

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
2006	154
2007	190
2008	122
2009	120
2010	140
2011	203

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.

7156 TUXTLA GUTIÉRREZ (CFE)

La estación *Tuxtla Gutiérrez* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 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 4.621.

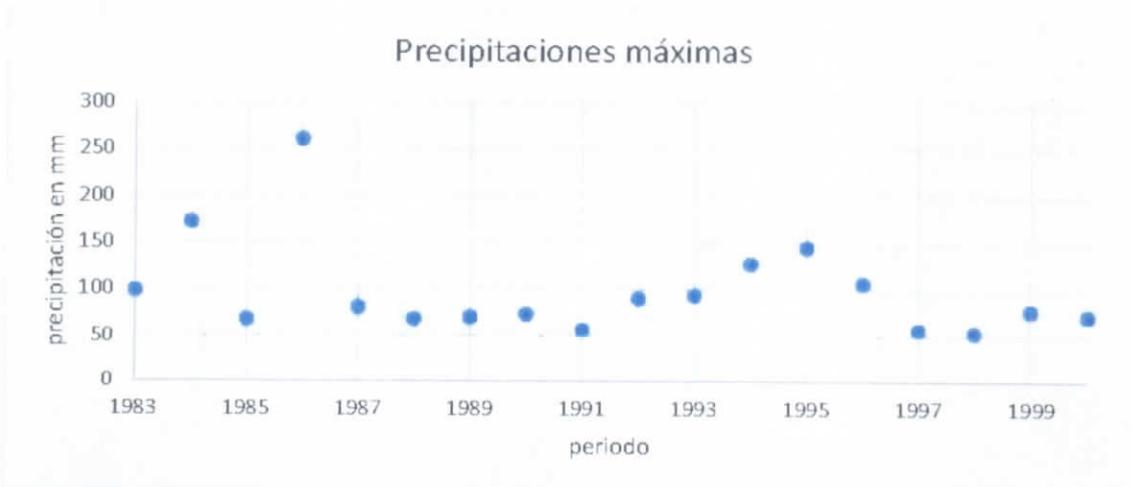


Figura 4.621 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Tuxtla Gutiérrez (CFE)

Tabla 4.31 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Tuxtla Gutiérrez (CFE)

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1983	98.8
1984	172.3
1985	68
1986	260.9
1987	80.7
1988	68.2
1989	70.5
1990	73.7
1991	56.7
1992	90.2
1993	93.9
1994	127.5
1995	144.7
1996	106.6
1997	57
1998	53.7
1999	77.5
2000	72.5

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.

7157 SANTO DOMINGO

La estación *Santo Domingo* presenta registros desde el año 1983; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1989 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 4.622.

UF

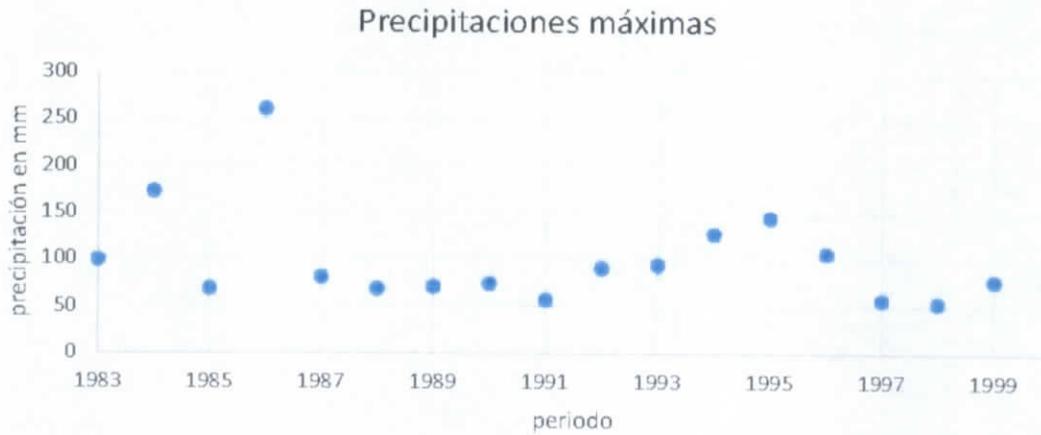


Figura 4.622 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Santo Domingo

Tabla 4.32 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Santo Domingo

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
1989	80.3
1990	100
1991	70.3
1992	127
1993	131
1994	180.5
1995	213.7
1996	184
1997	106.3
1998	155.5
1999	149.7
2000	187
2001	175.6
2002	117.2
2003	130.2
2004	95.7
2005	120.8
2006	140.7
2007	222.5
2008	140.5
2009	104.5
2010	160.7

VF

Año	Precipitación Máxima en 24 horas
2011	190.5
2012	130.5

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 limite 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.

7164 TAPACHULA (OBS)

La estación *Tapachula (OBS)* No presenta ningún año completo para poder realizar un análisis.

7180 JALTENANGO

La estación Jaltenango presenta registros desde el año 1970; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1989 y 2001 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posteriores (1983-1988,2002-2012)). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.623.

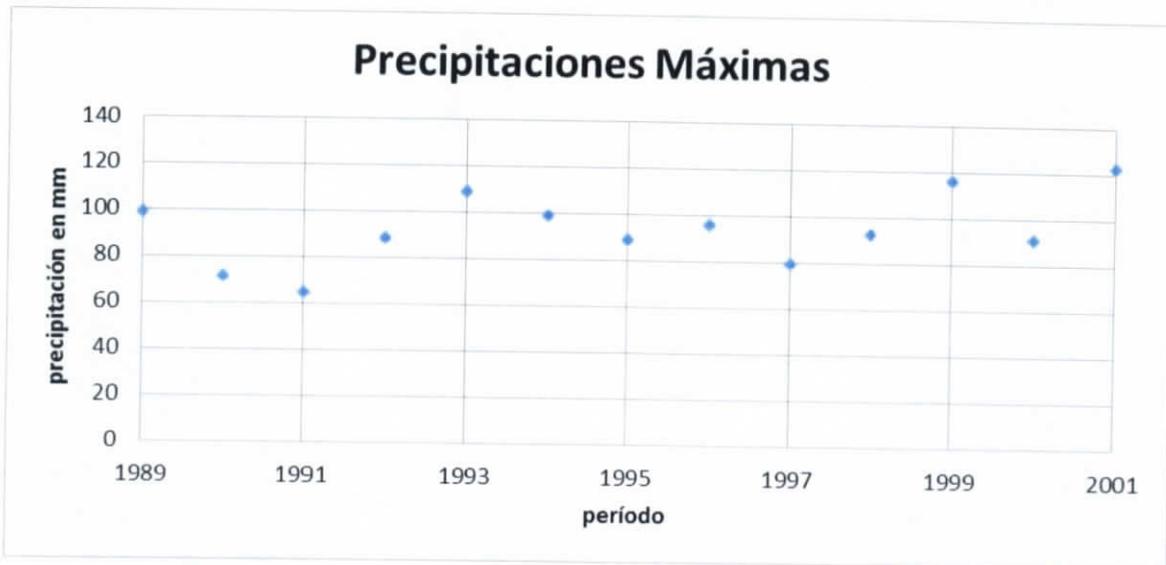


Figura 4.623 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Jaltenango.

Tabla 4.33 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Jaltenango.

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1989	98.6
1990	71.2
1991	64.2
1992	88.1
1993	108.4
1994	98.4
1995	88.3
1996	95.4
1997	79
1998	92
1999	116
2000	90.6
2001	122

La Prueba de Mann-Kendall 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.

UF

7191 Malpaso

La estación Malpaso presenta registros desde el año 1961; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1983 y 2009 debido a la inexistencia de datos completos en los años posteriores (2010-2012)). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.624.

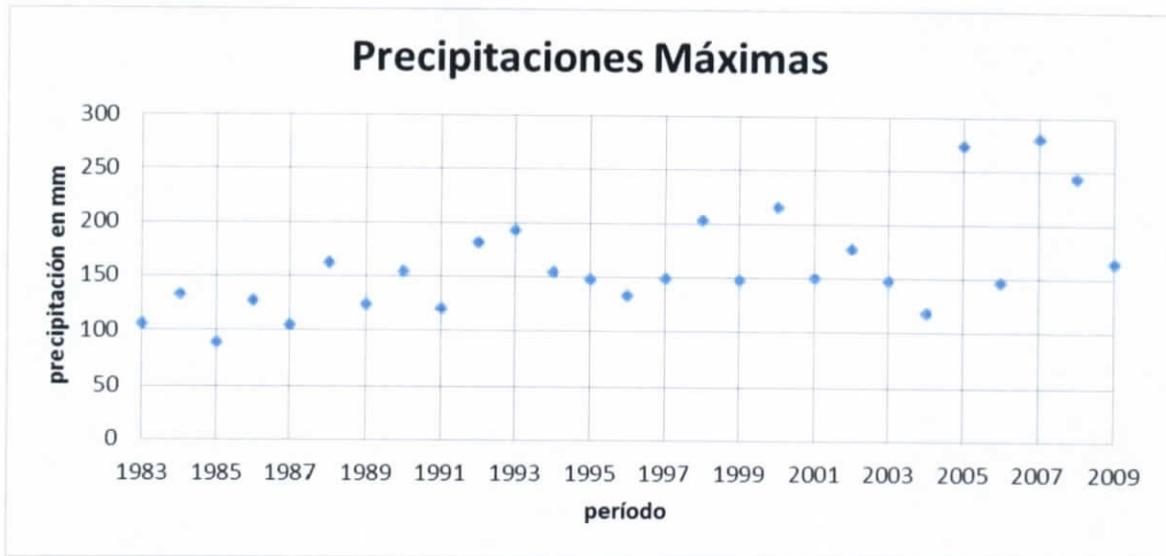


Figura 4.624 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Malpaso

Tabla 4.34 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Malpaso

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1983	105
1984	132.5
1985	88
1986	126
1987	103.5
1988	161.5
1989	123.5
1990	153
1991	120
1992	180.5
1993	191.5
1994	154

UF

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1995	146.5
1996	132
1997	147.5
1998	201.5
1999	147
2000	214
2001	149
2002	176
2003	147
2004	117
2005	273
2006	145.5
2007	280
2008	243
2009	164

En la gráfica que el registro presenta dos datos visiblemente mayores a los demás (año 2005 y 2007), 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.

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 4.625.

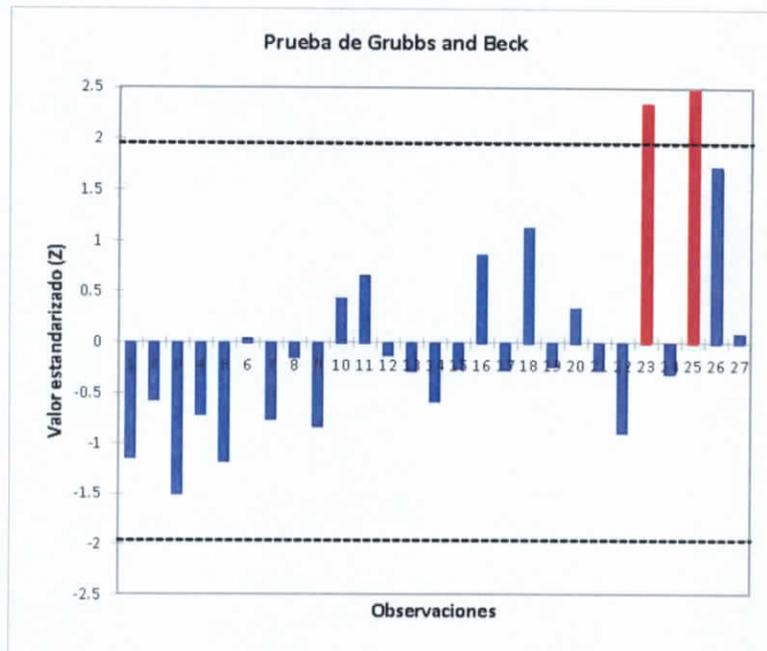


Figura 4.625 Prueba de Grubbs and Beck de la estación Malpaso

Al observar que los datos son correspondientes a los años 2005 y 2007 (273 y 280 mm) se consideró necesario analizar de manera geoespacial los eventos que provocaron las precipitaciones mencionadas.

