



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

“TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN EN LA
REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA
PACÍFICO SUR”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A :
RAQUEL PÉREZ NERI

Directora de Tesis: Dra. Leticia Gómez Mendoza



México, D.F.

Noviembre de 2009



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.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme alcanzar esta meta en vida, por ser mi guía y nunca dejar que me apartará de su lado, por permitirme conocer las personas más maravillosas y llenarme de alegrías.

A mis amados Padres

Gracias por todo su amor, por su infinita paciencia, perdón, esfuerzo y por educarme para ser la mejor y darme todas las herramientas y virtudes e inculcarme valores que me acompañaran para el resto de mi existencia, los quiero mucho y espero seguir llenándolos de orgullo.

A mi hermana Elia

Sin ti simplemente no sería yo, eres la parte que complementa mi vida, eres mi hermanita consentida y que tanto quiero, gracias por estar a mi lado dándome tus constructivas críticas pero ayudándome siempre.

A Edgar

Gracias por todo, por tu apoyo, por los consejos, por los momentos invaluable, por las alegrías, por mostrarme el mundo desde otra perspectiva y llenarme de amor, por estar conmigo a cada momento de esta aventura y ayudarme a ser una mejor persona. Te amo.

A la Dra. Leticia Gómez Mendoza

Por la paciencia, comprensión y dedicación que tuvo y el cariño que me demostró durante la realización del presente trabajo.

A mis sinodales

A la Mtra. María de la Paz Medina por inducirme al mundo de los SIG's y por las charlas tan amenas, a Mtro. José Manuel Espinoza por su ayuda y orientación a lo largo de todo este proyecto de investigación. Al profesor Francisco Hernández quien es una institución dentro del colegio de Geografía el haber compartido sus consejos para la realización de este trabajo. Gracias a todos por sus los consejos, y amor a la Geografía.

A mis amigos

Mi segunda familia Beatriz, Moisés, Guillermo, Raúl, Adriana, Nadia, quienes tuvieron que soportar mis momentos de histeria pero que siempre estaban dispuestos a ayudarme y llenarme de risas y buenos momentos, escuchándome en los no tan buenos, son parte vital de mi vida.

Esta tesis forma parte del proyecto de investigación “Análisis estadístico de eventos hidrometeorológicos extremos en el Sur y Sureste de México” con clave **CNA CONACYT48935** del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. La precipitación en México.....	3
1.2. Eventos hidrometeorológicos extremos	5
1.3. Planteamiento del problema.....	6
1.4. La Región Hidrológico–Administrativa Pacifico Sur	9
1.5. Hipótesis	10
1.6. Objetivo general.....	11
1.7. Metodología general	11
2. Materiales y Métodos	13
2.1. Base de Datos de CLICOM	13
2.2. Climdex.....	14
2.3. Tendencia de precipitación	18
2.4. Funciones de probabilidad	19
2.5. Representación espacial en Sistemas De Información Geográfica (SIG)	21
3. Resultados	24
3.1. Análisis general.....	24
3.2. Análisis por cuenca	36
3.2.1. Cuenca del Río Ixtapa	36
3.3.1. Cuenca del Río Coyuquilla.....	43
3.4.1. Cuenca del Río Atoyac de Álvarez.....	48
3.5.1. Cuenca del Río Papagayo.....	60
3.6.1. Cuenca del Río Nexpa.....	67
3.7.1. Cuenca del Río Omotepec	74
3.8.1. Cuenca del Río La Arena	81
3.9.1. Cuenca del Río Atoyac B	86
3.10.1. Cuenca del Río Colotepec	103
3.11.1. Cuenca del Río Copalita.....	108
3.12.1. Cuenca del Río Tehuantepec	111
3.13.1. Cuenca del Río Astatata	122
3.14.1. Laguna Superior e Inferior	125
4. Discusión	135
4.1. Efecto del fenómeno de El Niño y sus efectos en la RHA “Pacifico Sur”	135
4.2. Efecto de los huracanes.....	137
4.3. Tendencias de la precipitación.....	140
5. Conclusiones	141
Fuentes consultadas	144

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Lista de los índices climáticos básicos de ETCCDMI.....	17
Tabla 2. Listado de Estaciones climatológicas	24
Tabla 3. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Ixtapa”	41
Tabla 4. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Ixtapa”	42
Tabla 5. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Ixtapa”	42
Tabla 6. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Ixtapa”	43
Tabla 7. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Coyuquilla”	47
Tabla 8. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Coyuquilla”	47
Tabla 9. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Coyuquilla”	48
Tabla 10. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Coyuquilla”	48
Tabla 11. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Atoyac de Álvarez”	58
Tabla 12. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Atoyac de Álvarez”	59
Tabla 13. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Atoyac de Álvarez”	59
Tabla 14. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Atoyac de Álvarez”	60
Tabla 15. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Papagayo”	66
Tabla 16. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Papagayo”	66
Tabla 17. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Papagayo”	67

Tabla 18. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Papagayo”	67
Tabla 19. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Nexpa”	73
Tabla 20. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Nexpa”	73
Tabla 21. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Nexpa”	74
Tabla 22. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Nexpa”	74
Tabla 23. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Omotepec”	79
Tabla 24. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Omotepec”	79
Tabla 25. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Omotepec”	80
Tabla 26. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Omotepec”	80
Tabla 27. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río La Arena”	84
Tabla 28. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río La Arena”	84
Tabla 29. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río La Arena”	85
Tabla 30. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río La Arena”	85
Tabla 31. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Atoyac B”	100
Tabla 32. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Atoyac B”	101
Tabla 33. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Atoyac B”	102
Tabla 34. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Atoyac B”	103
Tabla 35. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Colotepec”	106

Tabla 36. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Colotepec”	106
Tabla 37. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Colotepec”	107
Tabla 38. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Colotepec”	108
Tabla 39. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Copalita”	110
Tabla 40. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Copalita”	110
Tabla 41. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Copalita”	111
Tabla 42. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Copalita”	111
Tabla 43. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Tehuantepec”	120
Tabla 44. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Tehuantepec”	120
Tabla 45. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Tehuantepec”	121
Tabla 46. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Tehuantepec”	121
Tabla 47. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Astata”	123
Tabla 48. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Astata”	123
Tabla 49. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Astata”	124
Tabla 50. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Astata”	124
Tabla 51. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Laguna Superior e Inferior”	132
Tabla 52. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Laguna Superior e Inferior”	132
Tabla 53. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Laguna Superior e Inferior”	133

Tabla 54. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Laguna Superior e Inferior”	134
Tabla 55. Precipitaciones más extremas para cada estación asociadas al paso de algún huracán	139

FIGURAS

Figura 1. Escenario de la precipitación para el 2080 de acuerdo con el SRES A1B	2
Figura 2. Precipitación anual en mm de los estados de Guerrero y Oaxaca	4
Figura 3. Declaratorias de desastre para el 2005 de los estados de Guerrero y Oaxaca	8
Figura 4. Cuencas de la región hidrológico – administrativa Pacífico Sur.....	9
Figura 5. Climatología de la Región Hidrológico-Administrativa Pacífico Sur	10
Figura 6. Gráfica de precipitación elaborada por RClimDex, de la estación 12022 Cópala, Gro	16
Figura 7. Gráfica de precipitación elaborada por RClimDex, de la estación 12068 San Luis Acatlán, Gro	16
Figura 8. Distribución de la precipitación con base en las técnicas de interpolación a) IDW b) Kriging c) Spline	22
Figura 9. Ubicación de las estaciones climatológicas	26
Figura 10. Hidrología de la RHA V	27
Figura 11. Tendencia de la Precipitación Anual.....	28
Figura 12. Tendencia de la precipitación mensual en un 1 día.....	29
Figura 13. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de marzo, abril y mayo.....	31
Figura 14. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de junio, julio y agosto	32
Figura 15. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de septiembre, octubre y noviembre.....	34
Figura 16. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de diciembre, enero y febrero.....	35
Figura 17. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Ixtapa.....	36
Figura 17.1. Precipitación anual de la estación 12052 “La Unión”	37
Figura 17.2. Anomalías de precipitación de la estación 12052“La Unión”	37
Figura 17.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “La Unión”	39
Figura 17.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “La Unión”	39
Figura 18.1. Precipitación anual de la estación 12094 “Vallecitos”	37
Figura 18.2. Anomalías de precipitación de la estación 12094“Vallecitos”	37
Figura 18.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Vallecitos”	39
Figura 18.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Vallecitos”	39
Figura 19.1. Precipitación anual de la estación 12121 “San Jeronimito”	38
Figura 19.2. Anomalías de precipitación de la estación 12121 “San Jeronimito”	38

Figura 19.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Jeronimito”	39
Figura 19.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Jeronimito”	39
Figura 20.1. Precipitación anual de la estación 12127 “Zihuatanejo”	38
Figura 20.2. Anomalías de precipitación de la estación 12127 “Zihuatanejo”	38
Figura 20.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Zihuatanejo”	40
Figura 20.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Zihuatanejo”	40
Figura 21. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Coyuquilla	43
Figura 21.1. Precipitación anual de la estación 12025 “Coyuquilla”	44
Figura 21.2. Anomalías de precipitación de la estación 12025 “Coyuquilla”	44
Figura 21.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Coyuquilla”	46
Figura 21.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Coyuquilla”	46
Figura 22.1. Precipitación anual de la estación 12034 “El Camalote”	45
Figura 22.2. Anomalías de precipitación de la estación 12034 “El Camalote”	45
Figura 23.1. Precipitación anual de la estación 12034 “Petatlán”	45
Figura 23.2. Anomalías de precipitación de la estación 12034 “Petatlán”	45
Figura 24. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Atoyac de Álvarez	49
Figura 24.1. Precipitación anual de la estación 12009 “Arroyo Frío”	50
Figura 24.2. Anomalías de precipitación de la estación 12009 “Arroyo Frío”	50
Figura 24.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Arroyo Frío”	54
Figura 24.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Arroyo Frío”	54
Figura 25.1. Precipitación anual de la estación 12011 “Atoyac”	50
Figura 25.2. Anomalías de precipitación de la estación 12011 “Atoyac”	50
Figura 25.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Atoyac”	55
Figura 25.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Atoyac”	55
Figura 26.1. Precipitación anual de la estación 12016 “Carrera Larga”	51
Figura 26.2. Anomalías de precipitación de la estación 12016 “Carrera Larga”	51
Figura 26.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Carrera Larga”	55
Figura 26.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Carrera Larga”	55
Figura 27.1. Precipitación anual de la estación 12024 “Coyuca de Benítez”	51
Figura 27.2. Anomalías de precipitación de la estación 12024 “Coyuca de Benítez”	51
Figura 27.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Coyuca de Benítez”	56
Figura 27.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Coyuca de Benítez”	56
Figura 28.1. Precipitación anual de la estación 12042 “Gloria Escondida”	52
Figura 28.2. Anomalías de precipitación de la estación 12042 “Gloria Escondida”	52
Figura 28.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Gloria Escondida”	56
Figura 28.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Gloria Escondida”	56
Figura 29.1. Precipitación anual de la estación 12069 “San Juan de las Flores”	52
Figura 29.2. Anomalías de precipitación de la estación 12069 “San Juan de las Flores”	52
Figura 29.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Juan de las Flores”	57

Figura 29.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Juan de las Flores”.....	57
Figura 30.1. Precipitación anual de la estación 12070 “San Luis San Pedro”.....	53
Figura 30.2. Anomalías de precipitación de la estación 12070 “San Luis San Pedro”.....	53
Figura 30.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Luis San Pedro”.....	57
Figura 30.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Luis San Pedro”.....	57
Figura 31.1. Precipitación anual de la estación 12079 “Santo Domingo”.....	53
Figura 31.2. Anomalías de precipitación de la estación 12079 “Santo Domingo”.....	53
Figura 31.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Santo Domingo”.....	58
Figura 31.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Santo Domingo”.....	58
Figura 32. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Papagayo.....	61
Figura 32.1. Precipitación anual de la estación 12088 “Tlacoapa”.....	62
Figura 32.2. Anomalías de precipitación de la estación 12088 “Tlacoapa”.....	62
Figura 32.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Tlacoapa”.....	64
Figura 32.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tlacoapa”.....	64
Figura 33.1. Precipitación anual de la estación 12107 “Ayutla”.....	62
Figura 33.2. Anomalías de precipitación de la estación 12107 “Ayutla”.....	62
Figura 33.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Ayutla”.....	64
Figura 33.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ayutla”.....	64
Figura 34.1. Precipitación anual de la estación 12112 “El Porvenir”.....	63
Figura 34.2. Anomalías de precipitación de la estación 12112 “El Porvenir”.....	63
Figura 34.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “El Porvenir”.....	65
Figura 34.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “El Porvenir”.....	65
Figura 35.1. Precipitación anual de la estación 12125 “Tixtla”.....	63
Figura 35.2. Anomalías de precipitación de la estación 12125 “Tixtla”.....	63
Figura 35.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Tixtla”.....	65
Figura 35.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tixtla”.....	65
Figura 36. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Nexpa.....	68
Figura 36.1. Precipitación anual de la estación 12012 “Ayutla”.....	69
Figura 36.2. Anomalías de precipitación de la estación 12012 “Ayutla”.....	69
Figura 36.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Ayutla”.....	71
Figura 36.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ayutla”.....	71
Figura 37.1. Precipitación anual de la estación 12022 “Cópala”.....	69
Figura 37.2. Anomalías de precipitación de la estación 12022 “Cópala”.....	69
Figura 37.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Cópala”.....	71
Figura 37.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Cópala”.....	71
Figura 38.1. Precipitación anual de la estación 12068 “San Luis Acatlán”.....	70
Figura 38.2. Anomalías de precipitación de la estación 12068 “San Luis Acatlán”.....	70
Figura 38.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Luis Acatlán”.....	72
Figura 38.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Luis Acatlán”.....	72

Figura 39.1. Precipitación anual de la estación 12071 “San Marcos”	70
Figura 39.2. Anomalías de precipitación de la estación 12071 “San Marcos”	70
Figura 39.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Marcos”	72
Figura 39.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Marcos”	72
Figura 40. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Ometepec	75
Figura 40.1. Precipitación anual de la estación 20010 “San Juan Cacahuatepec”	76
Figura 40.2. Anomalías de precipitación de la estación 20010 “San Juan Cacahuatepec”	76
Figura 40.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Juan Cacahuatepec”	77
Figura 40.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Juan Cacahuatepec”	77
Figura 41.1. Precipitación anual de la estación 12066 “Quetzala”	76
Figura 41.2. Anomalías de precipitación de la estación 12066 “Quetzala”	76
Figura 41.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Quetzala”	78
Figura 41.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Quetzala”	78
Figura 42.1. Precipitación anual de la estación 12072 “San Pedro Cuitlapa”	77
Figura 42.2. Anomalías de precipitación de la estación 12072 “San Pedro Cuitlapa”	77
Figura 42.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Pedro Cuitlapa”	78
Figura 42.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Pedro Cuitlapa”	78
Figura 43. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río La Arena	81
Figura 43.1. Precipitación anual de la estación 20088 “Santiago Pinotepa Nacional”	82
Figura 43.2. Anomalías de precipitación de la estación 20088 “Santiago Pinotepa Nacional”	82
Figura 43.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Santiago Pinotepa Nacional”	83
Figura 43.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Santiago Pinotepa Nacional”	83
Figura 44.1. Precipitación anual de la estación 20200 “El Carrizo”	82
Figura 44.2. Anomalías de precipitación de la estación 20200 “El Carrizo”	82
Figura 45.1. Precipitación anual de la estación 12208 “Cuajinicuilapa”	83
Figura 45.2. Anomalías de precipitación de la estación 12208 “Cuajinicuilapa”	83
Figura 46. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Atoyac Bajo	86
Figura 46.1. Precipitación anual de la estación 20022 “Coyotepec”	87
Figura 46.2. Anomalías de precipitación de la estación 20022 “Coyotepec”	87
Figura 46.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Coyotepec”	94
Figura 46.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Coyotepec”	94
Figura 47.1. Precipitación anual de la estación 20026 “Chalcatongo de Hidalgo”	87
Figura 47.2. Anomalías de precipitación de la estación 20026 “Chalcatongo de Hidalgo”	87
Figura 48.1. Precipitación anual de la estación 20034 “Etlá”	88
Figura 48.2. Anomalías de precipitación de la estación 20034 “Etlá”	88
Figura 48.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Etlá”	95
Figura 48.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Etlá”	95
Figura 49.1. Precipitación anual de la estación 20038 “Ixtlayutla”	88
Figura 49.2. Anomalías de precipitación de la estación 20038 “Ixtlayutla”	88

