

## ANEXOS

### Anexo A: Análisis de serie cronológica de precipitaciones reconstruida con HEC-4

#### Zonificación pluviométrica

Se realizará un estudio preliminar para determinar a qué zona pluviométrica pertenecen las estaciones preliminares de estudio, para su posterior agrupación en el programa HEC-4.

Tabla A 1 Franja de control limitada por las curvas  $S^2$  para probabilidades de 2,5% y 97,5%.

N <sub>ro</sub> de Datos	v = n-1	Para Probabilidades de:		S <sup>2</sup> <sub>0,975</sub>	S <sup>2</sup> <sub>0,025</sub>
		97,5 [%]	2,50 [%]		
1	0	-	-	-	-
2	1	5,02	0,0010	115664,74	23,04
3	2	7,38	0,0506	85020,50	582,93
4	3	9,35	0,2160	71810,45	1658,94
5	4	11,10	0,4840	63938,18	2787,94
6	5	12,80	0,8310	58984,41	3829,38
7	6	14,40	1,2400	55297,89	4761,76
8	7	16,00	1,6900	52664,65	5562,70
9	8	17,50	2,1800	50401,72	6278,61
10	9	19,00	2,700	48641,66	6912,24
11	10	20,50	3,250	47233,61	7488,26
12	11	21,90	3,820	45872,11	8001,44
13	12	23,30	4,400	44737,53	8448,29
14	13	24,70	5,010	43777,49	8879,56
15	14	26,10	5,630	42954,61	9265,69
16	15	27,50	6,260	42241,44	9615,69
17	16	28,80	6,910	41473,41	9950,74
18	17	30,20	7,560	40931,28	10246,37
19	18	31,50	8,230	40321,38	10534,76
20	19	32,90	8,910	39896,94	10804,92
21	20	34,20	9,590	39399,74	11048,06
22	21	35,50	10,300	38949,90	11300,96
23	22	36,80	11,000	38540,95	11520,39
24	23	38,10	11,700	38167,56	11720,75
25	24	39,40	12,400	37825,29	11904,41
26	25	40,60	13,100	37418,24	12073,37
27	26	41,90	13,800	37131,11	12229,34
28	27	43,20	14,600	36865,26	12459,09
29	28	44,50	15,300	36618,39	12590,14
30	29	45,70	16,000	36309,10	12712,16
31	30	47,00	16,800	36097,23	12902,84
40	39	59,30	24,400	35033,81	14415,26
50	49	71,40	32,400	33573,72	15235,13
60	59	83,30	40,500	32530,47	15816,13
70	69	95,00	48,800	31722,82	16295,51
80	79	106,60	57,200	31090,48	16682,70
90	89	118,10	65,600	30574,35	16982,87
100	99	129,60	74,200	30162,48	17268,95

Tabla A 2 Estaciones consideradas y parámetros estadísticos para el estudio de zonificación pluviométrica.

Id	ESTACIÓN	MEDIA	DESVIACIÓN	VARIANZA	COVARIANZA	NUMERO DE DATOS
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	León cancha	543,8	176,85	31274,76	0,33	33
2	Tomatas grande	743,1	189,78	36017,17	0,26	9
3	Trancas	829,9	170,60	29095,70	0,21	31
4	Canasmoro	586,1	147,20	21670,32	0,25	16
5	El Molino	470,1	145,60	21200,13	0,31	19
6	Sella Qdas.	621,8	91,84	8434,03	0,15	24
7	San Lorenzo	520,9	113,11	12793,26	0,22	17
8	Tucumillas	800,0	254,90	64976,02	0,32	41
9	Coimata	687,1	176,00	30983,76	0,26	39
10	Rincón de la Victoria	1055,3	285,00	81232,59	0,27	10
11	El Tejar	632,3	110,10	12120,34	0,17	35
12	Aeropuerto	587,4	105,80	11192,45	0,18	43

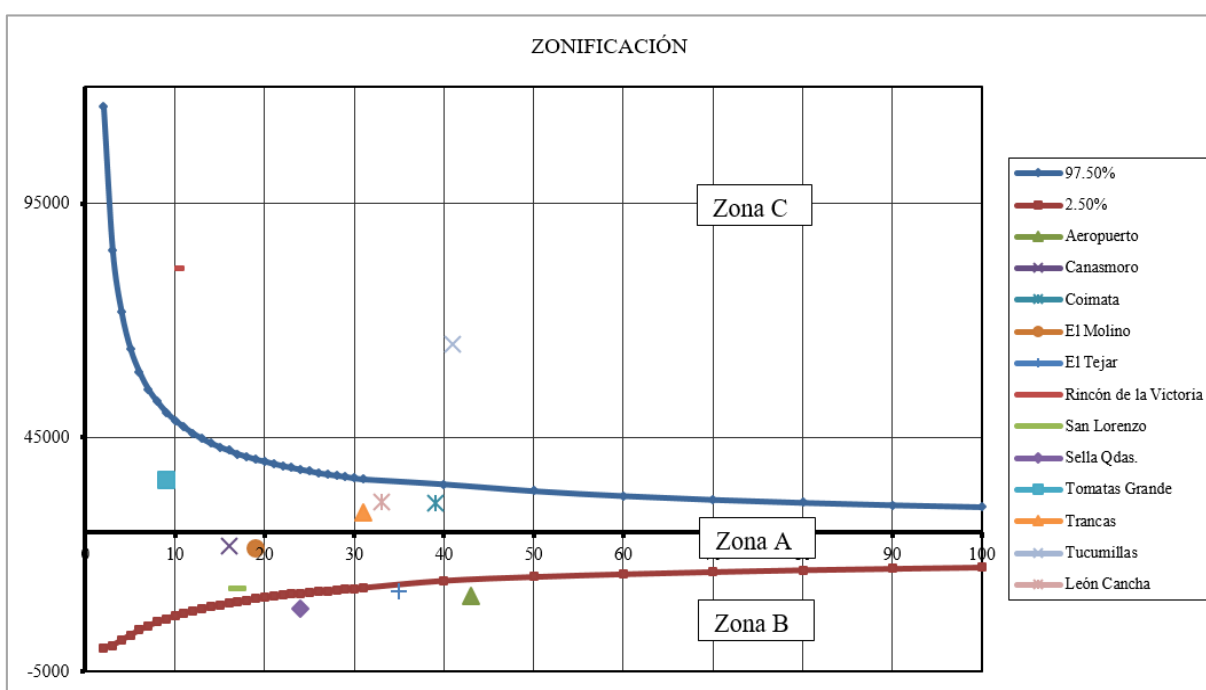
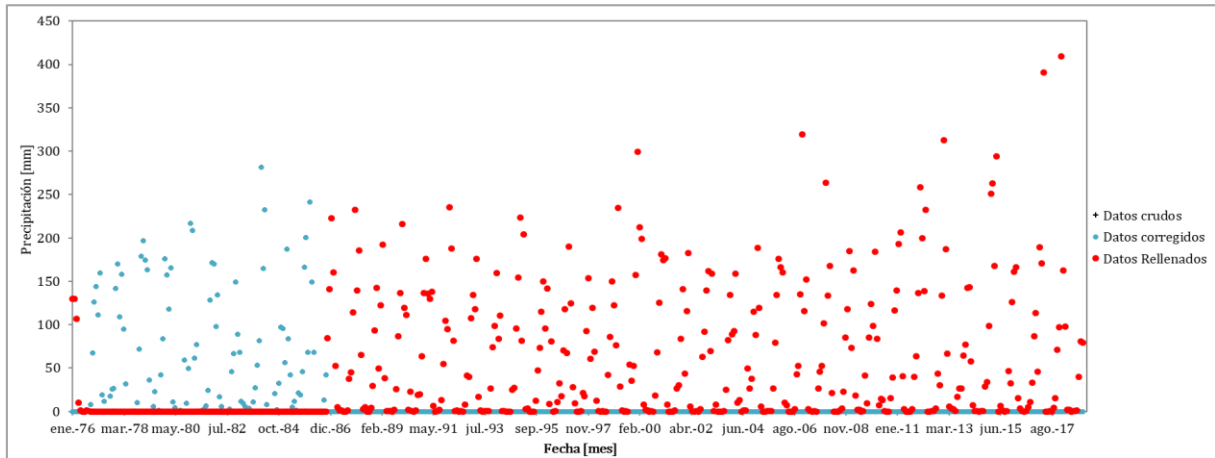


Figura A 1 Zonificación de datos pluviométricos en función a la varianza de cada estación.

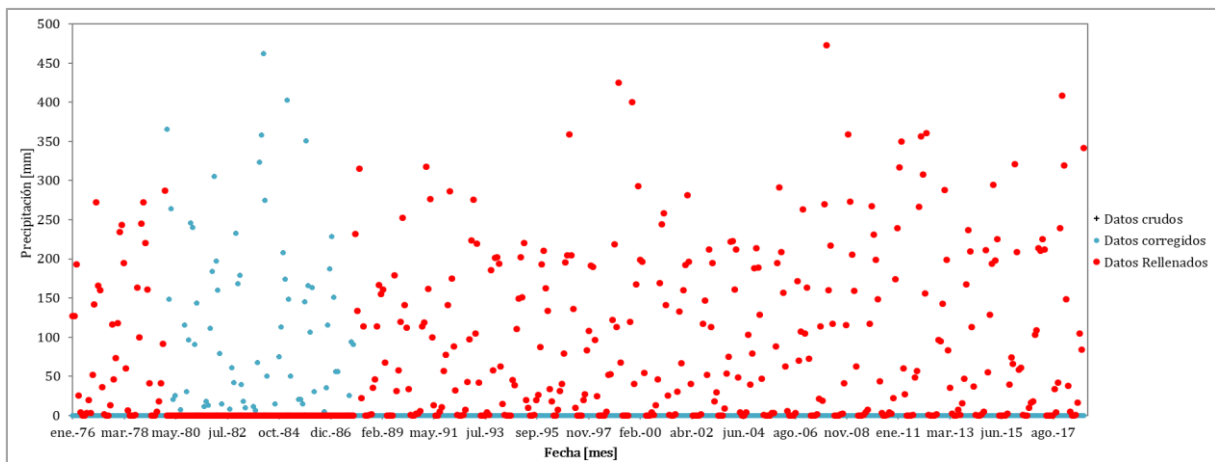
Tabla A 3 Clasificación de estaciones por zonas pluviométricas.

ID	Estación	Zona pluviométrica
1	León Cancha	A
2	Tomatas Grande	A
3	Trancas	A
4	Canasmoro	A
5	El Molino	A
6	Sella Qdas.	B
7	San Lorenzo	A
8	Tucumillas	C
9	Coimata	A
10	Rincón de la Victoria	C
11	El Tejar	B
12	Aeropuerto	B

## *Inconsistencias en el relleno de datos de las estaciones Tomatas Grande y Rincón de la Victoria*



*Figura A 2 Evaluación de datos pluviométricos de la estación Tomatas Grande.*



*Figura A 3 Evaluación de datos pluviométricos de la estación Rincón de la Victoria.*

De acuerdo a la Figura A 2 y A 3 se puede observar que las precipitaciones rellenas alcanzan valores que superan a las precipitaciones máximas históricas. Realizando una revisión con los valores de estaciones cercanas para los mismos meses donde se presentan estos eventos extremos se obtiene que no existe una coincidencia de valores aproximados.

Este patrón fue visto con mayor predominancia en estas estaciones pluviométricas debido a la cantidad de datos rellenos (aproximadamente 32 años) y a la escasez de valores observados que se tienen en ambas estaciones (menores a 10 años).

Por las razones expuestas es que se optó por eliminar a estas estaciones del análisis de lluvias en las cuencas de estudio.

## Consistencia y homogeneidad de estaciones con datos rellenados

- Análisis de doble masa

El análisis de doble masa, es una herramienta muy conocida y utilizada en la detección de inconsistencias en los datos hidrológicos múltiples (cuando se disponen de dos o más series de datos) en lo que respecta a errores que pueden haberse producido durante la obtención de los mismos, pero no para realizar una corrección a partir de la curva de doble masa.

Los posibles errores se pueden detectar por el quiebre o quiebres que presenta la recta de doble masa; considerándose un registro de datos con menos errores sistemáticos, en la medida que presenta un menor número de puntos de quiebre.

Un quiebre de la recta de doble masa o un cambio de pendiente, puede o no ser significativo, ya que si dicho cambio no persiste durante más de cinco años es posible que esta leve inconsistencia se deba a la variabilidad inherente a la precipitación.

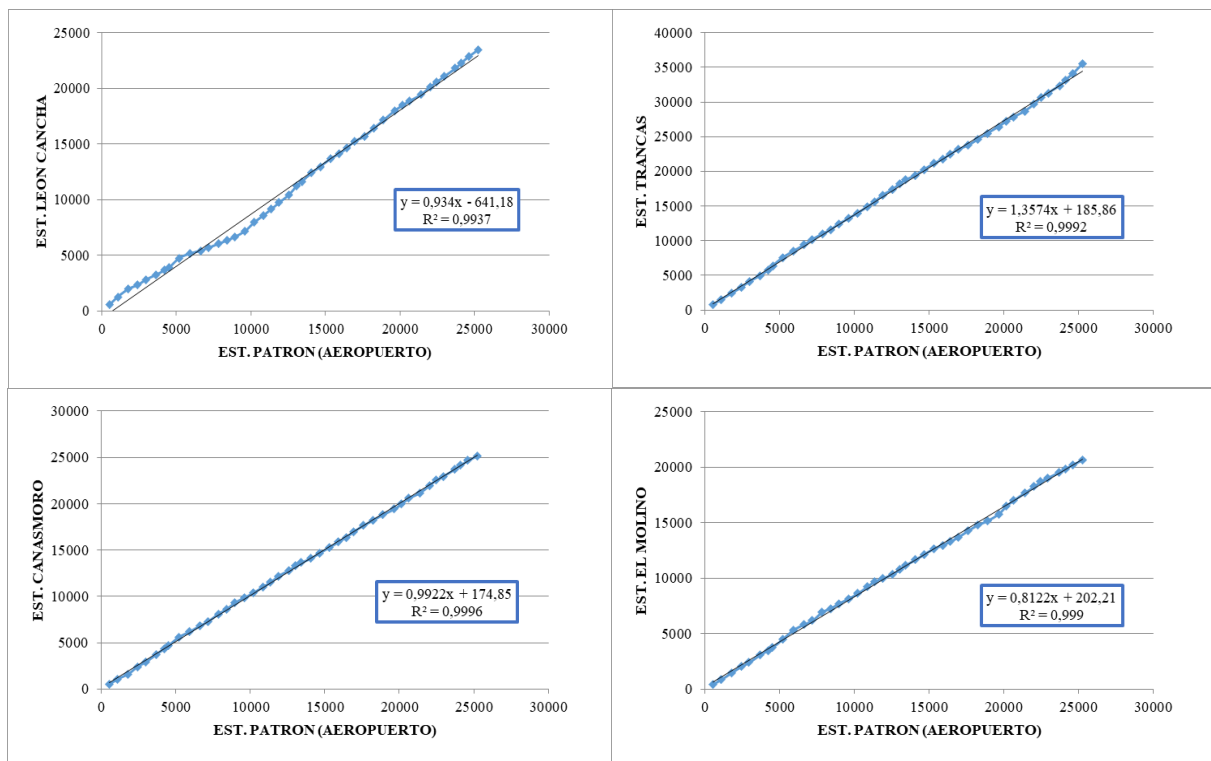


Figura A 4 Análisis doble masa de estaciones reconstruidas (Parte 1).

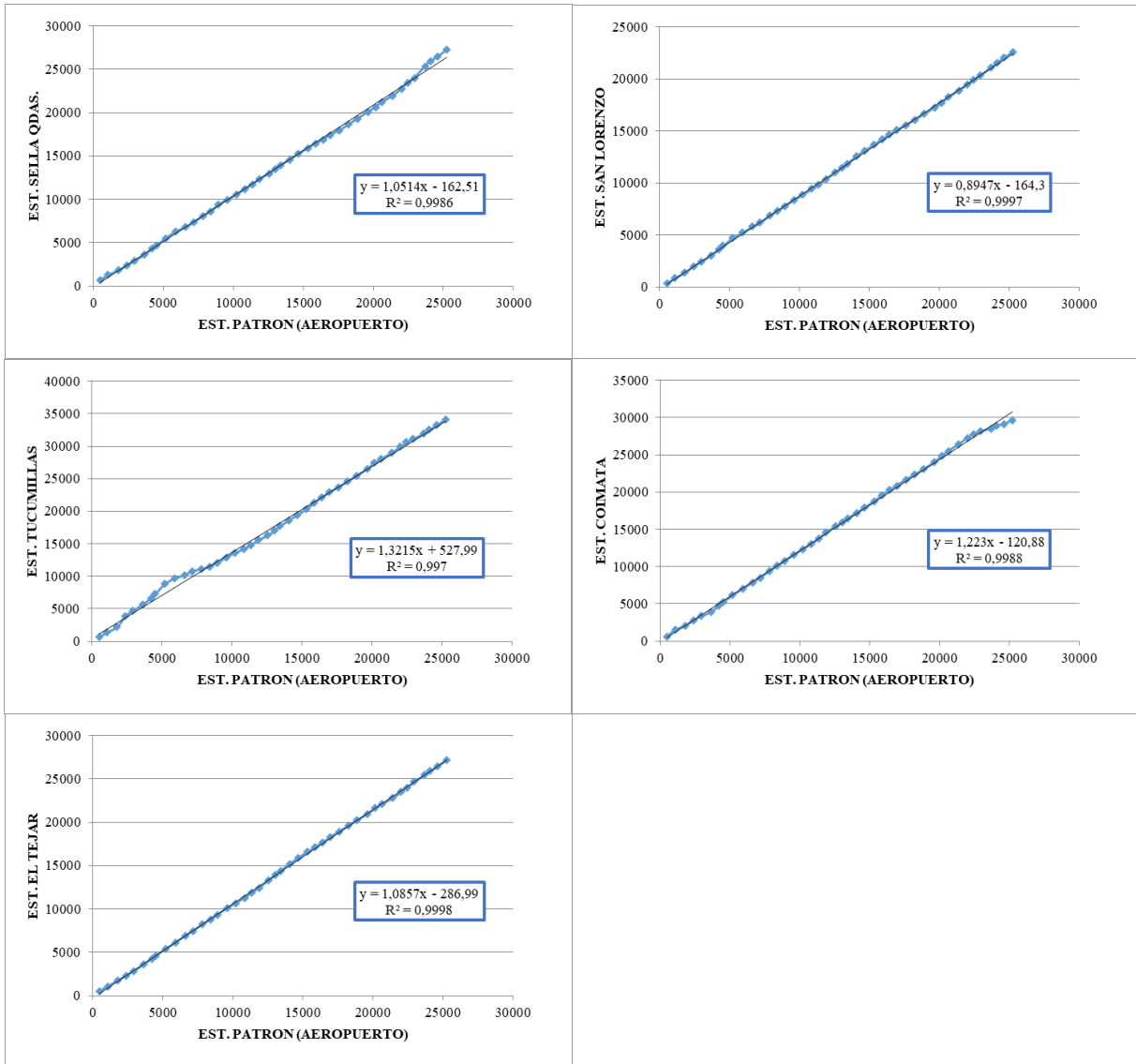


Figura A 5 Análisis doble masa de estaciones reconstruidas (Parte 2).

En la Figura A 4 y A 5 se obtiene que todas las estaciones son consistentes y homogéneas debido a que la curva masa de las estaciones no sufre quiebres significativos y los coeficientes de correlación son mayores a 0,95 lo que garantiza una excelente correlación de datos.

Persistencia y estacionalidad de estaciones con datos rellenados

- Prueba T para la estabilidad media

La hipótesis nula ( $H_0$ ) indica que las medias son equivalentes ( $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ ; i.e., las medias son estables). La estadística  $t_s$  tiene una distribución con  $\nu$  grados de libertad ( $\nu = n_1 + n_2 - 2$ ). Se define en función a las medias citadas, los tamaños de las muestras ( $n$ ) y las desviaciones estándar correspondientes ( $s$ ). El nivel de significancia se selecciona entre 5% y 1%. Si el cálculo indica que la estadística está en la región de rechazo, la hipótesis nula es rechazada.

$$t_s = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (1)$$

La prueba es válida cuando las varianzas de las muestras son similares y las observaciones siguen una distribución normal, cuando las varianzas son similares y los tamaños de las muestras son grandes, cuando las varianzas son notoriamente distintas pero los tamaños de las muestras son similares y siguen una distribución normal, o cuando las muestras no están similarmente dispersas (McCuen, 2003). En la Tabla A 4, se presenta los resultados de la prueba t para las estaciones de estudio donde se observa que todas las estaciones cumplen la hipótesis nula ( $H_0$ ) lo que garantiza una buena estacionalidad de datos.

Tabla A 4 Resultados de la prueba t para la estabilidad de la media en las estaciones de estudio.

Id	Estación	Est. 1976-1997 (21 años)		Est. 1998-2018 (20 años)		Diferencia	$t_t$ (Valor observado)	t  (Valor crítico)	Pico densidad de probabilidad	valor-p (bilateral)	valor-p > $\alpha=0,05$
		Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica						
1	Leon Cancha	508,29	193,32	593,02	134,34	-84,73	-1,62	2,02	0,39	0,11	Hip. aceptada
3	Trancas	832,79	108,87	835,96	195,81	-3,17	-0,06	2,02	0,39	0,95	Hip. aceptada
4	Canasmoro	610,09	133,11	577,82	92,24	32,27	0,90	2,02	0,39	0,37	Hip. aceptada
5	El Molino	493,79	160,94	475,43	123,86	18,36	0,41	2,02	0,39	0,69	Hip. aceptada
6	Sella Qdas.	610,30	111,81	662,91	185,28	-52,61	-1,11	2,02	0,39	0,28	Hip. aceptada
7	San Lorenzo	527,40	101,52	535,52	90,96	-8,12	-0,27	2,02	0,39	0,79	Hip. aceptada
8	Tucumillas	781,28	332,25	823,04	138,56	-41,76	-0,52	2,02	0,39	0,61	Hip. aceptada
9	Coimata	730,90	141,04	659,26	201,78	71,64	1,32	2,02	0,39	0,19	Hip. aceptada
11	El Tejar	638,56	116,49	639,45	105,13	-0,89	-0,03	2,02	0,39	0,98	Hip. aceptada
12	Aeropuerto	596,99	99,94	592,50	106,00	4,50	0,14	2,02	0,39	0,89	Hip. aceptada

En las Figura A 6 y Figura A 7 se muestra la distribución de Gauss para cada estación donde se tiene que el t observado en todas las estaciones se encuentra en el campo de la media probabilística lo que comprueba gráficamente la buena estacionalidad de los datos.