De acuerdo con la base de datos CLICOM, según esta fuente un evento se presentó con una magnitud similar en dos días consecutivos 4 y 5 de octubre de 2005; se revisaron las estaciones cercanas con datos en el registro durante las fechas mencionadas (7200 y 7116 a 1.38 km y 7.11 km, respectivamente, de la estación estudiada), la curva masa de precipitación anual de las estaciones consultadas se encuentra a continuación.

UF

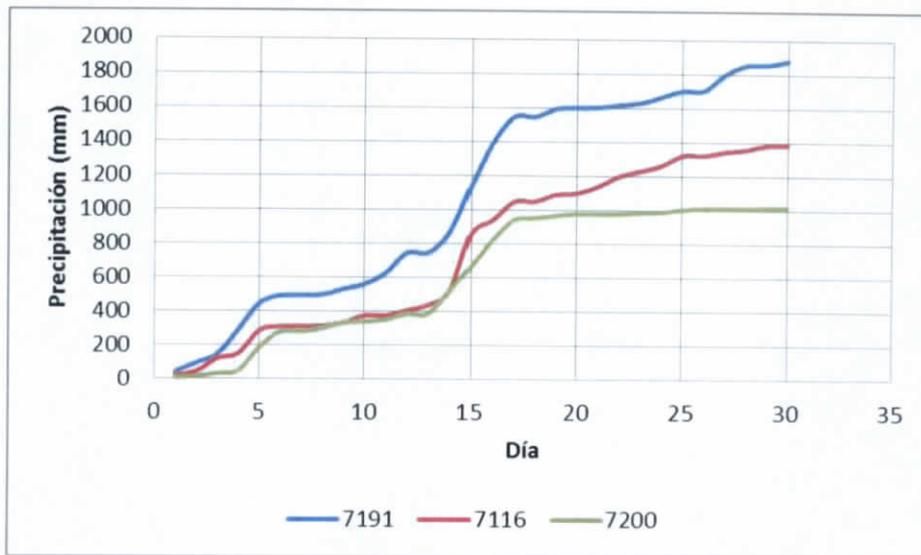


Figura 4.626 Curva masa de la estación Malpaso y estaciones cercanas

La gráfica muestra que el evento de tal magnitud se presentó en menor proporción en las estaciones vecinas. Se concluye que el valor tiene correspondencia temporal y espacial.

De acuerdo con la base de datos CLICOM, según esta fuente el evento restante se presentó con una magnitud similar en dos días consecutivos 4 y 5 de octubre de 2005; se revisaron las estaciones cercanas con datos en el registro durante las fechas mencionadas (7200 y 7116 a 1.38 km y 7.11 km, respectivamente, de la estación estudiada), la curva masa de precipitación anual de las estaciones consultadas se encuentra a continuación.

VF

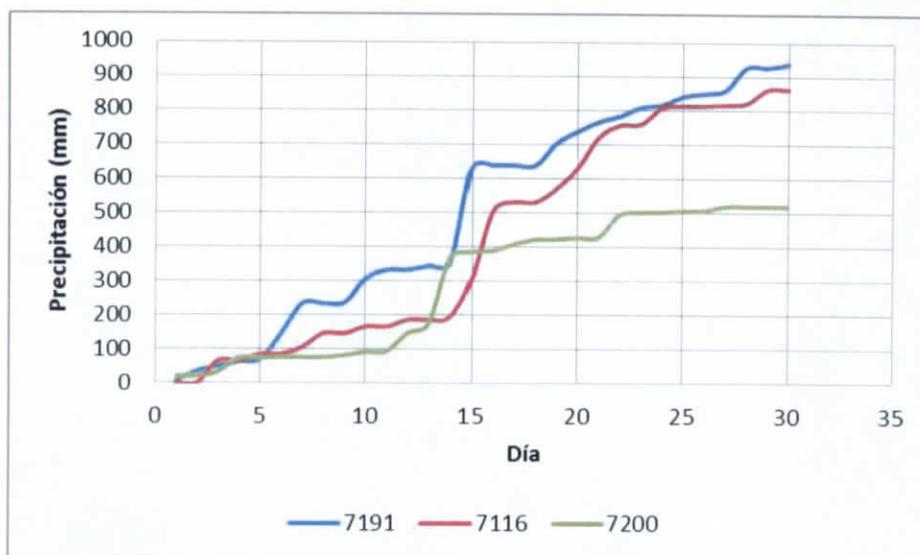


Figura 4.627 Curva masa de la estación Malpaso y estaciones cercanas

La gráfica muestra que el evento de tal magnitud se presentó en menor proporción en las estaciones vecinas. Se concluye que el valor tiene correspondencia temporal y espacial.

7208 Novillero

La estación Novillero presenta registros desde el año 1963; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2002 y 2009 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posteriores (1983-2001, 2010-2012)). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.628.

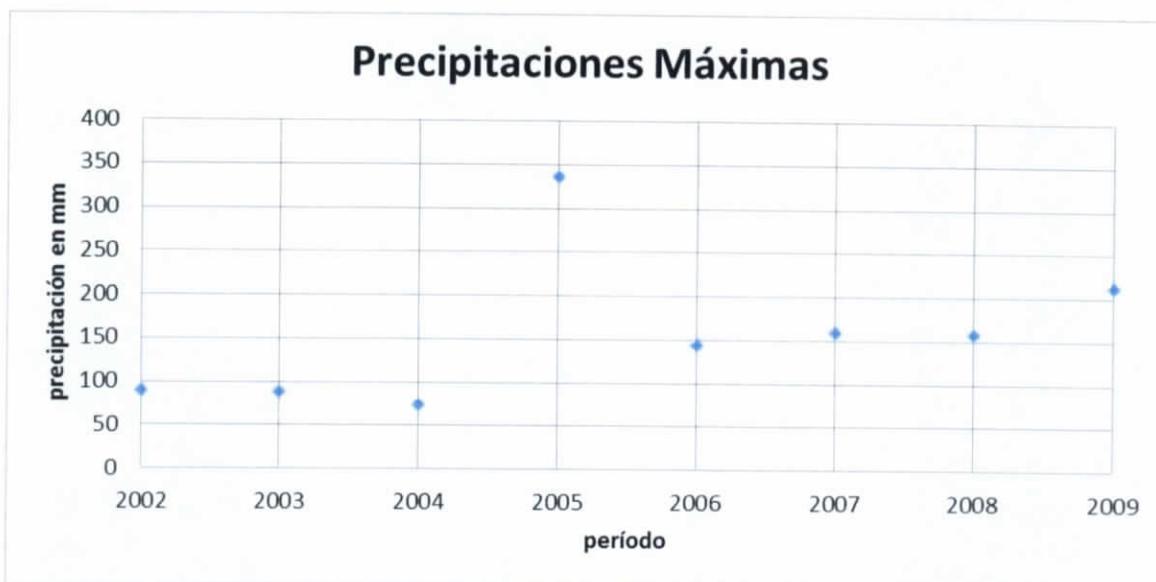


Figura 4.628 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Novillero

Tabla 4.35 Precipitación máxima en 24 horas de la estación

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2002	88
2003	86.5
2004	72.5
2005	334
2006	143.5
2007	159
2008	156.6
2009	211

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7320 Salvación

La estación Salvación presenta registros desde el año 1978; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1994 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posteriores (1983-

UF

1993,2012). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.629.

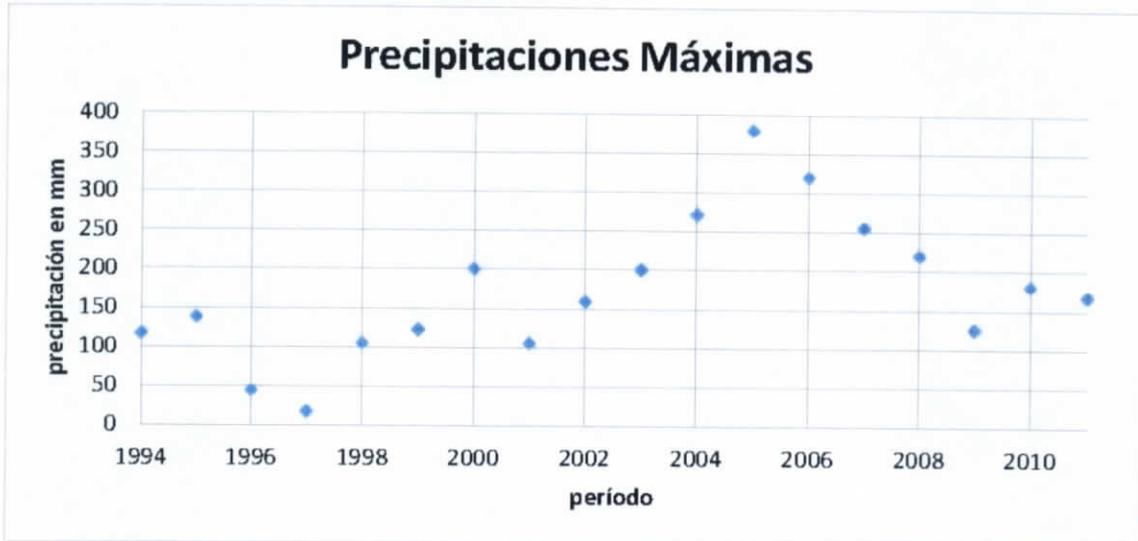


Figura 4.629 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Salvación

Tabla 4.36 Precipitación máxima en 24 horas de la estación

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1994	117
1995	138
1996	44
1997	17
1998	105
1999	122
2000	200
2001	105
2002	159
2003	200
2004	272
2005	380
2006	320
2007	255
2008	220
2009	125
2010	180

UK

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2011	168

En la gráfica que el registro presenta un dato visiblemente mayor a los demás (año 2005), 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.

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 4.630.