Figura 49.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Ixtlayutla”	95
Figura 49.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ixtlayutla”	95
Figura 50.1. Precipitación anual de la estación 20044 “Jalapa del Valle”	89
Figura 50.2. Anomalías de precipitación de la estación 20044 “Jalapa del Valle”	89
Figura 50.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Jalapa del Valle”	96
Figura 50.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Jalapa del Valle”	96
Figura 51.1. Precipitación anual de la estación 20070 “Miahuatlan”	89
Figura 51.2. Anomalías de precipitación de la estación 20070 “Miahuatlan”	89
Figura 51.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Miahuatlan”	96
Figura 51.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Miahuatlan”	96
Figura 52.1. Precipitación anual de la estación 20071 “Miahuatlan”	90
Figura 52.2. Anomalías de precipitación de la estación 20071 “Miahuatlan”	90
Figura 52.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Miahuatlan”	97
Figura 52.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Miahuatlan”	97
Figura 53.1. Precipitación anual de la estación 20079 “Oaxaca”	90
Figura 53.2. Anomalías de precipitación de la estación 20079 “Oaxaca”	90
Figura 53.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Oaxaca”	97
Figura 53.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Oaxaca”	97
Figura 54.1. Precipitación anual de la estación 20085 “Paso Ancho”	91
Figura 54.2. Anomalías de precipitación de la estación 20085 “Paso Ancho”	91
Figura 54.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Paso Ancho”	98
Figura 54.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Paso Ancho”	98
Figura 55.1. Precipitación anual de la estación 20086 “Paso de la Reyna”	91
Figura 55.2. Anomalías de precipitación de la estación 20086 “Paso de la Reyna”	91
Figura 56.1. Precipitación anual de la estación 20118 “San Miguel Ejutla”	92
Figura 56.2. Anomalías de precipitación de la estación 20118 “San Miguel Ejutla”	92
Figura 56.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Miguel Ejutla”	98
Figura 56.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Miguel Ejutla”	98
Figura 57.1. Precipitación anual de la estación 20130 “Santa María Yucuhiti”	92
Figura 57.2. Anomalías de precipitación de la estación 20130 “Santa María Yucuhiti”	92
Figura 57.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Santa María Yucuhiti”	99
Figura 57.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Santa María Yucuhiti”	99
Figura 58.1. Precipitación anual de la estación 20135 “Santiago Minas”	93
Figura 58.2. Anomalías de precipitación de la estación 20135 “Santiago Minas”	93
Figura 58.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Santiago Minas”	99
Figura 58.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Santiago Minas”	99
Figura 59.1. Precipitación anual de la estación 20153 “Teojomulco”	93
Figura 59.2. Anomalías de precipitación de la estación 20153 “Teojomulco”	93
Figura 59.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Teojomulco”	100

Figura 59.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tejomulco”	100
Figura 60.1. Precipitación anual de la estación 20165 “Tlacoluca de Matamoros”	94
Figura 60.2. Anomalías de precipitación de la estación 20165 “Tlacoluca de Matamoros”	94
Figura 61. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Colotepec.....	104
Figura 61.1. Precipitación anual de la estación 20047 “Santa Catarina Juquilla”	105
Figura 61.2. Anomalías de precipitación de la estación 20047 “Santa Catarina Juquilla”	105
Figura 61.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Santa Catarina Juquilla”	116
Figura 61.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Santa Catarina Juquilla”	116
Figura 62.1. Precipitación anual de la estación 20246 “La Ceiba”	105
Figura 62.2. Anomalías de precipitación de la estación 20246 “La Ceiba”	105
Figura 63. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Copalita.	108
Figura 63.1. Precipitación anual de la estación 20120 “San Miguel Suchixtepec”	109
Figura 63.2. Anomalías de precipitación de la estación 20120 “San Miguel Suchixtepec”	109
Figura 63.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Miguel Suchixtepec”	109
Figura 63.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Miguel Suchixtepec”	109
Figura 64. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Tehuantepec.....	112
Figura 64.1. Precipitación anual de la estación 20009 “Boquilla Número Uno”	113
Figura 64.2. Anomalías de precipitación de la estación 20009 “Boquilla Número Uno”	113
Figura 64.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Boquilla Número Uno”	117
Figura 64.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Boquilla Número Uno”	117
Figura 65.1. Precipitación anual de la estación 20043 “Jalapa del Marqués”	113
Figura 65.2. Anomalías de precipitación de la estación 20043 “Jalapa del Marqués”	113
Figura 65.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Jalapa del Marqués”	117
Figura 65.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Jalapa del Marqués”	117
Figura 66.1. Precipitación anual de la estación 20109 “San Jerónimo Taviche”	114
Figura 66.2. Anomalías de precipitación de la estación 20109 “San Jerónimo Taviche”	114
Figura 66.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Jerónimo Taviche”	117
Figura 66.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Jerónimo Taviche”	117
Figura 67.1. Precipitación anual de la estación 20149 “Tehuantepec”	114
Figura 67.2. Anomalías de precipitación de la estación 20149 “Tehuantepec”	114
Figura 67.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Tehuantepec”	118
Figura 67.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tehuantepec”	118
Figura 68.1. Precipitación anual de la estación 20162 “Tequisistlan”	115
Figura 68.2. Anomalías de precipitación de la estación 20162 “Tequisistlan”	115
Figura 68.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Tequisistlan”	118
Figura 68.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tequisistlan”	118
Figura 69.1. Precipitación anual de la estación 20184 “San Carlos Yautepec”	115
Figura 69.2. Anomalías de precipitación de la estación 20184 “San Carlos Yautepec”	115
Figura 69.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Carlos Yautepec”	119

Figura 69.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Carlos Yautepec”	119
Figura 70.1. Precipitación anual de la estación 20191 “Zoquitlan”	116
Figura 70.2. Anomalías de precipitación de la estación 20191 “Zoquitlan”	116
Figura 70.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Zoquitlan”	119
Figura 70.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Zoquitlan”	119
Figura 71. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Astatata.....	122
Figura 71.1. Precipitación anual de la estación 20132 “Santiago Astatata”	123
Figura 71.2. Anomalías de precipitación de la estación 20132 “Santiago Astatata”	123
Figura 72. Ubicación e hidrología de Laguna Superior e Inferior.....	125
Figura 72.1. Precipitación anual de la estación 20027 “Chicapa de Castro”	126
Figura 72.2. Anomalías de precipitación de la estación 20027 “Chicapa de Castro”	126
Figura 72.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Chicapa de Castro”	129
Figura 72.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Chicapa de Castro”	129
Figura 73.1. Precipitación anual de la estación 20039 “Ixtepec”	126
Figura 73.2. Anomalías de precipitación de la estación 20039 “Ixtepec”	126
Figura 73.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Ixtepec”	129
Figura 73.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ixtepec”	129
Figura 74.1. Precipitación anual de la estación 20048 “Juchitan de Zaragoza”	127
Figura 74.2. Anomalías de precipitación de la estación 20048 “Juchitan de Zaragoza”	127
Figura 74.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Juchitan de Zaragoza”	130
Figura 74.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Juchitan de Zaragoza”	130
Figura 75.1. Precipitación anual de la estación 20082 “Ostuta”	127
Figura 75.2. Anomalías de precipitación de la estación 20082 “Ostuta”	127
Figura 75.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Ostuta”	130
Figura 75.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ostuta”	130
Figura 76.1. Precipitación anual de la estación 20117 “San Miguel Chimalapa”	128
Figura 76.2. Anomalías de precipitación de la estación 20117 “San Miguel Chimalapa”	128
Figura 76.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Miguel Chimalapa”	131
Figura 76.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Miguel Chimalapa”	131
Figura 77.1. Precipitación anual de la estación 20173 “Unión Hidalgo”	128
Figura 77.2. Anomalías de precipitación de la estación 20173 “Unión Hidalgo”	128
Figura 77.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Unión Hidalgo”	131
Figura 77.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Unión Hidalgo”	131
Figura 78. Número de estaciones que presentaron mínima histórica en la RHA Pacífico Sur	136
Figura 79. Número de estaciones que presentaron máxima histórica en la RHA Pacífico Sur.....	136
Figura 80. Trayectoria de los principales huracanes que han afectado la RHA Pacífico Sur.....	138

1. INTRODUCCIÓN

Por su localización geográfica, la República Mexicana se encuentra en el área de influencia de la Zona Intertropical de Convergencia (ZICT), por lo que se ve afectada por sistemas meteorológicos de latitudes medias durante el invierno y por sistemas tropicales en el verano (Magaña et al, 1999). Por la extensión del país, este abarca una gran variedad de climas, que van de los áridos a los subhúmedos y húmedos. En conjunto con esto existen factores como el relieve, la vegetación, el tipo y uso del suelo y la cercanía del mar, que conforman en gran medida el tipo de clima que se presenta en una región.

De todo este conjunto de elementos y factores que modulan el clima pueden resultar eventos hidrometeorológicos a los que México es particularmente susceptible debido a la interacción de los diferentes factores, los eventos El Niño o La Niña, así como a condiciones hidrometeorológicas extremas que han causado graves daños y desastres entre la población, los desastres de origen hidrometeorológicos son los que afectan en mayor medida a la población mundial. Es por ello que desde siempre ha existido un gran interés en pronosticar estaciones de precipitación abundante o escasa. En México, las actividades agrícolas son las más afectadas por eventos extremos en la época de lluvias debido al régimen de cultivo de temporal (Florescano, 1980 citado en Magaña, 1999).

El cambio en la disponibilidad de agua a lo largo de las estaciones del año es un problema de gran importancia, pues se ha vuelto recurrente el paso de periodos de secas a periodos de inundaciones. El ciclo sequías-exceso de lluvia, reflejo de la variabilidad climática natural, frecuentemente se traduce en desastres por nuestra alta vulnerabilidad en materia hidrológica (INE, 2006).

En el caso del cambio climático, por ejemplo, prácticamente no hay duda de que el mundo experimentará temperaturas más elevadas y un ciclo hidrológico más intenso y con una mayor ocurrencia de eventos extremos, particularmente de precipitación y temperatura (Gordon et al, 1992; Nicholls, 1995; Karl y Night, 1998; Hennessy et al, 1997)

El aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) deriva en el aumento de la ampliación en los rangos de la variabilidad climática y la mayor ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Los modelos de simulación del clima mundial pronostican que entre los efectos más importantes del Cambio Climático están (SEMARNAT, 2007):

- Aumento de la temperatura media superficial de 2 a 6 ° C para el 2100.
- Cambios en los patrones de precipitación pluvial global con importantes diferencias a escala local (Figura 1).
- Elevación del nivel de mar del mar de 0.2 a 1.5 metros.
- Cambios en la humedad del suelo al aumentar la evaporación.

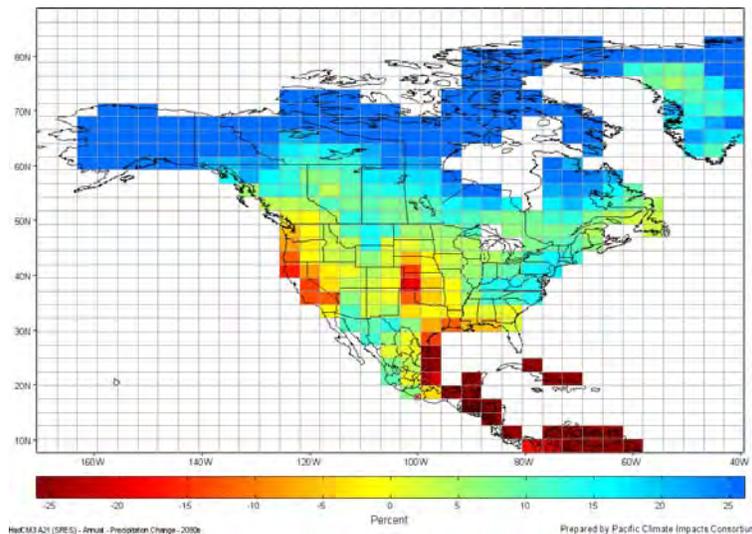


Figura 1. Escenario de la precipitación para el 2080 de acuerdo con el SRES A1B. Fuente: www.cics.uvic.ca/scenarios

De acuerdo con Molina en el IV Foro Mundial del Agua (2006) “el impacto de cambio climático en el agua es la intensificación del ciclo hidrológico, que aumentaría los flujos del líquido hacia los continentes y afectarían la disponibilidad del recurso”.

En la Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático (2006), los eventos extremos, como huracanes y frentes fríos (nortes), estima que los nortes se volverán menos frecuentes, disminuyendo las precipitaciones en la región del Golfo de México, para los ciclones tropicales habría un

aumento de su intensidad. El ciclo sequias-exceso de lluvia, reflejo de la variabilidad climática natural, se podría ver acentuado bajo condiciones de cambio climático. Se proyecta un incremento en la frecuencia de eventos extremos de precipitación en casi todas las regiones de México.

1.1. LA PRECIPITACIÓN EN MÉXICO

México es afectado por sistemas tanto de latitudes medias en invierno y sistemas tropicales en verano, a pesar de que hay lluvias en invierno, principalmente para Baja California y Baja California Sur, las lluvias más intensas ocurren en el verano ya que el 68% de la precipitación normal mensual cae entre los meses de junio y septiembre (SEMARNAT, 2008). En verano el tiempo es afectado principalmente por la actividad de los huracanes y las ondas del este, mientras que para el invierno se ve afectado por los frentes fríos.

La precipitación en México se caracteriza por lluvias en verano con un porcentaje variable del 5 al 10% con lluvias en invierno. El 42% del país, tiene precipitaciones medias anuales inferiores a los 500 mm, principalmente en el norte, mientras que en la porción sureste, que es el 7% del territorio, existen precipitaciones por arriba de los 2000 mm (Mendoza, 2001). La precipitación promedio de las zonas templadas es inferior a los 635 mm anuales, en la zona fría es de unos 460 mm y en la zona semiárida del norte del país de 254 mm (Equihua, 2004). En el resto de las vertientes del Pacífico la precipitación se presenta esencialmente en verano y parte del otoño, lo que sugiere, la entrada de los ciclones tropicales que se originan en el Océano Pacífico con el aumento de precipitación de septiembre. Las cuencas altas de los ríos Verde, Mixteco y Tehuantepec, debido a su aislamiento de los vientos húmedos por las altas montañas que las rodean y al calentamiento adiabático del aire al descender por sus laderas, reciben menos de 1 000 mm de lluvia al año y en algunos sitios menos de 600 (Figura 2), la temporada lluviosa es en el verano, por lo que las lluvias son de carácter convectivo en su mayoría (García. 1973).

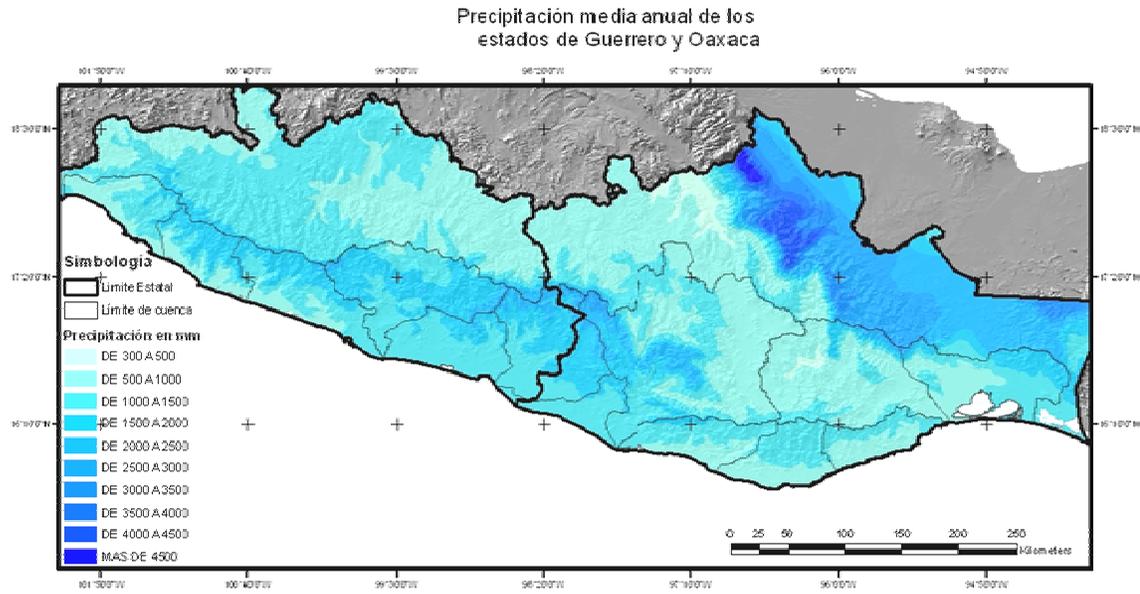


Figura 2. Precipitación anual en mm de los estados de Guerrero y Oaxaca. Fuente INEGI

En el verano la precipitación está asociada a los sistemas meteorológicos como: a) la Zona Intertropical de Convergencia, b) el monzón Mexicano, c) las ondas del este, d) los huracanes en el Pacífico, Golfo de México y el Mar Caribe. En el régimen de la precipitación de verano se encuentran dos máximos de lluvias en junio y septiembre, esta disminución en la precipitación de junio y agosto corresponde a la canícula, sequía intraestival, sequía del medio verano o veranillo, nombres que recibe de acuerdo al lugar donde se experimente dicho fenómeno (Magaña et al. 1999). El aumento de la temperatura es debido a la disminución de nubes convectivas profundas. El fenómeno de Niño (ENOS) tiene una gran influencia sobre la precipitación en país (Magaña, 1999), los inviernos Niño resultan en una intensificación de las lluvias para el norte del país, mientras que en el sur estas disminuyen, condiciones que van asociadas a inviernos más fríos en toda la república por un aumento en la frecuencia de nortes, mientras que un evento Niño en verano presenta una disminución en las lluvias en la mayor parte del país debido a que la Zona Intertropical de Convergencia permanece más cercana al ecuador, una disminución en el número de huracanes y una menor humedad en la atmósfera por la disminución del flujo del oeste (Magaña, 1999).