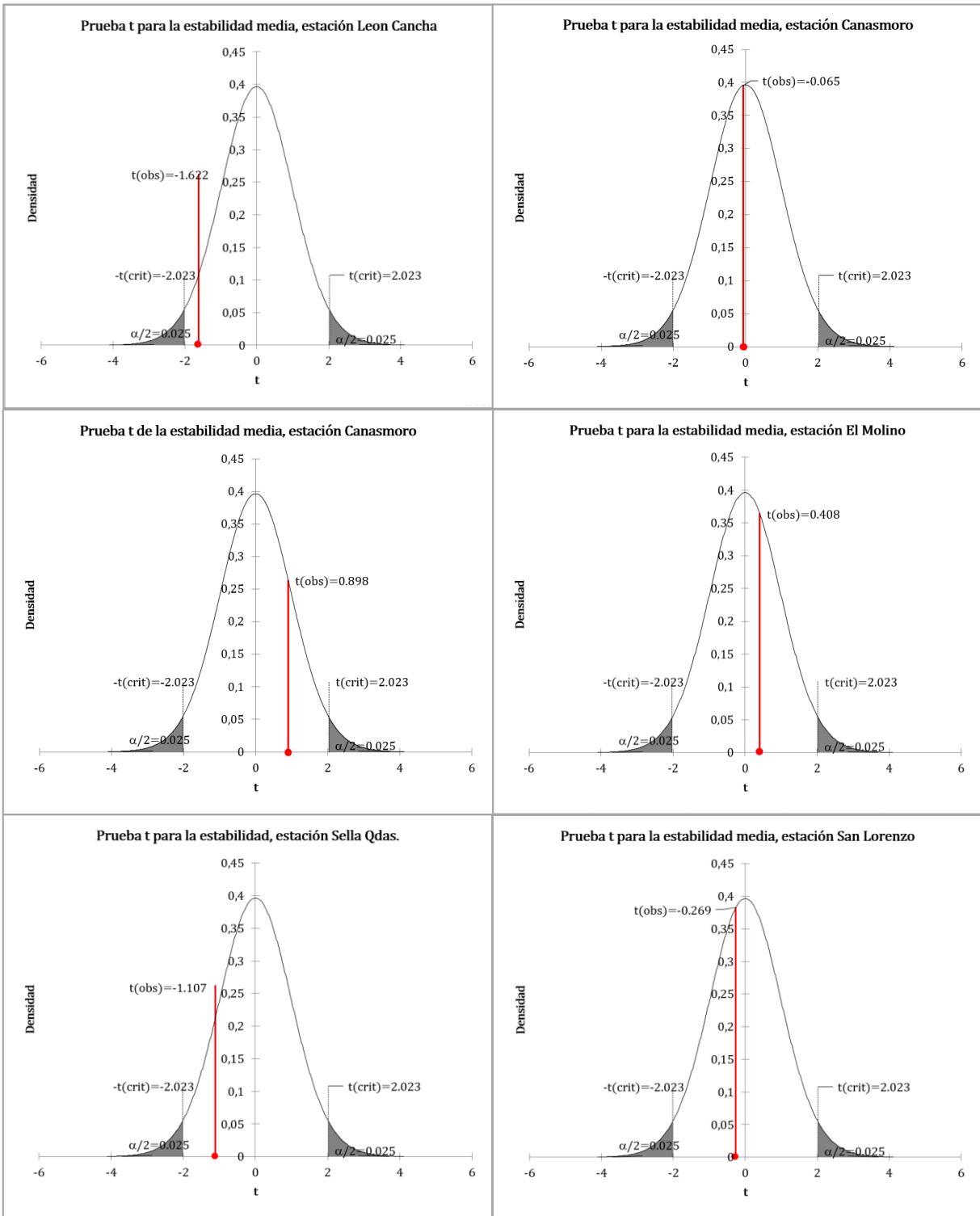


Figura A 6 Prueba t para la estabilidad de la media en las estaciones de estudio (parte 1).

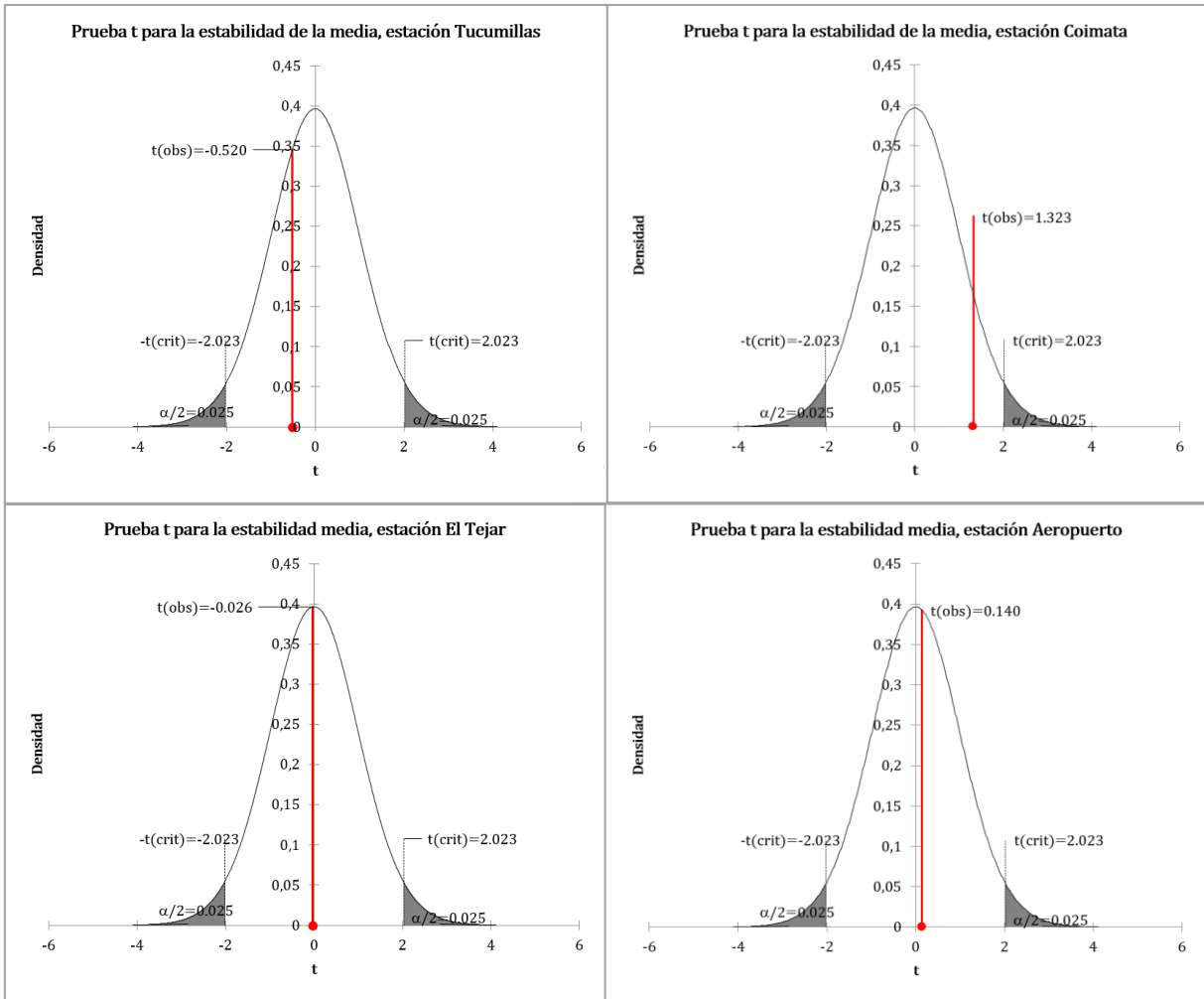


Figura A 7 Prueba t para la estabilidad de la media en las estaciones de estudio (parte 2).

- Prueba de correlación serial (Prueba Pearson)

El objetivo del análisis es identificar el grado de correlación entre valores próximos de la serie. Valores altos seguidos de valores altos o valores bajos seguidos por valores bajos implica alta auto correlación; por esta razón la correlación serial se conoce frecuentemente como persistencia. El cambio en la correlación se evalúa a medida que la distancia entre valores se incrementa. Esta separación se denomina retraso ( $\tau$ ) (McCuen, 2003).

$$R_{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^{N-\tau} X_i * X_{i+\tau} - \frac{1}{N-\tau} (\sum_{i=1}^{N-\tau} X_i) (\sum_{i=\tau+1}^N X_i)}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N-\tau} X_i^2 - \frac{1}{N-\tau} (\sum_{i=1}^{N-\tau} X_i)^2\right) \left(\sum_{i=\tau+1}^N X_i^2 - \frac{1}{N-\tau} (\sum_{i=\tau+1}^N X_i)^2\right)}} \quad (2)$$



Para la prueba donde el  $H_0: R(\tau) = 0$  de no existencia de correlación entre dos registros consecutivos, la región crítica de Anderson al 5% como nivel de significancia es:

$$-1 - \frac{1,96(N - \tau - 1)^{0,5}}{(N - \tau)} < R(\tau)_{95\%} < -1 + \frac{1,96(N - \tau - 1)^{0,5}}{(N - \tau)} \quad (3)$$

Para interpretar el coeficiente de correlación utilizamos la siguiente escala:

Tabla A 5 Rangos para interpretación de los resultados del coeficiente de Pearson (McCuen, 2003).

Valores de correlación Pearson	Significado
(+/-) 1	Correlación perfecta (positiva/negativa).
(+/-) 0,70 a (+/-) 0,99	Correlación alta (positiva/negativa).
(+/-) 0,40 a (+/-) 0,69	Correlación moderada (positiva/negativa).
(+/-) 0,01 a (+/-) 0,39	Correlación baja (positiva/negativa).
0	Correlación nula.

Para el análisis del coeficiente de Pearson para los datos de los pluviómetros se tomará como la variable independiente ( $X_i$ ) a la estación patrón y la variable dependiente las 9 estaciones restantes ( $X_{i+\tau}$ ), por lo que se obtendrán 9 coeficientes de correlación. Los resultados del análisis a nivel mensual se muestran en la Tabla A 6.

Tabla A 6 Resultados del análisis de correlación de Pearson.

Id	ESTACION	$R(\tau)_{95\%}$	Región Crítica		Tipo de correlación
			Inferior	Superior	
1	Leon Cancha	0,80	0,77	0,83	Alta positiva
3	Trancas	0,88	0,86	0,90	Alta positiva
4	Canasmoro	0,86	0,84	0,88	Alta positiva
5	El Molino	0,81	0,78	0,84	Alta positiva
6	Sella Qdas.	0,88	0,86	0,90	Alta positiva
7	San Lorenzo	0,90	0,89	0,92	Alta positiva
8	Tucumillas	0,82	0,78	0,84	Alta positiva
9	Coimata	0,89	0,88	0,91	Alta positiva
11	El Tejar	0,96	0,95	0,97	Alta positiva

## Anexo B: Discusión y observaciones acerca de información de caudales observados

Según el estudio realizado es de gran importancia tener información hidrométrica confiable antes de realizar la simulación de caudales en el programa WEAP, ya que es necesaria esta información para la calibración de los caudales modelados (metodología de Montecarlo).

De acuerdo a la información preliminar obtenida por el SENAMHI Tarija del Balance Hídrico integral de la cuenca del rio Guadalquivir (2016) se pudo constatar que esta información presenta inconsistencias en los registros de las estaciones hidrométricas (Canasmoro, Obrajes y Sella Quebrada).

En la Figura B 1 se puede observar que el caudal tiene picos de crecidas bastante altos que no son correspondientes a las condiciones climáticas de Tarija ni tampoco a cuencas que son menores a 250 km<sup>2</sup> (en el caso de Canasmoro y Sella Quebrada). Por ejemplo, en el caso particular del pico diciembre 1981 donde se observa que Sella Quebrada alcanza un máximo histórico de 51,24 m<sup>3</sup>/s se tiene las siguientes observaciones:

- Es imposible que las mediciones en la estación Sella Quebrada (Área de 153,59 km<sup>2</sup>) logren superar a la estación Obrajes (Área de 754,37 km<sup>2</sup>) porque Sella Quebrada es una subcuenca de la cuenca Alta del Rio Guadalquivir cuya salida está en la estación Obrajes.
- La crecida es puntual ya que el caudal alcanza un valor en diciembre de 1981 de 51,24 m<sup>3</sup>/s, sin embargo, en noviembre del mismo año tiene un valor de 0,12 m<sup>3</sup>/s y en enero un valor de 2,51 m<sup>3</sup>/s.
- El promedio mensual más grande observado es un valor que no parece consistente.

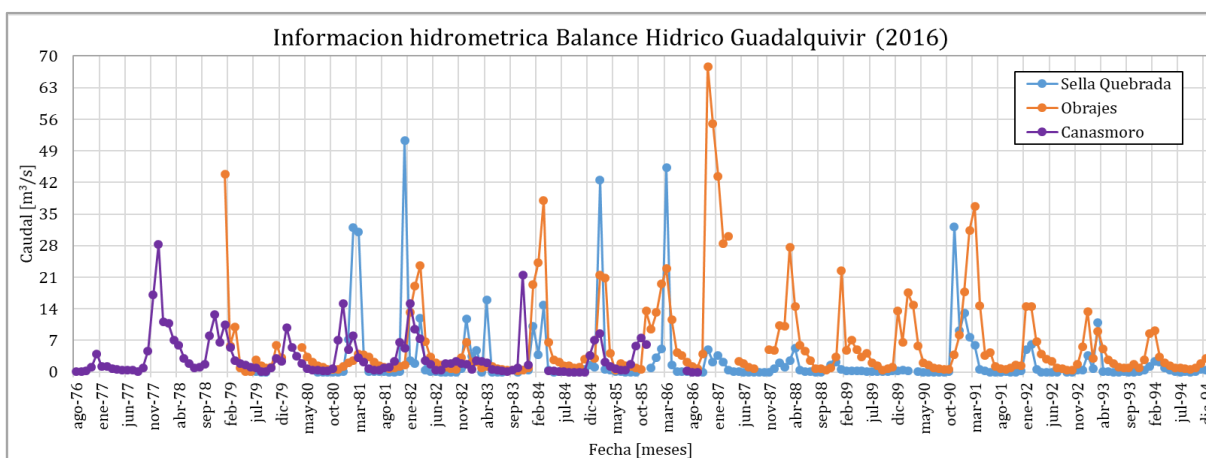


Figura B 1 Comparación de información de estaciones hidrométricas del Balance Hídrico Guadalquivir 2016, Periodo 1976-1994.

Como el caso de diciembre de 1981 se puede observar en la gráfica muchas otras irregularidades. Por esta situación se optó por recurrir a una lista de aforos diarios proporcionados por SENAMHI Tarija, de donde se obtuvo los caudales mensuales (con los pocos datos disponibles en cada mes) de las 3 estaciones hidrométricas y se realizó una comparación con la información.

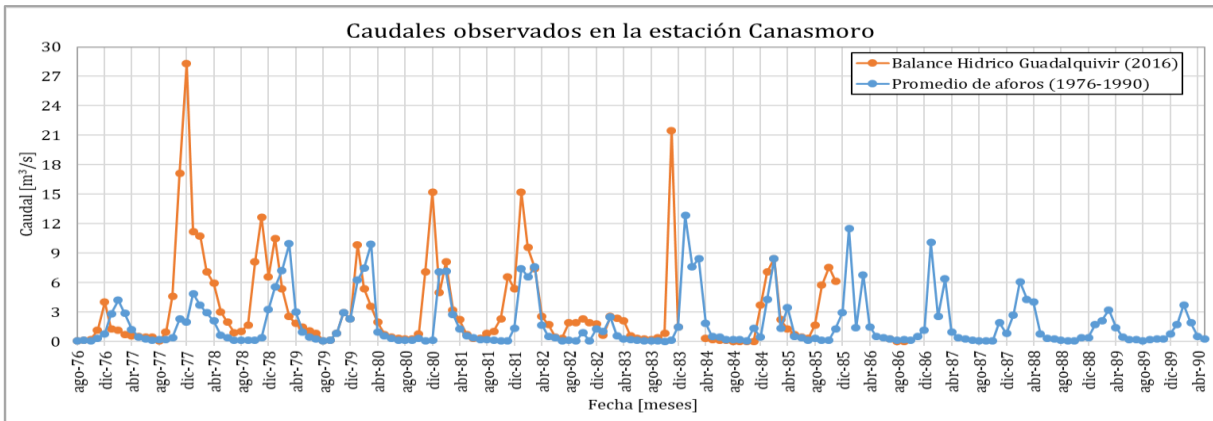


Figura B 2 Comparación de información de caudales en la estación Canasmoro, Periodo 1976-1990.

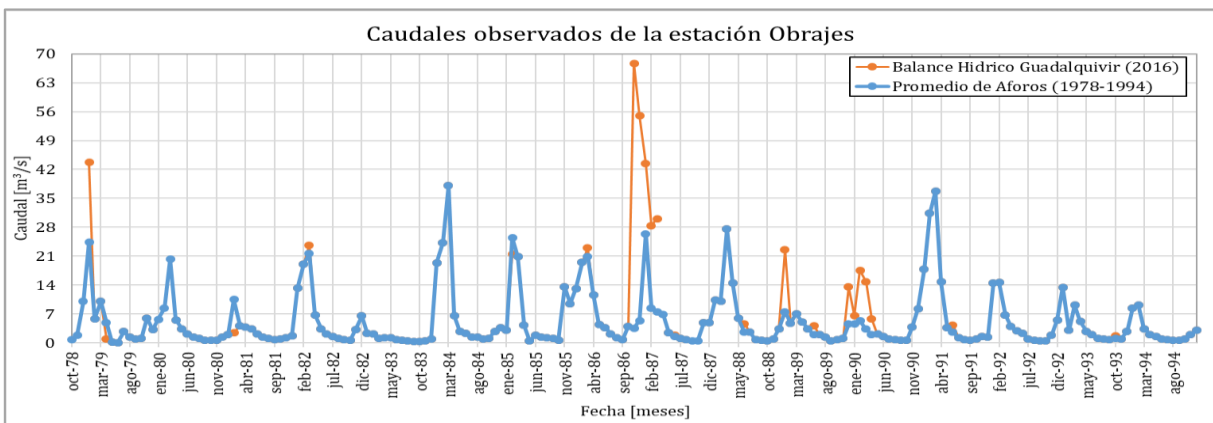


Figura B 3 Comparación de información de caudales en la estación Obrajes, Periodo 1978-1994.

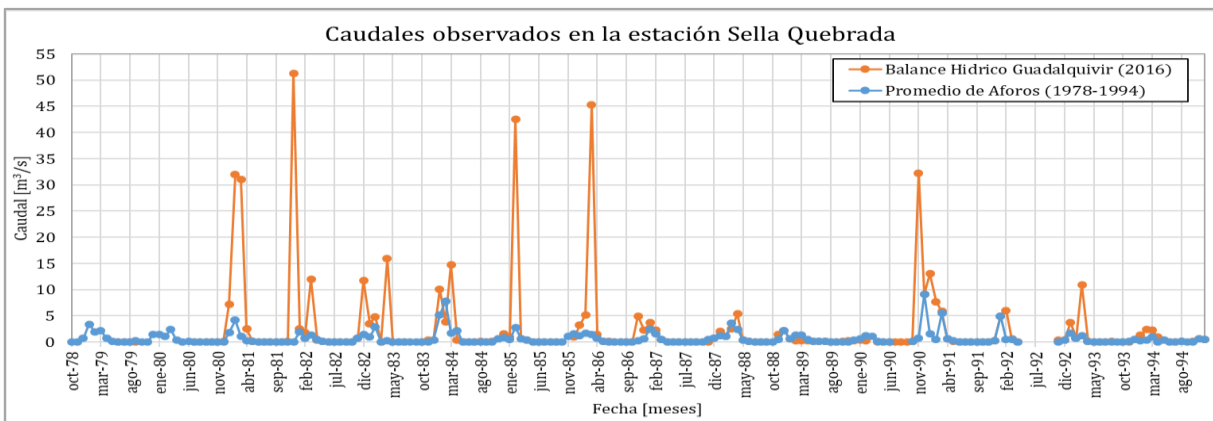


Figura B 4 Comparación de información de caudales en la estación Sella Quebrada, Periodo 1978-1994.

Para garantizar la confiabilidad de los datos de caudales a ser usados en la modelación hidrológica de la presente investigación se recurrió a una verificación con los coeficientes de escurrimiento de las 2 bases de datos con respecto a los coeficientes del Balance Hídrico Superficial de Bolivia de los periodos 1962-1980 y 1980-2016.

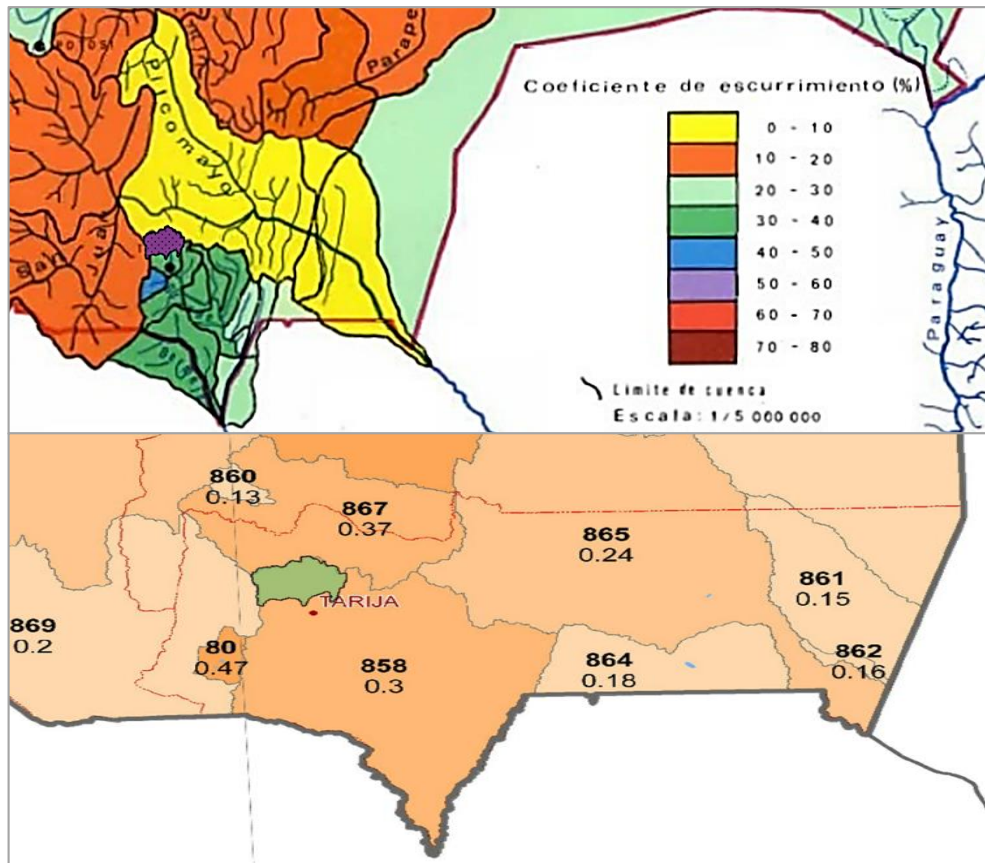


Figura B 5 Coeficientes de escorrentía para la cuenca Alta del Guadalquivir de los Balances hídricos Superficiales de Bolivia, Periodos 1962-1980 y 1980-2016.

