			
2003	2004	22,75		20,27			
2004	2005	29,80		26,56			
2005	2006	46,50		28,00		29,40	
2006	2007	15,50		33,00		32,00	
2007	2008	30,50		36,00		26,00	
2008	2009	65,98		58,79	28,00	60,89	
2009	2010	50,50		31,00	37,13	29,00	
2010	2011	16,50	26,00	25,55	24,60	35,00	
2011	2012	62,34	20,00	55,55	20,00	57,53	
2012	2013	35,50	28,00	20,00	20,00	16,00	
2013	2014	30,60	30,00	60,00	20,50	26,80	
2014	2015	30,50	40,20	28,50	20,50	18,00	
2015	2016	28,70	36,10	32,40	22,20	20,30	
2016	2017	23,32	30,20	20,78		21,52	
2017	2018	20,70	40,20	29,20		28,50	
2018	2019	25,03	40,10	22,30		23,10	
2019	2020	20,48	23,00	30,60		18,90	
N° DATOS		24	11	10	33	8	15
Media (hd)		30,612	28,951	31,380	31,412	24,117	29,528
Desv. (Sd)		13,775	13,879	7,433	11,528	5,958	13,213
Moda (Ed)		24,330	22,623	27,990	26,155	21,400	23,503
Carac.. (Kd)		1,016	1,101	0,477	0,791	0,500	1,009

Fórmulas utilizadas:

Moda (E_D)

$$E_d = X_D - 0.45 * S_D$$

Donde:

X_D = Media

S_D = Desviación Estándar

Característica (K_D)

$$K_d = \frac{S_D}{0,557 * E_D}$$

Donde:

E_D = Moda

S_D = Desviación Estándar

Moda Ponderada

$$E_d = \frac{\sum E_{Di} * n_i}{\sum n_i}$$

Donde:

E_{Di} = Valor modal de cada estación

n_i = Número total de datos que contiene cada estación

$$E_D = 24,748 \text{ mm}$$

$$K_D = 0,857$$

Lluvias máximas para un periodo de duración de 12 horas

$$h_{DT} = E_d(1 + K_d \log T)$$

Período de retorno (años)	Lluvia máxima (mm)
5	39,57
50	60,77
75	64,50

$\alpha = 12$ (para un área de cuenca mayor a 20 km²)

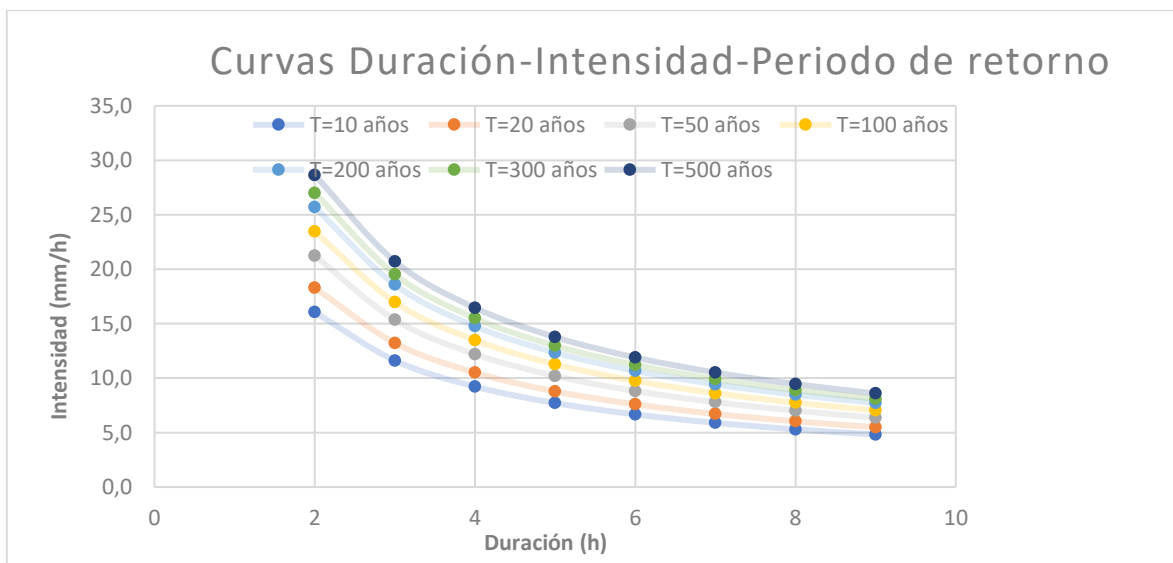
$\beta = 0,2$

$$h_{dT} = E_d \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta (1 + K_d \log T)$$

