

Figura 4.591 Estación más cercana a la estación " Yasha "

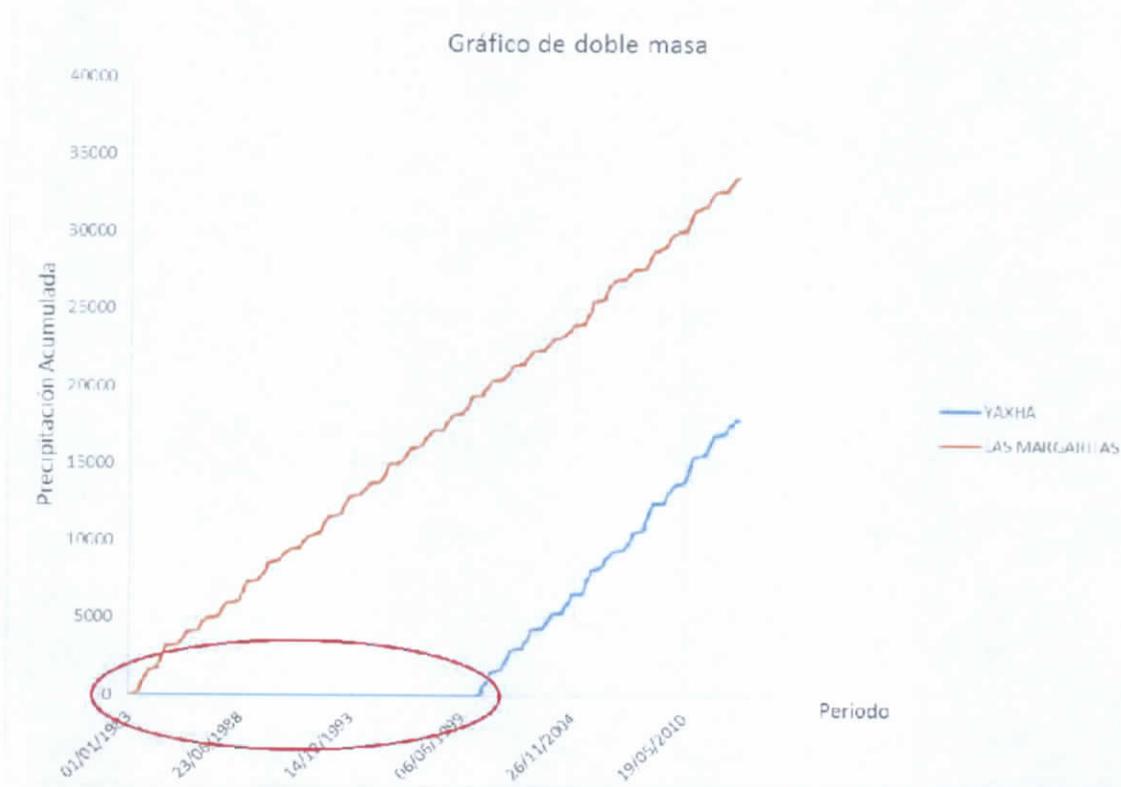


Figura 4.592 Gráfico de doble masa de la estación " Yasha "

Conclusión: Se puede observar en la figura de la estación (línea azul) una ausencia de datos (círculo rojo) al principio del periodo (83-99) lo que modifica la pendiente del periodo de estudio.

4.5.5.132.3 *Análisis Estadístico (Homogeneidad)*

Prueba de t Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba t_d : 3.5208

Grados de libertad v : 28

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.048

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Serie no homogénea

Prueba de Cramer

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico t_w para el 60% de la población: 2.8164

Estadístico t_w para el 30% de la población: 3.0262

Grados de libertad v : 25

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.06

Bloque del 60%

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Serie no homogénea

Bloque del 30%

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Bloque no Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Serie no Homogénea

Prueba de Helmert

Numero de secuencias S: 24

Numero de cambios C: 5

Valor de prueba (S^*-C^*) de Helmer: 19

Valor de tolerancia +/-: 5.3852

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Serie no Homogénea

RESUMEN

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 0

CONCLUSIÓN

Estación NO Homogénea

4.5.5.133 Estación 7392 – Zoológico

Estado: Chiapas

Municipio: Tuxtla Gutierrez

Coordenadas:

Longitud: 184.89

Latitud: 49.84

4.5.5.133.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.593 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 30 años para la estación 7392 – Zoológico.

Años con datos: 29

Años sin datos: 21

VK

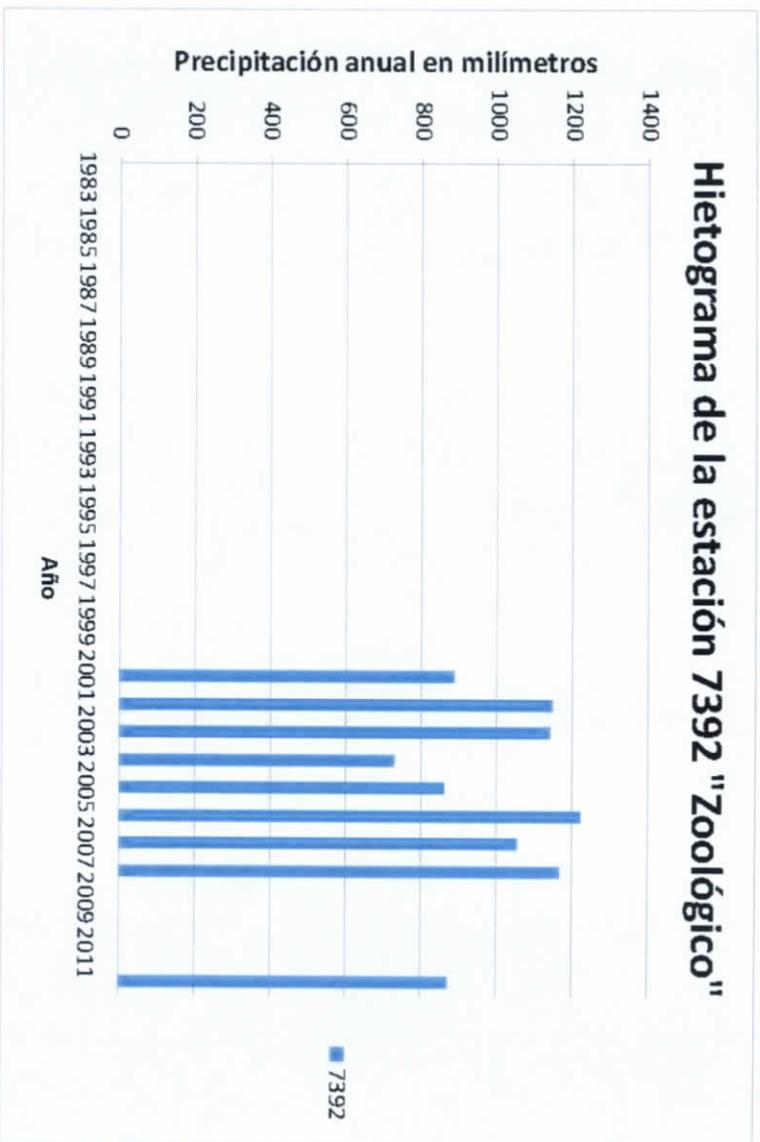


Figura 4.593 Hietograma de la estación 7392

4.5.5.133.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 7134 - Puente colgante.

Distancia a la estación de comparación: 2.6 km



Figura 4.594 Estación más cercana a la estación " Zoológico"

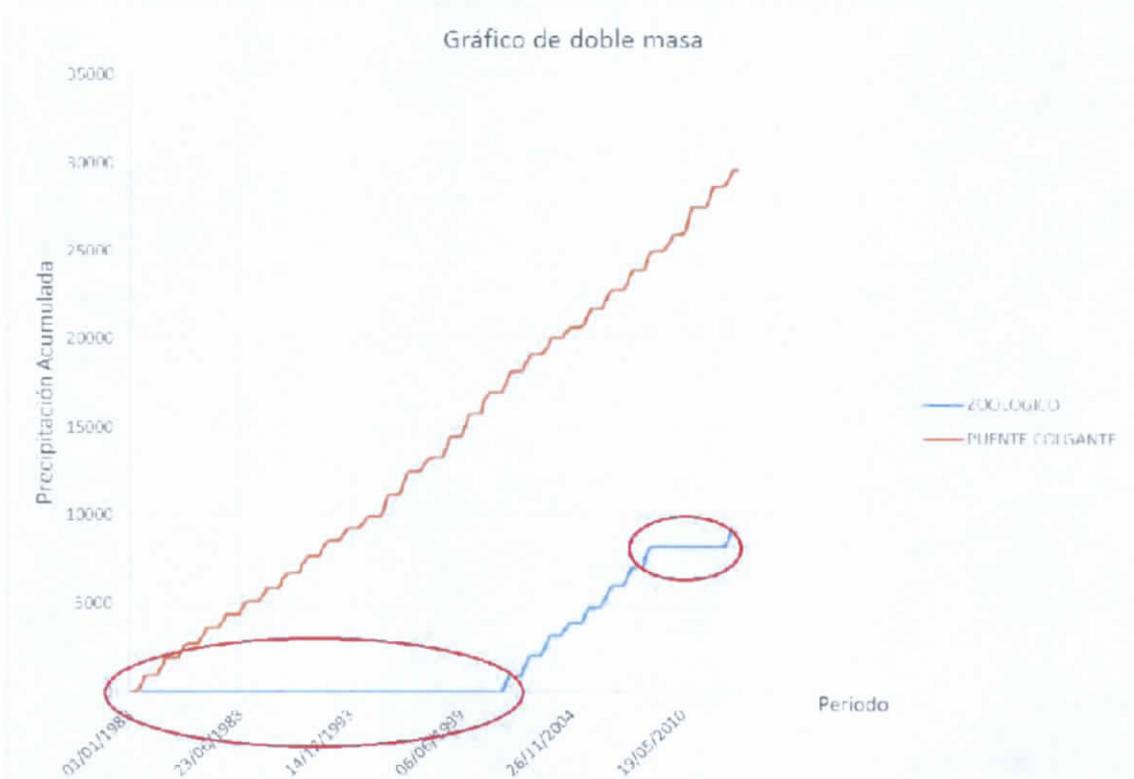


Figura 4.595 Gráfico de doble masa de la estación " Zoológico"

Conclusión: Se puede observar en la gráfica de la estación Zoológico (línea azul) dos periodos de ausencia de datos (círculos rojos) el primero es en el periodo 83 – 00 y el segundo es en el periodo de 09-11, lo que modifica la pendiente de la curva.

