



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERIA CIVIL – HIDRÁULICA

INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA DISTRIBUCIÓN DE
LLUVIAS MÁXIMAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA

PRESENTA:
GABRIELA ÁLVAREZ OLGUÍN

TUTOR PRINCIPAL
DR. CARLOS AGUSTÍN ESCALANTE SANDOVAL
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. MARZO DE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Gracia Sánchez Jesús
Secretario: Dr. Silva Casarín Rodolfo
Vocal: Dr. Escalante Sandoval Carlos A.
1 er. Suplente: Dra. Reyes Chávez Lilia
2 d o. Suplente: Dr. Mendoza Baldwin Edgar Gerardo

Lugar donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, UNAM, México, D.F.

TUTOR DE TESIS:

NOMBRE

FIRMA

Dedicatoria:

A mis padres, por darme la vida y ayudarme a ser quien soy.

A mi esposo Miguel, por creer en mí y darme su amor y apoyo incondicional.

A mi pequeña Samanta, porque con su ternura y alegría me impulsa a seguir siempre adelante.

Agradecimientos:

Al Dr. Carlos Escalante, por aceptar ser mi tutor, por su paciencia y todos los conocimientos que me ha brindado desde la maestría.

A los miembros de mi comité tutor: Dra. Lilia Reyes, Dr. Jesús Gracia, Dr. Rodolfo Silva y Dr. Edgar Mendoza, por darme la oportunidad de ingresar al programa de posgrado.

Al CONACYT por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de posgrado.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS	5
GENERAL	5
ESPECÍFICOS	5
1 MARCO TEÓRICO	5
1.1 ESTACIONAREIDAD DE LAS SERIES	6
1.1.1 PRUEBA DE PETTITT	7
1.1.2 PRUEBA DE MANN-KENDALL	8
1.1.3 DESCOMPOSICIÓN EN MODOS EMPÍRICOS	9
1.2 ÍNDICES CLIMÁTICOS OSCILATORIOS	11
1.2.1 EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR	11
1.2.2 OSCILACIÓN DECADAL DEL PACÍFICO	13
1.2.3 OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE	14
1.2.4 OSCILACIÓN MULTIDECADAL DEL ATLÁNTICO	14
1.3 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS NO ESTACIONARIO	15
1.4 SELECCIÓN DEL MEJOR MODELO	18
1.5 DISTRIBUCIONES MEZCLADAS	19
2 METODOLOGÍA	20
2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	20
2.2 CALIDAD DE INFORMACIÓN	20
2.3 DEDUCCIÓN DE DATOS FALTANTES	21
2.4 REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	22
2.5 ASOCIACIÓN DE LA LLUVIA CON FENÓMENOS CLIMÁTICOS OSCILATORIOS.	23
2.6 ESTACIONAREIDAD DE LAS SERIES	24

2.7 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS	24
2.8 APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIAS NO ESTACIONARIO	32
2.8.1 LLUVIA ACUMULADA ANUAL	32
2.8.2 LLUVIA MÁXIMA EN 24 HORAS	33
3 RESULTADOS	35
3.1 VARIACIÓN ESPACIAL DE LA LLUVIA ACUMULADA	35
3.2 REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	36
3.3 ASOCIACIÓN DE LA LLUVIA CON FENÓMENOS CLIMÁTICOS OSCILATORIOS.	39
3.4 PRUEBAS DE ESTACIONAREIDAD	41
3.4.1 LLUVIA ACUMULADA ESTACIONAL	41
3.4.2 LLUVIA ACUMULADA ANUAL	48
3.4.3 LLUVIA MÁXIMA EN 24 HORAS	52
3.5 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS	53
3.5.1 LLUVIA ACUMULADA	53
3.5.2 LLUVIA MÁXIMA EN 24 HORAS	65
3.6 APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIAS NO ESTACIONARIO	70
3.6.1 ANÁLISIS DE LA LLUVIA ACUMULADA	70
3.6.2 ANÁLISIS DE LA LLUVIA MÁXIMA EN 24 HORAS	71
4 CONCLUSIONES	79
REFERENCIAS	81
ANEXO A. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ESTACIONARERIDAD.	86
ANEXO B. EVENTOS DE DISEÑO ESTIMADOS A PARTIR DE MODELOS NO ESTACIONARIOS	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Funciones de densidad de probabilidad para valores mínimos utilizadas en el análisis de la lluvia anual acumulada.	25
Cuadro 2.2. Funciones de densidad de probabilidad para valores máximos utilizadas en el análisis de lluvias máximas.	26
Cuadro 2.3. Modelos propuestos para los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para valores mínimos.	27
Cuadro 2.4. Modelos propuestos para los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para valores máximos.	28
Cuadro 3.1. Lluvia acumulada anual y porcentajes de lluvia por estación.	37
Cuadro 3.2. Coeficientes de correlación de Spearman entre las series estacionales y los índices climáticos oscilatorios.	40
Cuadro 3.3. Coeficientes de correlación de Spearman entre las series anuales de lluvia acumulada, lluvia máxima en 24 horas e índices climáticos oscilatorios.	41
Cuadro 3.4. Número de estaciones analizadas y número de series estacionales estacionarias, no estacionarias y la causa de la falta de estacionareidad.	42
Cuadro 3.5. Número de estaciones analizadas y número de series de lluvia anual estacionarias, no estacionarias y la causa de la falta de estacionareidad.	48
Cuadro 3.6. Resultados de las pruebas de estacionareidad realizadas a la estación 26032, “El Oregano”, Hermosillo, Sonora.	50
Cuadro 3.7. Número de estaciones analizadas y número de series de lluvia máxima en 24 horas estacionarias, no estacionarias y la causa de la falta de estacionareidad.	52
Cuadro 3.8. Resultados de las pruebas de bondad de ajuste y estimadores de los parámetros, para la estación 2060.	54

Cuadro 3.9. Resultados de las pruebas de bondad de ajuste y estimadores de los parámetros para la estación 25082.	55
Cuadro 3.10. Número de estaciones según los rangos del porcentaje de incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, con respecto a la lluvia media anual (1950-2013), para un periodo de retorno de 2 años.	63
Cuadro 3.11. Número de estaciones según los rangos del porcentaje de incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, con respecto a la lluvia anual máxima en 24 horas (1950-2013), para un periodo de retorno de 100 años.....	65
Cuadro 3.12. Eventos estimados de la lluvia acumulada (mm) de la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).....	70
Cuadro 3.13. Coeficientes y volúmenes de escurrimiento correspondientes a la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).....	70
Cuadro 3.14. Valores de la precipitación con duración de 24 y 1 horas obtenidos con un factor R de la lluvia de 0.48, para el caso estacionario.....	73
Cuadro 3.15. Valores de la precipitación asociada a diferentes periodos de retorno y duraciones, para el caso estacionario.....	73
Cuadro 3.16. Valores de la precipitación con duración de 24 y 1 horas obtenidos con un factor R de la lluvia de 0.48, para el escenario 2044 del caso no estacionario.....	73
Cuadro 3.17. Valores de la precipitación asociada a diferentes periodos de retorno y duraciones, para el escenario 2044 del caso no estacionario.	73
Cuadro 3.18. Dimensiones de un emisor de sección trapezoidal para diferentes gastos de diseño.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de las regiones El Niño (Fuente: NCDC, 2013).	11
Figura 1.2. Anomalías SST históricas correspondientes a la región Niño 3.4. (Fuente:NOAA, 2014).....	12
Figura 1.3. Índice ENSO Multivariado. (Fuente: NOAA, 2014).....	12
Figura 1.4. Comportamiento temporal del índice de Oscilación Decadal del Pacífico (PDO). (Fuente:NOAA, 2014).....	13
Figura 1.5. Índice de Oscilación del Atlántico Norte (Fuente:NOAA, 2014).	14
Figura 1.6. Índice de Oscilación Multidecadal del Atlántico Norte (Fuente: NOAA, 2014).	15
Figura 2.1. Localización de estaciones seleccionadas.....	21
Figura 3.1. Distribución de la precipitación media anual en la República Mexicana (1950-2013).....	35
Figura 3.2. Regiones de precipitación homogéneas obtenidas con Análisis de Componentes Principales	36
Figura 3.3. Lluvia mensual de las regiones del Norte de México.	37
Figura 3.4. Lluvia mensual de las regiones del Centro y la Costa del Pacífico de México.	38
Figura 3.5. Lluvia mensual de las regiones del Sur y la Costa del Golfo de México.	38
Figura 3.6. Anomalías de los índices climáticos (áreas en gris) y las series de invierno de estaciones seleccionadas (líneas negras, el cambio en las líneas discontinuas indica un punto de quiebre significativo), a) región 2 y MEI, b) región 9 y MEI, c) región 4.	43
Figura 3.7. Estaciones con puntos de cambio y tendencias significativas para las series estacionales, a) invierno b) primavera.....	44

Figura 3.8. Anomalías de los índices climáticos (áreas en gris) y las series de primavera de estaciones seleccionadas (líneas negras), a) región 1 y PDO, b) región 2 y MEI.....	45
Figura 3.9. Estaciones con puntos de cambio y tendencias significativas para las series estacionales a) verano, b) otoño.....	46
Figura 3.10. Anomalías de los índices climáticos (áreas en gris) y las series de verano de estaciones seleccionadas (líneas negras), a) región 2 y el índice PDO, b) región 1 y el índice AMO.....	47
Figura 3.11. Anomalías de series de otoño seleccionadas del Noroeste del país (series continuas) y del residual obtenido por EEMD (series discontinuas), a) región 9, b) región 2..	47
Figura 3.12. Series de lluvia acumulada anual no estacionarias.....	49
Figura 3.13. Series de lluvia anual (líneas negras), estacionales (líneas grises) y residual o media de la serie (líneas discontinuas), a) región 2 (Baja California Sur), b) región 2 (Sonora), c) región 1, y d) región 12.	49
Figura 3.14. Series de lluvia anual acumulada de la estación 26032, con punto de quiebre en 1980.....	51
Figura 3.15. Serie de lluvia anual acumulada de la estación 26032 y residual obtenido por Descomposición de Modos Empíricos.....	51
Figura 3.16. Series anuales de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias.....	52
Figura 3.17. Gráficas “worm” (izquierda) y Q-Q (derecha) para el análisis visual del ajuste del modelo LN3-M2 a los datos de lluvia acumulada anual de la estación 2060 (“Santa Cruz”, Ensenada, Baja California).	56
Figura 3.18. Gráficas “worm” (izquierda) y Q-Q (derecha) para el análisis visual del ajuste del modelo GA3-M1 a los datos de lluvia acumulada anual de la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).....	56
Figura 3.19. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual de la estación 2060 (“Santa Cruz”, Ensenada, Baja California).	59

Figura 3.20. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual de la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).....	59
Figura 3.21. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual de la República Mexicana, estimados para el escenario 2044 y diferentes periodos de retorno (TR), a) TR=2 años, b)TR=10 años, c) TR=50 años y d) TR=100 años.....	60
Figura 3.22. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 2 años.....	61
Figura 3.23. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 10 años.....	61
Figura 3.24. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 50 años.....	62
Figura 3.25. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 100 años.	62
Figura 3.26. Estaciones con modelos dependientes del índice PDO, seleccionados para la estimación de eventos de diseño de la lluvia acumulada.....	64
Figura 3.27. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas de la República Mexicana, estimados para el escenario 2044 y diferentes periodos de retorno (TR), a) TR=2 años, b) TR=10 años, c) TR=50 años y d) TR=100 años.	66
Figura 3.28. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 2 años.....	67
Figura 3.29. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 10 años.....	67
Figura 3.30. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 50 años.....	68
Figura 3.31. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 100 años.	68

Figura 3.32. Estaciones con modelos dependientes del índice PDO, seleccionados para la estimación de eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas.....	69
Figura 3.33. Diagnóstico de los modelos estacionario (M0) y no estacionario (M1) correspondientes a la función Log Normal de 3 parámetros, ajustados a la serie de lluvia anual máxima en 24 horas de la estación 26032, “El Oregano”, Hermosillo, Sonora.	72
Figura 3.34. Eventos de diseño de la lluvia anual en 24 horas de la estación 26032, “El Oregano”, Hermosillo Sonora.	72
Figura 3.35. Curvas intensidad -duración asociadas a un periodo de retorno de 2 años.....	74
Figura 3.36. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 5 años.....	75
Figura 3.37. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 10 años.	75
Figura 3.38. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 50 años.	76
Figura 3.39. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 100 años.....	76
Figura 3.40. Dimensiones de un emisor de sección trapezoidal diseñado para gastos de 6.06 m ³ /s y 8.92 m ³ /s para el caso estacionario (izquierda) y no estacionario (derecha) respectivamente, asociado a un periodo de retorno de 10 años.	78

RESUMEN

La metodología clásica de análisis y predicción de eventos extremos de variables hidrológicas, se basa en la teoría de valores extremos de series estacionarias; sin embargo diversas investigaciones apuntan hacia una alteración del ciclo hidrológico que ha modificado la media y los extremos de estas variables, razón por la cual las técnicas tradicionales no son válidas para predecir con precisión los eventos hidrológicos. El presente proyecto tiene como objetivo evaluar la influencia de la variabilidad climática sobre la distribución de series de lluvia de la República Mexicana. Se aplicaron diferentes pruebas para verificar la estacionariedad de las series estacionales y anuales de lluvia acumulada, así como de las series de lluvia máxima en 24 horas. Se estimaron eventos de lluvia acumulada anual y lluvia máxima en 24 horas, asociados a diferentes periodos de retorno y escenarios futuros, a través de modelos probabilísticos válidos para series de tiempo no estacionarias. Los diferentes modelos no estacionarios propuestos para las series de lluvia anual acumulada no estacionarias, en 74% de los casos explican mejor la variabilidad de los datos que los modelos estacionarios convencionales; mientras que, para las series de lluvia máxima no estacionarias, los modelos no estacionarios seleccionados corresponden a 78% de los casos. Estos modelos permitieron incluir en la estimación de los eventos de diseño, las condiciones más adversas del índice de Oscilación Decadal del Pacífico, que ha influido en los periodos históricos más severos con déficit de lluvia, así como tendencias en las series, que permiten obtener eventos de diseño asociados a diferentes periodos de retorno y escenarios futuros.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del análisis de frecuencias, es estimar la magnitud de eventos asociados a un determinado periodo de retorno. La metodología clásica de análisis y predicción de eventos extremos de variables hidrológicas, se basa en la teoría de valores extremos de series estacionarias. Bajo condiciones de estacionariedad, la distribución de la variable de interés es invariante en el tiempo, sin tendencias, cambios y periodicidades (Villarini y Smith, 2010a). No obstante, la validez de la estacionalidad de las series de tiempo, está siendo cuestionada por la comunidad científica. Milly *et al.* (2008) mencionaron que la estacionalidad ha dejado de existir debido al cambio del clima del planeta, por causas antropogénicas, que está alternado la media y los extremos de la precipitación, la evapotranspiración y los gastos de los ríos; mientras que las investigaciones de Gleick (1989), Voss *et al.* (2002) y Held y Soden (2006) apuntan a una alteración del ciclo hidrológico que podría incrementar la frecuencia de eventos extremos. Por otro lado, Webster *et al.* (2005), encontraron que existe una tendencia del aumento en la intensidad y frecuencia en el número de huracanes, los cuales son una de las principales causas de eventos de lluvia y escurrimientos de mayor magnitud.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) las actividades humanas están provocando el calentamiento del planeta, por lo que se han registrado numerosos cambios de largo plazo en el clima, que incluyen posibles aumentos en la intensidad de los ciclones tropicales, en las ondas de calor y en la intensidad y frecuencia de eventos extremos como sequías y lluvias torrenciales. Se espera que el cambio climático intensifique el estrés actualmente padecido por los recursos hídricos, debido al crecimiento de la población y al cambio económico y de los usos de la tierra y, en particular, a la urbanización (IPCC, 2007). En el caso de México, los escenarios climáticos construidos hasta ahora sugieren que la precipitación en muchas regiones del país podría disminuir; por lo cual, bajo un escenario de cambio climático con condiciones de sequía prolongada, el desarrollo sostenido de la sociedad estaría en peligro (Magaña-Rueda y Gay-García, 2002); principalmente en zonas del Noroeste del país donde existe una alta presión sobre los recursos hídricos (CONAGUA, 2012).

Por otro lado, con respecto a las lluvias torrenciales, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) reportó que los eventos extremos de lluvia se están incrementado en 0.21% por década desde la mitad del siglo pasado. Para México, Jáuregui (2000) determinó que el número de tormentas severas en la ciudad de México (con más de 20 mm hr⁻¹ de lluvia), se ha incrementado en las últimas décadas; mientras que Peralta-Hernández *et al.* (2009), encontraron evidencia sobre un incremento, en la frecuencia e intensidad de los eventos de lluvia extrema en el sur del país. La alteración de los eventos de lluvia tendrá efectos adversos sobre los sistemas naturales y humanos, entre los que están, mayor riesgo de inundaciones en zonas urbanas, aumento del potencial erosivo de la lluvia y sequías de mayor déficit y duración. En el caso de las inundaciones, un factor clave para disminuir su riesgo es la construcción de obras hidráulicas para drenaje y control de escurrimientos. Sin embargo la creación de estrategias de mitigación y prevención de inundaciones, será ineficiente si dentro de estas, no se consideran el manejo de los suelos y la vegetación en las partes altas de las cuencas, para disminuir la erosión y la generación de escurrimientos.

Por lo anterior, conocer la magnitud de los eventos de lluvia, asociados a un determinado periodo de retorno, es de suma importancia para diversas actividades humanas, como la construcción de estructuras hidráulicas para el control de escurrimientos, la planeación adecuada de uso de suelo y la evaluación de la disponibilidad de agua. No obstante, debido a las implicaciones económicas y sociales, el análisis de frecuencias de la lluvia, debe realizarse con alta precisión; por ejemplo, la subestimación de un evento incrementaría el riesgo de falla de cualquier estructura hidráulica y sus efectos pudieran ser socialmente inaceptables aguas abajo; por el contrario, una sobreestimación incrementaría la seguridad de la estructura pero con elevados costos económicos. (Escalante-Sandoval y Reyes-Chávez, 2010).

Ante este panorama, el objetivo de este proyecto fue evaluar la influencia de la variabilidad climática en la magnitud y frecuencia de lluvia acumulada y máxima en la República Mexicana, mediante la utilización de modelos probabilísticos no estacionarios.

En el Capítulo 1, se encuentran conceptos básicos del análisis de estacionareidad de las series de tiempo hidrológicas y del análisis de frecuencias bajo el enfoque no estacionario. En el Capítulo 2, se describe la metodología utilizada para el análisis de la información y la deducción de datos faltantes de las series de lluvia de la República Mexicana. Los resultados de los análisis de estacionareidad y frecuencias se encuentran en el Capítulo 3. Finalmente, en el Capítulo 4 se muestran las conclusiones obtenidas del análisis de resultados.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México son diversos los mecanismos que intervienen en el comportamiento de los eventos extremos; por un lado, debido a la proximidad del océano, fenómenos oscilatorios como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) influyen en el comportamiento de la lluvia y los escurrimientos extremos, y por otro, la alteración del ciclo hidrológico debido al calentamiento global, podría incrementar la frecuencia de estos eventos. La selección de una función de distribución de probabilidad para la predicción de eventos extremos, que no contemple estos mecanismos podría ocasionar que las estimaciones obtenidas no sean válidas para los fines requeridos.

Diversos investigadores han encontrado evidencia de la persistencia en eventos extremos de mayor magnitud a nivel global. Sin embargo, en la República Mexicana, esta alteración del clima no se ha considerado en el análisis de frecuencias. De existir un incremento en la frecuencia e intensidad de estos eventos, las técnicas tradicionales de predicción (válidas para condiciones de estacionareidad) serían incapaces de estimar con precisión su magnitud; requiriéndose el empleo de técnicas que consideren la falta de estacionareidad de las series.

La presente investigación permitirá tomar mejores decisiones en la selección de herramientas adecuadas para predecir con menor incertidumbre las magnitudes de la lluvia asociadas a un determinado periodo de retorno. Asimismo, mediante el análisis del comportamiento de lluvia acumulada y lluvia máxima en 24 horas, se podrían detectar cambios en la frecuencia e intensidad de eventos asociados a un cambio climático.

OBJETIVOS

General

Evaluar la influencia de la variabilidad climática en la magnitud y frecuencia de la lluvia acumulada y máxima en la República Mexicana, mediante la utilización de modelos probabilísticos estacionarios y no estacionarios.

Específicos

- Identificar los mecanismos que influyen en la falta de estacionareidad de las series anuales de lluvia acumulada anual.
- Llevar a cabo pruebas de estacionareidad e independencia de las series estacionales y anuales de lluvia acumulada, así como las anuales de lluvia máxima.
- Realizar análisis de frecuencias de las series anuales que contemplen la falta de estacionareidad de las mismas.

1 MARCO TEÓRICO

Bajo el enfoque clásico, la validez de los resultados del análisis de frecuencias se basa en la independencia y estacionareidad de los datos utilizados. Una serie de tiempo de datos hidrológicos es estacionaria si sus propiedades estadísticas no son afectadas por la selección del origen en el tiempo (Dahmen y Hall, 1990). Las series pueden presentar saltos o tendencias, a este comportamiento Yevjevich y Jeng (1969) lo denominaron como inconsistencia y no homogeneidad. La inconsistencia es un cambio en la cantidad del error sistemático asociado con el registro de datos, lo cual se puede deber al uso de diferentes instrumentos y métodos de observación. La no homogeneidad es un cambio en las propiedades estadísticas de la serie de tiempo, por causas naturales o actividades humanas, entre las que están: alteraciones del uso del suelo, cambio de ubicación de la estación de medición o la desviación de escurrimientos. Las pruebas de tendencias y estabilidad de la media y la varianza, no solo verifican la estacionareidad de una serie de tiempo, sino también su consistencia y homogeneidad.

1.1 Estacionareidad de las series

La no estacionareidad de series hidrometeorológicas se ha vuelto importante debido a la posibilidad de un cambio climático; usualmente se representa con una tendencia o un salto repentino en las características estadísticas de los datos (Khaliq *et al.*, 2006). La presencia de una tendencia tiene un efecto considerable cuando una muestra de observaciones no estacionarias, se ajusta a una distribución de probabilidad convencional; por lo tanto, la comprensión y diagnóstico de un comportamiento no estacionario, es muy importante (Khaliq *et al.*, 2006). Por otro lado, se requiere gran cuidado para evitar confundir una persistencia con una tendencia; la mejor protección contra tal confusión es usar registros hidrológicos grandes (Hirsch, 2011).

La forma más común de evaluar la estacionareidad de una serie de tiempo, es verificar la presencia de cambios graduales en las series (tendencias) o puntos de cambio abruptos en la media y/o la varianza de la distribución de la variable de interés (Villarini *et al.*, 2009). Es importante, particularmente en estudios de impacto de cambio climático, diferenciar estas formas de cambios en las series: en la tendencia el cambio es gradual y se espera que continúe en el futuro, mientras en el cambio abrupto el sistema climático ha pasado a un nuevo régimen, que permanecerá relativamente constante, hasta que ocurra un nuevo cambio (McCabe y Wolock, 2002).

Debido a que los procesos climáticos oscilatorios influyen en el comportamiento de las variables hidrológicas, es necesario aplicar técnicas que permitan el análisis de la periodicidad de los mismos. El método de Descomposición de Modos Empíricos (DME) desarrollado por Huang *et al.* (1998), es un método intuitivo, directo y adaptativo a procesos no lineales y no estacionarios, cuya efectividad para el análisis de tendencias y de señales de periodo largo, se ha demostrado en estudios recientes (Qian *et al.*, 2010; Carmona, 2010; Wu *et al.*, 2007). El método permite descomponer la serie de tiempo en señales oscilatorias intrínsecas en la señal original, asociadas a diferentes periodos, a partir de los cuales se pueden detectar tendencias y analizar periodicidades de largo plazo; por lo que esta herramienta resulta útil, tanto para analizar las tendencias en las series, como para comprender el comportamiento temporal de las mismas.

1.1.1 Prueba de Pettitt

La prueba de Pettitt (1979), es un método no paramétrico que permite la detección de cambios en la media (mediana) cuando el punto de cambio es desconocido. La prueba realiza la comparación basada en rangos entre las observaciones de antes y después de la posición temporal τ , a través del estadístico de Pettitt $k(\tau)$, el cual se estima como sigue:

$$k(\tau) = \sum_{i=1}^{\tau} \sum_{j=\tau+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1.1)$$

Donde n es el tamaño de la muestra, x_j y x_k son los valores anuales en los años j y k , $j > k$, respectivamente.

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{si } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{si } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

El tiempo para el cual se tiene el valor absoluto más alto de $k(\tau)$, es el punto en el que se presentó el cambio en la mediana de la serie, lo cual se puede expresar como:

$$T = \arg \max_{0 \leq \tau \leq 1} (|k(\tau)|) \quad (1.3)$$

$$K = \max_{0 \leq \tau \leq 1} (|k(\tau)|) \quad (1.4)$$

K es el estadístico de Pettitt final y T es la posición temporal del cambio. La probabilidad de significancia asociada con el rechazo de la hipótesis nula, H_0 , se aproxima por:

$$p \approx 2 \exp\left(\frac{-6K^2}{n^3 + n^2}\right) \quad (1.5)$$

1.1.2 Prueba de Mann-Kendall

La prueba de Mann-Kendall (Kendall, 1975) verifica la presencia de una tendencia, sin especificar si esta es lineal o no. Esta prueba se basa en el cálculo del estadístico S , el cual se define mediante la expresión (1.6).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1.6)$$

Donde n es el tamaño de la muestra, x_j y x_k son los valores anuales en los años j y k , $j > k$, respectivamente.

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{si } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{si } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (1.7)$$

Para muestras mayores a 10, la varianza de S se calcula como:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (1.8)$$

Donde q es el número de grupos asociados y t_p es el número de valores de p -ésimo grupo.

Los valores de S y $\text{VAR}(S)$ se usaron para estimar el estadístico Z como sigue:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{si } S < 0 \end{cases} \quad (1.9)$$

El coeficiente de Kendall, se define como:

$$\tau = \frac{S}{\frac{1}{2}n(n-1)} \quad (1.10)$$

Para un nivel de significancia α , si el valor absoluto de Z es mayor que el valor $Z_{1-\alpha/2}$ (obtenido de la distribución acumulada normal estándar), se rechaza la hipótesis nula de no tendencia, H_0 , en favor de la hipótesis alternativa, H_1 . Un valor positivo de Z , indica una tendencia creciente.

1.1.3 Descomposición en Modos Empíricos

El método de Descomposición de Modos Empíricos (Empirical Mode Decomposition, MED) fue desarrollado recientemente por Huang *et al.* (1998) y permite la descomposición de señales en Funciones de Modos Intrínsecos (Intrinsic Mode Function, IMF). De acuerdo con Huang *et al.* (1998), una IMF satisface las siguientes dos condiciones: (1) el número de extremos, así como el número de veces que se cruza por cero en toda la serie de datos, deberá ser igual o diferente al menos por uno. (2) En cualquier instante de tiempo, el valor medio de la envolvente definida por el máximo local y la envolvente del mínimo local es cero. El proceso de separación de las funciones, es el siguiente:

- 1) Identificar todos los extremos (máximos y mínimos) en la señal $x(t)$.
- 2) Conectar los máximos mediante una curva cúbica para construir una envolvente superior, $e_{max}(t)$. Utilizar el mismo procedimiento para los mínimos y construir una envolvente inferior, $e_{min}(t)$.
- 3) Calcular la media de las envolventes superior e inferior: $m(t)=[e_{max}(t)+e_{min}(t)]/2$.
- 4) Calcular $d(t)=x(t)-m(t)$.
- 5) Considerar a $d(t)$ como la nueva señal $x(t)$. Se sigue el procedimiento anterior hasta que $d(t)$ sea una señal con media cero según un criterio de convergencia.
- 6) Una vez que $d(t)$ tiene media cero, esta se designa como la primera función de modo intrínseco (IMF1), c_1 .
- 7) La IMF1, se sustrae de la señal original y el residual se utiliza como la nueva señal $x(t)$. El proceso de separación se repite para obtener la siguiente IMF, c_2 .
- 8) De igual manera se obtienen las siguientes funciones, hasta que el residual sea una función con solo un mínimo o un máximo.

Las componentes IMF obtenidas, representan modos oscilatorios simples integrados en la señal original. Esta señal se puede reconstruir a partir de las IMF y el residual, r_n , mediante la expresión (1.11).

$$x(t) = \sum_{i=1}^n c_i(t) + r_n \quad (1.11)$$

A pesar de que el método EMD, es una herramienta muy versátil en una amplia gama de aplicaciones para extraer señales de datos generados por procesos no lineales y no estacionarios, tiene algunos inconvenientes. Uno de los problemas principales con el EMD original es la aparición frecuente de una mezcla de modos, que puede consistir en señales de amplitud de distintas escalas en uno o más modos, o en señales muy similares en distintos modos. Para resolver este inconveniente Wu y Huang (2009) propusieron el método de EMD por conjuntos (Ensemble EMD, EEMD), en el cual se obtienen las componentes IMF de un conjunto de pruebas, cada una de las cuales se obtiene adicionando a la señal, ruido blanco de una amplitud determinada. El procedimiento en el método EEMD es el siguiente:

- 1) Se adiciona a los datos una señal de ruido blanco gaussiano de una amplitud.
- 2) Los datos con el ruido adicionado se descomponen en IMF.
- 3) Se repiten los pasos 1 y 2 algunos cientos de veces, pero con diferentes señales de ruido blanco cada vez.
- 4) Se obtiene el promedio de las IMF como el resultado final.

El ruido blanco añadido se cancela al promediar las IMF.

1.2 Índices climáticos oscilatorios

A los fenómenos naturales o variaciones climáticas ocurridas en alguna parte del planeta, que influyen en el clima de otra parte lejana, se les conoce como teleconexiones (González, *et al.*, 2007). Son diversas las investigaciones sobre las teleconexiones y el clima en diversas partes del mundo. El fenómeno más conocido de escala planetaria que altera el clima global es El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) (Magaña *et al.*, 2003). Además del ENSO, existen otros fenómenos de gran escala que influyen en la variabilidad climática en México, entre los más importantes están la Oscilación Decadal del Pacífico, la Oscilación Multidecadal del Atlántico y la Oscilación del Atlántico Norte; los cuales se describen a continuación.

1.2.1 El Niño-Oscilación del Sur

Un fenómeno natural con influencia directa en la variabilidad del clima a nivel mundial es El Niño-Oscilación del Sur. El Niño, y su contraparte La Niña, que modifican los patrones de precipitación en México (ENSO). En general, en invierno El Niño (La Niña), provoca anomalías de precipitación positivas (negativas) en el Noroeste de México, y anomalías negativas (positivas) en el Istmo de Tehuantepec (Magaña *et al.*, 2003).

Un índice común para evaluar el ENSO es el promedio de las anomalías de la temperatura de la superficie del océano (SST, por sus siglas en inglés). Para monitorear la temperatura del océano, el Pacífico Tropical se ha dividido en 4 regiones, mostradas en la Figura 1.1. Si la media de las anomalías SST de tres meses consecutivos está por arriba de un umbral de 0.5 °C (para la región Niño 3.4) durante al menos 5 meses consecutivos, entonces este periodo corresponde a un evento de El Niño; mientras que valores inferiores a -0.5°C corresponden a eventos de La Niña (Figura 1.2).

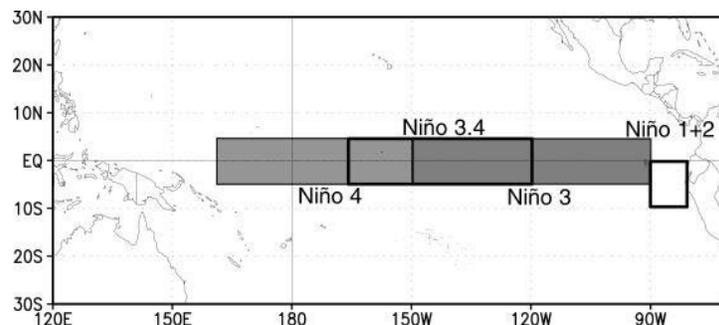


Figura 1.1. Ubicación de las regiones El Niño (Fuente: NCDC, 2013).

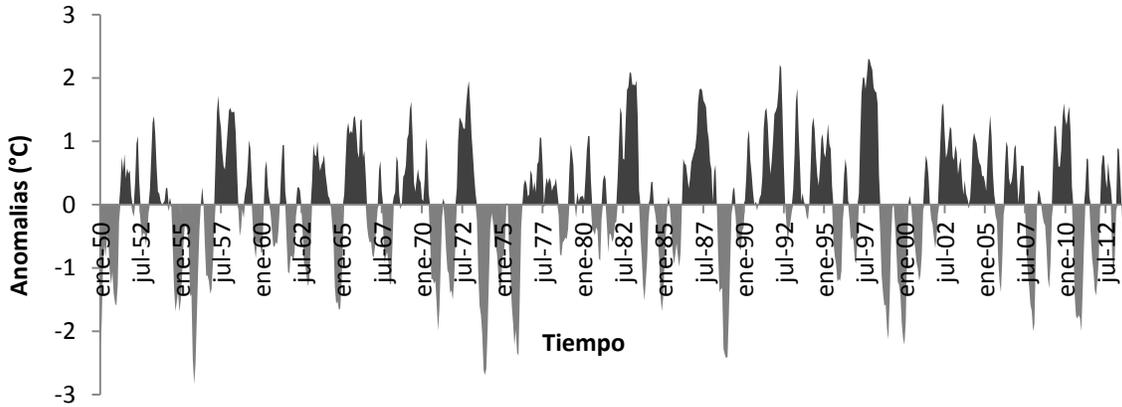


Figura 1.2. Anomalías SST históricas correspondientes a la región Niño 3.4. (Fuente:NOAA, 2014).

Un índice que representa el promedio de las características ocurridas durante El ENSO es el MEI (Multivariate Enso Index), cuya variación temporal entre enero de 1950 y diciembre de 2013, se muestra en la Figura 1.3. Este índice se calcula de la combinación de seis variables océano-atmosféricas (presión atmosférica, componentes de la superficie del viento de este-oeste y norte-sur, temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire y nubosidad total) y corresponde al primer componente principal sin rotar de esta serie de variables (Wolter y Timlin, 1993).

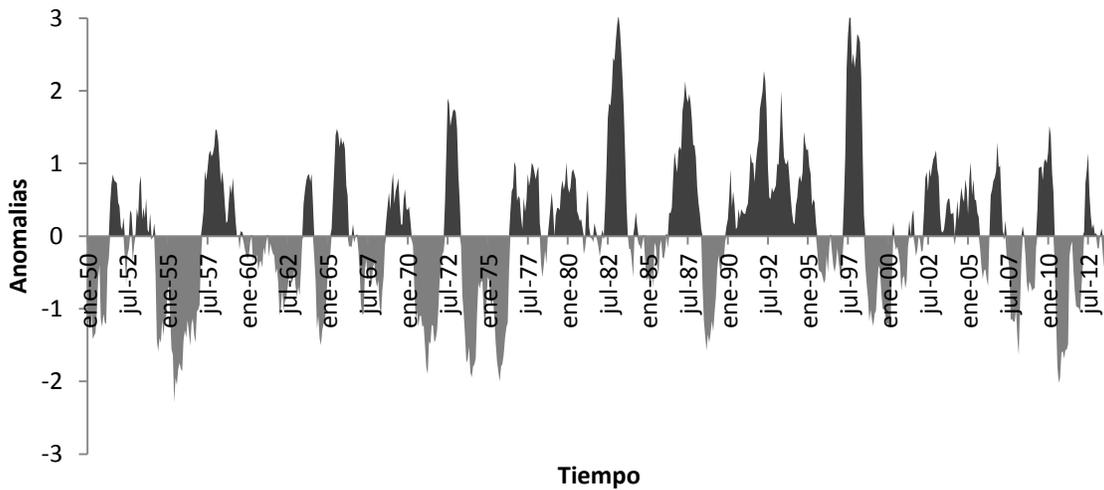


Figura 1.3. Índice ENSO Multivariado. (Fuente: NOAA, 2014).

1.2.2 Oscilación Decadal del Pacífico

El fenómeno de Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) está relacionado temporal y espacialmente con el fenómeno ENSO y se puede definir como una variabilidad climática interdecadal tipo ENSO (Mantua *et al.*, 1997). De acuerdo con Mantua y Hare (2002) son tres los aspectos principales que distinguen al PDO del ENSO: 1) Los eventos PDO del siglo 20 persistieron de 20 a 30 años mientras que los eventos ENSO típicos persisten de 6 a 18 meses. 2) las señales del PDO son más visibles fuera de los trópicos, especialmente en el Pacífico Norte, siendo lo contrario para el ENSO. 3) los mecanismos que causan la variabilidad del PDO son desconocidos, mientras que las causas de la variabilidad del ENSO se conocen bien relativamente. En paralelo con el fenómeno ENSO, las fases extremas de PDO se clasifican como cálidas o frías, en función de las anomalías de la temperatura en el Océano Pacífico tropical y Noreste. Cuando las SST son anómalamente frías en el interior de Pacífico Norte y cálidas a lo largo de la Costa del Pacífico y las presiones del nivel del mar están abajo del promedio en el Pacífico Norte, entonces del PDO tiene un valor positivo. Cuando se tienen condiciones inversas, con anomalías cálidas en el interior y anomalías frías a lo largo de la Costa de América del Norte, o las presiones del nivel del mar en el Pacífico Norte están arriba del promedio, entonces el PDO tiene un valor negativo. La Figura 1.4 muestra el comportamiento temporal del índice PDO para el periodo de 1950 a 2013, según datos del National Oceanic and Atmospheric Administration de USA (NOAA, 2014).

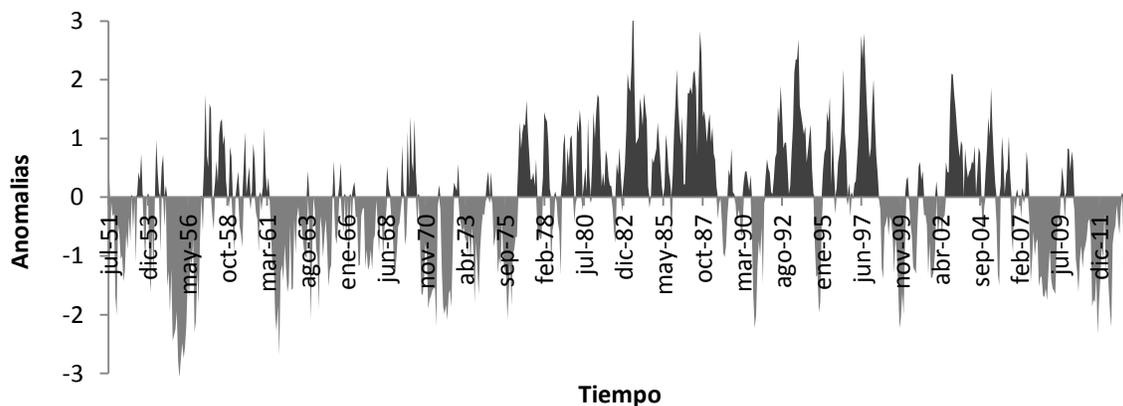


Figura 1.4. Comportamiento temporal del índice de Oscilación Decadal del Pacífico (PDO). (Fuente:NOAA, 2014).

1.2.3 Oscilación del Atlántico Norte

La Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés) constituye uno de los modificadores más importantes de la variabilidad atmosférica sobre el Norte del Océano Atlántico y juega un papel fundamental en las variaciones climáticas en las porciones continentales del Este de América del Norte y en el continente Euroasiático, principalmente durante los meses invernales (Sánchez-Santillán *et al.*, 2006). Este índice se basa en la diferencia de presiones del nivel del mar entre la alta presión subtropical del Atlántico (Azores), ubicada a los 38° de latitud y la baja presión polar del Ártico (Islandia) a los 60° de latitud. Esta oscilación tiene dos fases que se expresan mayoritariamente en invierno. La fase positiva sucede cuando las presiones barométricas del anticiclón en Azores son más altas con respecto al valor promedio, mientras que las presiones en Islandia son aún más bajas de lo normal. La Figura 1.5 muestra el comportamiento temporal del índice NAO para el periodo de 1950 a 2013.

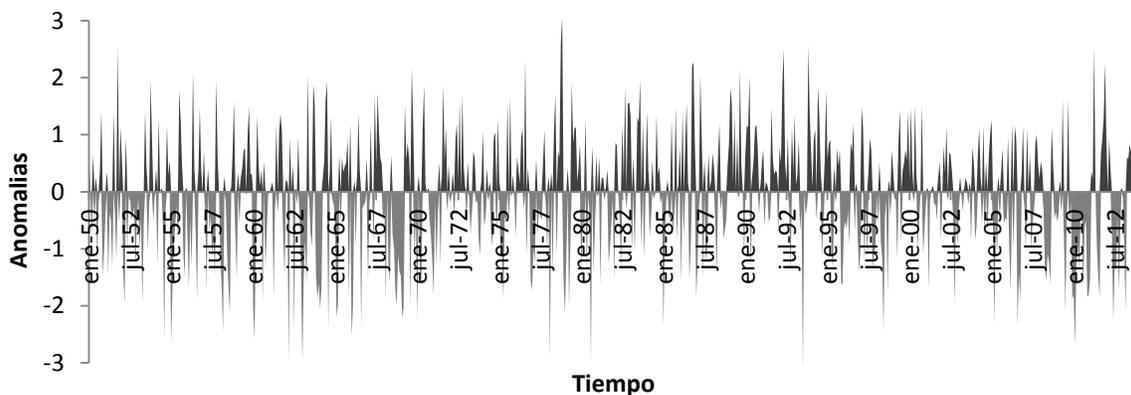


Figura 1.5. Índice de Oscilación del Atlántico Norte (Fuente:NOAA, 2014).

1.2.4 Oscilación Multidecadal del Atlántico

La Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO, por sus siglas en inglés), es una oscilación de la temperatura de la superficie del Océano del Atlántico Norte, con fases frías y cálidas que pueden durar de 20 a 40 años con una diferencia de 1°F en los extremos. Las fases cálidas ocurrieron durante los periodos 1860-1880 y 1940-1960, y las fases frías durante 1905-1925 a 1970-1990; actualmente se encuentra en fase cálida (Figura 1.6) según datos obtenidos de la página de la Administración Atmosférica y Oceánica Nacional del Departamento de Comercio los Estados Unidos (NOAA, 2014).

La señal es de alcance mundial, con una co-oscilación correlacionada positivamente en algunas partes del Pacífico Norte, pero es más intensa en el Atlántico Norte (Enfield, *et al.*, 2001). La fase positiva del AMO, está relacionada con la ocurrencia de grandes sequías en América del Norte, asociadas a un debilitamiento de humedad normal flujo en norte de México (Méndez y Magaña, 2009). Por otro lado, más huracanes impactan el norte del Golfo de México cuando el AMO está en fase positiva que cuando es negativa (Change, 2011).

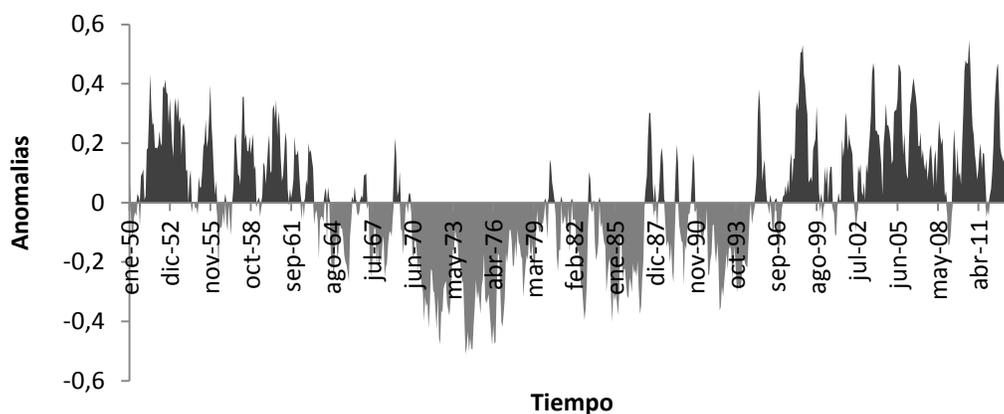


Figura 1.6. Índice de Oscilación Multidecadal del Atlántico Norte (Fuente: NOAA, 2014).

1.3 Análisis de frecuencias no estacionario

Para considerar la falta de estacionariedad de la series, se pueden asociar los parámetros de las distribuciones a más de una covariable. La inclusión de covariables ha permitido incorporar tendencias o índices de circulación atmosférica de gran escala como ENSO (El Niño-Southern Oscillation), PDO (Pacific Decadal Oscillation) o NAO (North Atlantic Oscillation), en la modelación de datos de precipitación extrema (Katz *et al.*, 2002; El Adlouni *et al.*, 2007; Villarini *et al.*, 2010b; Vovoras y Tsokos, 2009; Ouarda y El Adlouni, 2011), temperaturas máximas (Villarini *et al.*, 2010b), gastos máximos (Villarini *et al.*, 2009; Towler *et al.*, 2010; Villarini *et al.*, 2009; Vogel *et al.*, 2011), nivel extremo del mar (Coles, 2001) e intensidades de huracanes (Mestre y Hallegatte, 2009).

No existe una teoría general establecida para procesos no estacionarios, por lo que es usual utilizar como base modelos de valores extremos estándares y extenderlos (Coles, 2001). Por ejemplo, de la distribución General de Valores Extremos (*GVE*), con parámetros ν , α y β , (ubicación, escala y forma, respectivamente), se puede obtener un modelo adecuado para estimar una variable x_t en función del tiempo, de la siguiente forma:

$$x_t \sim \text{GEV}(\nu(t), \alpha(t), \beta(t)) \quad (1.12)$$

Donde cada parámetro $\nu(t)$, $\alpha(t)$, $\beta(t)$ tienen una expresión en términos del tiempo. El parámetro, $\nu(t)$ se puede expresar con la ecuación (1.13).

$$\nu(t) = \nu_0 + \nu_1 t \quad (1.13)$$

Donde t corresponde a la tasa anual de cambio en el tiempo. De esta forma, variaciones a través del tiempo en los procesos observados se modelan como una tendencia lineal en el parámetro de ubicación de la distribución.

Otros cambios más complejos también pueden ser adecuados, como por ejemplo:

$$\nu(t) = \nu_0 + \nu_1 t + \nu_2 t^2 \quad (1.14)$$

La falta de estacionariedad también se puede expresar en los demás parámetros, como sigue:

$$\alpha(t) = \exp(\alpha_0 + \alpha_1 t) \quad (1.15)$$

Donde la función exponencial se utiliza para asegurar que parámetro α sea positivo. El parámetro de forma es difícil estimar con precisión, y resulta poco realista intentar modelar β como función del tiempo (Coles, 2001).

La estimación de los parámetros de un modelo en función del tiempo, o de otra covariable, se puede realizar mediante el método de máxima verosimilitud (Katz *et al.*, 2002). Este método, se considera el más eficiente ya que proporciona la menor varianza muestral de los parámetros estimados, y por ende, de los eventos estimados, en comparación con otros métodos; además, una ventaja de este es su adaptabilidad a cambios en la estructura del modelo. Para el caso de un modelo *GVE* no estacionario la función de verosimilitud se expresa como:

$$L = \prod_{t=1}^n g(x_t; \nu(t), \alpha(t), \beta(t)) \quad (1.16)$$

Donde $g(x_t; \nu(t), \alpha(t), \beta(t))$ denota la función de densidad *GVE*.

Si $\nu(t) = \nu_0 + \nu_1 t + \nu_2 t^2$; $\alpha(t) = \exp(\alpha_0 + \alpha_1 t)$ y $\beta(t) = \beta$, entonces:

$$L = \prod_{t=1}^n g(x_t; \nu_0, \nu_1, \alpha_0, \alpha_1, \beta) \quad (1.17)$$

El método de máxima verosimilitud permite estimar los parámetros $\nu(t)$, $\alpha(t)$, $\beta(t)$ al maximizar L ; los valores obtenidos se conocen como estimadores por máxima verosimilitud. Para determinar el punto donde la función alcanza su máximo, se debe diferenciar parcialmente L o $\ln L$, con respecto a cada parámetro e igualar a cero cada expresión obtenida; por lo que se genera el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \nu_0} = 0; \quad \frac{\partial \ln L}{\partial \nu_1} = 0; \quad \frac{\partial \ln L}{\partial \alpha_0} = 0; \quad \frac{\partial \ln L}{\partial \alpha_1} = 0; \quad \frac{\partial \ln L}{\partial \beta} = 0 \quad (1.18)$$

1.4 Selección del mejor modelo

Con la posibilidad de utilizar una combinación de modelos como funciones del tiempo o de covariables, es importante seleccionar el modelo más apropiado. El principio básico es la parsimonia, eligiendo el modelo más simple que explique la variación de los datos tanto como sea posible. Por otro lado, dado que el modelo debe ser una descripción del proceso que genera los datos y no de los datos por sí mismos, es necesario evaluar el modelo más complejo. Si las pruebas estadísticas no son suficientemente contundentes sobre cual modelo es el mejor, entonces se debe elegir el modelo más simple.

Según Coles (2001), un método para comparar la validez de un modelo M_1 contra otro M_0 , tal que $M_0 \subset M_1$, es mediante la prueba del cociente de verosimilitud, en el cual se utiliza el estadístico de desviación definido por la expresión (1.19).

$$D = 2\{l_1(M_1) - l_0(M_0)\} \quad (1.19)$$

Donde $l(M)$ es la función logarítmica de verosimilitud maximizada del modelo M .

Valores grandes de D indican que el modelo M_1 es más adecuado y explica más la variación de los datos que el modelo M_0 . El estadístico D se distribuye de acuerdo con la distribución chi-cuadrada (χ^2_ν). El parámetro ν es la diferencia entre el número de parámetros de los modelos M_1 y M_0 . Valores de D más grandes que las cantidades de la distribución χ^2_ν para un nivel de confianza particular, son considerados significantes, entonces se rechaza M_0 en favor del modelo M_1 .

Otra técnica para seleccionar al mejor modelo es mediante el Criterio de Información de Akaike (1974), el cual se puede estimar con la expresión (1.20). El mejor modelo es el que tenga en menor valor AIC .

$$AIC = -2(l) + 2K \quad (1.20)$$

Donde l se estima de la función de verosimilitud y K es el número de parámetros estimados.