T (años)	Periodo de duración de lluvias en horas							
	2	3	4	5	6	7	8	9
10	32,1	34,8	36,9	38,6	40,0	41,3	42,4	43,4
20	36,6	36,6	42,0	43,9	45,6	47,0	48,3	49,4
50	42,5	42,5	48,8	51,0	52,9	54,6	56,0	57,4
100	46,9	46,9	53,9	56,4	58,5	60,3	61,9	63,4
200	51,4	51,4	59,0	61,7	64,0	66,0	67,8	69,4
300	54,0	54,0	62,0	64,9	67,3	69,4	71,2	72,9
500	57,3	57,3	65,8	68,8	71,4	73,6	75,6	77,4

Intensidades máximas de lluvia para periodos menores a 12 horas

T (años)	Periodo de duración de lluvias en horas							
	2	3	4	5	6	7	8	9
10	16,1	11,6	9,2	7,7	6,7	5,9	5,3	4,8
20	18,3	12,2	10,5	8,8	7,6	6,7	6,0	5,5
50	21,2	14,2	12,2	10,2	8,8	7,8	7,0	6,4
100	23,5	15,6	13,5	11,3	9,7	8,6	7,7	7,0
200	25,7	17,1	14,8	12,3	10,7	9,4	8,5	7,7
300	27,0	18,0	15,5	13,0	11,2	9,9	8,9	8,1
500	28,6	19,1	16,5	13,8	11,9	10,5	9,4	8,6



Cálculo de precipitaciones máximas con la Distribución Gumbel.

El ajuste de prueba de bondad, se utilizó la estación de Ramadas.

P max	weibull	N orden	P>x	F(x)	$z=\alpha(x-\beta)$	F(z)	Δ
32,00	19,00	1	0,02941	0,97059	-0,66979	0,14173	0,11232
38,90	19,20	2	0,05882	0,94118	-0,65031	0,14717	0,08835
19,20	19,77	3	0,08824	0,91176	-0,59509	0,16313	0,07490
53,60	20,00	4	0,11765	0,88235	-0,57242	0,16990	0,05225
42,00	20,00	5	0,14706	0,85294	-0,57242	0,16990	0,02284
25,20	20,27	6	0,17647	0,82353	-0,54573	0,17802	0,00155
40,70	20,78	7	0,20588	0,79412	-0,49638	0,19344	0,01244
20,00	22,30	8	0,23529	0,76471	-0,34832	0,24252	0,00722
25,00	24,00	9	0,26471	0,73529	-0,18293	0,30098	0,03627
24,00	25,00	10	0,29412	0,70588	-0,08555	0,33645	0,04233
19,00	25,20	11	0,32353	0,67647	-0,06608	0,34359	0,02006
28,00	25,55	12	0,35294	0,64706	-0,03246	0,35594	0,00300
25,55	25,55	13	0,38235	0,61765	-0,03246	0,35594	0,02641
37,30	26,56	14	0,41176	0,58824	0,06625	0,39223	0,01953
19,77	27,88	15	0,44118	0,55882	0,19457	0,43903	0,00215
27,88	28,00	16	0,47059	0,52941	0,20656	0,44336	0,02723
20,27	28,00	17	0,50000	0,50000	0,20656	0,44336	0,05664
26,56	28,50	18	0,52941	0,47059	0,25525	0,46083	0,06858
28,00	29,20	19	0,55882	0,44118	0,32341	0,48497	0,07386
33,00	30,60	20	0,58824	0,41176	0,45973	0,53182	0,05642
36,00	31,00	21	0,61765	0,38235	0,49868	0,54480	0,07284
58,79	32,00	22	0,64706	0,35294	0,59605	0,57638	0,07067
31,00	32,40	23	0,67647	0,32353	0,63500	0,58864	0,08783
25,55	33,00	24	0,70588	0,29412	0,69343	0,60662	0,09927
55,55	36,00	25	0,73529	0,26471	0,98555	0,68850	0,04679
20,00	37,30	26	0,76471	0,23529	1,11254	0,71984	0,04486
60,00	38,90	27	0,79412	0,20588	1,26793	0,75472	0,03940
28,50	40,70	28	0,82353	0,17647	1,44320	0,78965	0,03388
32,40	42,00	29	0,85294	0,14706	1,56978	0,81213	0,04081
20,78	53,60	30	0,88235	0,11765	2,69930	0,93496	0,05261
29,20	55,55	31	0,91176	0,08824	2,88926	0,94590	0,03414
22,30	58,79	32	0,94118	0,05882	3,20512	0,96026	0,01908
30,60	60,00	33	0,97059	0,02941	3,32249	0,96458	0,00601