VK

4.5.5.133.3 *Análisis Estadístico (Homogeneidad)*

Prueba de t Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba t_d : 0.38222

Grados de libertad v : 28

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.048

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Prueba de Cramer

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico t_w para el 60% de la población: 0.6049

Estadístico t_w para el 30% de la población: 0.65605

Grados de libertad v : 25

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.06

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula H_0

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Prueba de Helmert

Numero de secuencias S : 16

Numero de cambios C : 13

Valor de prueba (S^*-C^*) de Helmert: 3

Valor de tolerancia +/-: 5.3852

Resultado:

ans = 1

Se acepta la hipótesis nula H0

Serie Homogénea

RESUMEN

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3

CONCLUSIÓN

Estación Homogénea

4.5.5.134 Estación 7393 – Finca La Paz

Estado: Chiapas

Municipio: Motozintla

Coordenadas:

Longitud: 169.67

Latitud: 55.62

4.5.5.134.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.596 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 30 años para la estación 7393 – Finca La Paz.

Años con datos: 23

Años sin datos: 7

V4

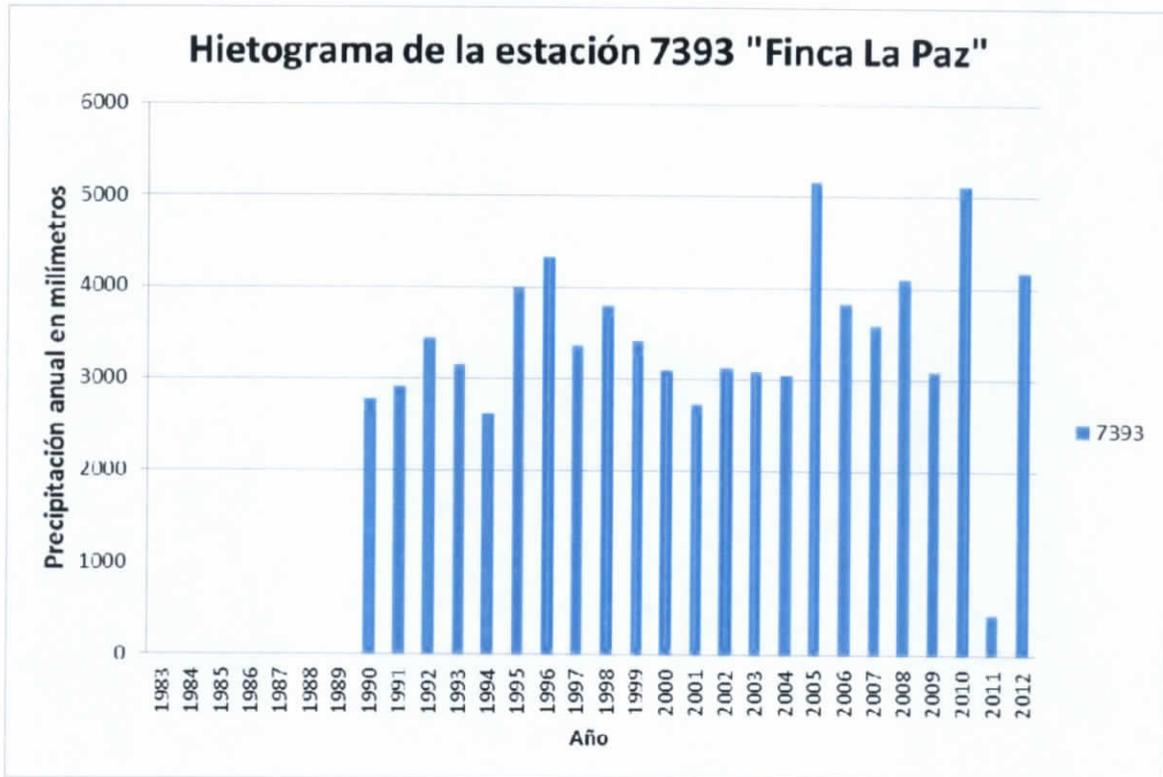


Figura 4.596 Hietograma de la estación 7393

4.5.5.134.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 7348 - Independencia

Distancia a la estación de comparación: 11.01 km

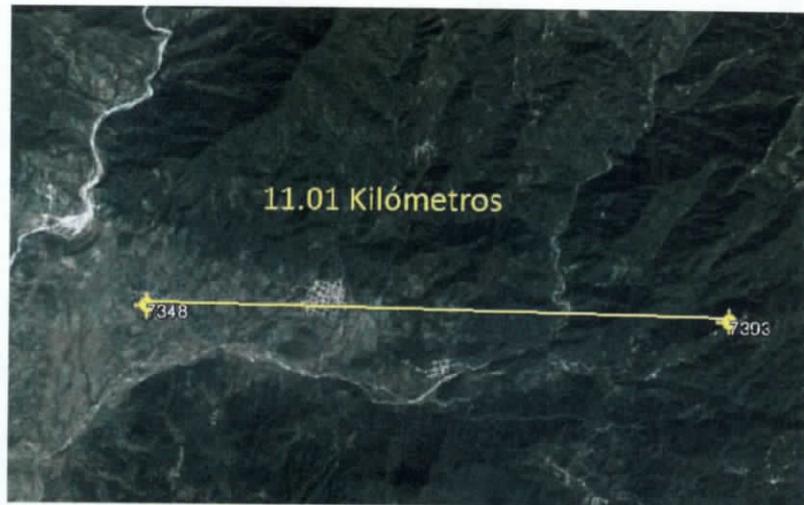


Figura 4.597 Estación más cercana a la estación " Finca La paz"



Figura 4.598 Gráfico de doble masa de la estación " Finca La paz"

Conclusión: Se puede observar en la gráfica de la estación (línea azul) una ausencia de datos (círculo rojo) al principio del periodo de estudio y otro al final en el año de 2009 lo que modifica la pendiente de la curva en este punto del estudio.

Handwritten signature or initials in black ink, located in the bottom right corner of the page.

4.5.5.134.3 *Análisis Estadístico (Homogeneidad)*

Prueba de t Student

dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba t_d : 1.1195

Grados de libertad v : 28

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.048

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Prueba de Cramer

dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico t_w para el 60% de la población: 1.7295

Estadístico t_w para el 30% de la población: 1.1583

Grados de libertad v : 25

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.06

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula H_0

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Prueba de Helmer

Numero de secuencias S : 17

Numero de cambios C : 12

Valor de prueba (S^*-C^*) de Helmer: 5

UF

Valor de tolerancia +/-: 5.3852

Resultado:

ans = 1

Se acepta la hipótesis nula H0

Serie Homogénea

RESUMEN

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas:3

CONCLUSIÓN

Estación Homogénea

4.5.5.135 Estación 7394 – Finca San Cristóbal

Estado: Chiapas

Municipio: Tuzantan

Coordenadas:

Longitud: 167.88

Latitud: 56.84

4.5.5.135.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.599 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 30 años para la estación 7394 – Finca San Cristóbal.

Años con datos: 24

Años sin datos: 6

VF

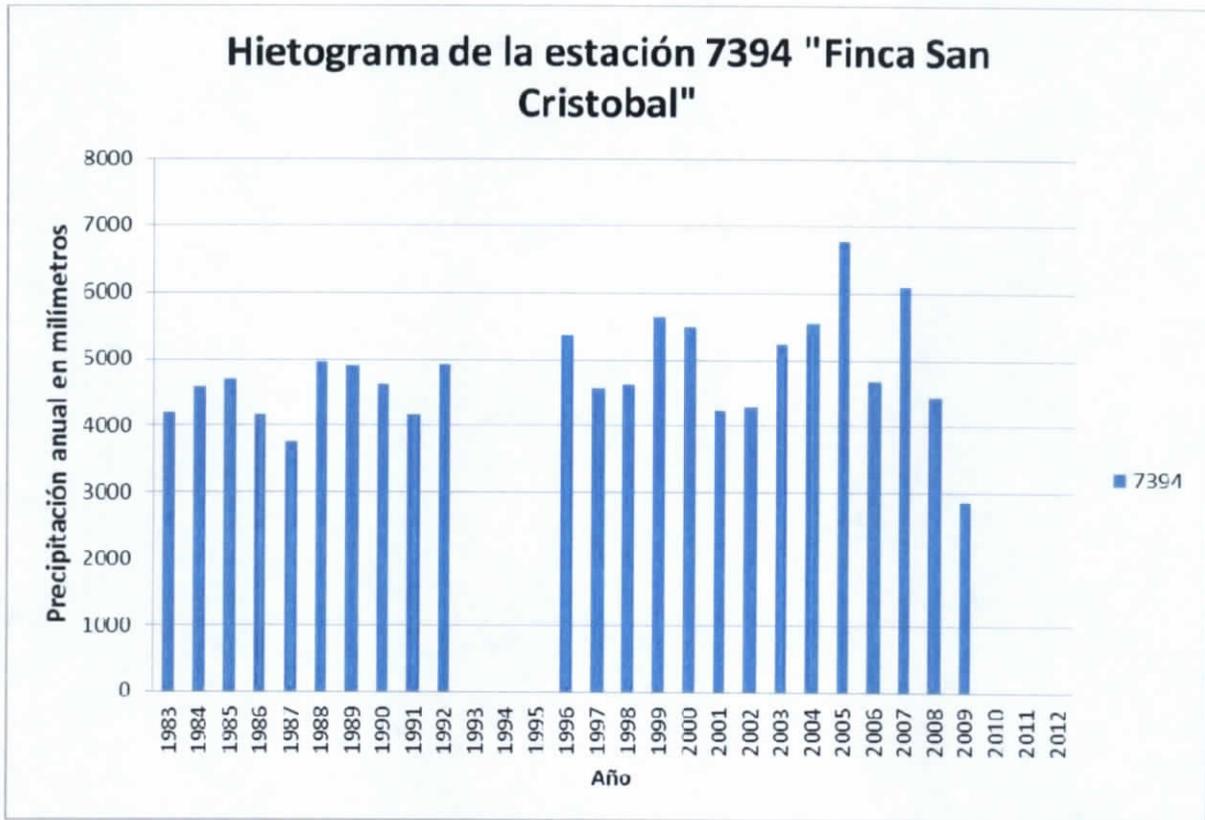


Figura 4.599 Hietograma de la estación 7397

4.5.5.135.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 7061 - Finca Génova