1.5 Distribuciones mezcladas

Para el caso específico de la República Mexicana donde es común que los eventos extremos se originen por eventos ciclónicos y convectivos, es necesario considerar en el análisis de frecuencias la presencia poblaciones mezcladas. Mood *et al.* (1974) propuso el uso de mezclas de funciones de distribución de probabilidad para modelar muestras de datos de dos poblaciones, a partir de la siguiente expresión:

$$F(x) = pF_1(x) + (1-p)F_2(x) \quad (1.21)$$

Donde p es un factor utilizado para ponderar el peso relativo de cada población ($0 < p < 1$), y es la probabilidad de no excedencia compuesta. $F_1(x)$ y $F_2(x)$ son las componentes en la mezcla.

Con base en (1.21) y las funciones de distribución Gumbel, Weibull y Fréchet, se pueden tener las combinaciones: Gumbel Mixta, Weibull Mixta, Fréchet Mixta, Gumbel-Weibull, Weibull-Gumbel y Gumbel-Fréchet (Escalante y Reyes, 2010).

En el caso de la distribución Gumbel Mixta, esta se define como:

$$F(x) = pe^{-e^{-\left(\frac{x-v_1}{\alpha_1}\right)}} + (1-p)e^{-e^{-\left(\frac{x-v_2}{\alpha_2}\right)}} \quad (1.22)$$

$$f(x) = \frac{p}{\alpha_1} e^{-e^{-\left(\frac{x-v_1}{\alpha_1}\right)}} e^{-\left(\frac{x-v_1}{\alpha_1}\right)} + \frac{(1-p)}{\alpha_2} e^{-e^{-\left(\frac{x-v_2}{\alpha_2}\right)}} e^{-\left(\frac{x-v_2}{\alpha_2}\right)} \quad (1.23)$$

$$x > 0, \alpha_i > 0, 0 < p < 1$$

Donde v_1 y α_1 , son los parámetros de ubicación y escala de la primera población respectivamente; v_2 y α_2 , son los parámetros de ubicación y escala de la segunda población.

2 Metodología

2.1 Recopilación de información

Para lograr los objetivos planteados en este proyecto, el primer paso fue recopilar los registros pluviométricos diarios de las estaciones climatológicas ubicadas en la República Mexicana; dichos registros fueron proporcionados por personal del Servicio Meteorológico Nacional y corresponden a un total de 5,334 estaciones.

Con el programa de cómputo ArcGIS versión 10.0, se generó una capa de localización de estaciones, la cual, junto con una capa de localidades rurales y urbanas del país editada por INEGI (2011), fueron la base para revisar y en caso necesario corregir la ubicación de las estaciones. A partir de las coordenadas correctas se obtuvieron las distancias entre las mismas, que posteriormente fueron utilizadas en la etapa de deducción de datos faltantes.

2.2 Calidad de información

Se seleccionaron 769 estaciones con al menos 90% de registros entre 1950 y 2013 (Figura 2.1), los datos de estas, fueron revisados para detectar anomalías. Los años que presentaron valores de lluvia acumulada igual a cero, fueron eliminados. Por otro lado, se utilizó la prueba de Grubbs y Beck (1972) para identificar valores de lluvia anual que se desvían considerablemente de la distribución de los mismos. Los datos diarios de los años anómalos, tanto bajos como altos, fueron comparados con los registros de estaciones aledañas para corroborar su magnitud; los datos que resultaron claramente erróneos fueron eliminados.

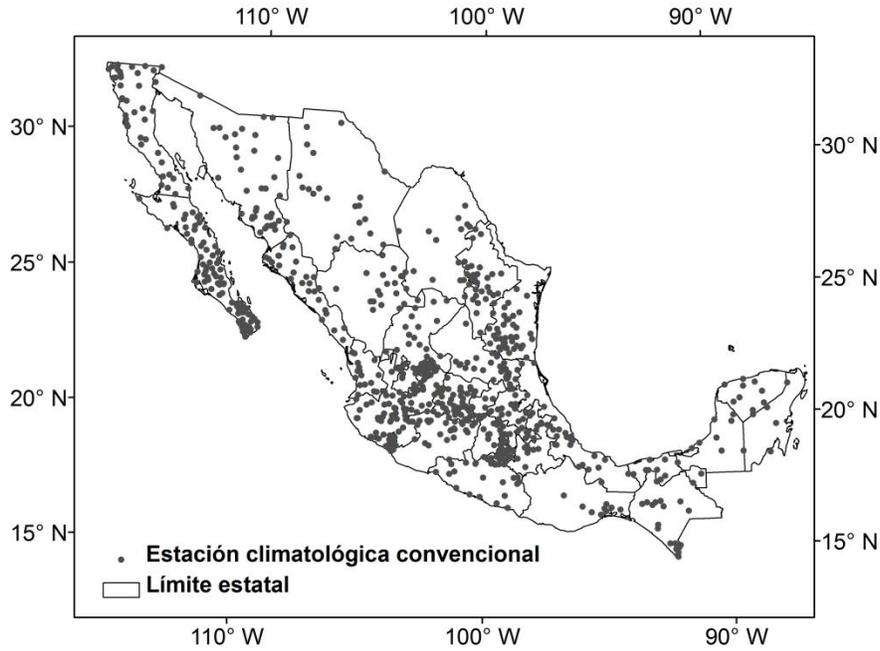


Figura 2.1. Localización de estaciones seleccionadas.

2.3 Deducción de datos faltantes

Para la deducción de datos faltantes, se aplicó el método de la distancia inversa ponderada (Shepard, 1968). A través de la expresión (2.1), se dedujeron datos diarios faltantes de lluvia. Considerando dos estaciones de apoyo y un exponente de la distancia igual a dos, se obtuvieron los pesos por medio de la expresión (2.2).

$$\hat{x}_e = \hat{w}_1 \cdot x_1 + \hat{w}_2 \cdot x_2 \quad (2.1)$$

Donde \hat{x}_e es el valor estimado de la variable x en la estación de interés, mientras que x_1 y x_2 , son los datos registrados en las estaciones de apoyo.

$$\hat{w}_i = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2}} \quad (2.2)$$

Donde \hat{w}_i es el estimador del peso correspondiente a la estación de apoyo i ; d_i , es la distancia entre la estación de interés y la estación de apoyo.

2.4 Regionalización de la precipitación

Para poder comparar espacialmente los cambios ocurridos en las series de lluvia, se llevó a cabo, una regionalización de la lluvia mensual basada en un Análisis de Componentes Principales (ACP) en modo S (Richman, 1986). Se seleccionaron las primeras 12 componentes (regiones) que explican el 73% de la varianza de la precipitación. Las componentes retenidas fueron sometidas a una rotación oblicua directa, con el parámetro de oblicuidad $\delta=0$, para mejorar la interpretabilidad. El ACP se llevó a cabo con el paquete de cómputo estadístico IBM SPSS Statistics versión 21.

Para delimitar las 12 regiones homogéneas, se asignó a cada estación la componente principal de mayor carga en valor absoluto, considerando solo aquellas con valores mayores a 0.4. Las regiones se definieron de acuerdo al área de influencia de cada estación obtenida con el método de polígonos de Thiessen.

2.5 Asociación de la lluvia con fenómenos climáticos oscilatorios.

El comportamiento de la lluvia en México está asociado con diferentes fenómenos oscilatorios que regulan la variabilidad atmosférica, tanto en el Océano Pacífico, como en el Océano Atlántico. Con el fin de indagar si la falta de estacionariedad en las series se debe a la influencia de estos fenómenos, se llevó a cabo un análisis de la correlación entre las series de lluvia acumulada estacionales y anuales, y los índices: MEI (Multivariate Enso Index), PDO (Pacific Decadal Oscillation), AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) y NAO (North Atlantic Oscillation). Las series estacionales corresponden a las acumulaciones para invierno (Diciembre-Febrero), primavera (Marzo-Mayo), verano (Junio-Agosto) y otoño (Septiembre-Noviembre).

Las series mensuales de los índices climáticos, para el periodo comprendido entre 1950 y 2013, fueron obtenidas de la página web del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2014). De estos datos, se estimaron los promedios de los índices correspondientes a cada estación. La asociación entre la lluvia y los índices fue evaluada a través del coeficiente de correlación de Spearman ρ (rho), el cual, es una prueba no paramétrica que mide la asociación entre dos variables discretas y está definida por la expresión (2.3).

$$\rho = 1 - \left[\frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \right] \quad (2.3)$$

Dónde: los valores de ρ varían en el intervalo $[-1, 1]$, D es la diferencia entre los valores correspondientes de x - y . N es el número de parejas, para $N > 20$, sigue una aproximación a la distribución t de Student (2.4).

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{\frac{(1 - \rho^2)}{(n - 2)}}} \quad (2.4)$$

2.6 Estacionareidad de las series

La validez de los resultados del análisis de frecuencias se basa en la independencia y estacionareidad de los datos utilizados. Bajo condiciones de estacionareidad, la distribución de la variable de interés es invariante en el tiempo, sin tendencias, cambios y periodicidades (Villarini y Smith, 2010a). Por lo anterior, es indispensable aplicar pruebas estadísticas a las series de las estaciones seleccionadas para evaluar la estacionareidad e independencia de las mismas.

Con el fin de verificar la estacionareidad e independencia de las series estacionales y anuales de lluvia acumulada, así como de las series anuales de lluvia máxima en 24 horas, se llevaron a cabo las siguientes pruebas:

- 1) La independencia de las observaciones se evaluó mediante la prueba de Anderson (Salas *et al.*, 1980).
- 2) Se verificó la homogeneidad de las series, descartando la presencia de cambios abruptos en la media (mediana) a través de la prueba de Pettitt.
- 3) Se verificaron las tendencias de las series con la prueba de Mann-Kendall aplicada a las series anuales de lluvia y a los residuales de las series obtenidas por Descomposición de Modos Empíricos por conjuntos (EEMD); en este último método, el cociente de la desviación estándar de la señal de ruido blanco gaussiano adicionada a los datos fue de 0.2.

2.7 Análisis de frecuencias

La siguiente etapa, fue la aplicación de diferentes distribuciones de probabilidad a las series anuales de lluvia bajo los enfoques estacionario y no estacionario. Las series de lluvia acumulada y las de lluvia máxima en 24 horas, se analizaron con las funciones para valores mínimos descritas en los Cuadros 2.1 y 2.2, respectivamente. Los modelos de los parámetros empleados se describen en los Cuadros 2.3 y 2.4. Por otro lado, la lluvia máxima en 24 horas, se analizó empleando las funciones para valores máximos del Cuadro 2.3 y los modelos incluidos en el Cuadro 2.4. Para el caso estacionario se utilizaron los modelos M_0 ; los modelos M_1 , M_2 , M_3 y M_4 corresponden al caso no estacionario y sus parámetros se expresaron en términos del tiempo; a excepción del modelo M_3 , en el cual además del tiempo, se incluyó al índice de Oscilación Decadal de Pacífico (*PDO*). A partir de los valores mensuales de los índices climáticos, se construyeron las series anuales utilizadas como covariables en el análisis de frecuencias. Las series anuales del índice *PDO*, se obtuvieron del promedio de los valores mensuales *PDO*.

Cuadro 2.1. Funciones de densidad de probabilidad para valores mínimos utilizadas en el análisis de la lluvia anual acumulada.

Distribución	Función de distribución de probabilidad	Restricciones
Log Normal 3p (LN3)	$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sigma_z\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0)-\mu_z}{\sigma_z}\right)^2}$	$x > x_0$
Gamma 3p (GA3)	$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x - x_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}$	$x \geq x_0; \alpha > 0; \beta > 0$
Gumbel (Gmin)	$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-e^{-\left(\frac{\omega-x}{\alpha}\right)}} e^{-\left(\frac{\omega-x}{\alpha}\right)}$	$\alpha > 0$
Weibull (W3min)	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta - \gamma} \left(\frac{x - \gamma}{\beta - \gamma}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta-\gamma}\right)^\alpha}$	$x \geq \gamma; \beta > \gamma; \alpha > 0$
General de Valores Extremos (GVEmin)	$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\left[1 - \left(\frac{\omega-x}{\alpha}\right)^\beta\right]^{\frac{1}{\beta}}} \left[1 - \left(\frac{\omega-x}{\alpha}\right)^\beta\right]^{\frac{1}{\beta}-1}$	$\alpha > 0; \beta \neq 0$
Weibull Mixta (WWmin)	$f(x) = p \left(\frac{\alpha_1}{\beta_1 - \gamma_1}\right) \left(\frac{x - \gamma_1}{\beta_1 - \gamma_1}\right)^{\alpha_1-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma_1}{\beta_1-\gamma_1}\right)^{\alpha_1}} + (1 - p) \left(\frac{\alpha_2}{\beta_2 - \gamma_2}\right) \left(\frac{x - \gamma_2}{\beta_2 - \gamma_2}\right)^{\alpha_2-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma_2}{\beta_2-\gamma_2}\right)^{\alpha_2}}$	$x \geq \gamma_1; \beta_1 > \gamma_1; \alpha_1 > 0,$ $x \geq \gamma_2; \beta_2 > \gamma_2; \alpha_2 > 0,$ $0 \leq p \leq 1$
Gumbel Mixta (GGmin)	$f(x) = \frac{p}{\alpha_1} e^{-e^{-\left(\frac{\omega_1-x}{\alpha_1}\right)}} e^{-\left(\frac{\omega_1-x}{\alpha_1}\right)} + \frac{(1-p)}{\alpha_2} e^{-e^{-\left(\frac{\omega_2-x}{\alpha_2}\right)}} e^{-\left(\frac{\omega_2-x}{\alpha_2}\right)}$	$x \geq 0; \alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0, 0 \leq p \leq 1$
Weibull Gumbel (WGmin)	$f(x) = p \left(\frac{\alpha_1}{\beta_1 - \gamma_1}\right) \left(\frac{x - \gamma_1}{\beta_1 - \gamma_1}\right)^{\alpha_1-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma_1}{\beta_1-\gamma_1}\right)^{\alpha_1}} + \frac{(1-p)}{\alpha_2} e^{-e^{-\left(\frac{\omega_2-x}{\alpha_2}\right)}} e^{-\left(\frac{\omega_2-x}{\alpha_2}\right)}$	$x \geq \gamma_1; \beta_1 > \gamma_1; \alpha_1 > 0,$ $\alpha_2 > 0, 0 \leq p \leq 1$
Gumbel Weibull (GWmin)	$f(x) = \frac{p}{\alpha_1} e^{-e^{-\left(\frac{\omega_1-x}{\alpha_1}\right)}} e^{-\left(\frac{\omega_1-x}{\alpha_1}\right)} + (1-p) \left(\frac{\alpha_2}{\beta_2 - \gamma_2}\right) \left(\frac{x - \gamma_2}{\beta_2 - \gamma_2}\right)^{\alpha_2-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma_2}{\beta_2-\gamma_2}\right)^{\alpha_2}}$	$\alpha_1 > 0, x \geq \gamma_2; \beta_2 > \gamma_2;$ $\alpha_2 > 0, 0 \leq p \leq 1$

Cuadro 2.2. Funciones de densidad de probabilidad para valores máximos utilizadas en el análisis de lluvias máximas.

Distribución	Función de distribución de probabilidad	Restricciones
Normal (N)	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$	
Log Normal 3p (LN3)	$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_z\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0)-\mu_z}{\sigma_z}\right)^2}$	$x > x_0$
Gamma 3p (LP3)	$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}$	$\alpha > 0$
Gumbel (Gmax)	$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-e^{-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)}} e^{-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)}$	$\alpha > 0$
General de Valores Extremos (GVEmax)	$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\left[1-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)\beta\right]^{\frac{1}{\beta}}} \left[1-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)\beta\right]^{\frac{1}{\beta}-1}$	$\alpha > 0$
Weibull (Wmax)	$f(x) = \left(\frac{k}{\varphi}\right) \left(\frac{x}{\varphi}\right)^{\kappa-1} e^{-\frac{x}{\varphi}^\kappa}$	$\varphi > 0, \kappa > 0$
Gumbel Mixta (GGmax)	$f(x) = \frac{p}{\alpha_1} e^{-e^{-\left(\frac{x-\nu_1}{\alpha_1}\right)}} e^{-\left(\frac{x-\nu_1}{\alpha_1}\right)} + \frac{(1-p)}{\alpha_2} e^{-e^{-\left(\frac{x-\nu_2}{\alpha_2}\right)}} e^{-\left(\frac{x-\nu_2}{\alpha_2}\right)}$	$\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0, \nu_1 > 0, 0 < p < 1$
Weibull Mixta (WWmax)	$f(x) = p \left\{ \left(\frac{k_1}{\varphi_1}\right) \left(\frac{x}{\varphi_1}\right)^{\kappa_1-1} e^{-\frac{x}{\varphi_1}^{\kappa_1}} \right\} + (1-p) \left\{ \left(\frac{k_2}{\varphi_2}\right) \left(\frac{x}{\varphi_2}\right)^{\kappa_2-1} e^{-\frac{x}{\varphi_2}^{\kappa_2}} \right\}$	$\varphi_1 > 0, \kappa_1 > 0, \varphi_2 > 0, \kappa_2 > 0, 0 < p < 1$
Gumbel-Weibull (GWmax)	$f(x) = \frac{p}{\alpha} \left\{ e^{-e^{-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)}} e^{-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)} \right\} + (1-p) \left\{ \left(\frac{k}{\varphi}\right) \left(\frac{x}{\varphi}\right)^{\kappa-1} e^{-\frac{x}{\varphi}^\kappa} \right\}$	$\alpha > 0, \varphi > 0, \kappa > 0, 0 < p < 1$
Weibull-Gumbel (WGmax)	$f(x) = p \left\{ \left(\frac{k}{\varphi}\right) \left(\frac{x}{\varphi}\right)^{\kappa-1} e^{-\frac{x}{\varphi}^\kappa} \right\} + \frac{(1-p)}{\alpha} \left\{ e^{-e^{-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)}} e^{-\left(\frac{x-\nu}{\alpha}\right)} \right\}$	$\alpha > 0, \varphi > 0, \kappa > 0, 0 < p < 1$

Cuadro 2.3. Modelos propuestos para los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para valores mínimos.

Distribución	Estacionario (M ₀)	Dependencia lineal (M ₁)	Dependencia lineal (M ₂)	Dependencia lineal (M ₃)	Dependencia cuadrática (M ₄)
Log Normal 3p (LN3)	$\mu_z(t)=\mu_z,$ $\sigma_z(t)=\sigma_z$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1t$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1PDO_t$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1t+\mu_2PDO_t$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1t+\mu_2t^2$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$
Gamma 3p (GA3)	$x_0(t)=x_0,$ $\alpha(t)=\alpha,$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1t+\lambda_2PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1t+\lambda_2t^2$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$
Gumbel (Gmin)	$\omega(t)=\omega$ $\alpha(t)=\alpha$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t$ $\alpha(t)=\alpha$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t+\omega_1PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t+\omega_1t^2$ $\alpha(t)=\alpha$
Weibul (W3min)	$\gamma(t)=\gamma$ $\beta(t)=\beta$ $\alpha(t)=\alpha$	$\gamma(t)=\gamma_0+\gamma_1t$ $\beta(t)=\beta$ $\alpha(t)=\alpha$	$\gamma(t)=\gamma_0+\gamma_1 PDO_t$ $\beta(t)=\beta$ $\alpha(t)=\alpha$	$\gamma(t)=\gamma_0+\gamma_1t+\gamma_2PDO_t$ $\beta(t)=\beta$ $\alpha(t)=\alpha$	$\gamma(t)=\gamma_0+\gamma_1t+\gamma_2t^2$ $\beta(t)=\beta; \alpha_i=\alpha$
General de Valores Extremos (GVEmin)	$\omega(t)=\omega,$ $\alpha(t)=\alpha,$ $\beta(t)=\beta$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t+\omega_2PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha_0$ $\beta(t)=\beta$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t+\omega_2t^2$ $\alpha(t)=\alpha_0$ $\beta(t)=\beta$
Weibull Mixta (WWmin)	$\gamma_1(t)=\gamma_1$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\gamma_2$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\gamma_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\gamma_1(t)=\kappa_0+\kappa_1PDO_t$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1PDO_t$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\gamma_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2PDO_t$ $\beta_1(t)=\delta_0+\delta_1t+\delta_2PDO_t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2PDO_t$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\gamma_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2t^2$ $\beta_1(t)=\delta_0+\delta_1t+\delta_2t^2$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2t^2$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$
Gumbel Mixta (GGmin)	$\omega_1(t)=\omega_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\omega_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\omega_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\omega_1(t)=\kappa_0+\kappa_1PDO_t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1PDO_t$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\omega_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2PDO_t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2PDO_t$ $\alpha_2(t)=\alpha$	$\omega_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2t^2$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2t^2$ $\alpha_2(t)=\alpha$
Weibul Gumbel (WGmin)	$\gamma_1(t)=\gamma_1$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\omega_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\gamma_1(t)=\gamma_0+\gamma_1t$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\gamma_1(t)=\gamma_0+\gamma_1 PDO_t$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1PDO_t$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\gamma_1(t)=\gamma_0+\gamma_1t+\gamma_2 PDO_t$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2PDO_t$ $\alpha_2(t)=\alpha$	$\gamma_1(t)=\gamma_0+\gamma_1t+\gamma_2t^2$ $\beta_1(t)=\beta_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\omega_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2t^2$ $\alpha_2(t)=\alpha$
Gumbel Weibull (GWmin)	$\omega_1(t)=\omega_1,$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\gamma_2$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1PDO_t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1 PDO_t$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t+\omega_2PDO_t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_1 PDO_t$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\omega(t)=\omega_0+\omega_1t+\omega_2t^2$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\gamma_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_1t^2$ $\beta_1(t)=\beta_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$

t es un índice que depende del tiempo, para 1950 $t=1$

PDO_t es el valor promedio anual del índice PDO correspondiente a t .

Cuadro 2.4. Modelos propuestos para los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad para valores máximos.

Distribución	Estacionario (M ₀)	Dependencia lineal (M ₁)	Dependencia lineal (M ₂)	Dependencia lineal (M ₃)	Dependencia cuadrática (M ₄)
Normal (N)	$\mu(t)=\mu$ $\sigma(t)=\sigma$	$\mu(t)=\mu_0+\mu_1t$ $\sigma(t)=\sigma$	$\mu(t)=\mu_0+\mu_1PDO_t$ $\sigma(t)=\sigma$	$\mu(t)=\mu_0+\mu_1t+\mu_2PDO_t$ $\sigma(t)=\sigma$	$\mu(t)=\mu_0+\mu_1t+\mu_2t^2$ $\sigma(t)=\sigma$
Log Normal 3p (LN3)	$\mu_z(t)=\mu_z$ $\sigma_z(t)=\sigma_z$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1t$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1PDO_t$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1t+\mu_2PDO_t$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$	$\mu_z(t)=\mu_0+\mu_1t+\mu_2t^2$ $\sigma_z(t)=\sigma$ $x_0(t) = x_0$
Gamma 3p (GA3)	$x_0(t)=x_0$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1t+\lambda_2PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$x_0(t)=\lambda_0+\lambda_1t+\lambda_2t^2$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$
Gumbel (Gmax)	$\nu(t)=\nu$ $\alpha(t)=\alpha$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1t$ $\alpha(t)=\alpha$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1t+\nu_2PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1t+\nu_2t^2$ $\alpha(t)=\alpha$
Weibul (Wmax)	$\varphi(t)=\varphi$ $\kappa(t)=\kappa$	$\varphi(t)=\varphi_0+\varphi_1t$ $\kappa(t)=\kappa$	$\varphi(t)=\varphi_0+\varphi_1PDO_t$ $\kappa(t)=\kappa$	$\varphi(t)=\varphi_0+\varphi_1t+\varphi_2PDO_t$ $\kappa(t)=\kappa$	$\varphi(t)=\varphi_0+\varphi_1t+\varphi_2t^2$ $\kappa(t)=\kappa$
General de Valores Ex. (GVEmax)	$\nu(t)=\nu$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha$ $\beta(t)=\beta$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1t+\nu_2PDO_t$ $\alpha(t)=\alpha_0$ $\beta(t)=\beta$	$\nu(t)=\nu_0+\nu_1t+\nu_2t^2$ $\alpha(t)=\alpha_0$ $\beta(t)=\beta$
Gumbel Mixta (GGmax)	$\nu_1(t)=\nu_1$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\nu_2(t)=\nu_2$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\nu_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\nu_2(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\nu_1(t)=\kappa_0+\kappa_1PDO_t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\nu_2(t)=\eta_0+\eta_1PDO_t$ $\alpha_2(t)=\alpha_2$	$\nu_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2PDO_t$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\nu_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2PDO_t$ $\alpha_2(t)=\alpha$	$\nu_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2t^2$ $\alpha_1(t)=\alpha_1$ $\nu_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2t^2$ $\alpha_2(t)=\alpha$
Weibull Mixta (WWmax)	$\varphi_1(t)=\varphi_1$ $\kappa_1(t)=\kappa_1$ $\varphi_2(t)=\varphi_2$ $\kappa_2(t)=\kappa_2$	$\varphi_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t$ $\kappa_1(t)=\kappa_1$ $\varphi_2(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\kappa_2(t)=\kappa_2$	$\varphi_1(t)=\kappa_0+\kappa_1PDO_t$ $\kappa_1(t)=\kappa_1$ $\varphi_2(t)=\eta_0+\eta_1PDO_t$ $\kappa_2(t)=\kappa_2$	$\varphi_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2PDO_t$ $\kappa_1(t)=\kappa_1$ $\varphi_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2PDO_t$ $\kappa_2(t)=\kappa_2$	$\varphi_1(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2t^2$ $\kappa_1(t)=\kappa_1$ $\varphi_2(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2t^2$ $\kappa_2(t)=\kappa_2$
Gumbel-Weibul (WGmax)	$\nu(t)=\nu$ $\alpha(t)=\alpha$ $\varphi(t)=\varphi$ $\kappa(t)=\kappa$	$\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1t$ $\alpha(t)=\kappa_1$ $\varphi(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\kappa(t)=\kappa$	$\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1PDO_t$ $\alpha(t)=\kappa_1$ $\varphi(t)=\eta_0+\eta_1PDO_t$ $\kappa(t)=\kappa$	$\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2PDO_t$ $\alpha(t)=\kappa_1$ $\varphi(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2PDO_t$ $\kappa(t)=\kappa$	$\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2t^2$ $\alpha(t)=\kappa_1$ $\varphi(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2t^2$ $\kappa(t)=\kappa_2$
Weibul-Gumbel (GWmax)	$\varphi(t)=\varphi$ $\kappa(t)=\kappa$ $\nu(t)=\nu$ $\alpha(t)=\alpha$	$\varphi(t)=\eta_0+\eta_1t$ $\kappa(t)=\kappa$ $\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1t$ $\alpha(t)=\kappa_1$	$\varphi(t)=\eta_0+\eta_1PDO_t$ $\kappa(t)=\kappa$ $\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1PDO_t$ $\alpha(t)=\kappa_1$	$\varphi(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2PDO_t$ $\kappa(t)=\kappa$ $\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2PDO_t$ $\alpha(t)=\kappa_1$	$\varphi(t)=\eta_0+\eta_1t+\eta_2t^2$ $\kappa(t)=\kappa_2$ $\nu(t)=\kappa_0+\kappa_1t+\kappa_2t^2$ $\alpha(t)=\kappa_1$

t es un índice que depende del tiempo, para 1950 $t=1$

PDO_t es el valor promedio anual del índice PDO correspondiente a t .

Con base en la función de densidad de probabilidad *LN3* la función logarítmica de verosimilitud se expresa como:

$$l = - \left\{ \sum_{t=1}^n (\ln(x - x_0(t)) + \ln(\sigma(t))) + \frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x - x_0(t)) - \mu(t)}{\sigma(t)} \right)^2 \right\} \quad (2.5)$$

Donde $x_0(t)$, $\mu(t)$ y $\sigma(t)$ son los parámetros de ubicación, escala y forma respectivamente, en función del tiempo o de otra covariable.

En el modelo M_3 de la función *LN3*, el parámetro de escala está en función del tiempo y del índice *PDO*, por lo tanto la función logarítmica de verosimilitud es:

$$l = - \left\{ \sum_{t=1}^n (\ln(x - x_0) + \ln(\sigma)) + \frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x - x_0) - (\mu_0 + \mu_1 t + \mu_2 PDO_t)}{\sigma} \right)^2 \right\} \quad (2.6)$$

Donde x_0 es el parámetro de ubicación, σ es el parámetro de forma, μ_0 , μ_1 , y μ_2 , son los parámetros de escala; t es un índice que depende del tiempo ($t=1$ para el año 1950) y PDO_t es el valor promedio anual del índice *PDO* correspondiente a t .

Para cada estación, los estimadores de los parámetros de la función *LN3*, así como de las distribuciones restantes, se obtuvieron tras maximizar las funciones logarítmicas de verosimilitud respectivas mediante rutinas en Matlab. Los modelos que mejor describen la variabilidad de los datos se seleccionaron mediante el Criterio de Información de Akaike (1974). El mejor modelo es el que tuvo en menor valor *AIC*. En el caso de tener valores similares de *AIC*, se seleccionó el modelo con menos parámetros. Además se utilizó el estadístico *D* descrito por Coles (2001), para comparar la validez de un modelo M_1 contra otro M_0 , tal que $M_0 \subset M_1$. Valores *D* más grandes que las cantidades de la distribución χ^2_v , para un nivel de confianza particular, son considerados significantes, entonces se rechaza M_0 en favor del modelo M_1 .

Una vez seleccionado el mejor modelo, fue necesario verificar que este se ajusta bien a los datos observados. Debido a que en una serie no estacionaria, los datos no se distribuyen idénticamente, estos deben ser transformados (Coles, 2001; Katz, 2002). La transformación de los datos consistió en la normalización de los mismos, proceso al que Krzysztofowicz (1997) denominó como transformación normal de cuantiles. La normalización, se realizó mediante la expresión 2.7, en la que una variable aleatoria X con una determinada distribución de probabilidad F , se transforma en una variable Y con una distribución normal estándar G .

$$Y = G^{-1}(F(X)) \quad (2.7)$$

Donde G^{-1} es la función inversa de la distribución normal estándar definida por la ecuación 2.8.

$$G(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (2.8)$$

De esta forma, tras ordenar los valores estandarizados y asociarlos a los correspondientes de la distribución empírica de Weibull, se obtuvieron los siguientes pares de datos:

$$\left\{ \hat{Y}_{(m)}, G^{-1} \left(1 - \frac{m}{N+1} \right) \right\}; m = 1, \dots, N \quad (2.9)$$

Con los pares de datos anteriores, se elaboraron las gráficas de residuales (Q-Q) y “worm plots” (Buuren and Fredriks, 2001). En una “worm plot” el eje vertical es la diferencia entre los valores empíricos y los teóricos, y contiene el intervalo de confianza al 95% estimado como:

$$\pm 1.96 g(z)^{-1} \sqrt{(p(1-p)/n)} \quad (2.10)$$

Donde $g(z)$ es la función de densidad normal, z es un evento asociado a una probabilidad p y n el tamaño de la muestra.

Finalmente, se estimaron eventos de diseño \hat{X} , asociados a diferentes periodos de retorno. Para la función $LN3$, con el modelo M_3 , los eventos de diseño se estimaron al resolver la ecuación (2.11).

$$\hat{X} = \hat{x}_o + \exp\{F^{-1}(p|\hat{\mu}(t), \hat{\sigma})\} \quad (2.11)$$

$$\hat{\mu}(t) = \hat{\mu}_0 + \hat{\mu}_1 t_0 + \hat{\mu}_2 \widehat{PDO} \quad (2.12)$$

$$p = F(x|\hat{\mu}(t), \hat{\sigma}) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-\hat{\mu}(t)}{\sigma}\right)^2} \quad (2.13)$$

Donde \hat{x}_0 es el estimador del parámetro de ubicación, $\hat{\sigma}$ es el estimador del parámetro de escala, $\hat{\mu}(t)$ es el parámetro de forma en función de los estimadores $\hat{\mu}_0$, $\hat{\mu}_1$ y $\hat{\mu}_2$; t_0 es el valor del índice del tiempo para un escenario determinado ($t_0=64$ para el escenario del año 2013 y $t_0=94$ para el escenario del año 2040), \widehat{PDO} es un valor promedio del índice PDO y \hat{X} es el evento de diseño asociado a un periodo de retorno T y un escenario futuro t_0 .

Para el análisis de la lluvia acumulada, el valor \widehat{PDO} se estimó como la media aritmética de los valores PDO correspondientes al periodo de anomalías con mayor déficit de la serie regional de lluvia acumulada anual; mientras que para la lluvia máxima el \widehat{PDO} se obtuvo de promediar los valores del periodo de anomalías con mayor superávit.

2.8 Aplicaciones del análisis de frecuencias no estacionario

2.8.1 Lluvia acumulada anual

De acuerdo con CONAGUA (2000) la disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca hidrológica, se determina con base en el volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo y el volumen anual actual comprometido aguas abajo.

Cuando no existen registros hidrométricos en la cuenca de interés, CONAGUA recomienda utilizar métodos indirectos para la estimación de volumen de escurrimiento, entre los que están, el método del coeficiente de escurrimiento. Con este método, el volumen de escurrimiento se estima como:

$$Ve = P * At * Ce \quad (2.14)$$

$$Ce = K \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5} \quad (2.15)$$

Donde:

Ve =Volumen medio anual de escurrimiento natural

P =Precipitación anual

Ce =Coeficiente de escurrimiento anual

At =Área total de la cuenca

K =Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo

A partir de la expresión anterior y los eventos de diseño de la estación 25082 ("San Blas", El Fuerte, Sinaloa) obtenidos con el modelo M_2 , se estimaron valores del escurrimiento medio anual natural en una cuenca de 1000 km² con suelos tipo B (medianamente permeables) y bosque con cobertura entre 50 y 75%. Se consideraron probabilidades de ocurrencia de 50 y 10% para los escenarios 2024 y 2044. Además se estimó el volumen para el valor promedio de la lluvia anual del periodo de 1950 a 2013.

2.8.2 Lluvia máxima en 24 horas

Con el fin de mostrar las diferencias entre el análisis de frecuencias estacionario y no estacionario, se utilizaron los eventos de diseño de la serie de lluvia máxima en 24 horas de la estación 26032 ("El Oregano"), para la estimación de gastos máximos.

Se aplicó el criterio de Bell (1969) para estimar la relación P_t^T/P_1^T definida por la expresión 2.16.

$$\frac{P_t^T}{P_1^T} = 0.54t^{0.25} - 0.5 \quad (2.16)$$

Donde:

P_t^T es la altura de lluvia para una duración t en minutos y periodo de retorno T , en años.

P_1^T es la altura de lluvia para 1 hora y periodo de retorno T .

La lluvia de duración de una hora y de cualquier periodo de retorno, puede ser evaluada con una relación o cociente a la de 24 horas con igual periodo de retorno (Campos, 1998), este coeficiente de reducción se representa como $R=P_1^T/P_{24}^T$. El denominador P_{24}^T corresponde al evento de diseño de la lluvia máxima en 24 horas, asociado a un periodo de retorno T .

En este caso, se consideró un coeficiente R de 0.48, a partir del cual se estimaron los valores P_1^T para 5, 10, 50 y 100 años de periodo de retorno, tanto para el caso estacionario, como para el no estacionario. Posteriormente, mediante la expresión 2.16, se calcularon los valores de lluvia para diferentes duraciones.

Los valores de precipitación se dividieron entre la duración respectiva en horas y se transformaron en intensidades, con las cuales se elaboraron las curvas intensidad-duración-periodo de retorno ($i-d-Tr$).

A través de la fórmula racional definida por la expresión 2.17, con un coeficiente de escurrimiento de 0.25 y un área de 2 km², se obtuvieron los gastos máximos generados por una tormenta con duración de 1 hora y periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años.

$$Q_p=0.278.C.i.A \quad (2.17)$$

Donde Q_p es el gasto máximo en m³/s, que se puede generar con una tormenta de intensidad i (en mm/h) sobre una cuenca con área A (en km²) y coeficiente de escurrimiento C .

Con los gastos máximos estimados, se calcularon las dimensiones de un emisor de sección trapezoidal, que teóricamente conduciría las aguas pluviales generadas en la cuenca. Para el diseño del emisor, se consideraron los gastos asociados a diferentes periodos de retorno, tanto para el caso estacionario como no estacionario.

Se asumió que el emisor tendrá una pendiente de 0.001, un talud 1:1 y estará revestido de concreto con un número de Manning de 0.013. El tirante de las secciones correspondientes a los gastos del caso estacionario, se estimó a partir de la ecuación 2.18, la cual permite estimar el tirante normal de una sección trapezoidal óptima (Sotelo, 2002). El ancho de plantilla para los mismos gastos, se estimó con la ecuación 2.19 y el libre bordo se calculó con la expresión 2.20.

$$y = 2^{\frac{1}{4}} \left[\frac{\text{sen}\theta}{2 - \text{cos}\theta} \right]^{\frac{3}{8}} \left[\frac{nQ}{\sqrt{S}} \right]^{\frac{3}{8}} \quad (2.18)$$

Donde y es el tirante óptimo en m, θ es el ángulo de inclinación de las paredes, n es el número de Manning, Q es el gasto en m³/s y S es la pendiente.

$$b = 2 \left[\frac{1 - \text{cos}\theta}{\text{sen}\theta} \right] y \quad (2.19)$$

Donde b es el ancho de plantilla en m, y es el tirante óptimo en m, θ es el ángulo de inclinación de las paredes.

$$L_b = 0.30 + 0.25y \quad (2.20)$$

Donde L_b es el libre bordo en m, y es el tirante en m.

Para estimar las dimensiones de las secciones correspondientes a los gastos del caso no estacionario, se consideró el mismo ancho de plantilla estimado en el caso estacionario.

3 Resultados

3.1 Variación espacial de la lluvia acumulada

El valor de la lluvia media acumulada anual para la República Mexicana, obtenido por el método de isoyetas para el periodo comprendido entre 1950 y 2013, fue de 750.8 mm, este valor coincide con el reportado por CONAGUA (2012). Espacialmente los valores más bajos de precipitación se presentan hacia el Norte y Noroeste del país (Figura 3.1); donde se encuentran las zonas áridas, con menos de 400 mm de lluvia al año; se destacan Baja California, Baja California Sur y Sonora, por tener los valores más bajos (menos de 200 mm). Por el contrario, hacia el Suroeste en Chiapas, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz se tienen zonas con valores superiores a 2000 mm.

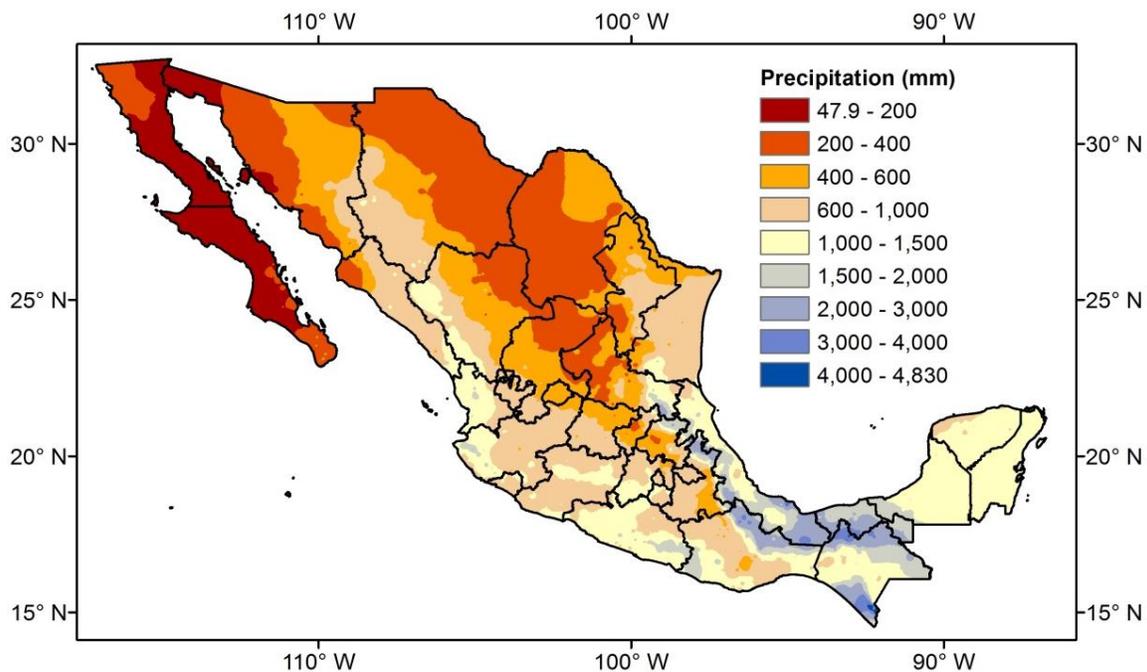


Figura 3.1. Distribución de la precipitación media anual en la República Mexicana (1950-2013).

3.2 Regionalización de la precipitación

El análisis de componentes principales, arrojó las 12 regiones homogéneas mostradas en la Figura 3.2, las cuales coinciden con los patrones de distribución espacial de precipitación media anual. La región 5 del norte de la Península de California tiene los valores más bajos de precipitación anual del todo el país (Cuadro 3.1) y es la única con clima mediterráneo. En esta zona 46.7% de la aportación a la precipitación anual se presenta durante el invierno. La región 9, que abarca parte del sur de la Península de California, se caracteriza por tener un pico de precipitación en septiembre (Figura 3.3) con casi 50% de la aportación anual durante el otoño. Las regiones 2 y 6 de Norte, tienen una moderada aportación (mayor 8.5%) a la lluvia anual durante el invierno y los valores más importantes se presentan en verano. Las regiones 1 y 10 del Centro y de la Costa del Pacífico, respectivamente, tienen un pico entre julio y agosto (Figura 3.4), con más del 59% de la aportación anual en verano, lo cual refleja la influencia de las lluvias monzónicas en la Costa del Pacífico de México (Méndez *et al.*, 2008). Por otro lado, las regiones 3, 4, 7, 8 y 11 de la Costa del Golfo, así como la región 12 del Sur; tienen un comportamiento bimodal, con picos de precipitación en junio y septiembre respectivamente (Figura 3.5). Este periodo de sequía relativa que se observa a mitad del verano, está asociado con la Canícula, que se presenta en el Sur de México y en Centro América (Magaña *et al.*, 1999). La región 8 que abarca parte de los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz; presenta los valores más altos de lluvia de todo el país, con más de 2100 mm al año; las aportaciones más importantes ocurren en el verano y en otoño, sin embargo, la aportación durante el invierno es de más de 15%, considerablemente más alta que la de regiones circundantes.



Figura 3.2. Regiones de precipitación homogéneas obtenidas con Análisis de Componentes Principales

Cuadro 3.1. Lluvia acumulada anual y porcentajes de lluvia por estación.

Región	Lluvia anual (mm)	Invierno (%)	Primavera (%)	Verano (%)	Otoño (%)
1	807.7	4.4	8.1	60.7	26.8
2	486.2	12.8	2.6	55.7	28.8
3	1366.9	8.6	12.5	40.9	38.0
4	647.1	9.1	20.4	36.1	34.4
5	220.2	46.7	20.3	11.8	21.2
6	412.5	8.5	7.6	56.3	27.6
7	1088.3	6.6	13.4	48.0	32.0
8	2234.3	14.8	9.6	37.2	38.5
9	317.2	12.0	1.2	37.7	49.2
10	1131.3	4.4	2.1	59.6	33.9
11	1213.0	9.6	13.5	42.8	34.2
12	1917.4	2.5	14.2	48.6	34.7

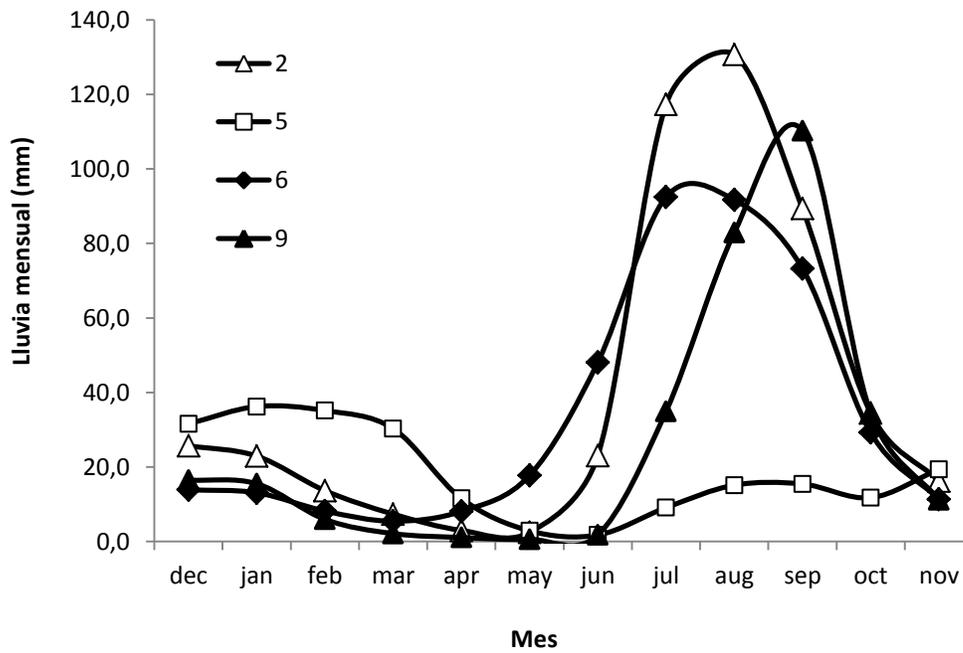


Figura 3.3. Lluvia mensual de las regiones del Norte de México.

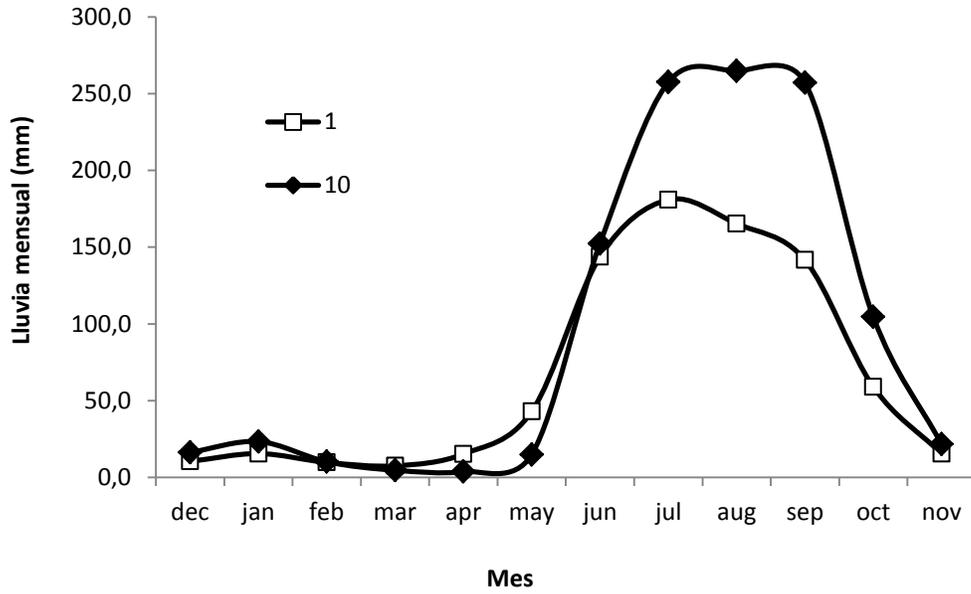


Figura 3.4. Lluvia mensual de las regiones del Centro y la Costa del Pacífico de México.

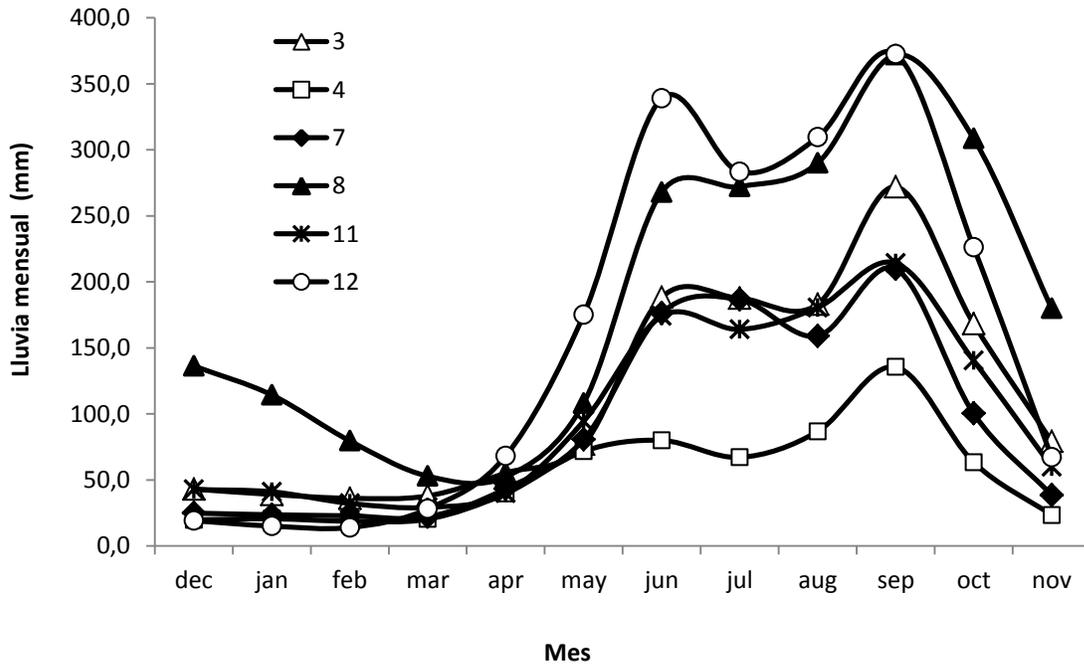


Figura 3.5. Lluvia mensual de las regiones del Sur y la Costa del Golfo de México.

3.3 Asociación de la lluvia con fenómenos climáticos oscilatorios.

Los resultados de la correlación entre las series estacionales y los índices climáticos, se muestran en el Cuadro 3.2. Se observa que durante el invierno son más fuertes y significativas ($\alpha = 0.01$) las correlaciones entre MEI y la lluvia, a excepción de las regiones 3 y 8 ubicadas en el Golfo, así como en la región 12 del Sur. Por tal razón se puede determinar que es mayor la influencia del ENSO sobre la lluvia del país en invierno, tal como determinaron Méndez, *et al.* (2007). La Oscilación Decadal del Pacífico, también en invierno está significativamente asociado a la lluvia de las regiones 1 (Centro), 4, 6, 7 (Noreste) y 10 (Pacífico). Las correlaciones significativas de la lluvia de invierno con MEI y PDO, son positivas por lo tanto, las fases cálidas de estas oscilaciones favorecen el incremento de la lluvia en invierno, mientras que las frías influyen en su disminución.