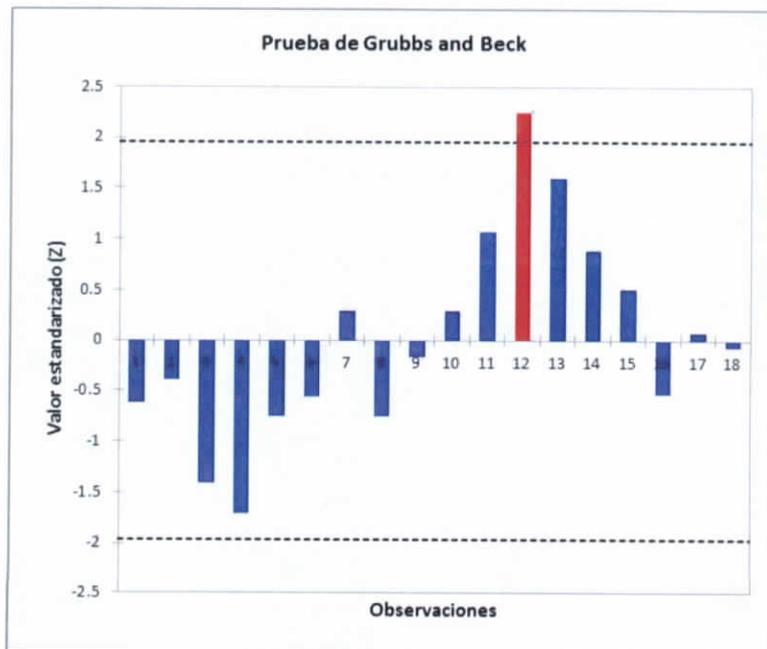


Figura 4.630 Prueba de Grubbs and Beck den la estación Salvación

Al observar que el dato correspondiente al año 2005 (380 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 día 3 de octubre; se revisaron las estaciones cercanas con datos en el registro durante la fecha mencionada (7038 y 7053 a 16 y 21 km de la estación estudiada respectivamente), la curva masa de precipitación anual de las estaciones consultadas se encuentra a continuación.

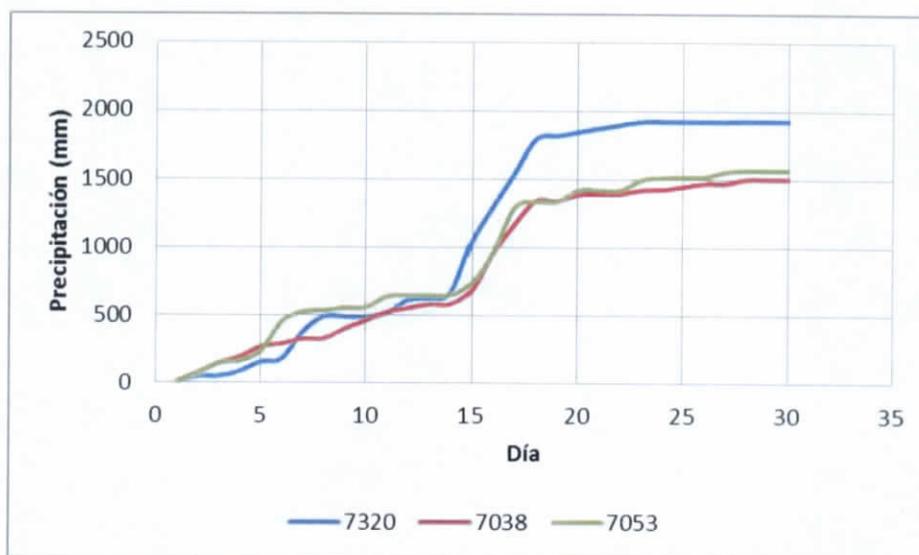


Figura 4.631 Curva masa de la estación Salvación y estaciones cercanas.

La gráfica muestra que el evento de tal magnitud se presentó en menor proporción en las estaciones vecinas en el día consecutivo. Se concluye que el valor tiene correspondencia temporal y espacial.

7331 Villas Las Rosas

La estación Villas Las Rosas presenta registros desde el año 1980; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1999 y 2010 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posteriores (1983-1998, 2011-2012). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.632.

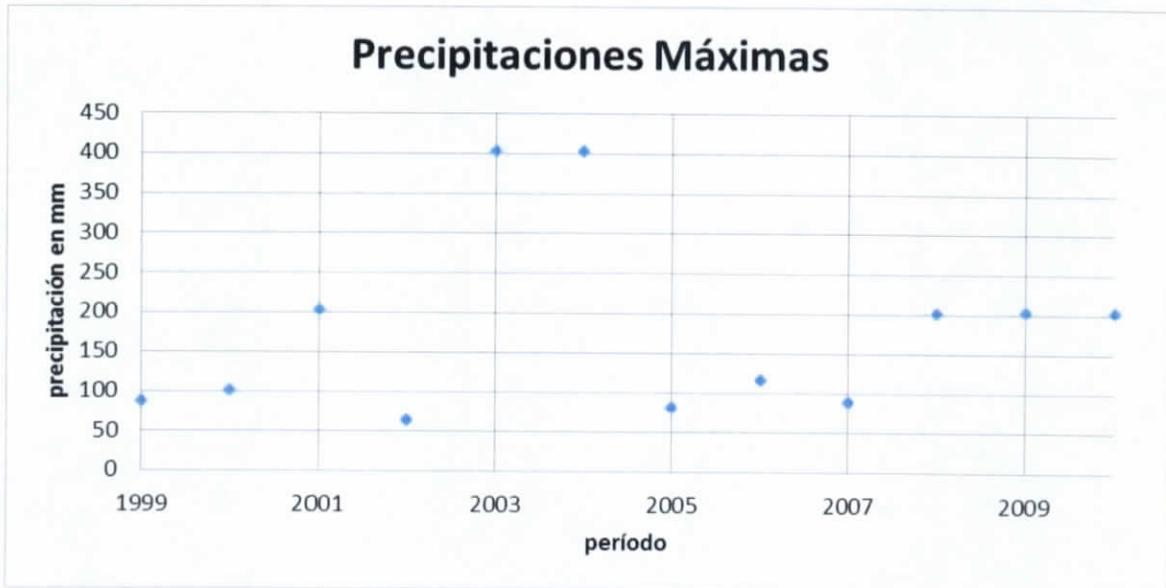


Figura 4.632 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Villas Las Rosas

Tabla 4.37 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Villas Las Rosas

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1999	85.5
2000	100.1
2001	201
2002	62.3
2003	401.4
2004	401.1
2005	80
2006	115
2007	87.5
2008	200.1
2009	201.1
2010	201.8

La Prueba de Mann-Kendall 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.

UF

7333 Buenos Aires

La estación Buenos Aires presenta registros desde el año 1980; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2002 y 2012 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores (1983-2001). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.633.

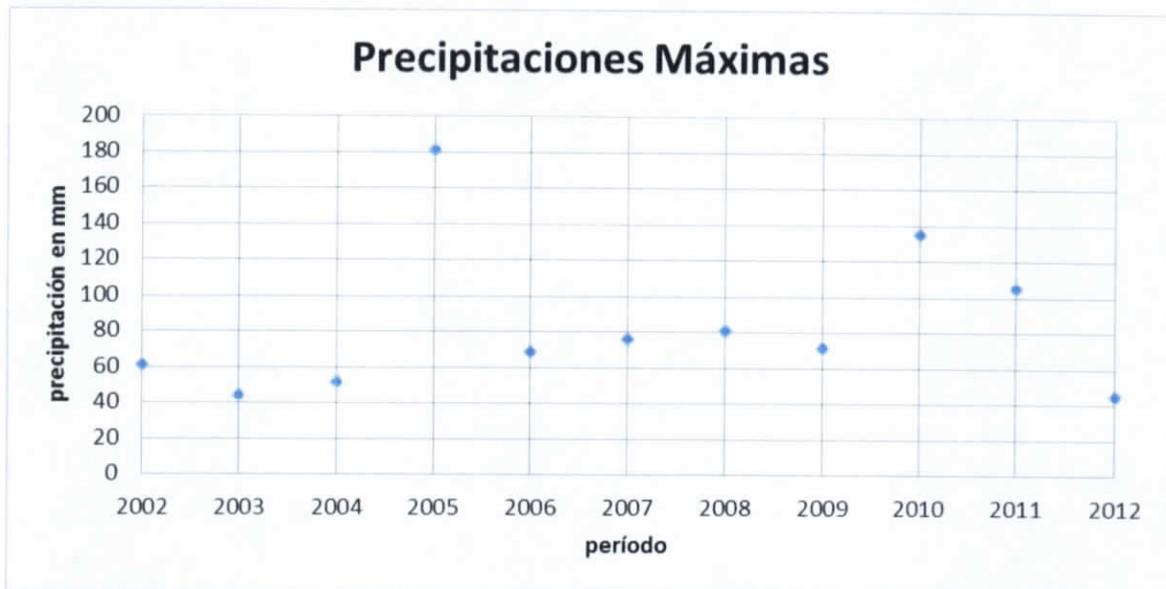


Figura 4.633 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Buenos Aires

Tabla 4.38 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Buenos Aires

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2002	60.5
2003	43.4
2004	50.8
2005	180.7
2006	68
2007	75.2
2008	80
2009	70.5
2010	134.5

UF

2011	104.2
2012	44.01

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7337 Lacantun (CFE)

La estación Lacantun (CFE) presenta registros desde el año 1980; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1987 y 1997 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posteriores (1983-1986, 1998-2012). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.634.



Figura 4.634 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Lacantun (CFE)

Tabla 4.39 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Lacantun (CFE)

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1987	96.2
1988	139
1989	126
1990	121.3

JK

1991	138.5
1992	127
1993	115.5
1994	76
1995	98.2
1996	70.5
1997	80.3

La Prueba de Mann-Kendall muestra que el valor de la variable Z es mayor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es aceptada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos. Por otra parte la prueba de Grubbs y Beck revela la inexistencia de un evento atípico. Los valores estandarizados de los registros se muestran gráficamente en la Figura 4.635.

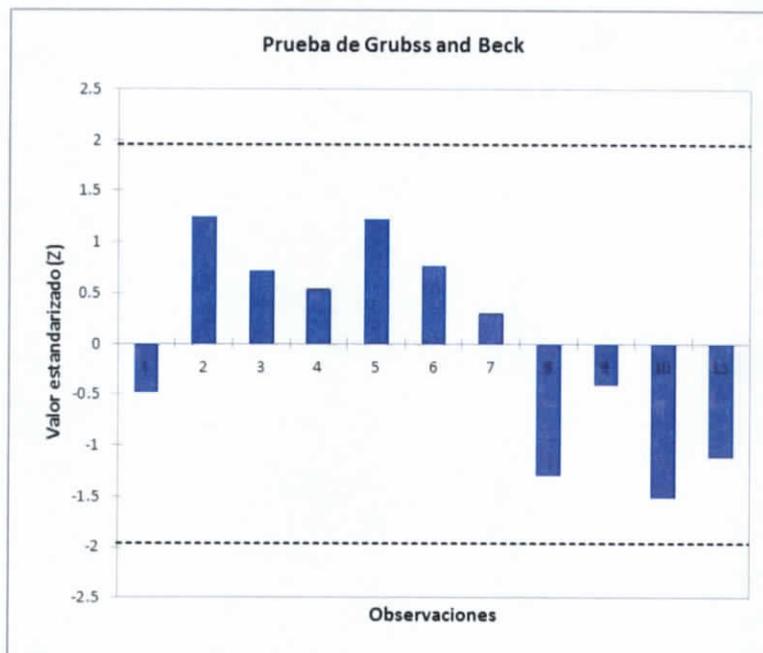


Figura 4.635 Prueba de Grubbs and Beck de la estación Lacantun (CFE)

La prueba de Pettitt muestra que los datos registrados en periodo de 1987 a 1997 muestra una fecha en la que hay cambio en los datos. Este cambio se muestra gráficamente en la figura.