Distancia a la estación de comparación: 4.2 km

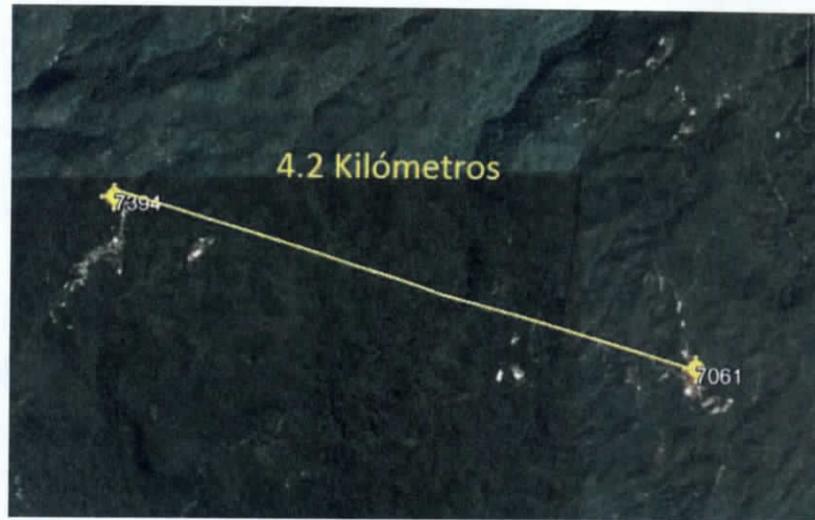


Figura 4.600 Estación más cercana a la estación " Finca San Cristóbal"

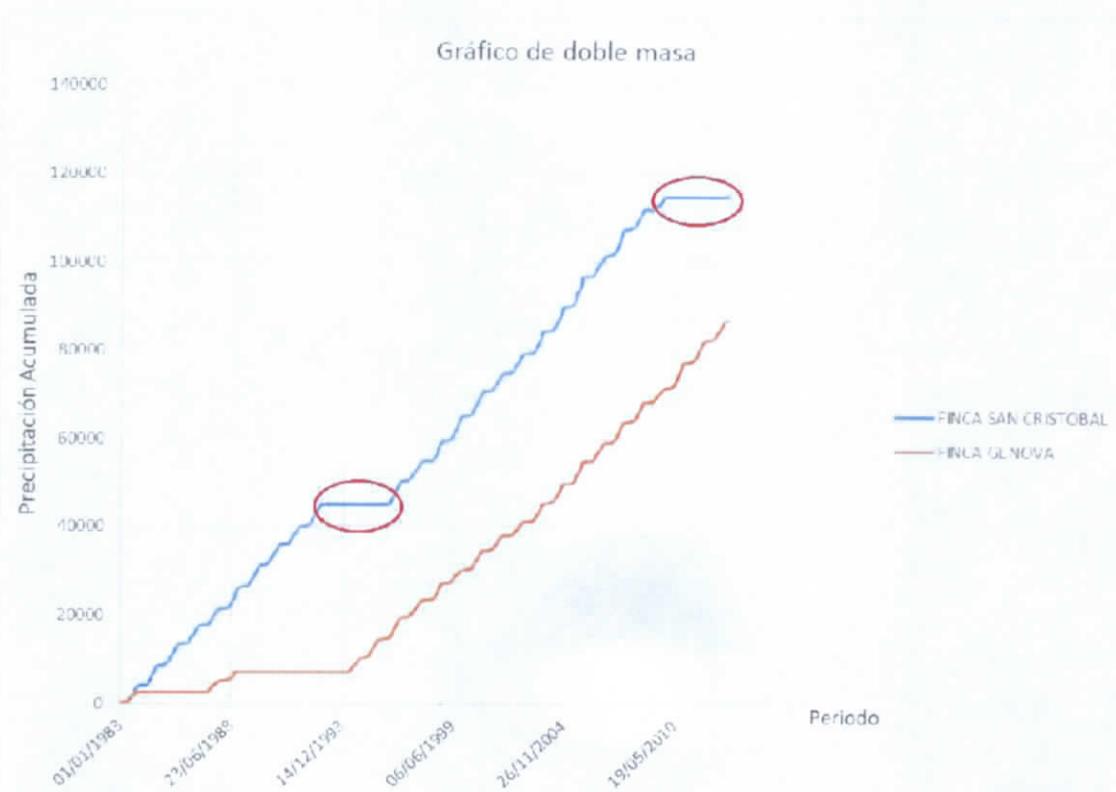


Figura 4.601 Gráfico de doble masa de la estación " Finca San Cristóbal"

Conclusión: Se observa en la gráfica de la estación (línea azul) una pendiente constante hasta los periodos de ausencia de datos (círculos rojos) en los años 93 – 95 y 10-12, lo que modifica su pendiente.

4.5.5.135.3 *Análisis Estadístico (Homogeneidad)*

Prueba de t Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba t_d : 1.7525

Grados de libertad v : 28

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.048

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Prueba de Cramer

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico t_w para el 60% de la población: 2.0652

Estadístico t_w para el 30% de la población: 1.3434

Grados de libertad v : 25

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.06

Bloque del 60%

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Serie no homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula H_0

Bloque Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Serie no Homogénea

Prueba de Helmert

Numero de secuencias S: 17

Numero de cambios C: 12

Valor de prueba (S^*-C^*) de Helmer: 5

Valor de tolerancia +/-: 5.3852

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

RESUMEN

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 2

CONCLUSIÓN

Estación Homogénea

4.5.5.136 Estación 7397 – Presa Portillo

Estado: Chiapas

Municipio: La Concordia

Coordenadas:

Longitud: 176.89

Latitud: 52.615

4.5.5.136.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.602 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 7397 – Presa Portillo.

Años con datos: 8

Años sin datos: 22

VA

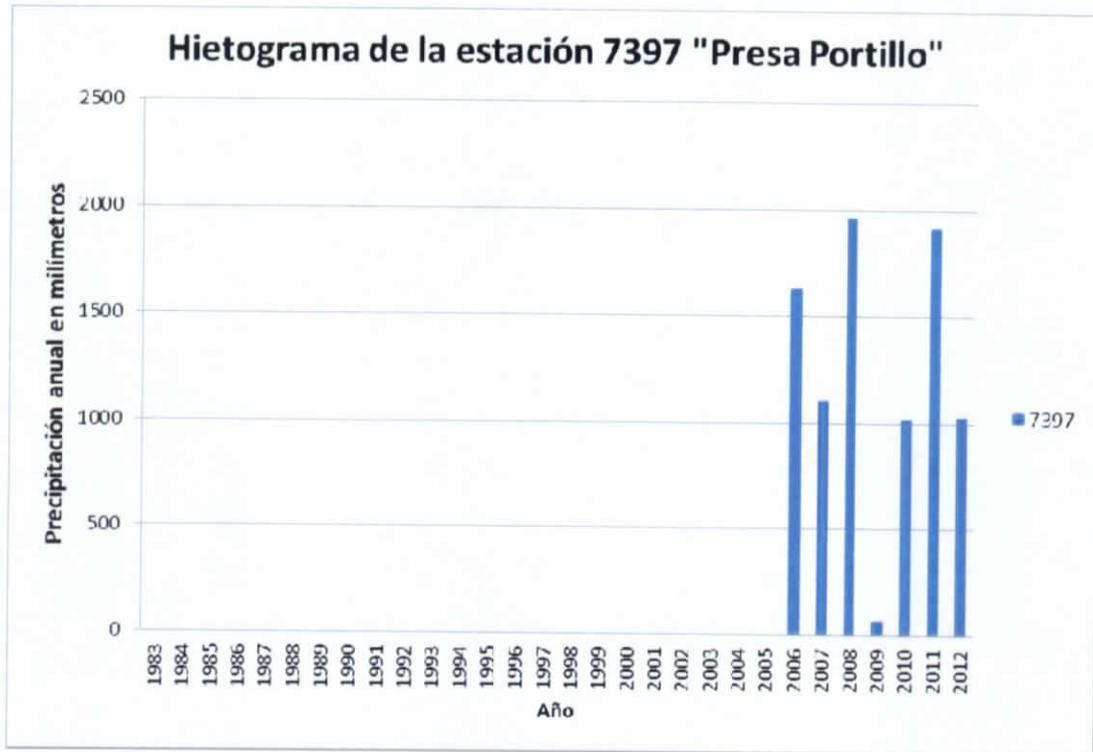


Figura 4.602 Hietograma de la estación 7397

4.5.5.136.2 *Análisis de la Curva Doble Masa*

Estación de comparación: 7342 - Benito Juárez

Distancia a la estación de comparación: 12.88 km

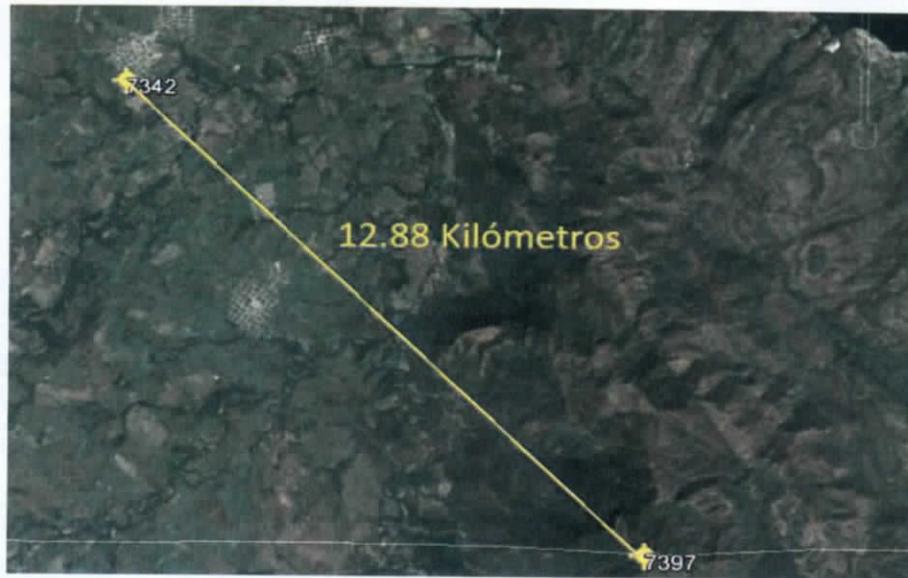


Figura 4.603 Estación más cercana a la estación "Presa Portillo"