De acuerdo a la Figura B 5 se obtiene que para el periodo de 1962-1980 el coeficiente de escorrentía estimado para toda la cuenca del Rio Bermejo (Incluido el Rio Guadalquivir) tiene rangos de 0,30 – 0,40 y para el periodo 1980-2016 el coeficiente de escorrentía para la cuenca del Rio Bermejo es de 0,30. Comparando con los coeficientes de escorrentía del aforo y del estudio del Rio Guadalquivir en 2016 se obtiene los siguientes resultados:

Tabla B 1 Coeficientes de escurrimiento de los estudios realizados a la cuenca Alta del Rio Guadalquivir.

Q[mm]/P <sub>cp</sub> [mm]	Aforo (Obs)	BHG (2016)	BHSB (1980)	BHSB (2016)
Canasmoro	0,37	0,70	0,30 – 0,40	0,30
Obrajes	0,35	0,46	0,30 – 0,40	0,30
Sella Quebrada	0,24	1,10	0,30 – 0,40	0,30

En la Tabla B 5 se observa que los datos del BHG (2016) tienen coeficientes de escurrimiento irreales. Por ultimo en las Figuras B 6, B 7 y B 8 se observa las inconsistencias de relación lluvia-caudal que presenta el BHG y porque es una mejor opción utilizar el promedio de aforos.

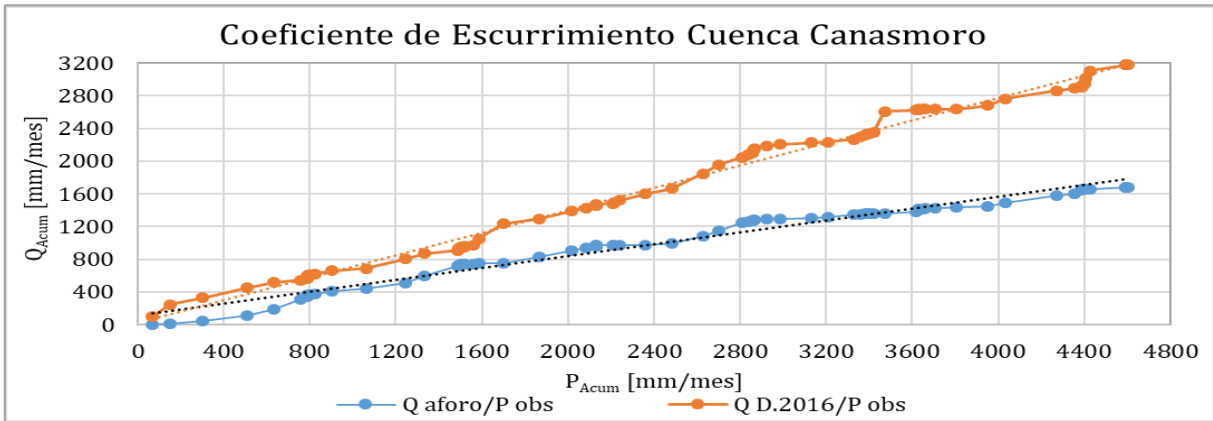


Figura B 6 Gráfica de coeficientes de escurrimiento de caudales aforados y caudales del Balance Hídrico Guadalquivir 2016, Cuenca Canasmoro.

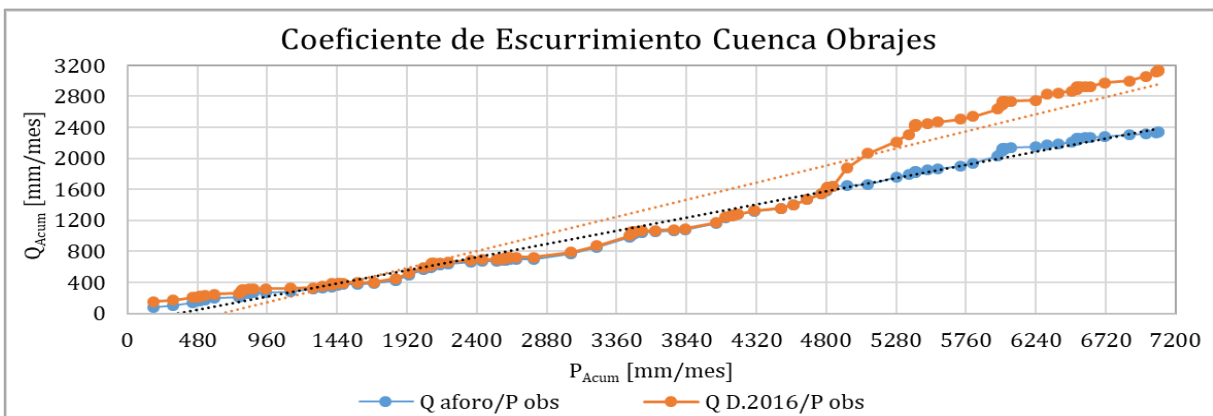


Figura B 7 Gráfica de coeficientes de escurrimiento de caudales aforados y caudales del Balance Hídrico Guadalquivir 2016, Cuenca Obrajes.

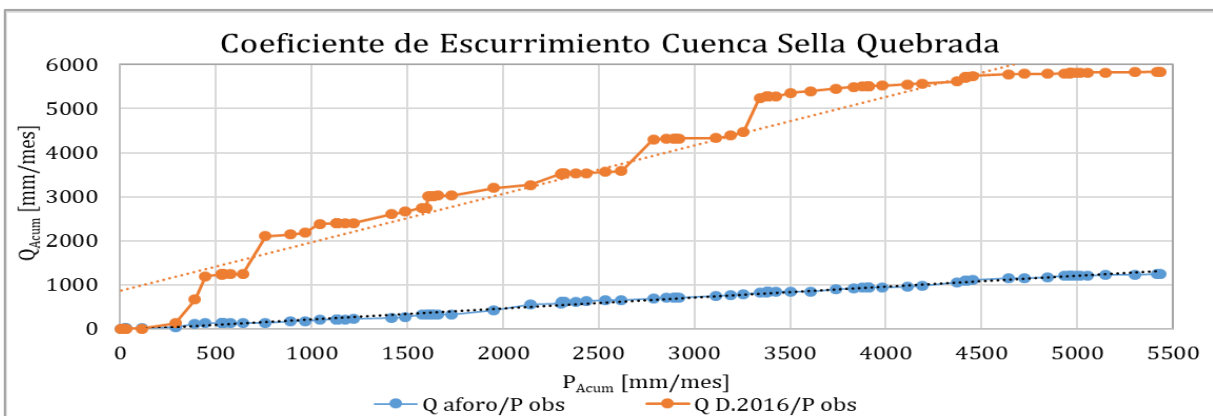


Figura B 8 Gráfica de coeficientes de escurrimiento de caudales aforados y caudales del Balance Hídrico Guadalquivir 2016, Cuenca Sella Quebrada.

## Anexo C: Análisis de precipitaciones

### a. Canasmoro

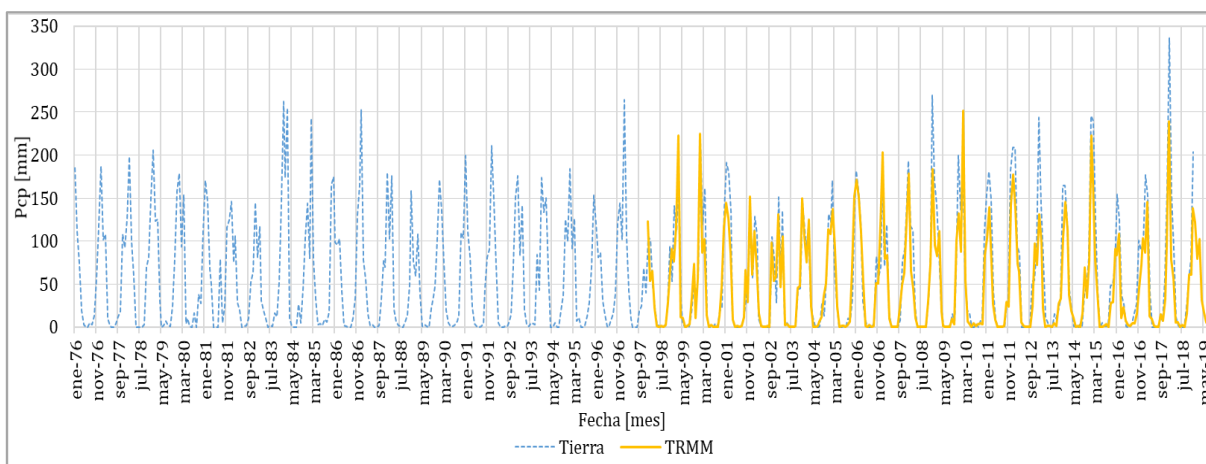


Figura C 1 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2019.

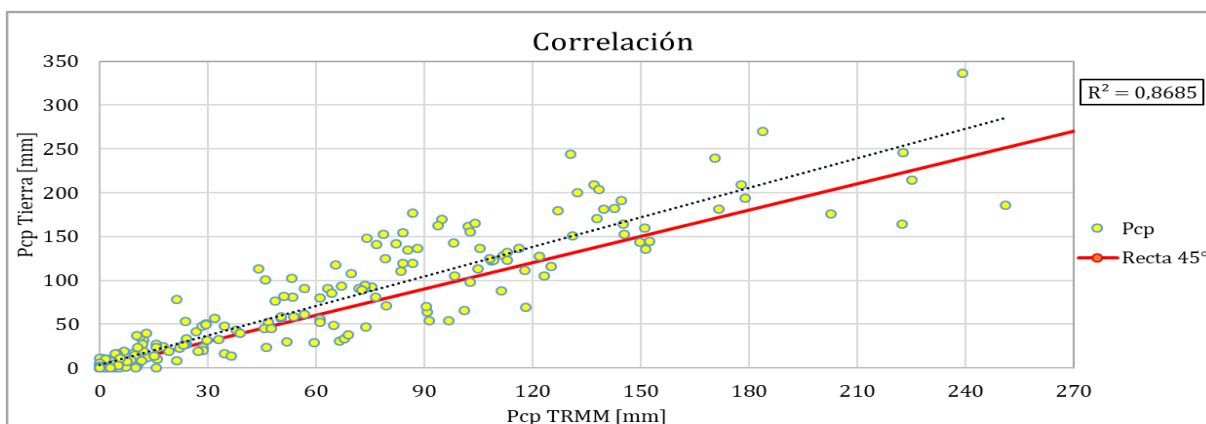


Figura C 2 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2018.

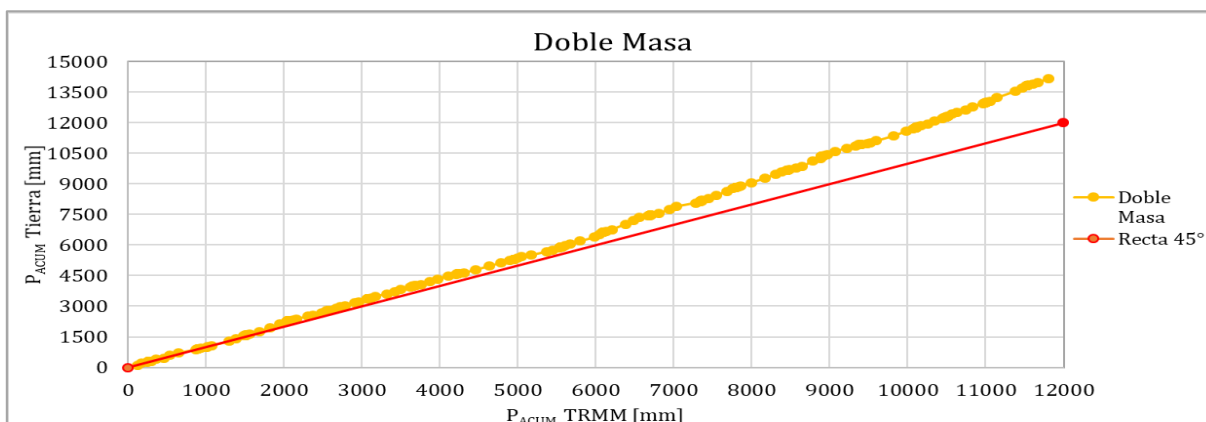


Figura C 3 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y TRMM, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2018.

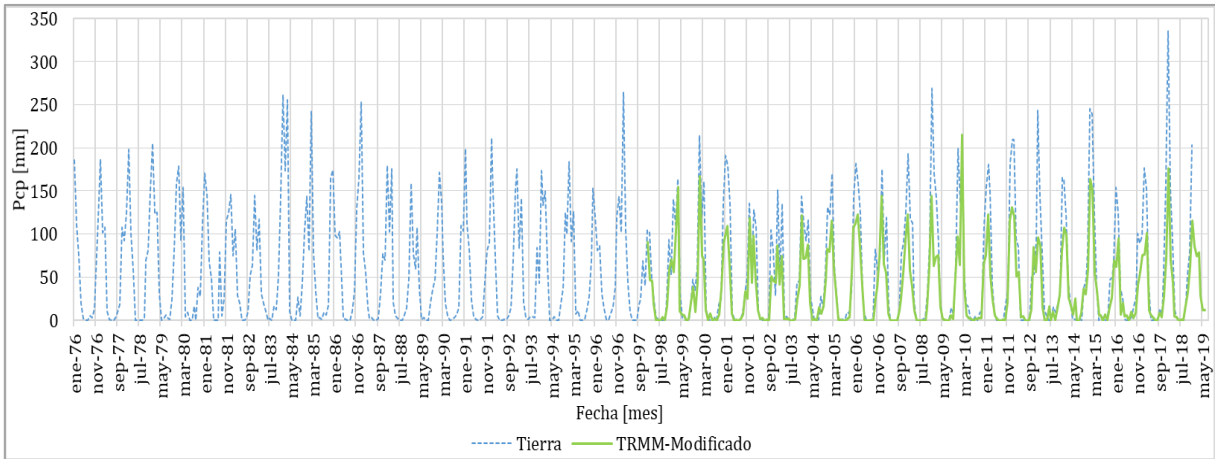


Figura C 4 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2019.

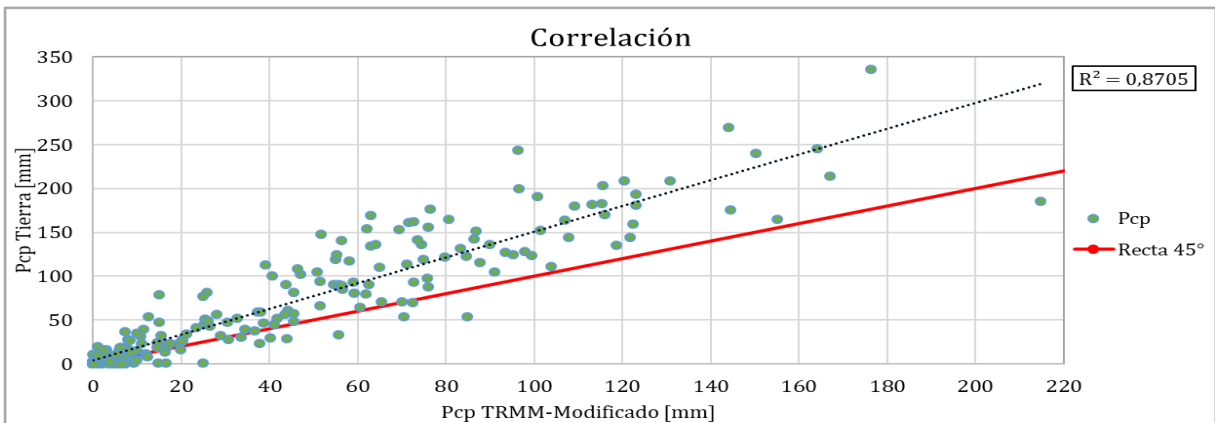


Figura C 5 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2018.

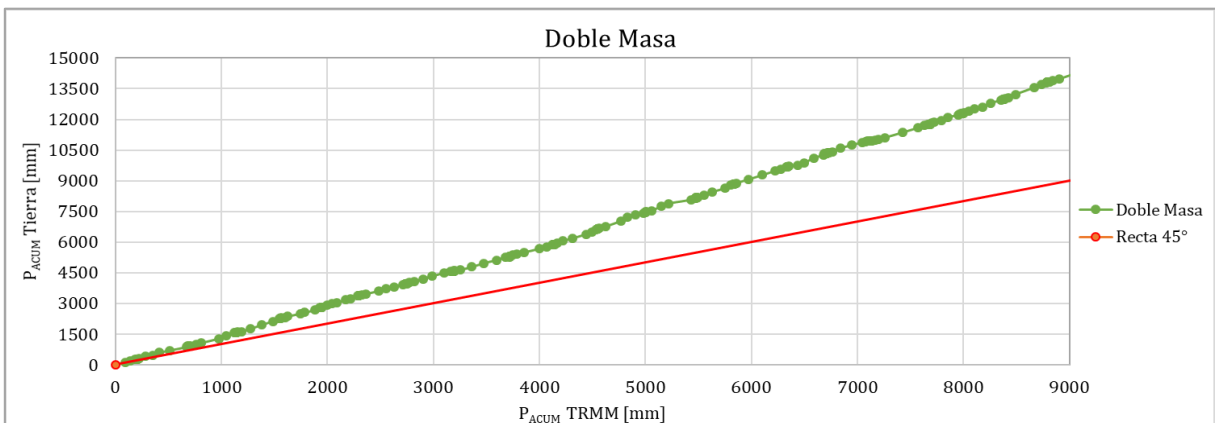


Figura C 6 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2018.

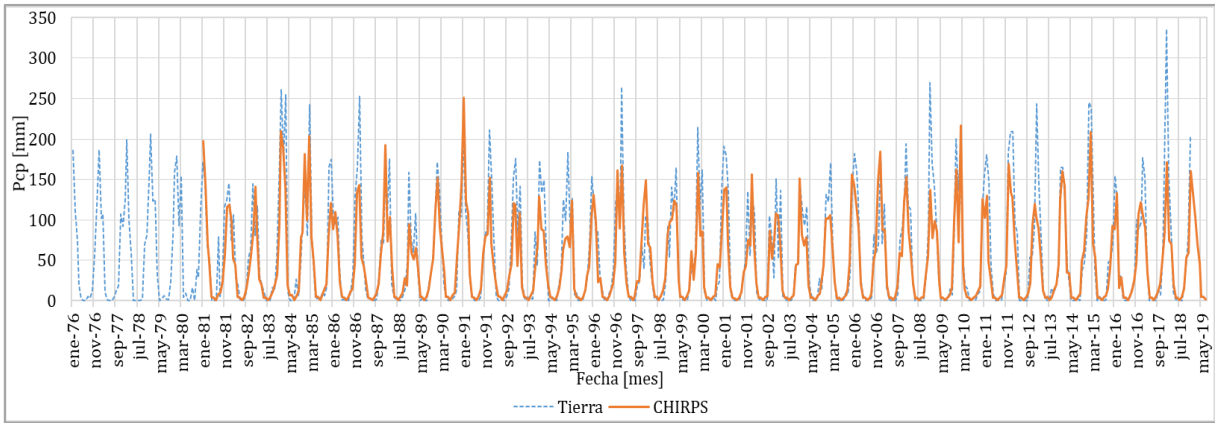


Figura C 7 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y CHIRPS, Cuenca Canasmoro, Periodo 1981-2019.

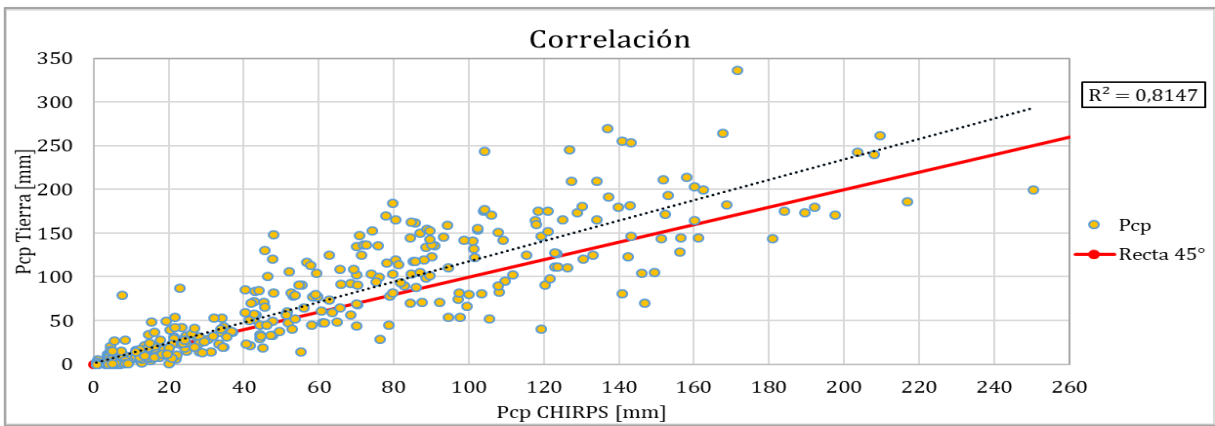


Figura C 8 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y CHIRPS, Cuenca Canasmoro, Periodo 1981-2018.

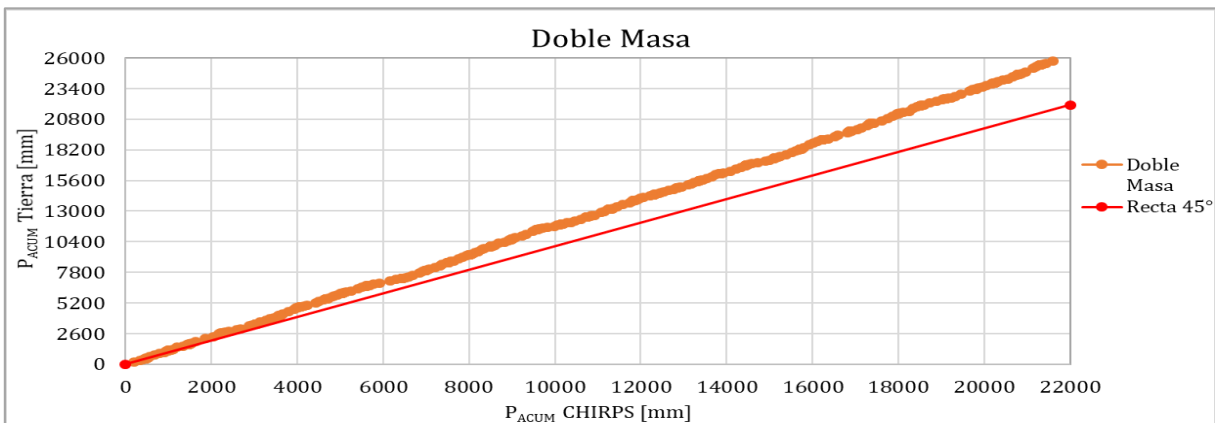


Figura C 9 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y CHIRPS, Cuenca Canasmoro, Periodo 1981-2018.