JK

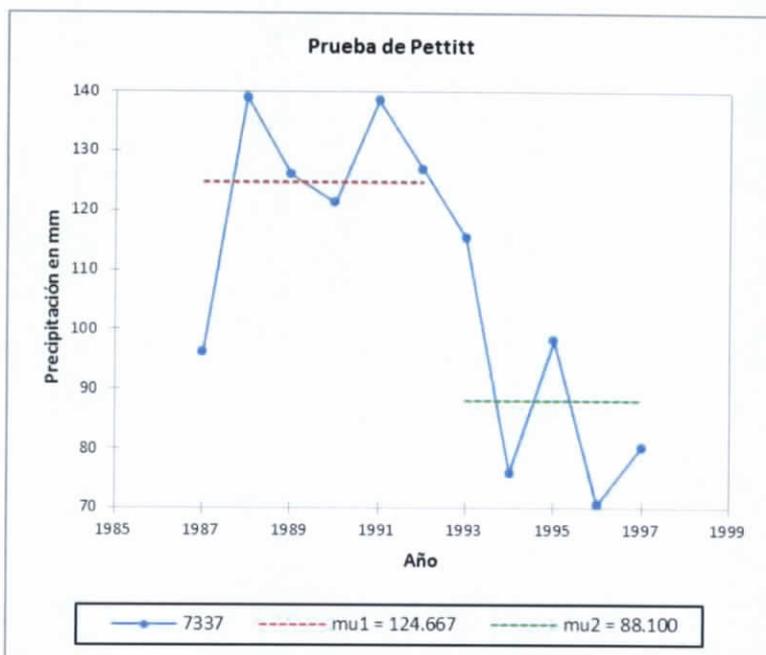


Figura 4.636 Prueba de Pettitt de la estación Lacantun (CFE)

7343 Cuauhtémoc

La estación Cuauhtémoc presenta registros desde el año 1980; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1996 y 2012 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores (1983-1995). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.637.

UF

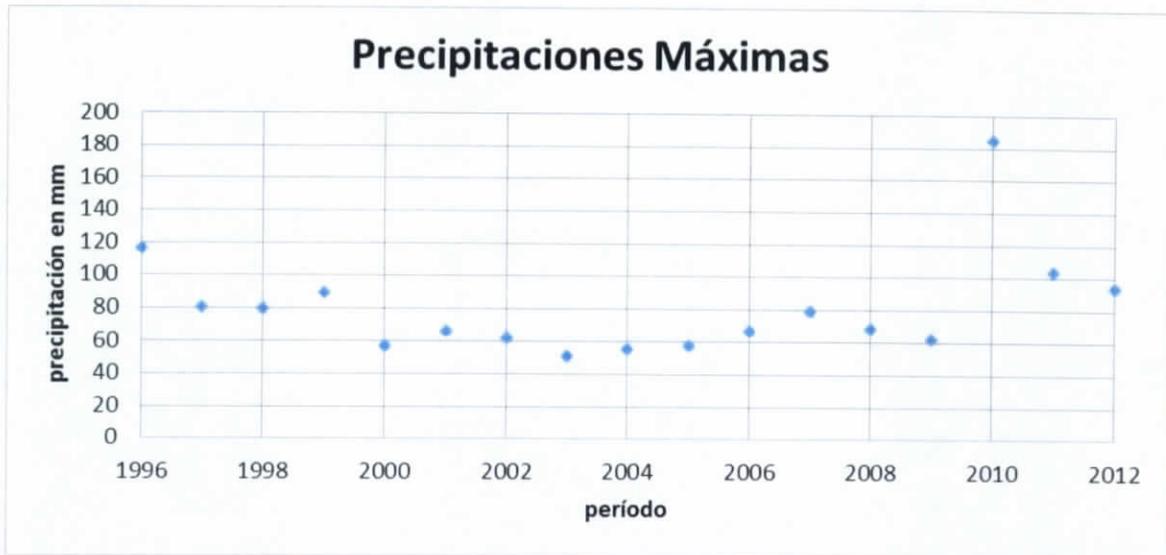


Figura 4.637 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Cuauhtémoc

Tabla 4.40 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Cuauhtémoc

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1996	115.7
1997	79.5
1998	79
1999	88.6
2000	56.6
2001	65.8
2002	62.1
2003	50.6
2004	54.8
2005	57.2
2006	66.5
2007	78.3
2008	67.4
2009	62.1
2010	184.1
2011	103.1
2012	93

VF

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7344 Ejido Ibarra

La estación Ejido Ibarra presenta registros desde el año 1982; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1998 y 2012 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores (1983-1997). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.638.

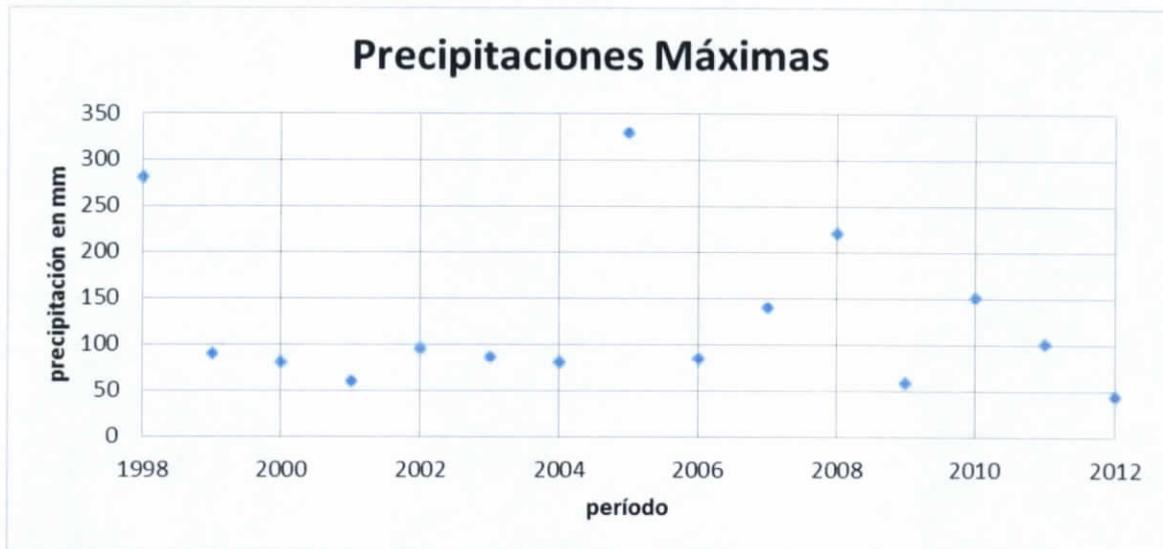


Figura 4.638 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Ejido Ibarra

Tabla 4.41 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Ejido Ibarra

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1998	280
1999	89.8
2000	80.2
2001	59
2002	95
2003	86

UF

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2004	80
2005	329
2006	84
2007	140.2
2008	220
2009	58
2010	150
2011	100
2012	43

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7348 Independencia

La estación Ejido Ibarra presenta registros desde el año 1981; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1995 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y al año posterior (1983-1994,2012). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.639.

VF

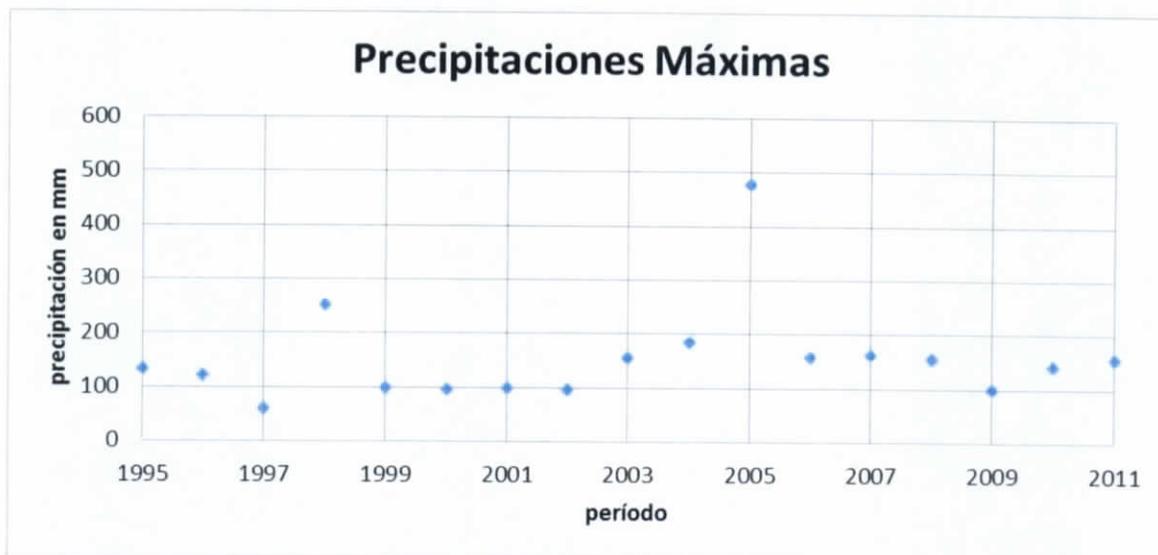


Figura 4.639 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Independencia

Tabla 4.42 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Independencia

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1995	130.6
1996	120
1997	60
1998	250
1999	97
2000	95
2001	98
2002	95.5
2003	153.8
2004	182.8
2005	477
2006	155
2007	160
2008	153.5
2009	98
2010	140
2011	154

VF

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7373 Tzontehuitz

La estación Tzontehuitz presenta registros desde el año 1987; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1999 y 2012 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores (1983-1998). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.640.

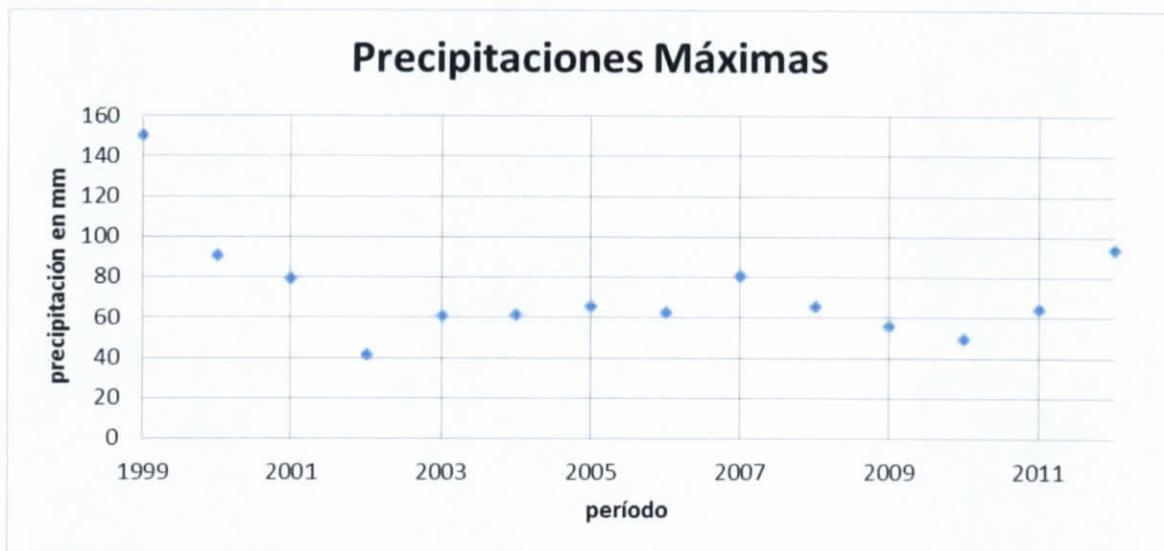


Figura 4.640 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Tzontehuitz

Tabla 4.43 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Tzontehuitz

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1999	149.6
2000	90.6
2001	78.7
2002	40.8
2003	60

JH

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2004	60.8
2005	65
2006	62
2007	80
2008	65
2009	55.4
2010	49
2011	64
2012	93.5

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7376 Francisco I. Madero

La estación Francisco I. Madero presenta registros desde el año 1988; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 1994 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posterior (1983-1993, 2012). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.641.