1.2. EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

En años recientes los eventos meteorológicos extremos han provocado un aumento en los desastres derivados de estos. Según Kunkel (2003) la concentración de población cerca de los ríos ha provocado que la sociedad se encuentre expuesta a los peligros por inundación, los cuales tan solo en Estados Unidos ascienden a un billón de dólares. Para que ocurra una inundación, esta va a estar determinada por el tamaño de la cuenca en donde ocurra la precipitación, por ejemplo en cuencas pequeñas una lluvia intensa de un par de horas es capaz de producir una inundación (Kunkel, 2003). A la fecha existen diferentes definiciones sobre eventos hidrometeorológicos extremos:

Un evento extremo de lluvia puede ser definido climatológicamente como aquel que ocurre en uno de los extremos de la distribución de frecuencia climatológica. Carvalho et al. (2002) por ejemplo definen eventos extremos de precipitación como aquellos que presentan 20% o más del total climatológico estacional para una estación en 24 horas. Chaves y Cavalcanti (2000) consideran eventos extremos aquellos con precipitación diaria superior al 300% de la media climatológica diaria y con una persistencia de 3 días (Marengo, 2004)

El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) considerará a una precipitación diaria como extrema cuando al compararse con la serie de lluvias máximas en 24 horas del mes con relación a los datos disponibles en dicha estación, la precipitación en cuestión resulte mayor al 90% de los valores en la muestra (DOF, 2009). Las lluvias extraordinarias, también conocidas como lluvias atípicas e impredecibles, según el Servicio Meteorológico Nacional de la CNA, son aquellas precipitaciones abundantes que superan la media histórica más una desviación estándar de precipitación en un punto determinado, cuya ocurrencia puede darse dentro o fuera del periodo correspondiente a la estación climática de lluvias. (SEDESOL, 2004)

Para México de acuerdo con Jáuregui (2000), la frecuencia de lluvias severas (>20 mm/hr) ha aumentado en la década de los ochentas, un relativo pequeño cambio en la temperatura

media, puede resultar en una mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos, por ejemplo sequías seguidas de intensas lluvias, reducen la capacidad de absorción del suelo e incrementa el potencial de inundación (Jauregui, 2001).

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México han ocurrido, por efecto de desastres, alrededor de 10,000 muertes, de 1980 a 1999, aproximadamente 500 cada año. Las pérdidas económicas calculadas alcanzan 9,600 millones de dólares con un monto promedio anual cercano a los 500 millones de dólares (Bitran, 2000 citado en Salas, 2006).

Los impactos de un clima anómalo o extremo en diversos sectores de la actividad humana son lo que ha llevado a la sociedad, incluyendo sus instituciones de gobierno, a interesarse en el tema del cambio climático (Magaña, 2005). Los cambios en temperatura y precipitación sugieren tener un impacto dramático en el régimen y la magnitud de la escorrentía, la humedad del suelo y la evaporación, así como en el grado de aridez de algunas zonas hidrológicas del país (Mendoza et al. 2005).

El conocimiento de la dinámica atmosférica se considera un factor esencial a partir del cual se puede calcular el volumen medio del agua aprovechable, así como también es importante tomar en cuenta que gran parte del agua superficial y subterránea proviene directamente de la precipitación (Maderey y Jiménez, 2000).

En la actualidad el estudio del clima se ha desarrollado mediante la incursión de nuevos métodos y tecnologías (sensores remotos, estaciones climáticas automatizadas, instrumentos de precisión con lecturas de mejor calidad, una red de estaciones climáticas más amplia, entre otros, dejando atrás la forma tradicional de hacer climatología basada en estudios descriptivos que no consideraban las relaciones con otros componentes del sistema climático (océanos, vegetación, etc.). Ejemplo de esto se puede observar en trabajos como los realizados por García (1964), Bassols, Mosiño (1959), Wallen (1955), etc; dichos trabajos hicieron grandes aportes en su momento, incluso actualmente son de gran apoyo

para la actualización y elaboración de nuevos documentos, sin embargo, las demandas del estudio de la climatología en México requiere datos referentes a temas relacionados con el cambio climático, la influencia del fenómeno ENOS en el tiempo y el clima, las tendencias de las variables más importantes del clima como lo son la temperatura y la precipitación, así como también eventos climáticos extremos que son los que más afectan a la población y las actividades económicas. Por ejemplo trabajos realizados por Magaña (1995) donde relaciona las anomalías de precipitación con el fenómeno ENOS (El Niño, Oscilación del Sur). Desde hace algunos años, se sabe que el fenómeno de El Niño afecta las lluvias en México (Magaña y Quintanar, 1997). Por ejemplo, Mosiño y Morales (1988) encontraron que el fenómeno de ENOS tiene grandes repercusiones en la precipitación en el sureste del país. Otros trabajos han confirmado el papel que juega El Niño, no sólo en las lluvias de verano, sino también en las de invierno (Cavazos y Hastenrath, 1990).

Durante el verano en el Pacífico Sur, cuando la zona intertropical de convergencia (ZITC) se desplaza hacia el norte, se produce una gran inestabilidad del aire y precipitaciones convectivas, aunado a esto se produce un fenómeno monzónico por el centro de baja presión que se forman sobre la cuenca del Balsas. La precipitación producida por el aire monzónico es mayor en la parte sur de las montañas, y por efecto del relieve aumentan en altitud produciendo una mayor precipitación en las partes altas. También se puede distinguir una marcada influencia de los ciclones tropicales del Pacífico para la región (Vidal, 2001). La precipitación promedio para el Pacífico Sur es 1 278.6 mm según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2007). Sin embargo algunos fenómenos meteorológicos como los huracanes y tormentas, provocan inundaciones y deslaves. Esto conlleva impactos potenciales en materia de salud pública, producción de alimentos, disponibilidad de agua, afectación de ecosistemas, pérdida de infraestructura y asentamientos humanos, además existen grandes posibilidades de que aumenten los incendios forestales y que empeore la contaminación atmosférica en las ciudades (Moreno, 2004). Recientemente se han emitido varias declaratorias de desastre por lluvias extremas en la región, un ejemplo de estas es declaratoria de los días 15 y 16 de julio de 2007, en trece municipios del Estado de Oaxaca donde el impacto de huracanes y de lluvias transformaron el paisaje natural de la región y modificaron hábitos de la población

(Barrientos, 2006). Como se puede apreciar en la figura 3, los diferentes municipios que se vieron afectados por eventos hidrometeorológicos extremos durante el 2005, siendo el más significativo el paso del huracán Stan.

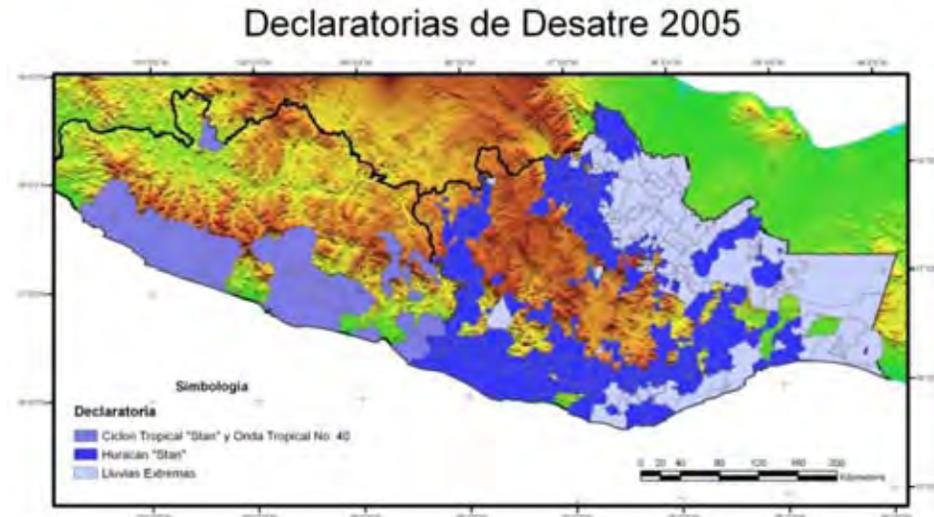


Figura 3. Declaratorias de desastre para el 2005 de los estados de Guerrero y Oaxaca. Fuente: CENAPRED, 2006

Con base en lo anterior, el presente estudio pretende aportar información que sirva como base para un mejor conocimiento del comportamiento de la lluvia en los próximos años, así como enfatizar la importancia que tienen los eventos hidrometeorológicos extremos como las lluvias intensas, inundaciones, etc., que afectan las actividades humanas. La zona de estudio del presente trabajo es la Región Hidrológico-Administrativa V “Pacífico Sur” de las 13 regiones hidrológica-administrativas en las cuales está dividido el país para el manejo y gestión del agua de acuerdo con la regionalización de la Comisión Nacional de Agua. Esta delimitación es tomada con base en el proyecto de investigación de “Eventos hidrometeorológicos extremos en sur y sureste de México”, de CONACYT y Comisión Nacional del Agua, como parte del Fondo sectorial de investigación y desarrollo sobre el Agua.

1.4. LA REGIÓN HIDROLOGICO-ADMINISTRATIVA PACIFICO SUR

La Comisión Nacional del Agua (Conagua), cuenta con 13 Regiones Hidrológico-Administrativas, estas regiones están agrupadas por cuencas, que procuran respetar los límites municipales para que se pueda dar una fácil integración de la información socioeconómica, del cual Conagua es el órgano administrativo, normativo, técnico y consultivo encargado de la gestión de dichas regiones hidrológicas. Las regiones hidrológico-administrativas se subdividen en 37 regiones hidrológicas en las cuales están agrupadas las 718 cuencas hidrográficas del país. Una cuenca se puede definir como: “la poligonal formada por los puntos de mayor elevación en donde el agua a través de sus distintas formas, se almacena o fluye hasta un punto de salida a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de las otras, aun sin que desemboquen en el mar. La cuenca hidrológica es la unidad de gestión de los recursos hídricos” (Conagua, 2007).

Se seleccionó la región hidrológico-administrativa “Pacífico Sur” (RHA V), ubicada en el sur-sureste de la República Mexicana. Su territorio abarca las costas de los estados de Oaxaca y de Guerrero, tiene su sede en la ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca, abarca las regiones hidrológicas No. 19 Costa Grande de Guerrero, No. 20 Costa Chica de Guerrero, No. 21 Costa de Oaxaca y No. 22 Tehuantepec (Figura 4).



Figura 4. Cuencas de la región hidrológico – administrativa Pacífico Sur. Elaboración propia con datos de CENAPRED e INEGI

Sus escurrimientos desembocan en el Océano Pacífico. Tiene una superficie de 79,645.30 kilómetros cuadrados (33% corresponde al estado de Guerrero y 67%, al de Oaxaca); comprende 362 municipios, en su territorio se ubican 12 cuencas hidrológicas. Su población para el 2005 era de 4 039 826 habitantes, siendo el 59% población urbana y el 41% población rural.

Predominan los climas cálidos subhúmedos en sus tres subtipos Aw_0 , Aw_1 y Aw_2 , que van desde el nivel del mar hasta los 900 msnm, también hay una pequeña porción de clima cálido subhúmedo en las vertientes australes de la Sierra Madre del Sur desde el norte de Atoyac hasta la Sierra de Miahuatlán. En la parte alta de las montañas se encuentran también climas templados que van de los 1800 a 2500 msnm, por su parte el clima semifrío subhúmedo se localiza en pequeñas porciones como en las laderas de la sierra de Miahuatlán (Vidal, 2001).

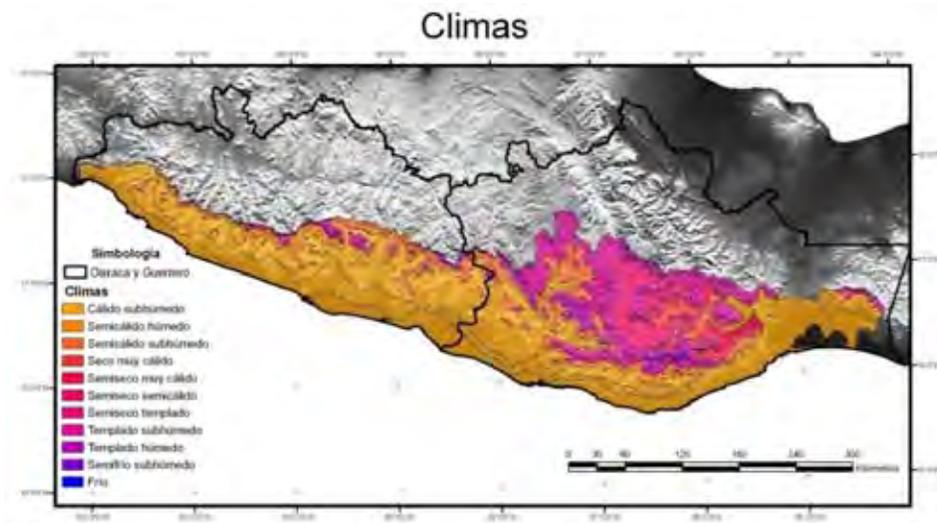


Figura 5. Climatología de la Región Hidrológico-Administrativa Pacífico Sur. Elaboración propia con datos de INEGI

1.5. HIPOTESIS

De acuerdo con las tendencias de la precipitación anual en México, indican que la mayor parte de la República Mexicana tendrá una tendencia de mayor precipitación, principalmente para los estados del norte, pero para aquellos estados del sureste, parece indicar que hay una tendencia a una menor precipitación, para las dos estaciones húmedas

(verano e invierno), el caso del verano la precipitación tiende a disminuir al contrario del invierno donde se incrementa. En el caso de la tendencia de la ocurrencia de eventos de precipitación extrema podría haber un aumento, por lo que cada vez son más frecuentes los eventos extremos aunque haya una tendencia negativa en la precipitación. Resulta de gran interés investigar si la precipitación en el Pacífico Sur tiende a presentar un comportamiento semejante.

1.6. OBJETIVO GENERAL

Determinar las tendencias de las precipitaciones extremas en la región hidrológico-administrativa V “Pacífico Sur”.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Evaluar la tendencia anual para cada cuenca por medio del programa RCLimdex
2. Estimar la tendencia para cada cuenca utilizando una tendencia de regresión lineal.
3. Determinar la precipitación para periodos de retorno definidos por medio de la distribución de probabilidad Gumbel.

1.7. METODOLOGÍA GENERAL

Se utilizó la base de datos del clima con carácter oficial en el país, operada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) denominado Clima Computarizado (CLICOM). Esta base de datos contiene la información registrada en la red de estaciones climatológicas convencionales con datos hasta el 2005. Para tener un análisis más confiable y estable las estaciones seleccionadas deberían de tener más de 40 años de registro y estar completos al menos en un 80%. El número de estaciones seleccionadas es de 63 procurando que cumplieran los criterios y que estuvieran lo mejor distribuidas.

El análisis se hizo trimestralmente, con el promedio trimestral de cada estación para poder obtener el comportamiento tanto del periodo húmedo que corresponde al verano, así como a la temporada seca, con el fin de obtener datos más finos que nos pudieran revelar las tendencias.

Para determinar las tendencias de la precipitación se utilizó el programa Rclimindex (Zhang, Yang, 2004), el cual proporcionó un control de calidad sobre los datos de las estaciones así como la creación de las graficas y las tendencias para cada una de las estaciones.

Una de las funciones de probabilidad más usadas en hidrología para estimar los valores extremos es la denominada Distribución Gumbel (Chow et al, 1994) o EV-I, siendo la función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[\frac{-x - \beta}{\alpha} - \exp \left(\frac{-x - \beta}{\alpha} \right) \right]$$

En donde α y β son los parámetros de la distribución. (Sánchez, 2007)

La función de probabilidad genera variables aleatorias que sirvieron para determinar la tendencia de la ocurrencia de los fenómenos hidrometeorológicos extremos. Con los datos resultantes se elaboraron mapas y gráficas de la tendencia de la precipitación para la región hidrológico-administrativa.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. BASE DE DATOS DE CLICOM

El CLICOM (Clima computarizado) es un software cuya base de datos es utilizada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) con carácter oficial, la cual contiene el registro de la red de estaciones climatológicas convencionales. El CLICOM es una cooperación voluntaria de los Estados Unidos al programa voluntario de cooperación en apoyo a la base de datos climática mundial y fue programado en el National Climatic Data Center en Ashville, North Carolina y National Weather Service en Silver Spring, Maryland, en el año de 1992 (Salinas, 1998).

De la base de datos del CLICOM se extrajeron los parámetros de precipitación representados por la variable número 5, a la temperatura máxima le corresponde la variable número 2 y la temperatura mínima es representada por la variable 3, para las 62 estaciones de la zona de estudio. Debido a la falta de datos dentro de las series climáticas de cada estación, fue necesario hacer una depuración de las estaciones. La cual consistió en acomodar los datos en un calendario, a modo que los 3 parámetros coincidieran con sus respectivas fechas. También se reemplazaron los valores de 99999, el cual significa no dato, por -99.90, con la finalidad de que lo pudiera correr el programa RClimDex. También se reemplazaron valores mayores de 1000 en la temperatura mínima, para lo cual se dividió el número extremo entre -10 000, para que se obtuvieran los valores negativos de las temperaturas mínimas.

2.2. CLIMDEX

ClimDex es un programa basado en Microsoft Excel que proporciona un paquete computacional fácil de usar para el cálculo de índices de extremos climáticos para monitorear y detectar cambio climático. Fue desarrollado y mantenido por Xuebin Zhang y Feng Yang del Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico de Canadá. Su desarrollo inicial fue financiado por la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional a través del Proyecto de Cambio Climático de la Cooperación Canadá – China (C5). Ha sido usado en talleres CCI/CLIVAR sobre índices climáticos desde el 2001 (Zhang, Yang, 2004).