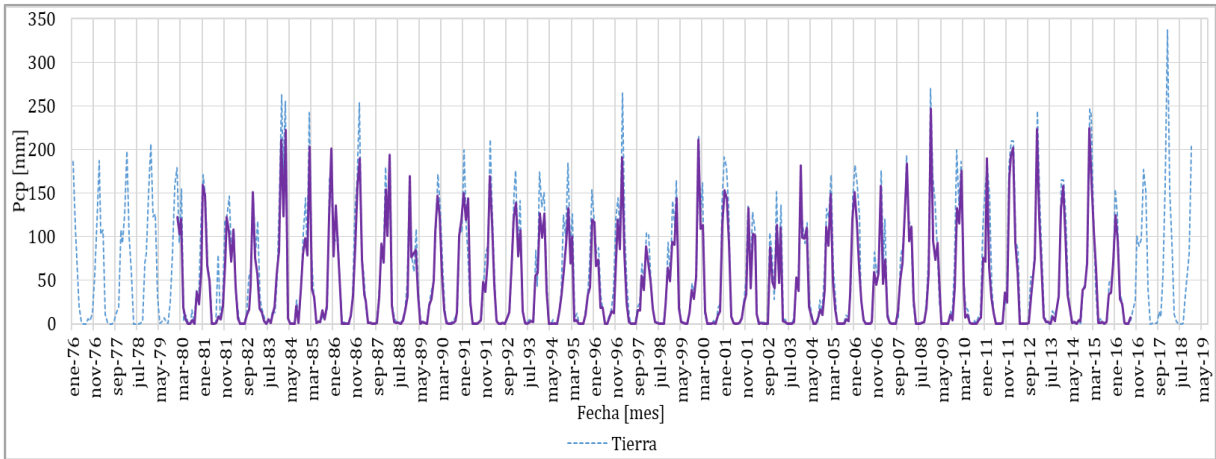


Figura C 10 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y GMET, Cuenca Canasmoro, Periodo 1980-2016.

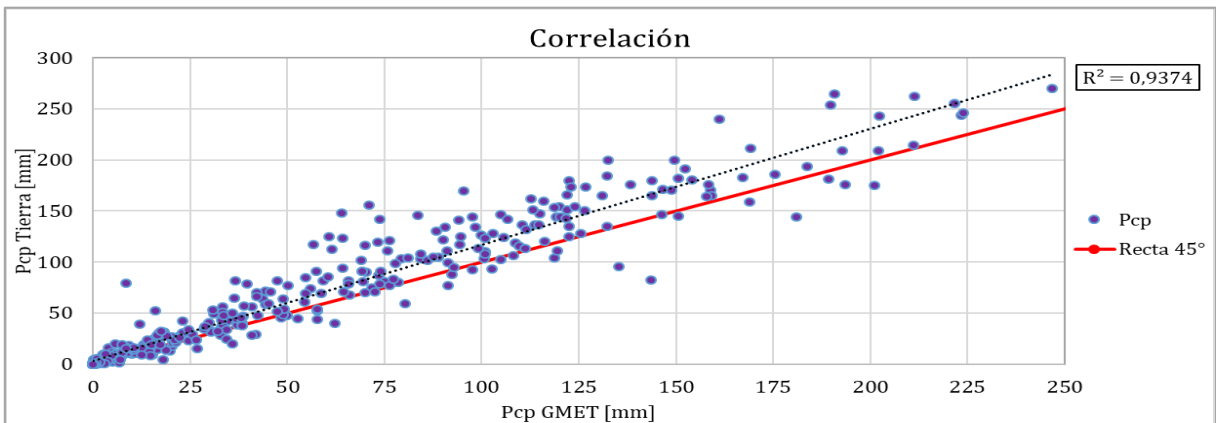


Figura C 11 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y GMET, Cuenca Canasmoro, Periodo 1980-2016.

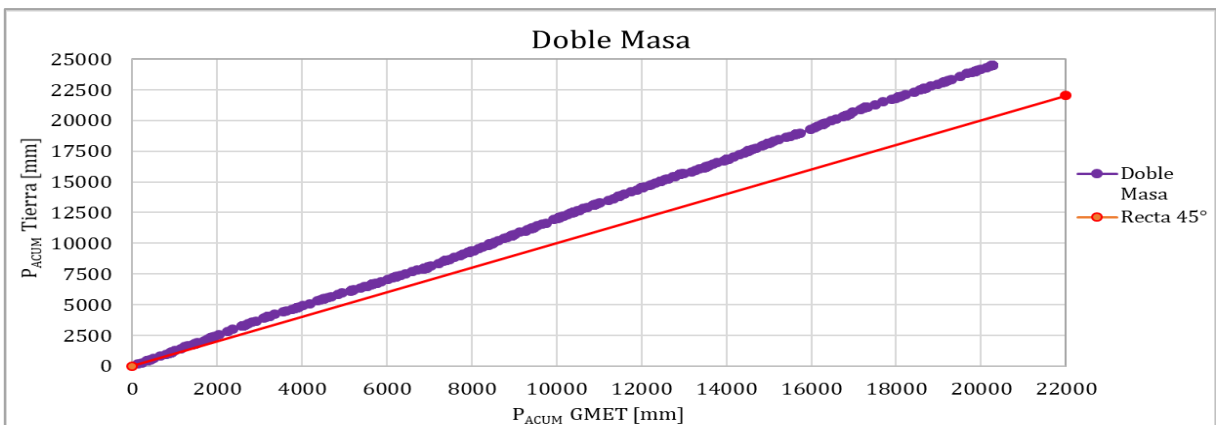


Figura C 12 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y GMET, Cuenca Canasmoro, Periodo 1980-2016.

b. Sella Quebrada

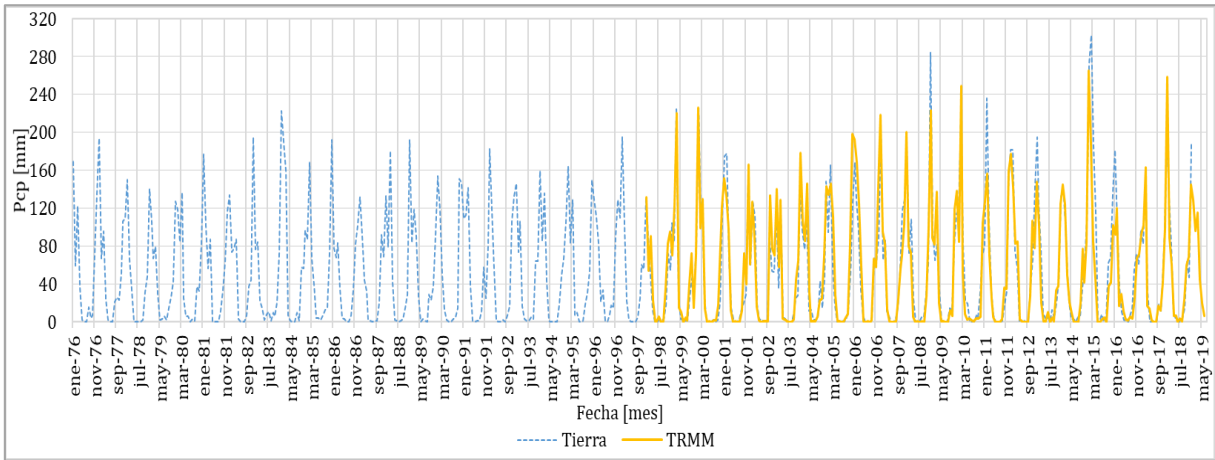


Figura C 13 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2019.

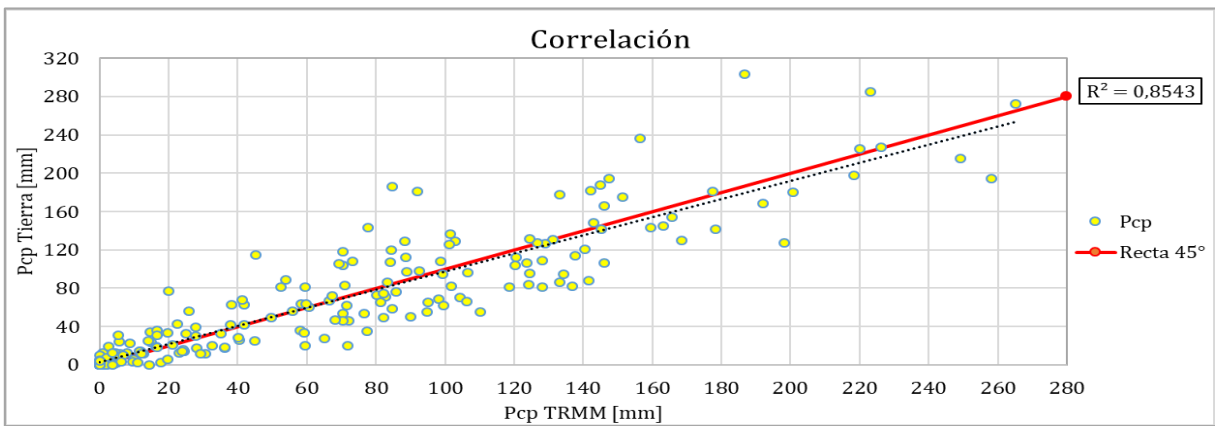


Figura C 14 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2018.

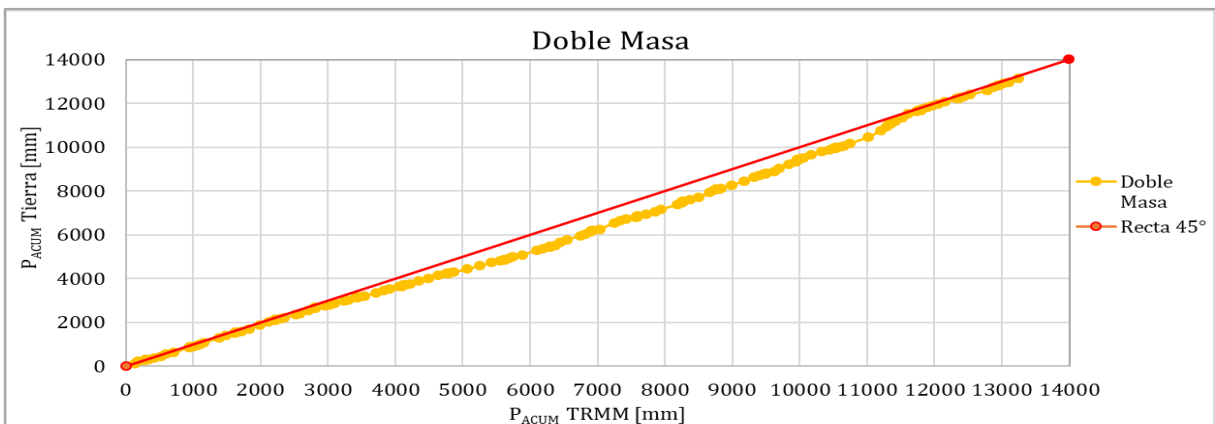


Figura C 15 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y TRMM, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2018.

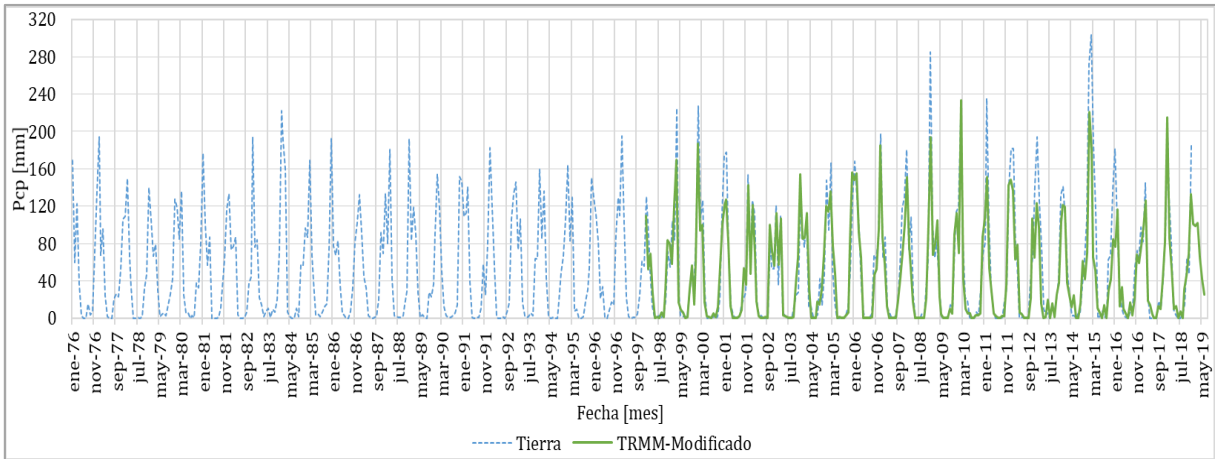


Figura C 16 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2019.

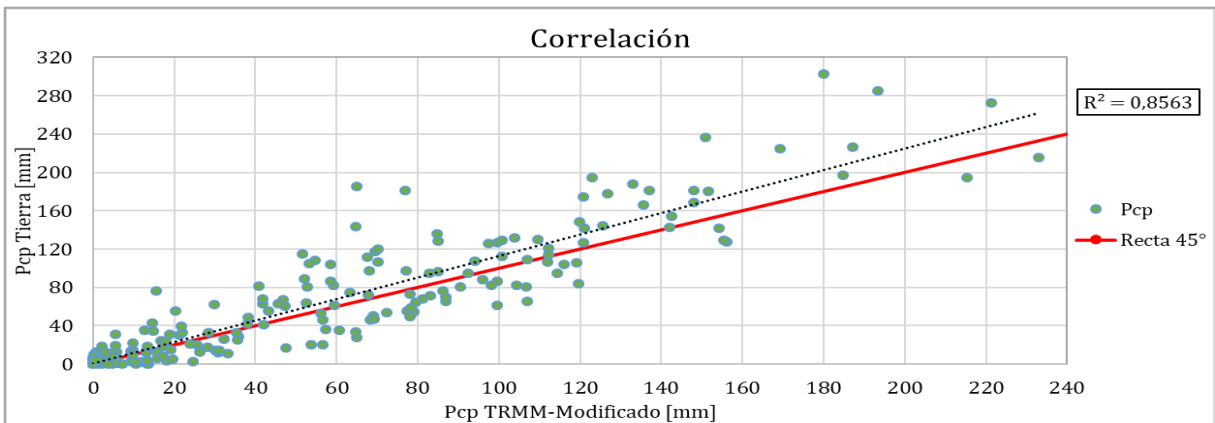


Figura C 17 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2018.

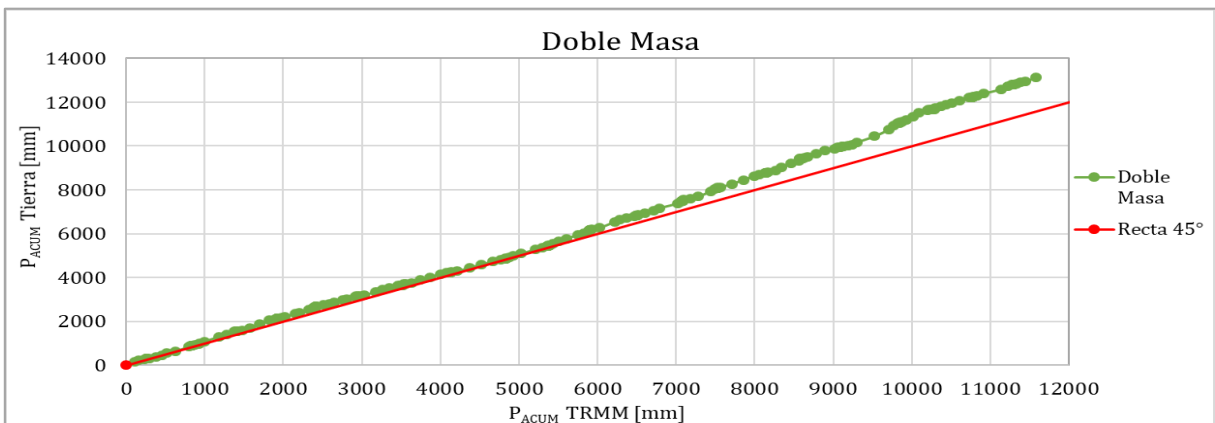


Figura C 18 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2018.

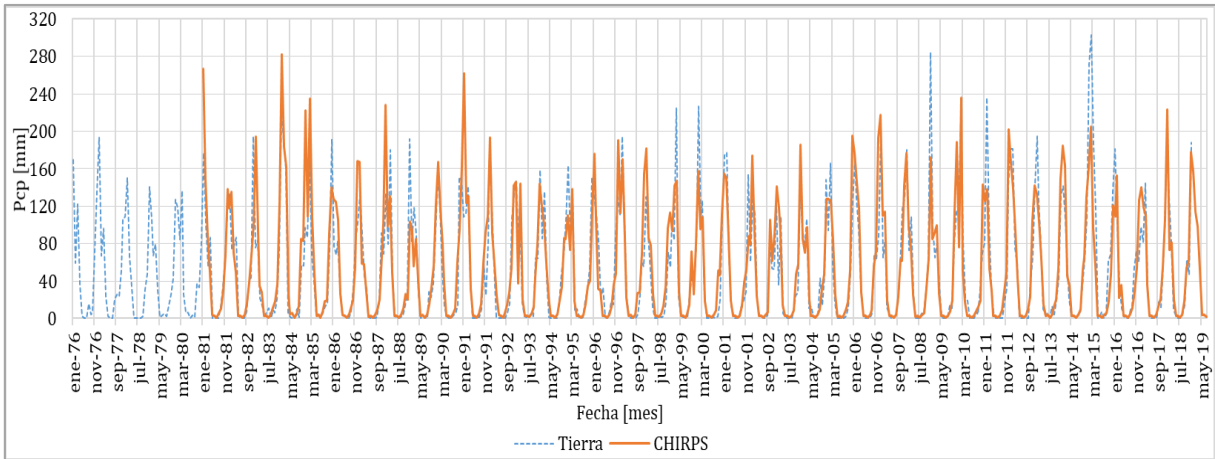


Figura C 19 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y CHIRPS, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1981-2019.

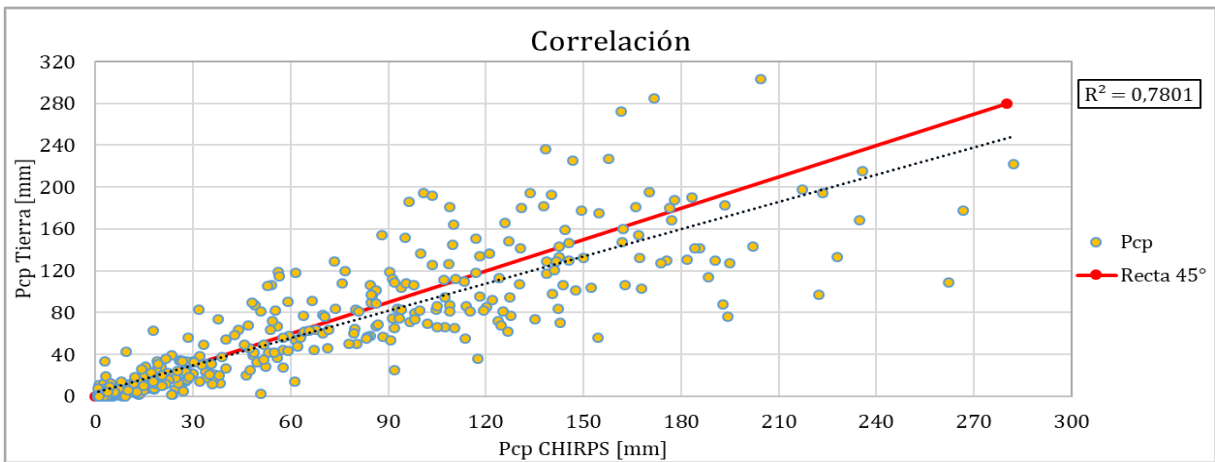


Figura C 20 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y CHIRPS, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1981-2018.

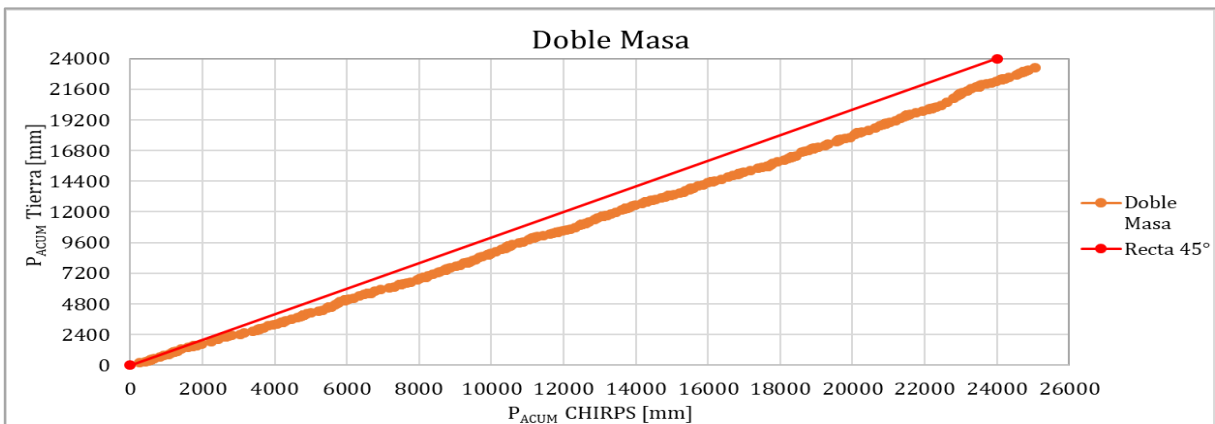


Figura C 21 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y CHIRPS, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1981-2018.