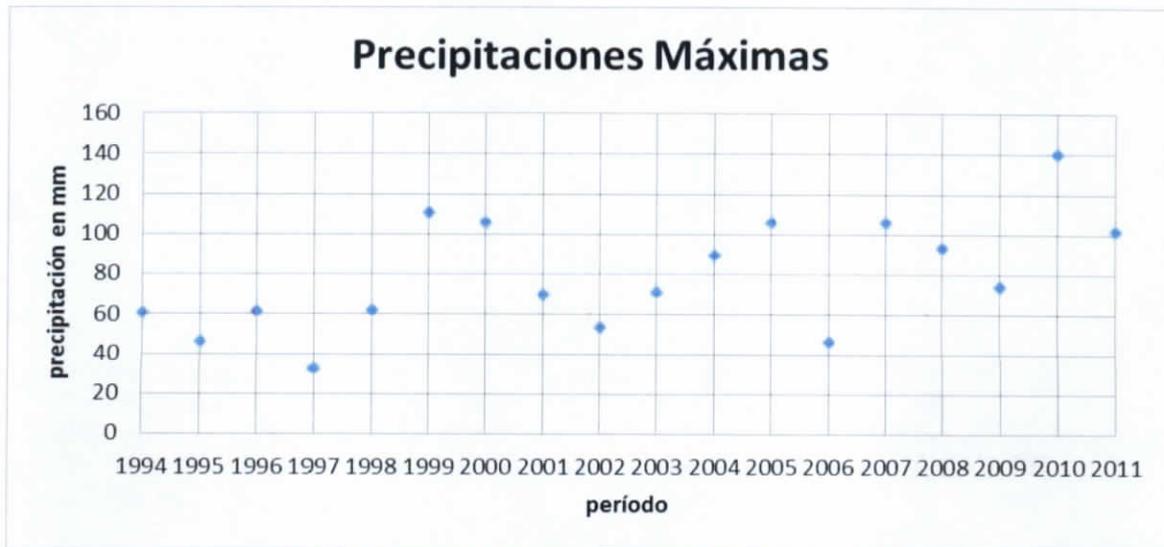


Figura 4.641 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Francisco I. Madero

Tabla 4.44 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Francisco I. Madero

Año	Precipitación máxima en 24 horas
1994	60.5
1995	46
1996	60.8
1997	32
1998	61.2
1999	110.1
2000	105.6
2001	69
2002	52.8
2003	70.2
2004	89.2
2005	105.4
2006	45.6
2007	105.4
2008	93
2009	73.5
2010	139.5
2011	101

En la gráfica que el registro presenta un dato visiblemente mayor a los demás (año 2010), 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.

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 4.642.

JF

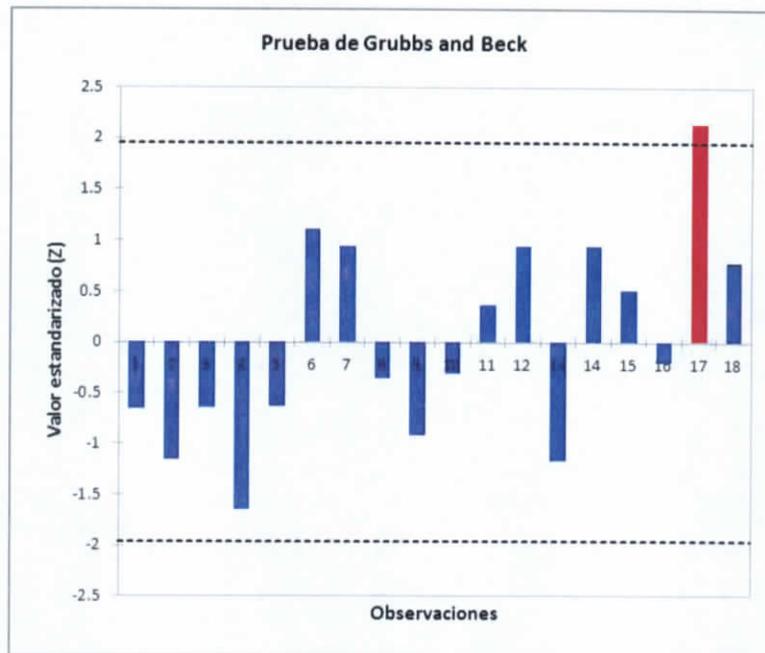


Figura 4.642 Prueba de Grubbs and Beck de la estación Francisco I. Madero

Al observar que el dato correspondiente al año 2010 (139.5 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 25 de septiembre de 2010; se revisaron las estaciones cercanas con datos en el registro durante las fechas mencionadas (7385 y 7100 a 16 km de la estación estudiada), la curva masa de precipitación anual de las estaciones consultadas se encuentra a continuación.

UF

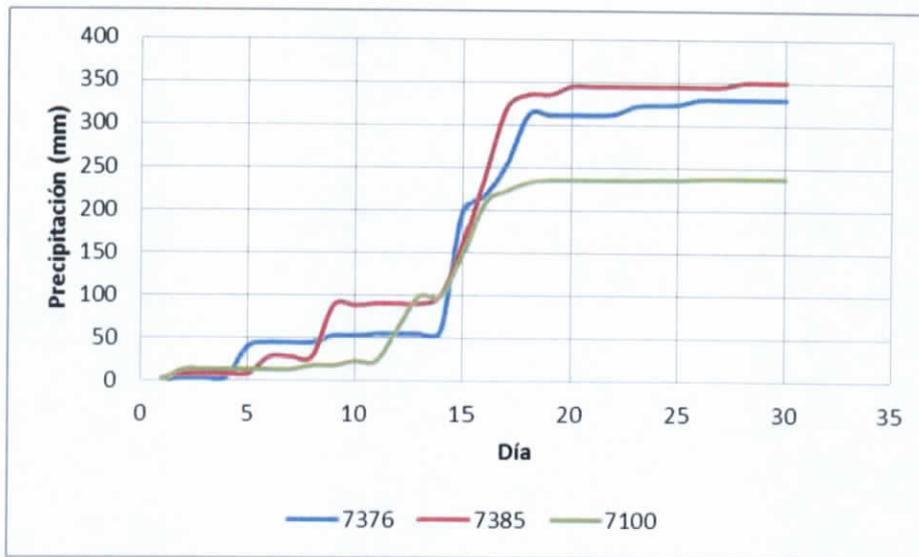


Figura 4.643 Curva masa de la estación Francisco I. Madero y estaciones cercanas

La gráfica muestra que el evento de tal magnitud se presentó en menor proporción en las estaciones vecinas. Se concluye que el valor tiene correspondencia temporal y espacial.

7380 Las Brisas

La estación Las Brisas presenta registros desde el año 2000; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2000 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posteriores (1983-1999, 2012). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.644.

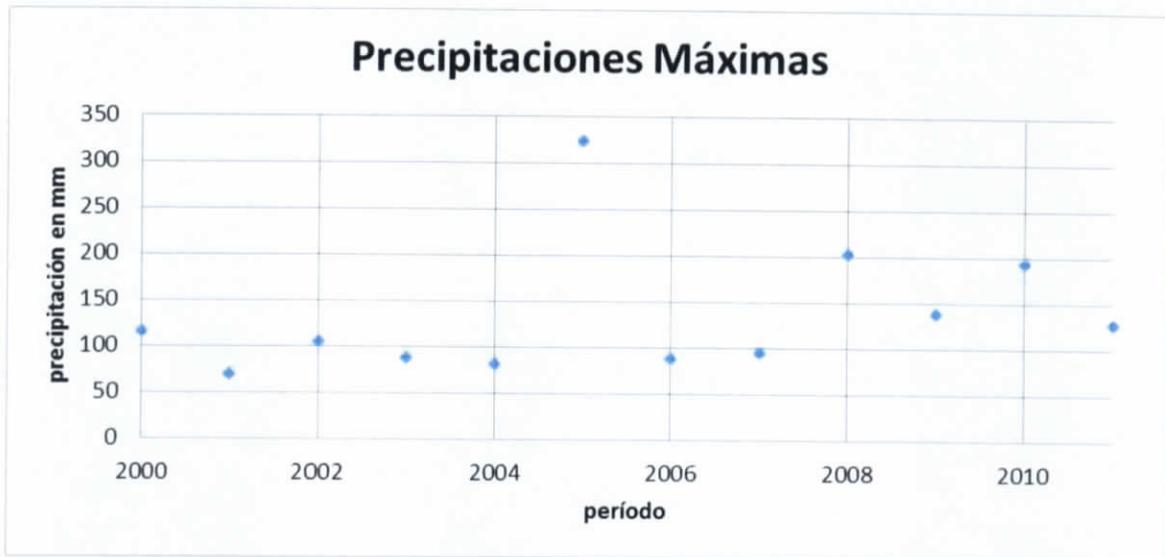


Figura 4.644 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Las Brisas

Tabla 4.45 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Las Brisas

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2000	115.2
2001	68.6
2002	104.2
2003	87.4
2004	80.4
2005	323
2006	86.5
2007	93.5
2008	202.1
2009	136.8
2010	192
2011	126.5

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7383 Nueva Palestina

La estación Nueva Palestina presenta registros desde el año 1984; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2004 y 2012 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores (1983-2003). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.645 .

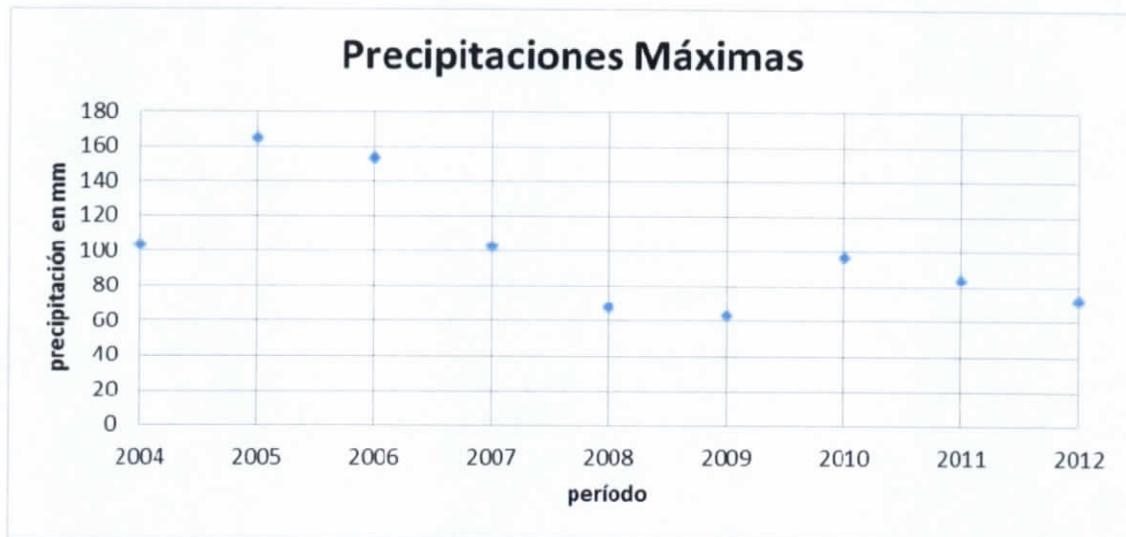


Figura 4.645 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Nueva Palestina.

Tabla 4.46 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Nueva Palestina

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2004	103
2005	164
2006	153
2007	102
2008	68
2009	63
2010	96
2011	83
2012	72

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.