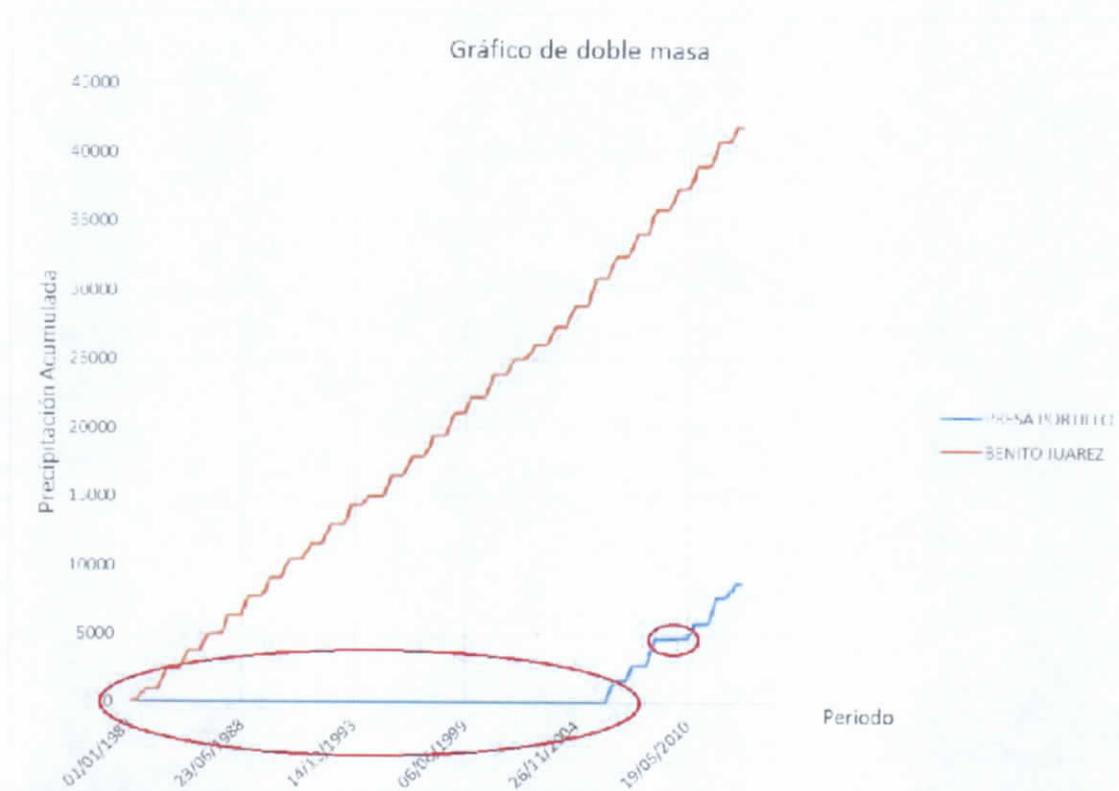


Figura 4.604 Gráfico de doble masa de la estación " Presa Portillo"

Handwritten signature or initials in black ink, located in the bottom right corner of the page.

Conclusión: Se puede observar en la gráfica de la estación (línea azul) dos periodos de ausencia de datos (círculos rojos) en los periodos del 85 – 05 y el 09, lo que modifica la pendiente de la gráfica.

4.5.5.136.3 *Análisis Estadístico (Homogeneidad)*

Prueba de t Student

dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba t_d : 2.0398

Grados de libertad v : 28

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.048

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

Prueba de Cramer

dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico t_w para el 60% de la población: 2.1888

Estadístico t_w para el 30% de la población: 1.623

Grados de libertad v : 25

Valor de t_c de la distribución t de Student para dos colas: 2.06

Bloque del 60%

Se rechaza la hipótesis nula H_0

Serie no homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula H_0

Bloque Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula H_0

UF

Serie no Homogénea

Prueba de Helmert

Numero de secuencias S: 16

Numero de cambios C: 13

Valor de prueba (S^*-C^*) de Helmert: 3

Valor de tolerancia +/-: 5.3852

Resultado:

ans = 1

Se acepta la hipótesis nula H_0

Serie Homogénea

RESUMEN

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 2

CONCLUSIÓN

Estación Homogénea

4.5.5.137 Resumen del Análisis Estadístico -Chiapas (Prueba de Homogeneidad)

En la Tabla 4.13 se enlistan las 136 estaciones climatológicas del estado de Chiapas a las cuales se le aplicaron la prueba de homogeneidad. De estas 136 estaciones, 102 son homogéneas y 34 No homogéneas; a estas últimas se les aplicó un análisis estadístico con periodos menores, para conocer la posible causa de la No Homogeneidad.

Tabla 4.16.- Resumen de los resultados de la prueba de homogeneidad (Continúa en la pág. 816 y termina en la pág. 819)

No.	ESTACION	NOMBRE	Prueba de Homogeneidad
1	7002	ABELARDO L. RODRIGUEZ	Homogénea
2	7003	ACALA	Homogénea
3	7006	ALTAMIRANO (SMN)	Homogénea
4	7007	AMATENANGO DEL VALLE	Homogénea
5	7012	FINCA ARGOVIA	Homogénea

JH

No.	ESTACION	NOMBRE	Prueba de Homogeneidad
6	7015	BOCHIL	No Homogénea
7	7018	CACAOATAN	Homogénea
8	7021	CATARINITAS	No Homogénea
9	7022	PLAYAS DE CATAZAJA	Homogénea
10	7028	CHACAMAX	Homogénea
11	7030	SAN JUAN CHAMULA	Homogénea
12	7031	CHANAL	Homogénea
13	7034	VILLA DE CHIAPILLA	Homogénea
14	7035	CHICOASEN (CFE)	Homogénea
15	7036	CHILIL	Homogénea
16	7037	FINCA CUXTEPEQUES	Homogénea
17	7038	DESPOBLADO	Homogénea
18	7039	EL BOQUERON	Homogénea
19	7040	EL BURRERO	Homogénea
20	7045	EL DORADO	Homogénea
21	7050	EL PROGRESO	Homogénea
22	7053	ESCUINTLA (DGE)	Homogénea
23	7054	FINCA A. PRUSIA	Homogénea
24	7055	FINCA CHAYABE	Homogénea
25	7057	FINCA CHICHARRAS	Homogénea
26	7061	FINCA HAMBURGO	No Homogénea
27	7062	FINCA LA SOLEDAD	Homogénea
28	7065	FINCA OCOTLAN	Homogénea
29	7067	FRONTERA AMATENANGO	Homogénea
30	7068	FRONTERA HIDALGO	No Homogénea
31	7069	GRIJALVA	Homogénea
32	7070	GUADALUPE GRIJALVA	Homogénea
33	7071	GUAQUITEPEC	Homogénea
34	7077	HUIXTLA	Homogénea
35	7078	IGNACIO LOPEZ RAYON	Homogénea
36	7085	PALENQUE (DGE)	No Homogénea
37	7086	LA ANGOSTURA (CFE)	Homogénea
38	7087	LA CABAÑA	Homogénea
39	7094	LA MESILLA	Homogénea
40	7097	LA PROVIDENCIA	Homogénea
41	7100	LA UNION	Homogénea
42	7102	LAS FLORES II	Homogénea
43	7104	LAS MARGARITAS	Homogénea

Continúa en la pág. 817

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA
POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA
(PROHTAB)

No.	ESTACION	NOMBRE	Prueba de Homogeneidad
44	7105	LAS NUBES	No Homogénea
45	7113	MAPASTEPEC	No Homogénea
46	7114	YAQUINTELA	No Homogénea
47	7116	MEDIO MONTE	Homogénea
48	7117	METAPA DE DOMINGUEZ	No Homogénea
49	7119	MOTOZINTLA (SMN)	Homogénea
50	7123	OCOZOCOAUTLA	Homogénea
51	7125	OXCHUC	No Homogénea
52	7128	PICHUCALCO (SMN)	Homogénea
53	7129	PIJIJAPAN	No Homogénea
54	7132	PORTACELI	Homogénea
55	7134	PUENTE COLGANTE	Homogénea
56	7135	PUENTE CONCORDIA (CFE)	No Homogénea
57	7141	SALTO DE AGUA (DGE)	Homogénea
58	7145	SAN FRANCISCO	No Homogénea
59	7146	SAN JERONIMO	No Homogénea
60	7147	SAN JOAQUIN	Homogénea
61	7153	SANTA CRUZ	Homogénea
62	7156	SANTA MARIA	No Homogénea
63	7157	SANTO DOMINGO	No Homogénea
64	7160	SIMOJOVEL (DGE)	Homogénea
65	7162	SOYALO	Homogénea
66	7164	TAPACHULA (OBS)	No Homogénea
67	7165	TUXTLA GUTIERREZ (OBS)	Homogénea
68	7166	TALISMAN I	Homogénea
69	7167	TAPILULA	Homogénea
70	7168	TONALA (DGE)	Homogénea
71	7172	UNION JUAREZ	Homogénea
72	7173	VENUSTIANO CARRANZA (CFE)	Homogénea
73	7175	VILLAFLORES (SMN)	Homogénea
74	7176	TUXTLA GUTIERREZ (CFE)	Homogénea
75	7180	JALTENANGO	No Homogénea
76	7182	ARRIAGA (DGE)	Homogénea
77	7186	FINCA EL ESCALON	Homogénea
78	7190	LA TRINITARIA	Homogénea
79	7191	MALPASO	No Homogénea
80	7198	SIMOJOVEL (SMN)	Homogénea
81	7200	TAPACHULA (DGE)	Homogénea