Las series de primavera de las regiones 2, 5 y 9 de la Costa Noroeste del Pacífico y de la región 11 en la península de Yucatán, se correlacionan directamente con MEI y PDO, solo la región 1 tiene una relación inversa con PDO.

En verano las regiones 10 y 12 de la costa sur del Pacífico, se correlacionan significativamente, pero de manera inversa con ambos índices (excepto la región 12 con PDO), por lo tanto en fase cálida (fría) estas oscilaciones provocan la disminución (aumento) de la lluvia. En otoño, de las regiones con una asociación significativa con las oscilaciones mencionadas, la región 12, tienen un valor negativo.

En las regiones 6 del Noreste y 7 de la costa del Golfo, se aprecia la influencia de las oscilaciones del Atlántico en invierno y primavera; mientras que para las regiones 11 y 12 tal influencia ocurre en verano, aunque también en otoño en el caso de la región 12. Las correlaciones con NAO en las regiones anteriormente mencionadas, son negativas; esto indica que cuando el fenómeno está en fase cálida, favorece la disminución de la lluvia, mientras que en fase fría contribuye a su aumento. En el caso de AMO, la asociación con la lluvia es directa es decir, en fase cálida se incrementan las lluvias y en la fría disminuyen.

A nivel anual, la lluvia acumulada de las regiones de la costa del Pacífico tienen una correlación significativa con MEI a un nivel de 0.05, con excepción de la región 2, para la cual si existe correlación con este índice, pero a un nivel de 0.1.

La lluvia máxima en 24 horas de las regiones 2, 5, 3 y 12 esta evidentemente asociada a MEI. Es importante señalar que las regiones del Noroeste presentan una correlación positiva entre la lluvia (acumula y la máxima) y los índices MEI y PDO, mientras que las del Pacífico Sur o las del Golfo son negativas. Esto se debe a que las series anuales del Noroeste, siguen el comportamiento de la lluvia de invierno, debido a la importante aportación al total anual durante esta estación; no obstante las regiones restantes tienen la mayor aportación al total anual durante el verano. La influencia del AMO en la lluvia acumulada anual, solo es significativa en las regiones 11 y 12, y en la lluvia máxima de la región 6. No existe evidencia estadística sobre la influencia de NAO y la lluvia del país, exceptuado la lluvia acumulada anual de la región 12.

Cuadro 3.2. Coeficientes de correlación de Spearman entre las series estacionales y los índices climáticos oscilatorios.

	Región	MEI	PDO	AMO	NAO		Región	MEI	PDO	AMO	NAO
Invierno	1	0.56***	0.36***	-0.04	-0.09	Primavera	1	-0.24	-0.28**	-0.22	0.17
	2	0.51***	0.18	-0.10	0.00		2	0.42***	0.30**	-0.17	-0.05
	3	-0.02	-0.19	0.05	0.23		3	-0.15	-0.12	-0.20	0.21
	4	0.60***	0.48***	-0.24	0.10		4	0.10	0.00	-0.12	0.09
	5	0.47***	0.13	-0.06	-0.08		5	0.31**	0.27**	0.00	-0.25**
	6	0.58***	0.45***	-0.16	-0.03		6	0.12	0.12	-0.33***	0.28**
	7	0.42***	0.34***	-0.32***	0.16		7	0.03	-0.03	-0.40***	0.27**
	8	0.02	0.04	-0.20	0.27**		8	-0.05	0.04	-0.06	0.14
	9	0.41***	0.17	-0.14	0.07		9	0.29**	0.27**	-0.12	-0.14
	10	0.47***	0.34***	-0.11	-0.13		10	-0.03	-0.18	-0.04	0.03
	11	0.34***	0.15	-0.16	0.18		11	0.34***	0.31**	0.15	0.03
	12	0.04	-0.07	0.06	-0.02		12	-0.20	-0.21*	0.02	0.05
Verano	1	-0.24	-0.22	0.13	0.00	Otoño	1	0.17	0.17	0.13	-0.11
	2	-0.16	-0.12	0.08	-0.10		2	0.24	0.23	0.05	0.12
	3	-0.14	-0.13	0.02	0.14		3	-0.20	-0.09	0.23	0.19
	4	-0.24	-0.10	0.18	0.17		4	-0.01	-0.01	0.13	-0.18
	5	-0.07	-0.23	-0.27**	0.19		5	0.28**	0.28**	-0.21	0.17
	6	-0.11	-0.04	0.01	0.05		6	0.26**	0.26**	-0.10	0.02
	7	-0.13	-0.06	-0.14	0.10		7	-0.06	-0.02	0.02	0.05
	8	-0.09	0.03	0.18	-0.07		8	-0.21	-0.05	0.15	0.05
	9	0.19	0.12	0.03	-0.05		9	0.14	0.25**	0.21	0.03
	10	-0.46***	-0.30**	0.06	-0.12		10	0.00	0.01	0.10	-0.07
	11	0.02	0.04	0.36***	-0.06		11	-0.20	-0.08	0.14	0.13
	12	-0.48***	-0.14	0.45***	-0.26**		12	-0.34***	-0.35***	0.43***	-0.11

** La correlación es significativa al nivel 0.05

*** La correlación es significativa al nivel 0.01

Cuadro 3.3. Coeficientes de correlación de Spearman entre las series anuales de lluvia acumulada, lluvia máxima en 24 horas e índices climáticos oscilatorios.

Región	Lluvia acumulada				Lluvia máxima en 24 horas			
	MEI	PDO	AMO	NAO	MEI	PDO	AMO	NAO
1	-0.02	-0.09	0.12	-0.10	-0.08	-0.07	0.11	-0.01
2	0.21	0.17	-0.10	0.22	0.32***	0.26**	-0.08	0.17
3	-0.24	-0.23	0.19	0.08	-0.33***	-0.15	0.22	0.02
4	0.04	0.08	0.01	-0.04	-0.24	-0.02	0.05	-0.09
5	0.49***	0.43***	-0.15	0.02	0.41***	0.31**	-0.10	0.10
6	0.19	0.25**	-0.17	0.15	0.04	0.11	-0.28**	0.09
7	-0.06	-0.03	-0.24	0.12	-0.25	-0.16	-0.22	0.20
8	-0.09	0.03	0.13	-0.08	-0.05	-0.04	0.12	-0.10
9	0.32**	0.20	0.03	0.09	0.19	0.17	0.09	0.06
10	-0.25**	-0.13	0.09	-0.06	-0.10	0.02	0.00	0.19
11	0.18	0.15	0.29**	0.03	-0.01	0.05	0.08	0.19
12	-0.46***	-0.27**	0.49***	-0.29**	-0.37***	-0.07	0.18	-0.05

** La correlación es significativa al nivel 0.05

*** La correlación es significativa al nivel 0.01

3.4 Pruebas de estacionareidad

En el Anexo A, se pueden observar a detalle, los resultados obtenidos para las series no estacionarias de lluvia acumulada (estacional y anual) y lluvia máxima en 24 horas.

3.4.1 Lluvia acumulada estacional

Un resumen de los resultados de las pruebas realizadas a las series estacionales para identificar puntos de cambio y tendencias significativos a un nivel de 0.05, se muestran en el Cuadro 3.4. El comportamiento temporal de la lluvia es diferente para cada región y estación del año. Para invierno, 13% de las series son no estacionarias, de las cuales 56% se ubican en las regiones de la Costa del Golfo y del Sur (4, 7, 8, 11 y 12), y presentan puntos de cambio ascendentes y/o tendencias crecientes (Figura 3.7a). Por otro lado, 30% de las series no estacionarias con cambios descendentes y/o con tendencias decrecientes, se ubican en las regiones 2 y 9. Las series de invierno de estas regiones presentan correlaciones significativas positivas con el índice MEI, por lo tanto la disminución de la magnitud de la lluvia en las regiones del Noroeste, está asociado con la fase fría del ENSO (valores negativos de MEI). Como ejemplo de la influencia del ENSO en el comportamiento de la lluvia de invierno, se muestran en las Figuras 3.6a y 3.6b, las anomalías de MEI y de estaciones seleccionadas de las regiones 2 y 9, las cual están significativamente correlacionadas con MEI (para $\alpha=0.05$); la prueba de Pettitt, indicó que en 1995 existe un punto de cambio descendente en ambas estaciones; esta modificación coincide con el inicio de un periodo con persistencia de valores de MEI negativos.

El índice PDO también tiene una importante incidencia en el comportamiento de la lluvia invernal, principalmente en las regiones 1, 4, 6, 7 y 10; para estas, las correlaciones con este índice son significativas y positivas (Cuadro 3.2); es decir, la fase positiva del índice favorece el incremento de la lluvia, mientras que la negativa contribuye a su reducción. Para la región 4, la falta de estacionareidad de las series se atribuye tanto a la influencia del PDO como del fenómeno ENSO, ya que las series de invierno están significativamente correlacionadas con ambos índices y los puntos de cambio identificados ocurrieron en 1979, que coincide con el inicio del periodo con valores del MEI particularmente altos desde 1977 y el cambio de régimen del PDO ocurrido en 1978 (Figura 3.6c). En la región 7 también hay influencia del índice AMO y en algunas estaciones ha provocado la falta de estacionareidad; tal es el caso de la estación 24026, en la cual, el punto de cambio ocurrido en 1964 (Figura 3.6d) está asociado al cambio de fase del índice AMO.

Cuadro 3.4. Número de estaciones analizadas y número de series estacionales estacionarias, no estacionarias y la causa de la falta de estacionareidad.

Región	Total	Causa de la falta de estacionareidad								Causa de la falta de estacionareidad							
		E	NE	A	D	TC	TD	A&TC	D&TD	E	NE	A	D	TC	TD	A&TC	D&TD
		Invierno								Primavera							
1	270	239	31	2	13	6	1	5	4	238	32	0	2	0	13	1	16
2	106	102	4	0	0	3	0	1	0	90	16	0	2	0	11	0	3
3	18	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
4	45	42	3	0	0	3	0	0	0	43	2	2	0	0	0	0	0
5	43	42	1	0	0	0	1	0	0	42	1	0	1	0	0	0	0
6	45	40	5	0	0	2	0	3	0	44	1	0	1	0	0	0	0
7	72	52	20	7	0	4	0	6	3	67	5	2	2	0	1	0	0
8	23	16	7	0	0	0	0	0	7	23	0	0	0	0	0	0	0
9	41	36	5	0	2	2	0	1	0	40	1	0	0	0	1	0	0
10	51	35	16	1	0	8	0	7	0	46	5	0	1	0	2	0	2
11	20	16	4	0	0	2	0	2	0	18	2	1	0	0	0	1	0
12	35	30	5	0	0	2	0	3	0	30	5	0	0	1	0	4	0
Total	769	668	101	10	15	32	2	28	14	699	70	5	9	1	28	6	21
		Verano								Otoño							
1	270	250	20	7	0	6	1	5	1	254	16	2	4	9	1	0	0
2	106	79	27	1	9	1	3	2	11	88	18	5	0	8	0	5	0
3	18	17	1	0	0	0	0	0	1	17	1	0	0	0	1	0	0
4	45	39	6	1	1	3	0	1	0	42	3	0	2	1	0	0	0
5	43	34	9	0	2	0	2	1	4	40	3	1	1	0	0	0	1
6	45	35	10	0	0	7	0	3	0	42	3	0	0	3	0	0	0
7	72	67	5	3	0	1	0	1	0	69	3	0	1	1	0	0	1
8	23	22	1	1	0	0	0	0	0	22	1	0	0	1	0	0	0
9	41	35	6	0	1	0	4	0	1	31	10	1	0	6	0	3	0
10	51	44	7	4	2	1	0	0	0	47	4	1	1	0	1	1	0
11	20	17	3	0	0	1	1	1	0	20	0	0	0	0	0	0	0
12	35	29	6	1	0	2	0	2	1	26	9	5	0	0	0	3	1
Total	769	668	101	18	15	22	11	16	19	698	71	15	9	29	3	12	3

E=estacionaria, NE=No estacionarias, A=punto de cambio ascendente, D=punto de cambio descendente, TC=tendencia creciente, TD=tendencia decreciente, A&TC=punto de cambio ascendente y tendencia creciente, D&TD=punto de cambio descendente y tendencia decreciente.

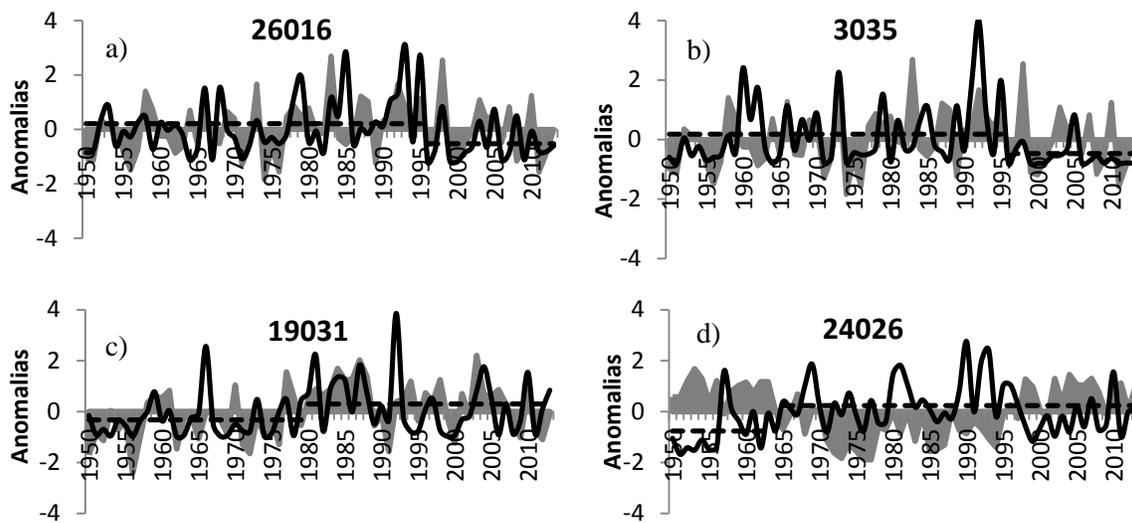


Figura 3.6. Anomalías de los índices climáticos (áreas en gris) y las series de invierno de estaciones seleccionadas (líneas negras, el cambio en las líneas discontinuas indica un punto de quiebre significativo), a) región 2 y MEI, b) región 9 y MEI, c) región 4.

Para primavera, 70 series son no estacionarias, de las que 67% se localizan en las regiones 1 y 2 del Centro y Noroeste, respectivamente, y presentan puntos de cambio descendentes y/o tendencias decrecientes. En la región 1, las series están correlacionadas inversamente con el índice PDO, por tal razón la fase negativa de este fenómeno provoca el aumento de la lluvia, mientras que la positiva favorece su disminución (Figura 3.8a). En la región 2, la correlación es más fuerte con el fenómeno ENSO que con PDO, siendo además directa, no obstante a nivel individual, no existe una clara relación entre el comportamiento del MEI y la falta de estacionariedad de las series; tal es el caso de la estación 25030, que presentó un cambio en 1988 y no existe una correlación significativa con este índice (Figura 3.9b).

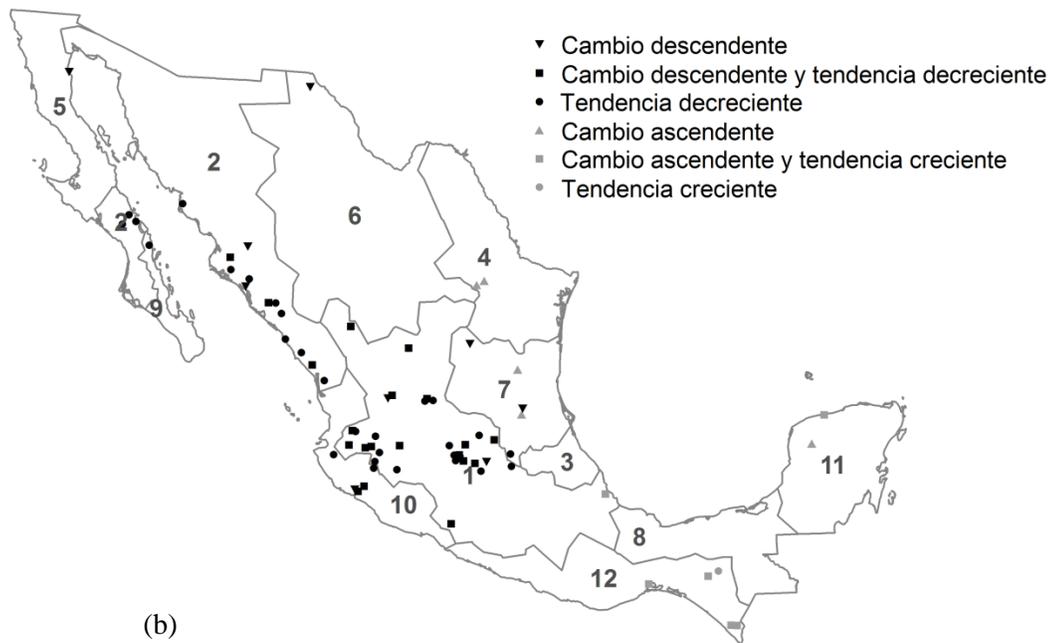
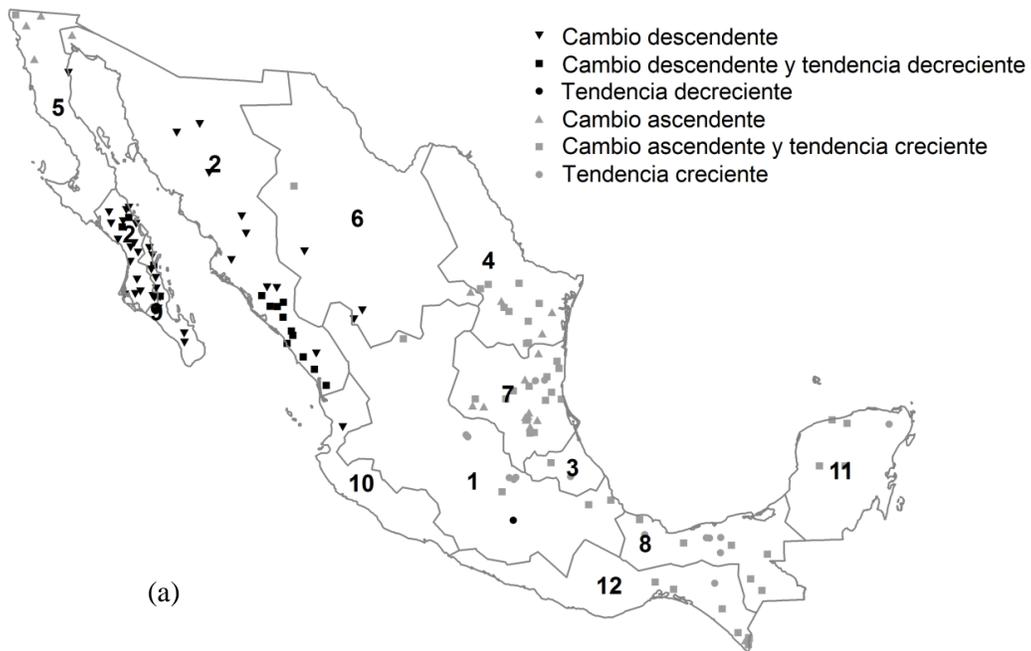


Figura 3.7. Estaciones con puntos de cambio y tendencias significativas para las series estacionales, a) invierno b) primavera.

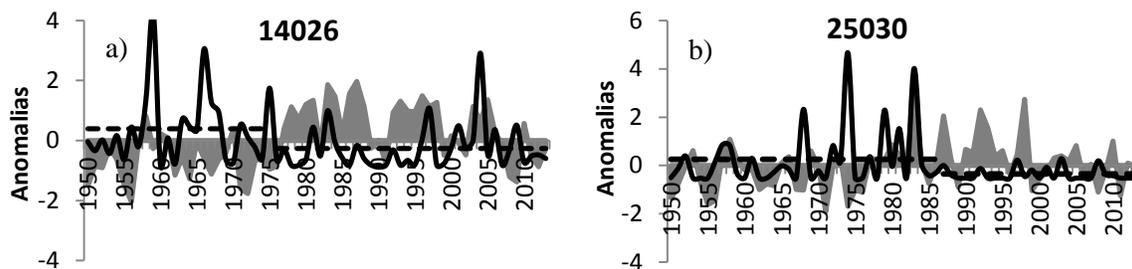


Figura 3.8. Anomalías de los índices climáticos (áreas en gris) y las series de primavera de estaciones seleccionadas (líneas negras), a) región 1 y PDO, b) región 2 y MEI.

Para verano, 101 de las series son no estacionarias, la mayoría de estas (64%) se ubican en las regiones 2, 5 y 9 del Noroeste, así como en las regiones 1 y 6, del Centro y Norte del país (Figura 3.9b). A nivel regional estadísticamente no hay indicio de una asociación entre la lluvia de las regiones mencionadas y los índices climáticos mostrados en el Cuadro 3.2, sin embargo, al analizar el comportamiento de forma individual de algunas estaciones, como las que se muestran en la Figura 3.10, si se puede determinar que la falta de estacionariedad está relacionada con índices climáticos. Por ejemplo, la serie 26024 de la región 2 está correlacionada inversamente con el índice PDO que entre 1976 y 1998 se caracterizó por tener una fase cálida, que influyó en la disminución de la lluvia. La lluvia de la estación 15086 está correlacionada directamente con el índice AMO, por tal razón, la persistencia de valores positivos de este índice desde 1994, influyó en el aumento de la lluvia.

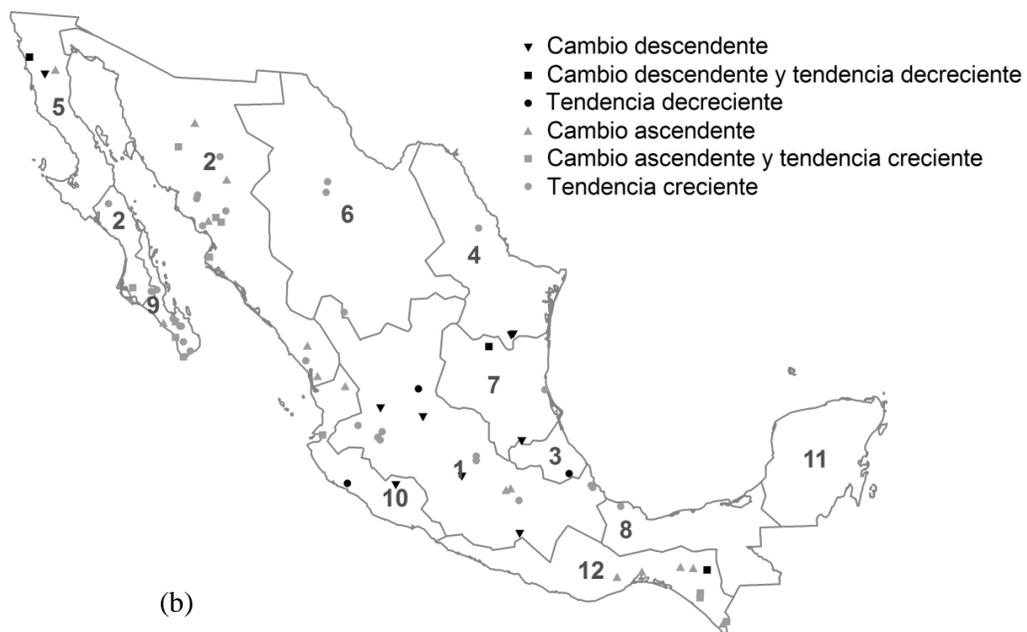
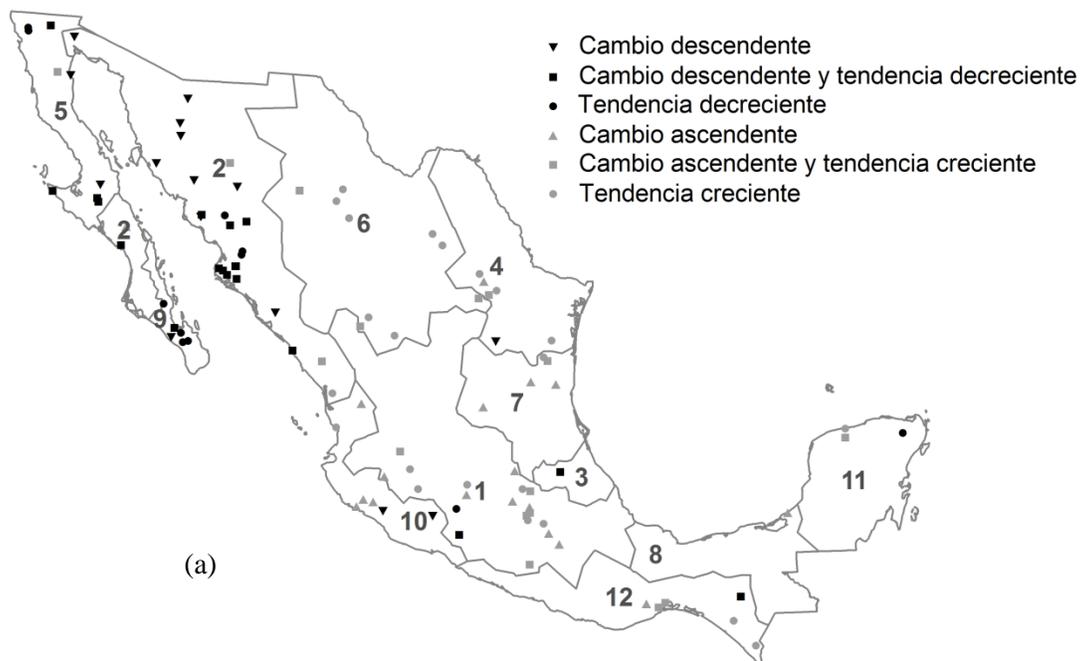


Figura 3.9. Estaciones con puntos de cambio y tendencias significativas para las series estacionales a) verano, b) otoño.

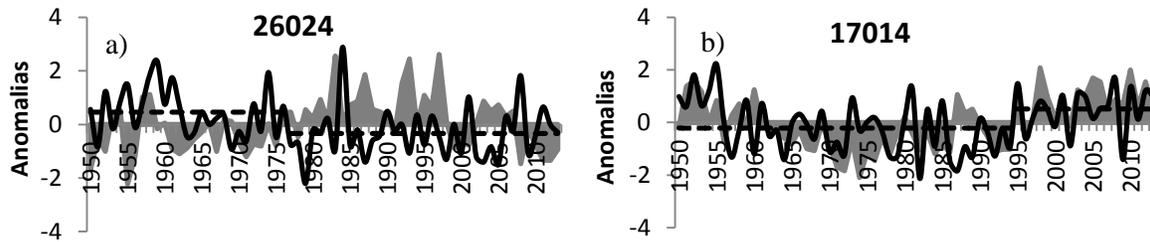


Figura 3.10. Anomalías de los índices climáticos (áreas en gris) y las series de verano de estaciones seleccionadas (líneas negras), a) región 2 y el índice PDO, b) región 1 y el índice AMO.

En otoño, en las regiones 2 y 9 del noroeste del país se encuentran 39% de las series no estacionarias y en su mayoría presentan puntos de cambio y tendencias crecientes significativas (Figura 3.9b). En el caso de la región 2, las series no tienen una asociación significativa con alguno de los índices climáticos analizados, sin embargo, los cambios identificados son consistentes con la investigación realizada por Cavazos *et al.* (2008), quienes para la estación monzónica (julio-septiembre) encontraron tendencias crecientes lineales significativas de la contribución estacional e intensidad de eventos de lluvia en la región monzónica de América del Norte, relacionada con un incremento de la precipitación pico derivada de ciclones tropicales. En las dos series seleccionadas de la Figura 12, se aprecia una tendencia creciente de la lluvia, debido al aumento en la magnitud de los eventos. Por otro lado, en la región 1, donde se localizan 23% no hay una clara relación entre los índices climáticos y la falta de estacionariedad de las series.

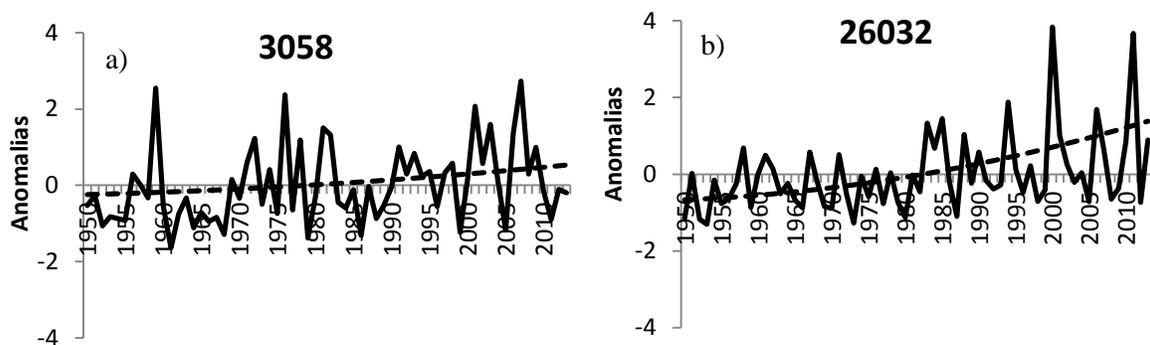


Figura 3.11. Anomalías de series de otoño seleccionadas del Noroeste del país (series continuas) y del residual obtenido por EEMD (series discontinuas), a) región 9, b) región 2.

3.4.2 Lluvia acumulada anual

En el Cuadro 3.5, se muestra que a nivel anual, 17% de las series son no estacionarias; de estas 77% pertenecen a las regiones 1, 2, 4, 7 y 12. Los cambios en las series de Baja California Sur (región 2 y 9), consisten en puntos de cambio ascendentes y/o tendencias crecientes (Figura 3.12) debido al incremento de las aportaciones de la lluvia durante el otoño (Figura 3.13a); mientras que la falta de estacionareidad de las series del Noroeste (a excepción de la parte de Baja California), así como las del Centro y Sur, se asocian a la modificación del comportamiento de la lluvia durante el verano (Figuras 3.13b, 3.13c y 3.13d). En la región 2, se aprecia a un grupo de estaciones cuyas series presentan disminución en la magnitud de la lluvia; tal es el caso de la estación 25082 de Sinaloa, cuyo comportamiento está asociado con la disminución de la lluvia de verano (Figura 3.13b).

Cuadro 3.5. Número de estaciones analizadas y número de series de lluvia anual estacionarias, no estacionarias y la causa de la falta de estacionareidad.

Región	Total	E	NE	Causa de la falta de estacionareidad					
				A	D	TC	TD	A&TC	D&TD
1	270	248	22	7	2	5	0	8	0
2	106	83	23	3	8	3	3	3	3
3	18	18	0	0	0	0	0	0	0
4	45	34	11	3	2	3	0	3	0
5	43	38	5	2	3	0	0	0	0
6	45	37	8	1	0	2	0	5	0
7	72	58	14	9	2	2	0	1	0
8	23	20	3	0	0	2	0	1	0
9	41	39	2	1	0	0	0	1	0
10	51	45	6	3	3	0	0	0	0
11	20	18	2	1	0	0	0	1	0
12	35	20	15	4	2	2	0	6	1
Total	769	658	111	34	22	19	3	29	4

E=estacionaria, NE=No estacionarias, A=punto de cambio ascendente, D=punto de cambio descendente, TC=tendencia creciente, TD=tendencia decreciente, A&TC=punto de cambio ascendente y tendencia creciente, D&TD=punto de cambio descendente y tendencia decreciente.

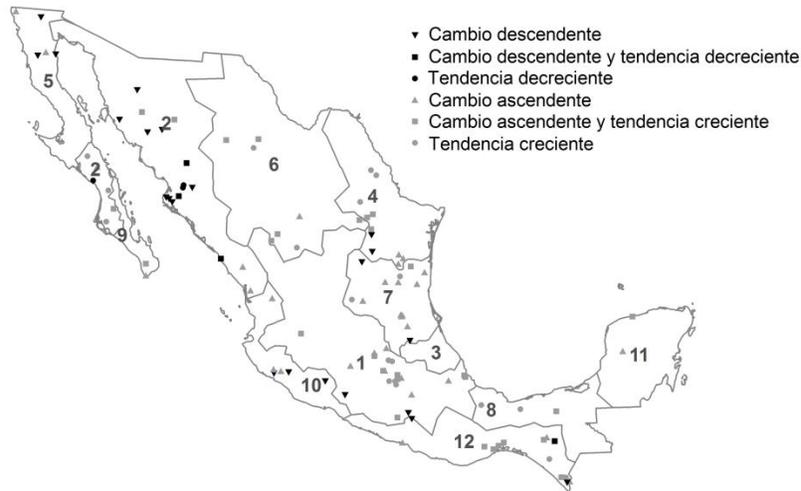


Figura 3.12. Series de lluvia acumulada anual no estacionarias.

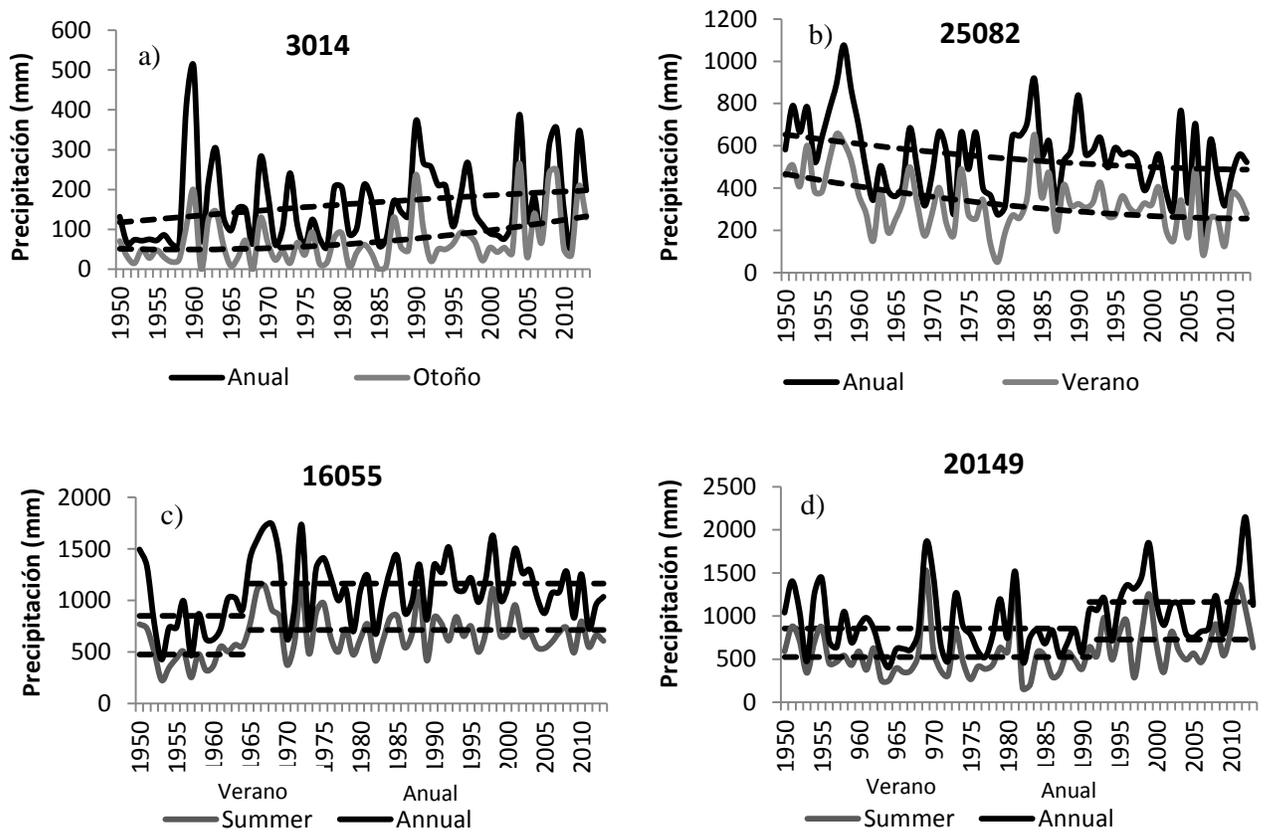


Figura 3.13. Series de lluvia anual (líneas negras), estacionales (líneas grises) y residual o media de la serie (líneas discontinuas), a) región 2 (Baja California Sur), b) región 2 (Sonora), c) región 1, y d) región 12.

Las series que presentaron puntos de quiebre significativos y tendencias monótonas son claramente no estacionarias, tal es el caso de la estación 26032, “El Oregano”, ubicada en el municipio de Hermosillo, cuyos resultados se muestran a detalle en el Cuadro 3.6 y las Figuras 3.14 y 3.15. Para esta serie, la Prueba de Pettitt indicó un punto de quiebre significativo en 1980, con cambio ascendente a un nivel $\alpha=0.05$; además la prueba de Mann-Kendall aplicada a la serie y al residual mostró una tendencia creciente significativa; el valor de $\tau=1$ obtenido para el residual, indica que la tendencia además es monótona.

Cuadro 3.6. Resultados de las pruebas de estacionareidad realizadas a la estación 26032, “El Oregano”, Hermosillo, Sonora.

Análisis de punto de quiebre	Prueba de Pettitt $X(t)$	Punto de cambio	1980
		K_T	520
		p -value	0.004
		Cambio	Ascendente
		Significativo	Si
Análisis de tendencia	Mann-Kendall $X(t)$	τ	0.24
		S	490
		Z	2.83
		Tendencia	Creciente
		p -value	0.0000
		Significativo	Si
	Mann-Kendall (residual)	τ	1.00
		S	2016
		Z	11.6
		Tendencia	Creciente
Monótona	p -value	0.0001	
	Significativo	Si	
Estacionaria		Creciente	Si
Causa de no estacionareidad		Decreciente	No
		Punto de cambio y tendencia	

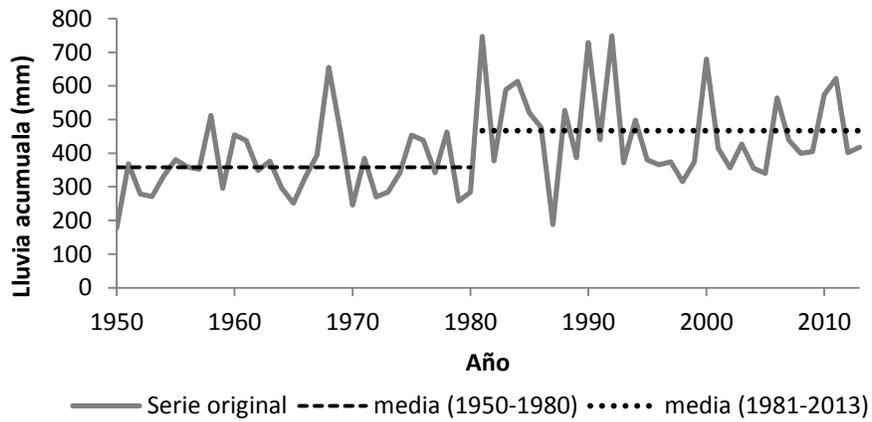


Figura 3.14. Series de lluvia anual acumulada de la estación 26032, con punto de quiebre en 1980.

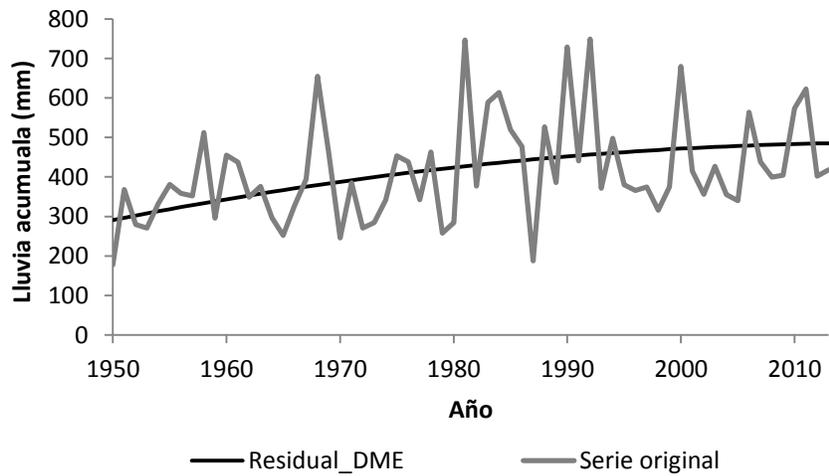


Figura 3.15. Serie de lluvia anual acumulada de la estación 26032 y residual obtenido por Descomposición de Modos Empíricos.

3.4.3 Lluvia máxima en 24 horas

Las series anuales de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias, representan 22% del total; a su vez, 89% de estas series corresponden a incrementos abruptos (puntos de cambio ascendentes) y/o tendencias crecientes significativas. En la Figura 3.16 se observa que las estaciones de las series no estacionarias, se ubican principalmente en el Centro y Noroeste del país, de tal forma que las regiones 1 y 2 tienen el mayor número con 67 y 32 estaciones, respectivamente (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7. Número de estaciones analizadas y número de series de lluvia máxima en 24 horas estacionarias, no estacionarias y la causa de la falta de estacionariedad.

Región	Total	E	NE	Causa de la falta de estacionariedad						
				A	D	TC	TD	A&TC	D&TD	
1	270	203	67	4	1	16	2	42	2	
2	106	74	32	3	2	8	1	16	2	
3	18	14	4	0	0	2	0	1	1	
4	45	41	4	1	0	2	0	0	1	
5	43	31	12	4	0	0	1	6	1	
6	45	41	4	1	1	0	1	1	0	
7	72	56	16	5	1	2	0	8	0	
8	23	21	2	0	0	0	0	2	0	
9	41	36	5	0	0	4	0	1	0	
10	51	40	11	1	0	3	0	7	0	
11	20	18	2	0	0	0	0	1	1	
12	35	27	8	1	0	2	0	5	0	
Total	769	602	167	20	5	39	5	90	8	

E=estacionaria, NE=No estacionarias, A=punto de cambio ascendente, D=punto de cambio descendente, TC=tendencia creciente, TD=tendencia decreciente, A&TC=punto de cambio ascendente y tendencia creciente, D&TD=punto de cambio descendente y tendencia decreciente.

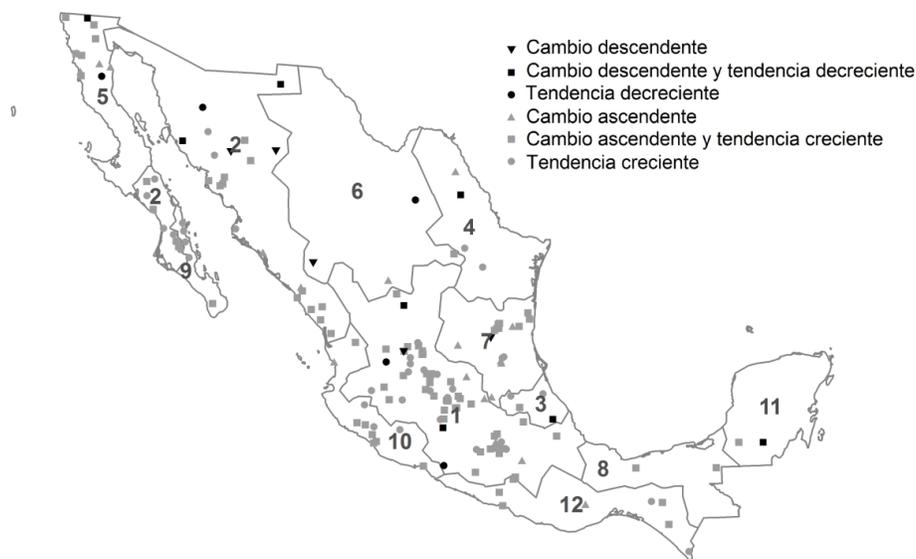


Figura 3.16. Series anuales de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias.

3.5 Análisis de frecuencias

En el Anexo B, se pueden observar diferentes eventos de diseño de la lluvia acumulada anual y lluvia máxima en 24 horas, estimados a partir de modelos no estacionarios.

3.5.1 Lluvia acumulada

En el análisis de frecuencias realizado a las 111 series no estacionarias de lluvia acumulada anual, las pruebas de bondad de ajuste indicaron que para 82 de estas (74%) los modelos que estadísticamente representan mejor la variabilidad de los datos son no estacionarios; para las 29 series no estacionarias restantes, si bien con el estadístico *AIC* los modelos no estacionarios aparentemente fueron mejores, el estadístico *D* fue inferior a 3.84 (valor de χ^2 , a un nivel $\alpha=0.05$), por lo que no se justificó estadísticamente la utilización de un modelo M_1 , M_2 o M_3 en lugar de un M_0 .

Como ejemplo del procedimiento para la selección del mejor modelo, se muestran los Cuadros 3.8 y 3.9, los resultados de las pruebas de bondad de ajuste y los estimadores de los parámetros de los modelos ajustados a las series de las estaciones 2060 (“Santa Cruz”, Ensenada, Baja California) y 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa), respectivamente.

Para la estación 2060 el modelo con el menor valor *AIC*, fue el M_2 de la función *LN3*, en el cual, el parámetro de escala está en función del índice PDO; además el valor del estadístico *D*, es superior a 3.84, lo cual indica que es más adecuado y explica mejor la variabilidad de los datos que el modelo M_0 de la función *LN3*. Por otro lado, debido a que existe una tendencia creciente estadísticamente significativa en la serie de lluvia de la estación 25082, el modelo M_1 de la función *GA3* que incluyó esta tendencia en el parámetro de escala, representa mejor la variabilidad de los datos que los modelos restantes. El valor de *AIC* del modelo M_1 fue el menor, con un valor *D* estadísticamente significativo.

Cuadro 3.8. Resultados de las pruebas de bondad de ajuste y estimadores de los parámetros, para la estación 2060.

Estación	Función	AIC	D	Estimadores de los parámetros										
				$\hat{\mu}_0$	$\hat{\mu}_1$	$\hat{\mu}_2$	\hat{x}_0	$\hat{\sigma}$						
2060	LN3 (M0)	815.3	-	5.6	-	-	0.0	0.5	-	-	-	-	-	-
2060	LN3 (M1)	817.3	0.0	5.6	0.0	-	0.0	0.5	-	-	-	-	-	-
2060	LN3 (M2)	799.8	17.5	5.6	0.3	-	0.1	0.4	-	-	-	-	-	-
2060	LN3 (M3)	799.9	1.9	5.8	0.0	0.3	0.0	0.4	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\lambda}_0$	$\hat{\lambda}_1$	$\hat{\lambda}_2$	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$						
2060	GA3 (M0)	815.6	-	64.5	-	-	102.6	2.4	-	-	-	-	-	-
2060	GA3 (M1)	816.0	1.6	84.0	-0.4	-	103.8	2.3	-	-	-	-	-	-
2060	GA3 (M2)	810.3	7.3	-19.7	56.7	-	54.2	6.2	-	-	-	-	-	-
2060	GA3 (M3)	811.0	1.3	5.9	-0.8	59.6	52.7	6.4	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\gamma}_0$	$\hat{\gamma}_1$	$\hat{\gamma}_2$	$\hat{\beta}$	$\hat{\alpha}$						
2060	W3 (M0)	816.5	-	77.1	-	-	332.3	1.5	-	-	-	-	-	-
2060	W3 (M1)	812.0	6.5	133.3	-0.9	-	318.4	1.2	-	-	-	-	-	-
2060	W3 (M2)	818.3	0.2	72.0	-10.2	-	326.9	1.5	-	-	-	-	-	-
2060	W3 (M3)	808.1	12.2	168.1	-1.4	16.6	323.5	1.0	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\omega}_0$	$\hat{\omega}_1$	$\hat{\omega}_2$	$\hat{\alpha}$							
2060	G (M0)	870.0	-	397.2	-	-	207.1	-	-	-	-	-	-	-
2060	G (M1)	870.9	1.1	334.6	1.9	-	203.7	-	-	-	-	-	-	-
2060	G (M2)	846.2	25.8	407.6	146.9	-	162.3	-	-	-	-	-	-	-
2060	G (M3)	847.5	0.7	445.4	-1.1	154.5	161.0	-	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\varphi}_0$	$\hat{\varphi}_1$	φ_2	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\alpha}_1$	\hat{v}_0	\hat{v}_1	\hat{v}_2	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\alpha}_2$	\hat{p}
2060	WW (M0)	822.2		77.2	-	-	328.7	48.2	77.3	-	-	332.2	1.5	0.0
2060	WW (M1)	807.1	19.1	133.2	-0.9	-	318.4	1.6	134.5	-0.9	-	318.3	0.7	0.7
2060	WW (M2)	816.6	9.6	72.5	-10.5	-	327.1	2.2	83.4	-0.3	-	325.2	0.5	0.8
2060	WW (M3)	829.7	-9.1	167.5	-2.4	17.3	323.4	1.0	167.5	-1.4	16.3	323.4	1.0	0.6
				$\hat{\kappa}_0$	$\hat{\kappa}_1$	$\hat{\kappa}_2$	$\hat{\alpha}_1$	$\hat{\eta}_0$	$\hat{\eta}_1$	$\hat{\eta}_2$	$\hat{\alpha}_2$	\hat{p}		
2060	GG (M0)	839.4	-	526.8	-	-	192.9	-	254.1	-	-	65.4	-	0.4
2060	GG (M1)	839.7	3.7	244.0	11.1	-	152.3	-	285.3	0.2	-	89.5	-	0.3
2060	GG (M2)	816.2	27.2	578.0	247.7	-	104.5	-	309.6	84.1	-	77.6	-	0.2
2060	GG (M3)	817.9	2.3	624.1	-2.6	230.0	123.0	-	318.5	-0.7	67.3	66.0	-	0.3
				$\hat{\kappa}_0$	$\hat{\kappa}_1$	$\hat{\kappa}_2$	$\hat{\alpha}_1$	\hat{v}_0	\hat{v}_1	\hat{v}_2	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\alpha}_2$	\hat{p}	
2060	GW (M0)	822.5	-	397.2	-	-	207.0	-	77.1	-	-	332.3	1.5	0.0
2060	GW (M1)	818.7	7.8	234.3	14.9	-	120.1	-	130.7	-0.9	-	304.2	1.3	0.1
2060	GW (M2)	820.1	6.4	574.3	245.4	-	118.3	-	65.9	-8.6	-	291.5	1.8	0.2
2060	GW (M3)	818.3	5.8	445.4	-1.1	154.5	154.5	-	168.1	-1.4	16.6	323.5	1.0	0.1

Cuadro 3.9. Resultados de las pruebas de bondad de ajuste y estimadores de los parámetros para la estación 25082.