La Prueba de Mann-Kendall muestra que el valor de la variable Z es menor que el límite de confianza para la distribución normal, por lo que, de acuerdo a esta prueba, es aceptada la hipótesis de que exista tendencia en las series de datos. Por otra parte la prueba de Grubbs y Beck no revela la existencia de un evento atípico. Los valores estandarizados de los registros se muestran gráficamente en la Figura 4.646.

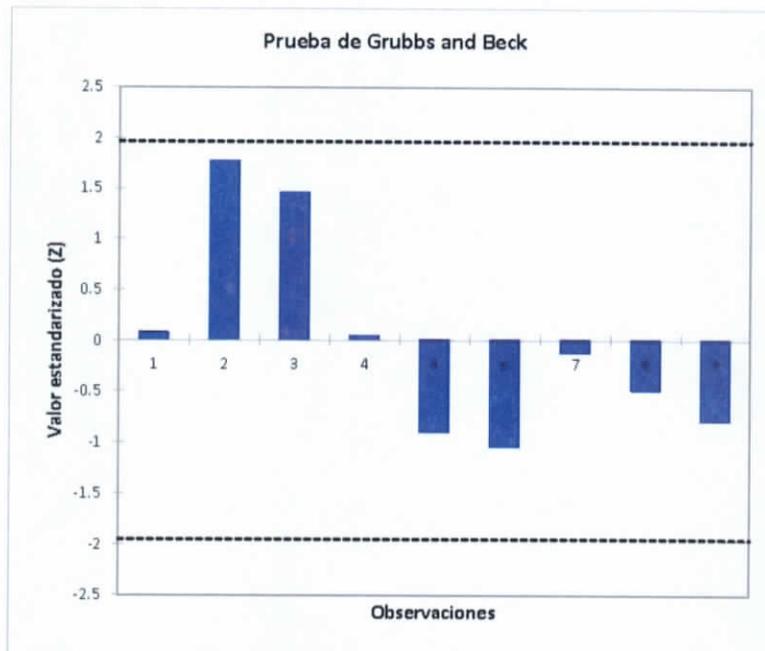


Figura 4.646 Prueba de Grubbs and Beck de la estación Nueva Palestina

La prueba de Pettitt muestra que los datos registrados en período de 1987 a 1997 muestra una fecha en la que hay cambio en los datos. Este cambio se muestra gráficamente en la figura.

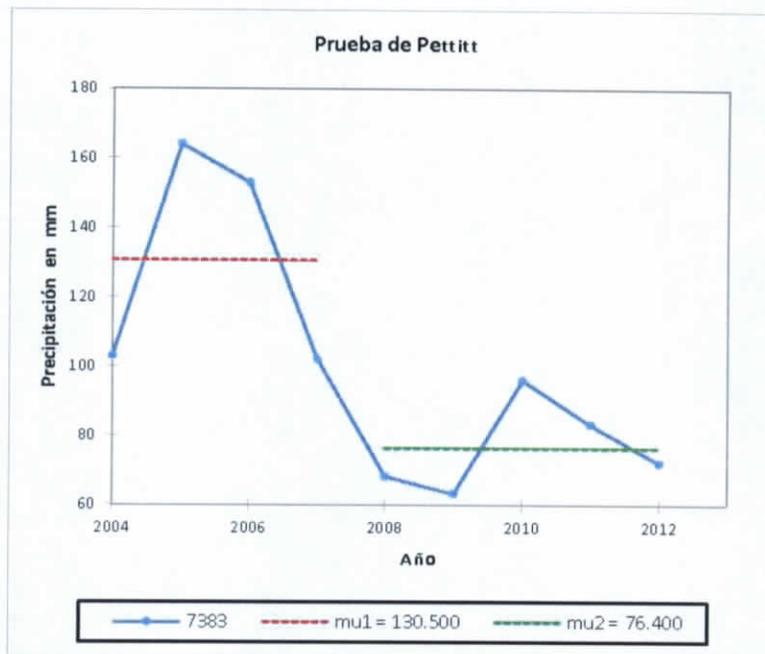


Figura 4.647 Prueba de Pettitt de la estación Nueva Palestina

7386 San Isidro

La estación San Isidro presenta registros desde el año 2000; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2004 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posteriores (1983-2003, 2012). La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.648.

UF



Figura 4.648 Gráfico de la precipitación máxima de la estación San Isidro

Tabla 4.47 Precipitación máxima en 24 horas de la estación San Isidro

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2004	65
2005	300
2006	95
2007	72
2008	260
2009	190
2010	290
2011	105

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7388 Santa Lucía

La estación Santa Lucía presenta registros desde el año 2000; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2008 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores (1983-2007).

UF

La representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.649.



Figura 4.649 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Santa Lucía

Tabla 4.48 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Santa Lucía

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2008	69.6
2009	95.2
2010	87.3
2011	89.5
2012	49.8

La Prueba de Mann-Kendall 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.

7391 Yasha

La estación Yasha presenta registros desde el año 2000; sin embargo, para los efectos de este apartado se analizó el periodo comprendido entre los años 2000 y 2011 debido a la inexistencia de datos completos en los años anteriores y posterior (1983-1999, 2012). La

UF

representación gráfica de las precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo estudiado se muestra en la Figura 4.650.

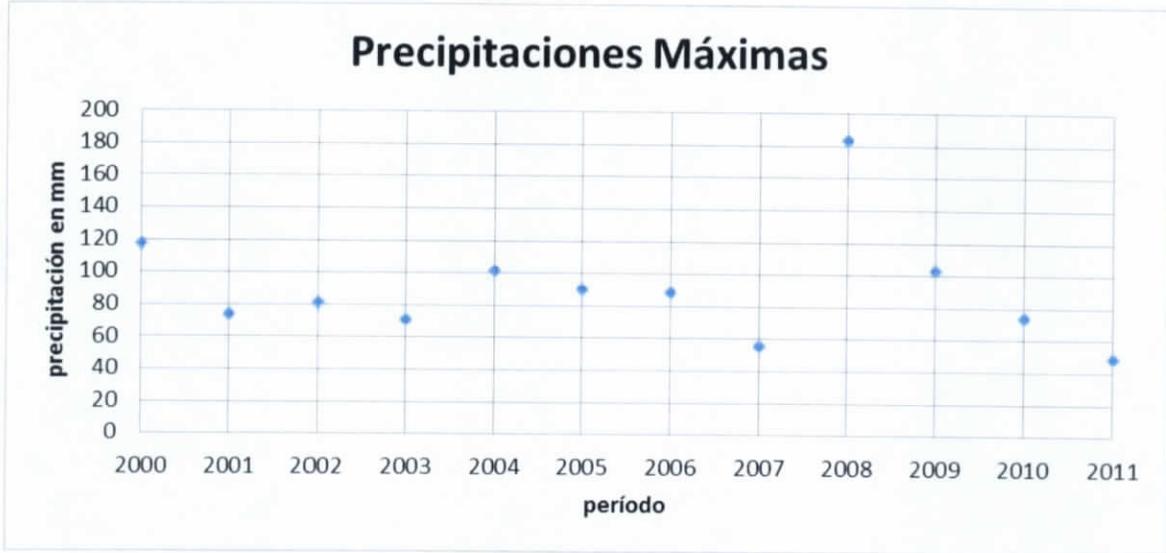


Figura 4.650 Gráfico de la precipitación máxima de la estación Yasha

Tabla 4.49 Precipitación máxima en 24 horas de la estación Yasha

Año	Precipitación máxima en 24 horas
2000	116.4
2001	72.8
2002	80.9
2003	70.2
2004	100.8
2005	89.8
2006	87.9
2007	55
2008	182.9
2009	102
2010	73
2011	48

La Prueba de Mann-Kendall 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

4.6 Plan objetivo para mejorar la consistencia de datos

En esta parte del trabajo se estableció un plan objetivo para que los datos generados en la red de medición (hidrométrica y climatológica) se encuentren dentro de los límites de confianza. Este plan objetivo deberá ser consensado entre las instancias involucradas, y en su caso, modificado y adecuarlo para su desarrollo y aplicación.

SITUACIÓN ACTUAL	IMAGEN OBJETIVO
Ausencia de datos en bases de datos	<p>Control de calidad de los datos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Manejo de datos (software, metodología, etc)• Diagnóstico físico de las estaciones• Metodología permanente (análisis de consistencia)
	<ul style="list-style-type: none">a. Manejo de datos en bases de datos: La digitalización de las bases de datos traen consigo errores de transcripción y/o ausencia de datos.b. Consolidación de la información de todas las redes en una sola base de datos en tiempo real.c. Diagnóstico físico de las estaciones para evitar que haya errores en la localización de las estaciones y en los datos reportados.d. Revisión de los datos por medio de técnicas estadísticas de "puntos extraños" para corregir datos incongruentes.e. Instalación de un servidor con suficiente capacidad para que los usuarios descarguen bases de datos históricas a través del Internet.f. Es necesario disponer de información actualizada y confiable para implementar modelos que describan el proceso lluvia-escorrentamiento, como uso de suelo y vegetación.g. Contar con una base de datos que contengan calidad y cobertura temporal de los datos hidrométricos y de azolve.h. Integrar en una base de datos única la información disponible, que contenga información de datos en tiempo real de niveles de ríos, precipitación, mapas de

UF

zonas de inundación, ubicación de cuencas hidrológicas y de la cobertura espacial de las estaciones hidrométricas y climatológicas y mantenerlas actualizada.

- i. Implementación de nuevas formas de almacenamiento de datos asociados a herramientas SIG, que permitan acopiar, consultar, generar nuevos productos y posteriormente llegar a la impresión de la misma conforme a las necesidades de los usuarios.

SITUACIÓN ACTUAL

IMAGEN OBJETIVO

Funcionamiento

- Inspección física
- Mantenimiento por medio de la calibración de equipos
- Modernización
- Capacitación

- a. Inspección física periódica a las estaciones de medición, para verificar banco de nivel al cual estén referidas, número de equipos de medición en funcionamiento, mantenimiento y seguridad de la estación.
- b. La estación de medición debe contar con datos de caracterización tales como, topografía, geología, hidrología, edafología, uso de suelo.
- c. Inventariar y dar a conocer los datos de las evaluaciones de recursos hídricos en el contexto de las redes de monitoreo, que se hayan ido deteriorando.
- d. Verificar la calibración de los equipos de medición con laboratorios certificados y contar con una bitácora de calibración.
- e. Contar con equipos de repuesto para cuando uno este fuera de operación o en su periodo de calibración.
- f. Retomar la medición de sedimentos, ya que desde el año 1982, han dejado de funcionar estaciones hidrométricas en las actuales se medía esta variable.
- g. Planteamiento de un programa de modernización, mejora y fortalecimiento de la infraestructura de medición.
- h. Contar con datos descriptivos así como series temporales asociadas de los recursos hídricos de aguas superficiales de la cuenca Grijalva-Usumacinta: red de

estaciones de aforos en los ríos, embalses y canales, estaciones meteorológicas, evaporimétricas, etc.

- i. Formación de recursos humanos adecuados a las necesidades. Desarrollo de personal con múltiples habilidades.
- j. Se requiere de personal suficiente encargado del mantenimiento en la estación o equipo de medición.