Continúa en la pág. 818

UK

No.	ESTACION	NOMBRE	Prueba de Homogeneidad
82	7202	TUXTLA GUTIERREZ (DGE)	Homogénea
83	7205	COMITAN (DGE)	Homogénea
84	7207	LARRAINZAR	Homogénea
85	7208	NOVILLERO	No Homogénea
86	7217	SOLOSUCHIAPA	Homogénea
87	7224	CHICOMUSELO	Homogénea
88	7226	REFORMA II (CFE)	Homogénea
89	7228	TRES PICOS	Homogénea
90	7229	SANTO DOMINGO (CFE)	Homogénea
91	7230	SAN MIGUEL (CFE)	Homogénea
92	7238	EL SABINAL	Homogénea
93	7239	VILLA DE ACALA (CFE)	Homogénea
94	7319	SAN FERNANDO	Homogénea
95	7320	SALVACION	No Homogénea
96	7326	MAZATAN	Homogénea
97	7327	URSULO GALVAN	Homogénea
98	7329	CASCAJAL	Homogénea
99	7330	SOYATITAN	Homogénea
100	7331	VILLA LAS ROSAS	No Homogénea
101	7332	CRISTOBAL OBREGON	Homogénea
102	7333	BUENOS AIRES	No Homogénea
103	7335	QUERETARO	Homogénea
104	7336	PLAN DE IGUALA	Homogénea
105	7337	LACANTUN (CFE)	No Homogénea
106	7339	EL PORVENIR	Homogénea
107	7342	BENITO JUAREZ	Homogénea
108	7343	CUAUHTEMOC	No Homogénea
109	7344	EJIDO IBARRA	No Homogénea
110	7348	INDEPENDENCIA	No Homogénea
111	7349	MONTERREY	Homogénea
112	7355	UNION ZARAGOZA	Homogénea
113	7358	FLORES MAGON	Homogénea
114	7360	LUIS ESPINOSA	Homogénea
115	7362	ROSENDO SALAZAR	Homogénea
116	7365	OCOTEPEC	Homogénea
117	7366	GRIJALVA (CFE)	Homogénea
118	7367	SAYULA (CFE)	Homogénea
119	7369	TZINBAC (CFE)	Homogénea

Continúa en la pág. 819

UF

No.	ESTACION	NOMBRE	Prueba de Homogeneidad
120	7370	ADOLFO RUIZ CORTINEZ	Homogénea
121	7372	BERRIOZABAL	Homogénea
122	7373	TZONTEHUITZ	No Homogénea
123	7374	LA ESPERANZA	Homogénea
124	7376	FRANCISCO I. MADERO	No Homogénea
125	7380	LAS BRISAS	No Homogénea
126	7383	NUEVA PALESTINA	No Homogénea
127	7385	PUEBLO VIEJO	Homogénea
128	7386	SAN ISIDRO	No Homogénea
129	7388	SANTA LUCIA	No Homogénea
130	7389	SITALA	Homogénea
131	7390	CACALUTA	Homogénea
132	7391	YASHA	No Homogénea
133	7392	ZOOLOGICO	Homogénea
134	7393	FINCA LA PAZ	Homogénea
135	7394	FINCA SAN CRISTOBAL	Homogénea
136	7397	PRESA PORTILLO	Homogénea

Continuación de la tabla 4.16 pág. 815

4.5.5.137.1 *Análisis estadístico con periodos menores, para conocer la posible causa de la No Homogeneidad*

Revisión de cambios de tendencia y puntos extraños de las estaciones con inconsistencias en los análisis de homogeneidad

Justificación

Debido a que con las pruebas de homogeneidad de Hermert, t de Student y Cramer, en combinación con los resultados de la aplicación de la técnica de doble masa realizada para el análisis de consistencia de los datos en las estaciones 27003, 27012, 27028, 27051, 27076, 27078, 27088, 27092 y 27095 presentan resultados de las pruebas estadísticas que revelan inconsistencias en sus series de datos, fue necesario realizar una revisión detallada de estas series para entender el origen de las inconsistencias encontradas.

Marco Teórico

UK

Para un análisis a detalle de las series de precipitación máxima en 24 horas se realizaron diferentes pruebas estadísticas. La elección de que pruebas aplicar para cada estación fue realizada de acuerdo a la interpretación de los resultados precedentes obtenidos. La metodología de los estudios realizados se presenta a continuación.

Prueba estadística no paramétrica de Mann-Kendall

La prueba de Mann-Kendall^{3 4} ha sido ampliamente utilizada para probar la tendencia de la series de tiempo de tipo climático. La prueba es del tipo no paramétrica que asume que las observaciones de una serie n de datos (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) son independientes e idénticamente distribuidos, y supone la aceptación previa de la hipótesis nula H_0 , que supone la no existencia de tendencia.

Esta prueba se define con la expresión siguiente:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(Q_j - Q_k)$$

Donde

$$\text{sgn}(Q_j - Q_k) = \begin{cases} 1 \rightarrow (Q_j - Q_k) > 0 \\ 0 \rightarrow (Q_j - Q_k) = 0 \\ -1 \rightarrow (Q_j - Q_k) < 0 \end{cases}$$

De acuerdo con H_0 la distribución S es normal en el límite cuando $n \rightarrow \infty$, la media de la varianza de S , considerando que puede haber nodos en las series Q , son:

$E[S] = 0$ y

$$\text{var}[S] = \frac{[n(n - 2n + 5) - \sum_t t(t - 1)(2t + 5)]}{18}$$

Donde t es la longitud de alguna cola y \sum_t denota a la sumatoria de todos los datos iguales, asunción de la normalidad de S se encuentra aún para una n pequeña ($n=10$), son una correlación de ± 1 y la variación estándar típica es utilizada para probar la hipótesis.

³ Mann, 1945

⁴ Kendall, 1975

UF

$$Z = \left\{ \begin{array}{l} \frac{s-1}{[\text{var}(s)]^{\frac{1}{2}}} \rightarrow s > 0 \\ 0 \rightarrow s = 0 \\ \frac{s+1}{[\text{var}(s)]^{\frac{1}{2}}} \rightarrow s < 0 \end{array} \right\}$$

En una prueba de dos lados para tendencias, la hipótesis nula es rechazada en un nivel de significancia de α si $|Z| > Z_{(1-\alpha/2)}$, donde $Z_{(1-\alpha/2)}$ es el valor de la distribución normal que excede a $\alpha/2$. Un valor positivo de Z indica una tendencia ascendente; un valor negativo indica una tendencia descendente en la serie de tiempo evaluada.

La presencia de una tendencia estadísticamente significativa es evaluada usando el valor de Z, que tienen una distribución normal. Un valor positivo (negativo) de Z indica tendencia creciente (decreciente).

Análisis de puntos extraños (Outliers)

Un outlier es una observación que se desvía significativamente del conjunto de los datos, lo cual se debe a la colección de información o a causas naturales. Los outliers causan serias modificaciones en el análisis de frecuencias para detectarlos se puede emplear la prueba de Grubbs y Beck que se determina como:

$$x_H = \exp(\bar{x} + k_N s)$$

$$x_L = \exp(\bar{x} - k_N s)$$

Donde \bar{x} y s son la media y desviación estándar de los logaritmos naturales de la muestra respectivamente, y k_N es el estadístico G-B tabulado para varios tamaños de muestra y niveles de significancia por Grubbs y Beck (1972). Para un nivel de significancia de 10%, es usada la siguiente aproximación propuesta por Pilon et. al. (1985), donde N es el tamaño de la muestra.

$$k_N = -3.62201 + 6.28466N^{\frac{1}{4}} - 2.49835N^{\frac{1}{2}} + 0.491436N^{\frac{3}{4}} - 0.037911N$$

Valores de la muestra que sobrepasen el valor de x_H son considerados como puntos atípicos altos, mientras que valores menores que el límite x_L son considerados puntos atípicos bajos.

VF

Comparación de curvas masas

La curva de doble masa se utiliza para comprobar la consistencia de muchos tipos de datos hidrológicos por fecha de comparación para una sola estación con la de un patrón compuesto de los datos de varias otras estaciones en el área. La gráfica de los datos acumulados de una variable frente a los datos acumulados de una variable relacionada es una línea recta siempre que la relación entre las variables es una proporción fija. Las interrupciones de la curva de doble masa de tales variables son causadas por cambios en la relación entre las variables. Estos cambios pueden deberse a cambios en el método de recogida de datos o a los cambios físicos que afectan a la relación.

Análisis de la variación espacial de la precipitación

Diversos factores determinan la variación de la precipitación en el espacio. En general los principales factores que influyen son: la latitud, la distancia a los frentes de humedad (mar, etc.) y la fisiografía de la región.

La hipótesis a verificar fue que la precipitación debería variar gradualmente con la latitud. Esta relación se distorsiona debido a la influencia de una serie de factores; regímenes de viento, distribución de masas continentales y mares, corrientes marinas, etc.