Estación	Función	AIC	D	Estimadores de los parámetros										
				$\hat{\mu}_0$	$\hat{\mu}_1$	$\hat{\mu}_2$	\hat{x}_0	$\hat{\sigma}$						
25082	LN3 (M0)	852.1		6.3	-	-	0.0	0.3	-	-	-	-	-	-
25082	LN3 (M1)	848.9	5.1	6.4	0.0	-	0.0	0.3	-	-	-	-	-	-
25082	LN3 (M2)	854.0	0.0	6.3	0.0	-	0.0	0.3	-	-	-	-	-	-
25082	LN3 (M3)	850.5	0.4	6.4	0.0	0.0	0.0	0.3	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\lambda}_0$	$\hat{\lambda}_1$	$\hat{\lambda}_2$	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$						
25082	GA3 (M0)	848.7		-241.2	-	-	39.9	19.9	-	-	-	-	-	-
25082	GA3 (M1)	845.8	5.0	-240.5	-2.6	-	33.2	26.4	-	-	-	-	-	-
25082	GA3 (M2)	850.7	0.0	-241.2	-0.9	-	39.9	19.9	-	-	-	-	-	-
25082	GA3 (M3)	847.2	0.6	-990.4	-3.0	21.6	17.2	95.4	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\gamma}_0$	$\hat{\gamma}_1$	$\hat{\gamma}_2$	$\hat{\beta}$	$\hat{\alpha}$						
25082	W3 (M0)	848.4		125.7	-	-	605.6	2.6	-	-	-	-	-	-
25082	W3 (M1)	850.2	0.2	197.2	-1.1	-	607.8	2.3	-	-	-	-	-	-
25082	W3 (M2)	847.4	3.0	89.1	-	-	603.2	2.7	-	-	-	-	-	-
25082	W3 (M3)	849.3	3.0	9.0	1.2	-133.4	600.1	3.0	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\omega}_0$	$\hat{\omega}_1$	$\hat{\omega}_2$	$\hat{\alpha}$							
25082	G (M0)	866.0		643.6	-	-	191.8	-	-	-	-	-	-	-
25082	G (M1)	857.2	10.8	768.4	-4.0	-	172.2	-	-	-	-	-	-	-
25082	G (M2)	865.5	2.5	650.4	44.6	-	185.0	-	-	-	-	-	-	-
25082	G (M3)	854.2	4.9	776.4	-4.0	56.5	162.5	-	-	-	-	-	-	-
				$\hat{\varphi}_0$	$\hat{\varphi}_1$	φ_2	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\alpha}_1$	$\hat{\nu}_0$	$\hat{\nu}_1$	$\hat{\nu}_2$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\alpha}_2$	\hat{p}
25082	WW (M0)	852.9		124.9	-	-	622.4	8.5	139.5	-	-	595.3	2.2	0.2
25082	WW (M1)	856.3	0.6	194.3	-0.3	-	621.7	7.3	207.2	-1.1	-	593.2	2.0	0.2
25082	WW (M2)	855.4	1.5	89.1	-	-109.8	603.2	2.7	89.1	-	-110.0	603.2	2.7	0.2
25082	WW (M3)	858.9	1.3	6.5	2.5	-127.8	593.9	3.0	11.5	0.4	-134.8	597.2	2.8	0.6
				$\hat{\kappa}_0$	$\hat{\kappa}_1$	$\hat{\kappa}_2$	$\hat{\alpha}_1$		$\hat{\eta}_0$	$\hat{\eta}_1$	$\hat{\eta}_2$	$\hat{\alpha}_2$	\hat{p}	
25082	GG (M0)	854.7		810.4	-	-	171.4	-	561.7	-	-	114.9	-	0.2
25082	GG (M1)	863.2	-4.5	768.4	-3.9	-	172.2	-	768.4	-4.0	-	172.2	-	0.1
25082	GG (M2)	853.3	5.4	886.1	-	187.2	65.8	-	578.2	-	-4.4	126.7	-	0.1
25082	GG (M3)	847.6	19.5	979.8	-4.1	116.3	63.0	-	675.8	-3.2	16.8	111.1	-	0.2
				$\hat{\kappa}_0$	$\hat{\kappa}_1$	$\hat{\kappa}_2$	$\hat{\alpha}_1$		$\hat{\nu}_0$	$\hat{\nu}_1$	$\hat{\nu}_2$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\alpha}_2$	\hat{p}
25082	GW (M0)	850.9		625.2	-	-	59.5	-	139.4	-	-	596.0	2.2	0.2
25082	GW (M1)	852.2	2.7	632.2	7.5	-	57.2	-	106.5	-109.0	-	594.5	2.4	0.2
25082	GW (M2)	852.2	2.7	632.2	-	7.5	57.2	-	106.5	-	-109.0	594.5	2.4	0.2
25082	GW (M3)	855.8	0.4	630.7	-8.0	-1.5	49.2	-	109.9	0.8	-95.6	604.8	2.6	0.0

Las Figuras 3.17 y 3.18 muestran las gráficas “worm” y Q-Q (cuantil-cuantil) de las estaciones 2060 y 25082 respectivamente, para los modelos mencionados. Se observa para ambos casos que los datos de las gráficas “worm” caen dentro de los límites de confianza, además los datos en la gráfica Q-Q están cerca de la diagonal unitaria; por tal razón se determina que el modelo no estacionario M_2 para la estación 2060 se ajusta bien a los datos observados, mientras que para los datos observados de la estación 25082 el modelo M_1 se ajusta adecuadamente.

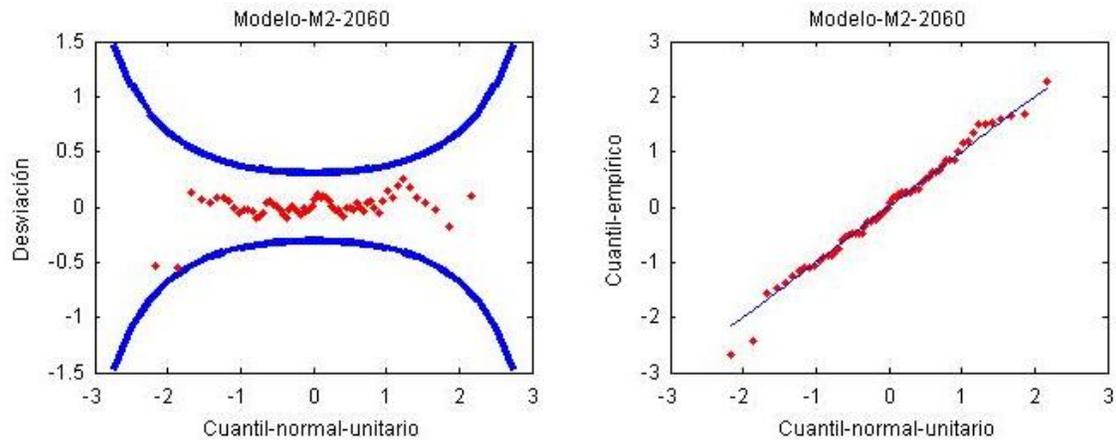


Figura 3.17. Gráficas “worm” (izquierda) y Q-Q (derecha) para el análisis visual del ajuste del modelo LN3-M2 a los datos de lluvia acumulada anual de la estación 2060 (“Santa Cruz”, Ensenada, Baja California).

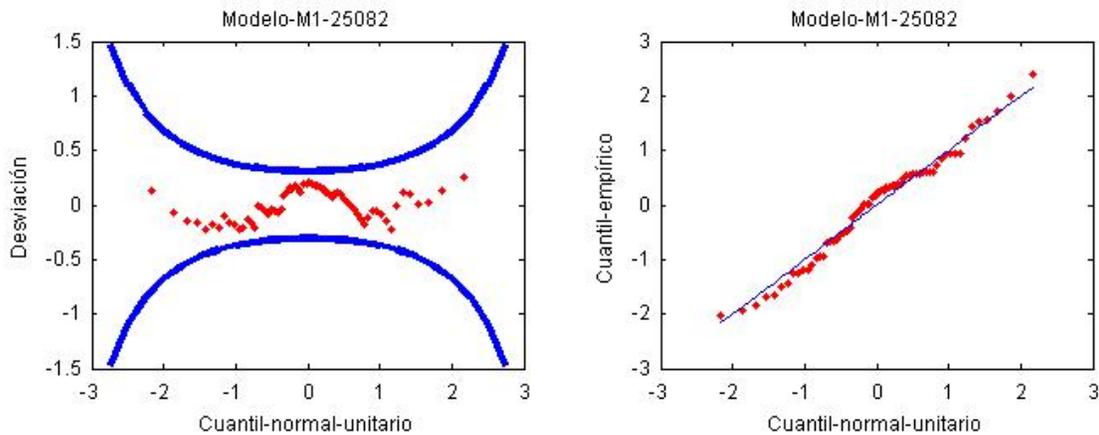


Figura 3.18. Gráficas “worm” (izquierda) y Q-Q (derecha) para el análisis visual del ajuste del modelo GA3-M1 a los datos de lluvia acumulada anual de la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).

Con base en lo anterior, los modelos $LN3-M_2$ y $GA3-M_1$ se seleccionaron para estimar los eventos de diseño de las estaciones 2060 y 25082, respectivamente. En el caso de la estación 2060, el valor del índice PDO utilizado para estimar los eventos de diseño, fue de -0.86, que es el promedio del periodo comprendido entre 2007 y 2013, que se caracterizó por la persistencia de valores negativos y abarcó al periodo con mayor déficit de lluvia. Por lo anterior, para el modelo $LN3-M_2$ los estimadores de los parámetros fueron los siguientes:

$$\hat{\mu}(t) = \hat{\mu}_0 + \hat{\mu}_1 \widehat{PDO} = 5.65 + (0.29)(-0.86) = 5.40$$

$$\hat{x}_0 = 0.05$$

$$\hat{\sigma} = 0.43$$

Los valores de los eventos de diseño asociados a diferentes probabilidades de no excedencia, p , se estimaron al resolver la siguiente expresión:

$$\hat{X} = 0.05 + \exp\{LN3^{-1}(p|5.40, 0.43)\}$$

Donde $LN3^{-1}$ es la función de distribución de probabilidad log normal inversa.

Por otro lado, para la estación 25082 los parámetros estimados para el modelo $GA3-M_1$ fueron los siguientes:

Para el escenario del año 2014:

$$\hat{x}_0(t) = \hat{\lambda}_0 + \hat{\lambda}_1 t_o = -240.47 - (2.59)(65) = -408.82$$

$$\hat{\alpha} = 33.2$$

$$\hat{\beta} = 26.4$$

Para el escenario del año 2044:

$$\hat{x}_0(t) = \hat{\lambda}_0 + \hat{\lambda}_1 t_o = -240.47 - (2.59)(95) = -486.52$$

$$\hat{\alpha} = 33.2$$

$$\hat{\beta} = 26.4$$

Las expresiones utilizadas para estimar los eventos de diseño fueron las siguientes:

Para el escenario del año 2014 $\hat{X} = -408.82 + GA3^{-1}(p|26.4,33.2)$

Para el escenario del año 2044 $\hat{X} = -486.52 + GA3^{-1}(p|26.4, 33.2)$

Donde $GA3^{-1}$ es la función de distribución de probabilidad gamma inversa.

La representación gráfica de los eventos de diseño estimados para las estaciones 2060 y 25082, a partir de las expresiones anteriores, se muestran en las Figuras 3.19 y 3.20, respectivamente. Para la estación 2060 con el enfoque tradicional se obtuvieron eventos sobreestimados de la lluvia acumulada anual, mientras que con el análisis no estacionario los eventos son de menor magnitud debido a la inclusión del índice PDO en la predicción de los eventos de lluvia. Existe evidencia de asociación entre episodios prolongados de valores PDO negativos y condiciones de sequías severas y prolongadas a través del occidente y centro de América del Norte (Cook *et al.*, 2004). Entre 1977 y 1997 se presentó un régimen PDO positivo y aparentemente a partir de 1998, se tiende hacia una fase negativa, por lo que es muy probable que en las próximas décadas cambie de polaridad como mencionaron Mantua *et al.* (1997) y MacDonald y Case (2005). Por lo tanto, la persistencia de valores PDO negativos, que pudieran causar sequías prolongadas, deben considerarse en los análisis de predicción de la lluvia.

En el análisis realizado a los datos de la estación 25082, al considerar la presencia de una tendencia decreciente de la lluvia fue posible simular el decremento en la magnitud de los eventos de diseño para escenarios futuros (Figura 3.20). Por ejemplo, para un periodo de retorno de 2 años se predice una disminución de la lluvia 77 mm en el año 2044 con respecto a la lluvia del escenario de 2014. Debido a que las pruebas de estadísticas aplicadas a la serie de esta estación, mostraron una tendencia decreciente significativa, la predicción del decremento en la lluvia para el escenario 2044 es consistente con el comportamiento de la serie.

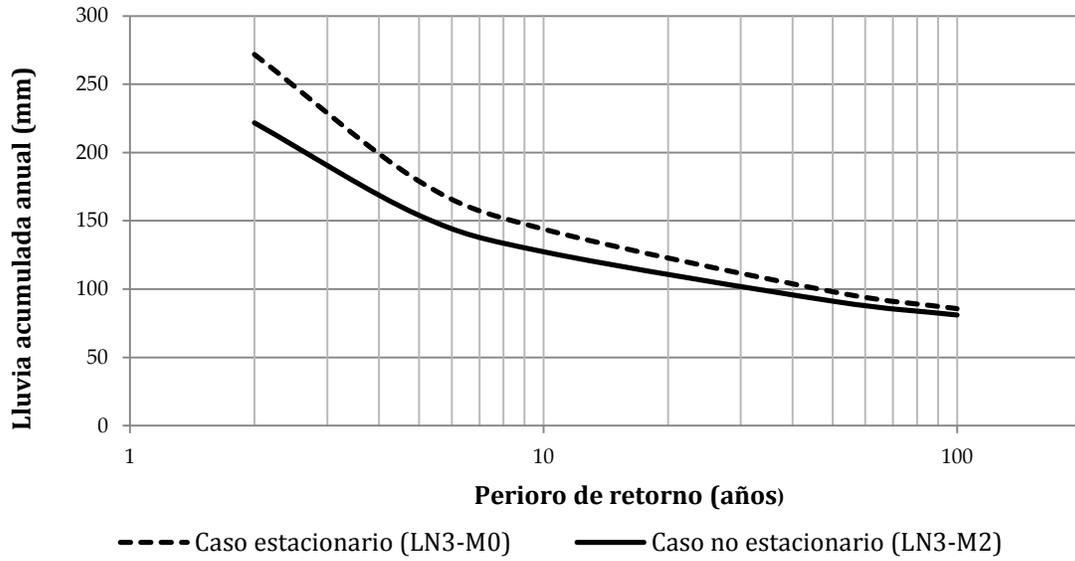


Figura 3.19. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual de la estación 2060 (“Santa Cruz”, Ensenada, Baja California).

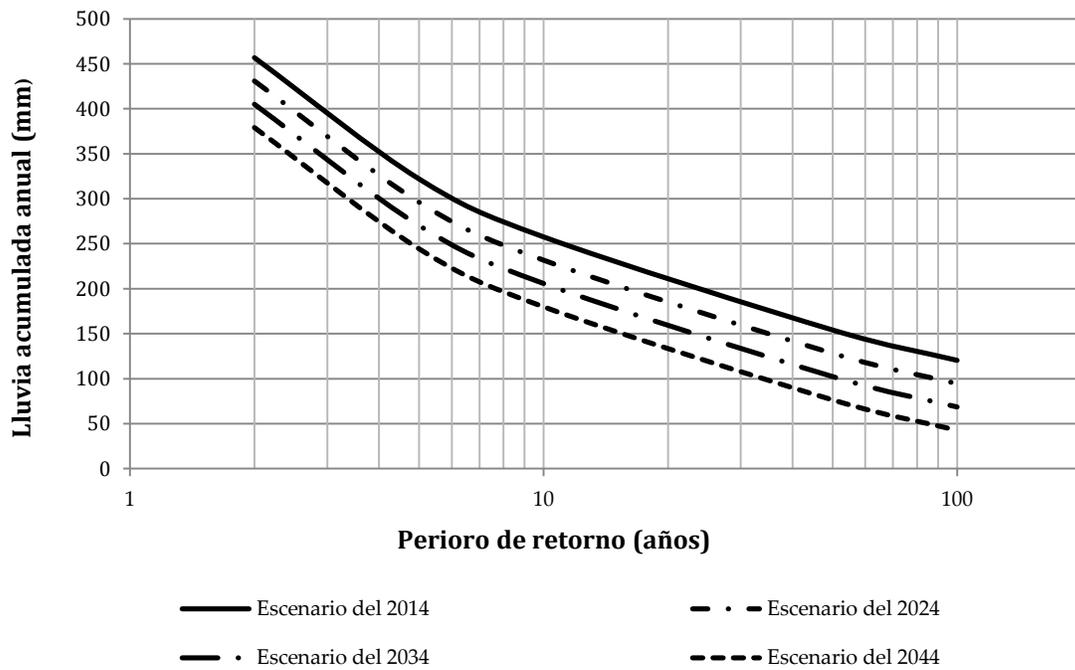


Figura 3.20. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual de la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).

La variación espacial de la lluvia acumulada anual estimada para el escenario 2044 y asociada a diferentes periodos de retorno, se puede observar en la Figura 3.21; para los cuatro casos mostrados, se tienen similares patrones de distribución de la lluvia, con valores máximos en el Sur del país, dentro de la región 8 principalmente, y mínimos en el Norte y Noroeste (regiones 2, 5 y 6). No obstante, en las Figuras 3.22 a 3.25, se aprecia que para los periodos de retorno de 2, 10, 50 y 100 años, en todos los casos se predicen para el 2044, decrementos desde 0 hasta 80 mm en la magnitud de la lluvia de diversas estaciones del Noroeste del país (regiones 2, 5 y 9), mientras que en las regiones 4, 7 y 3 de la costa del Golfo, así como en la región 12 del Sur, se concentran un gran número de estaciones, con incremento estimados desde 0 hasta más de 100 mm de lluvia.

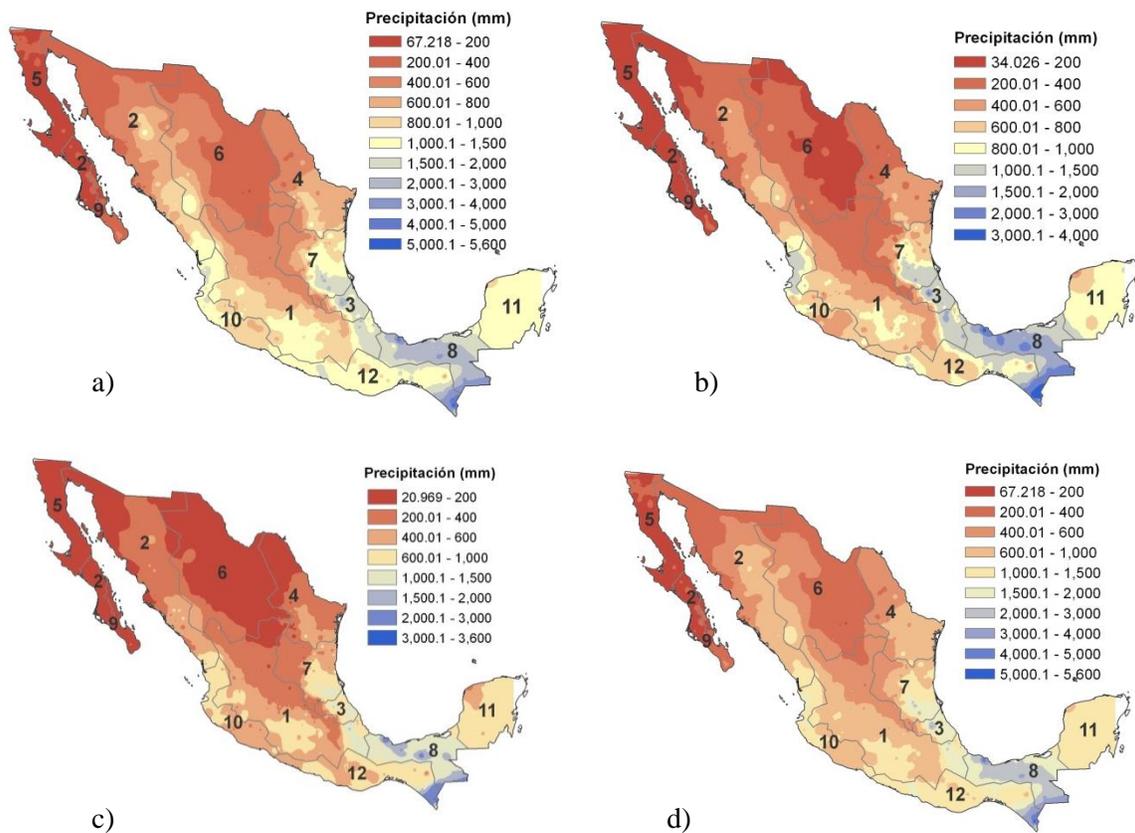


Figura 3.21. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual de la República Mexicana, estimados para el escenario 2044 y diferentes periodos de retorno (TR), a) TR=2 años, b) TR=10 años, c) TR=50 años y d) TR=100 años.

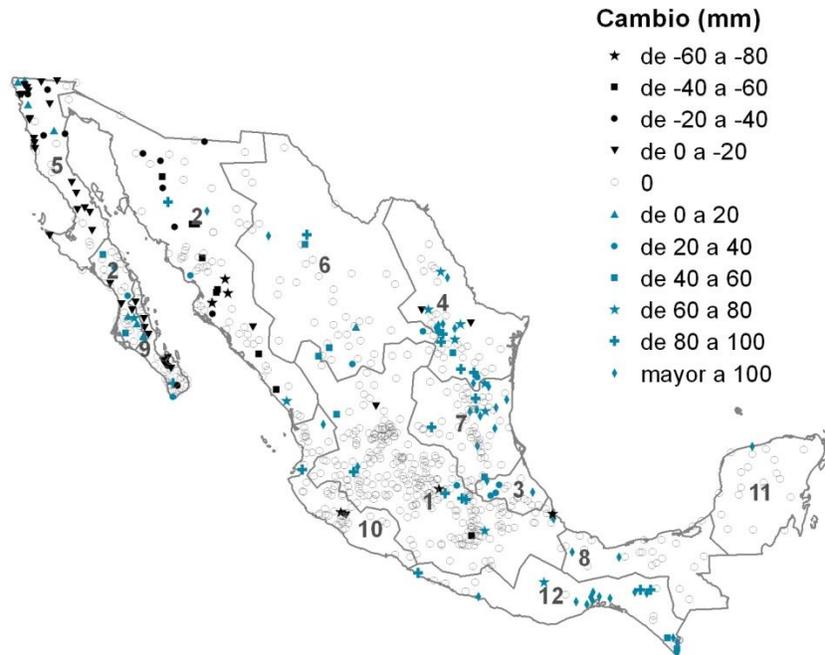


Figura 3.22. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 2 años.

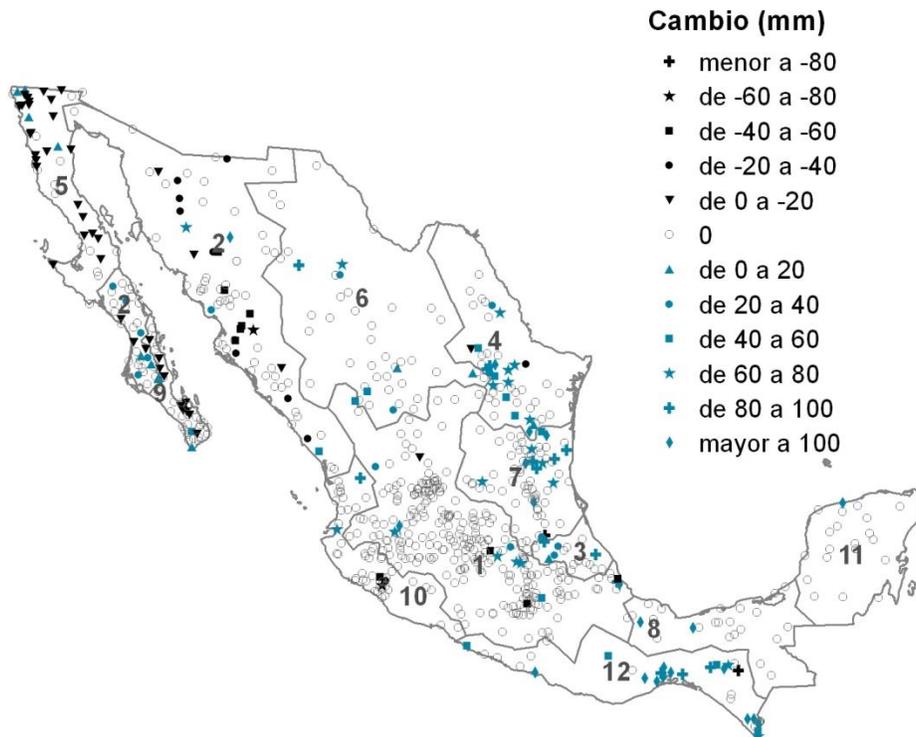


Figura 3.23. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 10 años.

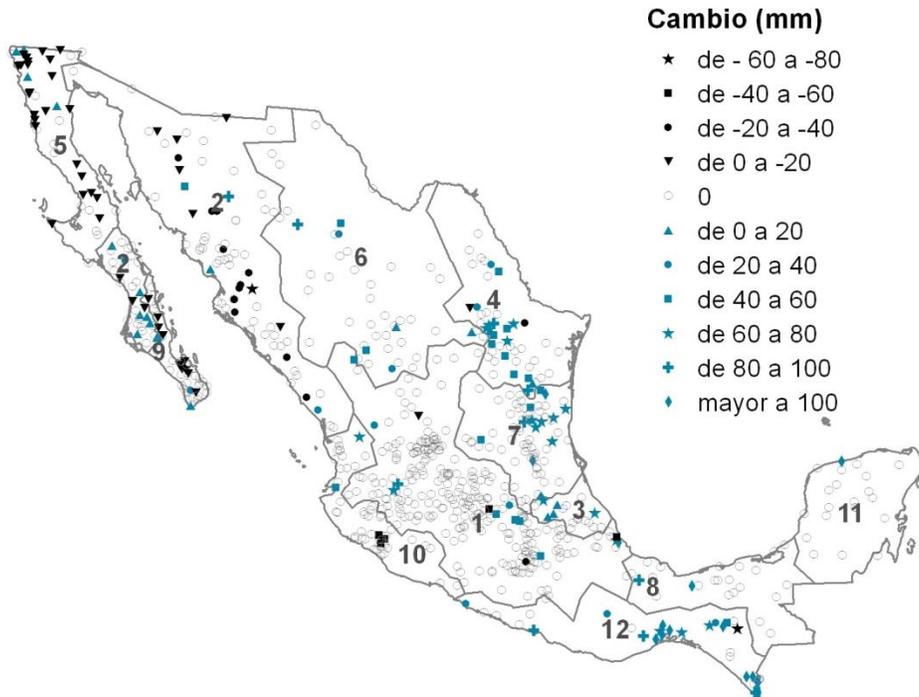


Figura 3.24. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 50 años.

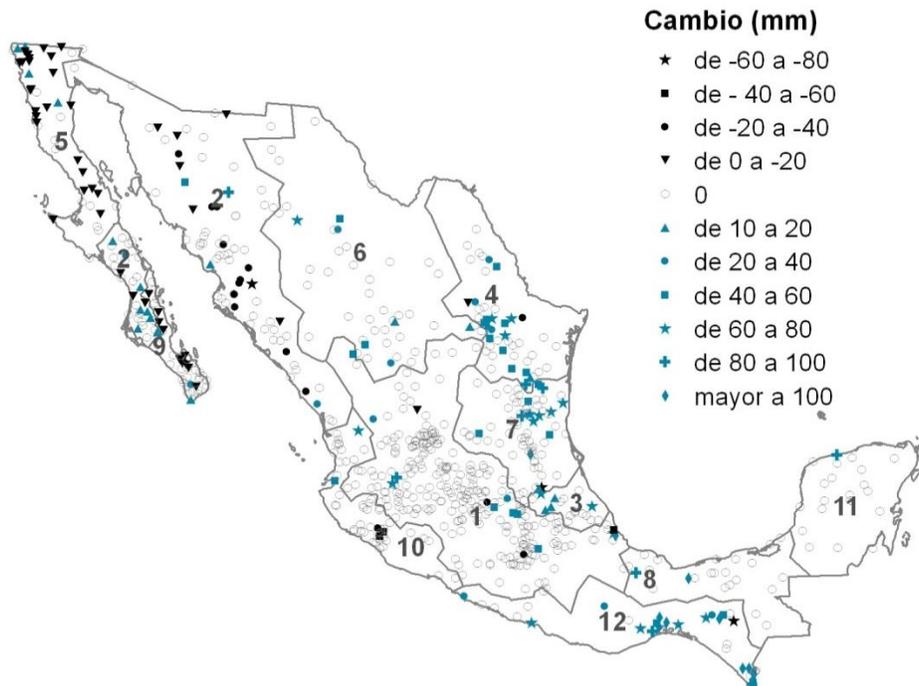


Figura 3.25. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 100 años.

En el Cuadro 3.10, se encuentran los incrementos (decrementos) estimados como porcentaje de la lluvia media anual, correspondientes a un periodo de retorno de 2 años. Este periodo de retorno, corresponde al de la lluvia mediana (lluvia asociada con el 50% de probabilidad de ocurrencia). Para las regiones 2, 5 y 9, ubicadas en la Península de California y el Noroeste de Sonora, se predice una disminución de 0 a 20% de lluvia media anual, en 55 estaciones, que representan 83% del total con decrementos. Cabe mencionar que en esta zona se tienen los valores de lluvia media anual más bajos del país, por lo cual, estos resultados sugieren que será más susceptible a sequías en el futuro. En contraste, en 73 estaciones de las regiones 1, 2 (península de California), 4, 7 y 12, se estimaron incrementos desde 0 hasta 30% de la lluvia media anual, esta cantidad representa 75% del total de estaciones con incrementos. Las estaciones de la región 2, así como las de la región 9 que presentan incrementos, se localizan en Baja California Sur, zona en la que Cavazos *et al.* (2008) encontraron tendencias crecientes lineales significativas, relacionada con un incremento de la precipitación pico derivada de ciclones tropicales.

Cuadro 3.10. Número de estaciones según los rangos del porcentaje de incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, con respecto a la lluvia media anual (1950-2013), para un periodo de retorno de 2 años.

Incremento (decremento) %	Región												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-20 a -10	0	3	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	7
-10 a -0	4	18	0	2	22	0	1	0	10	2	0	0	59
0	255	72	12	26	15	38	59	21	29	46	19	13	605
0-10	5	7	5	6	4	3	2	2	0	1	0	11	46
10-20	5	1	0	7	0	2	9	0	2	1	0	6	33
20-30	1	5	1	4	0	2	1	0	0	0	1	3	18
30-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total	270	106	18	45	43	45	72	23	41	51	20	35	769

Para las estaciones que no presentan cambios, los eventos de diseño se obtuvieron con modelos M_0 o modelos M_2 , que no dependen del tiempo, es decir, en estas estaciones en particular no se esperan variaciones considerables en la magnitud de la lluvia en el futuro; no obstante, sí se puede tener un mejor ajuste con modelos que consideren a algún índice climático, sin considerar necesariamente al tiempo como covariable.

La ubicación de las series para las cuales se seleccionó un modelo tipo M_2 o M_3 , que incluye al índice PDO , se muestra en la Figura 3.26. En la península de California, se encuentran la mayoría de las series analizadas con modelos M_2 y M_3 , ya que ahí es donde la correlación con este índice es más alta; también se concentran algunas estaciones en las regiones 4 y 12.

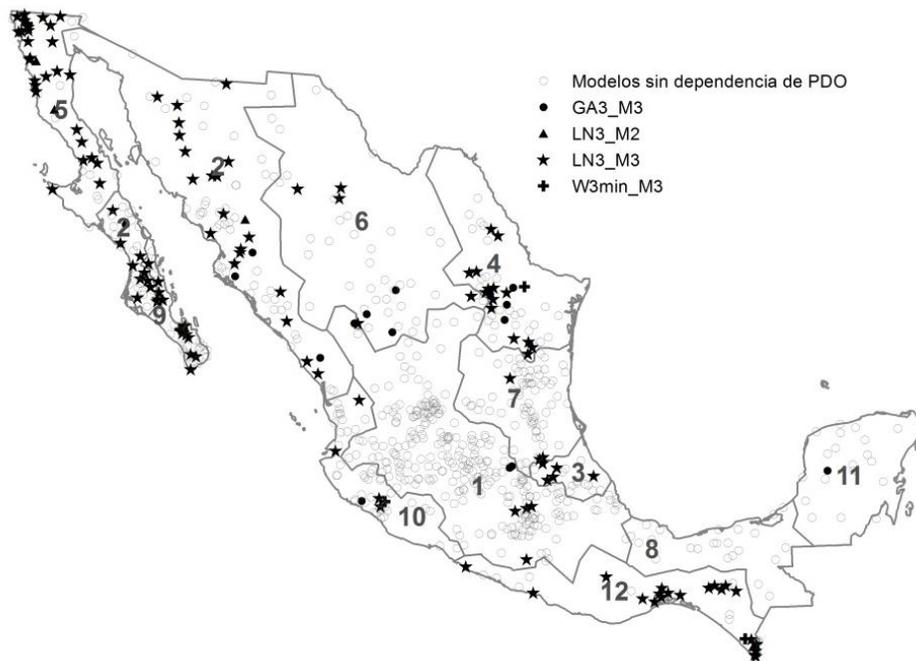


Figura 3.26. Estaciones con modelos dependientes del índice PDO, seleccionados para la estimación de eventos de diseño de la lluvia acumulada.

3.5.2 Lluvia máxima en 24 horas

En el caso de las 167 series de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias, para 78% de estas se seleccionaron modelos no estacionarios, como los que mejor representan la variabilidad de los datos. A partir de estos, se determinaron los eventos de diseño de la lluvia máxima para los escenarios y periodos de retorno mostrados en la Figura 3.27. Los eventos más intensos (más de 250 mm para un periodo de retorno de 100 años en 2044) se presentan en las costas del Pacífico y el Golfo, en las regiones 3, 7, 8, 10 y 12. En la región 8 del Golfo, se han estimado para el escenario de 2044, lluvias máximas de más de 300 mm asociadas a 50 y 100 años de periodo de retorno.

De las Figuras 3.28 a 3.31, se muestran los incrementos (decrementos) estimados para las estaciones 769 estaciones analizadas. Se observa que predominan estaciones que presentarán incrementos de lluvia para los cuatro periodos de retorno mostrados. En 165 estaciones se predicen incrementos desde 0 hasta más de 100 mm de la lluvia máxima asociada un periodo de retorno de 100 años; 82% de estas estaciones pertenece a las regiones 1, 2, 5, 7 y 10. Solamente en 37 estaciones se estimó que en el año 2044, la intensidad de la lluvia asociada a un periodo de retorno de 100 años disminuirá entre 0 y 53 mm, en comparación con los eventos de diseño del escenario de 2014 para el mismo periodo de retorno; de estas estaciones 65% se ubican en las regiones 2, 5, y 6 (Cuadro 3.11).

Cuadro 3.11. Número de estaciones según los rangos del porcentaje de incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, con respecto a la lluvia anual máxima en 24 horas (1950-2013), para un periodo de retorno de 100 años.

Incremento (decremento) mm	Región												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
-53 a -25	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0	5
-25 a -0	3	7	1	2	8	9	1	0	0	1	0	0	32
0	202	71	12	37	18	36	57	20	33	38	17	26	567
0-25	57	5	2	3	14	0	11	0	0	4	0	5	101
25-50	8	9	1	1	2	0	1	2	0	1	0	3	28
50-75	0	5	1	2	1	0	1	1	2	2	1	0	16
75-100	0	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7
>100	0	3	0	0	0	0	1	0	4	4	0	1	13
Total	270	106	18	45	43	45	72	23	41	51	20	35	769

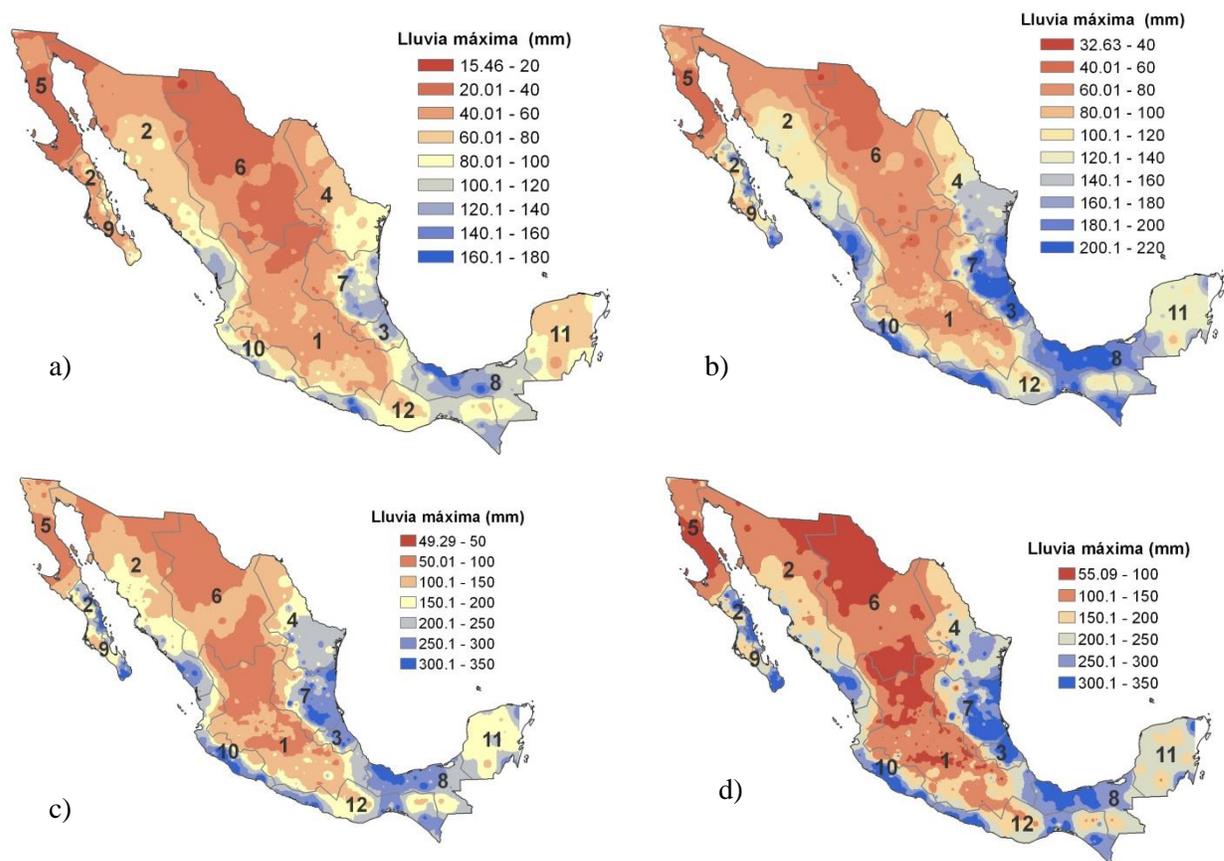


Figura 3.27. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas de la República Mexicana, estimados para el escenario 2044 y diferentes periodos de retorno (TR), a) TR=2 años, b) TR=10 años, c) TR=50 años y d) TR=100 años.

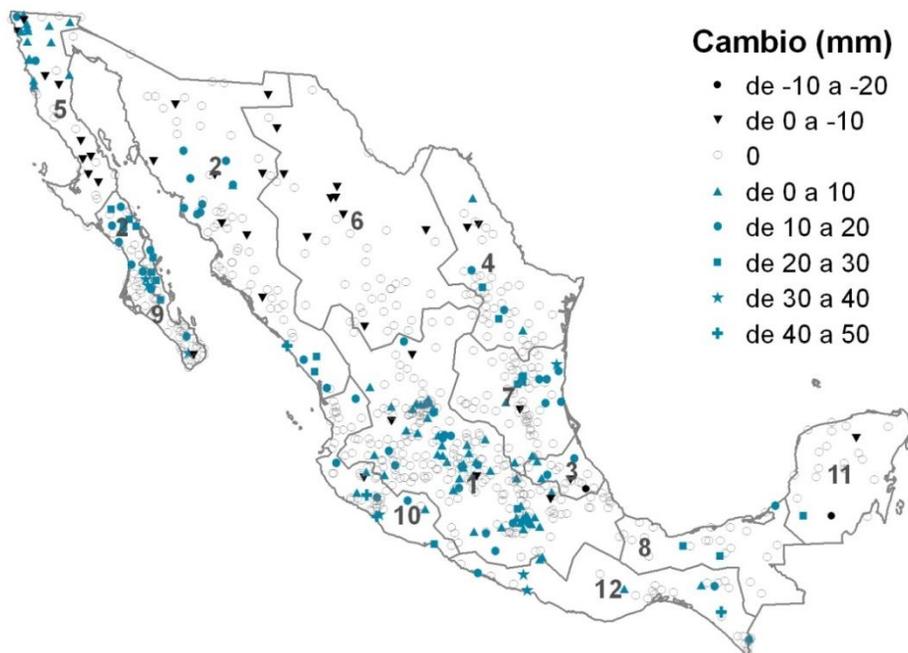


Figura 3.28. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 2 años.

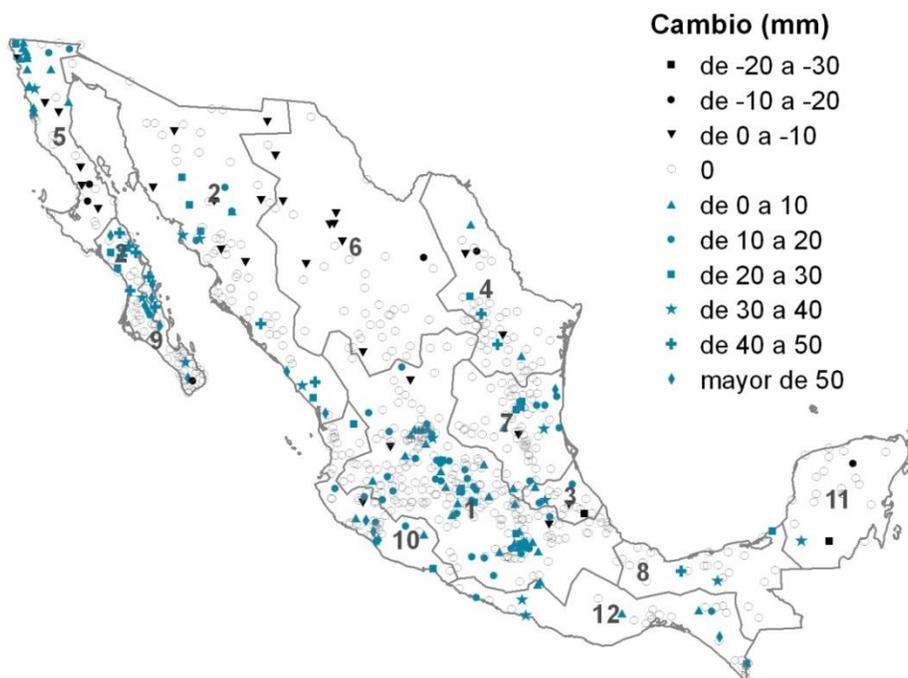


Figura 3.29. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 10 años.

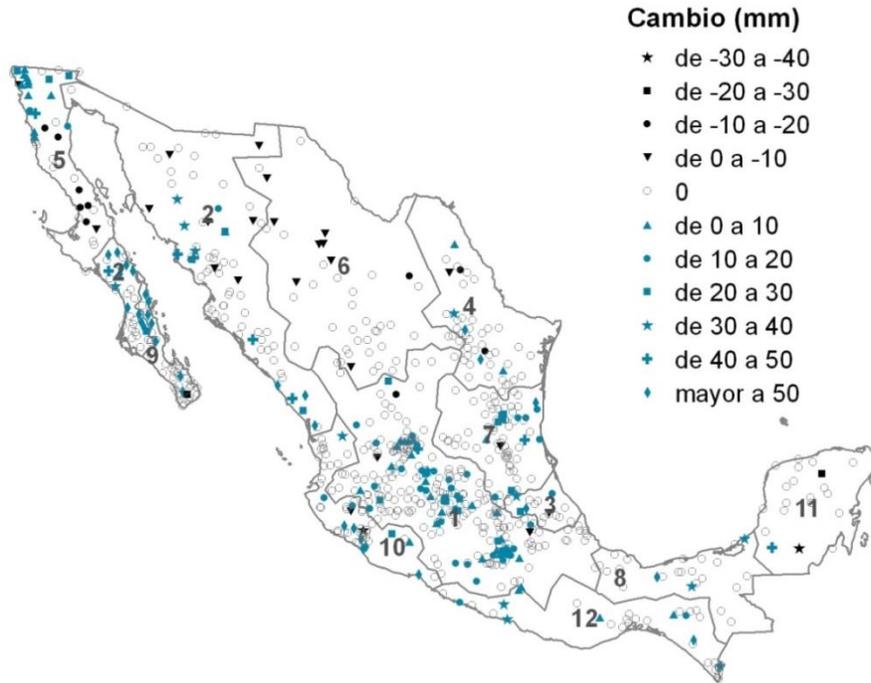


Figura 3.30. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 50 años.

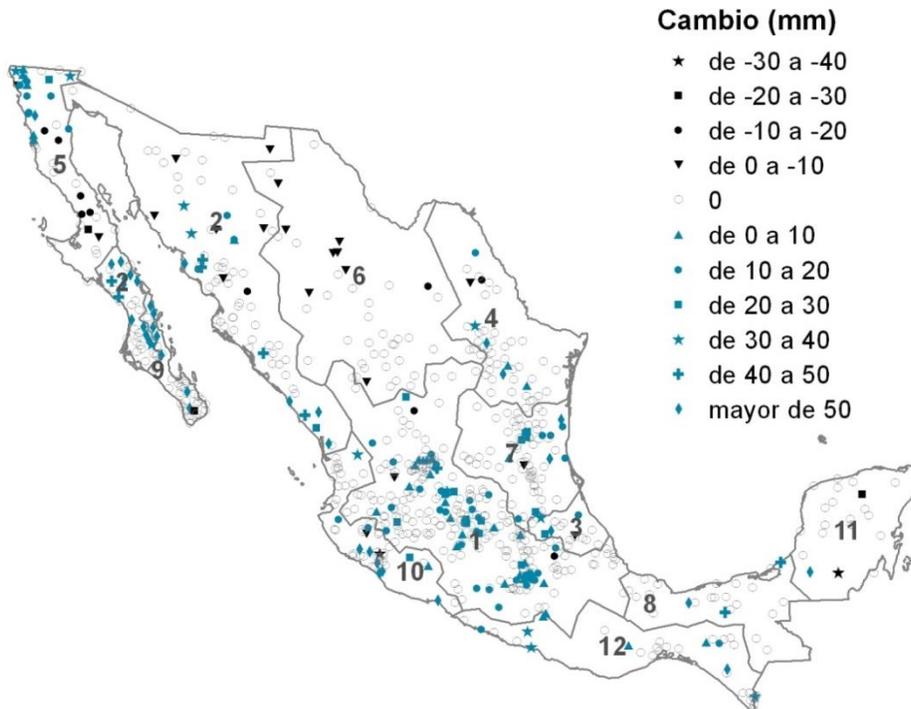


Figura 3.31. Incremento (decremento) de la lluvia entre el escenario de 2014 y 2044, para un periodo de retorno de 100 años.

Los modelos tipo M_2 o M_3 , seleccionados para la estimación de eventos de diseño, fueron menos en comparación de los correspondientes a la lluvia acumulada. Estos modelos, que incluyeron al índice PDO, pertenecen casi en su mayoría a series localizadas en Baja California Norte (Figura 3.32); en esta zona, la correlación con el índice PDO es alta, por lo tanto, los resultados son consistentes con el comportamiento de estas variables.

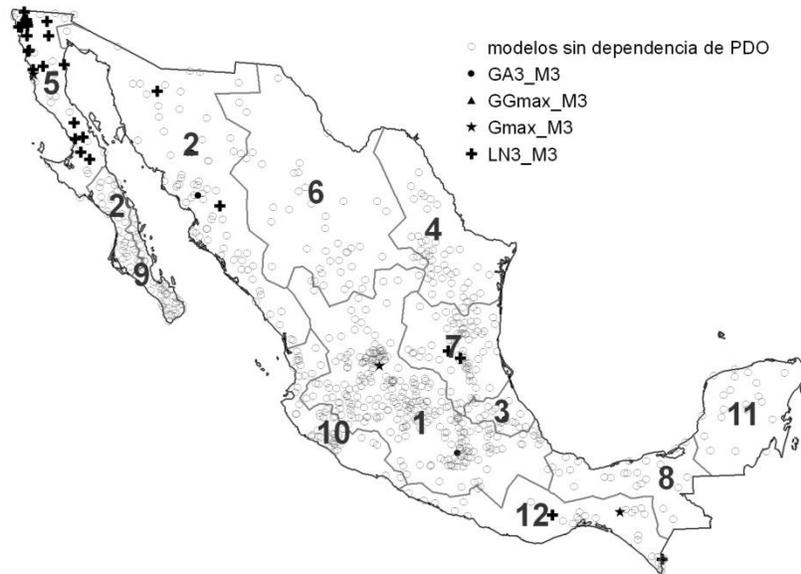


Figura 3.32. Estaciones con modelos dependientes del índice PDO, seleccionados para la estimación de eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas.

3.6 Aplicaciones del análisis de frecuencias no estacionario

3.6.1 Análisis de la lluvia acumulada

La lluvia media anual de la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa), calculada para el periodo 1950-2013, fue de 552 mm. Los eventos obtenidos para los periodos de retorno de 2 y 10 años, para los escenarios de 2024 y 2044 se encuentran en el Cuadro 3.12.

Cuadro 3.12. Eventos estimados de la lluvia acumulada (mm) de la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).

Probabilidad de no excedencia	Periodo de retorno (años)	Escenario	
		2024	2044
0.5	2	430.9	379.1
0.1	10	231.7	180.0

Asumiendo que los eventos anteriores ocurren en una cuenca hipotética de 1000 km², con suelo tipo B y bosque con cobertura entre 50 y 75%, se seleccionó un valor del coeficiente K de 0.22. Con base en este último valor se estimó que, para la lluvia media el coeficiente de escurrimiento, C_e , es de 0.08, con el cual escurrirían 44.10 Mm³, este valor es casi el doble del valor mediano (probabilidad de ocurrencia del 50%) esperado para el año 2044, estimado en 23.08 Mm³ (Cuadro 3.13).