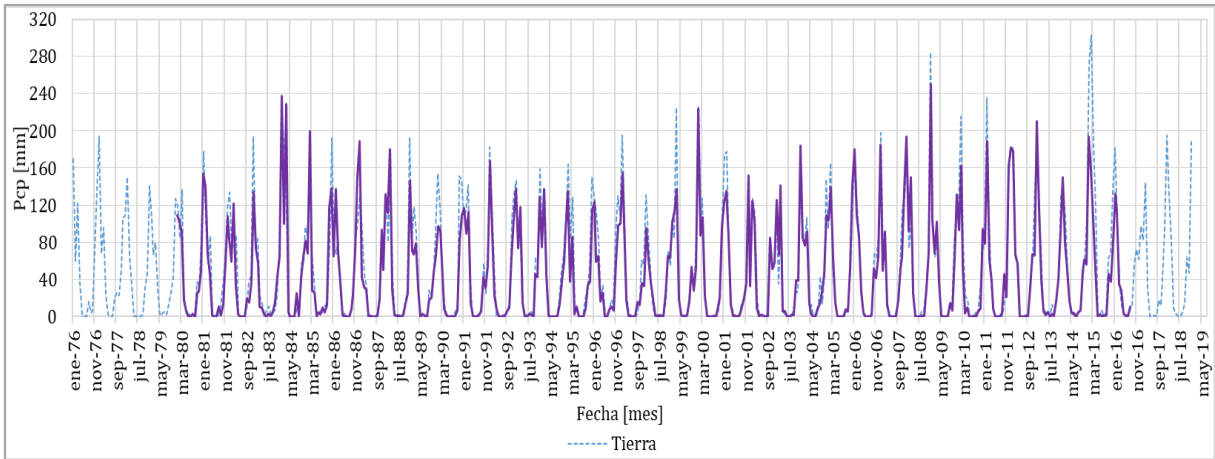


Figura C 22 Comparación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y GMET, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1980-2016.

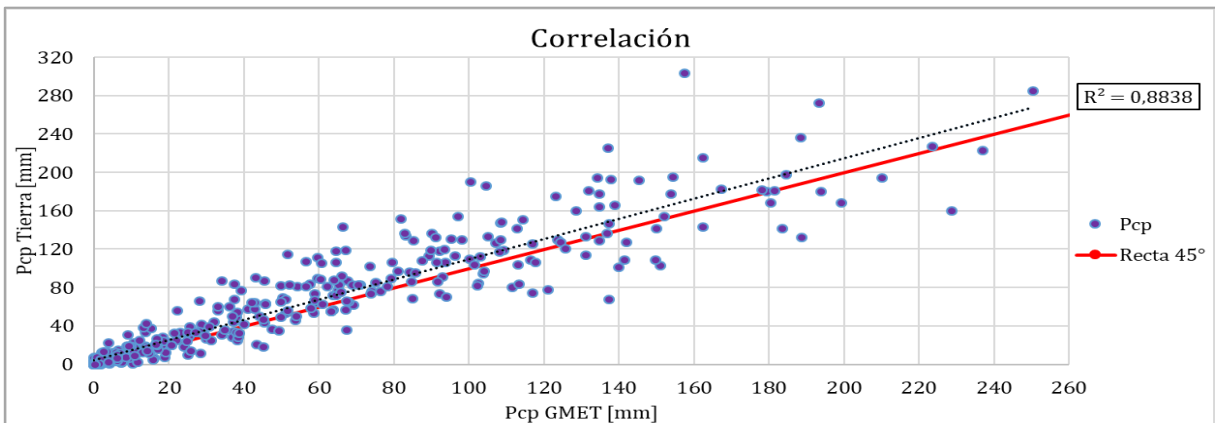


Figura C 23 Correlación de precipitaciones mensuales medidas en Tierra y GMET, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1980-2016.

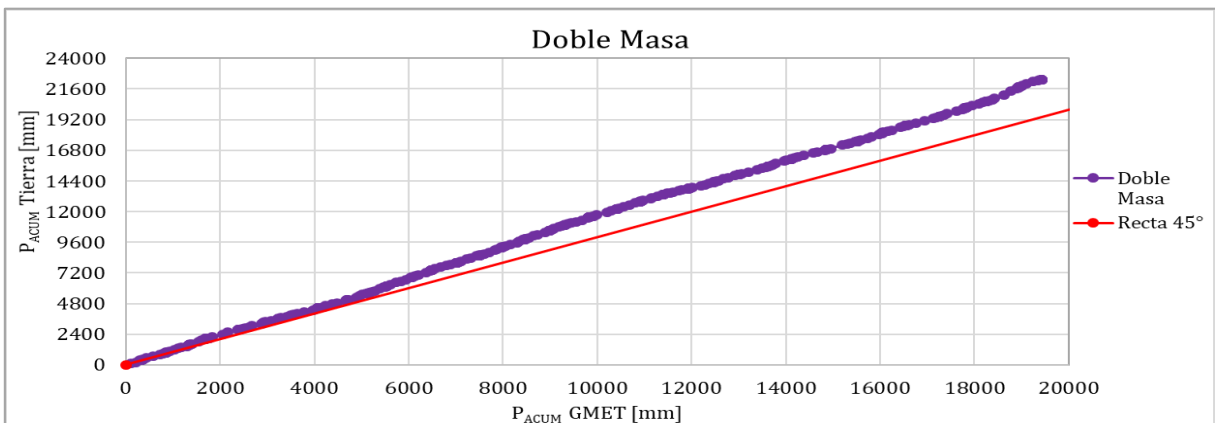


Figura C 24 Recta de homogeneidad, doble masa con precipitaciones mensuales medidas en tierra y GMET, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1980-2016.

## Anexo D: Modelación de caudales

### Comparación de caudales modelados satelitales con caudales medidos

#### a. Canasmoro

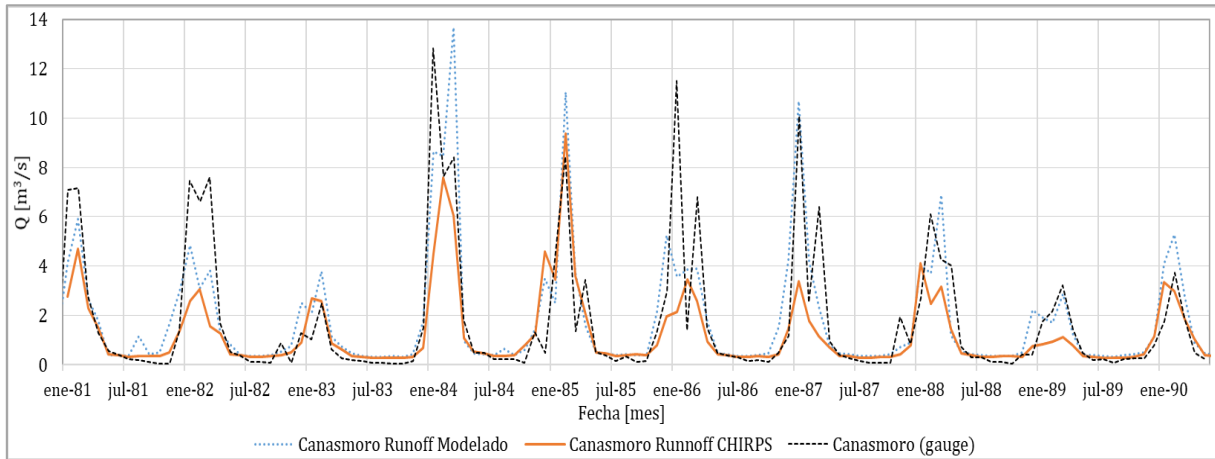


Figura D 1 Comparación de caudales medidos en tierra (gauge), caudal modelado precipitaciones medida en tierra y caudal modelado con precipitaciones CHIRPS, Cuenca Canasmoro, Periodo 1981-1990.

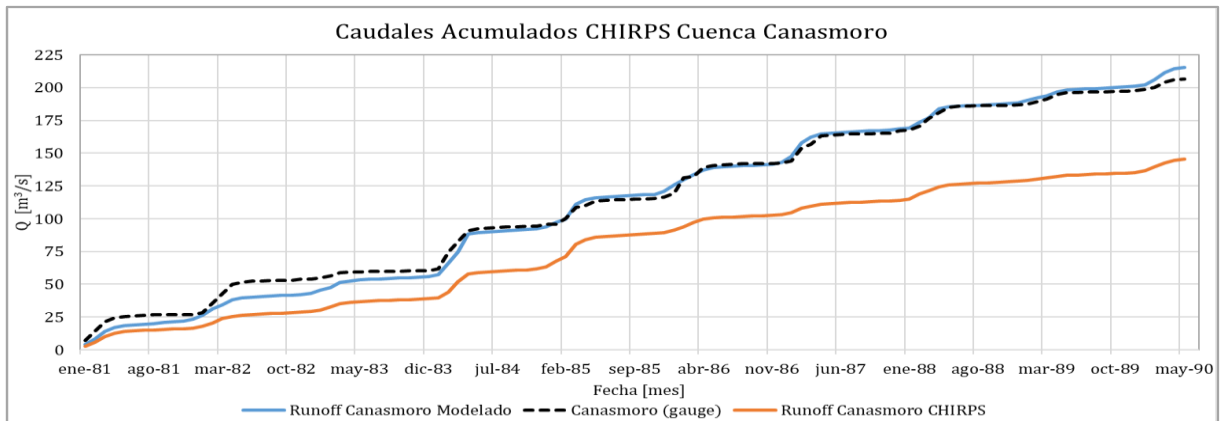


Figura D 2 Comparación de caudales acumulados para el caudal modelado con precipitaciones CHIRPS, Cuenca Canasmoro, Periodo 1981-1990.

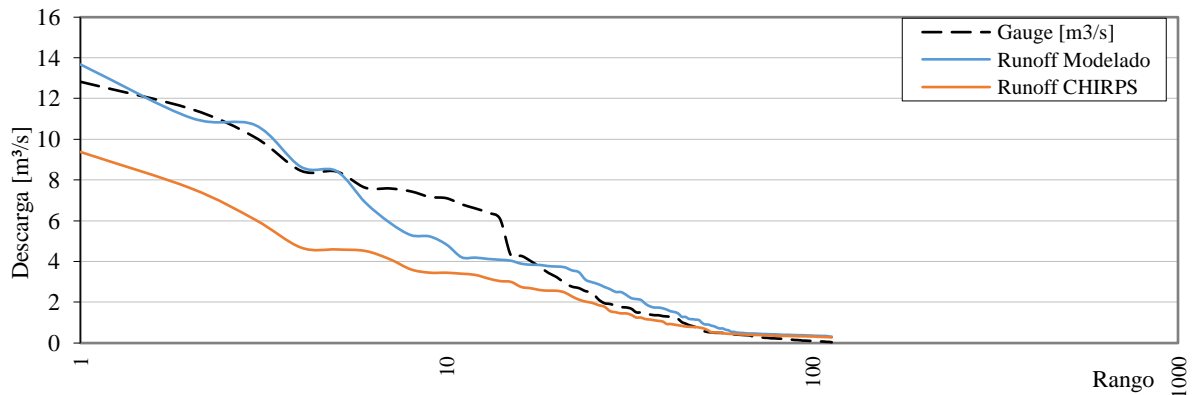


Figura D 3 Gráfica de caudales ordenados de mayor a menor en una escala semi logarítmica, Cuenca Canasmoro (CHIRPS), Período de comparación 1981-1990.

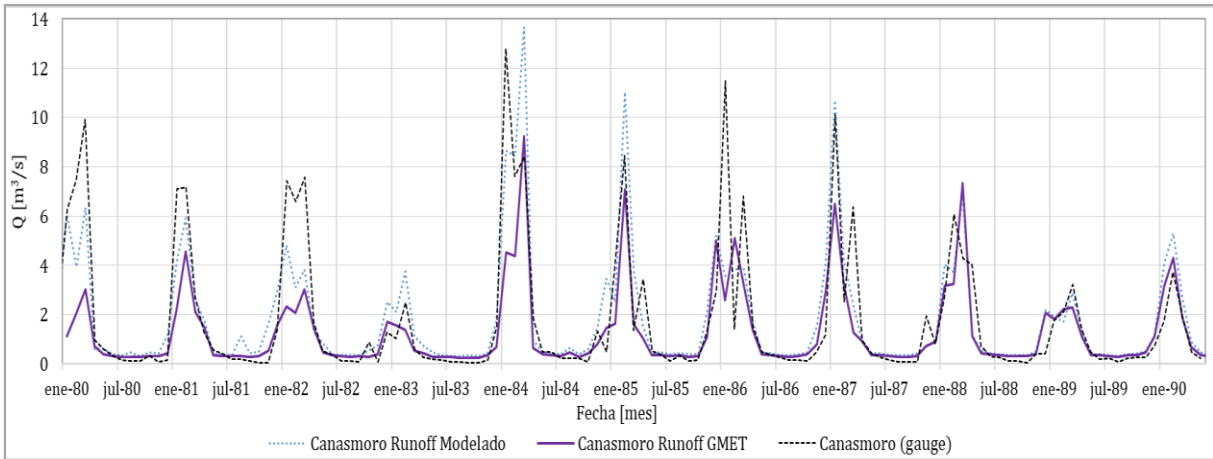


Figura D 4 Comparación de caudales medidos en tierra (gauge), caudal modelado precipitaciones medida en tierra y caudal modelado con precipitaciones GMET, Cuenca Canasmoro, Periodo 1980-1990.

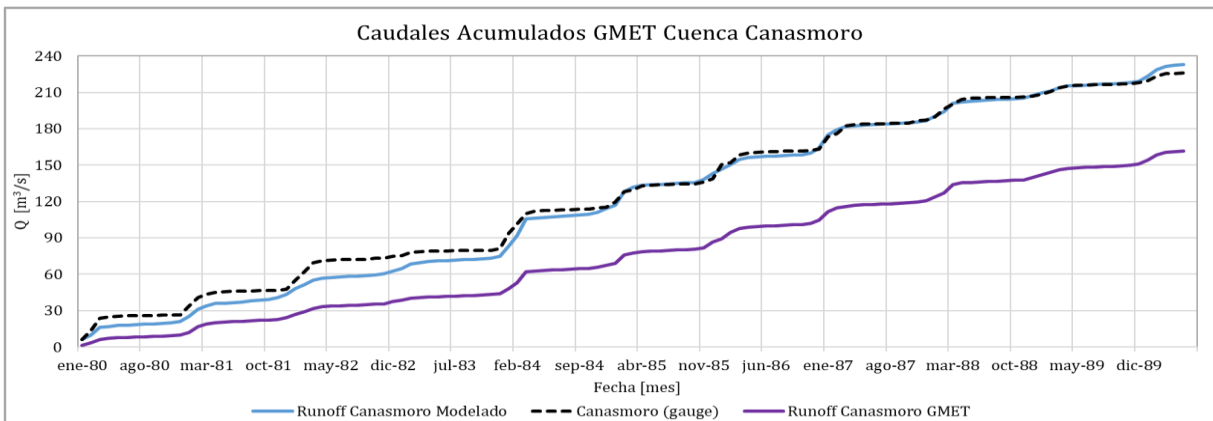


Figura D 5 Comparación de caudales acumulados para el caudal modelado con precipitaciones GMET, Cuenca Canasmoro, Periodo 1980-1990.

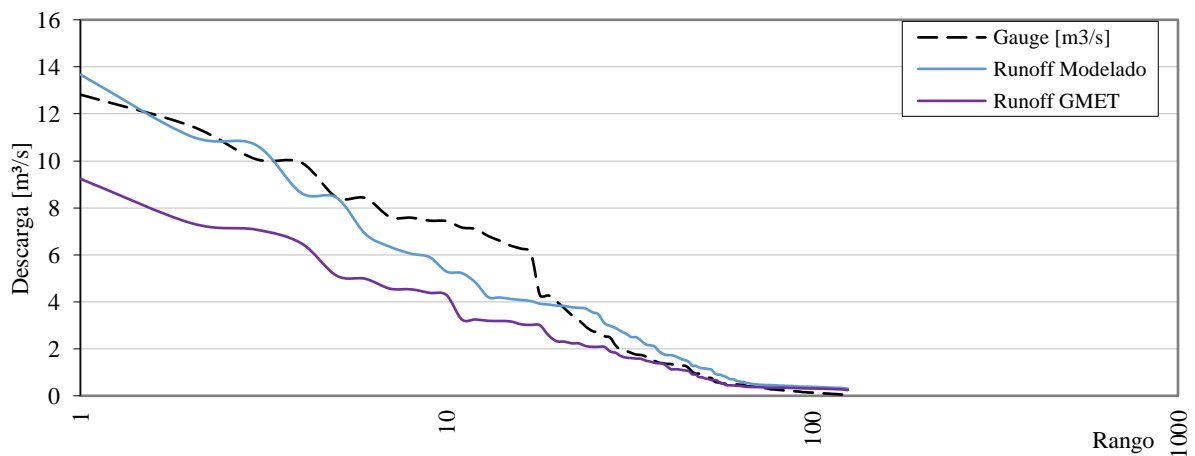


Figura D 6 Gráfica de caudales ordenados de mayor a menor en una escala semi logarítmica, Cuenca Canasmoro (GMET), Período de comparación 1980-1990.

b. Sella Quebrada

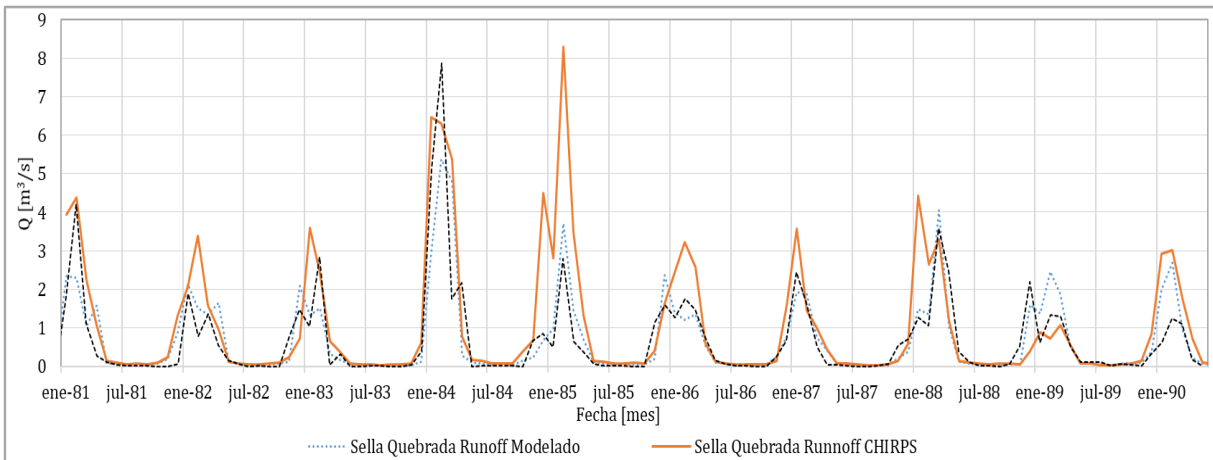


Figura D 7 Comparación de caudales medidos en tierra (gauge), caudal modelado precipitaciones medida en tierra y caudal modelado con precipitaciones CHIRPS, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1981-1990.

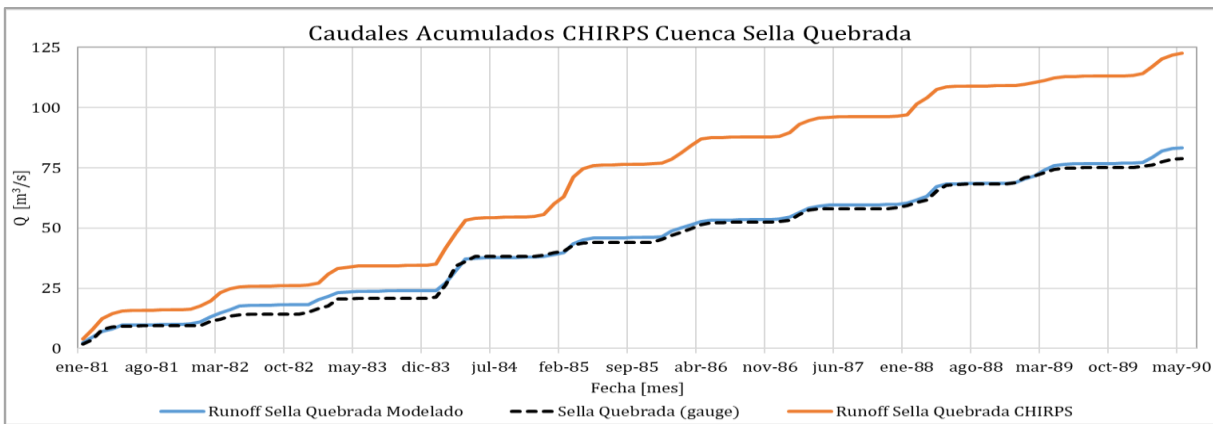


Figura D 8 Comparación de caudales acumulados para el caudal modelado con precipitaciones CHIRPS, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1981-1990.

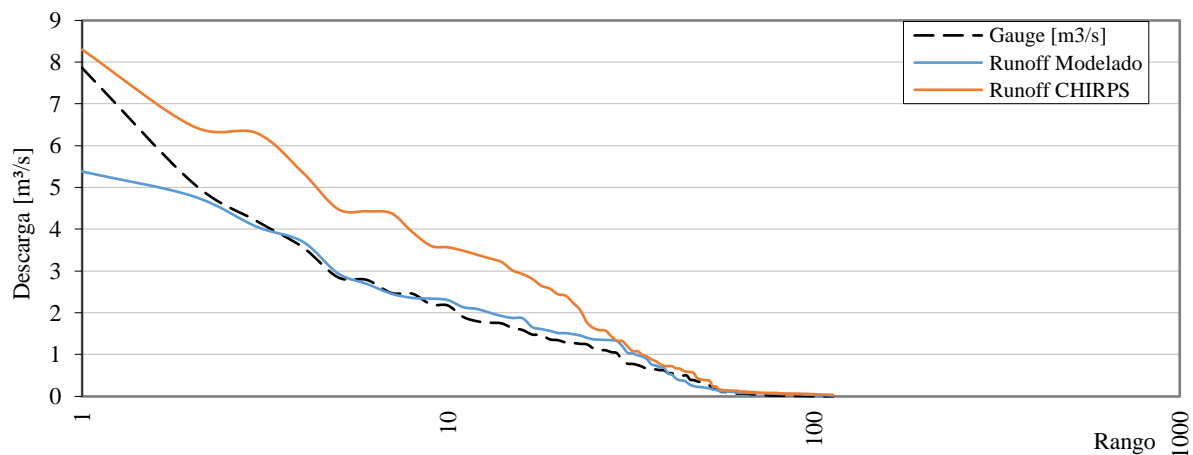


Figura D 9 Gráfica de caudales ordenados de mayor a menor en una escala semi logarítmica, Cuenca Sella Quebrada (CHIRPS), Período de comparación 1981-1990.