N datos= 33

Δ_{max}

0,11232

Desviación

estandar (S)= 11,5278

σ = 1,12249

α = 0,09737

Media= 31,41

μ = 0,53881

β = 25,8786 para un nivel de significancia de 5%

Δ_{max}	<	Δ_0
0,11232	<	0,2367456
Los datos se ajustan a la distribución		

$$\frac{1.36}{n^{0.5}} = 0,2367456$$

para T= 5 años 50 años 75 años

$$F(x) = \frac{T - 1}{T} = 0,8 \qquad F(x) = \frac{T - 1}{T} = 0,980 \qquad F(x) = \frac{T - 1}{T} = 0,99$$

Función de Distribución acumulada: $F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} = 1 - \frac{1}{T}$

Despejamos x: $x = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \ln \left(\frac{1}{T - 1} \right)$

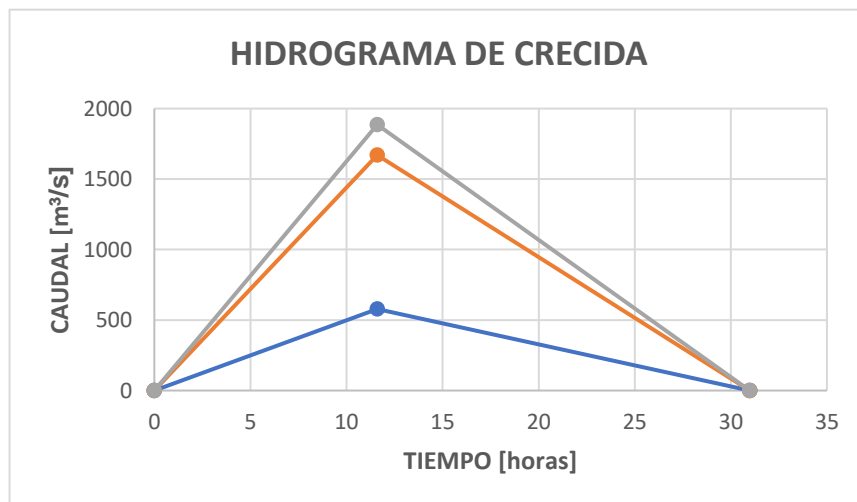
T(años)	Pmax(mm)
5	41,282753
50	65,950891
75	70,149667

Hidrograma Triangular

- A** = 4204,14 [Km²] Area de aporte
- tc** = 13,270 [horas] Tiempo de concentración = Duración efectiva lluvia (De)
- tr** = 7,962 [horas] Tiempo de retardo
- de** = 7,286 [horas] Duración en exceso
- tp** = 11,605 [horas] Tiempo pico
- tb** = 30,985 [horas] Tiempo base
- CN**= 69,894 Número de Curva de la Cuenca

$$Q_p = \frac{0.208 * A * P_e}{T_p}$$

T [años]	Pmax [mm]	Pe(mm)	Qp [m ³ /s]
5	41,28	7,67	577,96
50	65,95	22,16	1670,17
75	70,15	25,03	1885,95



Cálculo del caudal por el hidrograma unitario triangular

$$Q_p = \frac{2,08 * A * h}{t_p}$$

Donde:

Q_p = Caudal pico (m^3/s)

A = Área de aporte (km^2)

t_p = Tiempo al pico (horas)

h = Precipitación efectiva (mm) igual a la unidad (1cm=10mm)

Tiempo de retardo (horas)

$$t_r = \frac{6}{10} * T_c = \frac{6}{10} * 13,27 = 7,962 \text{ horas}$$

Duración en exceso (horas)

$$d_e = 2 * \sqrt{T_c} = 2 * \sqrt{13,27} = 7,285 \text{ horas}$$

Tiempo al pico (horas)

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r = \frac{7,285}{2} + 7,962 = 11,604 \text{ horas}$$