Cuadro 3.13. Coeficientes y volúmenes de escurrimiento correspondientes a la estación 25082 (“San Blas”, El Fuerte, Sinaloa).

Probabilidad de no excedencia	Periodo de retorno (años)	Escenario			
		2024		2044	
		C_e	V_e (Mm ³)	C_e	V_e (Mm ³)
0.5	2	0.07	28.68	0.06	23.08
0.1	10	0.04	10.35	0.04	7.01

C_e es el coeficiente de escurrimiento

V_e es el volumen de escurrimiento

Lo anterior indica que considerar solo valores promedio, implica un mayor riesgo de falla en las estrategias de asignación de agua a los usuarios del agua superficial, principalmente en aquellas donde se espera una disminución de la precipitación en el futuro y en donde exista una alta presión sobre los recursos hídricos. Por otro lado, si se utilizan los datos de un escenario futuro para estimar la disponibilidad de agua, se podrán crear mejores estrategias para afrontar periodos extremos de sequías prolongadas.

3.6.2 Análisis de la lluvia máxima en 24 horas

Las pruebas de estacionareidad arrojaron que la serie de lluvia máxima en 24 horas de la estación 26032 (“El Oregano”) es no estacionaria. Al ajustar los modelos descritos en el Cuadro 2.4, los estadísticos de bondad de ajuste indicaron que el modelo no estacionario M_1 correspondiente a la función Log Normal de tres parámetros ($LN3$), es el que representa mejor la variabilidad de los datos.

Con la función $LN3$, el valor del estadístico AIC del modelo M_0 es de 579.7 y para el modelo M_1 es de 575.1; además el estadístico D del modelo M_1 con respecto al M_0 es de 6.59. Lo anterior indica que el modelo M_1 es más adecuado y explica más la variación de los datos que el modelo M_0 .

El diagnóstico de los modelos estacionario y no estacionario correspondiente a la función $LN3$, se encuentra en la Figura 3.33, donde se observa que el modelo no estacionario se ajusta más a los datos, que el convencional.

La representación gráfica de los eventos de diseño estimados para el caso estacionario y el no estacionario se muestran en la Figura 3.34, las líneas continuas corresponden a los resultados de escenarios futuros, obtenidas bajo el enfoque no estacionario.

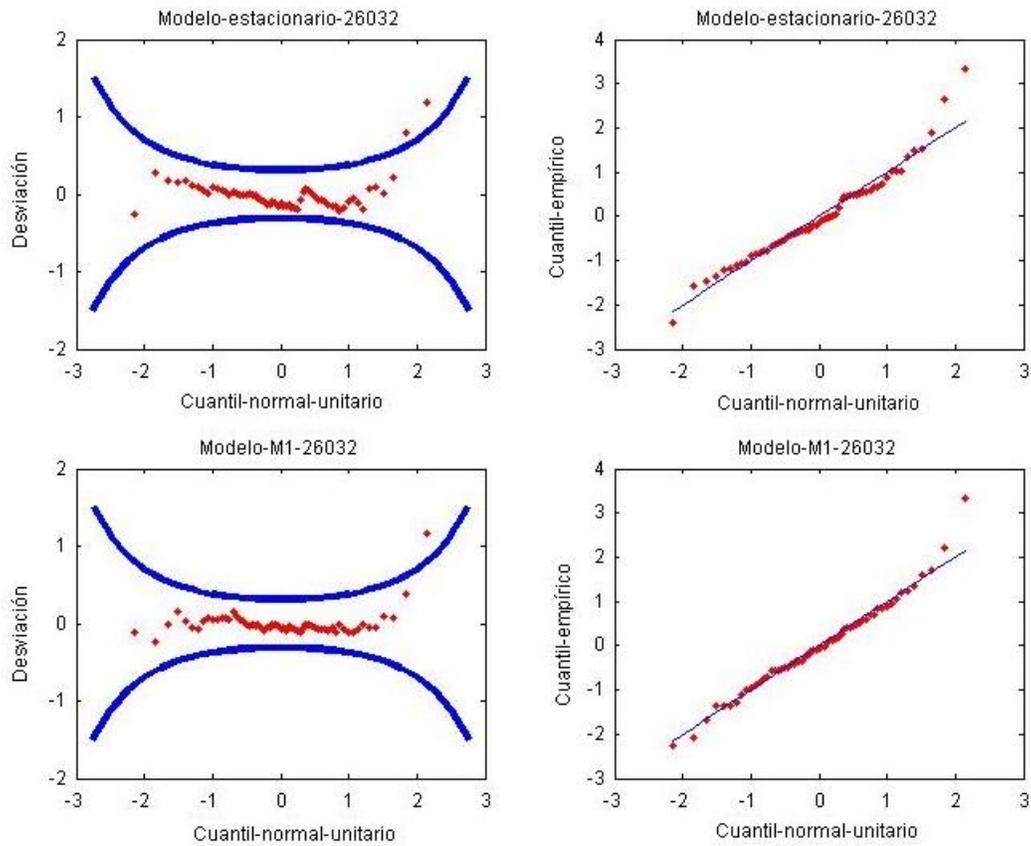


Figura 3.33. Diagnóstico de los modelos estacionario (M0) y no estacionario (M1) correspondientes a la función Log Normal de 3 parámetros, ajustados a la serie de lluvia anual máxima en 24 horas de la estación 26032, “El Oregano”, Hermosillo, Sonora.

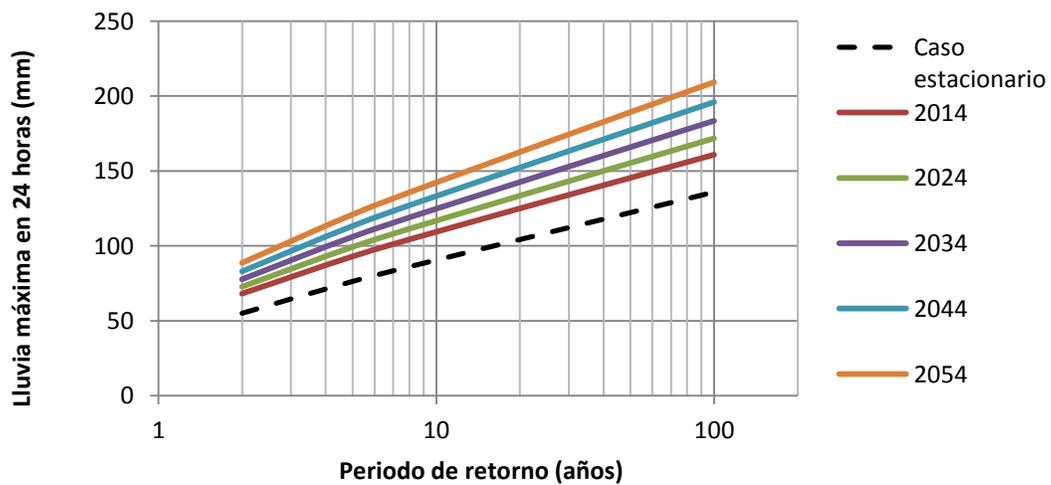


Figura 3.34. Eventos de diseño de la lluvia anual en 24 horas de la estación 26032, “El Oregano”, Hermosillo Sonora.

Bajo el enfoque estacionario, los valores calculados de la lluvia con duración de 1 hora, así como los correspondientes a diferentes duraciones y periodos de retorno se encuentran en los Cuadros 3.14 y 3.15. Por otro lado, los resultados obtenidos con el enfoque no estacionario (escenario 2044) se muestran en los Cuadros 3.16 y 3.17

Cuadro 3.14. Valores de la precipitación con duración de 24 y 1 horas obtenidos con un factor R de la lluvia de 0.48, para el caso estacionario.

T	2	5	10	50	100
P_{24}^T	55.07	76.36	90.59	122.27	135.93
P_1^T	26.43	36.65	43.48	58.69	65.25

Cuadro 3.15. Valores de la precipitación asociada a diferentes periodos de retorno y duraciones, para el caso estacionario.

Duración (min)	Duración (h)	P_d^T/P_1^T (Según Bell)	Precipitación (mm)				
			2	5	10	50	100
5	0.08	0.31	8.13	11.27	13.37	18.05	20.06
10	0.17	0.46	12.17	16.87	20.01	27.01	30.03
15	0.25	0.56	14.87	20.63	24.47	33.03	36.72
30	0.50	0.76	20.19	27.99	33.21	44.83	49.83
60	1.00	1.00	26.51	36.76	43.61	58.86	65.44
120	2.00	1.29	34.03	47.18	55.97	75.55	83.99

Cuadro 3.16. Valores de la precipitación con duración de 24 y 1 horas obtenidos con un factor R de la lluvia de 0.48, para el escenario 2044 del caso no estacionario.

T	2	5	10	50	100
P_{24}^T	83.08	113.33	133.3	177.24	195.99
P_1^T	39.88	54.40	63.98	85.08	94.08

Cuadro 3.17. Valores de la precipitación asociada a diferentes periodos de retorno y duraciones, para el escenario 2044 del caso no estacionario.

Duración (min)	Duración (h)	P_d^T/P_1^T (Según Bell)	Precipitación (mm)				
			2	5	10	50	100
5	0.08	0.31	12.26	16.73	19.67	26.16	28.93
10	0.17	0.46	18.35	25.04	29.45	39.16	43.30
15	0.25	0.56	22.44	30.61	36.00	47.87	52.94
30	0.50	0.76	30.46	41.55	48.87	64.98	71.85
60	1.00	1.00	39.99	54.56	64.17	85.32	94.35
120	2.00	1.29	51.33	70.03	82.36	109.51	121.10

En las Figuras 3.35 a 3.39, se pueden comparar las curvas $i-d-Tr$ de los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años, respectivamente. Para las cinco figuras, la curva del caso estacionario es significativamente menor a las curvas de los escenarios futuros. Por tal razón, el escurrimiento estimado con cualquiera de las curvas de los escenarios, será mayor al calculado con la curva del caso estacionario. Por ejemplo para una duración de una hora y periodo de retorno de 10 años, se obtienen intensidades de 43.61 mm/h para el caso estacionario y de 64.17 mm/h para el caso no estacionario del escenario 2044. Para estas intensidades, con un coeficiente de escurrimiento de 0.25 y un área de 2 km², se obtuvieron los gastos máximos de 6.06 m³/s para el enfoque estacionario y 8.92 m³/s para el no estacionario.

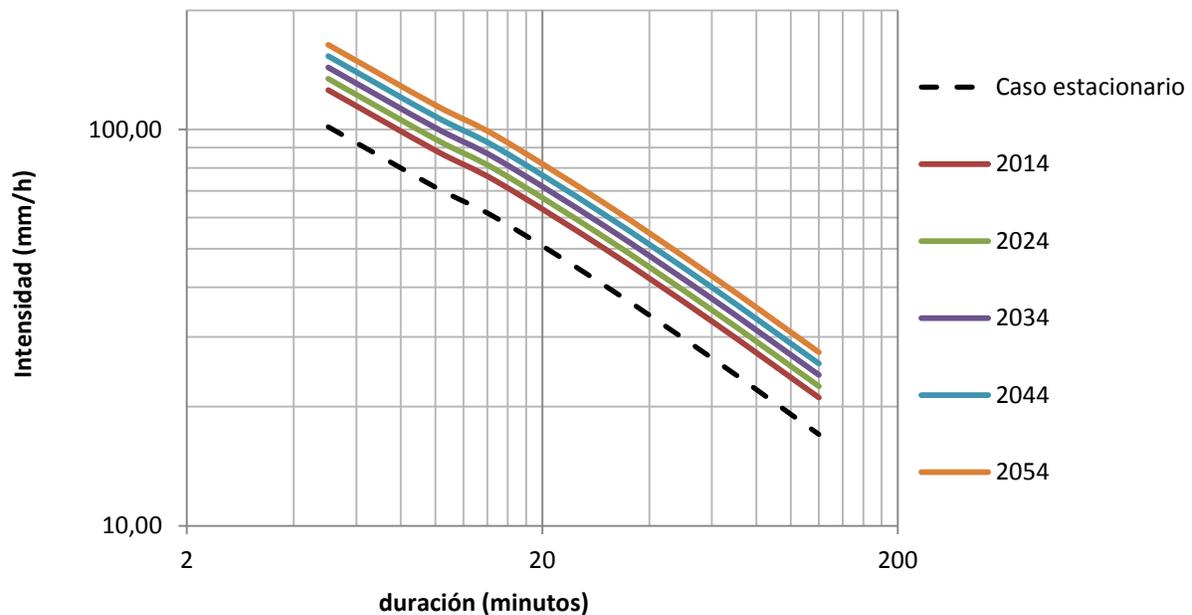


Figura 3.35. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 2 años.

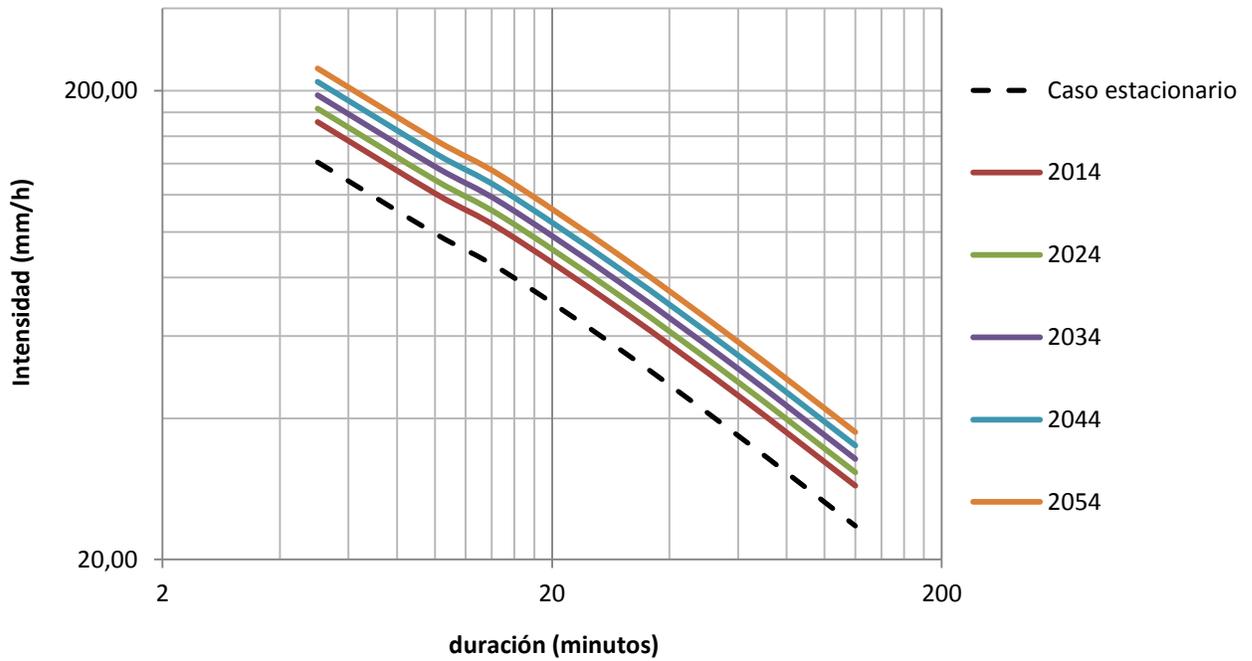


Figura 3.36. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 5 años.

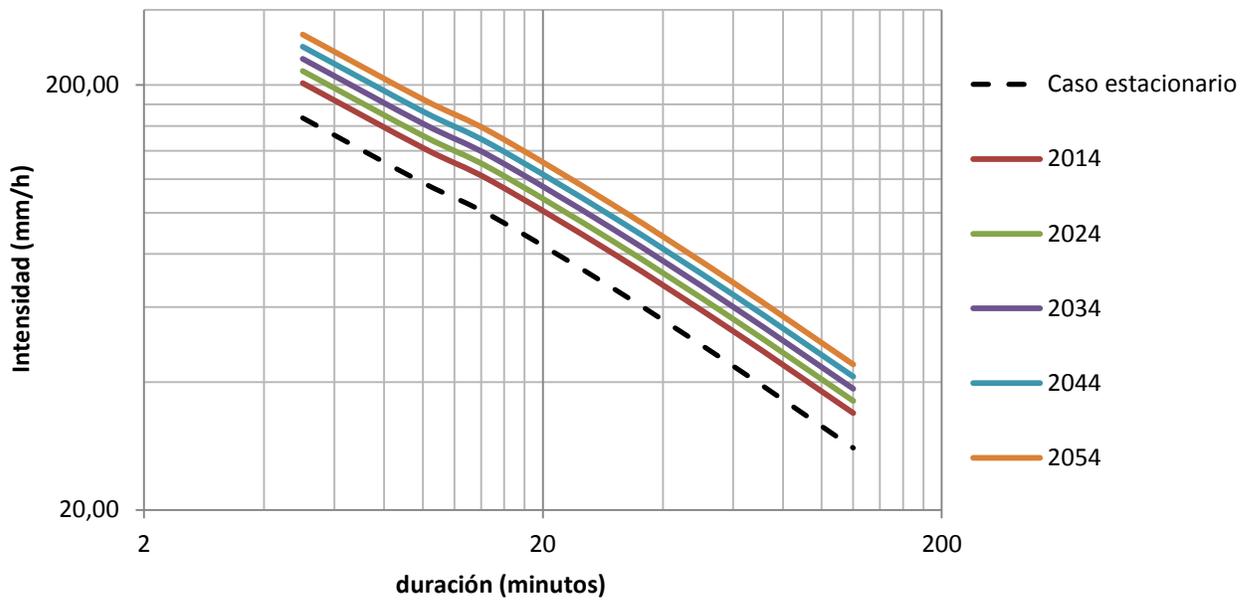


Figura 3.37. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 10 años.

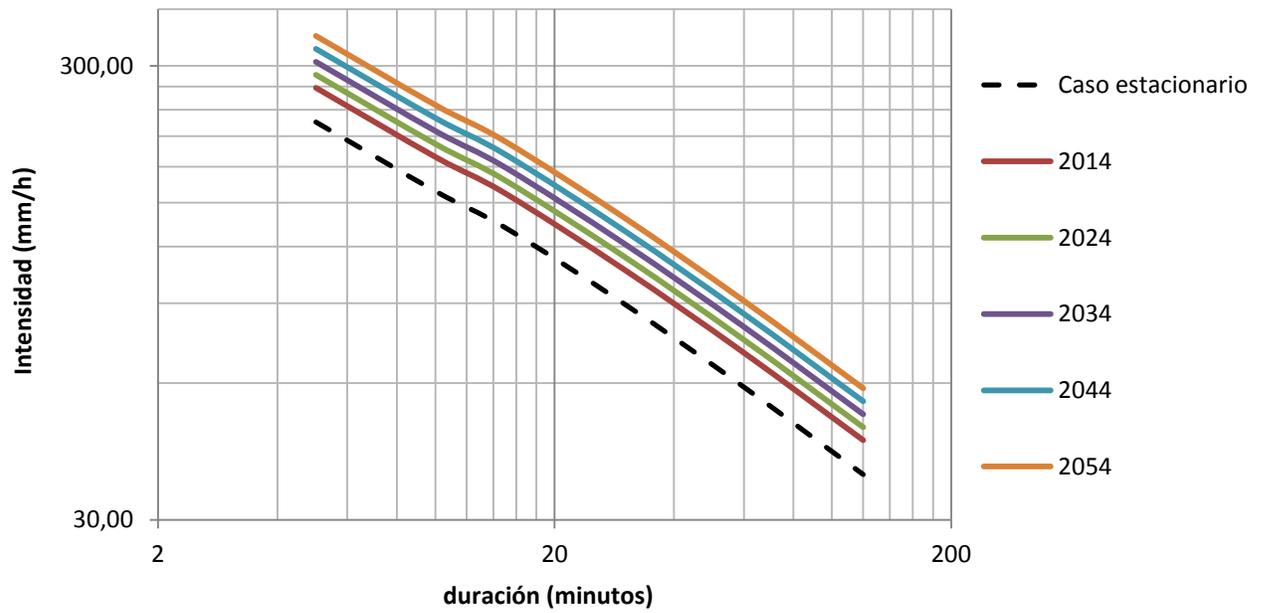


Figura 3.38. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 50 años.

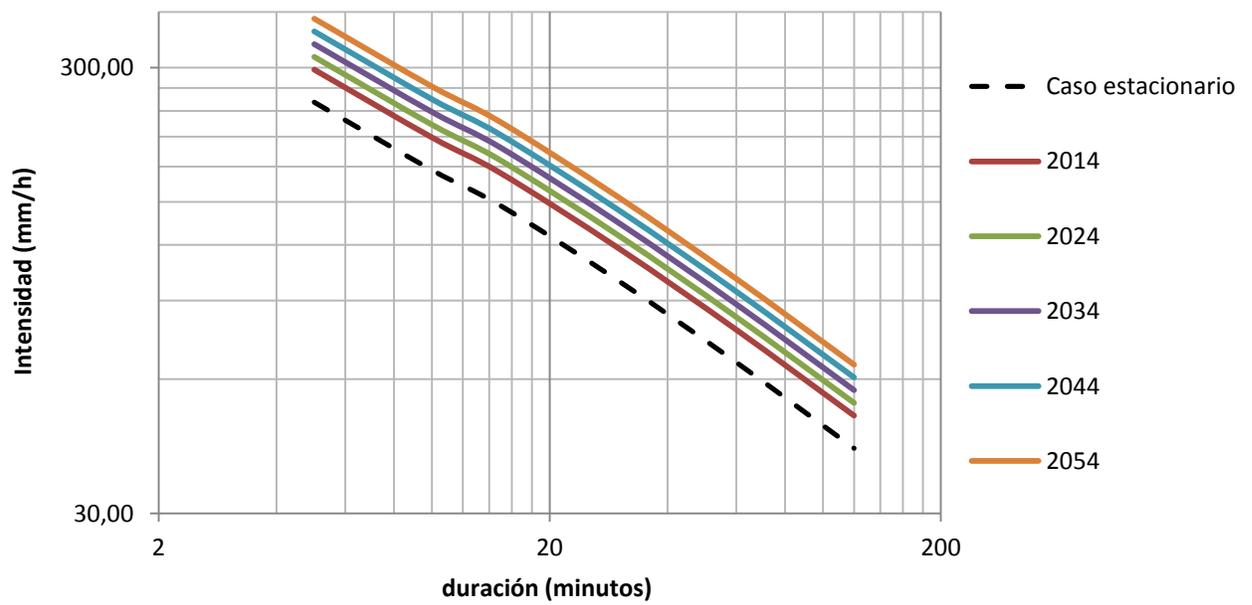


Figura 3.39. Curvas intensidad-duración asociadas a un periodo de retorno de 100 años.

Las dimensiones de un emisor de sección trapezoidal de una obra de drenaje pluvial, diseñado a partir de los gastos máximos estimados para diferentes periodos de retorno, se muestran en el Cuadro 3.18. Se asumió una vida útil de la obra de 30 años, por lo tanto, bajo condiciones no estacionarias, los gastos de diseños corresponden a los del escenario 2044.

Debido a que las pruebas de estadísticas aplicadas a la serie de lluvia máxima de la estación 26032, mostraron una tendencia creciente significativa, está claro que la predicción de un incremento en la lluvia para el escenario 2044 es consistente con el comportamiento de la serie, por lo tanto el gasto máximo estimado de $6.06 \text{ m}^3/\text{s}$ está subestimado. Si se diseña alguna obra hidráulica, tal como un sistema drenaje pluvial, a partir de este último valor el riesgo de falla del mismo es mayor.

Ante este panorama, en el municipio de Hermosillo una obra de drenaje pluvial proyectada con una vida útil de 30 años y un periodo de retorno de 10 años, será más adecuado diseñarla a partir de un gasto de $8.92 \text{ m}^3/\text{s}$; de esta forma se podrá reducir el riesgo de falla de la obra por la presencia de un evento que sobrepase al de diseño.

Cuadro 3.18. Dimensiones de un emisor de sección trapezoidal para diferentes gastos de diseño.

Periodo de retorno (años)	Caso estacionario					Caso no estacionario, escenario 2044				
	2	5	10	50	100	2	5	10	50	100
Gasto máximo (m ³ /s)	3.68	5.11	6.06	8.18	9.10	5.56	7.58	8.92	11.86	13.11
Talud, k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pendiente	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Número de Manning	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
Tirante, y (m)	1.11	1.25	1.34	1.49	1.56	1.29	1.45	1.54	1.72	1.78
Ancho de plantilla, b (m)	0.92	1.04	1.11	1.24	1.29	1.07	1.20	1.28	1.42	1.48
Tirante, T (m)	3.13	3.54	3.78	4.23	4.40	3.66	4.11	4.37	4.86	5.05
Libre bordo, Lb (m)	0.58	0.61	0.63	0.67	0.69	0.62	0.66	0.69	0.73	0.75

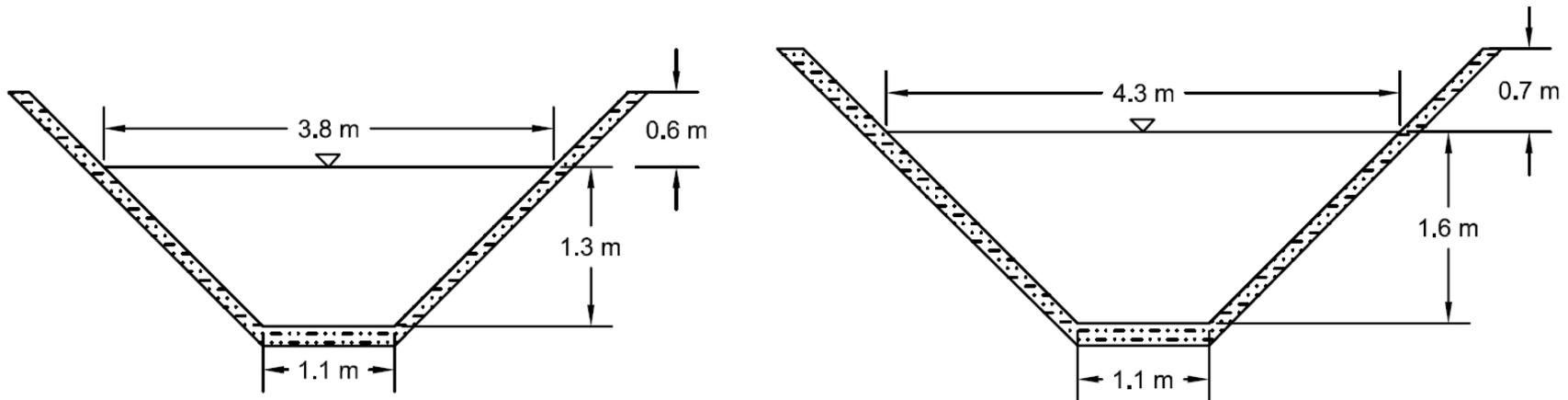


Figura 3.40. Dimensiones de un emisor de sección trapezoidal diseñado para gastos de $6.06 \text{ m}^3/\text{s}$ y $8.92 \text{ m}^3/\text{s}$ para el caso estacionario (izquierda) y no estacionario (derecha) respectivamente, asociado a un periodo de retorno de 10 años.

4 CONCLUSIONES

Durante el invierno, es mayor la influencia del ENSO sobre la lluvia del país, por lo que se atribuye a este fenómeno la falta de estacionariedad de las series, aunque el PDO también tiene una importante incidencia en el comportamiento de la lluvia de invierno; en menor medida el AMO tiene también influencia es estaciones de la Costa del Golfo. En Primavera, los cambios de las series del Centro del País están relacionados con el cambio de fase del PDO ocurrido en la década de 1970. En verano y otoño, algunas estaciones no estacionarias están asociadas con índices climáticos; sin embargo, los cambios identificados en Baja California Sur, se asocian a un incremento en la precipitación pico derivada de ciclones tropicales. El aumento de las aportaciones de la lluvia durante el otoño, en Baja California Sur, ha provocado a su vez el aumento de la lluvia a nivel anual. Para la mayoría de las series del resto del país los puntos de cambio y tendencias, han sido causados por la modificación de las características estadísticas de las series de verano. En el Noroeste dentro del territorio de Sinaloa y Sonora, se aprecia a un grupo de estaciones cuyas series presentan disminución en la magnitud de la lluvia, cuyo comportamiento está asociado con la disminución de la lluvia de verano.

Los diferentes modelos no estacionarios propuestos para los parámetros de las funciones de distribución, aplicadas a las series de lluvia anual acumulada no estacionarias, en 74% de los casos analizados explican mejor la variabilidad de los datos; mientras que, para las de lluvia máxima no estacionarias los modelos no estacionarios seleccionados corresponden a 78% de los casos.

Estos modelos permitieron incluir en la estimación de los eventos de diseño las condiciones más adversas del índice PDO, que han influido en los periodos con déficit de lluvia más severos, los cuales se han presentado entre 1950 y 1965. Es posible que en las próximas décadas se presente nuevamente un periodo persistente de sequías, ya que existe evidencia de asociación entre episodios prolongados de valores PDO negativos y condiciones de sequías severas y prolongadas, y aparentemente a partir de 1998, se tiende nuevamente hacia una fase negativa del PDO. Además con incorporación del tiempo como un índice en el análisis de frecuencias, se obtuvieron eventos de diseño asociados a diferentes periodos de retorno y escenarios futuros, con los cuales para la Península de California y el Noroeste del país, se predice una disminución de la lluvia desde 0 hasta 20% de la lluvia media anual en 55 estaciones, para el año 2044. En esta zona se tienen los valores de lluvia media anual más bajos del país, por lo cual, estos resultados sugieren que será más susceptible a sequías en el futuro.

Los resultados del análisis de frecuencias realizado a la serie de lluvia acumulada anual de la estación 25082 de Sinaloa, indican que considerar solo valores promedio para la estimación de la disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca, implica un mayor riesgo de falla en las estrategias de asignación de agua a los usuarios del agua superficial. Si se utilizan los eventos asociados a un determinado periodo de retorno y escenario futuro, para estimar la disponibilidad de agua, se podrán crear mejores estrategias para afrontar periodos extremos de sequías prolongadas.

Los eventos más intensos de la lluvia máxima en 24 horas, se presentan en las costas del Pacífico y el Golfo, en las regiones 3, 7, 8, 10 y 12. Además en 165 estaciones se predicen incrementos desde 0 hasta más de 100 mm de la lluvia máxima asociada un periodo de retorno de 100 años; 82% de estas estaciones pertenece a las regiones 1, 2, 5, 7 y 10. Dado de para las regiones 7 y 10 se tienen intensidades altas de la lluvia (más de 250 mm asociados a un periodo de retorno de 100 años para el escenario 2044), así como incrementos de más de 10 mm, se consideran a estas zonas como las más susceptibles de inundaciones y catástrofes naturales relacionadas con la presencia de eventos de lluvia máximas extraordinarias.

El análisis de frecuencias realizado a la serie no estacionaria de lluvias máximas de la estación 26032 del estado de Sonora, pone en evidencia que bajo el enfoque clásico estacionario, se obtienen resultados subestimados que al ser utilizados como base en la estimación de los gasto de diseño de alguna obra hidráulica, el riesgo de falta de la misma será mayor.

REFERENCIAS

- Akaike, H. (1974). A new look at statistical-model identification. *Automatic Control, IEEE Transactions on*, 19(6), 716-723.
- Bell, F. C. (1969). Generalized rainfall-duration-frequency relationships. *Journal of the Hydraulics Division*, 95, 311-327.
- Buuren, S. V., y Fredriks, M. (2001). Worm plot: a simple diagnostic device for modelling growth reference curves. *Statistics in medicine*, 20(8), 1259-1277.
- Campos, A.D.F. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico*. México: Universidad de San Luis Potosí.
- Carmona, D.A.M. (2010). *Identificación de modos principales de variabilidad hidroclimática en Colombia y la Cuenca Amazónica mediante la transformada de Hilbert-Huang*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
- Cavazos, T., Turrent, C., y Lettenmaier, D. P. (2008). Extreme precipitation trends associated with tropical cyclones in the core of the North American monsoon. *Geophysical research letters*, 35(21).
- Change, M. N. E. (2011). Evidence of Multidecadal Climate Variability in the Gulf of Mexico.
- Coles, G.S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. New York: Springer.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2000). *Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del Recurso Agua –Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales* [en línea]. Recuperado el 7 de marzo de 2014 de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NOM-011-CNA-2000.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2012). *Estadísticas del Agua en México*. México: CONAGUA.
- Cook, E. R., C. A. Woodhouse, M. Eakin, D. M. Meko, y D. W. Stahle (2004). Long-term aridity changes in the western United States. *Science*, 306, 1015–1018.
- Dahmen, E. R., y Hall, M. J. (1990). *Screening of hydrological data: tests for stationarity and relative consistency* (No. 49, pp. 11-58). International Institute for Land Reclamation and Improvement.

-
-
- El Adlouni, S., Ouarda, T. B. M. J., Zhang, X., Roy, R., y Bobée, B. (2007). Generalized maximum likelihood estimators for the nonstationary generalized extreme value model. *Water Resources Research*, 43(3).
 - Enfield, D. B., Mestas-Nuñez, A. M., y Trimble, P. J. (2001). The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental US. *Geophysical Research Letters*, 28(10), 2077-2080.
 - Escalante, S. C. A. y Reyes, C. L. (2002). *Técnicas estadísticas en hidrología*. México: UNAM, Facultad de Ingeniería.
 - Escalante-Sandoval, C. y Reyes-Chávez, L. (2010). *Aplicación de algunas distribuciones mezcladas en el análisis de gastos máximos anuales*. XXI Congreso Nacional de Hidráulica Guadalajara, Jalisco, México, Octubre 2010.
 - Gleick, P.H. (1989). Climate change, hydrology and water resources. *Reviews of Geophysics*, 27 (3), 329-344.
 - González, J. M., Cháidez, J. D. J. N., Rodríguez, H. G., y Garza, E. J. T. (2007). Teleconexiones del fenómeno ENSO a la precipitación mensual en México. *Ciencia UANL*, (3), 290-298.
 - Grubbs, F.E. y Beck, G. (1972). Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations. *Technometrics*, 14(4), 847-854.
 - Held, I. M., y B.J. Soden. (2006). Robust responses of the hydrological cycle to global warming. *Journal of climate*, 19, 5686-5699.
 - Hirsch, R.M. (2011). A perspective on nonstationarity and water management. *Journal of the American Water Resources Association*, 47(3), 436-446.
 - Huang, N. E., Shen, Z., Long, S. R., Wu, M. C., Shih, H. H., Zheng, Q, Tung, C.C. y Liu, H. H. (1998). The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 454(1971), 903-995.
 - INEGI (2011). *Puntos de localidades rurales y polígonos de localidades urbanas* [datos vectoriales]. Recuperado el 1 de enero de 2012 de: <http://mapserver.inegi.org.mx/data/mgm/>.
 - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press..
-
-

-
-
- Jáuregui, E. (2000). *El Clima de la Ciudad de México* (vol. 1). México: UNAM, Instituto de Geografía y Plaza y Valdés.
 - Katz, R. W., Parlange M. B. y Naveau P. (2002). Statistics of extremes in hydrology. *Advances in Water Resources*, 25, 1287-1304.
 - Kendall, M.G. (1975). *Rank correlation methods* (4a ed). Londres: Charles Griffin.
 - Khaliq, M.N., Ouarda, T,B,M.J., Ondo, J.C., Gachon, P. y Bobée, B. (2006). Frequency analysis of a sequence of dependent and/or non-stationary hydro-meteorological observations: A review. *Journal of Hydrology*, 329, 534-552.
 - Krzyszfowicz, R. (1997). Transformation and normalization of variates with specified distributions. *Journal of Hydrology*, 197,286-292.
 - MacDonald, G. M., y Case, R. A. (2005). Variations in the Pacific Decadal Oscillation over the past millennium. *Geophysical Research Letters*, 32(8).
 - Magaña, V. O., Vázquez, J. L., Pérez, J. L., y Pérez, J. B. (2003). Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *Geofísica Internacional-México*-,42(3), 313-330.
 - Magaña, V., J. A. Amador y Medina, S. (1999). The mid-summer drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*, 12(6), 1577-1588.
 - Magaña-Rueda, V., Gay-García, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*, 65, 7-23.
 - Mantua, N. J., Hare, S. R., Zhang, Y., Wallace, J. M., y Francis, R. C. (1997). A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(6), 1069-1079.
 - Mantua, N. J., y Hare, S. R. (2002). The Pacific decadal oscillation. *Journal of Oceanography*, 58(1), 35-44.
 - McCabe, G. J., & Wolock, D. M. (2002). A step increase in streamflow in the conterminous United States. *Geophysical Research Letters*, 29(24), 38-1.
 - Méndez, G. J., Cháidez, J. N., y Ontiveros, V. G. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín*, (65), 38-55.
 - Méndez, G. J., Návar, C. J. J., González, R. H. y Treviño, G. E. (2007). Teleconexiones del fenómeno ENSO a la precipitación mensual en México. *UANL*, X (3), 290-298.
 - Méndez, M. y Magaña, V. (2009). Regional Aspects of Prolonged Meteorological Droughts over Mexico and Central America. *Journal of Climate*, 23(5), 1175-1188.
-
-

-
-
- Mestre, O. y Hallegatte, S. (2009). Predictors of tropical cyclone numbers and extreme hurricane intensities over the North Atlantic using generalized additive and linear models. *Journal of climate*, 22, 633-648.
 - Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M. Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P. y Stouffer, R.J. (2008). Stationarity is dead: Whiter water management? *Science*, 319, 573-574.
 - Mood, A., Graybill, F. y Boes, D. (1974). *Introduction to the theory of statistics* (3a ed). USA: McGraw-Hill.
 - National Climatic Data Center (NCDC). *Teleconnections* [en línea]. Recuperado en 1 de noviembre de 2013 de: <http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/>
 - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). *Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series* [en línea]. Recuperado el 1 de noviembre de 2014 de: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/index.html>.
 - Ouarda T.B.M.J. y S. El-Adlouni. (2011). Bayesian Nonstationary Frequency Analysis of hydrological variables. *Journal of the American water Resources Association*, 47(3), 496-505.
 - Peralta-Hernández, A.R., Balling, R.C., Barba-Martínez, L.R. (2009). Comparative analysis of indices of extreme rainfall events: Variations and Tendencias from southern México. *Atmósfera*, 22(2), 219-228.
 - Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28 (2), 126-135.
 - Qian, C., Wu, Z., Fu, C., y Zhou, T. (2010). On multi-timescale variability of temperature in China in modulated annual cycle reference frame. *Advances in Atmospheric Sciences*, 27, 1169-1182.
 - Richman, M.B. (1986). Review article: rotation of principal components. *Journal of Climatology*, 6: 293-335.
 - Salas, J.D. Delleur, J.W., Yevjevich, V.M. y Lane, W.L. (1980). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series*. Littleton, Colorado: Water Resources Publications.
 - Sánchez-Santillán, N., Signoret-Poillon, M., y Garduño-López, R. (2006). La Oscilación del Atlántico Norte: un fenómeno que incide en la variabilidad climática de México. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 7(2), 85-95.
 - Shepard, D. (1968). *A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data*. ACM '68 Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference. New York, NY, USA.
-
-

-
-
- Sotelo, A. G. (2002). *Hidráulica de canales*. México: UNAM, Facultad de Ingeniería.
 - Towler, E., Rajagopalan, B., Gilleland, E., Summers, R. S., Yates, D. y Katz R.W. (2010). *Modeling hydrologic and water quality extremes in a changing climate: A statistical approach based on extreme value theory*. *Water Resources Research*, 46(11).
 - Villarini G. y Smith J.A. (2010a). Flood peak distributions for the Eastern United States. *Water Resources Research*, 46(6).
 - Villarini, G., Smith, J.A. y Napolitano, F. (2010b). Nonstationary modeling of a long record of rainfall and temperature over Rome. *Advances in Water Resources*, 33, 1256-1267.
 - Villarini, G., Smith, J.A., Francesco, S., Bales, J., Bates, P.D. y Krajewski, W.F. (2009). Flood frequency analysis for nonstationary annual peak records in an urban drainage basin. *Advances in Water Resources*, 32, 1255-1266.
 - Vogel, R.M., Yaindl C. y Walter M. (2011). Nonstationarity: flood magnification and recurrence reduction factors in the United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 47(3), 464-474.
 - Voss, R., W. May y Roeckner, E. (2002). Enhanced resolution modeling study on anthropogenic climate change: Changes in extremes of the hydrological cycle. *International Journal of Climatology*, 22, 755-777.
 - Vovoras, D. y Tsokos, C.P. (2009). Statistical analysis and modeling of precipitation data. *Nonlinear Analysis*, 71, e1169-e1177.
 - Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry y H.R. Chang. (2005). Changes in Tropical Cyclone Number, duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science*, 309, 1844-1846.
 - Wolter, K., y Timlin, M. S. (1993). *Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index*. In Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop (pp. 52-7).
 - Wu, Z., Huang, N. E., Long, S. R., y Peng, C. K. (2007). On the trend, detrending, and variability of nonlinear and nonstationary time series. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(38), 14889-14894.
 - Wu, Z., y Huang, N. E. (2009). Ensemble empirical mode decomposition: a noise-assisted data analysis method. *Advances in adaptive data analysis*, 1(01), 1-41.
 - Yevjevich, V. y Jeng, R.I. (1969). *Properties of non-homogeneous hydrologic time series*. *Hydrology papers*. Colorado, USA: Colorado State University.

Anexo A. Resultados de las pruebas de estacionariedad.

Cuadro A.1. Series de invierno no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionariedad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
1	2038	5	Si	1975	403	0.051	-	No	0.19	373	2.16	Creciente	0.031	Si	Tendencia
2	2046	5	Si	1996	459	0.017	Descendente	Si	-0.08	-155	-0.89	Decreciente	0.372	No	Punto de cambio
3	3016	2	Si	1995	485	0.010	Descendente	Si	-0.18	-371	-2.14	Decreciente	0.032	Si	Punto de cambio y tendencia
4	3027	2	Si	1995	471	0.013	Descendente	Si	-0.14	-273	-1.58	Decreciente	0.115	No	Punto de cambio
5	3029	2	Si	1995	426	0.033	Descendente	Si	-0.11	-219	-1.26	Decreciente	0.207	No	Punto de cambio
6	3031	9	Si	1995	450	0.021	Descendente	Si	-0.15	-295	-1.70	Decreciente	0.089	No	Punto de cambio
7	3035	9	Si	1995	488	0.009	Descendente	Si	-0.14	-276	-1.59	Decreciente	0.111	No	Punto de cambio
8	3039	2	Si	1995	415	0.041	Descendente	Si	-0.07	-142	-0.82	Decreciente	0.414	No	Punto de cambio
9	3041	2	Si	1995	420	0.038	Descendente	Si	-0.05	-99	-0.57	Decreciente	0.570	No	Punto de cambio
10	3042	9	Si	1995	418	0.039	Descendente	Si	-0.11	-223	-1.29	Decreciente	0.198	No	Punto de cambio
11	3060	9	Si	1993	457	0.018	Descendente	Si	-0.13	-252	-1.45	Decreciente	0.146	No	Punto de cambio
12	3075	9	Si	1995	537	0.003	Descendente	Si	-0.17	-346	-2.00	Decreciente	0.046	Si	Punto de cambio y tendencia
13	3099	9	Si	1995	464	0.016	Descendente	Si	-0.13	-266	-1.54	Decreciente	0.125	No	Punto de cambio
14	3103	2	Si	1995	394	0.060	-	No	-0.18	-372	-2.15	Decreciente	0.032	Si	Tendencia
15	3107	2	Si	1995	412	0.044	Descendente	Si	-0.13	-260	-1.50	Decreciente	0.133	No	Punto de cambio
16	3138	9	Si	1995	482	0.011	Descendente	Si	-0.17	-342	-1.98	Decreciente	0.048	Si	Punto de cambio y tendencia
17	4001	11	Si	1976	415	0.041	Ascendente	Si	0.22	448	2.59	Creciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
18	5003	6	Si	1974	412	0.044	Ascendente	Si	0.16	332	1.92	Creciente	0.055	No	Punto de cambio
19	7006	8	Si	1978	419	0.038	Ascendente	Si	0.18	358	2.07	Creciente	0.039	Si	Punto de cambio y tendencia
20	7018	12	Si	1987	414	0.042	Ascendente	Si	0.26	533	3.08	Creciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
21	7039	12	Si	1990	335	0.159	-	No	0.22	451	2.61	Creciente	0.009	Si	Tendencia
22	7055	8	Si	1957	448	0.022	Ascendente	Si	0.20	412	2.38	Creciente	0.017	Si	Punto de cambio y tendencia
23	7068	12	Si	1967	379	0.079	-	No	0.24	483	2.79	Creciente	0.005	Si	Tendencia
24	7077	12	Si	1968	442	0.024	Ascendente	Si	0.25	502	2.90	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
25	7145	12	Si	1977	394	0.060	-	No	0.18	356	2.06	Creciente	0.040	Si	Tendencia
26	7166	12	Si	1967	366	0.098	-	No	0.22	436	2.52	Creciente	0.012	Si	Tendencia
27	7200	12	Si	2001	451	0.020	Ascendente	Si	0.17	335	1.94	Creciente	0.053	No	Punto de cambio
28	8026	6	Si	1980	395	0.059	-	No	0.19	385	2.22	Creciente	0.026	Si	Tendencia
29	8061	6	Si	1993	442	0.024	Descendente	Si	-0.11	-229	-1.32	Decreciente	0.187	No	Punto de cambio
30	8167	2	Si	1995	460	0.017	Descendente	Si	-0.10	-204	-1.18	Decreciente	0.240	No	Punto de cambio
31	10082	2	Si	1993	454	0.019	Descendente	Si	-0.21	-424	-2.45	Decreciente	0.014	Si	Punto de cambio y tendencia
32	11017	1	Si	1976	314	0.217	-	No	0.19	375	2.17	Creciente	0.030	Si	Tendencia
33	11051	1	Si	1978	288	0.307	-	No	0.17	349	2.02	Creciente	0.044	Si	Tendencia
34	13034	3	Si	1989	470	0.014	Ascendente	Si	0.23	461	2.67	Creciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
35	13089	1	Si	1989	319	0.202	-	No	0.18	360	2.08	Creciente	0.038	Si	Tendencia
36	15010	1	Si	1973	395	0.059	-	No	0.22	439	2.54	Creciente	0.011	Si	Tendencia
37	15024	1	Si	1956	319	0.202	-	No	0.17	340	1.96	Creciente	0.050	Si	Tendencia
38	15193	1	Si	1976	317	0.208	-	No	0.19	378	2.18	Creciente	0.029	Si	Tendencia

Cuadro A.1. Series de invierno no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionariedad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
39	17007	1	Si	1983	341	0.145	-	No	-0.18	-372	-2.15	Decreciente	0.032	Si	Tendencia
40	19007	4	Si	1979	401	0.053	-	No	0.18	362	2.09	Creciente	0.036	Si	Tendencia
41	19016	4	Si	1975	368	0.095	-	No	0.22	439	2.54	Creciente	0.011	Si	Tendencia
42	19031	4	Si	1978	439	0.026	Ascendente	Si	0.17	340	1.96	Creciente	0.050	Si	Punto de cambio y tendencia
43	19035	4	Si	1979	491	0.009	Ascendente	Si	0.21	433	2.50	Creciente	0.012	Si	Punto de cambio y tendencia
44	19049	4	Si	1979	415	0.041	Ascendente	Si	0.24	476	2.75	Creciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
45	20082	12	Si	1988	393	0.062	-	No	0.21	430	2.49	Creciente	0.013	Si	Tendencia
46	20134	12	Si	1989	549	0.002	Ascendente	Si	0.31	633	3.66	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
47	21043	3	Si	1988	286	0.315	-	No	0.18	355	2.05	Creciente	0.040	Si	Tendencia
48	23011	11	Si	1958	343	0.141	-	No	0.19	383	2.21	Creciente	0.027	Si	Tendencia
49	24002	7	Si	1965	497	0.008	Ascendente	Si	0.13	272	1.57	Creciente	0.116	No	Punto de cambio
50	24003	7	Si	1964	573	0.001	Ascendente	Si	0.14	276	1.59	Creciente	0.111	No	Punto de cambio
51	24004	7	Si	1963	444	0.024	Ascendente	Si	0.19	386	2.23	Creciente	0.026	Si	Punto de cambio y tendencia
52	24005	7	Si	1964	423	0.035	Ascendente	Si	0.13	266	1.54	Creciente	0.125	No	Punto de cambio
53	24013	7	Si	1991	460	0.017	Ascendente	Si	0.25	501	2.90	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
54	24015	7	Si	1963	423	0.035	Ascendente	Si	0.18	369	2.13	Creciente	0.033	Si	Punto de cambio y tendencia
55	24016	7	Si	1963	458	0.018	Ascendente	Si	0.26	517	2.99	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
56	24026	7	Si	1964	453	0.020	Ascendente	Si	0.14	291	1.68	Creciente	0.093	No	Punto de cambio
57	24072	7	Si	1964	481	0.011	Ascendente	Si	0.13	260	1.50	Creciente	0.133	No	Punto de cambio
58	24084	7	Si	1964	527	0.004	Ascendente	Si	0.17	339	1.96	Creciente	0.050	No	Punto de cambio
59	24085	7	Si	1965	436	0.028	Ascendente	Si	0.13	266	1.54	Creciente	0.125	No	Punto de cambio
60	24091	7	Si	1965	488	0.009	Ascendente	Si	0.18	361	2.09	Creciente	0.037	Si	Punto de cambio y tendencia
61	24092	7	Si	1979	376	0.083	-	No	0.23	458	2.65	Creciente	0.008	Si	Tendencia
62	25001	2	Si	1992	416	0.040	Descendente	Si	-0.22	-441	-2.55	Decreciente	0.011	Si	Punto de cambio y tendencia
63	25015	2	Si	1992	434	0.029	Descendente	Si	-0.22	-453	-2.62	Decreciente	0.009	Si	Punto de cambio y tendencia
64	25021	2	Si	1993	427	0.033	Descendente	Si	-0.25	-511	-2.95	Decreciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
65	25045	2	Si	1992	485	0.010	Descendente	Si	-0.25	-509	-2.94	Decreciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
66	25049	2	Si	1992	485	0.010	Descendente	Si	-0.28	-572	-3.31	Decreciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
67	25071	2	Si	1993	435	0.028	Descendente	Si	-0.18	-357	-2.06	Decreciente	0.039	Si	Punto de cambio y tendencia
68	25078	2	Si	1970	427	0.033	Descendente	Si	-0.25	-510	-2.95	Decreciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
69	25081	2	Si	1992	442	0.024	Descendente	Si	-0.21	-417	-2.41	Decreciente	0.016	Si	Punto de cambio y tendencia
70	25087	2	Si	1992	462	0.016	Descendente	Si	-0.27	-539	-3.12	Decreciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
71	25119	2	Si	1993	465	0.015	Descendente	Si	-0.24	-480	-2.78	Decreciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
72	26016	2	Si	1995	408	0.047	Descendente	Si	-0.07	-147	-0.85	Decreciente	0.398	No	Punto de cambio
73	26083	2	Si	1995	418	0.039	Descendente	Si	-0.07	-136	-0.78	Decreciente	0.434	No	Punto de cambio
74	27004	8	Si	1976	386	0.070	-	No	0.20	409	2.36	Creciente	0.018	Si	Tendencia
75	27008	8	Si	1978	345	0.137	-	No	0.18	354	2.05	Creciente	0.041	Si	Tendencia
76	27030	8	Si	1989	432	0.030	Ascendente	Si	0.25	512	2.96	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
77	27039	8	Si	1978	319	0.202	-	No	0.17	351	2.03	Creciente	0.043	Si	Tendencia
78	27044	8	Si	1963	330	0.172	-	No	0.19	378	2.18	Creciente	0.029	Si	Tendencia
79	27054	8	Si	1972	343	0.141	-	No	0.17	346	2.00	Creciente	0.046	Si	Tendencia