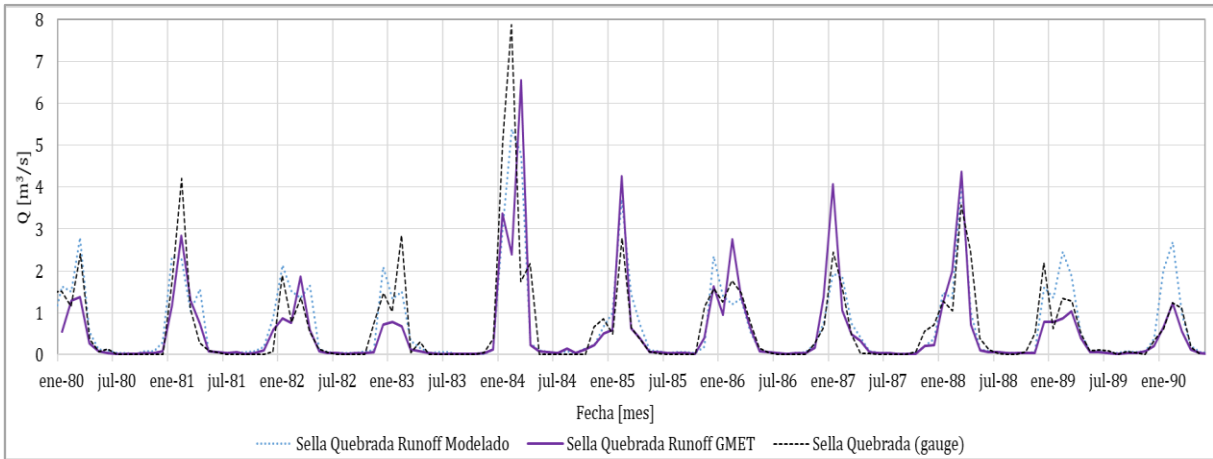


Figura D 10 Comparación de caudales medidos en tierra (gauge), caudal modelado precipitaciones medida en tierra y caudal modelado con precipitaciones GMET, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1980-1990.

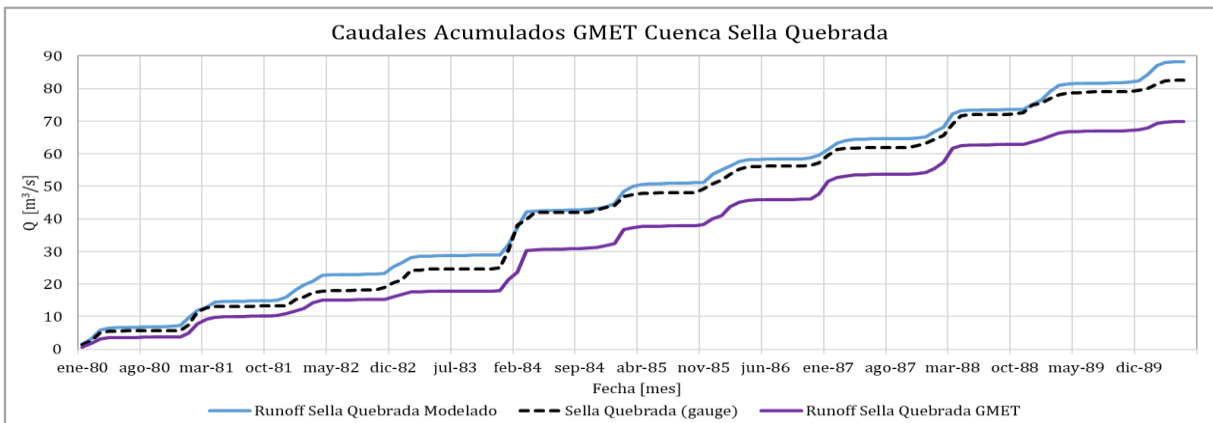


Figura D 11 Comparación de caudales acumulados para el caudal modelado con precipitaciones GMET, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1980-1990.

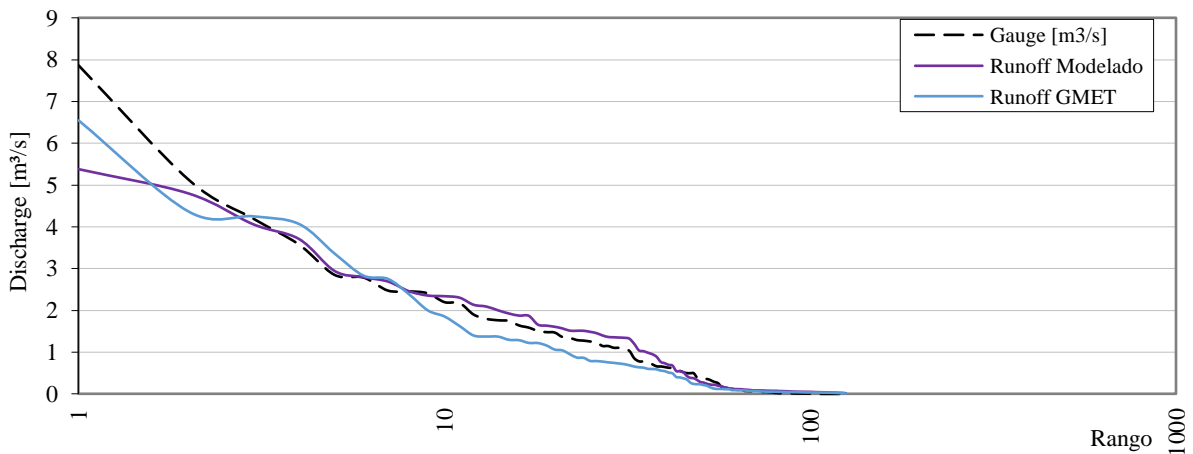


Figura D 12 Gráfica de caudales ordenados de mayor a menor en una escala semi logarítmica, Cuenca Sella Quebrada (GMET), Período de comparación 1980-1990.

## Comparación de caudales modelados satelitales con caudales modelados tierra

### a. Canasmoro

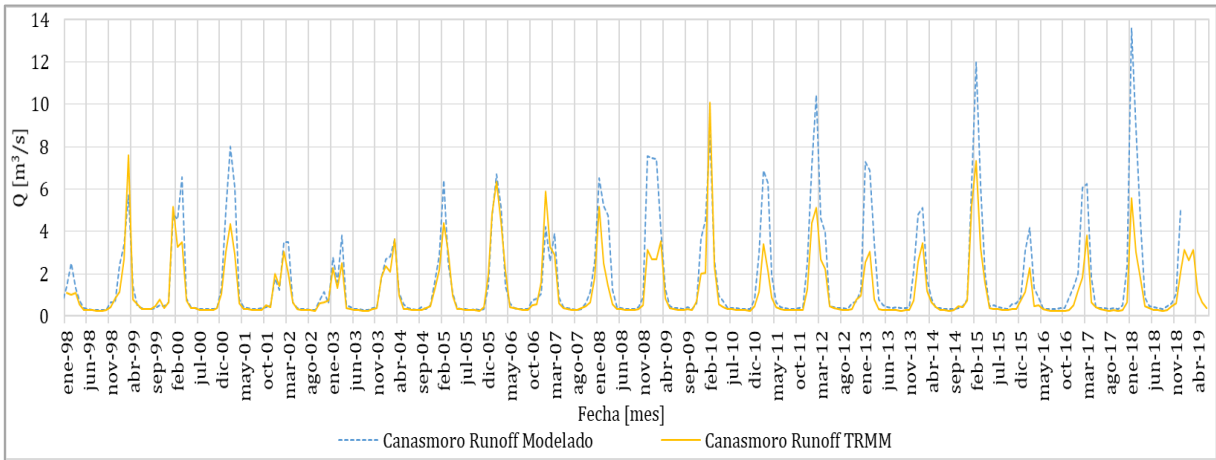


Figura D 13 Comparación de caudales modelados Tierra y modelados TRMM, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2019.

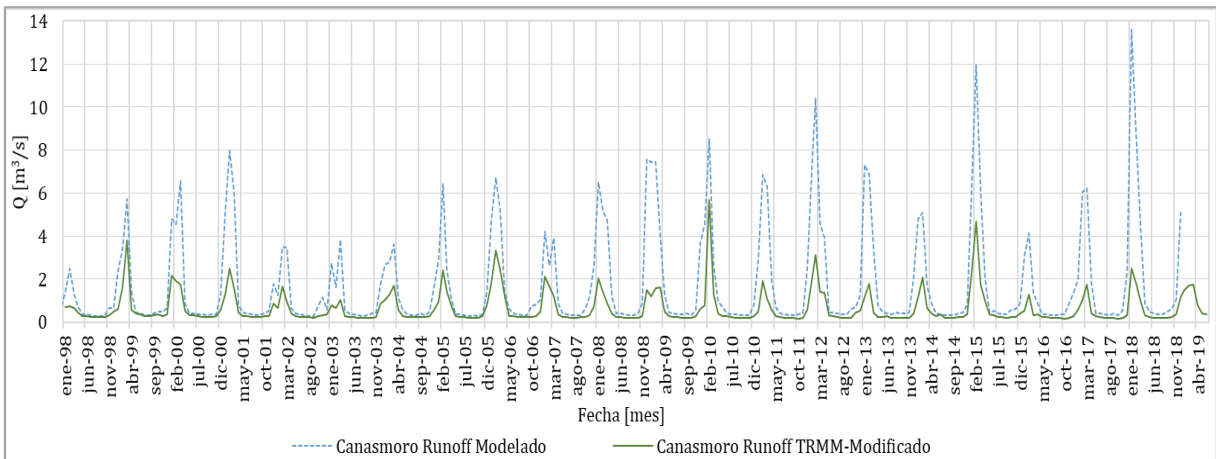


Figura D 14 Comparación de caudales modelados Tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Canasmoro, Periodo 1998-2019.

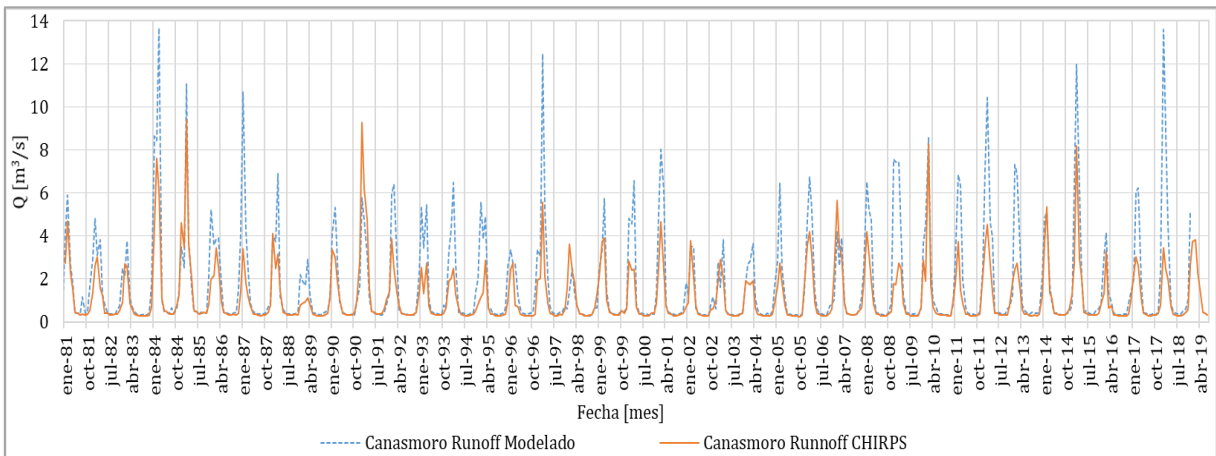


Figura D 15 Comparación de caudales modelados Tierra y modelados CHIRPS, Cuenca Canasmoro, Periodo 1981-2019.

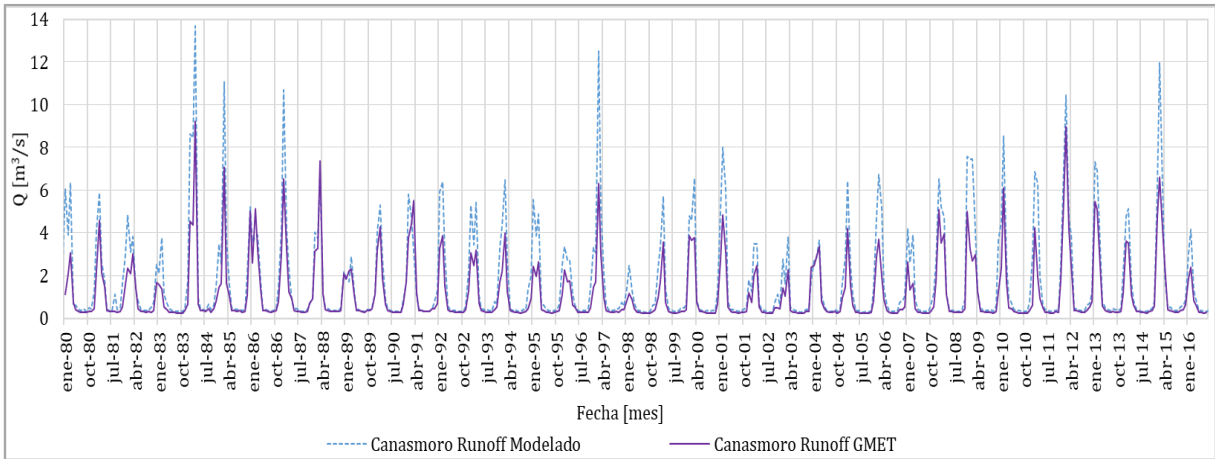


Figura D 16 Comparación de caudales modelados Tierra y modelados GMET, Cuenca Canasmoro, Período 1980-2016.

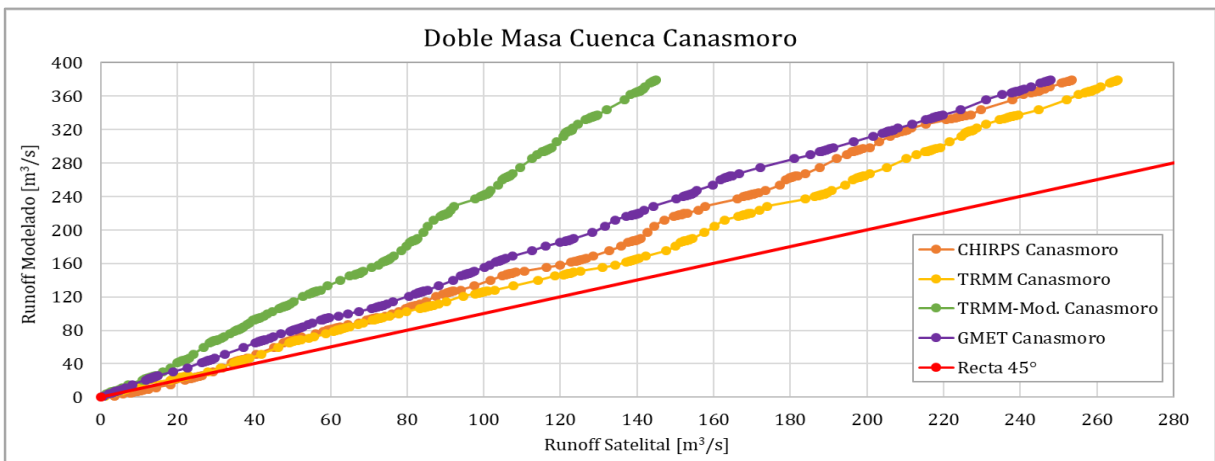


Figura D 17 Recta de homogeneidad, doble masa de caudales modelados con datos tierra y caudales modelados de fuentes satelitales, Cuenca Canasmoro, Período 1998-2016.

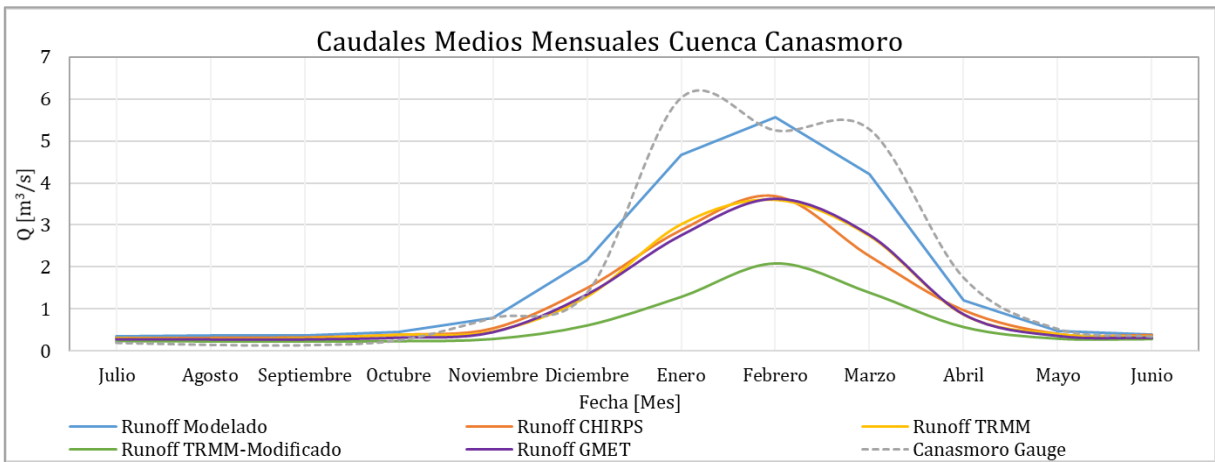


Figura D 18 Caudal medio mensual multianual de caudales modelados y caudales observados, Cuenca Canasmoro.

## b. Sella Quebrada

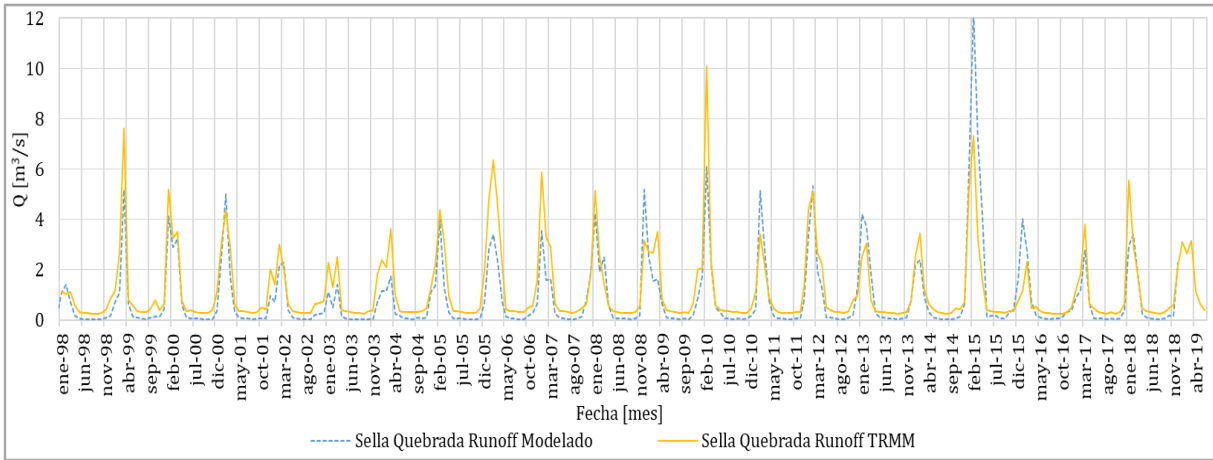


Figura D 19 Comparación de caudales modelados Tierra y modelados TRMM, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2019.

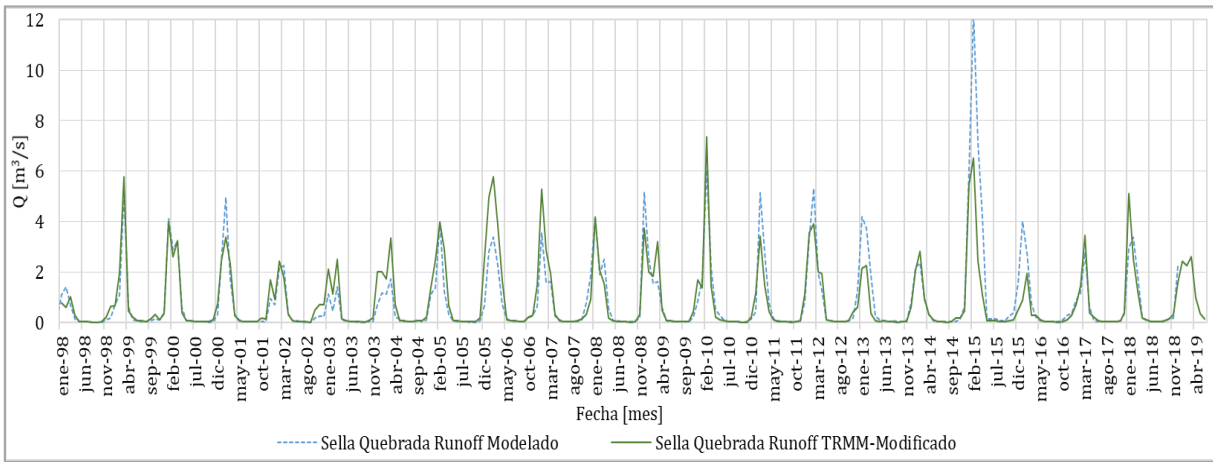


Figura D 20 Comparación de caudales modelados Tierra y TRMM-Modificado, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1998-2019.

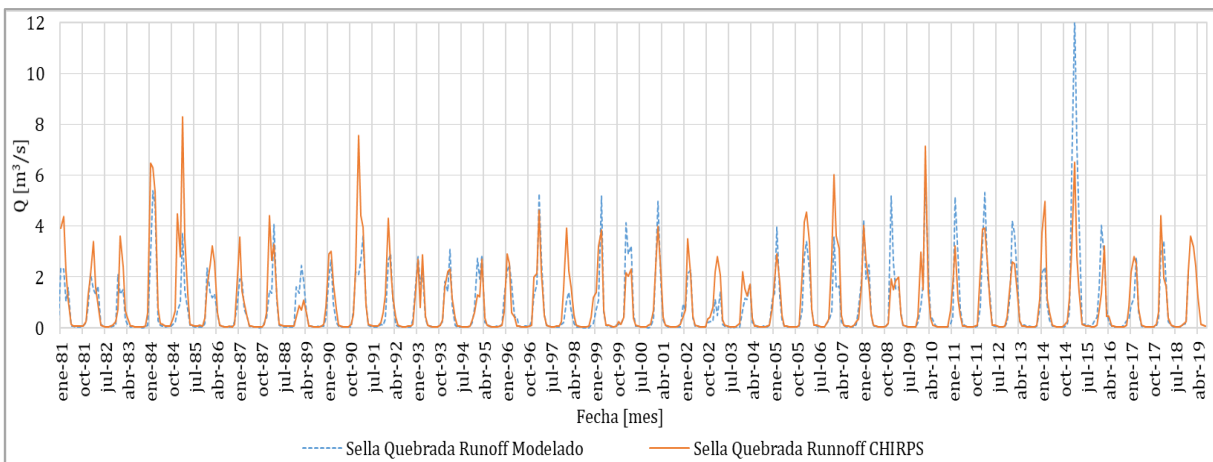


Figura D 21 Comparación de caudales modelados Tierra y modelados CHIRPS, Cuenca Sella Quebrada, Periodo 1981-2019.