RClimDex (1.0) fue desarrollado para un ambiente en la plataforma R, “R es un entorno de software libre para la computación y gráficos estadísticos. Se compila y ejecuta en una amplia variedad de plataformas UNIX, Windows y Mac OS. R ofrece una amplia variedad de estadísticas (modelos lineales y no lineales, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series temporales, clasificación, agrupamiento, etc.) y técnicas gráficas, y es altamente extensible” (<http://www.r-project.org>). RClimDex está diseñado para calcular los 27 índices básicos recomendados por el Equipo de Expertos de CCI/CLIVAR para “Climate Change Detection Monitoring and Índices” (ETCCDMI) así como también otros índices de temperatura y precipitación con límites definidos por el usuario. (Zhang, Yang, 2004). Este software incluye un procedimiento de control de calidad de datos, el cual es un prerrequisito para el cálculo de los índices y consta de un control de calidad interno del software y un control de calidad realizado por el usuario

En el control de calidad interno del software, se reemplazan todos los datos faltantes (los valores -99.9) en un formato interno que reconoce R (NA= no disponible), también reemplaza los valores no lógicos como: cantidades de precipitación diaria menor que cero y la temperatura máxima diaria menor que la temperatura mínima diaria. El control de calidad realizado por el usuario se identifica valores extremos en temperaturas diarias máximas y mínimas. Estos valores extremos son definidos por el usuario escogiendo la media \pm “X” desviaciones estándares para marcar datos problemáticos de temperatura, el

usuario elige si se dejan, modifican o eliminan esos datos. Una vez que se acomodaron las estaciones en el calendario se guardan en el formato PNR (texto separado por espacios), para poder cargar los datos en el programa RClimdex, para el control de calidad externo se definieron 4 desviaciones estándares, con el propósito de obtener los valores más extremos. Al correr el control de calidad se obtuvieron las gráficas que permitieron observar el comportamiento de la serie climática e identificar los faltantes de datos climáticos, así como los valores más extremos (Figura 6). También se puede observar las irregularidades en la serie historia, con éstas gráficas se puede inferir los datos falsos, una mala calibración de los instrumentos o la toma de datos de manera errónea (Figura 7).

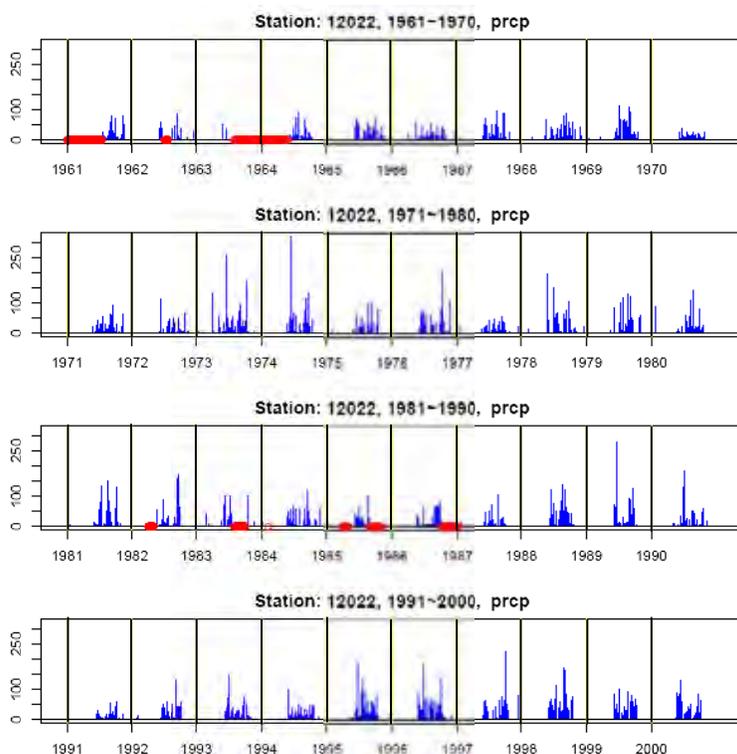


Figura 6. Grafica de precipitación elaborada por RClmDex, de la estación 12022 Cópala, Gro.

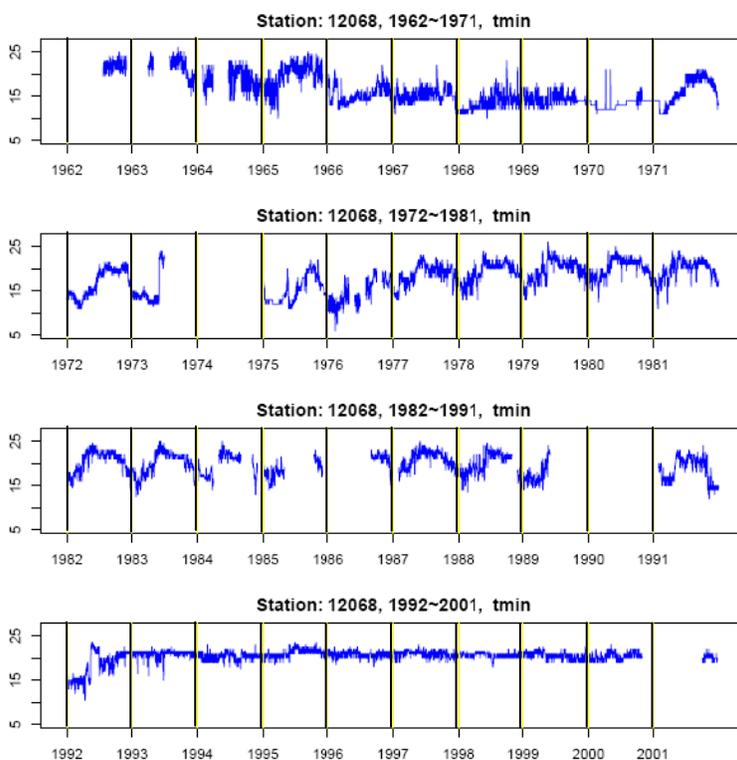


Figura 7. Grafica de precipitación elaborada por RClmDex, de la estación 12068 San Luis Acatlán, Gro.

Posteriormente se calculan los índices, para la cual previamente se tuvo que haber calculado los umbrales para los parámetros que se utilizados. Los umbrales fueron definidos por el percentil 10 para los parámetros de temperatura mínima mínima y temperatura máxima mínima y el percentil 90 para los parámetros de temperatura mínima máxima, temperatura máxima máxima y precipitación máxima. Bajo estos umbrales se hace el cálculo de los 27 índices.

Tabla 1. Lista de los índices climáticos básicos de ETCCDMI

ID	Nombre del Indicador	Definición	Unidad
FD0	Frost days (Días de heladas)	Número de días en un año cuando TN(mínimo diario)<0°C	Días
SU25	Summer days (Días de verano)	Número de días en un año cuando TX(máximo diario)>25°C	Días
ID0	Ice days (Días de hielo)	Número de días en un año cuando TX(máximo diario)<0°C	Días
TR20	Tropical nights (Noches tropicales)	Número de días en un año cuando TN(mínimo diario)>20°C	Días
GSL	Growing season Length (Duración de la estación de cultivo)	Anual (1st Ene a 31 st Dic. en HN, 1 st Julio a 30 th Junio en HS) cuenta entre el primer periodo de por lo menos 6 días con TG>5°C y primer periodo después de Julio 1 (Enero 1 en HS) de 6 días con TG<5°C	Días
TXx	Max Tmax	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNx	Max Tmin	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TXn	Min Tmax	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria	°C
TNn	Min Tmin	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria	°C
TN10p	Cool nights (Noches frías)	Porcentaje de días cuando TN<10th percentil	Días
TX10p	Cool days (Días fríos)	Porcentaje de días cuando TX<10th percentil	Días
TN90p	Warm nights (Noches calientes)	Porcentaje de días cuando TN>90th percentil	Días
TX90p	Warm days (Días calientes)	Porcentaje de días cuando TX>90th percentil	Días
WSDI	Warm spell duration indicador (Indicador de la duración de periodos calientes)	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX>90th percentil	Días
CSDI	Cold spell duration indicador (indicador de la duración de periodos fríos)	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TN<10th percentil	Días
DTR	Diurnal temperature range (rango diario de temperatura)	Diferencia media mensual entre TX y TN	°C

RX1day	Max 1-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en un día)	Máximo mensual de precipitación en 1 día	Mm
Rx5day	Max 5-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en 5 días)	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	Mm
SDII	Simple daily intensity index (Índice simple de intensidad diaria)	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por $PRCP \geq 1.0mm$) en un año	Mm/día
R10	Number of heavy precipitation days (Número de días con precipitación intensa)	Número de días en un año en que $PRCP \geq 10mm$	Días
R20	Number of very heavy precipitation days (Número de días con precipitación muy intensa)	Número de días en un año en que $PRCP \geq 20mm$	Días
Rnn	Number of days above nmm (Número de días sobre nn mm)	Número de días en un año en que $PRCP \geq nn$ mm, nn es un parámetro definido por el usuario	Días
CDD	Consecutive dry days (Días secos consecutivos)	Número máximo de días consecutivos con $RR < 1mm$	Días
CWD	Consecutive wet days (Días húmedos consecutivos)	Número máximo de días consecutivos con $RR \geq 1mm$	Días
R95p	Very wet days (Días con lluvias)	Precipitación anual total en que $RR > 95$ percentil	Mm
R99p	Extremely wet days (Días extremadamente secos)	Precipitación anual total en que $RR > 99$ percentil	mm
PRCP TOT	Annual total wet-day precipitation (Precipitación total anual en los días húmedos)	Precipitación anual total en los días húmedos ($RR \geq 1mm$)	mm

Aparte de la obtención de los índices y las tendencias, también se graficaron las series de los indicadores calculados y las tendencias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados y regresión lineal con ponderamientos locales (media móvil). Para el presente trabajo se utilizó únicamente el índice de Rx1day (máximo mensual de precipitación en 1 día), con la finalidad de identificar los eventos extremos ocurridos en un 1 día.

2.3. TENDENCIA DE PRECIPITACIÓN

Para las tendencias de precipitación anual se elaboraron las graficas con ayuda del programa Excel de Microsoft Office, en el cual se calculó la tendencia lineal y el R^2 o coeficiente de determinación, con estos datos se pudo determinar la tendencia de la precipitación a lo largo del año de toda la serie climática.

2.4. FUNCIONES DE PROBABILIDAD

Para el análisis de los datos por medio de las funciones de probabilidad se utilizó el programa “Automatización de los métodos estadísticos en Hidrología” elaborado por María del Rosio Ruiz-Urbano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México en el 2002. Este programa es un libro de Excel el cual ya contiene las formulas de distintas distribuciones de probabilidad, tales como Distribución exponencial con dos parámetros; Distribución general de valores extremos (Gumbel); Método de Nash; Distribución Gumbel de dos poblaciones (Gumbel 2p); Distribución normal; Distribución log-normal; Distribución Gamma de dos parámetros; Distribución Gamma de tres parámetros (Pearson tipo III).

Se calculó a nivel trimestral las tendencias de la precipitación por medio de la distribución de probabilidad Gumbel, la cual es ampliamente utilizada para calcular los gastos máximos ordinarios en hidrología. También presentó un error cuadrático menor, y un mejor ajuste con los datos de las estaciones. Con dicha distribución se calculó los periodos de retorno para 10, 20, 50 y 100 días.

DISTRIBUCION GUMBEL O EXTREMA TIPO I

La distribución Gumbel se ha utilizado con buenos resultados para el cálculo de valores extremos de variables meteorológicas, entre ellas precipitaciones y caudales máximos. La función de densidad es:

$$f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

La función de probabilidad es entonces:

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Si consideramos que $f(x)$ = probabilidad (precipitación estimada = precipitación observada) y despejamos otra vez “ x ” que es la precipitación estimada (Q_e) obtenemos:

$$Q_e = (\beta - \alpha) \left(\ln \left(\ln \frac{t}{t-1} \right) \right)$$

Para el cálculo de la distribución de probabilidad, primero se obtuvo el periodo de retorno de la serie de datos por medio de la fórmula creada por Weibull:

$$t = \frac{n+1}{m}$$

Se realizó una tabulación de la precipitación, ordenándola por magnitud en forma decreciente, asignado un número de orden “m” a cada día, de manera que a la precipitación más alta le corresponda el número 1 y conforme disminuya el número de “m” será mayor, al total de números de los eventos se le asigna la letra “n”, es decir el número de datos de la muestra.

La variable de Gumbel se obtiene mediante la ecuación

$$x_i = \ln \left(\ln \frac{t}{t-1} \right)$$

Se obtiene el logaritmo natural de la división de periodo de retorno entre el periodo de retorno más 1, a este valor se le vuelve a calcular el logaritmo natural con la finalidad de obtener la variable de Gumbel. El cálculo del valor máximo se obtiene a partir de la resta de los parámetros “ β ” menos “ α ” y multiplicándola por la variable de Gumbel.

$$k = x_i(\beta - \alpha)$$

Para obtener α

$$\alpha = (0.78)(s)$$

s = desviación estándar

Para obtener β

$$\beta = \alpha(\bar{x} - 0.5772)$$

\bar{x} = media (promedio)

Para el cálculo de los valores de α y β los parámetros utilizados son predeterminados para muestras mayores a 100 datos.

Dado que el análisis se realizó con los datos a nivel diario fue necesario utilizar el programa de “Automatización de los métodos estadísticos en Hidrología” para el cálculo más rápido y efectivo de los datos.

2.5. REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Un sistema de información geográfica, es una herramienta de análisis espacial y debe conservar una inteligencia propia sobre el relieve y su representación. Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones. Con la utilización de un programa de SIG se elaboraron los mapas de tendencias de los resultados obtenidos. El programa utilizado fue ArcGis 9.2. Dado que la información es puntual, para su representación en el ArcGis se elaboraron los mapas por medio del interpolador IDW (distancia inversa ponderada) el cual presentaba resultados más exactos.

Los fenómenos que ocurren son continuos, pero la información cuantificable de la cual se dispone es en su mayoría discreta. La interpolación nos permite crear mapas continuos a través de un número de observaciones discretas. Inverse Distance Weighted y Spline son dos modelos basados en métodos de interpolación determinista ya que se fundamentan en muestreos del área de estudio en formulas matemáticas que determinan la forma de la superficie resultante. Una segunda familia de modelos están basados en métodos geoestadísticos (como el Kriging) que utilizan fundamentos estadísticos que incluyen auto correlaciones. Es decir, son modelos que no solo predicen superficies de interpolación, sino que también indican el grado de exactitud y error de la predicción. Kriging es similar a IDW, en cuanto a que pondera muestras del entorno, para extraer predicciones de zonas próximas. La formula general para ambas interpolaciones está basada en la suma ponderada de todos los datos (Rapallo, 2005).

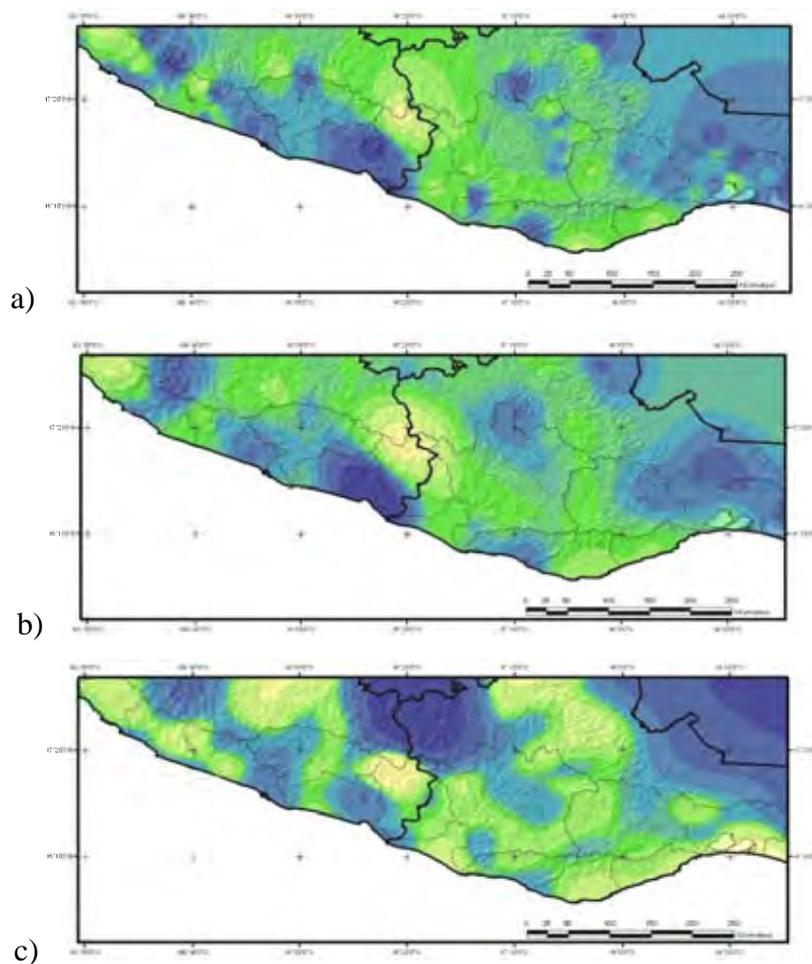


Figura 8. Distribución de la precipitación con base en las técnicas de interpolación a) IDW b) Kriging c) Spline

El IDW es un método de interpolación, el cual asume que cada punto posee una influencia local que disminuye con la distancia. De esta manera, el método pondera con mayor fuerza a los puntos cercanos a la celda proceso y con menor intensidad sobre aquellos ubicados a mayor distancia. Para definir el valor de cada celda, el programa realiza una búsqueda en base a una serie definida de puntos o puede buscar a todos aquellos puntos que se encuentren al interior de un radio de búsqueda determinado. Considerando que el IDW es un método de interpolación que utiliza los promedios de los valores de entrada (de allí su nombre Inversed Distance Weighted o de la distancia inversa ponderada) el resultado de los valores de las celdas, jamás superarán los límites máximos y mínimos establecidos en los puntos de entrada del análisis (Barrientos, 2007).