Cuadro A.1. Series de invierno no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionariedad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
80	28020	4	Si	1979	410	0.045	Ascendente	Si	0.19	380	2.20	Creciente	0.028	Si	Punto de cambio y tendencia
81	28029	7	Si	1979	452	0.020	Ascendente	Si	0.25	512	2.96	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
82	28035	7	Si	1957	360	0.108	-	No	0.17	343	1.98	Creciente	0.048	Si	Tendencia
83	28036	4	Si	1965	406	0.049	Ascendente	Si	0.22	448	2.59	Creciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
84	28045	7	Si	1979	445	0.023	Ascendente	Si	0.22	449	2.60	Creciente	0.009	Si	Punto de cambio y tendencia
85	28046	7	Si	1957	370	0.091	-	No	0.21	433	2.50	Creciente	0.012	Si	Tendencia
86	28055	7	Si	1962	434	0.029	Ascendente	Si	0.20	400	2.31	Creciente	0.021	Si	Punto de cambio y tendencia
87	28058	7	Si	1979	360	0.108	-	No	0.18	357	2.06	Creciente	0.039	Si	Tendencia
88	28062	4	Si	1979	376	0.083	-	No	0.21	424	2.45	Creciente	0.014	Si	Tendencia
89	28084	4	Si	1979	432	0.030	Ascendente	Si	0.18	365	2.11	Creciente	0.035	Si	Punto de cambio y tendencia
90	28085	7	Si	1979	394	0.060	-	No	0.23	454	2.62	Creciente	0.009	Si	Tendencia
91	28089	7	Si	1963	418	0.039	Ascendente	Si	0.16	319	1.84	Creciente	0.065	No	Punto de cambio
92	28111	7	Si	1963	411	0.044	Ascendente	Si	0.20	401	2.32	Creciente	0.020	Si	Punto de cambio y tendencia
93	30011	8	Si	1981	400	0.054	-	No	0.18	372	2.15	Creciente	0.032	Si	Tendencia
94	30032	1	Si	1989	491	0.009	Ascendente	Si	0.26	527	3.05	Creciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
95	30035	8	Si	1970	301	0.259	-	No	0.18	365	2.11	Creciente	0.035	Si	Tendencia
96	30136	1	Si	1991	438	0.027	Ascendente	Si	0.21	432	2.50	Creciente	0.013	Si	Punto de cambio y tendencia
97	30167	8	Si	1977	388	0.067	-	No	0.18	356	2.06	Creciente	0.040	Si	Tendencia
98	31003	11	Si	1976	377	0.081	-	No	0.19	384	2.22	Creciente	0.026	Si	Tendencia
99	31014	11	Si	1981	448	0.022	Ascendente	Si	0.24	485	2.80	Creciente	0.005	Si	Punto de cambio y tendencia
100	31031	11	Si	1982	427	0.033	Ascendente	Si	0.25	501	2.90	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
101	32038	1	Si	1979	422	0.036	Ascendente	Si	0.18	372	2.15	Creciente	0.032	Si	Punto de cambio y tendencia

Cuadro A.2. Series de primavera no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionariedad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
1	1024	1	1	1983	367	0.096	-	No	-0.19	-386	-2.23	Decreciente	0.026	Si	Tendencia
2	1032	1	1	1973	374	0.086	-	No	-0.19	-380	-2.20	Decreciente	0.028	Si	Tendencia
3	1045	1	1	1973	426	0.033	Descendente	Si	-0.19	-384	-2.22	Decreciente	0.026	Si	Punto de cambio y tendencia
4	2046	5	1	1996	437	0.027	Descendente	Si	-0.12	-244	-1.41	Decreciente	0.159	No	Punto de cambio
5	3016	2	1	1973	324	0.188	-	No	-0.17	-348	-2.01	Decreciente	0.044	Si	Tendencia
6	3038	2	1	1972	275	0.362	-	No	-0.17	-340	-1.96	Decreciente	0.050	Si	Tendencia
7	3099	9	1	1988	335	0.159	-	No	-0.18	-370	-2.14	Decreciente	0.033	Si	Tendencia
8	3103	2	1	1975	364	0.101	-	No	-0.21	-425	-2.46	Decreciente	0.014	Si	Tendencia
9	6004	10	1	1968	512	0.005	Descendente	Si	-0.21	-423	-2.44	Decreciente	0.014	Si	Punto de cambio y tendencia
10	6036	10	1	1968	442	0.024	Descendente	Si	-0.14	-286	-1.65	Decreciente	0.099	No	Punto de cambio
11	6039	10	1	1975	405	0.050	Descendente	Si	-0.19	-381	-2.20	Decreciente	0.028	Si	Punto de cambio y tendencia
12	7012	12	1	1988	445	0.023	Ascendente	Si	0.32	648	3.75	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
13	7039	12	1	1993	464	0.016	Ascendente	Si	0.23	466	2.69	Creciente	0.007	Si	Punto de cambio y tendencia
14	7040	12	1	1976	399	0.055	-	No	0.19	375	2.17	Creciente	0.030	Si	Tendencia
15	7077	12	1	1992	519	0.005	Ascendente	Si	0.22	452	2.61	Creciente	0.009	Si	Punto de cambio y tendencia
16	8121	6	1	1999	428	0.032	Descendente	Si	-0.14	-289	-1.67	Decreciente	0.095	No	Punto de cambio
17	10054	1	1	1968	426	0.033	Descendente	Si	-0.17	-351	-2.03	Decreciente	0.043	Si	Punto de cambio y tendencia
18	11021	1	1	1982	457	0.018	Descendente	Si	-0.27	-541	-3.13	Decreciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
19	11028	1	1	1978	378	0.080	-	No	-0.17	-350	-2.02	Decreciente	0.043	Si	Tendencia
20	11031	1	1	1983	422	0.036	Descendente	Si	-0.22	-444	-2.57	Decreciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
21	11048	1	1	1997	434	0.029	Descendente	Si	-0.22	-445	-2.57	Decreciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
22	11060	1	1	1982	448	0.022	Descendente	Si	-0.24	-487	-2.82	Decreciente	0.005	Si	Punto de cambio y tendencia
23	11066	1	1	1994	399	0.055	-	No	-0.19	-380	-2.20	Decreciente	0.028	Si	Tendencia
24	11070	1	1	1977	417	0.040	Descendente	Si	-0.20	-398	-2.30	Decreciente	0.021	Si	Punto de cambio y tendencia
25	11071	1	1	1985	377	0.081	-	No	-0.22	-445	-2.57	Decreciente	0.010	Si	Tendencia
26	11079	1	1	1985	355	0.117	-	No	-0.19	-387	-2.24	Decreciente	0.025	Si	Tendencia
27	12113	1	1	1986	467	0.015	Descendente	Si	-0.24	-489	-2.83	Decreciente	0.005	Si	Punto de cambio y tendencia
28	13081	7	1	1968	327	0.180	-	No	-0.19	-383	-2.21	Decreciente	0.027	Si	Tendencia
29	13092	1	1	1982	364	0.101	-	No	-0.18	-354	-2.05	Decreciente	0.041	Si	Tendencia
30	14002	1	1	1974	314	0.217	-	No	-0.18	-362	-2.09	Decreciente	0.036	Si	Tendencia
31	14009	1	1	1977	484	0.010	Descendente	Si	-0.23	-471	-2.72	Decreciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
32	14013	1	1	1984	320	0.199	-	No	-0.17	-343	-1.98	Decreciente	0.048	Si	Tendencia
33	14026	1	1	1975	428	0.032	Descendente	Si	-0.15	-305	-1.76	Decreciente	0.078	No	Punto de cambio
34	14044	10	1	1968	368	0.095	-	No	-0.18	-362	-2.09	Decreciente	0.036	Si	Tendencia
35	14089	1	1	1969	453	0.020	Descendente	Si	-0.18	-362	-2.09	Decreciente	0.036	Si	Punto de cambio y tendencia
36	14099	1	1	1987	350	0.126	-	No	-0.20	-394	-2.28	Decreciente	0.023	Si	Tendencia
37	14104	1	1	1974	462	0.016	Descendente	Si	-0.24	-489	-2.83	Decreciente	0.005	Si	Punto de cambio y tendencia
38	14125	1	1	1984	438	0.027	Descendente	Si	-0.22	-449	-2.60	Decreciente	0.009	Si	Punto de cambio y tendencia
39	14136	1	1	1978	384	0.072	-	No	-0.17	-341	-1.97	Decreciente	0.049	Si	Tendencia
40	14142	10	1	1987	396	0.058	-	No	-0.25	-502	-2.90	Decreciente	0.004	Si	Tendencia
41	14144	1	1	1968	452	0.020	Descendente	Si	-0.21	-431	-2.49	Decreciente	0.013	Si	Punto de cambio y tendencia

Cuadro A.2. Series de primavera no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Petitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
42	16111	1	1	1992	370	0.091	-	No	-0.19	-381	-2.20	Decreciente	0.028	Si	Tendencia
43	18002	1	1	1985	445	0.023	Descendente	Si	-0.24	-475	-2.75	Decreciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
44	18016	1	1	1985	343	0.141	-	No	-0.19	-379	-2.19	Decreciente	0.029	Si	Tendencia
45	19031	4	1	1977	425	0.034	Ascendente	Si	0.08	152	0.87	Creciente	0.382	No	Punto de cambio
46	19049	4	0	1980	431	0.030	Ascendente	Si	0.14	284	1.64	Creciente	0.101	No	Punto de cambio
47	20048	12	1	1977	410	0.045	Ascendente	Si	0.18	358	2.07	Creciente	0.039	Si	Punto de cambio y tendencia
48	22001	1	1	1986	463	0.016	Descendente	Si	-0.16	-314	-1.81	Decreciente	0.070	No	Punto de cambio
49	22017	1	1	1985	488	0.009	Descendente	Si	-0.17	-351	-2.03	Decreciente	0.043	Si	Punto de cambio y tendencia
50	24003	7	1	1964	445	0.023	Ascendente	Si	0.08	169	0.97	Creciente	0.330	No	Punto de cambio
51	24007	7	1	1997	434	0.029	Descendente	Si	-0.11	-227	-1.31	Decreciente	0.190	No	Punto de cambio
52	24088	7	1	1995	419	0.038	Descendente	Si	-0.15	-297	-1.71	Decreciente	0.086	No	Punto de cambio
53	25015	2	1	1986	450	0.021	Descendente	Si	-0.22	-435	-2.51	Decreciente	0.012	Si	Punto de cambio y tendencia
54	25021	2	1	1968	331	0.169	-	No	-0.19	-376	-2.17	Decreciente	0.030	Si	Tendencia
55	25030	2	1	1988	417	0.040	Descendente	Si	-0.16	-326	-1.88	Decreciente	0.060	No	Punto de cambio
56	25037	2	0	1990	372	0.088	-	No	-0.19	-388	-2.24	Decreciente	0.025	Si	Tendencia
57	25049	2	1	1983	368	0.095	-	No	-0.24	-474	-2.74	Decreciente	0.006	Si	Tendencia
58	25078	2	1	1974	483	0.010	Descendente	Si	-0.32	-646	-3.74	Decreciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
59	25080	2	1	1973	366	0.098	-	No	-0.18	-360	-2.08	Decreciente	0.038	Si	Tendencia
60	25081	2	1	1987	355	0.117	-	No	-0.18	-357	-2.06	Decreciente	0.039	Si	Tendencia
61	25082	2	0	1986	413	0.043	Descendente	Si	-0.19	-393	-2.27	Decreciente	0.023	Si	Punto de cambio y tendencia
62	25087	2	1	1984	342	0.143	-	No	-0.25	-502	-2.90	Decreciente	0.004	Si	Tendencia
63	25100	2	1	1993	435	0.028	Descendente	Si	-0.13	-263	-1.52	Decreciente	0.129	No	Punto de cambio
64	25119	2	1	1988	350	0.126	-	No	-0.23	-455	-2.63	Decreciente	0.009	Si	Tendencia
65	26292	2	1	1985	371	0.090	-	No	-0.21	-420	-2.43	Decreciente	0.015	Si	Tendencia
66	28002	7	1	1963	415	0.041	Ascendente	Si	0.15	305	1.76	Creciente	0.078	No	Punto de cambio
67	30136	1	1	1993	431	0.030	Ascendente	Si	0.21	414	2.39	Creciente	0.017	Si	Punto de cambio y tendencia
68	31021	11	1	1988	420	0.038	Ascendente	Si	0.12	234	1.35	Creciente	0.177	No	Punto de cambio
69	31031	11	1	1983	476	0.012	Ascendente	Si	0.17	342	1.98	Creciente	0.048	Si	Punto de cambio y tendencia
70	32005	1	1	1968	436	0.028	Descendente	Si	-0.20	-395	-2.28	Decreciente	0.022	Si	Punto de cambio y tendencia

Cuadro A.3. Series de verano no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
1	2001	5	1	1968	371	0.090	-	No	-0.18	-368	-2.13	Decreciente	0.033	Si	Tendencia
2	2004	5	1	1994	336	0.157	-	No	-0.19	-382	-2.21	Decreciente	0.027	Si	Tendencia
3	2015	5	1	1993	405	0.050	Descendente	Si	-0.03	-51	-0.29	Decreciente	0.772	No	Punto de cambio
4	2046	5	0	1999	489	0.009	Descendente	Si	-0.02	-44	-0.25	Decreciente	0.803	No	Punto de cambio
5	2059	5	1	1976	525	0.004	Ascendente	Si	0.23	472	2.73	Creciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
6	2093	5	1	1992	470	0.014	Descendente	Si	-0.19	-390	-2.25	Decreciente	0.024	Si	Punto de cambio y tendencia
7	3002	5	1	1985	564	0.002	Descendente	Si	-0.27	-539	-3.12	Decreciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
8	3006	2	1	1960	421	0.037	Descendente	Si	-0.22	-440	-2.54	Decreciente	0.011	Si	Punto de cambio y tendencia
9	3015	9	1	1961	454	0.019	Descendente	Si	-0.09	-190	-1.09	Decreciente	0.274	No	Punto de cambio
10	3018	9	1	1990	347	0.133	-	No	-0.18	-372	-2.15	Decreciente	0.032	Si	Tendencia
11	3019	2	0	1980	555	0.002	Ascendente	Si	0.15	294	1.70	Creciente	0.090	No	Punto de cambio
12	3023	9	1	1987	334	0.162	-	No	-0.18	-354	-2.05	Decreciente	0.041	Si	Tendencia
13	3031	9	1	1961	304	0.249	-	No	-0.19	-374	-2.16	Decreciente	0.031	Si	Tendencia
14	3073	5	1	1972	419	0.038	Descendente	Si	-0.20	-398	-2.30	Decreciente	0.021	Si	Punto de cambio y tendencia
15	3077	9	1	1963	386	0.070	-	No	-0.22	-436	-2.52	Decreciente	0.012	Si	Tendencia
16	3102	5	1	1986	411	0.044	Descendente	Si	-0.19	-381	-2.20	Decreciente	0.028	Si	Punto de cambio y tendencia
17	3110	9	1	1972	411	0.044	Descendente	Si	-0.24	-475	-2.75	Decreciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
18	4029	8	1	1998	529	0.004	Ascendente	Si	0.16	328	1.89	Creciente	0.058	No	Punto de cambio
19	5003	6	1	1968	472	0.013	Ascendente	Si	0.28	569	3.29	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
20	5022	6	1	1984	376	0.083	-	No	0.19	382	2.21	Creciente	0.027	Si	Tendencia
21	5044	6	1	1969	307	0.239	-	No	0.18	360	2.08	Creciente	0.038	Si	Tendencia
22	6015	10	1	1996	451	0.020	Descendente	Si	-0.15	-303	-1.75	Decreciente	0.080	No	Punto de cambio
23	6039	10	1	1969	430	0.031	Ascendente	Si	0.10	204	1.18	Creciente	0.240	No	Punto de cambio
24	7012	12	1	1977	262	0.422	-	No	0.18	370	2.14	Creciente	0.033	Si	Tendencia
25	7034	12	0	1973	642	0.000	Descendente	Si	-0.30	-596	-3.45	Decreciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
26	7145	12	0	2001	336	0.157	-	No	0.17	348	2.01	Creciente	0.044	Si	Tendencia
27	8025	6	1	1983	287	0.311	-	No	0.19	391	2.26	Creciente	0.024	Si	Tendencia
28	8026	6	1	1983	412	0.044	Ascendente	Si	0.22	452	2.61	Creciente	0.009	Si	Punto de cambio y tendencia
29	8092	6	1	1971	399	0.055	-	No	0.23	461	2.67	Creciente	0.008	Si	Tendencia
30	8167	2	1	1989	589	0.001	Descendente	Si	-0.23	-461	-2.67	Decreciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
31	8202	6	1	1965	380	0.077	-	No	0.21	415	2.40	Creciente	0.016	Si	Tendencia
32	9020	1	1	1983	438	0.027	Ascendente	Si	0.16	326	1.88	Creciente	0.060	No	Punto de cambio
33	9022	1	1	1966	444	0.024	Ascendente	Si	0.25	511	2.95	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
34	10063	6	0	1983	714	0.000	Ascendente	Si	0.44	886	5.13	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
35	10068	6	1	1966	383	0.073	-	No	0.20	400	2.31	Creciente	0.021	Si	Tendencia
36	10070	6	1	1965	385	0.071	-	No	0.20	395	2.28	Creciente	0.022	Si	Tendencia
37	12007	1	1	1969	456	0.018	Descendente	Si	-0.20	-410	-2.37	Decreciente	0.018	Si	Punto de cambio y tendencia
38	12110	1	1	1983	520	0.005	Ascendente	Si	0.23	462	2.67	Creciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
39	13012	1	0	1960	507	0.006	Ascendente	Si	0.10	205	1.18	Creciente	0.237	No	Punto de cambio
40	13034	3	1	1975	434	0.029	Descendente	Si	-0.20	-394	-2.28	Decreciente	0.023	Si	Punto de cambio y tendencia
41	14013	1	1	1971	432	0.030	Ascendente	Si	0.12	244	1.41	Creciente	0.159	No	Punto de cambio

Cuadro A.3. Series de verano no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
42	14028	10	1	1987	412	0.044	Ascendente	Si	0.14	284	1.64	Creciente	0.101	No	Punto de cambio
43	14036	10	1	1957	414	0.042	Ascendente	Si	0.16	318	1.84	Creciente	0.066	No	Punto de cambio
44	14073	1	1	1983	428	0.032	Ascendente	Si	0.24	492	2.84	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
45	14111	1	1	2002	401	0.053	-	No	0.19	379	2.19	Creciente	0.029	Si	Tendencia
46	15086	1	1	1992	466	0.015	Ascendente	Si	0.14	279	1.61	Creciente	0.107	No	Punto de cambio
47	15115	1	1	1988	415	0.041	Ascendente	Si	0.17	346	2.00	Creciente	0.046	Si	Punto de cambio y tendencia
48	15193	1	1	1962	308	0.235	-	No	0.17	340	1.96	Creciente	0.050	Si	Tendencia
49	16006	10	0	1960	413	0.043	Descendente	Si	-0.10	-194	-1.12	Decreciente	0.263	No	Punto de cambio
50	16027	1	1	1970	385	0.071	-	No	0.21	428	2.47	Creciente	0.013	Si	Tendencia
51	16043	1	1	1971	383	0.073	-	No	0.17	343	1.98	Creciente	0.048	Si	Tendencia
52	16055	1	1	1964	483	0.010	Ascendente	Si	0.16	328	1.89	Creciente	0.058	No	Punto de cambio
53	16123	1	1	1996	306	0.242	-	No	-0.18	-359	-2.07	Decreciente	0.038	Si	Tendencia
54	17004	1	1	1994	372	0.088	-	No	0.22	434	2.51	Creciente	0.012	Si	Tendencia
55	17020	1	1	1998	351	0.124	-	No	0.19	387	2.24	Creciente	0.025	Si	Tendencia
56	17047	1	1	1966	457	0.018	Ascendente	Si	0.23	466	2.69	Creciente	0.007	Si	Punto de cambio y tendencia
57	18018	10	1	1962	553	0.002	Ascendente	Si	0.13	264	1.52	Creciente	0.128	No	Punto de cambio
58	18029	10	1	1994	388	0.067	-	No	0.17	341	1.97	Creciente	0.049	Si	Tendencia
59	19026	4	0	1999	428	0.032	Ascendente	Si	0.10	199	1.15	Creciente	0.251	No	Punto de cambio
60	19031	4	1	1978	439	0.026	Ascendente	Si	0.23	467	2.70	Creciente	0.007	Si	Punto de cambio y tendencia
61	19036	4	1	1966	397	0.057	-	No	0.19	379	2.19	Creciente	0.029	Si	Tendencia
62	19049	4	1	1963	372	0.088	-	No	0.18	369	2.13	Creciente	0.033	Si	Tendencia
63	19059	4	1	1961	434	0.029	Descendente	Si	-0.13	-271	-1.56	Decreciente	0.118	No	Punto de cambio
64	20048	12	1	1987	498	0.007	Ascendente	Si	0.22	440	2.54	Creciente	0.011	Si	Punto de cambio y tendencia
65	20149	12	1	1990	459	0.017	Ascendente	Si	0.17	348	2.01	Creciente	0.044	Si	Punto de cambio y tendencia
66	20162	12	1	1987	429	0.032	Ascendente	Si	0.14	279	1.61	Creciente	0.107	No	Punto de cambio
67	21024	1	1	1993	436	0.028	Ascendente	Si	0.16	317	1.83	Creciente	0.067	No	Punto de cambio
68	21063	1	0	1968	415	0.041	Ascendente	Si	0.05	96	0.55	Creciente	0.582	No	Punto de cambio
69	23011	11	0	1965	400	0.054	-	No	-0.17	-340	-1.96	Decreciente	0.050	Si	Tendencia
70	24004	7	1	1966	433	0.029	Ascendente	Si	0.14	287	1.66	Creciente	0.098	No	Punto de cambio
71	25003	2	0	1961	542	0.003	Descendente	Si	-0.25	-494	-2.86	Decreciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
72	25009	2	1	1960	445	0.023	Descendente	Si	-0.22	-447	-2.58	Decreciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
73	25015	2	1	1972	419	0.038	Descendente	Si	-0.16	-320	-1.85	Decreciente	0.065	No	Punto de cambio
74	25021	2	1	1966	569	0.001	Descendente	Si	-0.20	-411	-2.38	Decreciente	0.018	Si	Punto de cambio y tendencia
75	25023	2	1	1967	398	0.056	-	No	-0.22	-447	-2.58	Decreciente	0.010	Si	Tendencia
76	25025	2	1	1971	343	0.141	-	No	-0.21	-425	-2.46	Decreciente	0.014	Si	Tendencia
77	25042	2	0	1961	540	0.003	Descendente	Si	-0.21	-418	-2.42	Decreciente	0.016	Si	Punto de cambio y tendencia
78	25049	2	1	1968	383	0.073	-	No	0.18	372	2.15	Creciente	0.032	Si	Tendencia
79	25074	2	1	1962	453	0.020	Ascendente	Si	0.18	364	2.10	Creciente	0.035	Si	Punto de cambio y tendencia
80	25080	2	0	1967	546	0.002	Descendente	Si	-0.26	-529	-3.06	Decreciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
81	25082	2	1	1960	489	0.009	Descendente	Si	-0.24	-476	-2.75	Decreciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
82	25116	2	0	1962	557	0.002	Descendente	Si	-0.25	-509	-2.94	Decreciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia

Cuadro A.3. Series de verano no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Petitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionaridad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
83	26016	2	1	1959	458	0.018	Descendente	Si	-0.11	-215	-1.24	Decreciente	0.215	No	Punto de cambio
84	26024	2	1	1976	495	0.008	Descendente	Si	-0.25	-514	-2.97	Decreciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
85	26045	2	1	1972	493	0.008	Descendente	Si	-0.14	-274	-1.58	Decreciente	0.114	No	Punto de cambio
86	26073	2	1	1958	411	0.044	Descendente	Si	-0.06	-116	-0.67	Decreciente	0.505	No	Punto de cambio
87	26074	2	1	1963	444	0.024	Descendente	Si	-0.16	-316	-1.82	Decreciente	0.068	No	Punto de cambio
88	26075	2	1	1970	309	0.232	-	No	-0.18	-356	-2.06	Decreciente	0.040	Si	Tendencia
89	26076	2	0	1961	464	0.016	Descendente	Si	-0.09	-188	-1.08	Decreciente	0.279	No	Punto de cambio
90	26077	2	0	1989	656	0.000	Ascendente	Si	0.31	622	3.60	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
91	26082	2	0	1965	625	0.000	Descendente	Si	-0.12	-237	-1.37	Decreciente	0.172	No	Punto de cambio
92	26123	2	1	1960	431	0.030	Descendente	Si	0.01	24	0.13	Creciente	0.894	No	Punto de cambio
93	26298	2	1	1973	434	0.029	Descendente	Si	-0.14	-286	-1.65	Decreciente	0.099	No	Punto de cambio
94	26403	2	1	1974	449	0.021	Descendente	Si	-0.20	-407	-2.35	Decreciente	0.019	Si	Punto de cambio y tendencia
95	28002	7	1	1964	421	0.037	Ascendente	Si	0.13	260	1.50	Creciente	0.133	No	Punto de cambio
96	28029	7	1	1968	423	0.035	Ascendente	Si	0.12	239	1.38	Creciente	0.168	No	Punto de cambio
97	28041	4	1	1965	340	0.148	-	No	0.18	370	2.14	Creciente	0.033	Si	Tendencia
98	28074	7	1	1986	347	0.133	-	No	0.19	384	2.22	Creciente	0.026	Si	Tendencia
99	28089	7	1	1967	442	0.024	Ascendente	Si	0.25	498	2.88	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
100	31020	11	1	1982	408	0.047	Ascendente	Si	0.17	349	2.02	Creciente	0.044	Si	Punto de cambio y tendencia
101	31031	11	1	1982	397	0.057	-	No	0.23	458	2.65	Creciente	0.008	Si	Tendencia

Cuadro A.4. Series de otoño no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Petitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
1	1029	1	1	1978	397	0.057	-	No	-0.20	-404	-2.33	Decreciente	0.020	Si	Tendencia
2	2056	5	1	1988	474	0.013	Descendente	Si	-0.19	-373	-2.16	Decreciente	0.031	Si	Punto de cambio y tendencia
3	2059	5	1	1970	418	0.039	Ascendente	Si	0.06	127	0.73	Creciente	0.465	No	Punto de cambio
4	2060	5	0	1994	440	0.025	Descendente	Si	-0.13	-257	-1.48	Decreciente	0.138	No	Punto de cambio
5	3005	9	1	1973	407	0.048	Ascendente	Si	0.18	360	2.08	Creciente	0.038	Si	Punto de cambio y tendencia
6	3007	9	1	1968	343	0.141	-	No	0.18	365	2.11	Creciente	0.035	Si	Tendencia
7	3012	2	1	1999	366	0.098	-	No	0.18	360	2.08	Creciente	0.038	Si	Tendencia
8	3014	2	1	1986	428	0.032	Ascendente	Si	0.19	388	2.24	Creciente	0.025	Si	Punto de cambio y tendencia
9	3015	9	1	1992	449	0.021	Ascendente	Si	0.12	236	1.36	Creciente	0.173	No	Punto de cambio
10	3018	9	1	1989	390	0.065	-	No	0.22	441	2.55	Creciente	0.011	Si	Tendencia
11	3023	9	1	1990	320	0.199	-	No	0.18	359	2.07	Creciente	0.038	Si	Tendencia
12	3049	9	1	1979	344	0.139	-	No	0.19	392	2.27	Creciente	0.023	Si	Tendencia
13	3052	2	1	1999	391	0.064	-	No	0.18	372	2.15	Creciente	0.032	Si	Tendencia
14	3056	9	1	1989	335	0.159	-	No	0.18	355	2.05	Creciente	0.040	Si	Tendencia
15	3058	9	1	1968	449	0.021	Ascendente	Si	0.23	458	2.65	Creciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
16	3066	9	1	1994	439	0.026	Ascendente	Si	0.20	400	2.31	Creciente	0.021	Si	Punto de cambio y tendencia
17	3075	9	1	1989	401	0.053	-	No	0.22	435	2.51	Creciente	0.012	Si	Tendencia
18	6036	10	1	1976	350	0.126	-	No	-0.18	-353	-2.04	Decreciente	0.041	Si	Tendencia
19	7034	12	1	1973	456	0.018	Descendente	Si	-0.23	-457	-2.64	Decreciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
20	7037	12	1	1977	410	0.045	Ascendente	Si	0.18	364	2.10	Creciente	0.035	Si	Punto de cambio y tendencia
21	7039	12	1	1996	413	0.043	Ascendente	Si	0.08	165	0.95	Creciente	0.342	No	Punto de cambio
22	7102	12	1	1994	488	0.009	Ascendente	Si	0.11	221	1.27	Creciente	0.202	No	Punto de cambio
23	7145	12	1	1996	451	0.020	Ascendente	Si	0.22	446	2.58	Creciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
24	7166	12	1	1987	444	0.024	Ascendente	Si	0.17	352	2.03	Creciente	0.042	Si	Punto de cambio y tendencia
25	7200	12	0	2001	440	0.025	Ascendente	Si	0.06	126	0.72	Creciente	0.469	No	Punto de cambio
26	8044	6	1	1967	338	0.152	-	No	0.19	374	2.16	Creciente	0.031	Si	Tendencia
27	8092	6	1	1969	382	0.075	-	No	0.22	437	2.53	Creciente	0.012	Si	Tendencia
28	9022	1	0	1991	411	0.044	Ascendente	Si	0.10	207	1.19	Creciente	0.233	No	Punto de cambio
29	9032	1	0	1989	556	0.002	Ascendente	Si	0.16	327	1.89	Creciente	0.059	No	Punto de cambio
30	10063	6	1	1962	281	0.336	-	No	0.17	347	2.00	Creciente	0.045	Si	Tendencia
31	12060	1	1	1967	434	0.029	Descendente	Si	-0.12	-246	-1.42	Decreciente	0.156	No	Punto de cambio
32	13042	7	1	1961	414	0.042	Descendente	Si	-0.12	-240	-1.38	Decreciente	0.166	No	Punto de cambio
33	14068	1	1	1975	397	0.057	-	No	0.21	432	2.50	Creciente	0.013	Si	Tendencia
34	14073	1	1	1986	387	0.068	-	No	0.19	379	2.19	Creciente	0.029	Si	Tendencia
35	14081	10	1	1987	408	0.047	Ascendente	Si	0.17	349	2.02	Creciente	0.044	Si	Punto de cambio y tendencia
36	14084	1	1	1972	433	0.029	Descendente	Si	-0.16	-317	-1.83	Decreciente	0.067	No	Punto de cambio
37	14132	1	1	1991	356	0.115	-	No	0.17	345	1.99	Creciente	0.046	Si	Tendencia
38	14169	1	1	1987	369	0.093	-	No	0.25	512	2.96	Creciente	0.003	Si	Tendencia
39	16002	1	1	1978	437	0.027	Descendente	Si	-0.13	-268	-1.55	Decreciente	0.122	No	Punto de cambio
40	16039	10	1	1963	438	0.027	Descendente	Si	-0.15	-296	-1.71	Decreciente	0.087	No	Punto de cambio
41	16124	1	1	1994	389	0.066	-	No	0.20	394	2.28	Creciente	0.023	Si	Tendencia

Cuadro A.4. Series de otoño no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Petitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionariedad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
42	17020	1	1	1997	314	0.217	-	No	0.17	346	2.00	Creciente	0.046	Si	Tendencia
43	18018	10	1	1962	433	0.029	Ascendente	Si	0.11	212	1.22	Creciente	0.222	No	Punto de cambio
44	19024	4	1	1966	308	0.235	-	No	0.19	390	2.25	Creciente	0.024	Si	Tendencia
45	20027	12	1	1990	457	0.018	Ascendente	Si	0.16	322	1.86	Creciente	0.063	No	Punto de cambio
46	20162	12	1	1990	407	0.048	Ascendente	Si	0.12	233	1.34	Creciente	0.179	No	Punto de cambio
47	22001	1	1	1963	384	0.072	-	No	0.22	438	2.53	Creciente	0.011	Si	Tendencia
48	25042	2	1	1989	458	0.018	Ascendente	Si	0.19	383	2.21	Creciente	0.027	Si	Punto de cambio y tendencia
49	25049	2	1	1957	406	0.049	Ascendente	Si	0.15	296	1.71	Creciente	0.087	No	Punto de cambio
50	25074	2	1	1957	422	0.036	Ascendente	Si	0.15	293	1.69	Creciente	0.091	No	Punto de cambio
51	25078	2	1	1957	384	0.072	-	No	0.17	343	1.98	Creciente	0.048	Si	Tendencia
52	26008	2	1	1980	421	0.037	Ascendente	Si	0.16	319	1.84	Creciente	0.065	No	Punto de cambio
53	26032	2	1	1982	497	0.008	Ascendente	Si	0.25	499	2.89	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
54	26034	2	1	1980	385	0.071	-	No	0.17	348	2.01	Creciente	0.044	Si	Tendencia
55	26043	2	1	1975	304	0.249	-	No	0.20	408	2.36	Creciente	0.018	Si	Tendencia
56	26050	2	1	1989	330	0.172	-	No	0.17	352	2.03	Creciente	0.042	Si	Tendencia
57	26053	2	1	1970	434	0.029	Ascendente	Si	0.26	527	3.05	Creciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
58	26061	2	1	1979	423	0.035	Ascendente	Si	0.16	320	1.85	Creciente	0.065	No	Punto de cambio
59	26068	2	1	1977	257	0.446	-	No	0.18	357	2.06	Creciente	0.039	Si	Tendencia
60	26077	2	1	1981	378	0.080	-	No	0.17	347	2.00	Creciente	0.045	Si	Tendencia
61	26102	2	1	1981	406	0.049	Ascendente	Si	0.20	408	2.36	Creciente	0.018	Si	Punto de cambio y tendencia
62	26109	2	1	1993	438	0.027	Ascendente	Si	0.11	217	1.25	Creciente	0.211	No	Punto de cambio
63	28020	4	1	1978	415	0.041	Descendente	Si	-0.10	-196	-1.13	Decreciente	0.259	No	Punto de cambio
64	28036	4	1	1978	453	0.020	Descendente	Si	-0.10	-197	-1.14	Decreciente	0.256	No	Punto de cambio
65	28063	7	1	1977	445	0.023	Descendente	Si	-0.18	-367	-2.12	Decreciente	0.034	Si	Punto de cambio y tendencia
66	28111	7	1	1989	368	0.095	-	No	0.21	425	2.46	Creciente	0.014	Si	Tendencia
67	30011	8	1	1989	384	0.072	-	No	0.18	372	2.15	Creciente	0.032	Si	Tendencia
68	30093	1	1	1983	376	0.083	-	No	0.19	386	2.23	Creciente	0.026	Si	Tendencia
69	30136	1	1	1977	390	0.065	-	No	0.23	456	2.64	Creciente	0.008	Si	Tendencia
70	30211	3	1	1956	367	0.096	-	No	-0.18	-355	-2.05	Decreciente	0.040	Si	Tendencia
71	32032	1	1	1973	406	0.049	Descendente	Si	-0.14	-283	-1.63	Decreciente	0.102	No	Punto de cambio

Cuadro A.5. Series de lluvia acumulada anual no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionariedad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
1	2038	5	Si	1975	424	0.035	Ascendente	Si	0.146	295	1.70	Creciente	0.089	No	punto de cambio
2	2046	5	No	1996	489	0.009	Descendente	Si	-0.019	-39	-0.22	Decreciente	0.826	No	punto de cambio
3	2059	5	No	1968	525	0.004	Descendente	Si	0.107	216	1.25	Creciente	0.213	No	punto de cambio
4	2060	5	No	2002	435	0.028	Descendente	Si	-0.006	-13	-0.07	Decreciente	0.945	No	punto de cambio
5	2093	5	Si	1993	460	0.017	Descendente	Si	-0.141	-285	-1.65	Decreciente	0.100	No	punto de cambio
6	3005	9	Si	1975	424	0.035	Ascendente	Si	0.151	304	1.76	Creciente	0.079	No	punto de cambio
7	3006	2	Si	1962	404	0.051	-	No	-0.189	-381	-2.20	Decreciente	0.028	Si	Tendencia
8	3007	9	No	1973	414	0.042	Ascendente	Si	0.201	406	2.35	Creciente	0.019	Si	punto de cambio y tendencia
9	3008	2	Si	1966	365	0.099	-	No	0.193	390	2.25	Creciente	0.024	Si	Tendencia
10	3014	2	Si	1986	369	0.093	-	No	0.183	368	2.13	Creciente	0.033	Si	Tendencia
11	3019	2	No	1980	457	0.018	Ascendente	Si	0.129	260	1.50	Creciente	0.133	No	punto de cambio
12	3028	2	Si	1981	442	0.024	Ascendente	Si	0.214	431	2.49	Creciente	0.013	Si	punto de cambio y tendencia
13	3052	2	Si	1989	392	0.063	-	No	0.171	345	1.99	Creciente	0.046	Si	Tendencia
14	4001	11	Si	1975	412	0.044	Ascendente	Si	0.071	144	0.83	Creciente	0.407	No	punto de cambio
15	5003	6	Si	1974	435	0.028	Ascendente	Si	0.219	442	2.55	Creciente	0.011	Si	punto de cambio y tendencia
16	5026	6	Si	1969	456	0.018	Ascendente	Si	0.157	316	1.82	Creciente	0.068	No	punto de cambio
17	6007	10	No	1961	406	0.049	Descendente	Si	0.010	20	0.11	Creciente	0.912	No	punto de cambio
18	6036	10	Si	1989	426	0.033	Descendente	Si	-0.131	-264	-1.52	Decreciente	0.128	No	punto de cambio
19	6039	10	Si	1960	441	0.025	Ascendente	Si	0.152	306	1.77	Creciente	0.077	No	punto de cambio
20	7012	12	Si	1993	306	0.242	-	No	0.209	421	2.43	Creciente	0.015	Si	Tendencia
21	7018	12	Si	1993	432	0.030	Ascendente	Si	0.086	174	1.00	Creciente	0.316	No	punto de cambio
22	7034	12	No	1973	618	0.000	Descendente	Si	-0.293	-590	-3.41	Decreciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
23	7039	12	Si	1994	469	0.014	Ascendente	Si	0.195	394	2.28	Creciente	0.023	Si	punto de cambio y tendencia
24	7077	12	Si	1993	426	0.033	Ascendente	Si	0.188	380	2.20	Creciente	0.028	Si	punto de cambio y tendencia
25	7134	12	Si	1994	449	0.021	Ascendente	Si	0.042	84	0.48	Creciente	0.631	No	punto de cambio
26	7145	12	No	1997	396	0.058	-	No	0.178	359	2.07	Creciente	0.038	Si	Tendencia
27	7166	12	Si	1993	476	0.012	Ascendente	Si	0.167	336	1.94	Creciente	0.052	No	punto de cambio
28	7200	12	No	1973	454	0.019	Descendente	Si	-0.081	-164	-0.94	Decreciente	0.345	No	punto de cambio
29	8026	6	Si	1977	476	0.012	Ascendente	Si	0.296	597	3.45	Creciente	0.001	Si	punto de cambio y tendencia
30	8092	6	Si	1970	448	0.022	Ascendente	Si	0.250	503	2.91	Creciente	0.004	Si	punto de cambio y tendencia
31	8167	2	No	1994	539	0.003	Descendente	Si	-0.170	-342	-1.98	Decreciente	0.048	Si	Punto de cambio y tendencia
32	8202	6	Si	1967	386	0.070	-	No	0.183	368	2.13	Creciente	0.033	Si	Tendencia

Cuadro A.5. Series de lluvia acumulada anual no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
33	9020	1	Si	1982	493	0.008	Ascendente	Si	0.224	452	2.61	Creciente	0.009	Si	punto de cambio y tendencia
34	9022	1	Si	1989	452	0.020	Ascendente	Si	0.253	511	2.95	Creciente	0.003	Si	punto de cambio y tendencia
35	9032	1	Si	1989	430	0.031	Ascendente	Si	0.055	111	0.64	Creciente	0.524	No	punto de cambio
36	10063	6	No	1983	576	0.001	Ascendente	Si	0.365	736	4.26	Creciente	0.000	Si	punto de cambio y tendencia
37	10068	6	Si	1965	436	0.028	Ascendente	Si	0.212	427	2.47	Creciente	0.014	Si	punto de cambio y tendencia
38	10070	6	Si	1964	395	0.059	-	No	0.213	430	2.49	Creciente	0.013	Si	Tendencia
39	12007	1	Si	1969	442	0.024	Descendente	Si	-0.156	-315	-1.82	Decreciente	0.069	No	punto de cambio
40	12022	12	Si	1994	411	0.044	Ascendente	Si	0.081	164	0.94	Creciente	0.345	No	punto de cambio
41	12060	1	No	1965	436	0.028	Descendente	Si	-0.072	-146	-0.84	Decreciente	0.401	No	punto de cambio
42	12091	12	Si	1960	411	0.044	Descendente	Si	0.012	24	0.13	Creciente	0.894	No	punto de cambio
43	12110	1	Si	1986	481	0.011	Ascendente	Si	0.245	494	2.86	Creciente	0.004	Si	punto de cambio y tendencia
44	13012	1	Si	1962	467	0.015	Ascendente	Si	0.072	146	0.84	Creciente	0.401	No	punto de cambio
45	13042	7	No	1974	495	0.008	Descendente	Si	-0.147	-296	-1.71	Decreciente	0.087	No	punto de cambio
46	14036	10	No	1958	421	0.037	Ascendente	Si	0.073	147	0.85	Creciente	0.398	No	punto de cambio
47	14073	1	Si	1986	427	0.033	Ascendente	Si	0.260	524	3.03	Creciente	0.002	Si	punto de cambio y tendencia
48	15010	1	Si	1994	498	0.007	Ascendente	Si	0.186	375	2.17	Creciente	0.030	Si	punto de cambio y tendencia
49	15024	1	Si	2000	375	0.084	-	No	0.170	342	1.98	Creciente	0.048	Si	Tendencia
50	15038	1	Si	1987	364	0.101	-	No	0.186	374	2.16	Creciente	0.031	Si	Tendencia
51	15086	1	No	1994	485	0.010	Ascendente	Si	0.144	290	1.67	Creciente	0.094	No	punto de cambio
52	15193	1	Si	1997	390	0.065	-	No	0.191	386	2.23	Creciente	0.026	Si	Tendencia
53	16006	10	No	1960	427	0.033	Descendente	Si	-0.102	-206	-1.19	Decreciente	0.235	No	punto de cambio
54	16055	1	Si	1964	417	0.040	Ascendente	Si	0.105	212	1.22	Creciente	0.222	No	punto de cambio
55	16124	1	Si	1997	414	0.042	Ascendente	Si	0.189	382	2.21	Creciente	0.027	Si	punto de cambio y tendencia
56	17004	1	Si	1994	357	0.113	-	No	0.183	368	2.13	Creciente	0.033	Si	Tendencia
57	17047	1	Si	1971	326	0.182	-	No	0.170	342	1.98	Creciente	0.048	Si	Tendencia
58	18018	10	No	1962	601	0.001	Ascendente	Si	0.076	154	0.89	Creciente	0.375	No	punto de cambio
59	19013	4	Si	1963	412	0.044	Ascendente	Si	0.202	408	2.36	Creciente	0.018	Si	punto de cambio y tendencia
60	19020	4	Si	1987	406	0.049	Descendente	Si	-0.107	-215	-1.24	Decreciente	0.215	No	punto de cambio
61	19024	4	Si	1965	394	0.060	-	No	0.193	390	2.25	Creciente	0.024	Si	Tendencia
62	19031	4	Si	1978	581	0.001	Ascendente	Si	0.253	510	2.95	Creciente	0.003	Si	punto de cambio y tendencia
63	19036	4	Si	1965	402	0.052	-	No	0.186	374	2.16	Creciente	0.031	Si	Tendencia
64	19049	4	Si	1963	442	0.024	Ascendente	Si	0.244	491	2.84	Creciente	0.005	Si	punto de cambio y tendencia

Cuadro A.5. Series de lluvia acumulada anual no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
65	19055	4	Si	1970	360	0.108	-	No	0.195	393	2.27	Creciente	0.023	Si	Tendencia
66	19059	4	Si	1961	411	0.044	Descendente	Si	-0.137	-276	-1.59	Decreciente	0.111	No	punto de cambio
67	20027	12	Si	1990	499	0.007	Ascendente	Si	0.205	413	2.39	Creciente	0.017	Si	punto de cambio y tendencia
68	20048	12	Si	1990	493	0.008	Ascendente	Si	0.227	458	2.65	Creciente	0.008	Si	punto de cambio y tendencia
69	20149	12	Si	1990	501	0.007	Ascendente	Si	0.190	384	2.22	Creciente	0.026	Si	punto de cambio y tendencia
70	20162	12	Si	1990	559	0.002	Ascendente	Si	0.195	394	2.28	Creciente	0.023	Si	punto de cambio y tendencia
71	21024	1	Si	1997	468	0.014	Ascendente	Si	0.160	323	1.87	Creciente	0.062	No	punto de cambio
72	22001	1	No	1963	538	0.003	Ascendente	Si	0.122	245	1.41	Creciente	0.157	No	punto de cambio
73	24002	7	No	1965	452	0.020	Ascendente	Si	0.097	196	1.13	Creciente	0.259	No	punto de cambio
74	24003	7	No	1964	561	0.002	Ascendente	Si	0.093	187	1.08	Creciente	0.281	No	punto de cambio
75	24004	7	Si	1965	508	0.006	Ascendente	Si	0.155	312	1.80	Creciente	0.072	No	punto de cambio
76	24007	7	Si	1993	414	0.042	Descendente	Si	-0.083	-168	-0.97	Decreciente	0.333	No	punto de cambio
77	24042	7	Si	1960	367	0.096	-	No	0.205	414	2.39	Creciente	0.017	Si	Tendencia
78	24072	7	No	1964	509	0.006	Ascendente	Si	0.135	272	1.57	Creciente	0.116	No	punto de cambio
79	24091	7	Si	1964	405	0.050	Ascendente	Si	0.159	320	1.85	Creciente	0.065	No	punto de cambio
80	25003	2	Si	1960	479	0.011	Descendente	Si	-0.132	-266	-1.54	Decreciente	0.125	No	punto de cambio
81	25021	2	Si	1966	445	0.023	Descendente	Si	-0.169	-340	-1.96	Decreciente	0.050	Si	Punto de cambio y tendencia
82	25023	2	Si	1992	385	0.071	-	No	-0.196	-396	-2.29	Decreciente	0.022	Si	Tendencia
83	25025	2	Si	1996	375	0.084	-	No	-0.186	-375	-2.17	Decreciente	0.030	Si	Tendencia
84	25042	2	Si	1960	439	0.026	Descendente	Si	-0.095	-192	-1.11	Decreciente	0.268	No	punto de cambio
85	25049	2	Si	1957	430	0.031	Ascendente	Si	0.160	323	1.87	Creciente	0.062	No	punto de cambio
86	25074	2	No	1962	447	0.022	Ascendente	Si	0.119	240	1.38	Creciente	0.166	No	punto de cambio
87	25082	2	Si	1960	439	0.026	Descendente	Si	-0.208	-420	-2.43	Decreciente	0.015	Si	Punto de cambio y tendencia
88	25100	2	No	1996	435	0.028	Descendente	Si	-0.078	-158	-0.91	Decreciente	0.363	No	punto de cambio
89	25116	2	Si	1962	503	0.007	Descendente	Si	-0.138	-279	-1.61	Decreciente	0.107	No	punto de cambio
90	26032	2	Si	1980	527	0.004	Ascendente	Si	0.243	490	2.83	Creciente	0.005	Si	punto de cambio y tendencia
91	26073	2	Si	1960	419	0.038	Descendente	Si	-0.056	-112	-0.64	Decreciente	0.520	No	punto de cambio
92	26074	2	No	1964	435	0.028	Descendente	Si	-0.146	-294	-1.70	Decreciente	0.090	No	punto de cambio
93	26077	2	No	1982	641	0.000	Ascendente	Si	0.311	627	3.63	Creciente	0.000	Si	punto de cambio y tendencia
94	26082	2	No	1965	584	0.001	Descendente	Si	-0.080	-161	-0.93	Decreciente	0.354	No	punto de cambio
95	26083	2	No	1997	506	0.006	Descendente	Si	-0.033	-66	-0.38	Decreciente	0.706	No	punto de cambio
96	27030	8	Si	1991	406	0.049	Ascendente	Si	0.174	350	2.02	Creciente	0.043	Si	punto de cambio y tendencia

Cuadro A.5. Series de lluvia acumulada anual no estacionarias (continuación).