SITUACIÓN ACTUAL

IMAGEN OBJETIVO

Revisión Insuficiente

- Número de personal especializado
- Definición de funciones
- Modernización

- a. Establecimiento de una red de colaboración interinstitucional e interdisciplinaria (ejemplo para manejo de radar: 1 ing. electrónico, 1 meteorólogo, 1 matemático, 1 hidrólogo).
- b. Incrementar la difusión de los trabajos elaborados por meteorólogos nacionales.
- c. Promover la creación de sociedades profesionales donde se otorguen cursos de capacitación, intercambio de información y desarrollo profesional de los miembros y la sociedad en general.
- d. Establecer la figura de un vocero oficial de los servicios meteorológicos. Educación de los tomadores de decisión y la sociedad para la asimilación de la información meteorológica.
- e. Formación de recursos humanos adecuados a las necesidades. Desarrollo de personal con múltiples habilidades (por ejemplo meteorólogo-comunicador).
- f. Es necesaria la adecuada planeación de personal y funcionamiento de una red de monitoreo integral acorde a las necesidades hidrológicas de la región, en este caso, la cuenca Grijalva-Usumacinta.

Responsables en el tema de medición:

A nivel nacional, el responsable de medir es la CONAGUA en combinación con el Servicio Meteorológico Nacional, como lo indica la Ley de Aguas Nacionales y el Reglamento Interno de la CONAGUA.

La Comisión Nacional del Agua, según la Ley de Aguas Nacionales, en su Capítulo III, artículo 9: Son atribuciones de la "la Comisión" en su nivel Nacional, las siguientes: fracción XLIV. Coordinar el servicio meteorológico nacional y ejercer las funciones en dicha materia.

Mientras que en el Reglamento Interno de la CONAGUA, publicado en el Diario Oficial de la Nación el día 30 de noviembre del 2006, menciona en el artículo 52: Corresponde a la Subdirección General Técnica las siguientes atribuciones:

Fracción II, inciso k) "Instalación, mantenimiento y operación de redes hidrológicas y de calidad del agua; así como para la aprobación de laboratorios de calidad del agua".

Fracción IV, inciso i) "Instalar, directamente o a través de terceros, redes hidroclimatológicas de aguas superficiales, mantenerlas, operarlas y modernizarlas; instalar obras civiles e instalaciones convencionales o telemáticas; realizar el registro de datos hidroclimatológicos y, en general, toda acción que pudiera modificar el registro histórico o su óptima operación;

Fracción IV, inciso m) "Operar y actualizar en coordinación con la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, el Sistema de Información Hidroclimatológica y de bancos de datos a tiempo real o histórico que sirvan como base del Sistema Nacional de Información de cantidad, usos y conservación del agua superficial;";

Fracción IV, inciso p) "Diseñar, instrumentar y operar, directamente o a través de terceros, las redes de monitoreo de niveles y calidad de las aguas subterráneas, así como procesar los datos que se obtengan, interpretarlos e incorporarlos al Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua

Fracción VII: "Desarrollar y operar, directamente o a través de terceros, redes de medición hidrológica, hidrométrica y geohidrológicas y de calidad del agua";

Es importante mencionar que los tiempos de ejecución de las actividades mencionadas anteriormente dependen – en su mayoría- de los recursos que se destinen a dicho plan.

4.7 Propuesta de instrumentación de la cuenca del río Usumacinta

Con base en criterios de gestión de riesgo por inundación se propuso –en una primera etapa- la instrumentación de la cuenca del río Usumacinta. La zona de estudio se muestra en la Figura 4.651; se muestra de color rojo la delimitación de la subcuenca del río Usumacinta (SIATL, 2014), la zona en color amarilla muestra la zona de influencia para el río Usumacinta que incluye: zona de los ríos (Chilapa, Chilapilla, Tulijá, Macuspana), la zona de los pantanos de Centla y el río Usumacinta.

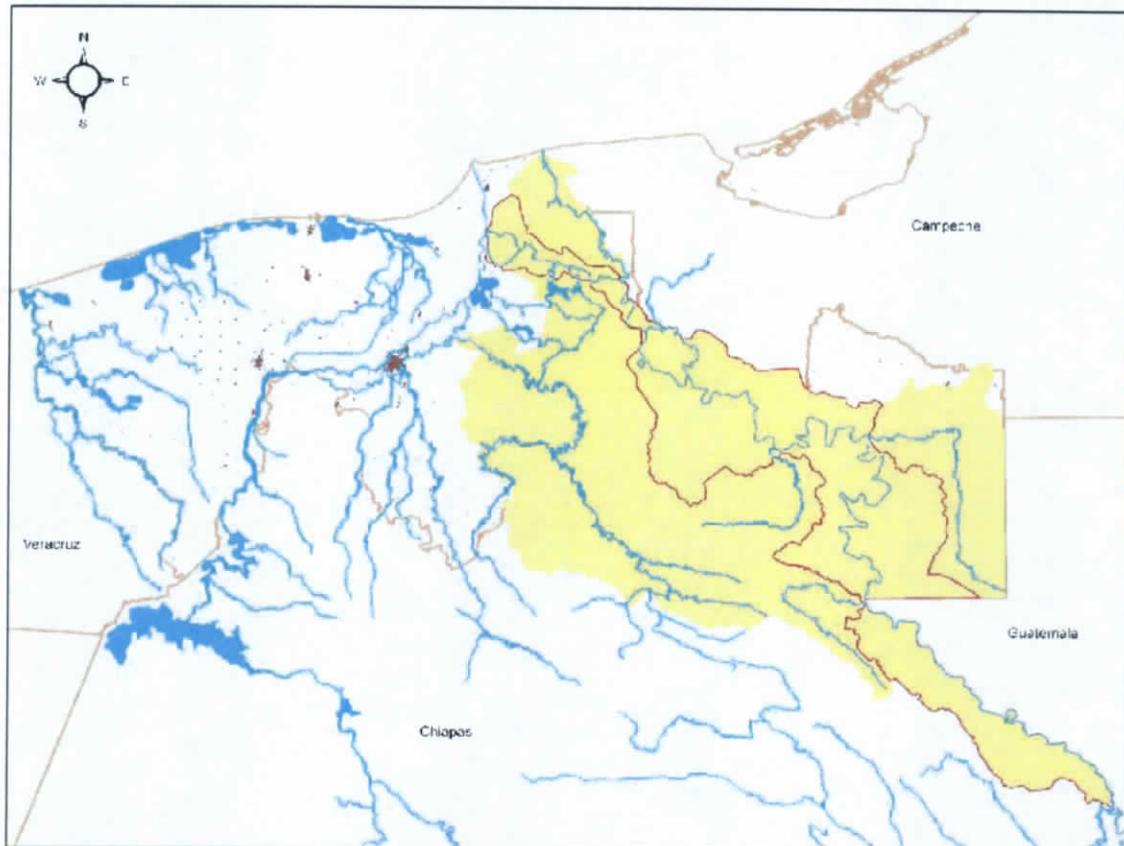


Figura 4.651.- Zona de estudio – río Usumacinta

Actualmente la cuenca del río Usumacinta y la Zona de los ríos cuenta con el siguiente inventario y diagnóstico general de la red de medición, climatológica e hidrométrica.

Uf

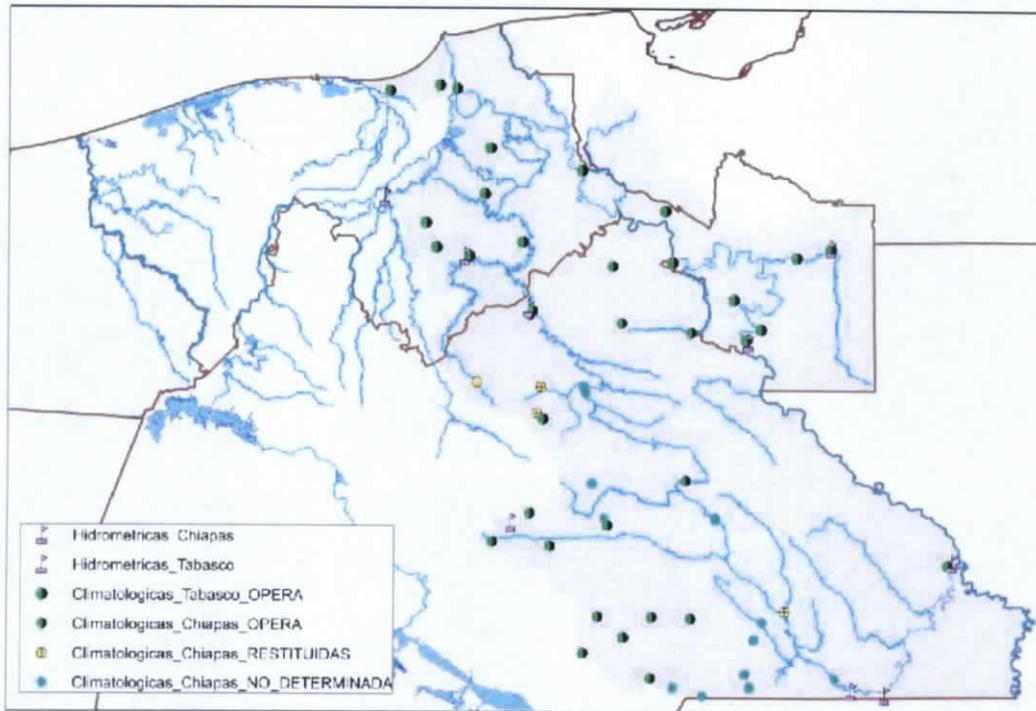


Figura 4.652.- Red de medición de la cuenca del río Usumacinta y Zona de los ríos

Tabla 4.50.- Diagnóstico e inventario de estaciones

TIPO	CHIAPAS	TABASCO
Climatológica operando	18	17
Climatológica restituidas	4	0
Climatológica no determinada	13	0
Hidrométrica operando	5	4

Para la propuesta se tomarán en cuenta tres tipos de estaciones:

- Estación hidrométrica
- Estación climatológica
- Estación Nivel (o escalas)

UF

4.7.1 Criterios de instrumentación

4.7.1.1 Administración de la red de medición

Las estaciones de observación (hidrométricas y/o climatológicas y/o escalas) una vez instaladas deben identificarse, por lo que es necesario contar con un inventario actualizado conteniendo la siguiente información:

- i. Identificador de la estación (ID)
- ii. Nombre de la estación
- iii. Nombre de la cuenca
- iv. Nombre del río
- v. Coordenadas geográficas
- vi. Nivel de referencia (banco de nivel)
- vii. Fecha de instalación
- viii. Tipo de estación
- ix. Elementos que observa
- x. Instrumentos y/o equipos de observación
- xi. Programa de observación
- xii. Información sobre el control y regulación aguas arriba
- xiii. Antecedentes de la estación (fecha de inicio , reubicación, recategorización, etc)
- xiv. Nombre del observador (datos completos)
- xv. Accesos y croquis de la estación (en formato impreso y digital)

4.7.1.2 Selección del sitio para instalación

La selección del sitio para una estación de medición, debe basarse en los siguientes criterios:

- I. El tramo a escoger deberá tener en lo posible en un tramo recto unos 100 m aguas arriba y aguas abajo de la estación
- II. La corriente del cauce debe de estar confinada en un solo cauce para todos los niveles y pueden existir corrientes subterráneas
- III. El lecho del río no debe estar sujeto a socavaciones ni a rellenos y debe estar libre de plantas acuáticas

JK

- IV. Las orillas deben ser permanentes, lo suficientemente altas para contener las avenidas y deben estar libres de arbustos
- V. El sitio debe ser de fácil acceso para facilitar la instalación, operación y mantenimiento
- VI. El sitio debe disponer –de preferencia- de instalaciones de telemetría o transmisión por satélite

Cabe mencionar que muy pocas veces se encuentra un sitio que satisfaga todos los criterios, sin embargo, se deberá escoger el sitio que más convenga, adecuarlo, y llevar un seguimiento a los datos generados en el sitio para evaluar la conveniencia de continuar en ese sitio o buscar una reubicación.