Para la interpolación con el IDW, se utilizaron los parámetros predeterminados establecidos por el programa, tales como: el tamaño de la celda de salida la cual tuvo un parámetro de 0.007733; El poder que se refiere al exponente de la distancia, se utilizó el valor predeterminado de 2; El radio de búsqueda se define en torno a los puntos que se utilizarán para el control de la imagen. Hay dos opciones: fijas y variables. Se utilizó la opción de variable: por número de puntos, donde se pide un valor que especifique el número de puntos de muestreo más cercano que se utilizará para realizar la interpolación. Se utilizaron 62 puntos, los cuales son el número de estaciones. Los resultados fueron los mapas de periodo de retorno para 10, 20, 50 y 100 días, tendencias de precipitación anual y tendencias del máximo mensual de precipitación en 1 día.

3. RESULTADOS

3.1. ANALISIS GENERAL

3.1.1. REGIÓN HIDROLÓGICO ADMINISTRATIVA PACIFICO SUR

La Región Hidrológico-administrativa V “Pacífico Sur” (RHA “V”) se encuentra en los estados de Guerrero y Oaxaca, abarcando las regiones hidrológicas 19, 20, 21 y 22, Costa Grande de Guerrero, Costa Chica-río verde, Costa de Oaxaca y Tehuantepec, tiene 13 cuencas y 101 subcuencas y microcuencas. Se utilizaron en total 62 estaciones para realizar el análisis de la región hidrológico-administrativa.

Tabla 2. Listado de Estaciones Climatológicas

Clave	Nombre	Municipio	Estado	Cuenca
12009	Arroyo Frío	Tecpan de Galeana	Guerrero	río Atoyac Bajo
12011	Atoyac (SMN)	Atoyac de Álvarez	Guerrero	río Atoyac Bajo
12012	Ayutla (CFE)	Ayutla	Guerrero	río Nexpa-Guerrero
12016	Carrera Larga	Coyuca de Benítez	Guerrero	río Atoyac Bajo
12022	Cópala	Cópala	Guerrero	río Nexpa-Guerrero
12024	Coyuca de Benítez	Coyuca de Benítez	Guerrero	río Atoyac Bajo
12025	Coyuquilla	Petátlan	Guerrero	río Coyuquilla y otros
12034	El Camalote	Petátlan	Guerrero	río Coyuquilla y otros
12042	Gloria Escondida	Tecpan de Galeana	Guerrero	río Atoyac Bajo
12052	La Unión	Unión de Montes de Oca	Guerrero	río Ixtapa y otros
12064	Petátlan	Petátlan	Guerrero	río Coyuquilla y otros
12066	Quetzala	Igualapa	Guerrero	río Ometepec o Grande
12068	San Luis Acatlán	San Luis Acatlán	Guerrero	río Nexpa-Guerrero
12069	San Juan de las Flores	Atoyac de Álvarez	Guerrero	río Atoyac Bajo
12070	San Luis San Pedro	Tecpan de Galeana	Guerrero	río Atoyac Bajo
12071	San Marcos	San Marcos	Guerrero	río Nexpa-Guerrero
12072	San Pedro Cuitlapa	Tlacoachistlahuaca	Guerrero	río Ometepec o Grande
12079	Santo Domingo	Atoyac de Álvarez	Guerrero	río Coyuquilla y otros
12088	Tlacoapa (CFE)	Tlacoapa	Guerrero	río Papagayo

12094	Vallecitos	José Azueta	Guerrero	río Ixtapa y otros
12107	Ayutla	Ayutla	Guerrero	río Nexpa-Guerrero
12112	El Porvenir	San Marcos	Guerrero	río Nexpa-Guerrero
12121	San Jeronimito	Petátlan	Guerrero	río Coyuquilla y otros
12125	Tixtla (DGE)	Chilpancingo	Guerrero	río Papagayo
12127	Zihuatanejo (DGE)	José Azueta	Guerrero	río Ixtapa y otros
12208	Cuajinicuilapa	Cuajinicuilapa	Guerrero	río La Arena y otros
20009	Boquilla Número Uno	Nejapa de Madero	Oaxaca	río Tehuantepec
20010	San Juan Cacahuatepec (CFE)	San Juan Cacahuatepec (CFE)	Oaxaca	río Ometepec o Grande
20022	Coyotepec	San Bartolo Coyotepec	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20026	Chalcatongo de Hidalgo	Chalcatongo de Hidalgo	Oaxaca	río Tehuantepec
20027	Chicapa de Castro	Juchitan de Zaragoza	Oaxaca	L. Superior e Inferior
20034	Etla	Villa de Etla	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20038	Ixtayutla	Santiago Ixtayutla	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20039	Ixtepec	Ciudad Ixtepec	Oaxaca	L. Superior e Inferior
20043	Jalapa del Marques	Santa María Jalapa del Marques	Oaxaca	río Tehuantepec
20044	Jalapa del Valle	San Felipe Tejalapam	Oaxaca	río Atoyac bajo
20047	Santa Catarina Juquila (CFE)	Santa Catarina Juquila	Oaxaca	río Colotepec y otros
20048	Juchitan de Zaragoza (DGE)	Juchitan de Zaragoza	Oaxaca	L. Superior e Inferior
20070	Miahuatlán (SMN)	Miahuatlán de Porfirio Díaz	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20071	Miahuatlán (DGE)	Miahuatlán de Porfirio Díaz	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20079	Oaxaca	Oaxaca de Juárez	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20082	Ostuta	Santo Domingo Zanatepec	Oaxaca	L. Superior e Inferior
20085	Paso Ancho (CFE)	San Vicente Coatlan	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20086	Paso de la Reyna	Santiago Jamiltepec	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20088	Santiago Pinotepa Nacional	Santiago Pinotepa Nacional	Oaxaca	río La Arena y otros
20109	San Jerónimo Taviche	San Jerónimo Taviche	Oaxaca	río Tehuantepec
20117	San Miguel Chimalapa	San Miguel Chimalapa	Oaxaca	L. Superior e Inferior
20118	San Miguel Ejutla	San Miguel Ejutla	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20120	San Miguel Suchixtepec	San Miguel Suchixtepec	Oaxaca	río Copalita y otros
20130	Santa María Yucuhiti (CFE)	Santa María Yucuhiti	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20132	Santiago Astatá	Santiago Astatá	Oaxaca	río Astatá y otros
20134	Santiago Chivela	Asunción Ixtaltepec	Oaxaca	L. Superior e Inferior
20135	Santiago Minas	Santiago Minas	Oaxaca	río Atoyac Bajo

20149	Tehuantepec	Santo Domingo Tehuantepec	Oaxaca	río Tehuantepec
20153	Teojomulco	Santo Domingo Teojomulco	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20162	Tequisistlan	Magdalena Tequisistlan	Oaxaca	río Tehuantepec
20165	Tlacolula de Matamoros	Tlacolula de Matamoros	Oaxaca	río Atoyac Bajo
20173	Unión Hidalgo	Unión Hidalgo	Oaxaca	L. Superior e Inferior
20184	San Carlos Yautepec	San Carlos Yautepec	Oaxaca	río Tehuantepec
20191	Zoquitlán	Santa María Zoquitlán	Oaxaca	río Tehuantepec
20200	El Carrizo (CFE)	Santiago Tetepec	Oaxaca	río La Arena y otros
20246	La Ceiba	Santa María Colotepec	Oaxaca	río Colotepec y otros

Fuente: CliCom. Comisión Nacional del Agua. 2005

La ubicación de las 62 estaciones climáticas utilizadas para el presente estudio (Figura 9), donde se puede apreciar la distribución de las mismas. Esta distribución tan dispersa, se debe principalmente a que muchas estaciones no cumplían con los criterios establecidos para la selección de las estaciones.

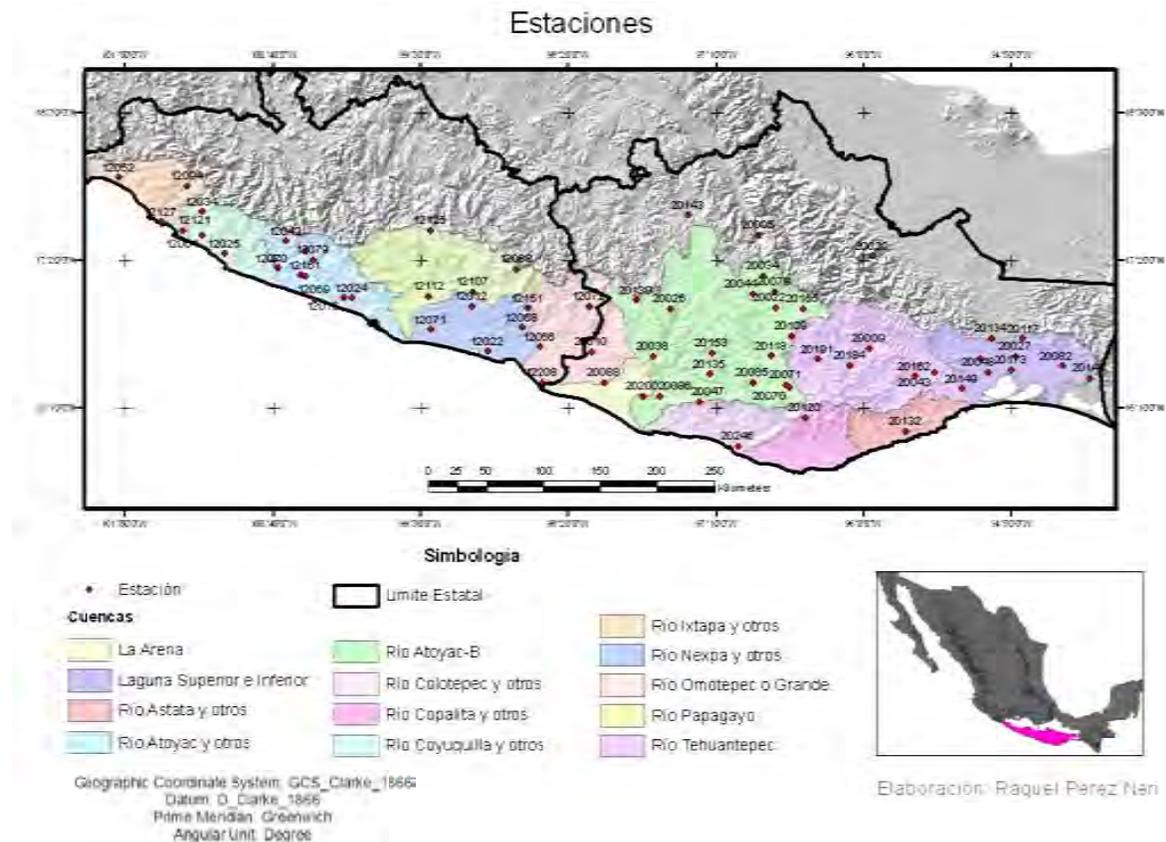


Figura 9. Ubicación de las Estaciones climatológicas

Entre sus ríos más importantes se encuentran: Atoyac, Nexpa, Azul, Chicapa, Colaltepec, Copalita, río Coyuca, Coyuquilla, Cuetzala, la Unión, los Perros, Grande, Ixtapa, La Tigra, Maquelia, Ometepec, Omitlan, Osuta, Papagayo, Peñoles, Petátlan, Puente, San Luis, Santa Catarina, Sordo, Tecomate, Tecpan, Tehuantepec, Unión, Verde y Zapote (Figura 10).

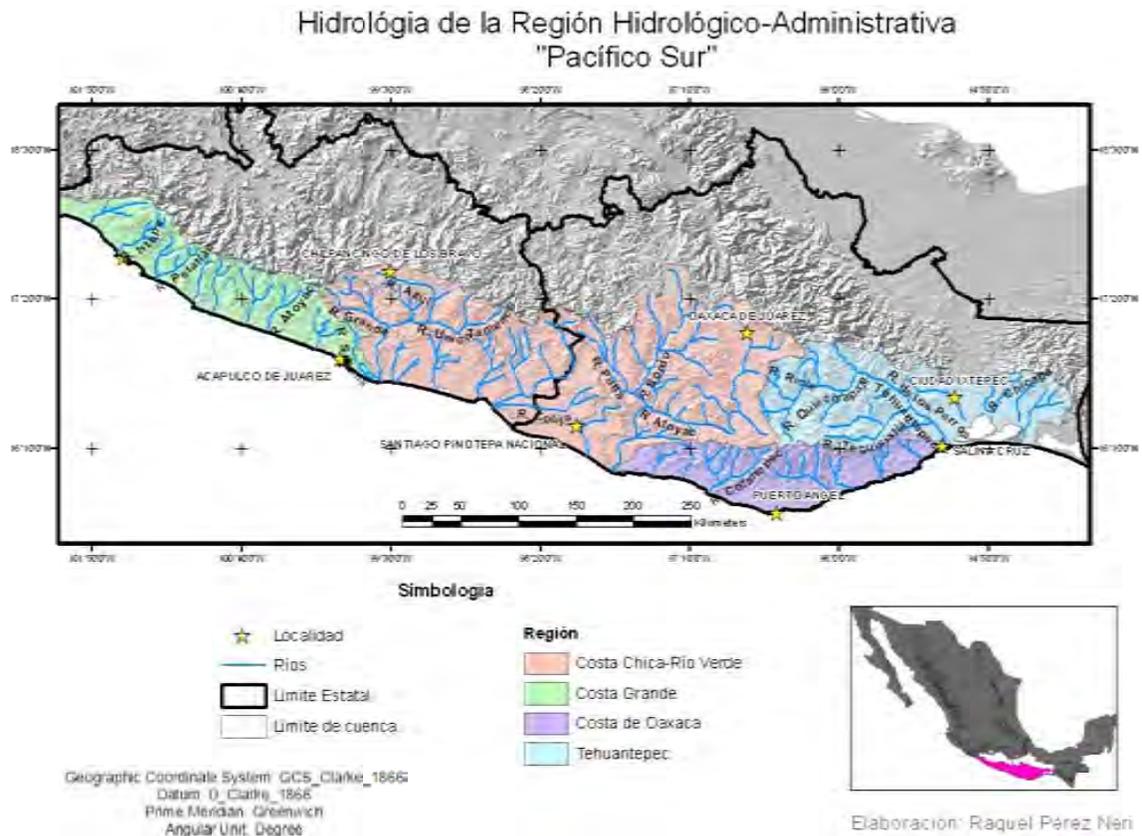


Figura 10 Hidrología de la RHA V

3.1.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

Las mayores precipitaciones ocurren entre la cuenca del río Nexpa en Guerrero, casi frontera con Oaxaca, donde se observó una tendencia positiva de 6 a 35 mm/año, en contraste con la cuenca alta del río Ometepec y la cuenca alta del río Ixtapa, así como las cuencas bajas de los ríos Sordo y Atoyac, las cuencas de los ríos La Arena, Copalita y Astata, que presentan una tendencia negativa de hasta -92 mm/año. Para la costa de Guerrero se observó un aumento en la precipitación, mientras que en Oaxaca hay una

tendencia negativa, exceptuando la cuenca media del río Atoyac B, Tehuantepec y Laguna Superior e Inferior cuya tendencia es positiva con valores de 1 a 5 mm/año (Figura 11).

3.1.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia presentada en cuanto a la cantidad máxima de precipitación en un día resultó positiva para toda la RHA V, presentando las mayores tendencias en la cuenca del río Nexpa y el río Ixtapa con tendencias superiores a los 2 mm, mientras que toda la RHA tiene tendencias ligeramente positivas.