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
97	28002	7	No	1963	446	0.023	Ascendente	Si	0.109	220	1.27	Creciente	0.205	No	punto de cambio
98	28020	4	Si	2001	420	0.038	Ascendente	Si	0.005	11	0.06	Creciente	0.954	No	punto de cambio
99	28028	4	Si	2000	415	0.041	Ascendente	Si	0.081	163	0.94	Creciente	0.348	No	punto de cambio
100	28029	7	Si	1965	458	0.018	Ascendente	Si	0.154	310	1.79	Creciente	0.073	No	punto de cambio
101	28044	7	Si	1965	350	0.126	-	No	0.186	374	2.16	Creciente	0.031	Si	Tendencia
102	28045	7	Si	1965	442	0.024	Ascendente	Si	0.128	259	1.49	Creciente	0.135	No	punto de cambio
103	28089	7	No	1965	500	0.007	Ascendente	Si	0.220	444	2.57	Creciente	0.010	Si	punto de cambio y tendencia
104	28114	7	Si	2003	408	0.047	Ascendente	Si	0.058	117	0.67	Creciente	0.502	No	punto de cambio
105	28116	4	No	2000	439	0.026	Ascendente	Si	0.129	260	1.50	Creciente	0.133	No	punto de cambio
106	30013	8	Si	1967	400	0.054	-	No	0.179	360	2.08	Creciente	0.038	Si	Tendencia
107	30032	1	Si	1995	452	0.020	Ascendente	Si	0.079	160	0.92	Creciente	0.357	No	punto de cambio
108	30093	1	Si	1979	428	0.032	Ascendente	Si	0.171	345	1.99	Creciente	0.046	Si	punto de cambio y tendencia
109	30136	1	Si	1979	408	0.047	Ascendente	Si	0.176	354	2.05	Creciente	0.041	Si	punto de cambio y tendencia
110	30167	8	Si	1984	371	0.090	-	No	0.199	402	2.32	Creciente	0.020	Si	Tendencia
111	31031	11	Si	1982	483	0.010	Ascendente	Si	0.236	476	2.75	Creciente	0.006	Si	punto de cambio y tendencia

Cuadro A.6. Series de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Pettitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionariedad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
1	1005	1	Si	1965	374	0.086	-	No	0.19	384	2.22	Creciente	0.026	Si	Tendencia
2	1008	1	Si	1981	477	0.012	Ascendente	Si	0.20	409	2.36	Creciente	0.018	Si	Punto de cambio y tendencia
3	1010	1	Si	1965	405	0.050	Ascendente	Si	0.19	391	2.26	Creciente	0.024	Si	Punto de cambio y tendencia
4	1013	1	Si	1969	358	0.111	-	No	0.20	395	2.28	Creciente	0.022	Si	Tendencia
5	1015	1	No	1969	628	0.000	Ascendente	Si	0.41	821	4.75	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
6	1020	1	Si	1969	420	0.038	Ascendente	Si	0.21	424	2.45	Creciente	0.014	Si	Punto de cambio y tendencia
7	1031	1	Si	1963	415	0.041	Ascendente	Si	0.20	397	2.29	Creciente	0.022	Si	Punto de cambio y tendencia
8	1033	1	Si	1969	652	0.000	Ascendente	Si	0.39	793	4.59	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
9	1046	1	Si	1990	501	0.007	Descendente	Si	-0.17	-333	-1.92	Decreciente	0.054	No	Punto de cambio
10	2008	5	Si	1975	439	0.026	Ascendente	Si	0.17	336	1.94	Creciente	0.052	No	Punto de cambio
11	2013	5	Si	1984	382	0.075	-	No	-0.17	-349	-2.02	Decreciente	0.044	Si	Tendencia
12	2031	5	Si	1989	526	0.004	Descendente	Si	-0.19	-373	-2.16	Decreciente	0.031	Si	Punto de cambio y tendencia
13	2032	5	Si	1975	487	0.010	Ascendente	Si	0.19	375	2.17	Creciente	0.030	Si	Punto de cambio y tendencia
14	2038	5	Si	1975	407	0.048	Ascendente	Si	0.20	401	2.32	Creciente	0.020	Si	Punto de cambio y tendencia
15	2046	5	Si	1971	469	0.014	Ascendente	Si	0.09	189	1.09	Creciente	0.276	No	Punto de cambio
16	2056	5	Si	1975	429	0.032	Ascendente	Si	0.16	317	1.83	Creciente	0.067	No	Punto de cambio
17	2059	5	Si	1961	428	0.032	Ascendente	Si	0.11	221	1.27	Creciente	0.202	No	Punto de cambio
18	2072	5	Si	1974	484	0.010	Ascendente	Si	0.18	355	2.05	Creciente	0.040	Si	Punto de cambio y tendencia
19	2091	5	Si	1973	424	0.035	Ascendente	Si	0.18	358	2.07	Creciente	0.039	Si	Punto de cambio y tendencia
20	2093	5	Si	1975	579	0.001	Ascendente	Si	0.26	520	3.01	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
21	2096	5	Si	1973	681	0.000	Ascendente	Si	0.31	629	3.64	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
22	3006	2	Si	1989	410	0.045	Ascendente	Si	0.20	406	2.35	Creciente	0.019	Si	Punto de cambio y tendencia
23	3007	9	No	1975	547	0.002	Ascendente	Si	0.18	365	2.11	Creciente	0.035	Si	Punto de cambio y tendencia
24	3027	2	Si	1973	402	0.052	-	No	0.20	410	2.37	Creciente	0.018	Si	Tendencia
25	3028	2	Si	1989	489	0.009	Ascendente	Si	0.25	503	2.91	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
26	3035	9	Si	1989	362	0.104	-	No	0.18	357	2.06	Creciente	0.039	Si	Tendencia
27	3041	2	Si	1976	327	0.180	-	No	0.18	357	2.06	Creciente	0.039	Si	Tendencia
28	3052	2	Si	1987	435	0.028	Ascendente	Si	0.19	379	2.19	Creciente	0.029	Si	Punto de cambio y tendencia
29	3065	2	Si	1974	329	0.174	-	No	0.17	350	2.02	Creciente	0.043	Si	Tendencia
30	3075	9	Si	2002	266	0.403	-	No	0.17	349	2.02	Creciente	0.044	Si	Tendencia
31	3105	2	Si	1977	357	0.113	-	No	0.22	448	2.59	Creciente	0.010	Si	Tendencia
32	3109	9	Si	1987	378	0.080	-	No	0.23	459	2.65	Creciente	0.008	Si	Tendencia
33	3116	2	Si	1977	587	0.001	Ascendente	Si	0.37	743	4.30	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
34	3138	9	No	1990	386	0.070	-	No	0.21	426	2.46	Creciente	0.014	Si	Tendencia
35	3148	2	Si	1991	315	0.213	-	No	0.18	362	2.09	Creciente	0.036	Si	Tendencia
36	4031	11	Si	1987	634	0.000	Ascendente	Si	0.34	680	3.93	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
37	4037	11	Si	1988	567	0.001	Descendente	Si	-0.19	-382	-2.21	Decreciente	0.027	Si	Punto de cambio y tendencia
38	5002	4	No	1969	413	0.043	Ascendente	Si	0.07	148	0.85	Creciente	0.394	No	Punto de cambio
39	5003	6	Si	1966	457	0.018	Ascendente	Si	0.19	393	2.27	Creciente	0.023	Si	Punto de cambio y tendencia
40	5022	6	Si	1971	360	0.108	-	No	-0.21	-422	-2.44	Decreciente	0.015	Si	Tendencia
41	5030	4	Si	1992	432	0.030	Descendente	Si	-0.21	-429	-2.48	Decreciente	0.013	Si	Punto de cambio y tendencia

Cuadro A.6. Series de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Petitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
42	6003	10	Si	1991	447	0.022	Ascendente	Si	0.21	427	2.47	Creciente	0.014	Si	Punto de cambio y tendencia
43	6005	10	Si	1964	439	0.026	Ascendente	Si	0.21	416	2.40	Creciente	0.016	Si	Punto de cambio y tendencia
44	6007	10	Si	1991	367	0.096	-	No	0.20	398	2.30	Creciente	0.021	Si	Tendencia
45	6013	10	Si	1965	514	0.005	Ascendente	Si	0.31	615	3.56	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
46	6039	10	Si	1982	599	0.001	Ascendente	Si	0.37	743	4.30	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
47	7039	12	Si	1972	438	0.027	Ascendente	Si	0.26	529	3.06	Creciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
48	7102	12	Si	1970	397	0.057	-	No	0.21	419	2.42	Creciente	0.015	Si	Tendencia
49	7145	12	Si	1965	643	0.000	Ascendente	Si	0.38	775	4.48	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
50	7200	12	Si	1977	393	0.062	-	No	0.26	519	3.00	Creciente	0.003	Si	Tendencia
51	8001	2	Si	1978	515	0.005	Descendente	Si	-0.23	-461	-2.67	Decreciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
52	8090	2	Si	1992	444	0.024	Descendente	Si	-0.15	-303	-1.75	Decreciente	0.080	No	Punto de cambio
53	9022	1	Si	1965	478	0.012	Ascendente	Si	0.18	364	2.10	Creciente	0.035	Si	Punto de cambio y tendencia
54	10018	6	No	1992	598	0.001	Descendente	Si	-0.15	-312	-1.80	Decreciente	0.072	No	Punto de cambio
55	10074	6	Si	1965	445	0.023	Ascendente	Si	0.13	271	1.56	Creciente	0.118	No	Punto de cambio
56	11001	1	Si	1994	469	0.014	Ascendente	Si	0.23	456	2.64	Creciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
57	11002	1	Si	1987	529	0.004	Ascendente	Si	0.29	585	3.38	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
58	11006	1	Si	1997	414	0.042	Ascendente	Si	0.19	382	2.21	Creciente	0.027	Si	Punto de cambio y tendencia
59	11011	1	Si	1963	511	0.006	Ascendente	Si	0.22	444	2.57	Creciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
60	11014	1	Si	1969	389	0.066	-	No	0.23	473	2.73	Creciente	0.006	Si	Tendencia
61	11015	1	Si	1995	432	0.030	Ascendente	Si	0.12	249	1.44	Creciente	0.151	No	Punto de cambio
62	11020	1	Si	1991	596	0.001	Ascendente	Si	0.31	621	3.59	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
63	11021	1	Si	1990	454	0.019	Ascendente	Si	0.22	451	2.61	Creciente	0.009	Si	Punto de cambio y tendencia
64	11022	1	Si	1964	595	0.001	Ascendente	Si	0.23	468	2.71	Creciente	0.007	Si	Punto de cambio y tendencia
65	11025	1	Si	1993	428	0.032	Ascendente	Si	0.18	358	2.07	Creciente	0.039	Si	Punto de cambio y tendencia
66	11035	1	Si	1962	459	0.017	Ascendente	Si	0.28	569	3.29	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
67	11036	1	Si	1982	452	0.020	Ascendente	Si	0.25	507	2.93	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
68	11040	1	Si	1985	448	0.022	Ascendente	Si	0.26	523	3.02	Creciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
69	11045	1	No	2000	439	0.026	Ascendente	Si	0.17	350	2.02	Creciente	0.043	Si	Punto de cambio y tendencia
70	11048	1	Si	1969	363	0.103	-	No	0.18	368	2.13	Creciente	0.033	Si	Tendencia
71	11049	1	Si	1961	397	0.057	-	No	0.21	428	2.47	Creciente	0.013	Si	Tendencia
72	11070	1	Si	1972	375	0.084	-	No	0.17	349	2.02	Creciente	0.044	Si	Tendencia
73	11072	1	Si	1966	524	0.004	Ascendente	Si	0.29	593	3.43	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
74	11076	1	Si	1987	426	0.033	Ascendente	Si	0.21	414	2.39	Creciente	0.017	Si	Punto de cambio y tendencia
75	11095	1	Si	1983	483	0.010	Ascendente	Si	0.24	488	2.82	Creciente	0.005	Si	Punto de cambio y tendencia
76	12018	1	Si	1998	360	0.108	-	No	0.17	351	2.03	Creciente	0.043	Si	Tendencia
77	12022	12	Si	1972	536	0.003	Ascendente	Si	0.27	553	3.20	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
78	12027	1	Si	1968	402	0.052	-	No	-0.18	-369	-2.13	Decreciente	0.033	Si	Tendencia
79	12048	1	Si	1979	497	0.008	Ascendente	Si	0.21	415	2.40	Creciente	0.016	Si	Punto de cambio y tendencia
80	12052	10	Si	1970	631	0.000	Ascendente	Si	0.31	621	3.59	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
81	12089	1	Si	1967	413	0.043	Ascendente	Si	0.22	447	2.58	Creciente	0.010	Si	Punto de cambio y tendencia
82	12091	12	Si	1965	449	0.021	Ascendente	Si	0.25	504	2.91	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia

Cuadro A.6. Series de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Petitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
83	12107	12	Si	1972	650	0.000	Ascendente	Si	0.35	704	4.07	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
84	12117	1	Si	1968	495	0.008	Ascendente	Si	0.28	574	3.32	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
85	13012	1	No	1962	474	0.013	Ascendente	Si	0.08	166	0.96	Creciente	0.339	No	Punto de cambio
86	13081	7	No	1986	474	0.013	Ascendente	Si	0.16	324	1.87	Creciente	0.061	No	Punto de cambio
87	13082	3	Si	1986	411	0.044	Ascendente	Si	0.20	411	2.38	Creciente	0.018	Si	Punto de cambio y tendencia
88	13093	3	Si	1987	376	0.083	-	No	0.20	404	2.33	Creciente	0.020	Si	Tendencia
89	14006	1	Si	1984	331	0.169	-	No	0.19	380	2.20	Creciente	0.028	Si	Tendencia
90	14026	1	Si	1980	424	0.035	Ascendente	Si	0.22	452	2.61	Creciente	0.009	Si	Punto de cambio y tendencia
91	14036	10	Si	1966	484	0.010	Ascendente	Si	0.17	350	2.02	Creciente	0.043	Si	Punto de cambio y tendencia
92	14040	1	Si	1964	517	0.005	Ascendente	Si	0.17	351	2.03	Creciente	0.043	Si	Punto de cambio y tendencia
93	14075	1	Si	1970	291	0.296	-	No	0.17	352	2.03	Creciente	0.042	Si	Tendencia
94	14078	10	Si	1981	304	0.249	-	No	0.18	371	2.14	Creciente	0.032	Si	Tendencia
95	14084	1	Si	1981	335	0.159	-	No	0.17	347	2.00	Creciente	0.045	Si	Tendencia
96	14089	1	Si	1969	376	0.083	-	No	0.22	444	2.57	Creciente	0.010	Si	Tendencia
97	14114	1	Si	1997	472	0.013	Ascendente	Si	0.21	429	2.48	Creciente	0.013	Si	Punto de cambio y tendencia
98	14165	1	Si	1988	436	0.028	Ascendente	Si	0.17	343	1.98	Creciente	0.048	Si	Punto de cambio y tendencia
99	14169	1	Si	1964	466	0.015	Ascendente	Si	0.25	510	2.95	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
100	14266	1	Si	1962	387	0.068	-	No	0.18	356	2.06	Creciente	0.040	Si	Tendencia
101	16022	1	Si	1989	299	0.266	-	No	0.17	350	2.02	Creciente	0.043	Si	Tendencia
102	16027	1	Si	1982	513	0.005	Ascendente	Si	0.33	667	3.86	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
103	16039	10	Si	1986	343	0.141	-	No	0.20	406	2.35	Creciente	0.019	Si	Tendencia
104	16055	1	Si	1965	476	0.012	Ascendente	Si	0.33	659	3.81	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
105	16109	1	Si	1999	451	0.020	Descendente	Si	-0.19	-379	-2.19	Decreciente	0.029	Si	Punto de cambio y tendencia
106	17007	1	Si	1978	576	0.001	Ascendente	Si	0.32	647	3.74	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
107	17013	1	Si	1976	539	0.003	Ascendente	Si	0.25	500	2.89	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
108	17014	1	Si	1994	411	0.044	Ascendente	Si	0.05	110	0.63	Creciente	0.528	No	Punto de cambio
109	17015	1	Si	1986	344	0.139	-	No	0.22	443	2.56	Creciente	0.010	Si	Tendencia
110	17018	1	Si	1967	404	0.051	-	No	0.21	431	2.49	Creciente	0.013	Si	Tendencia
111	17021	1	No	1992	540	0.003	Ascendente	Si	0.30	602	3.48	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
112	17024	1	Si	1972	365	0.099	-	No	0.18	370	2.14	Creciente	0.033	Si	Tendencia
113	17026	1	Si	1974	469	0.014	Ascendente	Si	0.21	429	2.48	Creciente	0.013	Si	Punto de cambio y tendencia
114	17033	1	Si	1970	518	0.005	Ascendente	Si	0.24	485	2.80	Creciente	0.005	Si	Punto de cambio y tendencia
115	17047	1	Si	1986	477	0.012	Ascendente	Si	0.28	572	3.31	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
116	18018	10	Si	1966	605	0.001	Ascendente	Si	0.28	558	3.23	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
117	18029	10	Si	1960	424	0.035	Ascendente	Si	0.10	205	1.18	Creciente	0.237	No	Punto de cambio
118	19007	4	Si	1984	361	0.106	-	No	0.17	348	2.01	Creciente	0.044	Si	Tendencia
119	19058	4	Si	1994	380	0.077	-	No	0.23	460	2.66	Creciente	0.008	Si	Tendencia
120	20009	12	Si	1977	428	0.032	Ascendente	Si	0.11	230	1.33	Creciente	0.185	No	Punto de cambio
121	21063	1	Si	1970	476	0.012	Ascendente	Si	0.09	186	1.07	Creciente	0.284	No	Punto de cambio
122	22001	1	Si	1963	413	0.043	Ascendente	Si	0.19	375	2.17	Creciente	0.030	Si	Punto de cambio y tendencia
123	24003	7	Si	1965	486	0.010	Ascendente	Si	0.07	148	0.85	Creciente	0.394	No	Punto de cambio

Cuadro A.6. Series de lluvia máxima en 24 horas no estacionarias.

No.	Estación	Región	Prueba de Anderson $X(t)$ Independiente	Análisis de punto de cambio Petitt $X(t)$					Análisis de tendencia Mann-Kendall $X(t)$					Causa de la falta de estacionareidad	
				Punto de quiebre	KT	p	Cambio	Significante	t	S	Z	Tendencia	p		Significante
124	24004	7	Si	1965	439	0.026	Ascendente	Si	0.17	333	1.92	Creciente	0.054	No	Punto de cambio
125	24016	7	Si	1992	411	0.044	Descendente	Si	-0.16	-328	-1.89	Decreciente	0.058	No	Punto de cambio
126	24025	7	Si	1972	403	0.051	-	No	0.18	359	2.07	Creciente	0.038	Si	Tendencia
127	24072	7	Si	1964	452	0.020	Ascendente	Si	0.13	271	1.56	Creciente	0.118	No	Punto de cambio
128	24088	7	Si	1966	360	0.108	-	No	0.18	363	2.10	Creciente	0.036	Si	Tendencia
129	25001	2	Si	1971	410	0.045	Ascendente	Si	0.16	332	1.92	Creciente	0.055	No	Punto de cambio
130	25021	2	Si	1961	490	0.009	Ascendente	Si	0.24	485	2.80	Creciente	0.005	Si	Punto de cambio y tendencia
131	25030	2	No	1961	505	0.006	Ascendente	Si	0.14	288	1.66	Creciente	0.096	No	Punto de cambio
132	25042	2	Si	1989	381	0.076	-	No	0.17	352	2.03	Creciente	0.042	Si	Tendencia
133	25045	2	Si	1965	442	0.024	Ascendente	Si	0.17	348	2.01	Creciente	0.044	Si	Punto de cambio y tendencia
134	25049	2	No	1967	596	0.001	Ascendente	Si	0.32	652	3.77	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
135	25074	2	Si	1964	551	0.002	Ascendente	Si	0.17	348	2.01	Creciente	0.044	Si	Punto de cambio y tendencia
136	25078	2	Si	1962	595	0.001	Ascendente	Si	0.25	510	2.95	Creciente	0.003	Si	Punto de cambio y tendencia
137	25119	2	Si	1961	414	0.042	Ascendente	Si	0.19	379	2.19	Creciente	0.029	Si	Punto de cambio y tendencia
138	26018	2	Si	1969	428	0.032	Ascendente	Si	0.21	432	2.50	Creciente	0.013	Si	Punto de cambio y tendencia
139	26032	2	Si	1966	365	0.099	-	No	0.22	437	2.53	Creciente	0.012	Si	Tendencia
140	26043	2	Si	1997	448	0.022	Ascendente	Si	0.19	386	2.23	Creciente	0.026	Si	Punto de cambio y tendencia
141	26073	2	Si	1983	345	0.137	-	No	0.21	420	2.43	Creciente	0.015	Si	Tendencia
142	26074	2	Si	1965	381	0.076	-	No	-0.17	-341	-1.97	Decreciente	0.049	Si	Tendencia
143	26077	2	Si	1972	581	0.001	Ascendente	Si	0.28	566	3.27	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
144	26082	2	Si	1964	454	0.019	Descendente	Si	-0.18	-364	-2.10	Decreciente	0.035	Si	Punto de cambio y tendencia
145	26083	2	No	1995	484	0.010	Descendente	Si	-0.07	-132	-0.76	Decreciente	0.448	No	Punto de cambio
146	26109	2	Si	1992	495	0.008	Ascendente	Si	0.21	422	2.44	Creciente	0.015	Si	Punto de cambio y tendencia
147	26123	2	No	1976	443	0.024	Ascendente	Si	0.15	300	1.73	Creciente	0.083	No	Punto de cambio
148	26292	2	Si	1966	451	0.020	Ascendente	Si	0.23	466	2.69	Creciente	0.007	Si	Punto de cambio y tendencia
149	26298	2	Si	1967	528	0.004	Ascendente	Si	0.28	555	3.21	Creciente	0.001	Si	Punto de cambio y tendencia
150	27040	8	Si	1986	410	0.045	Ascendente	Si	0.20	411	2.38	Creciente	0.018	Si	Punto de cambio y tendencia
151	28002	7	Si	1965	504	0.007	Ascendente	Si	0.25	494	2.86	Creciente	0.004	Si	Punto de cambio y tendencia
152	28023	7	Si	1965	552	0.002	Ascendente	Si	0.23	459	2.65	Creciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
153	28029	7	Si	1965	496	0.008	Ascendente	Si	0.20	406	2.35	Creciente	0.019	Si	Punto de cambio y tendencia
154	28043	7	Si	1994	448	0.022	Ascendente	Si	0.21	418	2.42	Creciente	0.016	Si	Punto de cambio y tendencia
155	28045	7	Si	1965	606	0.001	Ascendente	Si	0.21	423	2.44	Creciente	0.014	Si	Punto de cambio y tendencia
156	28046	7	Si	1965	486	0.010	Ascendente	Si	0.20	411	2.38	Creciente	0.018	Si	Punto de cambio y tendencia
157	28049	7	Si	1967	461	0.017	Ascendente	Si	0.23	460	2.66	Creciente	0.008	Si	Punto de cambio y tendencia
158	28081	7	Si	1972	446	0.023	Ascendente	Si	0.15	310	1.79	Creciente	0.073	No	Punto de cambio
159	28083	7	Si	1968	523	0.004	Ascendente	Si	0.32	652	3.77	Creciente	0.000	Si	Punto de cambio y tendencia
160	29003	1	Si	1982	413	0.043	Ascendente	Si	0.20	413	2.39	Creciente	0.017	Si	Punto de cambio y tendencia
161	30072	1	Si	1989	415	0.041	Ascendente	Si	0.18	368	2.13	Creciente	0.033	Si	Punto de cambio y tendencia
162	30132	3	Si	1970	390	0.065	-	No	0.19	387	2.24	Creciente	0.025	Si	Tendencia
163	30167	8	Si	1986	517	0.005	Ascendente	Si	0.24	476	2.75	Creciente	0.006	Si	Punto de cambio y tendencia
164	30211	3	Si	1985	528	0.004	Descendente	Si	-0.26	-529	-3.06	Decreciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
165	32005	1	Si	1970	439	0.026	Descendente	Si	-0.26	-527	-3.05	Decreciente	0.002	Si	Punto de cambio y tendencia
166	32032	1	Si	1973	380	0.077	-	No	-0.18	-367	-2.12	Decreciente	0.034	Si	Tendencia
167	32038	1	Si	1970	530	0.004	Ascendente	Si	0.20	400	2.31	Creciente	0.021	Si	Punto de cambio y tendencia

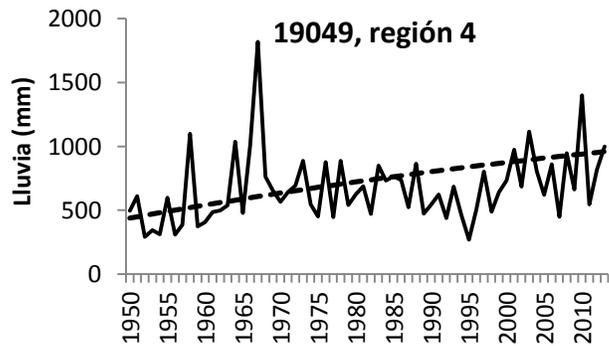
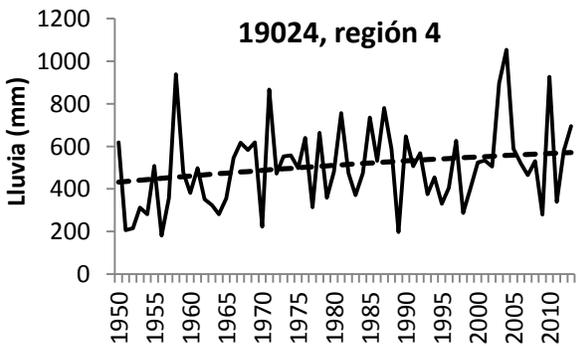
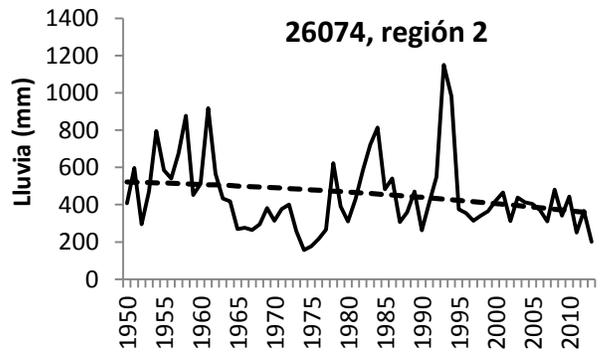
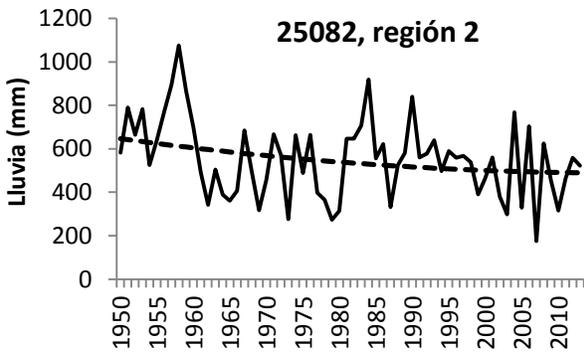
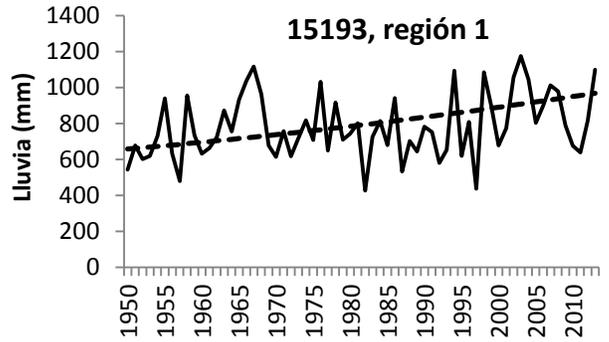
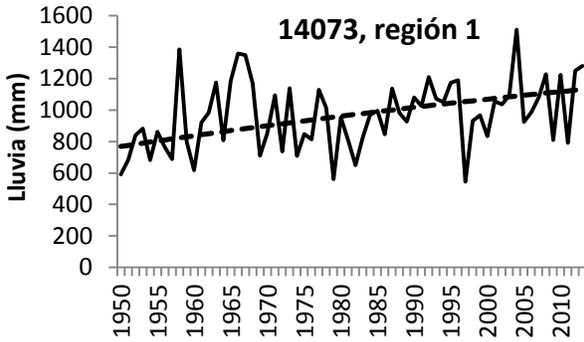


Figura A.1. Series seleccionadas de lluvia acumulada anual con tendencias monótonas crecientes significativas (línea continua) y residuales obtenidos por Descomposición de Modos Empíricos por conjuntos (línea discontinua), de las regiones 1 a la 4.

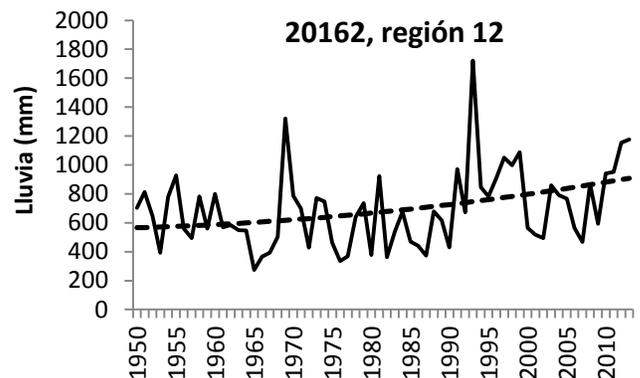
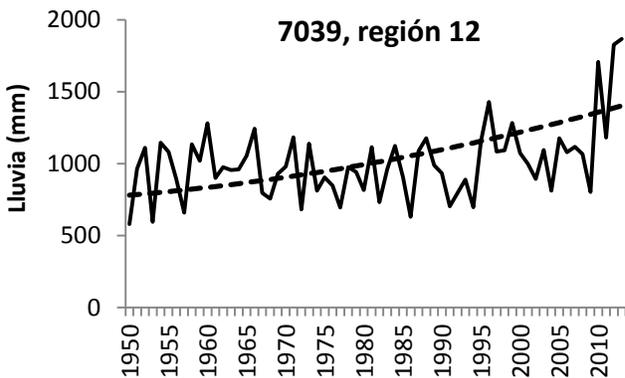
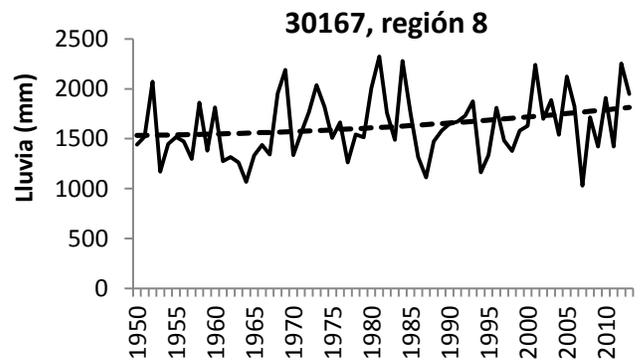
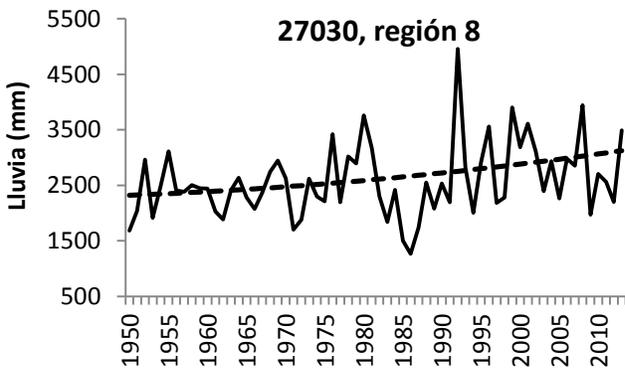
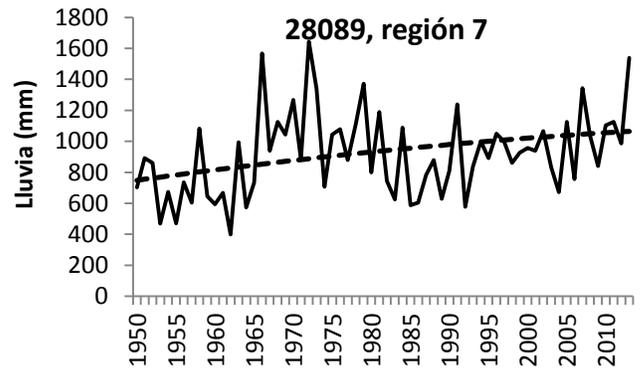
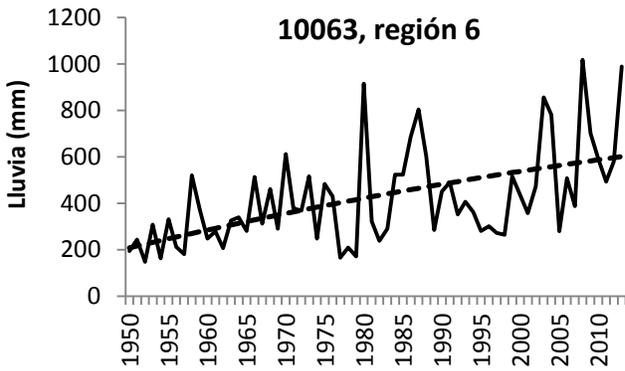


Figura A.2. Series seleccionadas de lluvia acumulada anual con tendencias monótonas crecientes significativas (línea continua) y residuales obtenidos por Descomposición de Modos Empíricos (línea discontinua), de las regiones 7 a la 12.

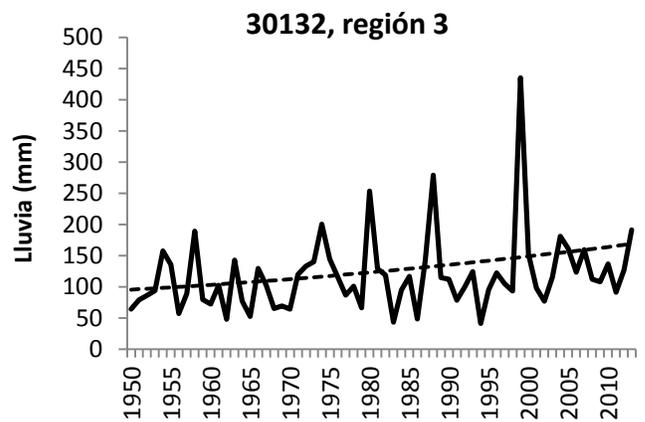
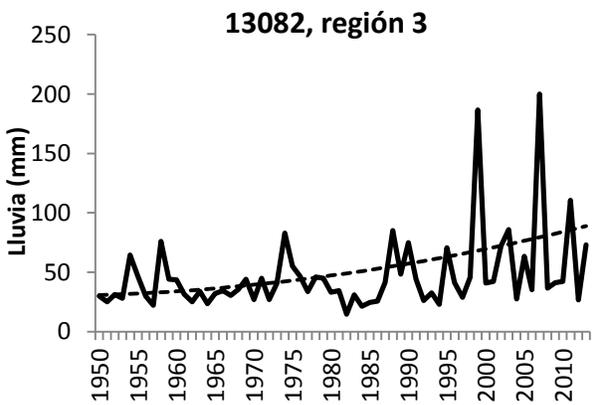
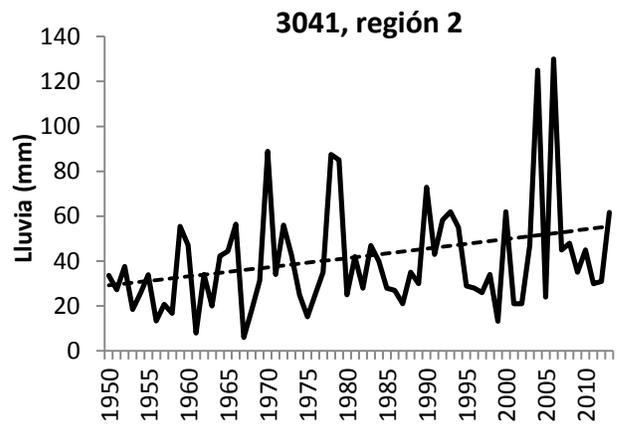
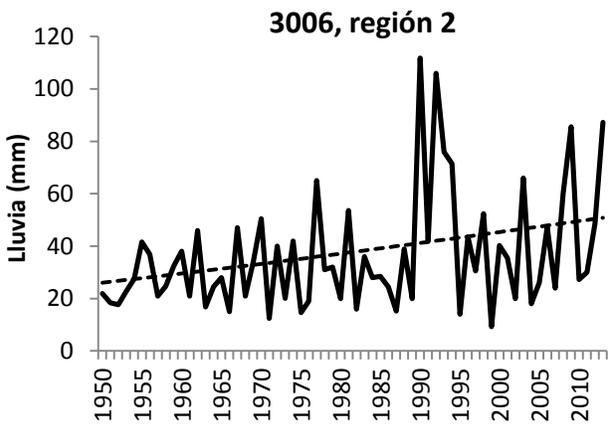
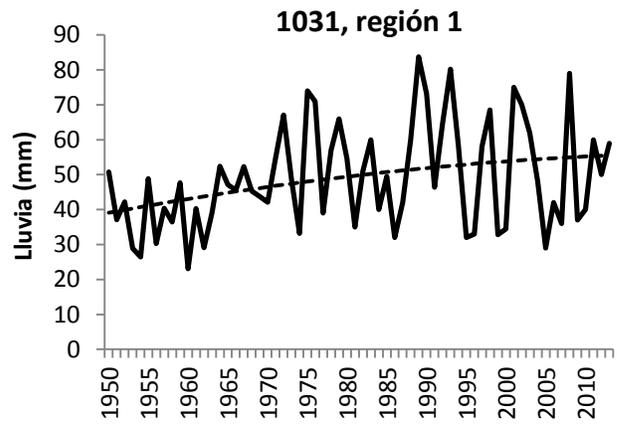
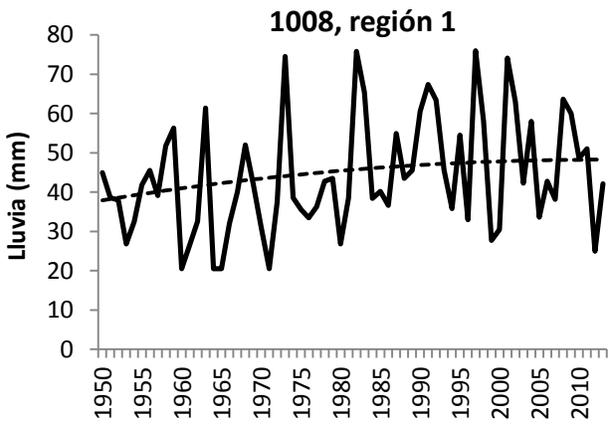


Figura A.3. Series seleccionadas de lluvia máxima en 24 horas con tendencias monótonas crecientes significativas (línea continua) y residuales obtenidos por Descomposición de Modos Empíricos (línea discontinua), de las regiones 1 a la 3.

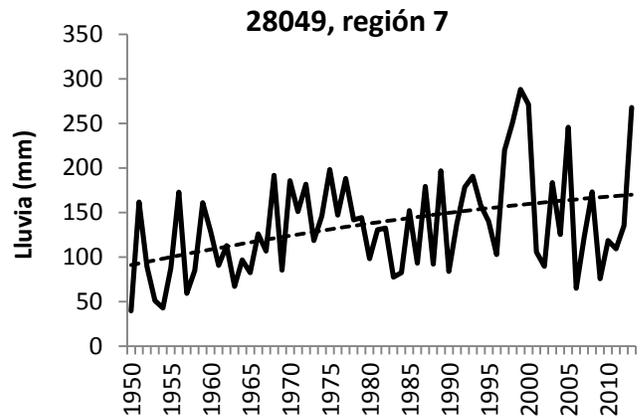
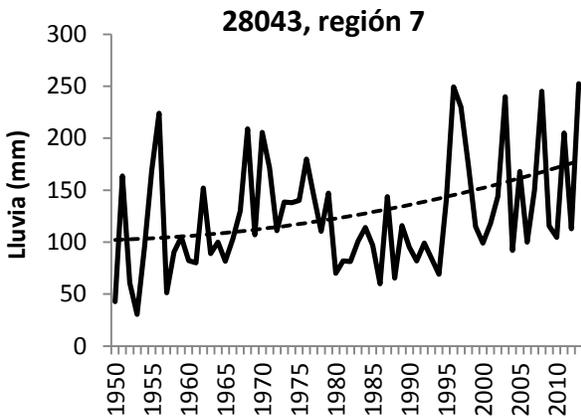
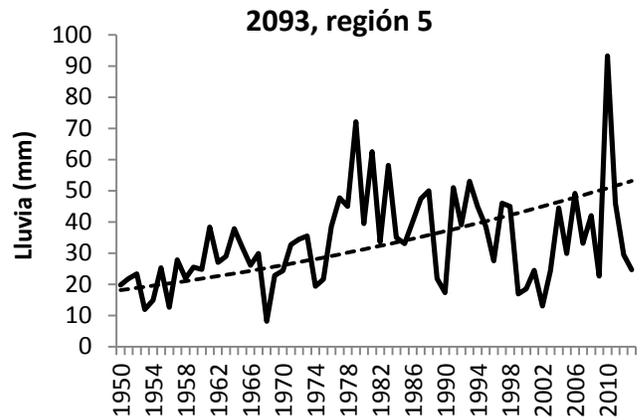
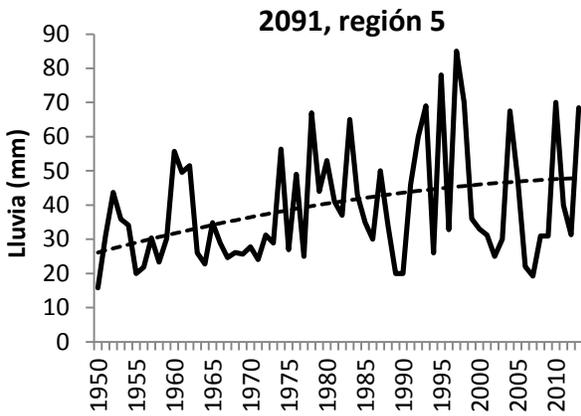
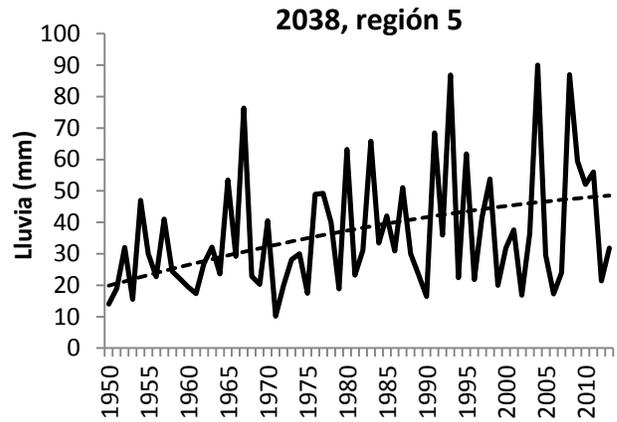
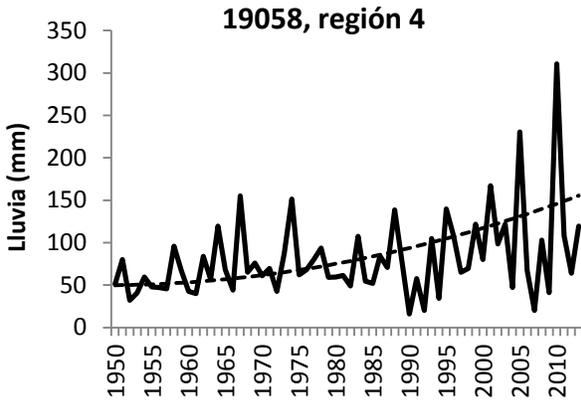


Figura A.4. Series seleccionadas de lluvia máxima en 24 horas con tendencias monótonas crecientes significativas (línea continua) y residuales obtenidos por Descomposición de Modos Empíricos (línea discontinua), de las regiones 4 a la 7.

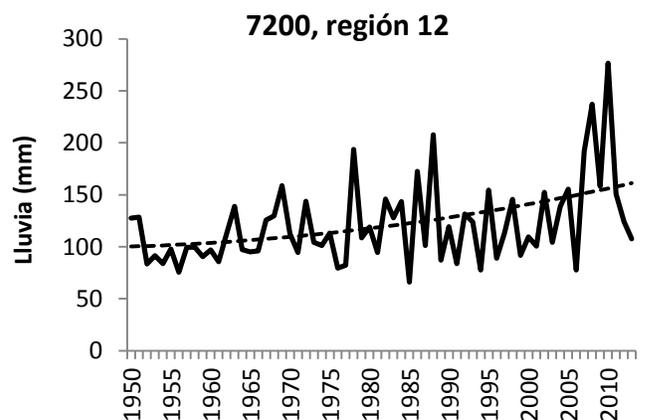
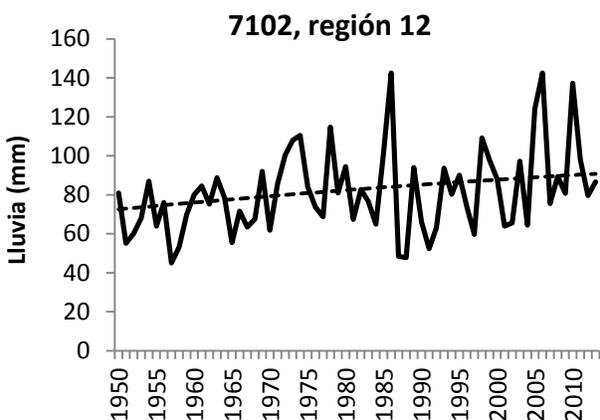
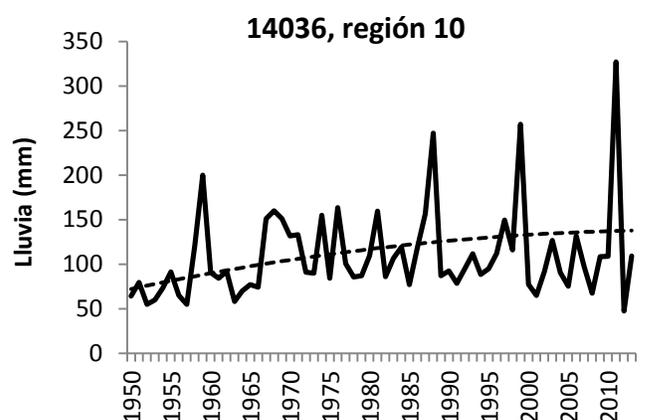
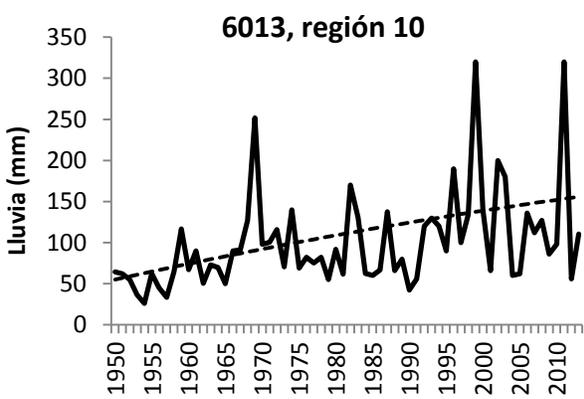
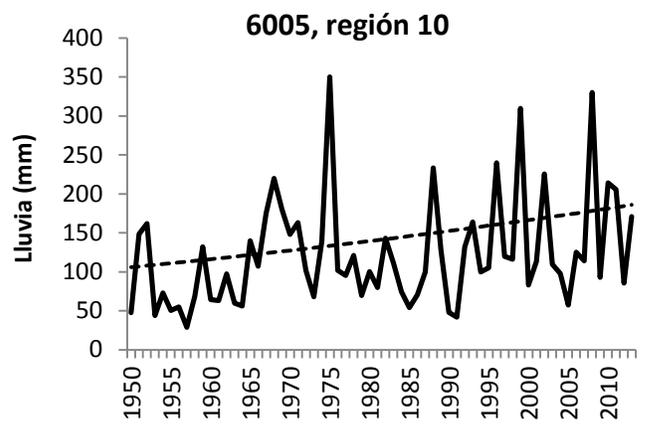
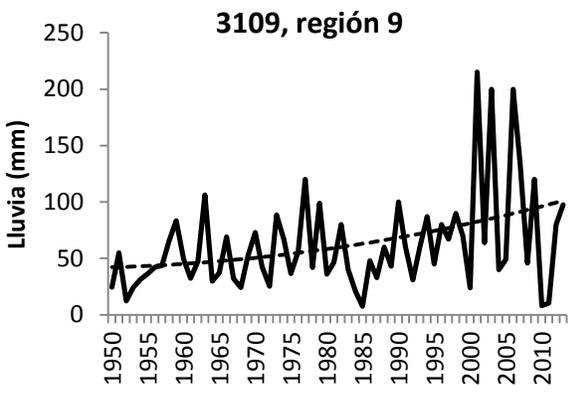


Figura A.5. Series seleccionadas de lluvia máxima en 24 horas con tendencias monótonas crecientes significativas (línea continua) y residuales obtenidos por Descomposición de Modos Empíricos (línea discontinua), de las regiones 9 a la 12.

Anexo B. Eventos de diseño estimados a partir de modelos no estacionarios

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual.