Con respecto a la influencia de la distancia a las fuentes de humedad, puede decirse que en general las precipitaciones tienden a ser mayores en regiones cercanas al mar. Por supuesto existen otros factores que pueden modificar esta relación general. Los principales son la influencia del régimen de vientos, barreras orográficas, relieve y perturbaciones asociadas con frentes (desplazamiento de los frentes ecuatoriales y polares, por ejemplo).

Análisis de la series de precipitación máxima en 24 horas

7015 BOCHIL

La estación Bochil presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1997 y 2009 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores.

VF

La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.605.

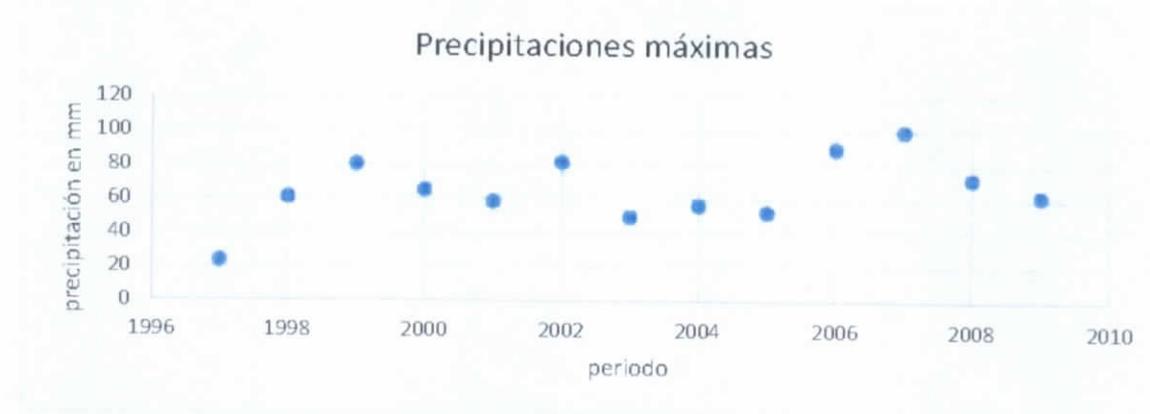


Figura 4.605 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Bochil

Tabla 4.17 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Bochil

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1997	23.4
1998	60.8
1999	80.5
2000	65.2
2001	58.4
2002	81.4
2003	49.5
2004	56.4
2005	52.5
2006	89.9
2007	100.2
2008	72.5
2009	62.4

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

VF

7021 CATARINITAS

La estación catarinitas presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1999 y 2003 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.606.

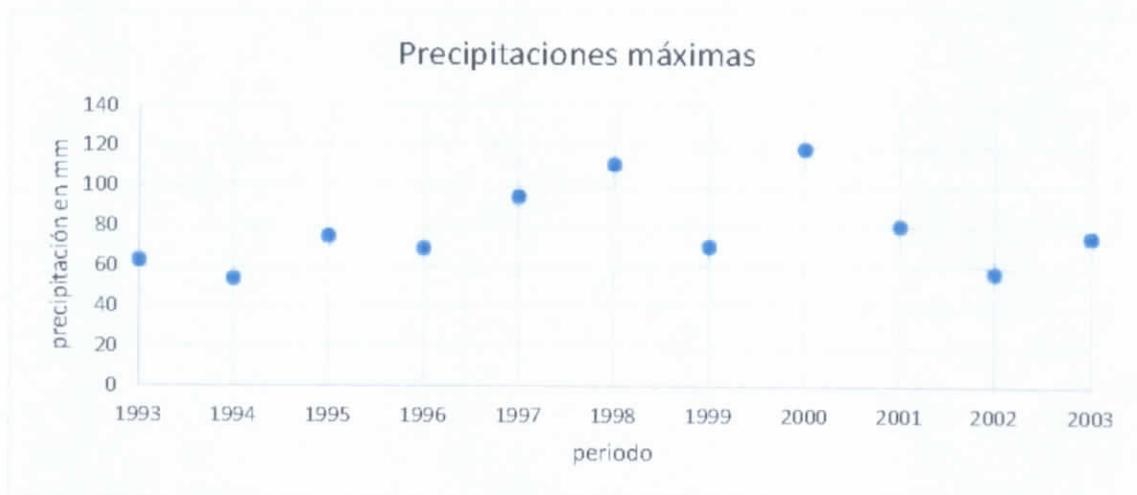


Figura 4.606 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Catarinitas

Tabla 4.18 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Catarinitas

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1993	63
1994	53.9
1995	75
1996	69.1
1997	95
1998	111.1
1999	70
2000	119
2001	80.5
2002	57
2003	75

UK

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7061 FINCA HAMBURGO

La estación finca Hamburgo presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1994 y 2012 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.607.

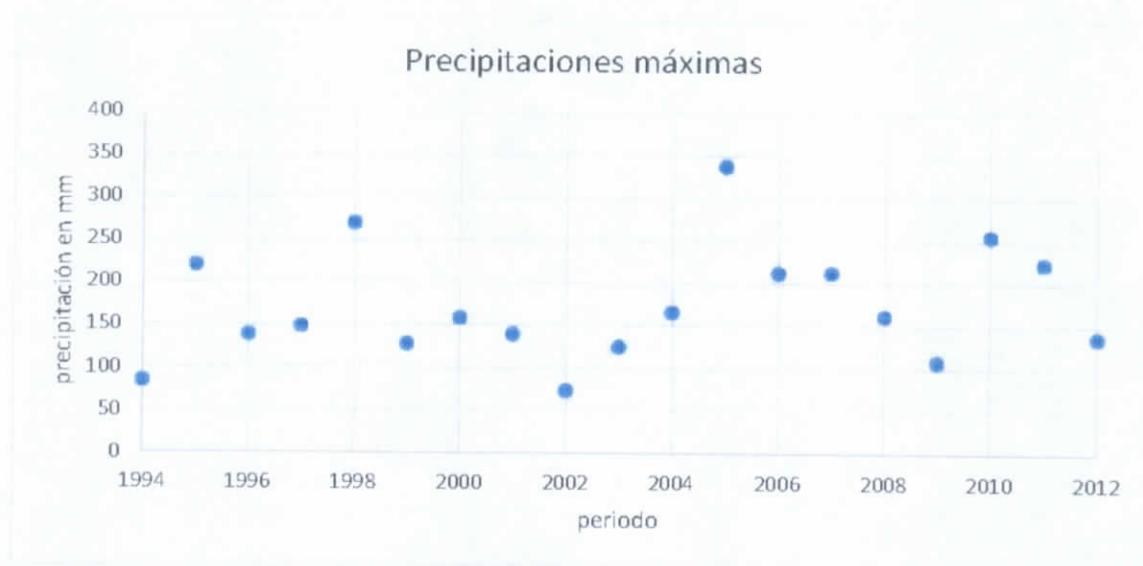


Figura 4.607 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Finca Hamburgo

Tabla 4.19 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Finca Hamburgo

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1994	84.3
1995	220
1996	138.7
1997	148.6
1998	270.3

✓

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1999	128
2000	158.5
2001	139.5
2002	73.5
2003	125
2004	166
2005	338
2006	212.2
2007	212.5
2008	161.5
2009	108
2010	256.6
2011	224
2012	137

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7068 FRONTERA HIDALGO

La estación frontera Hidalgo presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1991 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.608.

VF

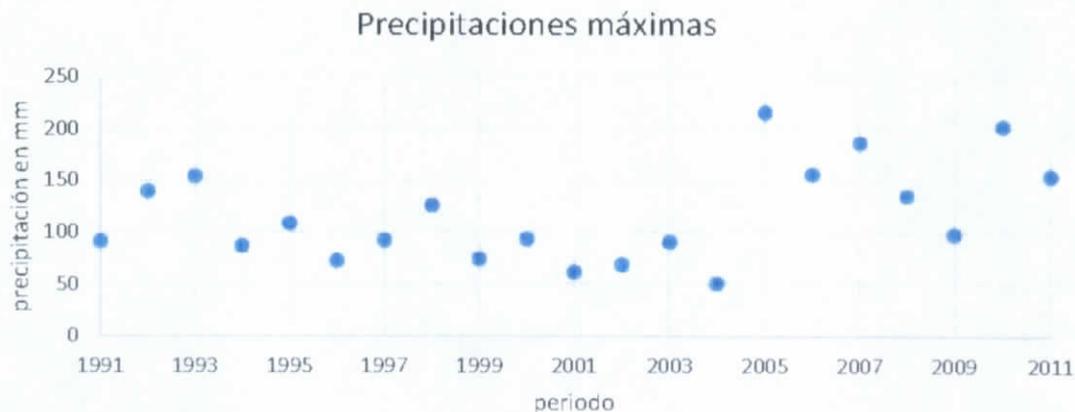


Figura 4.608 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Frontera Hidalgo

Tabla 4.20 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Frontera Hidalgo

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1994	84.3
1995	220
1996	138.7
1997	148.6
1998	270.3
1999	128
2000	158.5
2001	139.5
2002	73.5
2003	125
2004	166
2005	338
2006	212.2
2007	212.5
2008	161.5
2009	108
2010	256.6
2011	224
2012	137

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el

UF

límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7085 PALENQUE (DGE)

La estación Palenque presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1990 y 2000 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.609.