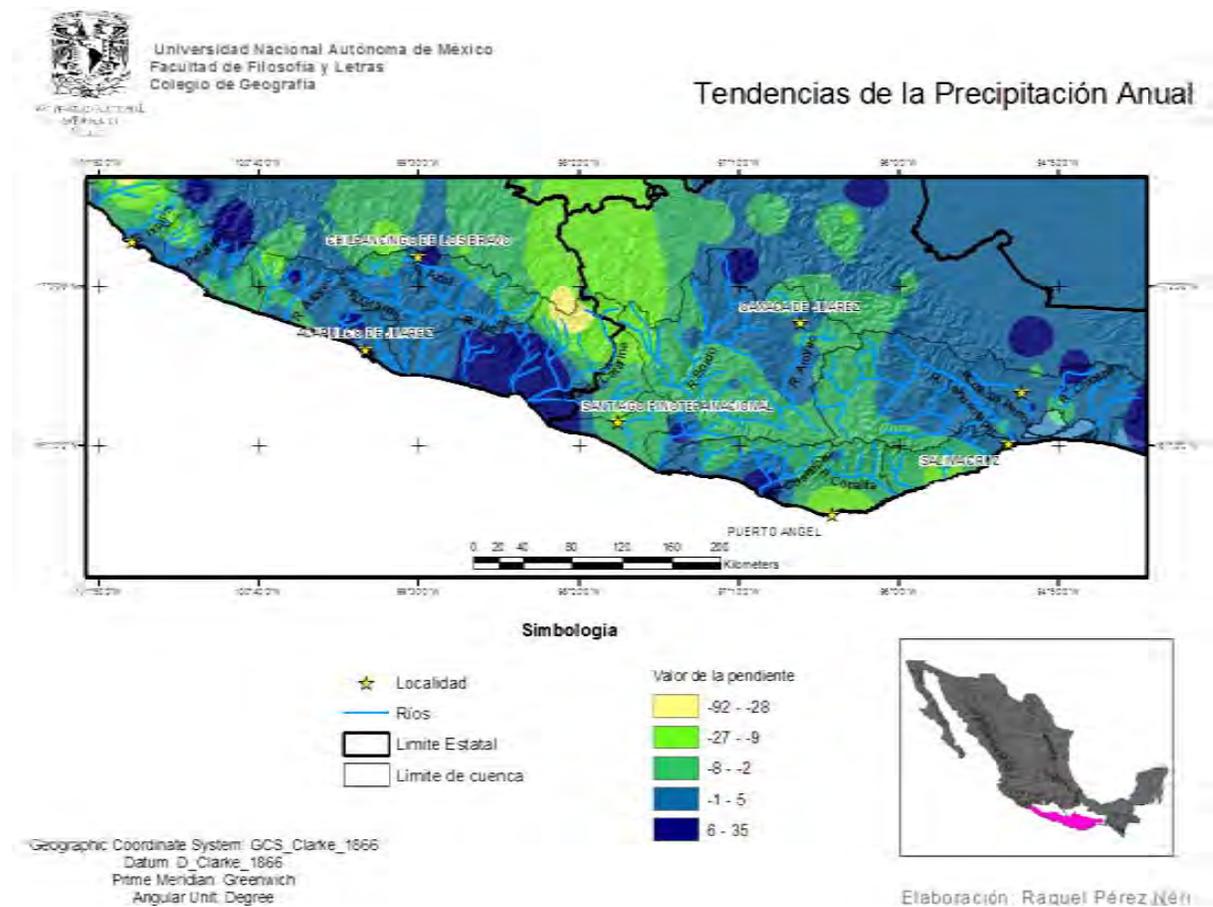


Figura 11 Tendencia de la Precipitación Anual

La cuenca del río La Arena y la cuenca alta del río Coyoquilla y Atoyac presentaron una tendencia negativa de hasta 5 mm en la cuenca del río La Arena (Figura 12).

precipitación al este de Laguna Superior e Inferior. El resto de la cuenca observó valores inferiores a 20 mm (Figura 13).

Durante los meses de junio, julio y agosto a partir del período de retorno a 10 días la precipitación en casi toda la RHA V es de 20 a 40 mm excepto en el valle de río Atoyac Bajo donde la precipitación fue inferior a los 20 mm. El período de retorno a 20 días la precipitación aumento de 40 a 60 mm en las cuencas de los ríos Nexpa, Ometepec o Grande y la Arena. El período de retorno a 50 días la mayor parte de la RHA V tuvo precipitaciones de 40 a 60 mm excepto en la cuenca del río Nexpa y La Arena que obtuvieron precipitaciones de 60 a 80 mm, por el contrario el valle del río Atoyac Bajo y la cuenca del río Tehuantepec obtuvieron valores de 20 a 40 mm. Para el período de retorno a 100 días las precipitaciones mayores a 80 mm se presentaron en la cuenca del río La Arena. La cuenca del río Nexpa y la cuenca del río Ometepec tuvieron precipitaciones de 60 a 80 mm, mientras que el valle del río Atoyac y la cuenca del río Tehuantepec tuvieron valores de 20 a 40 mm. El resto de la RHA V tuvo valores de 40 a 60 mm (Figura 14).

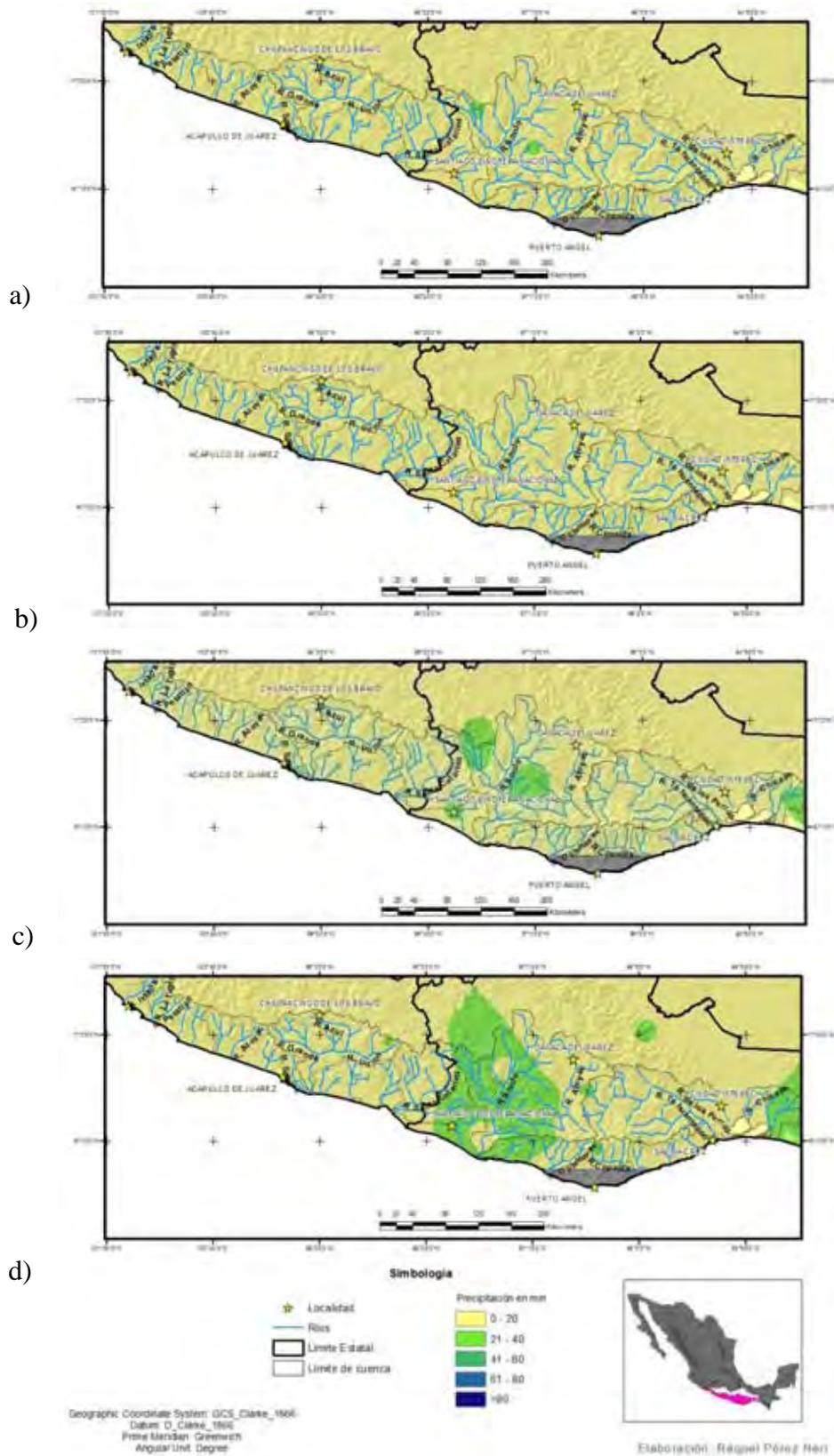


Figura 13. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de marzo, abril y mayo.

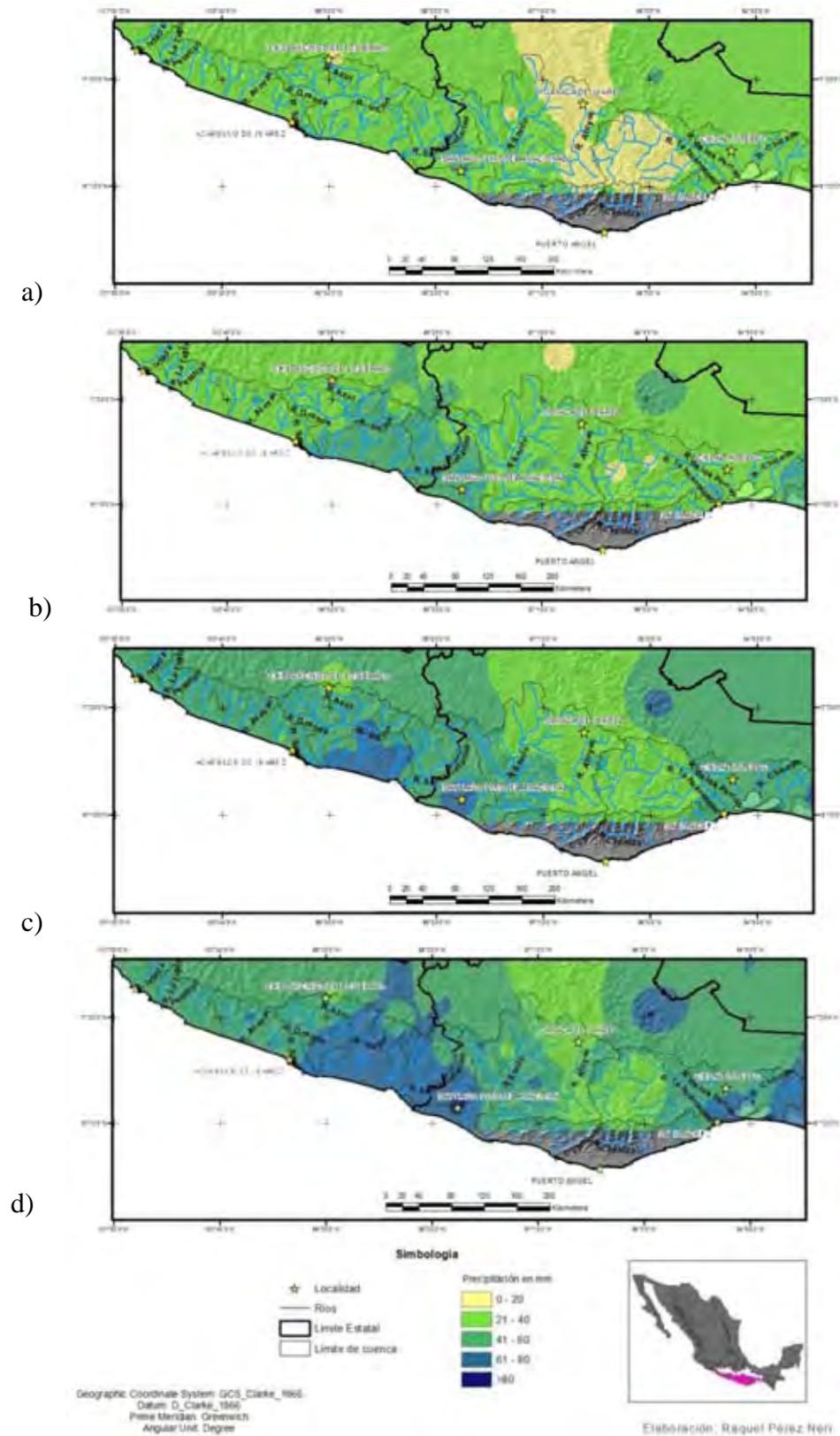


Figura 14. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de junio, julio y agosto

Para los meses septiembre, octubre y noviembre en el período de retorno a 10 días la RHA V tuvo precipitaciones de 20 a 40 mm excepto en las cuencas de río Atoyac Bajo, Tehuantepec, Colotepec, Copalita y Astata donde las precipitaciones son menores a los 20 mm. En el período de retorno a 20 días la RHA V tuvo precipitaciones de 20 a 40 mm, excepto en el centro del río Ometepec, cuenca baja del río Ixtapa y cuenca alta del río La Arena donde las precipitaciones fueron de 40 a 60 mm, las menores precipitaciones fueron en el valle de la cuenca del río Atoyac B, cuenca del río Tehuantepec y cuencas bajas de los ríos Copalita y Astata. Para el período de retorno a 50 días del lado del Estado de Guerrero las precipitaciones fueron de 40 a 60 mm mientras que en el Oaxaca las precipitaciones fueron de 20 a 40 mm excepto con el valle de la cuenca del río Atoyac B. Para el período de retorno a 100 días sigue el mismo comportamiento sobresaliendo algunos puntos con mayores precipitaciones de 60 mm en la cuenca del río Ixtapa, río Atoyac, río Nexpa, río Ometepec y río La Arena (Figura 15).

En los meses de diciembre, enero y febrero en el período de retorno a 10, 20, 50 y 100 días la única cuenca que presentó precipitación fue la cuenca del río Ometepec con precipitaciones de 20 a 60 mm (Figura 16).

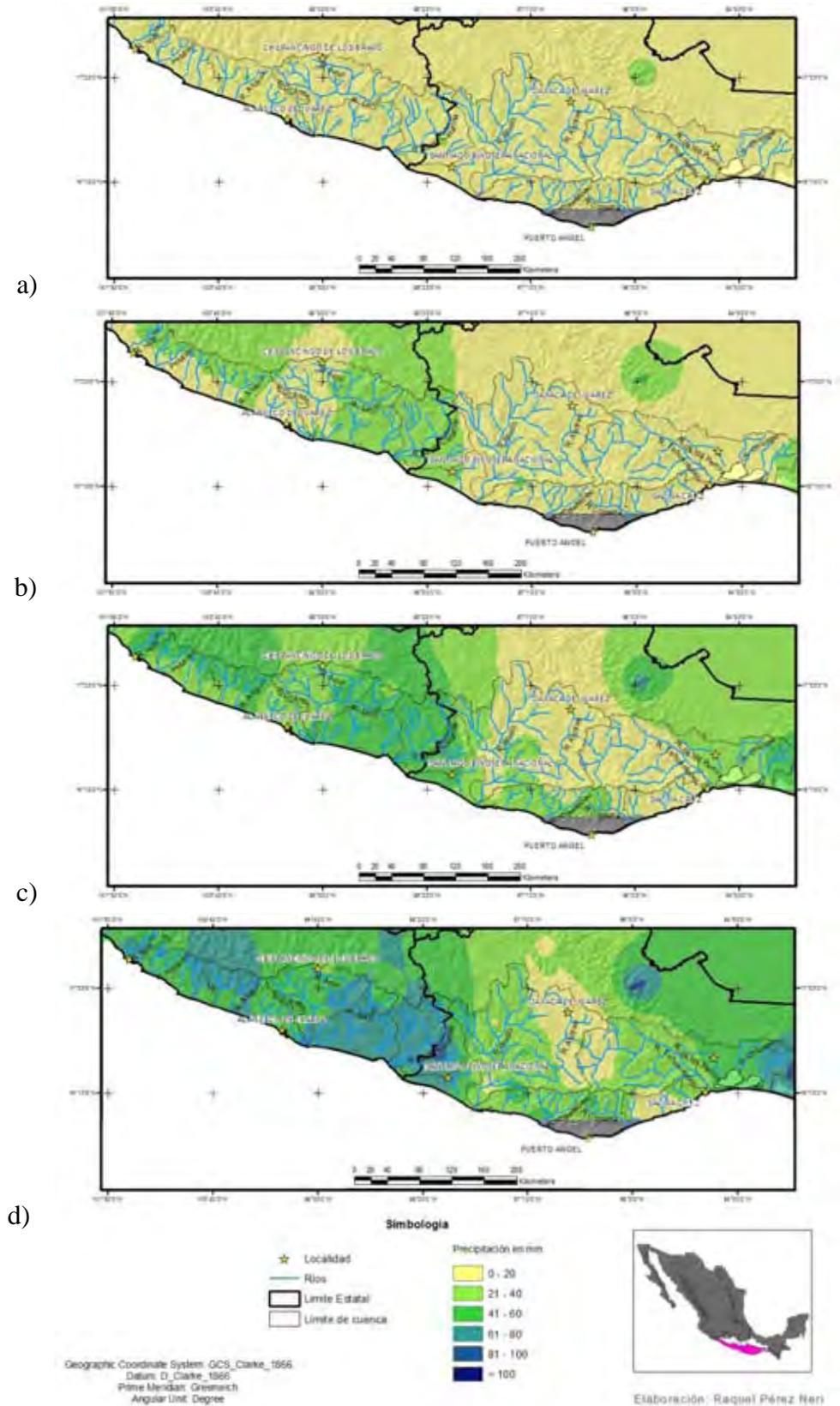


Figura 15. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de septiembre, octubre y noviembre