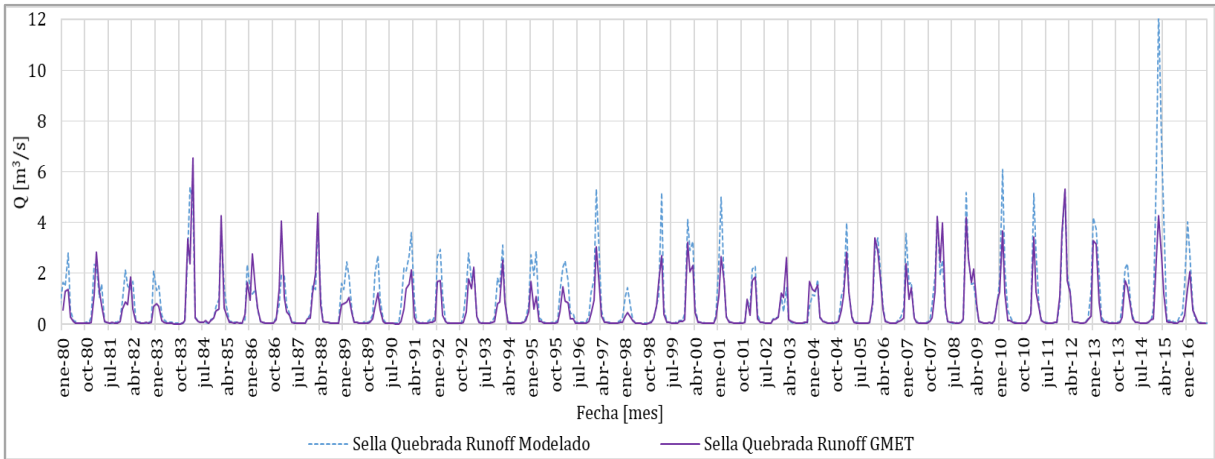


Figura D 22 Comparación de caudales modelados Tierra y modelados GMET, Cuenca Sella Quebrada, Período 1980-2016.

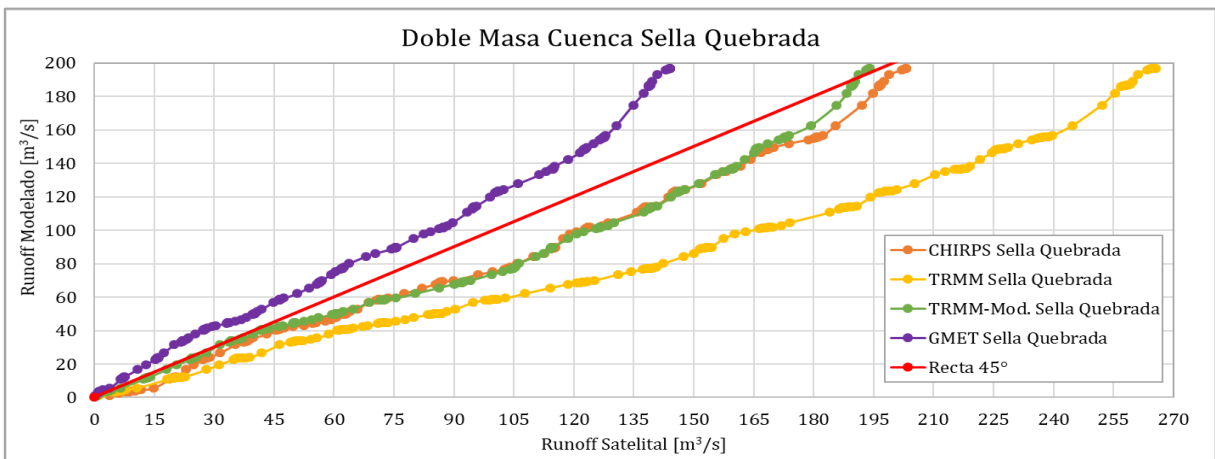


Figura D 23 Recta de homogeneidad, doble masa de caudales modelados con datos tierra y caudales modelados de fuentes satelitales, Cuenca Sella Quebrada, Período 1998-2016.

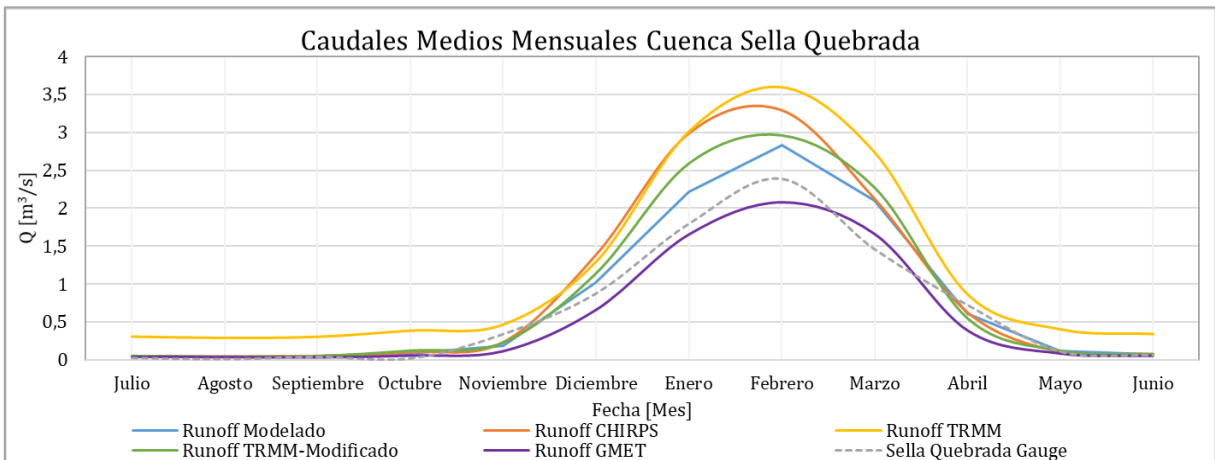


Figura D 24 Caudal medio mensual multianual de caudales modelados y caudales observados, Cuenca Sella Quebrada.

## Anexo E: Coeficientes de escurrimiento

### a. Canasmoro

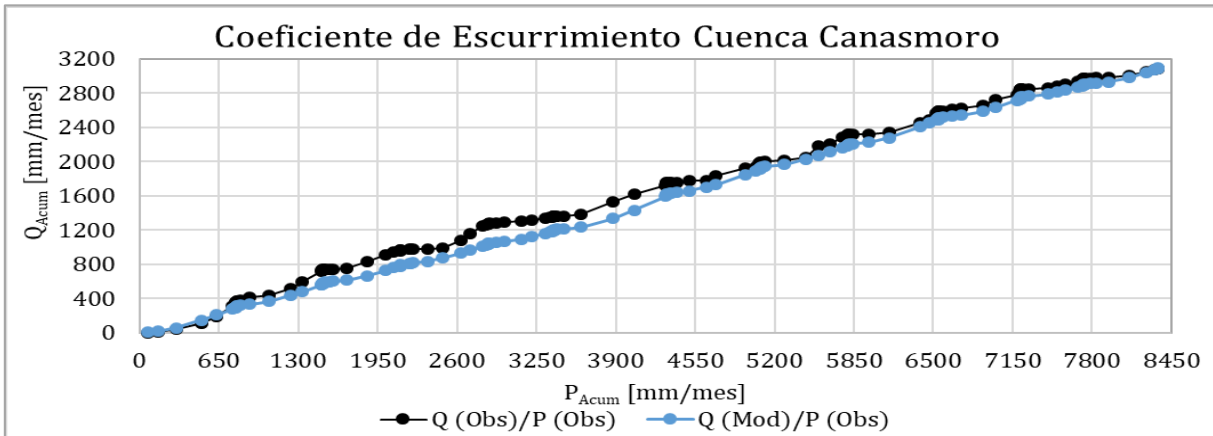


Figura E 1 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Observado y Modelado (Tierra), Cuenca Canasmoro, Período 1978 - 1990.

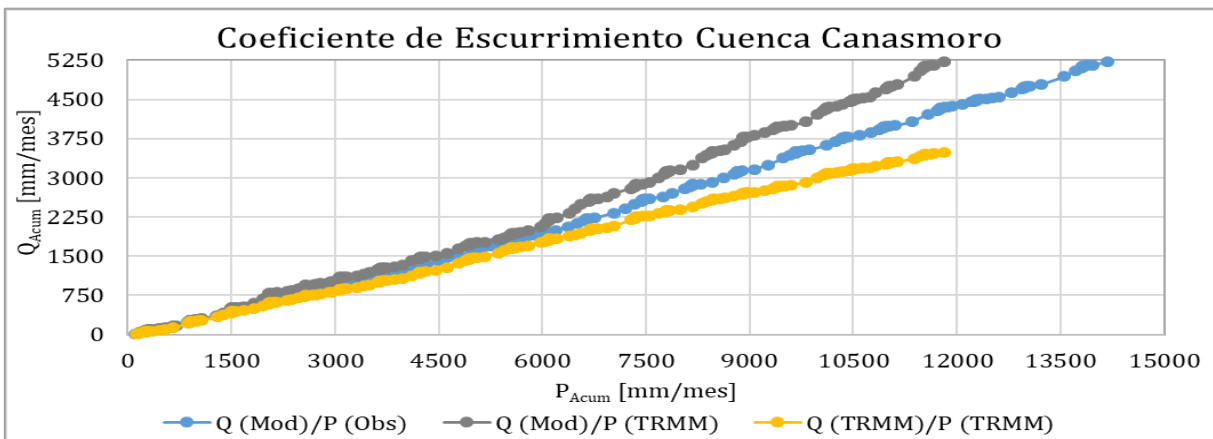


Figura E 2 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Modelado (Tierra) y fuente satelital TRMM, Cuenca Canasmoro Período 1998 - 2019.

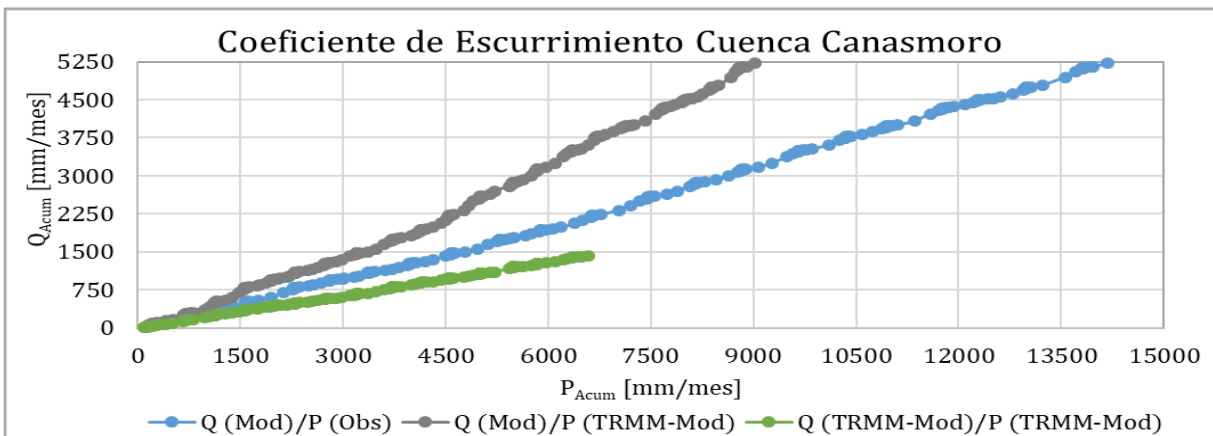


Figura E 3 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Modelado (Tierra) y fuente satelital TRMM-Modificado, Cuenca Canasmoro, Período 1998 - 2019.

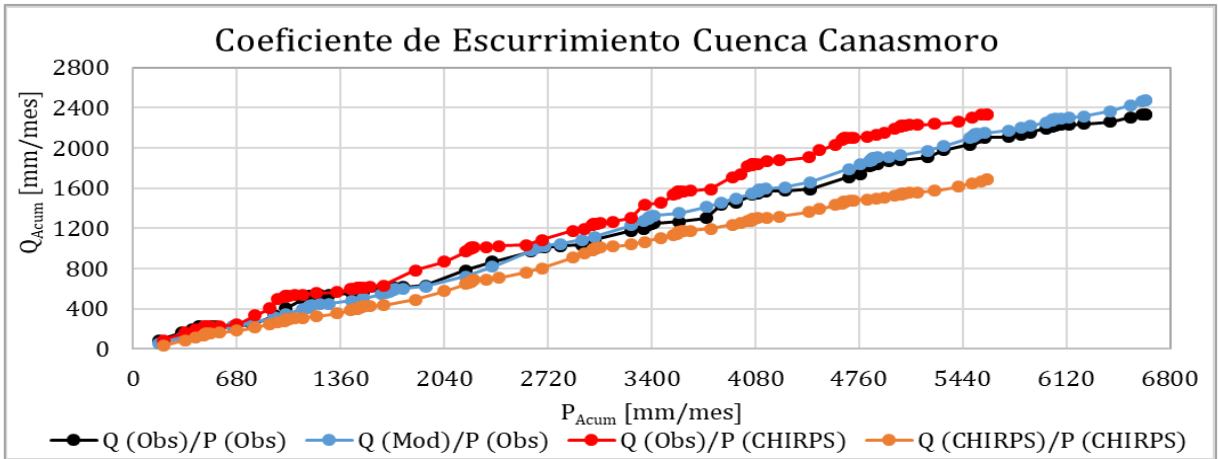


Figura E 4 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Observado, Modelado (Tierra) y fuente satelital CHIRPS, Cuenca Canasmoro, Período 1981 - 1990.

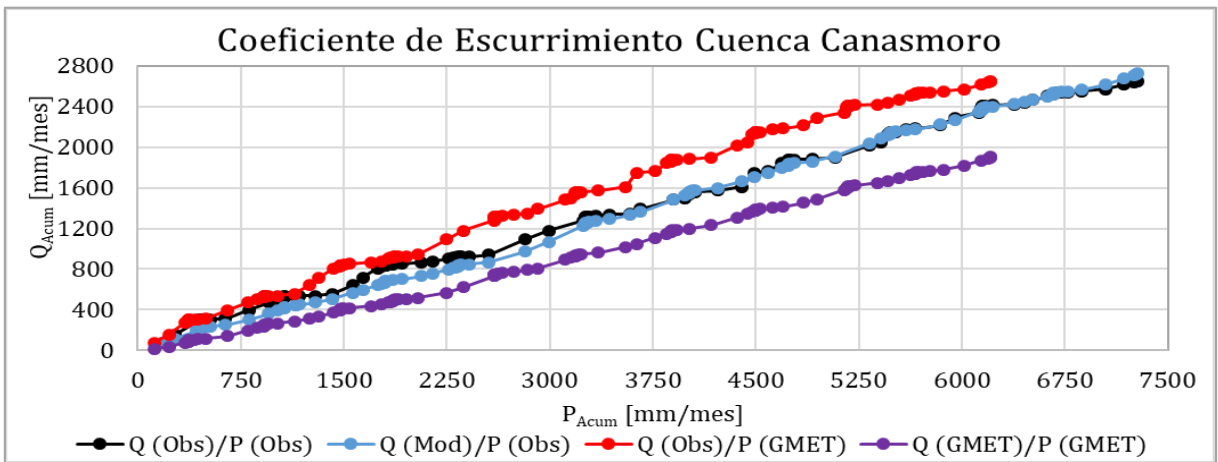


Figura E 5 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Observado, Modelado (Tierra) y Grilla GMET, Cuenca Canasmoro, Período 1980 - 1990.

b. Sella Quebrada

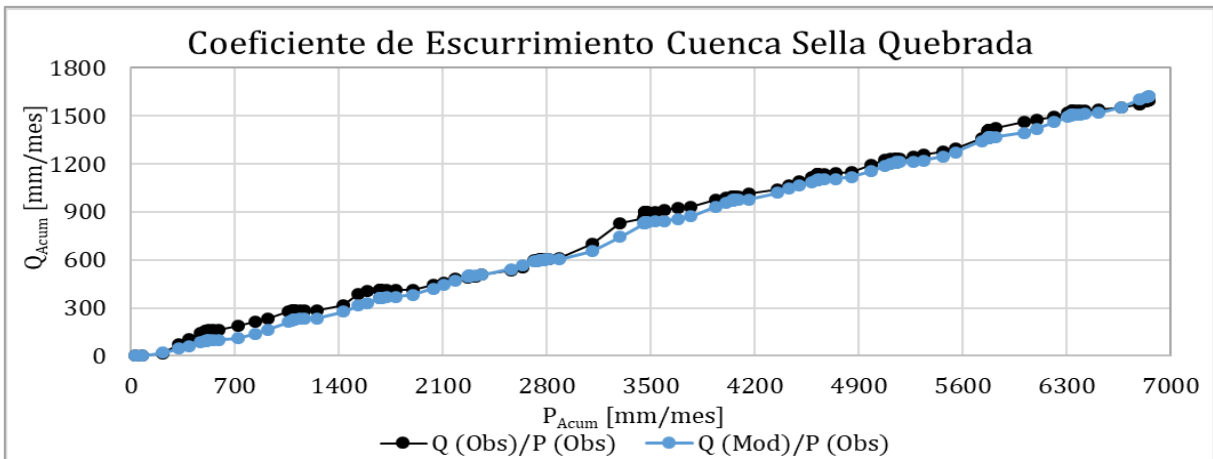


Figura E 6 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Observado y Modelado (Tierra), Cuenca Sella Quebrada, Período 1978 - 1990.

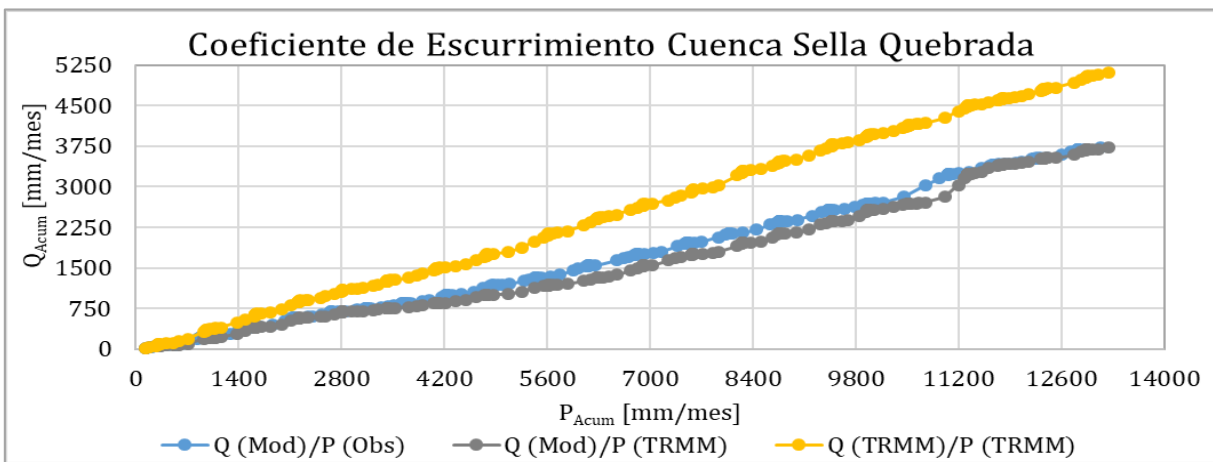


Figura E 7 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Modelado (Tierra) y fuente satelital TRMM, Cuenca Sella Quebrada, Período 1998 - 2019.

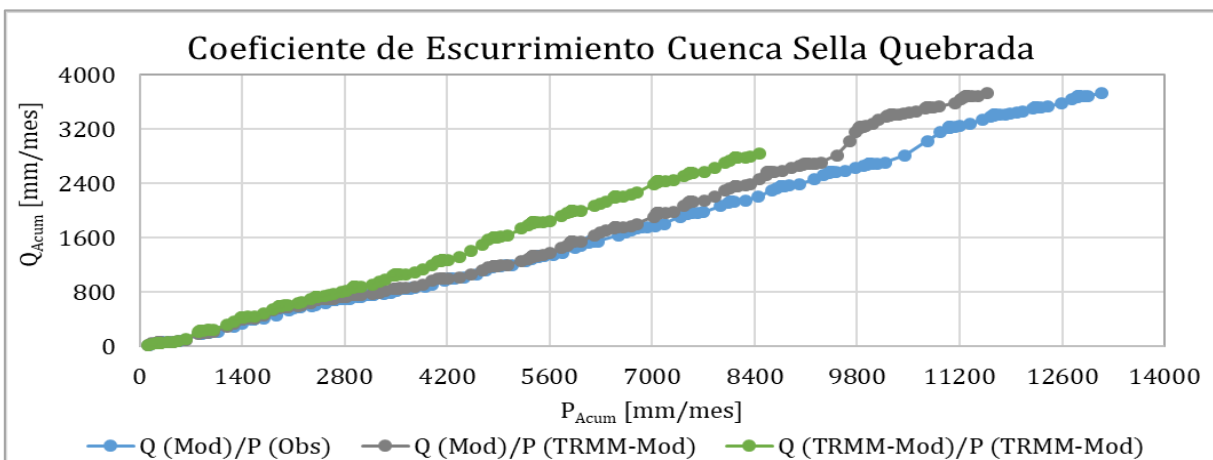


Figura E 8 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Modelado (Tierra) y fuente satelital TRMM-Modificado, Cuenca Sella Quebrada, Período 1998 - 2019.