La propuesta de instrumentación para la cuenca del río Usumacinta (convenida en esta primera etapa) se muestra en la Figura 4.653. Dicha ubicación y número de estaciones se basan en la necesidad de conocer las principales variables que afectan la zona, que son: nivel y gasto, lo que representarían estaciones hidrométricas y/o niveles.

Para el caso de las estaciones climatológicas, el número actual de estaciones cumple con lo recomendado por la OMM, que es contar con una estación como mínimo que mida precipitación por cada 200 km², sin embargo se hace una recomendación para incrementar esta red y así mejorar el cálculo espacial y temporal de la precipitación.

Cabe señalar que esta propuesta de instrumentación de la cuenca no representa el sitio preciso de instalación, esto deberá llevarse a cabo en otro estudio específico el cual verifique rutas de acceso al sitio, si cuenta con una sección de control, etc.

UK

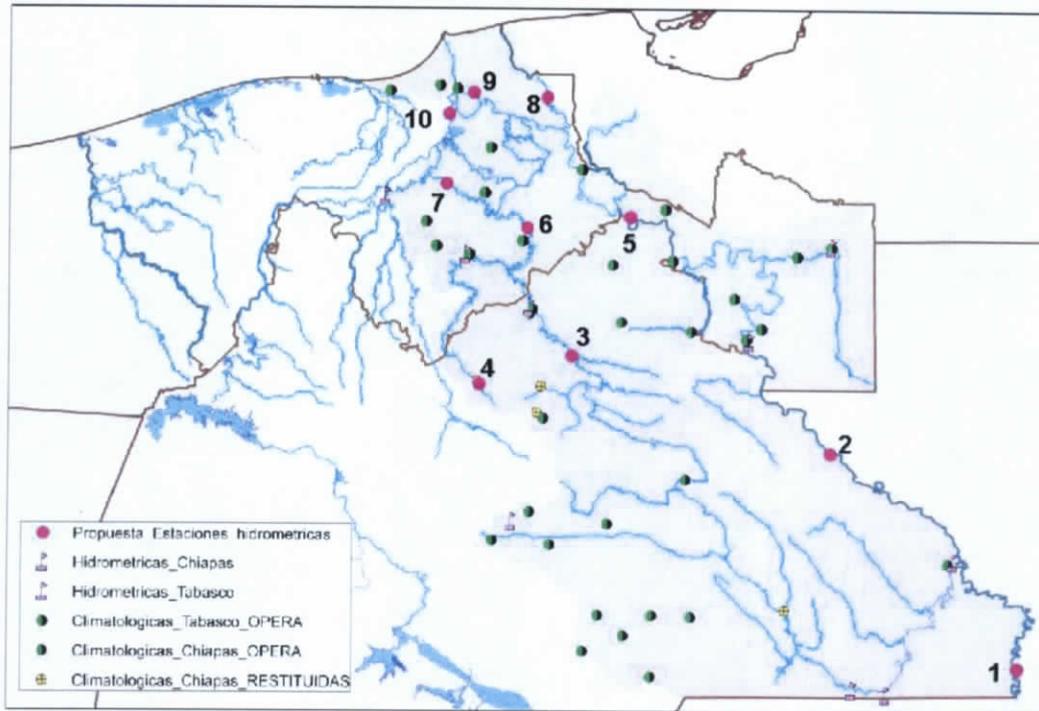


Figura 4.653.- Propuesta de instrumentación para la cuenca del río Usumacinta

Esta propuesta de instrumentación tiene las siguientes características generales:

Tipo de estación: Hidrométrica Convencional y/o Automática

Parámetros a medir: gasto (m^3/s), escala (nivel msnm)

En la mayoría existe cercana al sitio una estación climatológica existente y en operación por lo que podría aprovecharse la obra civil para instalar una estación hidrométrica y/o en caso de no contar con una sección de control, ubicar una escala. En la tabla siguiente se muestra un resumen de las estaciones propuestas. (Ver anexo A.4.6 Shapes Propuesta de Instrumentación)

SITIO	CORRIENTE PRINCIPAL	ESTADO
1	Usumacinta	Chiapas
2	Usumacinta	Chiapas
3	Tulijá	Chiapas

UF

SITIO	CORRIENTE PRINCIPAL	ESTADO
4	Puxcatán	Chiapas
5	Usumacinta	Tabasco
6	Tepetitán	Tabasco
7	Chilapa	Tabasco
8	San Pedro y San Pablo	Tabasco
9	Usumacinta (aguas arriba de Tres Brazos)	Tabasco
10	Bajo Grijalva (aguas arriba de Tres Brazos)	Tabasco

Se reitera el hecho de que se debe contar con un estudio específico para la instalación de estaciones, que incluya un análisis del sitio, coordenadas geográficas, vías de comunicación, factibilidad económica, etc.

4.8 Conclusiones y recomendaciones

Durante la recopilación de información de la red de medición de la cuenca Grijalva-Usumacinta, se observaron diferentes fuentes de información (CLICOM, BANDAS, ERIC, boletines hidrometeorológicos, SMN Estaciones automáticas, etc) las cuales no muestran un inventario actualizado abierto a la consulta pública. Se recomienda contar con un sistema único de bases de datos hidroclimatológicos actualizados, el cual esté disponible al público.

Después de una depuración de información y revisión con la DL Tabasco y OCFS referente a las estaciones climatológicas en operación, se realizó el análisis de consistencia para aquellas estaciones operadas por la CONAGUA con un registro de 30 años. Este análisis de consistencia incluyó tres pruebas: visual gráfico, doble masa y prueba de homogeneidad. Derivado de los resultados de estas pruebas se concluyó que la red de medición es consistente.

La revisión de datos hidrométricos se realizó a partir del año 1999 y hasta el 2014, en dos temporadas estiaje y lluvia, ya que el comportamiento en ambas épocas es diferente, así mismo se consideró el cambio del funcionamiento fluvial derivado de la construcción de infraestructura hidráulica, dicho cambio se hace notar en el apartado de Análisis de la red hidrométrica, ya que las variables que sufren cambios son gasto y nivel, como por ejemplo el generado en la EH González a partir del funcionamiento de la estructura de control "EL Macayo"; por lo que se concluyó que los registros mantienen una tendencia en ambas épocas del año, y que existe un cambio en el comportamiento derivado de las obras de infraestructura hidráulica. Existen datos faltantes, tal es el caso de la estación hidrométrica San Joaquín, la cual durante el 2010 no reportó gastos aforados, ya que la cuerda guía de la canastilla de aforo se rompió. En estos casos se recomienda contar con una estación automática así como un programa de mantenimiento de las estaciones para que estén en óptimas condiciones en cualquier época de año.

Para la propuesta de instrumentación de la cuenca del río Usumacinta, se recomienda realizar un estudio donde se valore la factibilidad técnica y económica de la

instrumentación propuesta. Para el caso de las estaciones climatológicas, se recomienda habilitar las estaciones que actualmente se tienen fuera de operación, sin embargo cabe mencionar que actualmente se cumple con la recomendación de la OMM de contar con una estación que mida precipitación cada 200 km².

En el caso de las estaciones hidrométricas se propuso la instalación de 10 estaciones hidrométricas o en su caso escalas, que ayuden a medir con mayor precisión el sistema fluvial del río de Usumacinta así como la zona de los ríos. Se recomienda revisar a partir de un estudio de factibilidad técnica y económica la viabilidad de esta propuesta.

VF

FAO/UNESCO. 1977. Soil map of the world, 1: 5 000.000. UNESCO, Paris, France.

FAO, 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.

FAO Bull N° 56, Roma, Italy.

FOURNIER F. 1960. Climat et érosion. Ed. Presses Universitaires de France. Paris.

HASSAN H., and H. E. DREGNE. 1997. Natural Habitats and Ecosystems Management in Drylands: an overview. Natural Habitats and Ecosystems Management Series. Environment Department Papers. Washington DC. The World Bank.

KÖPPEN, W. 1936. Das geographische system der klimate. In: Köppen W. and Geiger R. (Eds) Handbuch der Klimatologie, pp 1-46.

LENTON, R. L. and RODRÍGUEZ ITURBE, I. 1977. On the collection, the analysis, and the synthesis of spatial rainfall data" MIT Department of Civil Engineering. Tech Report N°194. Parsons Laboratory

MEIGS P. 1953. World distribution of arid and semi-arid homoclimates. UNESCO. Review of Research on Arid Zone Hydrology. Arid Zone Research I.

NIST/SEMATECH. 2002. e-Handbook of Statistical Methods.
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>.

OLIVER J.E. 1980. Monthly precipitation distribution: A comparative index. Professional Geographer, 32(3) 300 – 309.

OVALLES, F.A. 1986. Selection of important properties to evaluate the use of geostatistical analysis in selected northwest Florida soils. Ph.D Dissertation, University of Florida, Gainesville, USA. 208p.

OVALLES, F. A. 1996. Evaluación de la variabilidad espacial del suelo y su relación con los rendimientos del cultivo de maíz a nivel de parcela experimental. Trabajo de Ascenso. UCV- Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. 160p

OVALLES, F.A. y M.E. COLLINS. 1988. Evaluation of soil variability in northwest Florida using geostatistics. Soil Sci. Soc. J. 52:1702-1708.

PENMAN H. L. 1948. Natural evaporation from open water, bares oil, and grass. Proc. Roy. Soc. Serie A (193):120-146

PIZARRO R.; RAMÍREZ C. 2000. Análisis Comparativo de Modelos para la Estimación de Precipitaciones Areales Anuales en Períodos Extremos. Región del Maule, Chile

RHENALDS- FIGUEREDO, A; RODRIGUEZ-ITURBE; I.; SHAAKE, J.C. 1974. Bidimensional spectral analysis of rainfall events" MIT Department of Civil Engineering. Tech Report N°139. Ralph Parsons Laboratory.

ROSTLAC-UNESCO 1982. Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur

RENARD, K.G.; G.R. FOSTER; T. WEESIES. 1993. Predicting Soil Erosion and Water. A guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation RUSLE. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Washington D.C.

SALVADOR FIGUERAS, M y GARGALLO, P. 2003. "Análisis Exploratorio de Datos", [en línea] 5campus.com, Estadística <http://www.5campus.com/leccion/aed>

SHEARMAN y SALTER 1975. An objective rainfall interpolation and mapping technique. Hydrol. Sc. Bull. 20(3) 353-363.

TUKEY, J.W. 1977. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley

VF

THORNTHWAITE, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38:55-94.

TURC L. 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration, potentielle, formule climatique simplifiée et mise a jour. Ann. Agron. 12 :13-49.

US NATIONAL WEATHER SERVICE. 1972. River Forecast System. NWS HYDRO 14:3.1-3.14.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 1992. World Atlas of Desertification. Arnold E. (Ed). 69p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 1997. World Atlas of Desertification. Second Edition. Middleton N. and Thomas D. (Eds). 182p.

WISCHMEIER W.H. Y SMITH D.D. 1978. Predicting rainfall-erosion losses. A guide to conservation planning. Agric. Handbook N° 537. U.S.D.A. Washington, D.C

LEY DE AGUAS NACIONALES, México, Última reforma publicada DOF 11-08-2014

REGLAMENTO INTERIOR DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, México, Última reforma publicada DOF 12-10-2012

JK