Tiempo base (horas)

$$t_b = \frac{8}{3} * t_p = \frac{8}{3} * 11,604 = 30,944$$

Tenemos que:

$$Q_p = \frac{2,08 * 4204,14 * 1}{11,604}$$

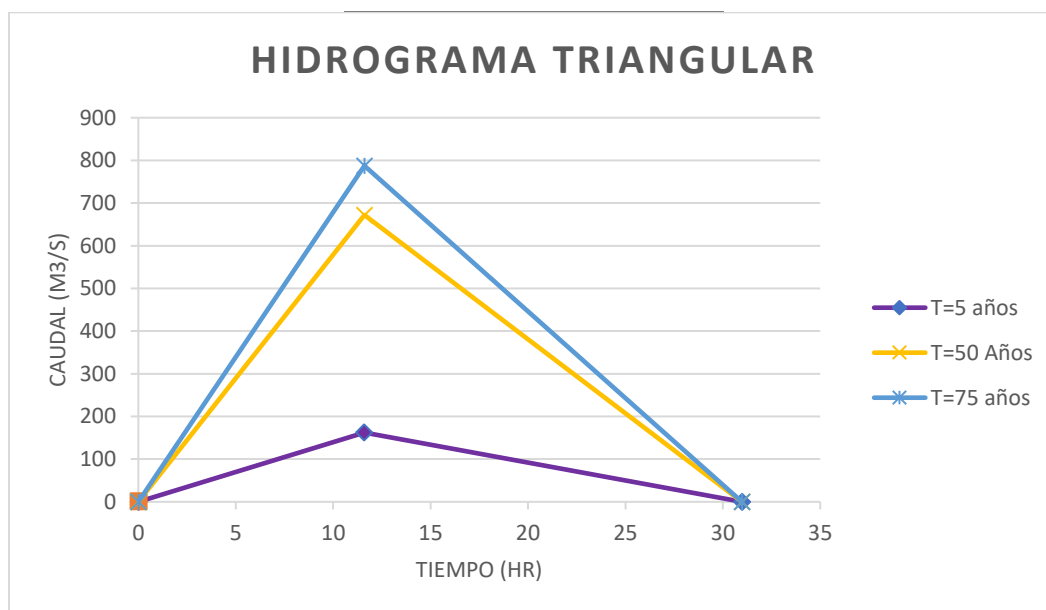
$$Q_p = 753,51 \text{ m}^3/s$$

Encontramos los caudales máximos con:

$$Q_{max} = Q_p * h_{max}$$

Caudales máximos para cada período de retorno:

T (años)	Q (m ³ /s)
5	185,46
50	768,42
75	900,39



Cálculo del Caudal por el Método Racional

La altura máxima de lluvia diaria fue resultado del Gumbel modificado.

Intensidades de lluvia para el tiempo máximo de concentración

$$I_{\max} = \frac{h_{DT}}{t}$$

T	I _{max} (mm/hrs)
5	2,98
50	4,58
75	4,86

Fórmula racional

$$Q_{\max} = \frac{c * I_{\max} * A}{360}$$

Donde:

C= Coeficiente de escorrentía (Se adoptó un coeficiente de escorrentía de 0,187).

Imax= Intensidades máximas (mm/h)

A= Área de la cuenca (has)

T (años)	H_{DT} (mm)	Precipitaciones efectivas (mm)	Coeficiente de escorrentía
10	45,950	4,340	0,094
20	52,333	6,630	0,127
50	60,770	10,198	0,168
100	67,152	13,250	0,197
200	73,535	16,566	0,225
300	77,268	18,615	0,241
500	81,972	21,303	0,260
		Promedio	0,187

Con lo que se obtuvieron los siguientes caudales.

Sin ponderar		Ponderado	
T (años)	Q (m³/seg.)	T (años)	Q (m³/seg.)
5	216,60	5	651,85
50	897,46	50	1001,15
75	1051,16	75	1062,65

Cálculo del Caudal por el Método Racional Modificado

Para este método, incorporamos en factor CU al método racional que utilizamos en el anterior cálculo.

$$CU = 1 + \frac{tc^{1,25}}{tc^{1,25} + 14}$$

Donde:

CU = Coeficiente de uniformidad, que tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución del aguacero.

tc = Tiempo de concentración (horas)

$$CU = 1 + \frac{13,27^{1,25}}{13,27^{1,25} + 14}$$

$$CU = 1,644$$

El CU, afecta directamente al caudal obtenido con el método racional, con lo que obtuvimos los siguientes caudales:

T (años)	Método racional	Método racional modificado
	Q (m³/s)	Q (m³/s)
5	651,85	1071,66
50	1001,15	1645,90
75	1062,65	1747,02

Resumen de caudales

T (años)	Método racional (m³/s)	Método racional modificado(m³/s)	Hidrograma triangular (m³/s)	H.Triangular Distribución Gumbel (m³/s)	HEC-HMS (m³/s)
5	216,60	1071,66	185,46	577,96	41,50
50	897,46	1645,90	768,42	1670,17	1277,10
75	1051,16	1747,02	900,39	1885,95	1870,80