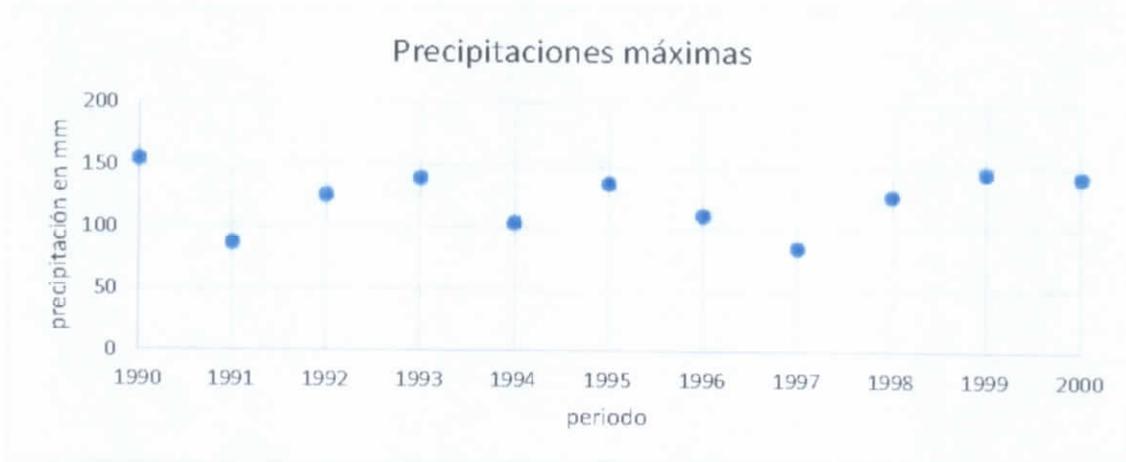


Figura 4.609 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Palenque (DGE)

Tabla 4.21 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Palenque (DGE)

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1990	155
1991	87.5
1992	126
1993	140
1994	104
1995	136
1996	110
1997	84
1998	126
1999	145

VF

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
2000	142

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7105 LAS NUBES

La estación *las Nubes* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1990 y 1996 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la **figura**.

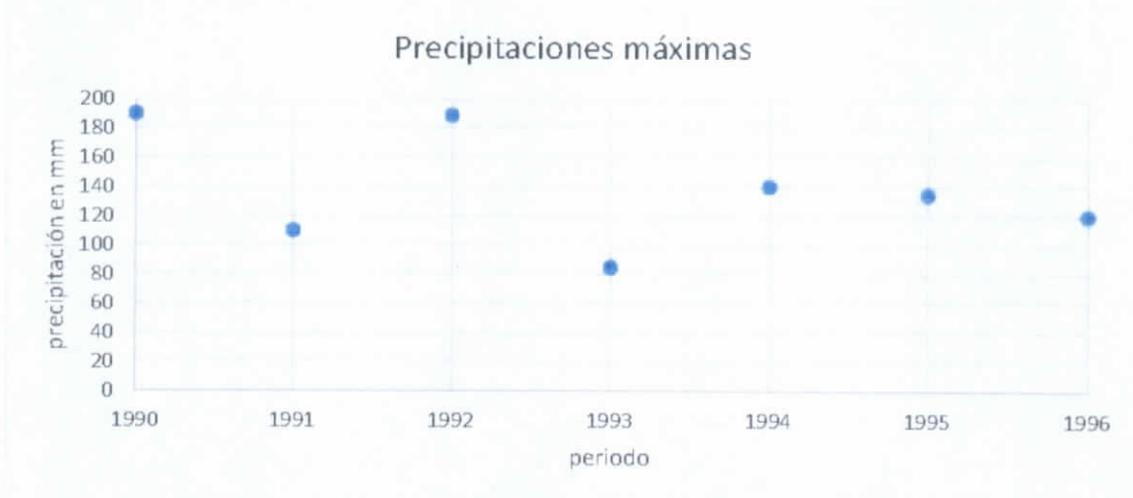


Figura 4.610 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Las Nubes

Tabla 4.22 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Las Nubes

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1990	190.2
1991	110
1992	189
1993	85

Handwritten signature

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1994	140.5
1995	135
1996	120.3

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7113 MAPASTEPEC

La estación *mapastepec* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 y 1992 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.611.

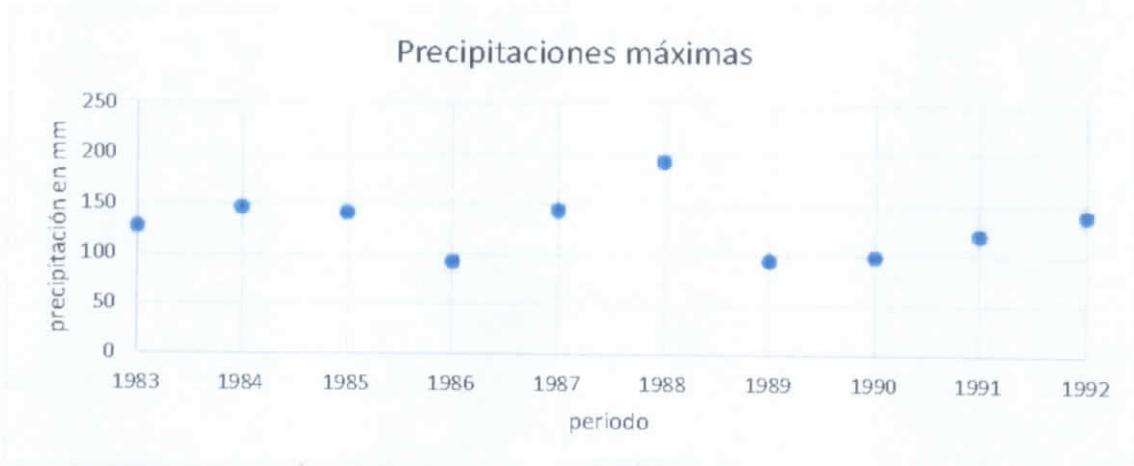


Figura 4.611 Gráfico de la precipitación máxima en 24 horas de la estación Mapastepec

Tabla 4.23 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Mapastepec

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1990	190.2

UF

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1991	110
1992	189
1993	85
1994	140.5
1995	135
1996	120.3

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7114 YAQUINTELA

La estación *Yaquintela* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2000 y 2012 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.612.



Figura 4.612 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Yaquintela

VK

Tabla 4.24 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Yaquintela

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
2000	45
2001	80.5
2002	88.5
2003	128.4
2004	85.4
2005	150.4
2006	108.3
2007	80.5
2008	78.4
2009	65.2
2010	140.3
2011	75.1
2012	66.5

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7117 METAPA DE DOMINGUEZ

La estación *Metapa de Domínguez* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 y 1993 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.613.

V4



Figura 4.613 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Metapa de Domínguez

Tabla 4.25 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Metapa de Domínguez

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1983	100
1984	84.7
1985	94.6
1986	89.6
1987	100
1988	113
1989	108.5
1990	96.2
1991	114.4
1992	115
1993	165.3

En la gráfica que el registro presenta un dato visiblemente mayor a los demás (año 1993), lo que explica el resultado preliminar en las tres pruebas de tendencia aplicadas anteriormente a la serie, se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, la prueba de Grubbs para verificar que el elemento observado sea identificado como punto extraño y la comparación de curvas masas con las estaciones vecinas para identificar un posible evento extraordinario en la región.

V4

La Prueba de Mann-Kendall muestra que el valor de la variable Z es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que se confirma la existencia de tendencia en la serie de datos. Por otra parte la prueba de Grubbs y Beck revela la existencia de un evento atípico. Los valores estandarizados de los registros se muestran gráficamente en la Figura 4.614.

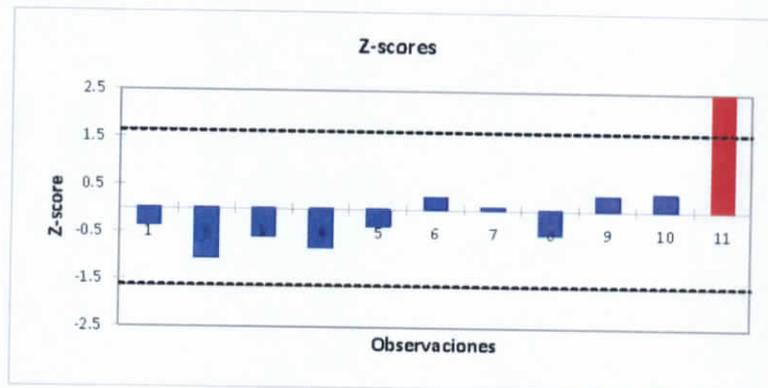


Figura 4.614 Prueba de Grubbs and Beck de la estación Metapa de Domínguez

Al observar que el dato correspondiente al año 1993 (165 mm) se consideró necesario analizar de manera geoespacial el evento que provocó la precipitación mencionada.

De acuerdo con la base de datos CLICOM, según esta fuente el evento se presentó el 20 de junio de 1993; se revisaron las estaciones cercanas con datos en el registro durante las fechas mencionadas (7068,7116 y 7200), la curva masa de precipitación anual de las estaciones consultadas se encuentra a continuación.

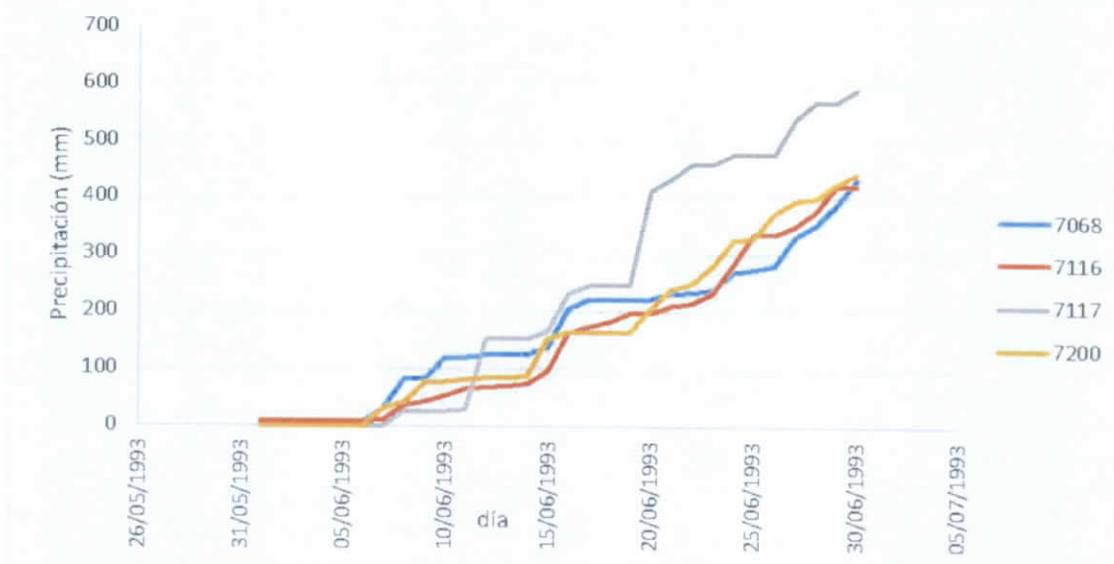


Figura 4.615 Curva masa de la estación Metapa de Domínguez y estaciones cercanas

La gráfica muestra que el evento de tal magnitud no se presentó en las estaciones vecinas. Se concluye que el valor no tiene correspondencia temporal y espacial.