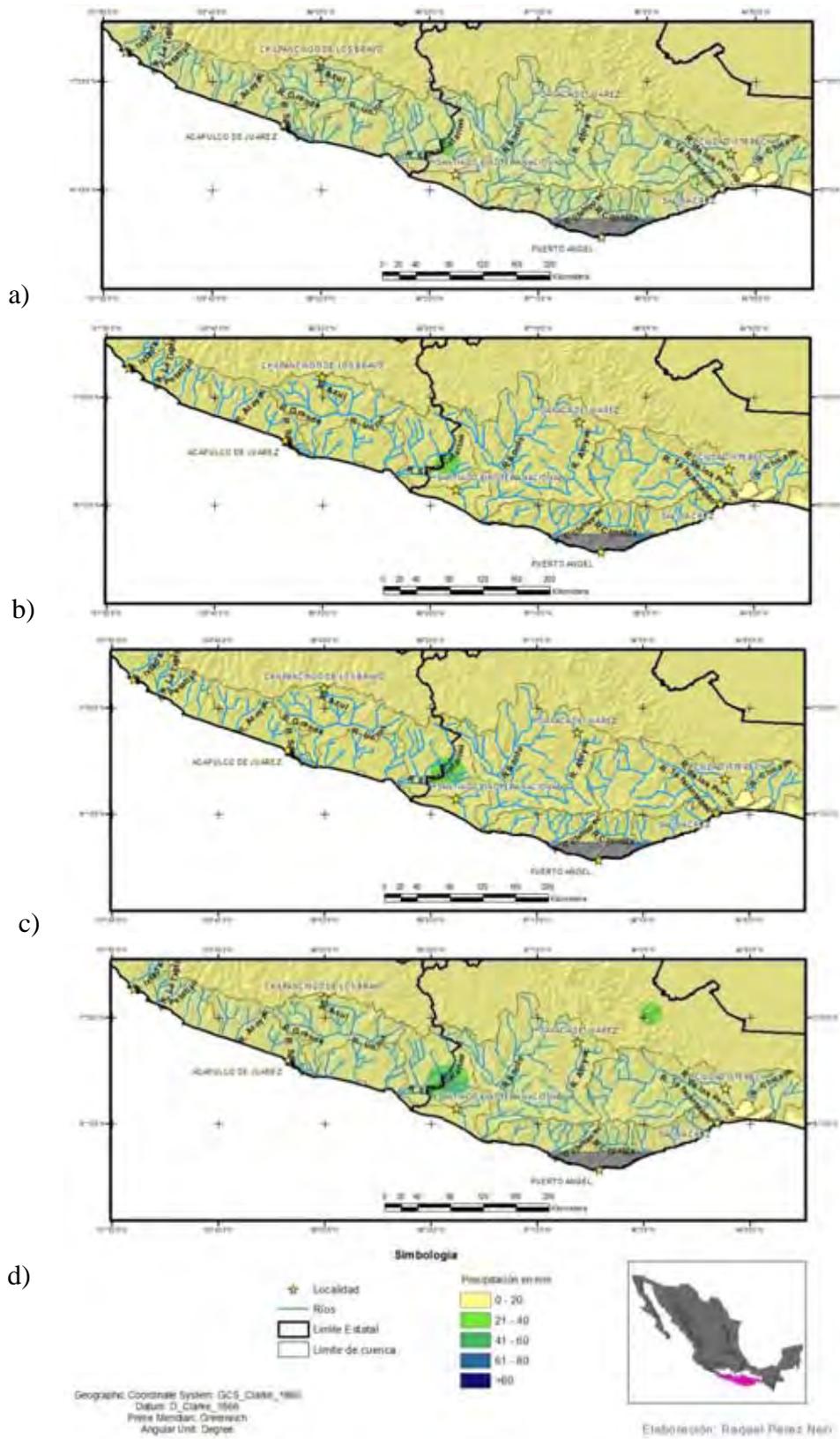


Figura 16. Periodos de retorno a) 10 días b) 20 días c) 50 días y d) 100 días, para los meses de diciembre, enero y febrero

3.2. ANALISIS POR CUENCA

3.2.1. CUENCA DEL RÍO IXTAPA

Pertenciente a la región hidrológica No. 19 Costa Grande, la cuenca del río Ixtapa se localiza hacia el occidente de la región cerca de los límites con el estado de Michoacán. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las estaciones: 12052 La Unión, 12094 Vallecitos, 12121 San Jeronimito, 1212 Zihuatanejo. La hidrología de la cuenca se constituye por los ríos Ixtapa y la Unión (Figura 17).

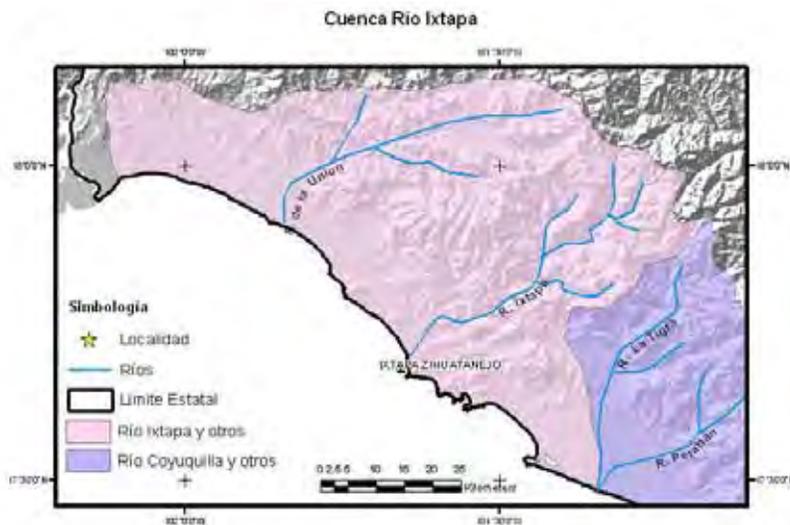
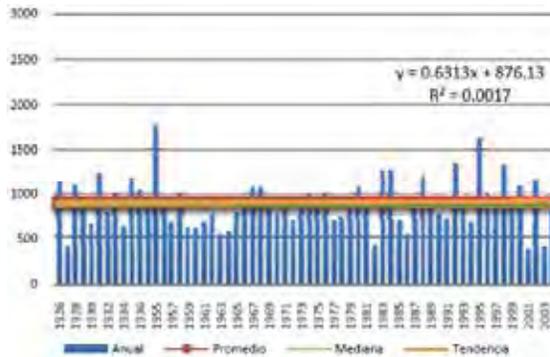


Figura 17. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Ixtapa.

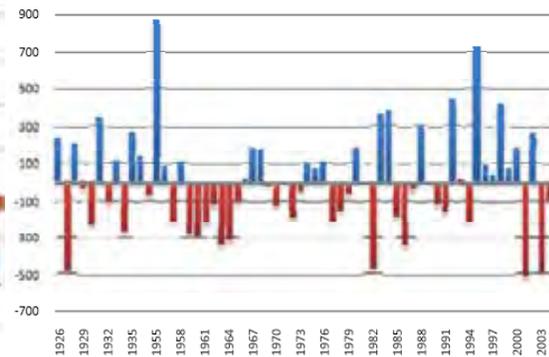
3.2.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca, de acuerdo con las estaciones 12052, 12121 y 12125 fue positiva con valores de 0.63, 4.54, 3.18 mm/año respectivamente (Gráficas 17.1, 19.1, 20.1), la única que presentó una fuerte tendencia negativa con -14.98 mm/año fue la estación 12094 (Gráfica 18.1). En la parte alta de la cuenca se tuvo una tendencia negativa de -11 mm/año mientras que en la zona de la cuenca baja, se tuvo una tendencia positiva de 1 a 5 mm/año, la cuenca media tiene valores negativos de -4 a -8 mm/año.

Para la estación 12052, “Unión”, los años más húmedos fueron 1955 con 1763 mm y 1995 con 1619 mm, con anomalías positivas de 867 y 723 mm respectivamente. Los años más secos se observaron en 1927 con 408 mm, 2002 con 309 mm y 2003 con 404 mm con anomalías negativas de -488, -515 y -492 mm respectivamente (Gráfica 17.2).

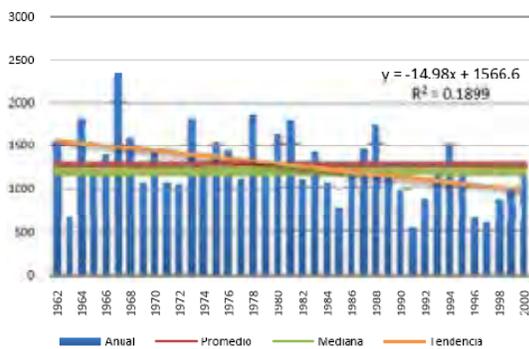


Gráfica 17.1 Precipitación anual de la estación 12052
“La Unión”

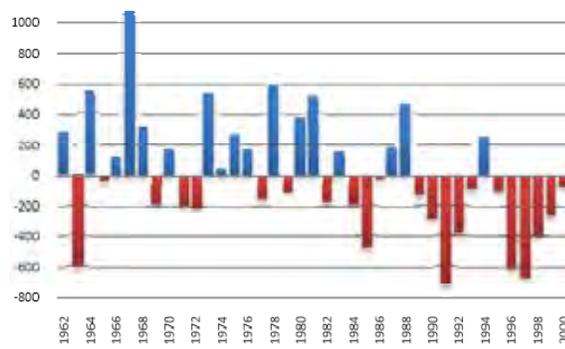


Gráfica 17.2 Anomalías de precipitación de la estación 12052
“La Unión”

La estación 12094, “Vallecitos”, el año más húmedo correspondió a 1967 con 2342 mm y una anomalía positiva de 1075 mm. En la década de 1990-2000 se observó una disminución de la precipitación 1991 de 540 mm con una anomalía de -727 mm y en 1997 con 599 mm y una anomalía de -668 mm (Gráfica 18.2).

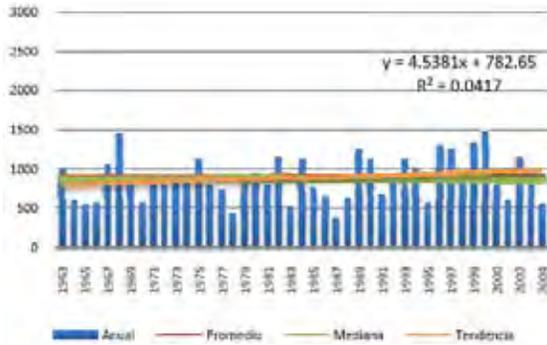


Gráfica 18.1 Precipitación anual de la estación 12094
“Vallecitos”

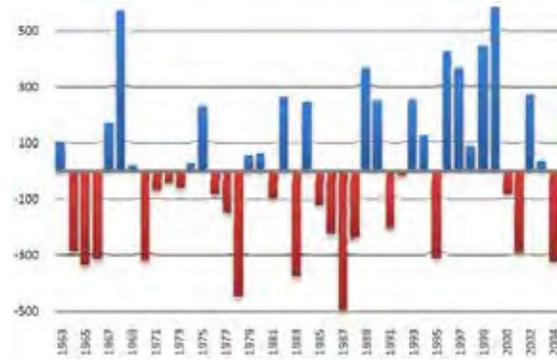


Gráfica 18.2 Anomalías de precipitación de la estación 12094
“Vallecitos”

En la estación 12121, “San Jeronimito”, los años más húmedos fueron 1968 con 1449 mm y una anomalía de 566 mm y el aumento de precipitación a partir de 1996 hasta el 2000, siendo el 2000 el segundo máximo con 1467 mm y una anomalía positiva de 584 mm (Gráfica 19.2).

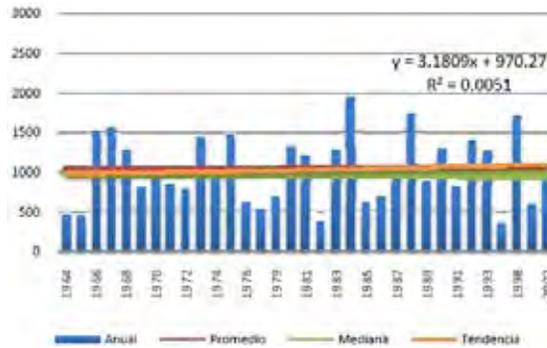


Gráfica 19.1 Precipitación anual de la estación 12121 “San Jeronimito”

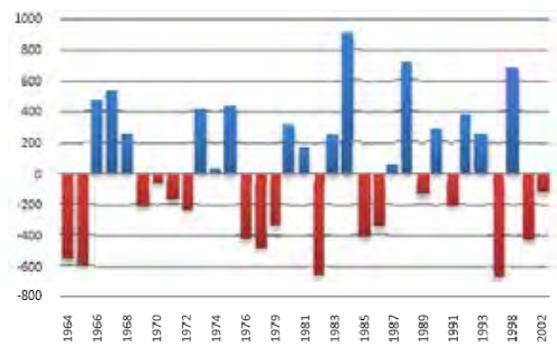


Gráfica 19.2 Anomalías de precipitación de la estación 12121 “San Jeronimito”

Para la estación 12127, “Zihuatanejo”, los años más húmedos fueron 1984 con 1933 mm, 1988 con 1735 mm y 1988 con 1705 mm y anomalías positivas de 908, 710 y 681 mm respectivamente (Gráfica 20.2).



Gráfica 20.1 Precipitación anual de la estación 12127 “Zihuatanejo”



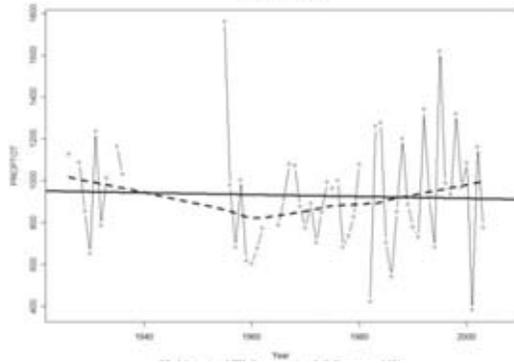
Gráfica 20.2 Anomalías de precipitación de la estación 12127 “Zihuatanejo”

3.2.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

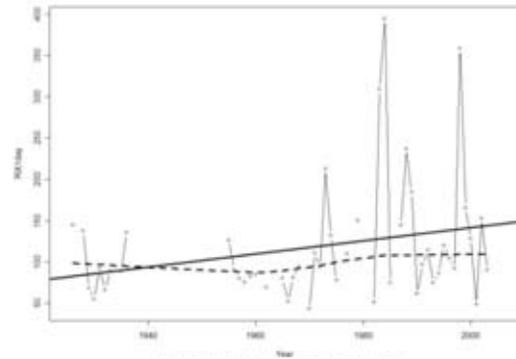
La tendencia de la cantidad máxima de precipitación en un día de acuerdo con el programa CLIMDEX (Zhang, 2004) fue de 2.4 mm/año para la desembocadura del río Ixtapa correspondiente a la cuenca baja, mientras que el resto de la cuenca presentó una tasa de 0.7 a 0.2 mm/año.

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “La Unión” presentó una tendencia negativa de -0.46 mm/año, mientras que en su media móvil la

tendencia fue negativa hasta 1960, a partir de esa fecha se observa una tendencia positiva (Gráfica 17.3). El máximo de precipitación mensual en 1 día indica una tendencia positiva de 0.79 mm/año, al igual que la media móvil que indica una tendencia ligeramente positiva (Gráfica 17.4).

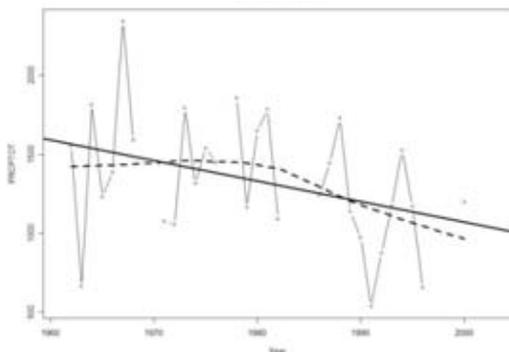


Gráfica 17.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos
“La Unión”

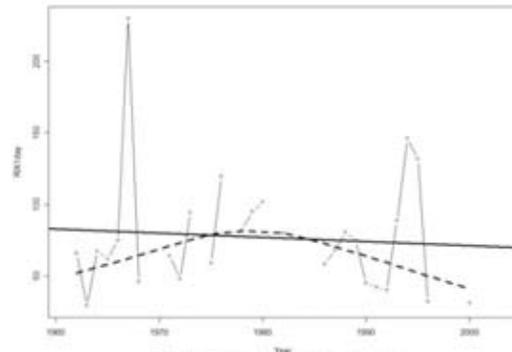


Gráfica 17.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
“La Unión”

En la estación de “Vallecitos” la precipitación anual total de días húmedos tiene una marcada tendencia negativa de -12.97 mm/año, en su media móvil se observó una ligera tendencia positiva hasta los ochentas, disminuyendo drásticamente desde esas fecha (Gráfica 18.3). En cuanto al máximo mensual de precipitación también se tiene una tendencia negativa de -0.29 mm/año (Gráfica 18.4).



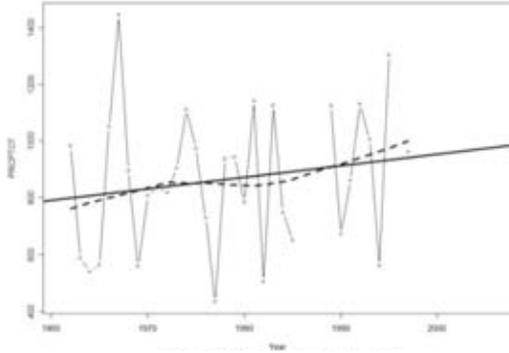
Gráfica 18.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Vallecitos”



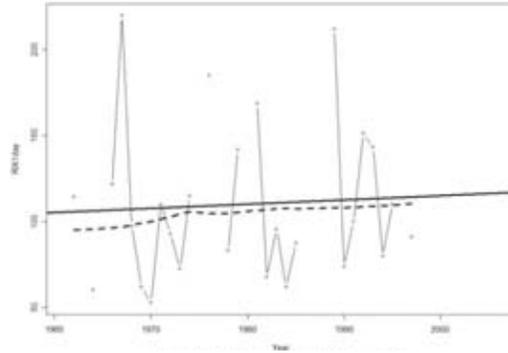
Gráfica 18.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Vallecitos”

Para la estación “San Jeronimito” se observó que la precipitación anual total de días húmedos tuvo una tendencia positiva de 4.08 mm/año al igual que su media móvil, la cual

solo presento un descenso a principios de la década de los ochentas (Gráfica 19.3). Para el máximo mensual de precipitación la tendencia fue positiva con .024 mm/año y una media móvil de tendencia positiva, sin ningún descenso (Gráfica 19.4).