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
2038	LN3_M3	2	218.03	224.03	230.2	236.54
		5	157.34	161.67	166.12	170.7
		10	132.67	136.32	140.08	143.93
		50	98.35	101.06	103.84	106.7
		100	88.49	90.93	93.43	96
2046	LN3_M3	2	143.28	132.68	122.86	113.76
		5	91.72	84.93	78.64	72.83
		10	72.64	67.27	62.29	57.68
		50	48.25	44.69	41.38	38.32
		100	41.77	38.68	35.82	33.17
2059	LN3_M3	2	231.32	235.28	239.3	243.4
		5	150.23	152.8	155.42	158.08
		10	119.89	121.94	124.03	126.15
		50	80.68	82.07	83.47	84.9
		100	70.16	71.36	72.58	73.82
2060	LN3_M3	2	202.49	194.31	186.46	178.93
		5	141.44	135.73	130.25	124.98
		10	117.26	112.52	107.97	103.61
		50	84.37	80.96	77.69	74.55
		100	75.11	72.08	69.17	66.37
2093	LN3_M3	2	180.63	171.2	162.26	153.78
		5	131.52	124.65	118.14	111.97
		10	111.42	105.6	100.08	94.85
		50	83.27	78.92	74.8	70.89
		100	75.14	71.21	67.49	63.97
3005	LN3_M3	2	253.97	265.5	277.55	290.14
		5	167.93	175.55	183.52	191.85
		10	135.28	141.42	147.83	154.54
		50	92.55	96.75	101.14	105.73
		100	80.95	84.62	88.46	92.47
3006	LN3_M3	2	98.45	91.8	85.6	79.81
		5	62.51	58.28	54.35	50.68
		10	49.29	45.96	42.86	39.96
		50	32.49	30.3	28.25	26.34
		100	28.05	26.15	24.39	22.74
3007	LN3_M3	2	537.79	566.41	596.56	628.32
		5	380.55	400.81	422.14	444.62
		10	317.62	334.53	352.33	371.09
		50	231.26	243.57	256.54	270.19
		100	206.75	217.76	229.35	241.56
3008	LN3_M3	2	221.66	233.5	245.97	259.1
		5	151.11	159.18	167.69	176.64
		10	123.69	130.3	137.25	144.58
		50	87.03	91.68	96.58	101.73
		100	76.88	80.98	85.31	89.86

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
3014	LN3_M3	2	178.63	193.08	208.69	225.56
		5	110.77	119.72	129.4	139.86
		10	86.28	93.26	100.8	108.94
		50	55.65	60.15	65.01	70.27
		100	47.67	51.53	55.69	60.19
3019	GA3_M3	2	343.21	354.63	366.05	377.48
		5	220.83	232.26	243.68	255.1
		10	173.52	184.95	196.37	207.79
		50	113.86	125.28	136.71	148.13
		100	98.87	110.29	121.71	133.14
3028	LN3_M3	2	241.22	260.84	282.06	305
		5	150.58	162.83	176.08	190.4
		10	117.71	127.28	137.64	148.83
		50	76.39	82.61	89.33	96.59
		100	65.58	70.92	76.68	82.92
3052	LN3_M3	2	188.31	204.15	221.32	239.93
		5	114.99	124.67	135.15	146.52
		10	88.86	96.33	104.44	113.22
		50	56.52	61.27	66.42	72.01
		100	48.17	52.22	56.62	61.38
4001	GA3_M3	2	1060.24	1070.81	1081.38	1091.95
		5	883.07	893.64	904.21	914.79
		10	806.77	817.34	827.91	838.48
		50	697.41	707.98	718.55	729.12
		100	665.68	676.25	686.82	697.39
5003	LN3_M0	2	439.91	439.91	439.91	439.91
		5	242.47	242.47	242.47	242.47
		10	177.59	177.59	177.59	177.59
		50	102.82	102.82	102.82	102.82
		100	84.78	84.78	84.78	84.78
5026	GA3_M3	2	204.65	206.43	208.2	209.98
		5	131.79	133.56	135.34	137.11
		10	99.97	101.75	103.52	105.3
		50	53.68	55.45	57.23	59
		100	40.02	41.8	43.57	45.35
6036	GA3_M3	2	849.48	801.99	754.5	707.01
		5	612.08	564.59	517.1	469.61
		10	519.82	472.33	424.84	377.35
		50	402.72	355.23	307.74	260.24
		100	373.06	325.57	278.08	230.59
7012	LN3_M3	2	5029.29	5302.05	5589.6	5892.74
		5	3905.84	4117.66	4340.98	4576.41
		10	3422.34	3607.95	3803.62	4009.9
		50	2713.86	2861.04	3016.21	3179.79
		100	2500.5	2636.11	2779.07	2929.79
7018	LN3_M3	2	4613.14	4730.61	4851.07	4974.6
		5	4060.18	4163.57	4269.59	4378.31
		10	3798.04	3894.75	3993.93	4095.64
		50	3378.17	3464.2	3552.41	3642.87

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
7034	LN3_M3	100	3241.32	3323.85	3408.49	3495.29
		2	724.73	668.35	616.35	568.4
		5	535.26	493.62	455.21	419.8
		10	456.84	421.3	388.52	358.3
		50	345.95	319.03	294.21	271.32
7039	LN3_M3	100	313.6	289.2	266.7	245.95
		2	1156.66	1218.62	1283.89	1352.66
		5	961.83	1013.35	1067.63	1124.81
		10	873.42	920.2	969.49	1021.42
		50	737.43	776.93	818.55	862.39
7077	W3min_M3	100	694.66	731.87	771.07	812.38
		2	3656.65	3676.44	3696.24	3716.03
		5	3161.01	3233.11	3305.2	3377.3
		10	2892.72	2993.13	3093.54	3193.95
		50	2433.34	2582.23	2731.12	2880
7134	LN3_M3	100	2282.66	2447.45	2612.24	2777.03
		2	1029.91	1056.97	1084.74	1113.24
		5	856.62	879.13	902.22	925.92
		10	777.97	798.41	819.39	840.91
		50	656.98	674.24	691.95	710.13
7166	LN3_M3	100	618.92	635.18	651.87	669
		2	4765.84	4900.15	5038.24	5180.22
		5	4152.16	4269.17	4389.48	4513.18
		10	3863.5	3972.38	4084.33	4199.43
		50	3404.51	3500.45	3599.1	3700.52
7200	LN3_M2	100	3255.85	3347.6	3441.94	3538.94
		2	2197.88	2197.88	2197.88	2197.88
		5	1773.08	1773.08	1773.08	1773.08
		10	1584.79	1584.79	1584.79	1584.79
		50	1301.34	1301.34	1301.34	1301.34
8026	LN3_M3	100	1213.89	1213.89	1213.89	1213.89
		2	661.2	702.91	746.08	790.77
		5	462.09	496.83	532.78	570
		10	371.63	403.2	435.88	469.7
		50	232.34	259.04	286.67	315.26
8092	LN3_M3	100	188.5	213.65	239.69	266.64
		2	427.7	457.38	488.36	520.68
		5	297.52	321.54	346.6	372.75
		10	239.69	261.19	283.62	307.03
		50	152.44	170.14	188.62	207.89
8167	LN3_M2	100	125.47	142	159.25	177.25
		2	762.62	762.62	762.62	762.62
		5	503.44	503.44	503.44	503.44
		10	384.73	384.73	384.73	384.73
		50	200.56	200.56	200.56	200.56
		100	142.2	142.2	142.2	142.2

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
8202	LN3_M1	2	415.01	440.75	467.62	495.67
		5	273.59	293.11	313.5	334.78
		10	213.82	230.72	248.36	266.78
		50	127.68	140.79	154.49	168.78
		100	102.12	114.11	126.64	139.71
9022	LN3_M3	2	1477.28	1537.13	1599.41	1664.21
		5	1137.52	1183.61	1231.56	1281.45
		10	992.27	1032.47	1074.3	1117.82
		50	780.7	812.33	845.24	879.49
		100	717.34	746.4	776.64	808.1
9032	LN3_M3	2	862.88	873.78	884.81	895.97
		5	688.74	697.43	706.24	715.15
		10	612.18	619.91	627.74	635.66
		50	497.8	504.09	510.45	516.89
		100	462.75	468.59	474.51	480.5
10063	LN3_M3	2	652.72	751.53	865.28	996.26
		5	471.39	542.74	624.9	719.48
		10	397.64	457.83	527.13	606.92
		50	294.99	339.64	391.05	450.24
		100	265.47	305.66	351.92	405.19
10068	GA3_M3	2	561.21	580.07	598.92	617.78
		5	455.02	473.88	492.73	511.59
		10	407.26	426.11	444.97	463.83
		50	335.39	354.25	373.11	391.97
		100	313.46	332.31	351.17	370.03
10070	GA3_M3	2	501.78	514.75	527.73	540.7
		5	403.65	416.62	429.6	442.57
		10	357.37	370.34	383.32	396.29
		50	284.08	297.05	310.03	323
		100	260.54	273.51	286.49	299.46
12022	LN3_M3	2	1582.46	1632.48	1684.07	1737.3
		5	1218.36	1256.87	1296.6	1337.58
		10	1062.72	1096.31	1130.96	1166.7
		50	836.04	862.46	889.72	917.84
		100	768.14	792.42	817.47	843.31
12110	LN3_M3	2	1087.17	1137.24	1189.63	1244.43
		5	814.76	852.29	891.55	932.61
		10	700.73	733	766.77	802.09
		50	537.79	562.56	588.48	615.58
		100	489.82	512.39	535.99	560.68
13012	GA3_M3	2	504.18	526.34	548.49	570.64
		5	374.56	396.71	418.86	441.01
		10	323.82	345.97	368.12	390.27
		50	258.85	281.01	303.16	325.31
		100	242.24	264.39	286.54	308.69

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
13042	LN3_M3	2	1322.18	1271.36	1222.48	1175.49
		5	1036.61	996.76	958.44	921.6
		10	912.8	877.71	843.97	811.53
		50	730.16	702.09	675.1	649.15
		100	674.83	648.89	623.94	599.96
14073	LN3_M1	2	1112.99	1162.72	1214.66	1268.93
		5	926.97	968.39	1011.65	1056.85
		10	842.46	880.1	919.42	960.5
		50	712.32	744.15	777.39	812.12
		100	671.35	701.35	732.68	765.41
15010	GA3_M1	2	1020.8	1047.76	1074.72	1101.67
		5	893.12	920.07	947.03	973.98
		10	839.72	866.67	893.63	920.58
		50	765.73	792.69	819.64	846.6
		100	745.04	771.99	798.95	825.9
15024	LN3_M1	2	994.13	1024.1	1054.98	1086.79
		5	835.53	860.72	886.67	913.4
		10	762.96	785.97	809.67	834.08
		50	650.5	670.11	690.32	711.13
		100	614.89	633.43	652.53	672.21
15038	LN3_M3	2	1416.38	1460.35	1505.69	1552.44
		5	1089.43	1123.25	1158.12	1194.08
		10	949.77	979.26	1009.66	1041
		50	746.52	769.7	793.59	818.23
		100	685.68	706.97	728.92	751.55
15086	GA3_M1	2	1078.75	1103.63	1128.51	1153.39
		5	906.7	931.58	956.46	981.34
		10	835.43	860.31	885.19	910.07
		50	737.78	762.66	787.54	812.42
		100	710.81	735.68	760.56	785.44
15193	LN3_M1	2	860.63	888.36	916.99	946.54
		5	714.96	738	761.78	786.33
		10	648.91	669.82	691.4	713.68
		50	547.39	565.02	583.23	602.02
		100	515.48	532.09	549.23	566.93
16055	LN3_M1	2	1223.1	1274.69	1328.46	1384.5
		5	950.27	990.35	1032.13	1075.67
		10	832.82	867.95	904.56	942.72
		50	660.66	688.53	717.57	747.84
		100	608.8	634.48	661.24	689.14
16124	LN3_M1	2	893.53	920.85	949.01	978.03
		5	743.21	765.94	789.36	813.5
		10	674.99	695.63	716.9	738.82
		50	570.03	587.46	605.43	623.94
		100	537.02	553.44	570.36	587.8

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
18018	LN3_M3	2	991.2	1039.1	1089.32	1141.97
		5	758.27	794.91	833.33	873.61
		10	659.19	691.05	724.45	759.46
		50	515.55	540.46	566.58	593.97
		100	472.7	495.55	519.5	544.61
19013	LN3_M3	2	636.7	669.01	702.95	738.61
		5	470.5	494.37	519.45	545.81
		10	401.69	422.07	443.48	465.98
		50	304.33	319.77	336	353.05
		100	275.93	289.93	304.64	320.09
19024	LN3_M3	2	567.74	601.62	637.53	675.58
		5	415.46	440.26	466.54	494.38
		10	352.89	373.96	396.27	419.93
		50	264.98	280.8	297.56	315.31
		100	239.49	253.79	268.93	284.98
19031	LN3_M3	2	824.3	868.66	915.39	964.65
		5	610.93	643.8	678.44	714.94
		10	522.37	550.48	580.1	611.31
		50	396.84	418.19	440.69	464.4
		100	360.14	379.52	399.94	421.46
19036	LN3_M3	2	475.85	500.28	525.96	552.96
		5	344.29	361.96	380.54	400.08
		10	290.71	305.63	321.32	337.81
		50	216.02	227.11	238.77	251.03
		100	194.53	204.51	215.01	226.05
19049	LN3_M3	2	817.09	876.05	939.27	1007.04
		5	606.36	650.12	697.03	747.33
		10	518.82	556.26	596.4	639.44
		50	394.61	423.09	453.62	486.35
		100	358.27	384.12	411.84	441.56
19055	LN3_M3	2	488.31	508.03	528.54	549.89
		5	358.44	372.92	387.98	403.65
		10	304.95	317.27	330.08	343.41
		50	229.63	238.91	248.55	258.59
		100	207.75	216.14	224.87	233.95
20027	LN3_M3	2	1224.57	1306.2	1393.28	1486.17
		5	955.55	1019.26	1087.2	1159.68
		10	839.35	895.31	954.99	1018.66
		50	668.5	713.07	760.6	811.31
		100	616.89	658.02	701.88	748.67
20048	LN3_M3	2	1295.07	1409.69	1534.46	1670.28
		5	949.53	1033.57	1125.05	1224.63
		10	807.34	878.79	956.57	1041.24
		50	607.28	661.03	719.54	783.22
		100	549.2	597.81	650.72	708.32

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
20149	LN3_M3	2	1096.83	1169.89	1247.82	1330.93
		5	817.5	871.96	930.04	991.98
		10	701.08	747.77	797.58	850.71
		50	535.36	571.02	609.05	649.62
		100	486.74	519.16	553.74	590.63
20162	LN3_M3	2	800.39	855.04	913.42	975.78
		5	595.3	635.95	679.36	725.75
		10	509.96	544.77	581.97	621.7
		50	388.66	415.2	443.55	473.83
		100	353.13	377.24	402.99	430.51
24003	LN3_M1	2	2346.95	2444.56	2546.22	2652.11
		5	1797.48	1872.23	1950.1	2031.2
		10	1563.55	1628.58	1696.31	1766.85
		50	1224.13	1275.04	1328.07	1383.3
		100	1122.81	1169.51	1218.15	1268.81
24004	LN3_M1	2	665.5	696.5	728.93	762.88
		5	517.48	541.58	566.8	593.2
		10	453.72	474.85	496.96	520.1
		50	360.2	376.97	394.53	412.9
		100	332.01	347.47	363.65	380.59
24007	GA3_M0	2	495.47	495.47	495.47	495.47
		5	338.06	338.06	338.06	338.06
		10	280.44	280.44	280.44	280.44
		50	212.54	212.54	212.54	212.54
		100	196.8	196.8	196.8	196.8
24072	LN3_M1	2	1998.01	2074.24	2153.38	2235.53
		5	1575.64	1635.75	1698.16	1762.95
		10	1391.69	1444.79	1499.91	1557.13
		50	1119.2	1161.9	1206.23	1252.25
		100	1036.34	1075.88	1116.93	1159.54
24091	LN3_M1	2	2195.89	2287.81	2383.58	2483.36
		5	1747.14	1820.27	1896.47	1975.85
		10	1550.35	1615.25	1682.86	1753.31
		50	1257	1309.62	1364.44	1421.55
		100	1167.29	1216.15	1267.06	1320.1
25023	LN3_M3	2	513.35	494.15	475.66	457.87
		5	419.1	403.43	388.34	373.81
		10	376.94	362.84	349.27	336.21
		50	312.93	301.23	289.96	279.12
		100	293.03	282.07	271.52	261.37
25025	LN3_M3	2	523.6	504.36	485.83	467.98
		5	427.45	411.74	396.61	382.04
		10	384.43	370.31	356.7	343.59
		50	319.13	307.4	296.11	285.23
		100	298.83	287.85	277.27	267.09

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
25074	GA3_M3	2	1357.9	1406.18	1454.46	1502.74
		5	1086.83	1135.1	1183.38	1231.66
		10	949.79	998.07	1046.35	1094.62
		50	716.89	765.16	813.44	861.72
		100	636.96	685.24	733.52	781.8
25082	LN3_M3	2	415.38	393.02	371.87	351.86
		5	314.8	297.86	281.83	266.67
		10	272.33	257.68	243.81	230.69
		50	211.17	199.81	189.05	178.88
		100	193.03	182.65	172.82	163.52
25100	GA3_M3	2	729.34	704.32	679.3	654.28
		5	568.73	543.71	518.69	493.67
		10	487.58	462.56	437.54	412.52
		50	349.73	324.71	299.69	274.67
		100	302.45	277.43	252.41	227.39
26032	LN3_M3	2	484.53	512.56	542.22	573.59
		5	382.23	404.35	427.74	452.49
		10	337.67	357.21	377.88	399.74
		50	271.64	287.36	303.99	321.58
		100	251.56	266.12	281.51	297.8
26073	LN3_M3	2	434.8	427.98	421.27	414.66
		5	348.79	343.32	337.93	332.63
		10	310.83	305.96	301.16	296.43
		50	253.92	249.93	246.01	242.15
		100	236.42	232.71	229.06	225.47
26074	LN3_M3	2	310.81	294.02	278.14	263.11
		5	225.58	213.39	201.87	190.96
		10	190.78	180.48	170.73	161.51
		50	142.17	134.49	127.23	120.36
		100	128.15	121.23	114.68	108.49
26077	LN3_M3	2	770	830.02	894.71	964.45
		5	595.54	641.96	691.99	745.93
		10	520.69	561.28	605.03	652.19
		50	411.34	443.41	477.97	515.22
		100	378.5	408	439.8	474.08
26083	LN3_M3	2	607.26	592.82	578.71	564.95
		5	481.45	469.99	458.81	447.9
		10	426.43	416.28	406.38	396.71
		50	344.62	336.42	328.41	320.6
		100	319.65	312.05	304.62	297.38
27030	LN3_M1	2	2883.65	2992.77	3106.01	3223.54
		5	2365.35	2454.85	2547.75	2644.15
		10	2132.64	2213.34	2297.09	2384.01
		50	1778.15	1845.43	1915.26	1987.74
		100	1667.62	1730.72	1796.21	1864.18
28028	LN3_M3	2	879.33	911.75	945.37	980.22
		5	686.01	711.3	737.52	764.72
		10	602.51	624.73	647.76	671.64
		50	479.77	497.46	515.8	534.82
		100	442.7	459.02	475.95	493.5

Cuadro B.1. Eventos de diseño de la lluvia acumulada anual (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
28029	LN3_M1	2	997.24	1037.11	1078.57	1121.69
		5	777.32	808.4	840.72	874.33
		10	682.4	709.69	738.06	767.57
		50	542.96	564.67	587.24	610.72
		100	500.87	520.89	541.72	563.37
28044	LN3_M1	2	1041.18	1072.01	1103.75	1136.44
		5	846.88	871.96	897.78	924.36
		10	760.21	782.72	805.9	829.76
		50	628.97	647.59	666.77	686.51
		100	588.27	605.69	623.62	642.09
28089	LN3_M1	2	1080.88	1141.79	1206.14	1274.11
		5	852.15	900.18	950.91	1004.5
		10	752.56	794.97	839.78	887.1
		50	605.06	639.16	675.18	713.23
		100	560.22	591.79	625.14	660.37
28114	LN3_M3	2	644.16	678.85	715.4	753.93
		5	425.57	448.49	472.64	498.1
		10	342.67	361.12	380.57	401.06
		50	234.27	246.88	260.18	274.19
		100	204.83	215.86	227.49	239.74
28116	LN3_M3	2	1126.03	1191.6	1260.98	1334.4
		5	829.63	877.94	929.06	983.15
		10	707.19	748.37	791.95	838.06
		50	534.33	565.44	598.37	633.21
		100	483.99	512.17	542	573.56
30013	LN3_M1	2	1744.13	1787.01	1830.95	1875.97
		5	1488.72	1525.32	1562.82	1601.25
		10	1370.47	1404.16	1438.68	1474.05
		50	1185.15	1214.29	1244.14	1274.73
		100	1125.9	1153.58	1181.95	1211.01
30093	LN3_M1	2	1191.8	1239.99	1290.13	1342.3
		5	878.4	913.91	950.87	989.32
		10	748.9	779.18	810.69	843.47
		50	566.03	588.92	612.73	637.51
		100	512.77	533.5	555.07	577.52
30136	LN3_M1	2	2002.23	2160.46	2331.19	2515.42
		5	1436.39	1549.91	1672.39	1804.55
		10	1207.47	1302.89	1405.85	1516.95
		50	890.29	960.65	1036.57	1118.48
		100	799.49	862.67	930.85	1004.41
30167	LN3_M1	2	2775.63	2843.84	2913.72	2985.31
		5	2401.88	2460.9	2521.37	2583.33
		10	2227	2281.72	2337.79	2395.23
		50	1950.25	1998.18	2047.28	2097.58
		100	1861	1906.73	1953.58	2001.59
31031	LN3_M1	2	1031.74	1110.47	1195.2	1286.4
		5	732.17	788.03	848.16	912.88
		10	611.99	658.69	708.95	763.05
		50	446.76	480.85	517.54	557.03
		100	399.78	430.29	463.12	498.46

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas.

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
1008	Gmax_M1	2	48.74	50.55	52.36	54.17
		5	61.89	63.7	65.52	67.33
		10	70.6	72.41	74.23	76.04
		50	89.77	91.59	93.4	95.21
		100	97.88	99.69	101.5	103.31
1010	GA3_M1	2	59.44	62	64.56	67.12
		5	72.9	75.46	78.02	80.58
		10	81.13	83.69	86.25	88.81
		50	97.67	100.22	102.78	105.34
		100	104.16	106.72	109.28	111.83
1013	LN3_M1	2	46.84	49.5	52.32	55.3
		5	62.04	65.57	69.3	73.24
		10	71.86	75.95	80.27	84.84
		50	93	98.29	103.88	109.79
		100	101.86	107.66	113.78	120.26
1015	LN3_M1	2	63.36	70.9	79.33	88.77
		5	79.98	89.5	100.15	112.06
		10	90.35	101.09	113.12	126.58
		50	111.88	125.2	140.09	156.76
		100	120.66	135.01	151.08	169.05
1020	Gmax_M1	2	51.86	53.68	55.5	57.32
		5	63.5	65.33	67.15	68.97
		10	71.21	73.03	74.86	76.68
		50	88.18	90	91.82	93.64
		100	95.35	97.17	99	100.82
1031	LN3_M1	2	56.6	59.46	62.46	65.62
		5	72.23	75.88	79.71	83.73
		10	82.04	86.19	90.54	95.11
		50	102.6	107.79	113.23	118.95
		100	111.03	116.64	122.53	128.72
1033	WGmax_M1	2	55.07	58.45	61.83	65.21
		5	66.45	69.83	73.21	76.59
		10	74.01	77.38	80.76	84.14
		50	90.85	94.23	97.61	100.99
		100	98.23	101.61	104.99	108.36
2008	LN3_M3	2	32.51	33.56	34.65	35.77
		5	46.83	48.35	49.91	51.53
		10	56.68	58.51	60.41	62.36
		50	79.23	81.79	84.44	87.18
		100	89.17	92.06	95.04	98.12
2013	LN3_M1	2	19.06	17.64	16.33	15.12
		5	29.88	27.66	25.61	23.71
		10	37.8	35	32.4	29.99
		50	57.11	52.87	48.94	45.31
		100	66.07	61.16	56.62	52.41
2038	LN3_M1	2	43.73	47.5	51.59	56.04
		5	64.97	70.57	76.65	83.26
		10	79.9	86.79	94.27	102.4
		50	114.89	124.8	135.56	147.24
		100	130.61	141.87	154.1	167.39

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
2046	LN3_M3	2	43.96	45.15	46.36	47.61
		5	70.83	72.74	74.7	76.71
		10	90.88	93.33	95.84	98.42
		50	140.77	144.56	148.45	152.45
		100	164.28	168.71	173.25	177.92
2056	LN3_M3	2	44.18	45.77	47.42	49.13
		5	61.38	63.59	65.88	68.26
		10	72.9	75.52	78.24	81.06
		50	98.57	102.12	105.8	109.61
		100	109.65	113.6	117.69	121.93
2072	LN3_M3	2	44.01	45.58	47.2	48.89
		5	58.4	60.48	62.64	64.87
		10	67.7	70.12	72.62	75.21
		50	87.77	90.9	94.14	97.5
		100	96.19	99.62	103.18	106.86
2091	LN3_M3	2	47.84	49.73	51.7	53.74
		5	64.28	66.82	69.46	72.2
		10	75	77.97	81.05	84.25
		50	98.34	102.23	106.27	110.47
		100	108.21	112.49	116.94	121.56
2093	LN3_M3	2	44.67	47.68	50.89	54.31
		5	62.22	66.4	70.87	75.64
		10	73.98	78.95	84.27	89.94
		50	100.25	106.99	114.19	121.88
		100	111.6	119.11	127.13	135.68
2096	LN3_M1	2	51.84	57.86	64.57	72.07
		5	74.89	83.58	93.28	104.11
		10	90.76	101.3	113.06	126.18
		50	127.19	141.96	158.44	176.83
		100	143.29	159.92	178.49	199.21
3006	LN3_M1	2	44.45	48.66	53.28	58.34
		5	68.53	75.04	82.16	89.95
		10	85.94	94.09	103.02	112.8
		50	127.86	139.99	153.28	167.82
		100	147.11	161.07	176.35	193.09
3027	LN3_M1	2	49.58	55.74	62.75	70.74
		5	86.15	97.39	110.2	124.79
		10	116.05	131.46	149.01	169
		50	197.75	224.52	255.02	289.76
		100	239.2	271.74	308.81	351.04
3041	LN3_M1	2	48.11	52.61	57.52	62.9
		5	76.16	83.28	91.06	99.56
		10	96.83	105.87	115.76	126.58
		50	147.57	161.36	176.43	192.91
		100	171.24	187.23	204.73	223.85
3065	LN3_M1	2	58.01	61.54	65.29	69.26
		5	84.56	89.71	95.17	100.96
		10	102.97	109.24	115.89	122.95
		50	145.51	154.37	163.77	173.74
		100	164.4	174.41	185.03	196.29

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
3105	LN3_M1	2	61.38	67.34	73.88	81.06
		5	96.38	105.74	116.01	127.27
		10	122.01	133.86	146.86	161.12
		50	184.57	202.5	222.16	243.73
		100	213.61	234.36	257.12	282.08
3109	LN3_M1	2	76.12	83.56	91.61	100.33
		5	120.95	132.08	144.13	157.17
		10	152.64	166.38	181.25	197.35
		50	227.27	247.15	268.67	291.96
		100	260.93	283.59	308.1	334.64
3116	LN3_M1	2	78.37	89.04	101.16	114.94
		5	115.43	131.15	149.01	169.3
		10	141.33	160.58	182.44	207.28
		50	201.63	229.09	260.28	295.72
		100	228.58	259.7	295.06	335.24
3148	LN3_M1	2	61.11	67.63	74.84	82.83
		5	98.95	109.51	121.19	134.12
		10	127.3	140.88	155.92	172.55
		50	198.1	219.24	242.63	268.52
		100	231.57	256.28	283.63	313.89
4031	LN3_M1	2	100.06	108.75	118.2	128.46
		5	129.74	141.01	153.25	166.57
		10	148.61	161.51	175.54	190.79
		50	188.6	204.98	222.79	242.14
		100	205.16	222.98	242.34	263.39
4037	LN3_M1	2	51.39	47.59	44.08	40.82
		5	79.32	73.46	68.03	63
		10	99.52	92.16	85.35	79.05
		50	148.19	137.24	127.1	117.71
		100	170.56	157.96	146.28	135.47
5002	LN3_M1	2	67.45	69.23	71.04	72.88
		5	96.02	98.3	100.61	102.97
		10	113.99	116.58	119.21	121.88
		50	151.68	154.91	158.21	161.56
		100	167.14	170.64	174.21	177.83
5022	LN3_M1	2	32.03	30.08	28.25	26.54
		5	48.1	45.18	42.44	39.86
		10	59.5	55.89	52.5	49.31
		50	86.42	81.18	76.25	71.62
		100	98.6	92.61	86.99	81.71
5030	LN3_M1	2	46.03	42.76	39.63	36.62
		5	65.63	61.56	57.66	53.92
		10	77.72	73.16	68.78	64.58
		50	102.58	97.01	91.66	86.52
		100	112.62	106.64	100.89	95.38
6007	WGmax_M1	2	102.76	106.47	110.18	113.89
		5	133.71	137.41	141.11	144.81
		10	161.99	165.63	169.2	172.66
		50	294.45	283.88	273.46	263.26
		100	311.13	299.9	288.75	277.78

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
6039	LN3_M1	2	144.67	160.65	178.41	198.12
		5	194.86	216.39	240.31	266.87
		10	227.69	252.85	280.79	311.82
		50	299.25	332.32	369.04	409.82
		100	329.56	365.98	406.42	451.33
7039	Gmax_M1	2	84.22	88.26	92.3	96.34
		5	101.78	105.82	109.86	113.9
		10	113.41	117.45	121.48	125.52
		50	139	143.03	147.07	151.11
		100	149.81	153.85	157.89	161.93
7102	Gmax_M3	2	88.82	91.91	94.99	98.08
		5	106.55	109.63	112.72	115.81
		10	118.29	121.37	124.46	127.55
		50	144.12	147.21	150.29	153.38
		100	155.04	158.13	161.22	164.3
7145	LN3_M1	2	120.29	136.74	155.45	176.71
		5	162.83	185.1	210.42	239.21
		10	190.76	216.85	246.51	280.23
		50	251.85	286.3	325.46	369.98
		100	277.81	315.81	359	408.11
8001	Gmax_M1	2	20.88	18.16	15.45	12.73
		5	33.8	31.09	28.38	25.66
		10	42.36	39.65	36.93	34.22
		50	61.2	58.48	55.77	53.06
		100	69.16	66.45	63.73	61.02
8090	Gmax_M1	2	26.69	24.42	22.15	19.88
		5	40.01	37.74	35.47	33.2
		10	48.82	46.55	44.28	42.01
		50	68.22	65.95	63.68	61.41
		100	76.42	74.16	71.89	69.62
9022	Gmax_M1	2	57.99	60.47	62.96	65.45
		5	75.4	77.89	80.38	82.86
		10	86.93	89.42	91.91	94.39
		50	112.31	114.8	117.29	119.77
		100	123.04	125.53	128.02	130.5
11001	Gmax_M1	2	60.48	62.37	64.26	66.14
		5	74.32	76.21	78.1	79.98
		10	83.49	85.38	87.26	89.15
		50	103.66	105.55	107.43	109.32
		100	112.19	114.07	115.96	117.85
11002	Gmax_M1	2	54.72	57.03	59.33	61.64
		5	65.18	67.49	69.79	72.1
		10	72.11	74.41	76.72	79.03
		50	87.35	89.66	91.96	94.27
		100	93.8	96.1	98.41	100.71
11006	LN3_M1	2	60.09	62.47	64.94	67.5
		5	75.61	78.59	81.7	84.93
		10	85.25	88.62	92.12	95.76
		50	105.24	109.4	113.72	118.21
		100	113.36	117.84	122.5	127.34

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
11011	Wmax_M1	2	61.71	64.39	67.06	69.74
		5	76.85	80.18	83.51	86.84
		10	84.36	88.02	91.68	95.33
		50	96.85	101.04	105.24	109.44
		100	101.05	105.43	109.81	114.19
11014	LN3_M1	2	56.68	59.66	62.8	66.1
		5	75.18	79.14	83.3	87.68
		10	87.15	91.73	96.55	101.63
		50	112.93	118.87	125.12	131.7
		100	123.75	130.26	137.11	144.32
11015	WGmax_M1	2	46.22	47.85	49.48	51.12
		5	58.67	60.3	61.94	63.58
		10	71.97	73.61	75.26	76.9
		50	109.31	113.09	116.88	120.67
		100	112.82	116.73	120.64	124.57
11020	LN3_M1	2	57.7	61.84	66.28	71.04
		5	76.48	81.96	87.84	94.14
		10	88.61	94.96	101.77	109.08
		50	114.73	122.96	131.78	141.24
		100	125.69	134.71	144.37	154.73
11021	LN3_M1	2	58.78	61.96	65.3	68.83
		5	83.11	87.6	92.33	97.32
		10	99.61	104.99	110.66	116.64
		50	136.88	144.27	152.06	160.27
		100	153.13	161.4	170.12	179.3
11022	LN3_M1	2	60.17	64.16	68.41	72.94
		5	78.34	83.53	89.07	94.97
		10	89.93	95.89	102.24	109.02
		50	114.57	122.16	130.26	138.89
		100	124.79	133.06	141.88	151.28
11035	WGmax_M1	2	57.85	59.6	61.13	62.43
		5	67.74	68.2	68.78	69.58
		10	71.37	73.05	75.1	77.15
		50	89.3	91.35	93.41	95.45
		100	97	99.05	101.1	103.15
11036	WGmax_M1	2	60.67	63.43	66.19	68.96
		5	72.67	75.97	79.28	82.6
		10	98.95	105.05	111.14	117.23
		50	125.42	131.51	137.6	143.69
		100	134.29	140.38	146.48	152.57
11040	LN3_M1	2	63.57	67.63	71.95	76.54
		5	84.08	89.44	95.15	101.23
		10	97.3	103.51	110.12	117.15
		50	125.75	133.77	142.31	151.4
		100	137.66	146.45	155.8	165.74
11045	LN3_M1	2	70.01	75.02	80.4	86.16
		5	93.02	99.69	106.83	114.49
		10	107.92	115.66	123.95	132.83
		50	140.08	150.12	160.88	172.41
		100	153.59	164.6	176.39	189.03

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
11048	LN3_M1	2	57.5	60.37	63.38	66.55
		5	72.86	76.5	80.32	84.32
		10	82.46	86.58	90.9	95.44
		50	102.47	107.58	112.95	118.59
		100	110.64	116.16	121.96	128.05
11049	LN3_M1	2	58.19	61.57	65.13	68.91
		5	74.45	78.77	83.33	88.16
		10	84.68	89.59	94.78	100.28
		50	106.16	112.32	118.83	125.71
		100	114.98	121.65	128.7	136.16
11070	WGmax_M1	2	63.01	64.59	66.05	67.41
		5	86.69	92.9	99.27	105.72
		10	95.52	102.56	109.71	116.91
		50	108.14	116.15	124.28	132.45
		100	112.08	120.33	128.74	137.21
11072	LN3_M1	2	67.19	72.17	77.53	83.28
		5	85.83	92.2	99.04	106.39
		10	97.54	104.78	112.56	120.91
		50	122.11	131.17	140.91	151.36
		100	132.19	142	152.54	163.85
11076	WGmax_M1	2	51.43	53.56	55.67	57.77
		5	69.81	73.41	77.06	80.73
		10	81.63	86.11	90.59	95.09
		50	99.74	105.28	110.82	116.37
		100	105.5	111.36	117.23	123.1
11095	LN3_M1	2	67.46	71.62	76.04	80.73
		5	85.21	90.47	96.04	101.96
		10	96.28	102.21	108.52	115.21
		50	119.29	126.64	134.45	142.74
		100	128.66	136.59	145.01	153.95
12022	Gmax_M1	2	179.9	193.1	206.31	219.52
		5	227.58	240.78	253.99	267.2
		10	259.14	272.35	285.56	298.77
		50	328.62	341.83	355.04	368.24
		100	357.99	371.2	384.41	397.62
12048	WGmax_M1	2	51.97	53.41	54.85	56.28
		5	69.55	70.98	72.42	73.86
		10	87.44	88.87	90.31	91.75
		50	101.34	103.43	105.52	107.61
		100	103.34	105.09	106.99	108.98
12052	WGmax_M1	2	124.03	130.89	137.75	144.62
		5	165.59	172.45	179.31	186.16
		10	208.56	215.43	222.3	229.16
		50	421.83	438.96	456.09	473.22
		100	443.5	461.52	479.54	497.55
12089	Gmax_M1	2	88.28	94.28	100.28	106.28
		5	120.89	126.89	132.89	138.89
		10	142.48	148.48	154.48	160.48
		50	189.99	195.99	201.99	207.99
		100	210.08	216.08	222.08	228.08

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
12091	Gmax_M1	2	59.79	61.93	64.07	66.2
		5	75.62	77.76	79.89	82.03
		10	86.1	88.24	90.37	92.51
		50	109.16	111.3	113.44	115.58
		100	118.92	121.05	123.19	125.33
12107	Gmax_M1	2	156.65	168.65	180.65	192.65
		5	194.17	206.17	218.17	230.17
		10	219.01	231.01	243.01	255.01
		50	273.67	285.67	297.67	309.67
		100	296.78	308.79	320.79	332.79
12117	Gmax_M1	2	61.89	64.57	67.25	69.94
		5	74.96	77.64	80.32	83.01
		10	83.61	86.29	88.98	91.66
		50	102.65	105.34	108.02	110.71
		100	110.7	113.39	116.07	118.76
13081	WGmax_M1	2	52.85	54.66	56.49	58.33
		5	72.04	74.75	77.46	80.18
		10	80.15	83.18	86.21	89.25
		50	92.71	96.22	99.73	103.25
		100	96.77	100.44	104.1	107.77
13082	LN3_M1	2	54.91	60.25	66.22	72.91
		5	85.54	94.55	104.64	115.95
		10	109.21	121.06	134.33	149.2
		50	170.19	189.36	210.83	234.87
		100	199.74	222.46	247.9	276.39
13093	WGmax_M1	2	57.24	59.91	62.59	65.26
		5	80.24	82.92	85.59	88.26
		10	107.56	110.24	112.92	115.59
		50	174.98	185.69	196.4	207.12
		100	176.35	187.14	197.94	208.74
14026	LN3_M1	2	60.15	63.17	66.34	69.67
		5	75.5	79.29	83.27	87.45
		10	85.02	89.29	93.77	98.48
		50	104.73	109.99	115.52	121.32
		100	112.74	118.4	124.34	130.59
14036	WGmax_M1	2	104.62	106.61	108.61	110.61
		5	137.79	139.79	141.78	143.78
		10	169.24	171.24	173.23	175.23
		50	336.42	359.21	382.01	404.82
		100	344.95	368.32	391.7	415.08
14040	LN3_M1	2	74.95	79.02	83.32	87.84
		5	97.92	103.24	108.85	114.76
		10	112.61	118.72	125.17	131.97
		50	143.91	151.72	159.96	168.65
		100	156.92	165.45	174.43	183.91
14078	LN3_M1	2	66.51	69.52	72.67	75.96
		5	83.31	87.09	91.03	95.16
		10	93.73	97.97	102.41	107.05
		50	115.24	120.47	125.92	131.63
		100	123.97	129.58	135.46	141.59

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
14089	Gmax_M1	2	72.47	75.64	78.81	81.97
		5	87.27	90.44	93.6	96.77
		10	97.06	100.23	103.4	106.57
		50	118.63	121.79	124.96	128.13
		100	127.74	130.91	134.08	137.25
14114	LN3_M1	2	56.12	59.12	62.28	65.61
		5	71.48	75.3	79.33	83.58
		10	81.12	85.46	90.03	94.84
		50	101.28	106.7	112.41	118.42
		100	109.54	115.4	121.57	128.07
14169	LN3_M1	2	70.89	74.58	78.47	82.55
		5	85.14	89.58	94.24	99.15
		10	93.7	98.58	103.71	109.12
		50	110.85	116.62	122.7	129.09
		100	117.62	123.75	130.2	136.98
14266	LN3_M1	2	56.95	59.89	62.98	66.22
		5	75.84	79.75	83.86	88.18
		10	88.08	92.62	97.4	102.42
		50	114.55	120.45	126.66	133.19
		100	125.68	132.16	138.97	146.14
16027	Gmax_M1	2	44.41	45.95	47.49	49.03
		5	54.48	56.02	57.55	59.09
		10	61.14	62.68	64.22	65.76
		50	75.8	77.34	78.88	80.42
		100	82	83.54	85.08	86.62
16039	LN3_M1	2	73.05	76.71	80.55	84.59
		5	95.57	100.36	105.39	110.67
		10	109.98	115.49	121.28	127.36
		50	140.73	147.78	155.19	162.96
		100	153.52	161.22	169.3	177.78
16055	Gmax_M1	2	52.16	55.58	59	62.41
		5	65.41	68.82	72.24	75.66
		10	74.17	77.59	81.01	84.42
		50	93.47	96.88	100.3	103.72
		100	101.62	105.04	108.46	111.87
17007	GA3_M1	2	76.44	80.47	84.5	88.54
		5	88.55	92.58	96.61	100.64
		10	95.08	99.12	103.15	107.18
		50	106.9	110.93	114.96	118.99
		100	111.17	115.21	119.24	123.27
17013	Gmax_M1	2	65.38	67.58	69.78	71.98
		5	81.52	83.72	85.92	88.12
		10	92.21	94.41	96.61	98.81
		50	115.73	117.93	120.13	122.33
		100	125.67	127.87	130.07	132.27
17015	LN3_M1	2	71.1	74.22	77.47	80.87
		5	86.05	89.82	93.75	97.86
		10	95.07	99.23	103.58	108.12
		50	113.25	118.21	123.39	128.8
		100	120.46	125.74	131.26	137.01

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
17018	LN3_M1	2	68.19	70.71	73.31	76.01
		5	87.65	90.88	94.23	97.7
		10	99.93	103.62	107.44	111.4
		50	125.81	130.45	135.26	140.25
		100	136.47	141.5	146.72	152.12
17021	Gmax_M1	2	77.75	82.79	87.84	92.89
		5	95.52	100.56	105.61	110.66
		10	107.28	112.33	117.38	122.43
		50	133.18	138.23	143.27	148.32
		100	144.13	149.17	154.22	159.27
17024	GA3_M1	2	63.84	65.3	66.76	68.22
		5	81.32	82.78	84.23	85.69
		10	92.66	94.12	95.58	97.04
		50	116.51	117.97	119.43	120.88
		100	126.17	127.63	129.08	130.54
17026	GA3_M1	2	66.26	68.54	70.82	73.1
		5	78.45	80.73	83.01	85.29
		10	85.95	88.23	90.51	92.79
		50	101.07	103.35	105.63	107.91
		100	107.03	109.31	111.59	113.87
17033	LN3_M1	2	60.58	63.78	67.15	70.7
		5	75.47	79.45	83.65	88.07
		10	84.65	89.12	93.83	98.78
		50	103.55	109.02	114.78	120.84
		100	111.19	117.06	123.25	129.76
17047	WGmax_M1	2	92.09	99.84	107.58	115.33
		5	120.67	128.42	136.16	143.91
		10	137.87	145.61	153.36	161.1
		50	174.78	182.53	190.27	198.01
		100	190.26	198.01	205.75	213.49
18018	WGmax_M1	2	75.32	81.34	87.37	93.39
		5	99.77	107.75	115.73	123.71
		10	111.8	120.74	129.68	138.63
		50	131.9	142.45	153	163.55
		100	138.71	149.8	160.9	172
19007	WGmax_M1	2	112.92	117.27	121.64	122.57
		5	151.74	156.11	152.95	156.27
		10	184.65	179.96	174.44	178.8
		50	215.75	219.55	223.92	228.28
		100	236.08	240.44	244.8	249.17
19058	LN3_M1	2	93.78	101.26	109.33	118.04
		5	144.95	156.51	168.98	182.46
		10	182	196.51	212.18	229.09
		50	271.39	293.03	316.39	341.61
		100	312.5	337.41	364.31	393.35
20009	LN3_M3_pdo	2	62.37	63.78	65.21	66.68
		5	77.01	78.74	80.51	82.32
		10	85.98	87.91	89.89	91.91
		50	104.32	106.66	109.06	111.52
		100	111.69	114.2	116.77	119.39

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
22001	WGmax_M1	2	66.02	69.19	72.29	75.31
		5	78.49	82.43	86.39	90.37
		10	86.4	89.74	93.43	97.34
		50	119	120.63	122.26	123.89
		100	133.19	134.83	136.45	138.08
25021	LN3_M1	2	138.16	153.78	171.17	190.52
		5	218.15	242.81	270.26	300.81
		10	276.97	308.28	343.14	381.93
		50	421.14	468.75	521.75	580.73
		100	488.29	543.49	604.94	673.33
25049	WGmax_M1	2	127.84	131.03	133.58	135.78
		5	173.1	188.93	205.57	222.95
		10	190.46	209.92	230.28	251.21
		50	214.06	235.57	258.6	282.33
		100	222.4	243.34	266.68	290.99
25074	LN3_M1	2	110.02	118.06	126.69	135.96
		5	161.13	172.91	185.56	199.12
		10	196.7	211.08	226.52	243.08
		50	279.16	299.57	321.48	344.98
		100	315.89	338.99	363.77	390.37
25078	Gmax_M1	2	123.44	131.31	139.17	147.03
		5	160.98	168.84	176.71	184.57
		10	185.83	193.7	201.56	209.42
		50	240.53	248.39	256.26	264.12
		100	263.66	271.52	279.38	287.24
25119	LN3_M1	2	99.3	105.53	112.15	119.19
		5	136.61	145.18	154.29	163.97
		10	161.4	171.52	182.29	193.73
		50	216.28	229.85	244.27	259.6
		100	239.82	254.87	270.86	287.86
26018	LN3_M1	2	85.61	91.88	98.61	105.83
		5	120.96	129.81	139.32	149.52
		10	144.9	155.51	166.9	179.12
		50	198.97	213.54	229.18	245.96
		100	222.54	238.83	256.32	275.09
26032	LN3_M1	2	70.94	75.77	80.92	86.42
		5	96.77	103.36	110.38	117.89
		10	113.83	121.57	129.84	138.67
		50	151.35	161.64	172.63	184.37
		100	167.36	178.74	190.9	203.88
26043	LN3_M1	2	84.05	89.64	95.59	101.94
		5	119.84	127.8	136.3	145.35
		10	144.26	153.84	164.06	174.96
		50	199.75	213.02	227.17	242.27
		100	224.07	238.96	254.83	271.77
26073	LN3_M1	2	72.92	77.63	82.65	87.99
		5	100.79	107.3	114.23	121.62
		10	119.37	127.08	135.29	144.04
		50	160.64	171.02	182.08	193.85
		100	178.4	189.93	202.2	215.27

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
26077	GA3_M1	2	72.68	76.84	80.99	85.15
		5	90.14	94.29	98.45	102.6
		10	100.78	104.93	109.09	113.24
		50	122.1	126.26	130.41	134.57
		100	130.46	134.62	138.77	142.93
26082	Gmax_M1	2	43.32	40.24	37.16	34.08
		5	65.85	62.77	59.68	56.6
		10	80.76	77.68	74.6	71.52
		50	113.58	110.5	107.42	104.34
		100	127.45	124.37	121.29	118.21
26109	WGmax_M1	2	95.88	100.43	104.97	109.53
		5	135.12	140.59	146.04	151.49
		10	149.62	155.82	162.03	168.23
		50	167.36	174.1	180.87	187.68
		100	173.87	180.44	187.13	193.89
26123	GA3_M1	2	69.33	71.66	73.99	76.32
		5	86.25	88.58	90.91	93.25
		10	96.8	99.13	101.47	103.8
		50	118.32	120.65	122.98	125.31
		100	126.86	129.19	131.52	133.85
26292	LN3_M1	2	71.79	78.19	85.16	92.75
		5	101.51	110.56	120.41	131.15
		10	121.65	132.5	144.31	157.18
		50	167.17	182.07	198.3	215.98
		100	187.01	203.68	221.84	241.62
26298	Gmax_M1	2	72.98	76.96	80.93	84.9
		5	96.54	100.51	104.48	108.45
		10	112.13	116.1	120.07	124.04
		50	146.45	150.42	154.39	158.36
		100	160.95	164.93	168.9	172.87
28002	Gmax_M1	2	164.07	171.63	179.2	186.77
		5	222.67	230.23	237.8	245.36
		10	261.46	269.03	276.59	284.16
		50	346.85	354.41	361.98	369.54
		100	382.94	390.51	398.08	405.64
28023	GA3_M1	2	135.11	141.46	147.8	154.15
		5	183.62	189.97	196.31	202.66
		10	214.12	220.47	226.82	233.17
		50	276.74	283.09	289.43	295.78
		100	301.7	308.05	314.4	320.74
28029	Gmax_M1	2	101.71	106.86	112.01	117.16
		5	134.94	140.09	145.24	150.39
		10	156.93	162.09	167.24	172.39
		50	205.35	210.5	215.65	220.8
		100	225.82	230.97	236.12	241.27
28043	Gmax_M1	2	147.75	155.75	163.75	171.75
		5	191.38	199.38	207.38	215.38
		10	220.26	228.26	236.26	244.26
		50	283.83	291.83	299.83	307.83
		100	310.7	318.7	326.7	334.71

Cuadro B.2. Eventos de diseño de la lluvia máxima en 24 horas (continuación).

Estación	Modelo	Periodo de retorno (años)	2020	2030	2040	2050
28046	Gmax_M1	2	120.37	125.67	130.97	136.28
		5	165.61	170.91	176.22	181.52
		10	195.57	200.87	206.17	211.48
		50	261.5	266.8	272.1	277.41
		100	289.37	294.67	299.98	305.28
28049	Gmax_M1	2	156.41	164.05	171.7	179.35
		5	205.4	213.05	220.7	228.35
		10	237.84	245.49	253.14	260.79
		50	309.24	316.89	324.53	332.18
		100	339.42	347.07	354.72	362.36
28081	Gmax_M1	2	97.13	101.24	105.36	109.47
		5	123.03	127.14	131.25	135.37
		10	140.18	144.29	148.4	152.51
		50	177.92	182.03	186.14	190.25
		100	193.87	197.98	202.1	206.21
28083	Gmax_M1	2	148.17	155.94	163.72	171.49
		5	192.43	200.2	207.97	215.74
		10	221.73	229.5	237.27	245.05
		50	286.22	293.99	301.76	309.53
		100	313.48	321.25	329.03	336.8
29003	LN3_M1	2	46.47	48.8	51.24	53.82
		5	60.44	63.47	66.66	70
		10	69.35	72.83	76.48	80.32
		50	88.27	92.7	97.35	102.23
		100	96.12	100.94	106	111.32
30132	Gmax_M1	2	131.8	137.82	143.84	149.85
		5	174.48	180.49	186.51	192.53
		10	202.73	208.75	214.77	220.79
		50	264.92	270.93	276.95	282.97
		100	291.21	297.22	303.24	309.26
30167	LN3_M1	2	165.32	174.75	184.72	195.26
		5	210.77	222.79	235.5	248.93
		10	239.3	252.95	267.38	282.63
		50	299.03	316.08	334.11	353.17
		100	323.5	341.95	361.46	382.07
30211	LN3_M1	2	45.55	40.61	36.21	32.29
		5	71.92	64.13	57.18	50.98
		10	91.32	81.42	72.59	64.72
		50	138.85	123.8	110.38	98.42
		100	160.99	143.54	127.98	114.11
32005	LN3_M1	2	27.9	25.92	24.09	22.38
		5	37.62	34.96	32.48	30.18
		10	43.99	40.87	37.98	35.29
		50	57.87	53.78	49.97	46.43
		100	63.76	59.24	55.05	51.15
32032	LN3_M1	2	47.35	45.76	44.22	42.73
		5	57.13	55.21	53.35	51.56
		10	63.03	60.91	58.86	56.88
		50	74.87	72.36	69.92	67.57
		100	79.57	76.89	74.31	71.81
32038	LN3_M1	2	49.07	53	57.25	61.85
		5	67.24	72.63	78.46	84.75
		10	79.28	85.64	92.51	99.93
		50	105.86	114.35	123.52	133.43
		100	117.23	126.63	136.79	147.76