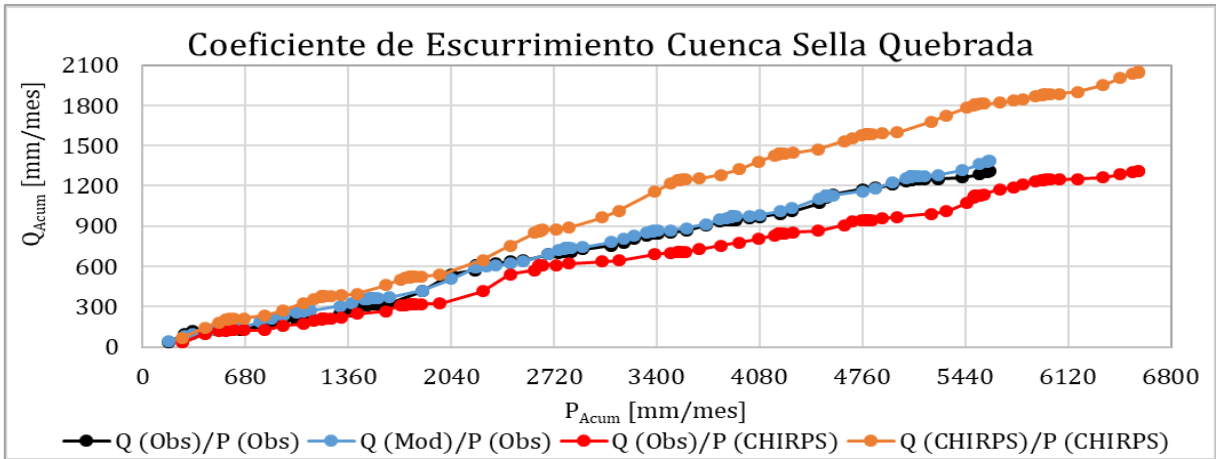


Figura E 9 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Observado, Modelado (Tierra) y fuente satelital CHIRPS, Cuenca Sella Quebrada, Período 1981 - 1990.

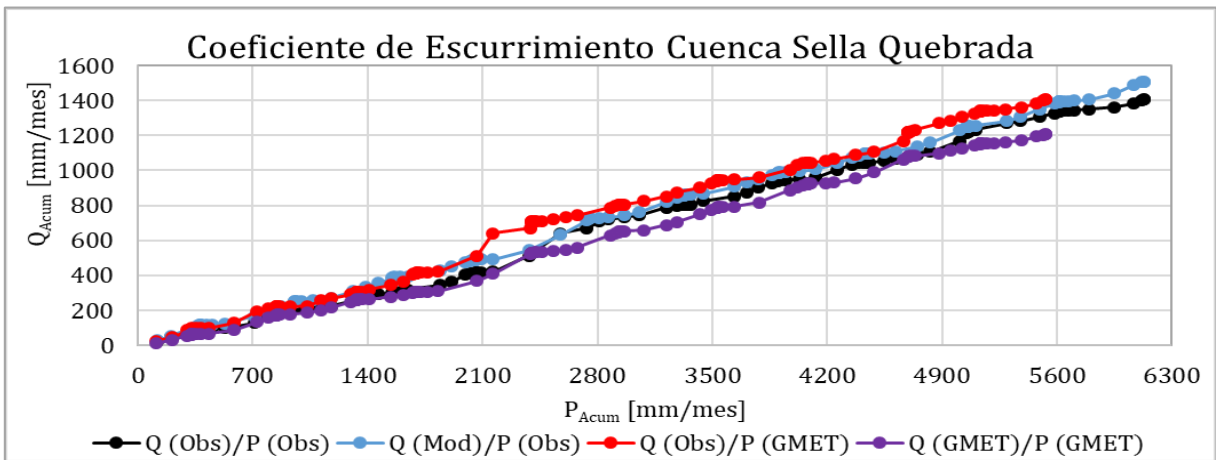


Figura E 10 Gráfica de la pendiente de los coeficientes de escurrimientos, Observado, Modelado (Tierra) y Grilla GMET, Cuenca Sella Quebrada, Período 1980 - 1990.

## Anexo F: Análisis de sensibilidad del sesgo porcentual BIAS

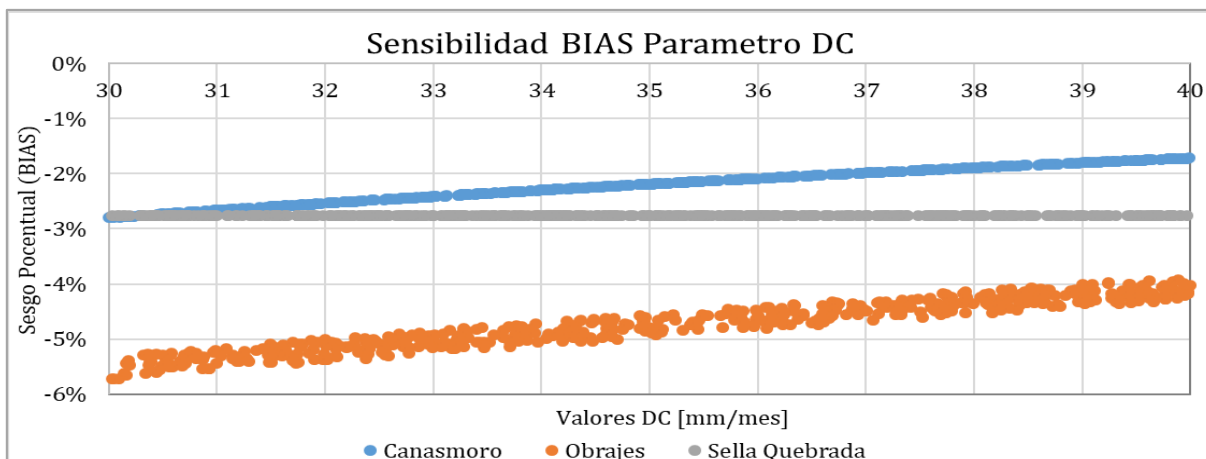


Figura F 1 Gráfica de sensibilidad BIAS vs DC, a nivel estación hidrométrica.

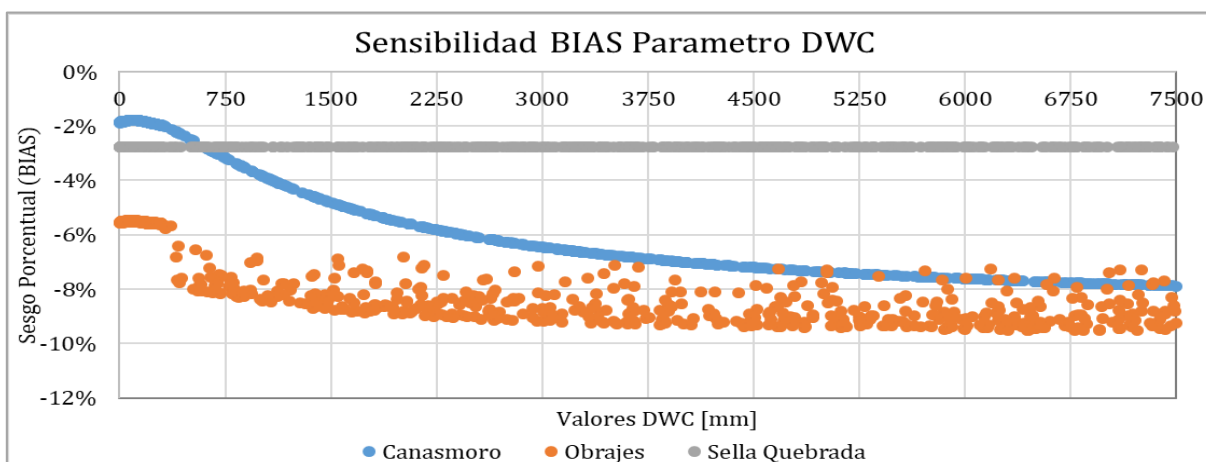


Figura F 2 Gráfica de sensibilidad BIAS vs DWC, a nivel estación hidrométrica.

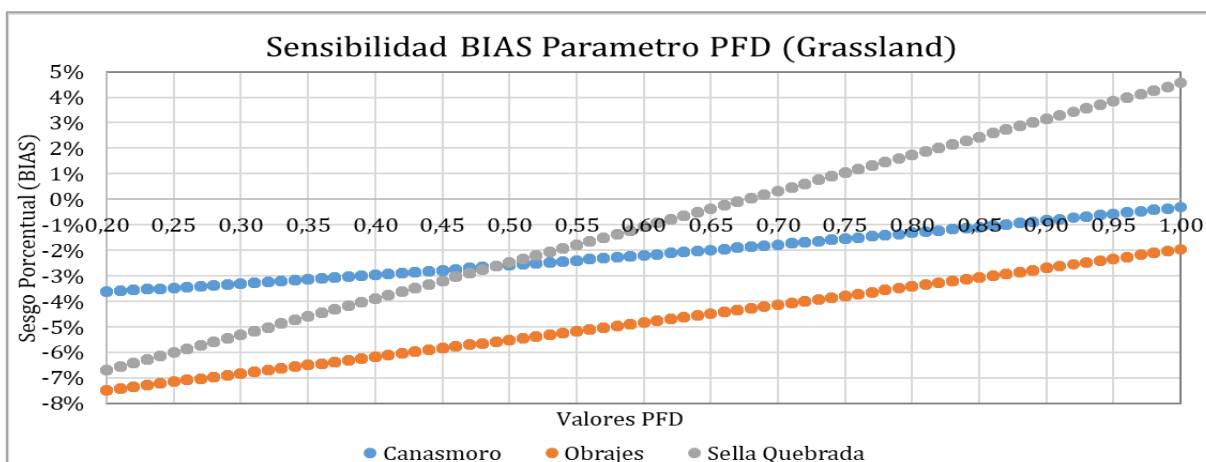


Figura F 3 Gráfica de sensibilidad BIAS vs PFD para la cobertura de vegetación (Grassland), a nivel estación hidrométrica.

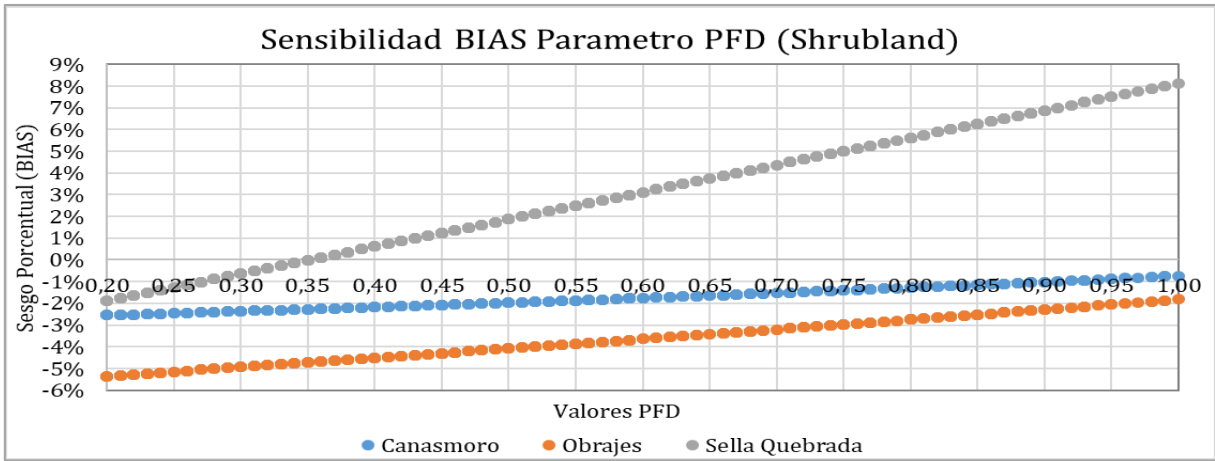


Figura F 4 Gráfica de sensibilidad NASH vs PFD para la cobertura de vegetación (Shrubland), a nivel estación hidrométrica.

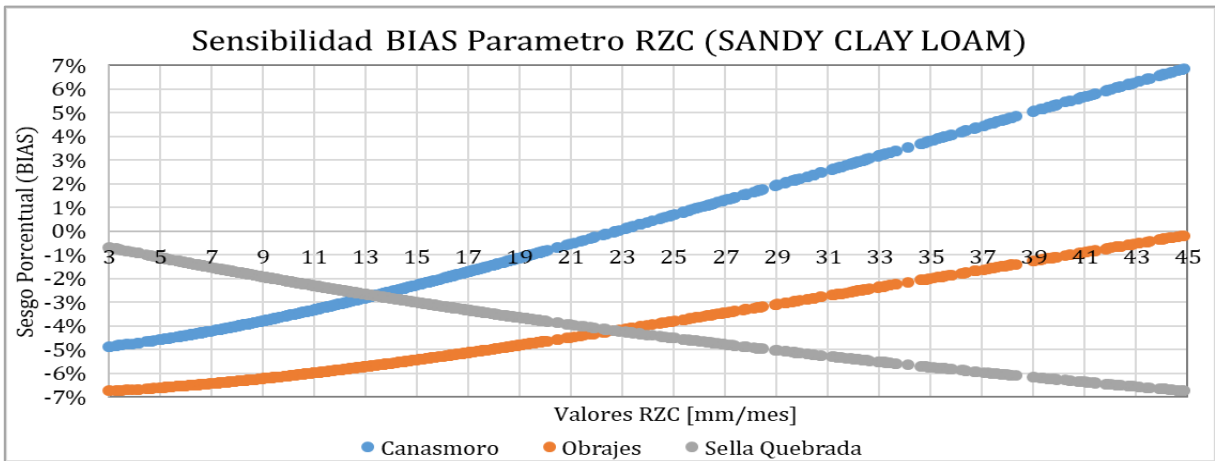


Figura F 5 Gráfica de sensibilidad BIAS vs RZC para la cobertura de suelo (SANDY CLAY LOAM), a nivel estación hidrométrica.

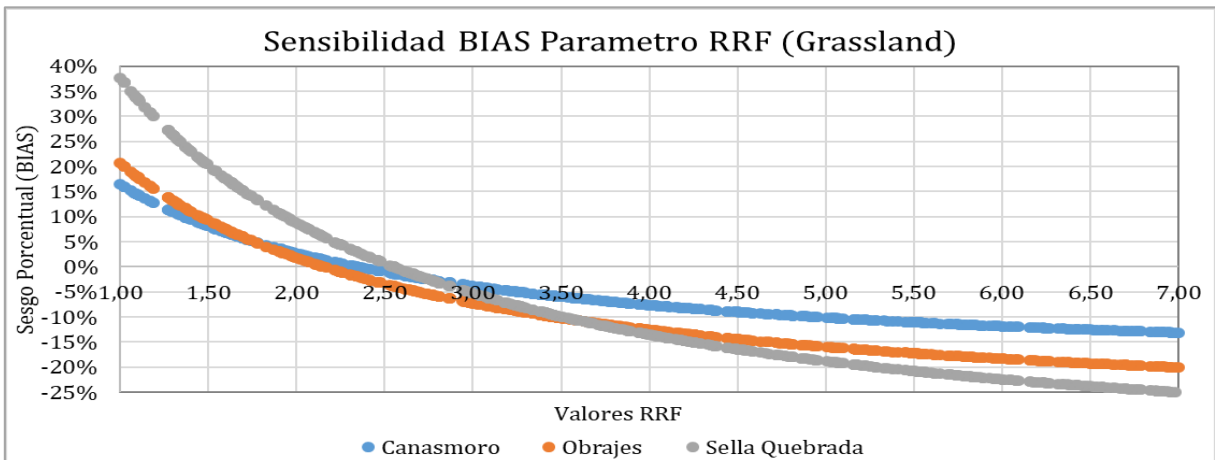


Figura F 6 Gráfica de sensibilidad BIAS vs RRF para la cobertura de vegetación (Grassland), a nivel estación hidrométrica.

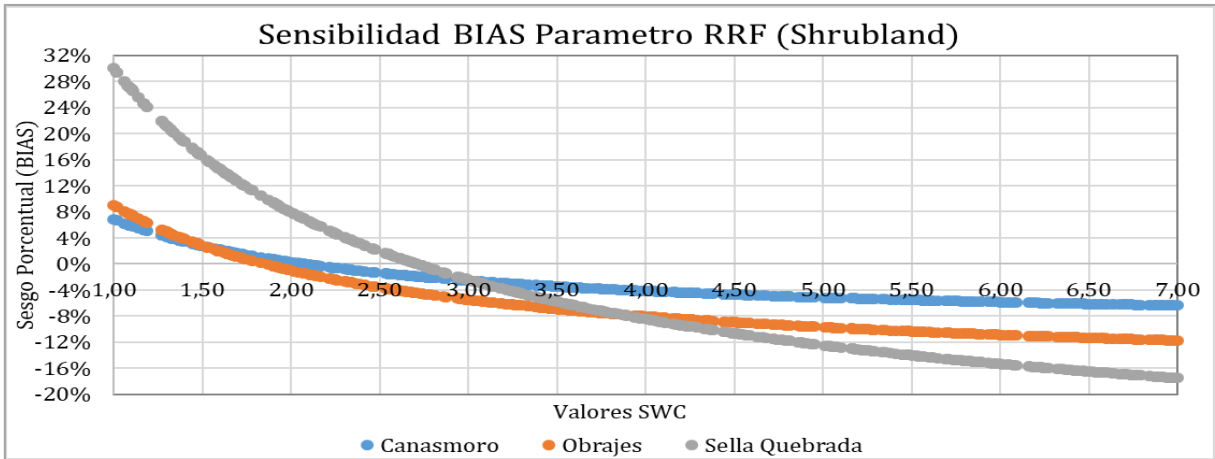


Figura F 7 Gráfica de sensibilidad BIAS vs RRF para la cobertura de vegetación (Shrubland), a nivel estación hidrométrica.

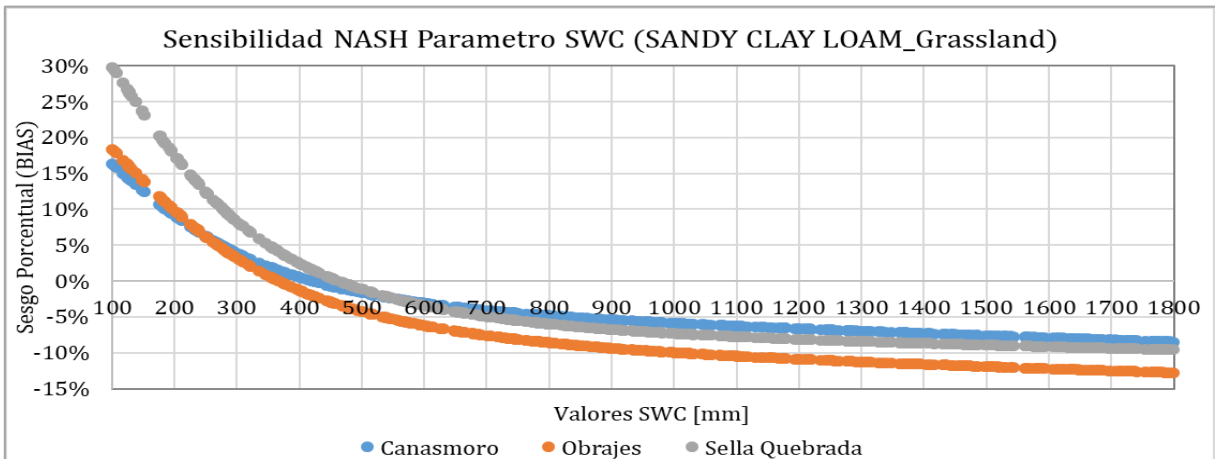


Figura F 8 Gráfica de sensibilidad BIAS vs SWC para la cobertura (SANDY CLAY LOAM\_Grassland), a nivel estación hidrométrica.

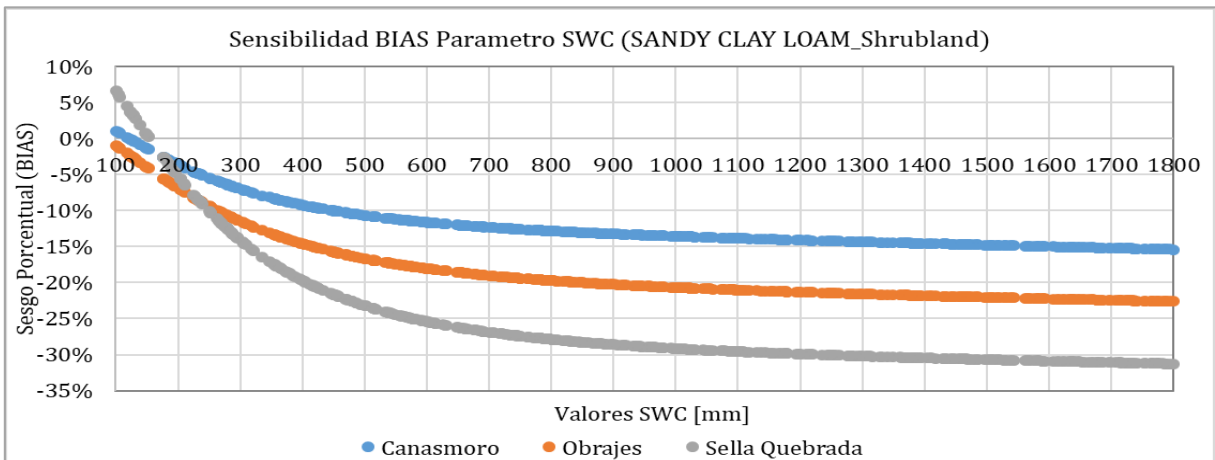


Figura F 9 Gráfica de sensibilidad BIAS vs SWC para la cobertura (SANDY CLAY LOAM\_Shrubland), a nivel estación hidrométrica.

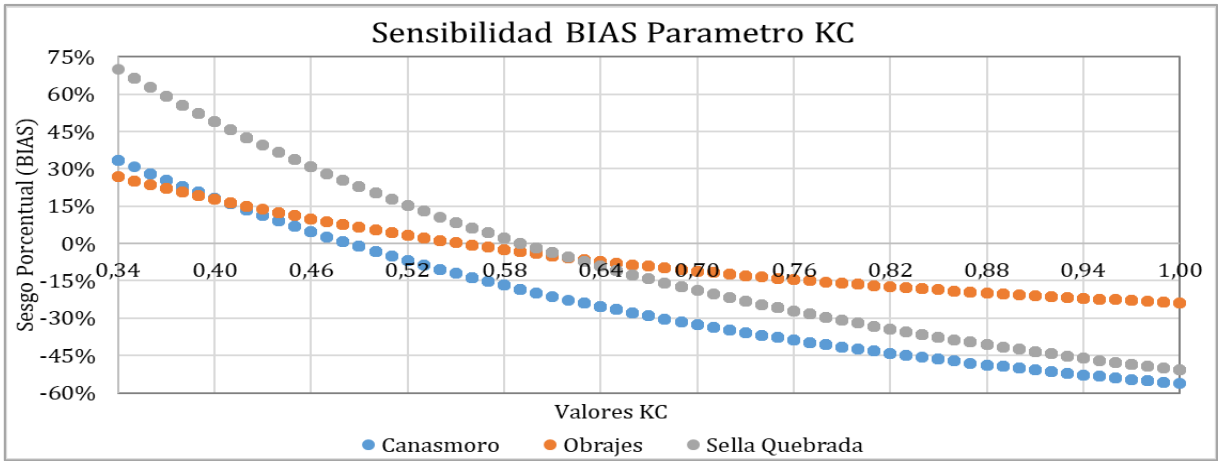


Figura F 10 Gráfica de sensibilidad BIAS vs KC, a nivel estación hidrométrica.