7125 OXCHUC

La estación *Oxchuc* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 y 1997 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.616.

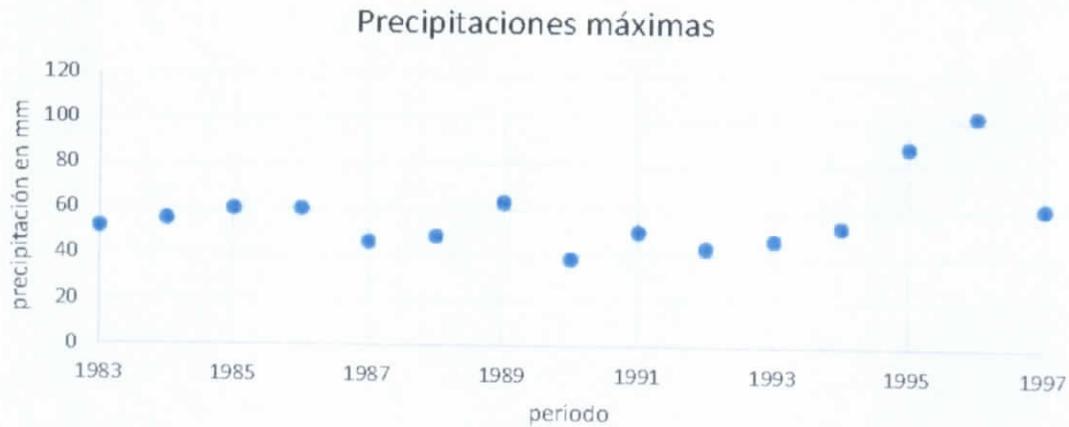


Figura 4.616 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Oxchuc

Tabla 4.26 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Oxchuc

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1983	52
1984	55.5
1985	60
1986	60
1987	45.5
1988	48
1989	63
1990	38.5
1991	50.5
1992	43.5
1993	47
1994	53
1995	88.5
1996	102.5
1997	62

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

VF

7129 PIJJIAPAN

La estación *Pijjiapan* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 y 2001 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.617.

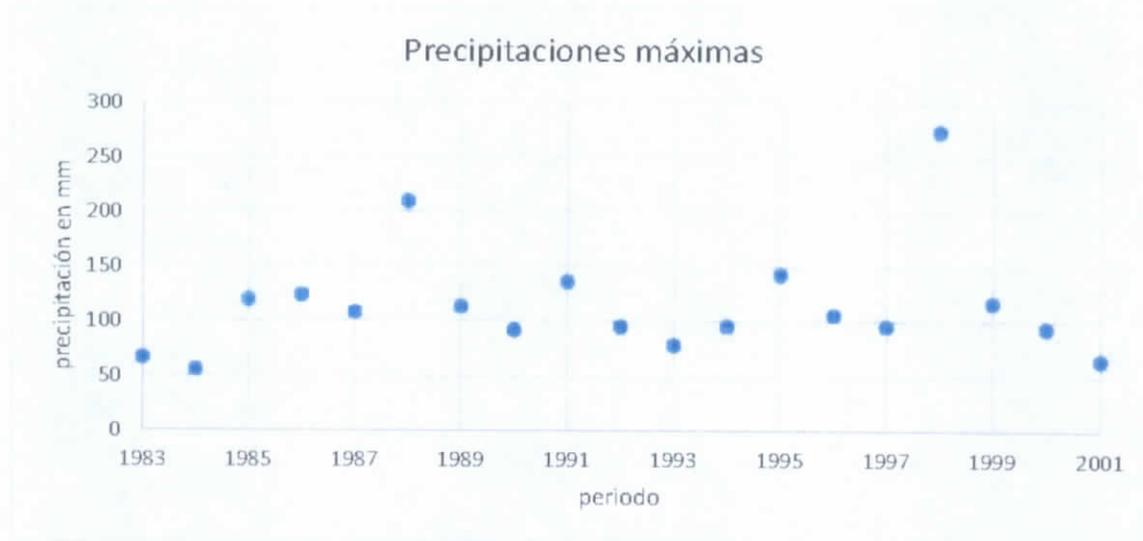


Figura 4.617 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Pijjiapan

Tabla 4.27 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Pijjiapan

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1983	67.3
1984	56.1
1985	120
1986	124
1987	108.4
1988	210
1989	113.5
1990	92.3
1991	136.2
1992	95.3
1993	78.5

UK

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1994	95.8
1995	143
1996	106
1997	96
1998	274
1999	117.5
2000	94.5
2001	65.5

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7135 PUENTE CONCORDIA (CFE)

La estación *Puente Concordia* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 y 1999 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.618.

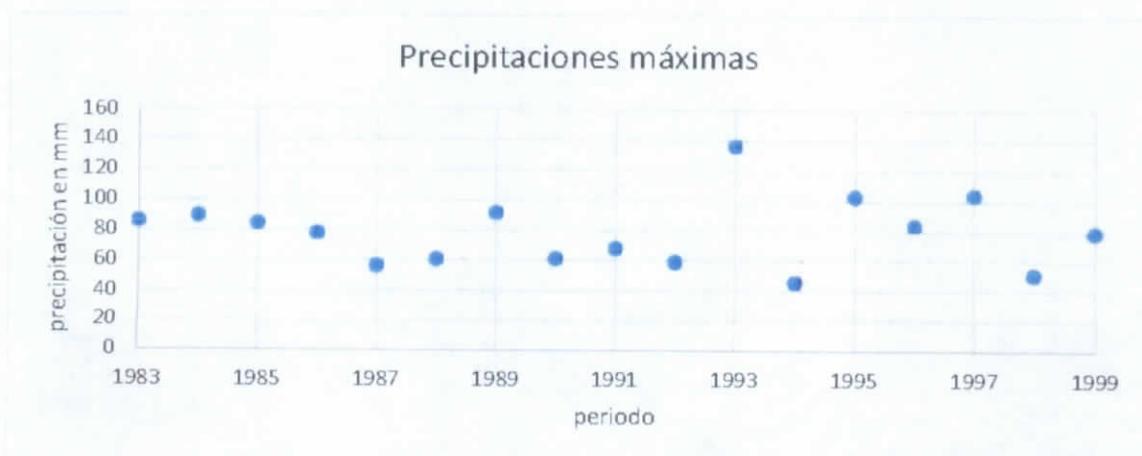


Figura 4.618 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Puente Concordia

JK

Tabla 4.28 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Puente Concordia

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1983	86
1984	89.5
1985	84.5
1986	77.8
1987	56.4
1988	60.5
1989	91.4
1990	61.3
1991	67.9
1992	59
1993	136
1994	45.6
1995	102.5
1996	83.4
1997	103.7
1998	51.2
1999	79

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7145 SAN FRANCISCO

La estación *San Francisco* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1997 y 2006 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.619.

VF



Figura 4.619 Gráfico de la precipitación máxima de la estación San Francisco

Tabla 4.29 Precipitación máxima en 24 horas de la estación San Francisco

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1997	107.6
1998	163
1999	125.7
2000	60.4
2001	69
2002	90.3
2003	90.2
2004	68
2005	120.6
2006	195

Se realizó la prueba de Mann Kendall para corroborar la existencia de tendencia en la serie, esta muestra que el valor de la variable Z no es significativamente mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es rechazada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos.

7146 SAN FRANCISCO

La estación *San Francisco* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores. La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.620.

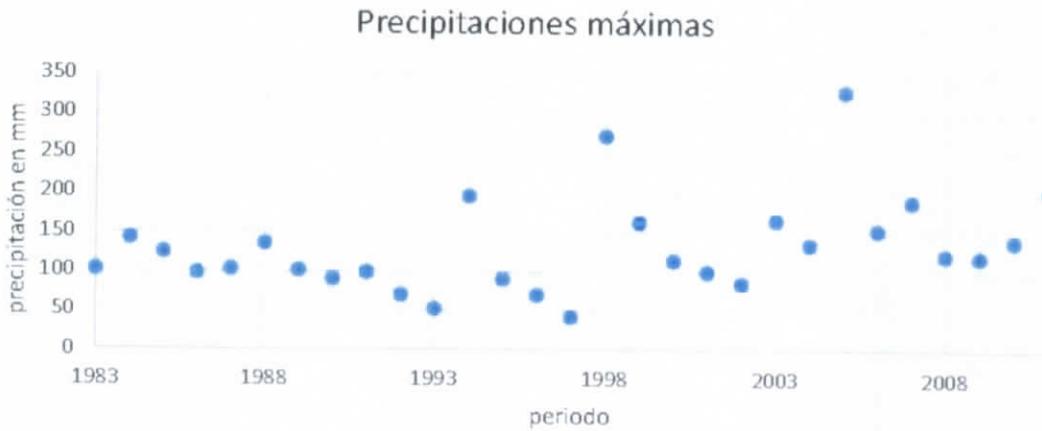


Figura 4.620 Gráfico de la precipitación máxima de la estación San Francisco

Tabla 4.30 Precipitación máxima de la estación San Francisco

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1983	102.3
1984	142.1
1985	123.7
1986	97.5
1987	102.2
1988	135
1989	100.8
1990	90
1991	98.3
1992	70
1993	52
1994	195
1995	90
1996	70
1997	42
1998	272.2
1999	163
2000	114
2001	100
2002	85
2003	166
2004	135
2005	330

UF