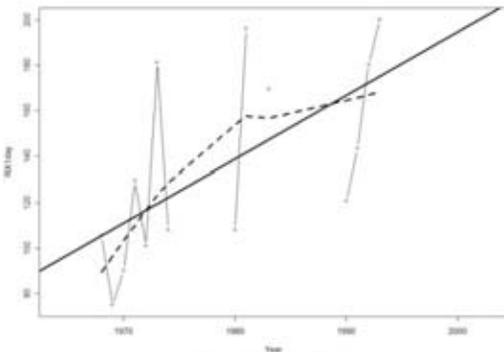


Gráfica 19.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “San Jeronimito”

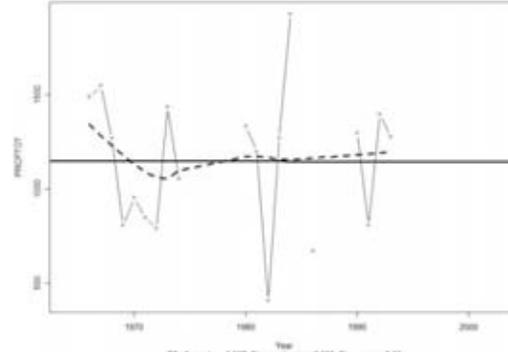


Gráfica 19.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Jeronimito”

La estación de “Zihuatanejo” tuvo una tendencia de la precipitación anual total de días húmedos ligeramente negativa con -0.03 mm/año y una media móvil con un descenso a principios de los años setentas con una ligera tendencia positiva a mediados de la década de los ochentas (Gráfica 20.3). Su máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 2.79 mm/año, al igual que la media móvil (Gráfica 20.4).



Gráfica 20.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Zihuatanejo”



Gráfica 20. 4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Zihuatanejo”

3.2.4. PERÍODO DE RETORNO

Durante los meses de enero, febrero y diciembre, presentó una precipitación media de 0 a 0.5 mm con un aumento de sur a suroeste, el período de retorno a 10 días la cuenca presentó una precipitación de 5 mm aumentando a 6 mm en el noroeste. En 20 días se mantiene una precipitación de 6 a 8 mm en toda la cuenca. Para los 50 días la precipitación es de 12 mm en el noroeste y disminuyendo a 8 mm en el sureste. Para los 100 días la precipitación para toda la cuenca es de 12 a 14 mm excepto el sureste que tiene precipitaciones de 10 mm.

Tabla 3. Valores del periodo de retorno para los meses de enero, febrero y diciembre “Cuenca del Río Ixtapa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12052	La Unión	6.30	8.84	12.12	14.58
12094	Vallecitos	5.74	8.05	11.03	13.27
12121	San Jeronimito	4.64	6.52	8.95	10.76
12127	Zihuatanejo	5.89	8.24	11.29	13.57

De acuerdo con los resultados de la distribución Gumbel para esta cuenca se tuvo que durante los meses de marzo, abril y mayo se presentó una precipitación media de 5 a 8 mm con un período de retorno a 10 días los resultados obtenidos para cuenca fueron de 3.8 mm para el sureste de la cuenca, mientras que el noroeste obtuvo valores de 6.6, para el resto de la cuenca hubo valores de 5 mm. Con un período de retorno de 20 días la cuenca tiene valores de 6 a 7 mm con un aumento en el noreste con 9 mm, para lo 50 días presentó la misma tendencia de un aumento de casi 13 mm en el noroeste por el río de la Unión, disminuyendo hacia el sureste con 7 mm, para los 100 días el incremento es de 15mm por el río la Unión y de 8 mm en el sureste.

Tabla 4. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo abril y mayo “Cuenca del Río Ixtapa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12052	La Unión	6.69	9.44	13.01	15.68
12094	Vallecitos	5.34	7.46	10.20	12.26
12121	San Jeronimito	3.85	5.40	7.42	8.93
12127	Zihuatanejo	5.17	7.29	10.04	12.10

Durante los meses de verano correspondientes a los meses de junio, julio y agosto. La media de precipitación fue de 5 a 6 mm en la costa aumentando de 6 a 8 mm hacia el noreste. Para un período de retorno de 10 días la mayor concentración de precipitación se observó en el centro sur de la cuenca con 27 mm y disminuyendo hacia el noroeste con 22 mm, en 20 días se continuó con la tendencia de una mayor precipitación en el centro sur con 36 mm y la disminución en el noroeste con 29 mm, para 50 días la cuenca tendrá precipitaciones de 47 a 39 mm siguiendo con la misma tendencia antes descrita, para 100 días las mayores precipitaciones son para el área de Zihuatanejo con un valor máximo de 57 mm y de 50 a 52 para el resto de la cuenca.

Tabla 5. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Ixtapa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12052	La Unión	22.31	29.68	39.22	46.37
12094	Vallecitos	25.05	32.31	41.71	48.75
12121	San Jeronimito	23.97	31.99	42.38	50.16
12127	Zihuatanejo	27.35	36.44	48.20	57.01

Para los meses de septiembre, octubre y noviembre, su media de precipitación osciló entre los 4 a los 5.6 mm. El período de retorno a 10 días los valores fueron de 20 a 32 mm para toda la cuenca. Para los 20 días el área de Zihuatanejo presentó precipitaciones de 44 mm, disminuyendo hacia el noreste con valores de 28 mm, el resto de la cuenca se mantuvo en 33 mm. Para los 50 días la costa presentó precipitaciones de 45 mm a 60 mm en Zihuatanejo, en el noreste la precipitación disminuye hasta los 37 mm. Esta tendencia se

acentúa para los 100 días con precipitaciones de 71 mm en Zihuatanejo y 44 mm en el noreste, para el resto de la cuenca 55 a 65 mm.

Tabla 6. Valores del periodo de retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Ixtapa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12052	La Unión	24.53	33.30	44.66	53.17
12094	Vallecitos	21.66	28.69	37.79	44.61
12121	San Jeronimito	24.76	33.64	45.13	53.75
12127	Zihuatanejo	32.87	44.59	59.77	71.14

3.3.1. CUENCA DEL RÍO COYUQUILLA

Forma parte de la región hidrológica No. 19 Costa Grande, localizándose al centro de la región de costa Grande, limitando al norte con la cuenca del río Balsas-Zinrándaro perteneciente a la Región Hidrológico-administrativa del río Balsas, al oeste con la cuenca del río Ixtapa, al este con la cuenca del río Atoyac y al sur con el Océano Pacífico. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las estaciones: 12025 Coyuquilla, 12034 El Camalote, 12064 Petátlan. La cuenca del río Coyuquilla se encuentra conformada por los ríos de Petatlán, Coyuquilla, San Luis y La Tigra (Figura 21).

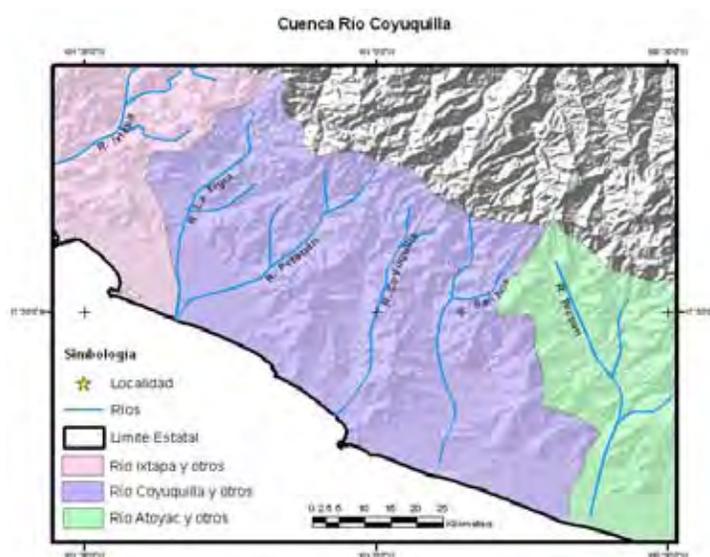
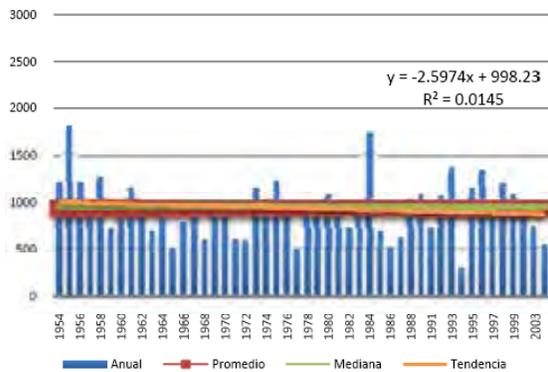


Figura 21. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Coyuquilla.

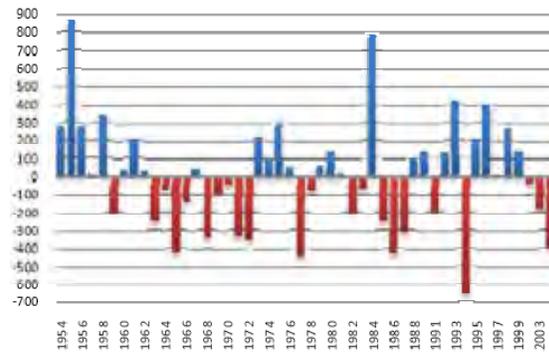
3.3.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca, resultó ser negativa de acuerdo con las estaciones 12025 y 12034 con valores de -2.6 y -14.7 mm/año para cada una (Gráfica 21.1 y 22.1). Para la estación de Petátlan se observó una ligera tendencia positiva de 4 mm/año (Gráfica 21.1). Para toda la cuenca se presentaron valores de -4 mm/año, siendo más acentuada en la zona noroeste y disminuyendo hacia el sur, llegando hasta los -3 mm/año.

En cuanto a los años más húmedos correspondientes a la estación 12025, “Coyuquilla”, fueron 1955 y 1984 con una precipitación anual de 1797 y 1724 mm respectivamente, cuyas anomalías fueron de 863 mm para 1955 y 789 para 1984. El año más seco fue en 1994 con 277 mm en todo el año, con una anomalía de -657 mm (Gráfica 21.2).

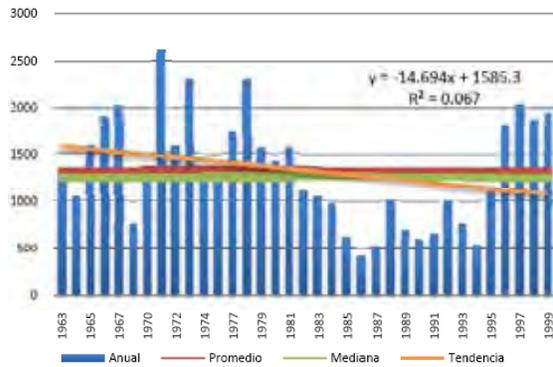


Gráfica 21.1 Precipitación anual de la estación 12025
“Coyuquilla”

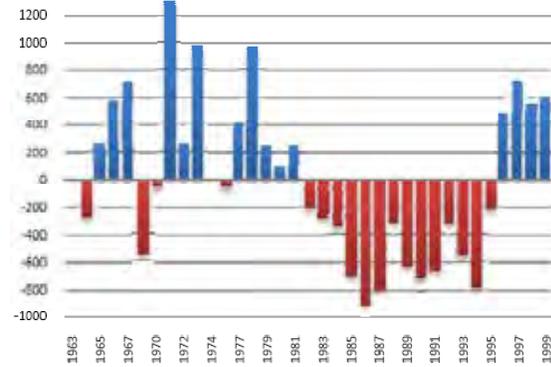


Gráfica 21.2 Anomalías de precipitación de la estación 12025
“Coyuquilla”

Para la estación 12034, “El Camalote”, los años con mayor precipitación correspondieron a 1971 con una precipitación anual de 2621mm, 1973 con 2297 mm y 1978 con 2293 mm, cuyas anomalías positivas para estos años fueron de 1300 mm en 1971, 976 mm en 1973, 972 mm para 1978. Esta estación registró un período seco de 1985 al 1995, con los valores más extremos en los años 1986 con 405 mm, 1987 con 518 mm y 1994 con 537 mm. Les corresponden las anomalías negativas de -915 mm, -802 mm y -783 mm respectivamente (Gráfica 22. 2).

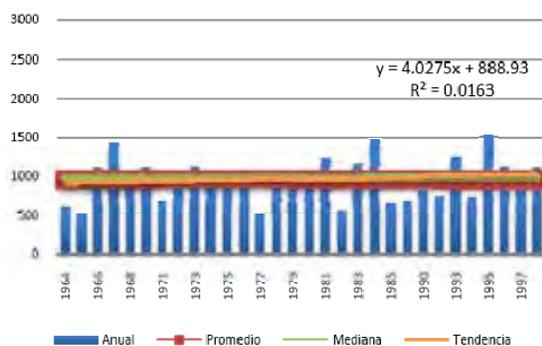


Gráfica 22.1 Precipitación anual de la estación 12034
"El Camalote"



Gráfica 22.2 Anomalías de precipitación de la estación 12034
"El Camalote"

Con respecto a la estación 12064, "Petátlan", las mayores precipitaciones anuales correspondían a los años de 1967, 1984, 1995 con 1424, 1466, 1522 mm respectivamente. Las anomalías presentadas por estos años fueron de 473 mm, 514 mm, 571 mm respectivamente. Los años de menor precipitación anual se presentaron en 1965 con 500 mm, 1977 con 497 mm y 1982 con 548 mm, y las anomalías de -451 mm en 1965, -454 mm en 1977 y -403 mm en 1982 (Gráfica 23.2).



Gráfica 23.1 Precipitación anual de la estación 12064
"Petátlan"

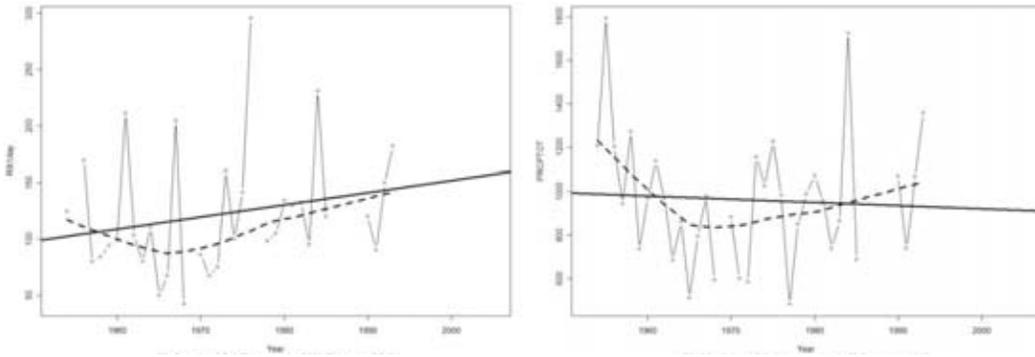


Gráfica 23.2 Anomalías de precipitación de la estación 12064
"Petátlan"

3.3.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de la cantidad máxima de precipitación en un día de acuerdo con el programa CLIMDEX, la mayoría de la cuenca presentó valores de pendiente de -0.16 mm, excepto en la desembocadura del río Coyuquilla el cual tuvo valores de 1.08 mm/año. En la cuenca media cercana al río San Luis se presentaron los valores cercanos a los -2 mm/año.

La estación “Coyuquilla” tuvo una tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos de -100.46 mm/año, con una media móvil que indica una tendencia negativa muy marcada hasta mediados de la década de los sesentas para después obtener una tendencia positiva hasta 1990 (Gráfica 21.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día fue de tendencia positiva con el valor de la pendiente de 1.6 mm/año cuya media móvil desciende a finales de la década de los sesentas para obtener una tendencia positiva a partir de esa fecha (Gráfica 21.4)



Gráfica 21.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Coyuquilla”

Gráfica 21.4 Máximo mensual de precipitación en 1 día “Coyuquilla”

3.3.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

En los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media fue solo un poco superior en las cuenca alta. El período de retorno de diez días toda la cuenca presentó valores de 5 mm. En el período de retorno de veinte días toda la cuenca presentó valores de 6 mm excepto en la cuenca alta del río San Luis. En el período de retorno a cincuenta días toda la cuenca es de 8 mm, excepto en la cuenca alta del río La Tigra. Para el período de retorno de cien días en la cuenca alta y media de los ríos La Tigra y Petátlan fue de 12 mm y de 10 mm para el resto de la cuenca.

Tabla 7. Valores del periodo de retorno para los meses de diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río Coyuquilla”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12025	Coyuquilla	4.30	6.03	8.27	9.95

12034	El Camalote	5.44	7.61	10.42	12.53
12064	Petátlan	4.28	6.01	8.24	9.91

En los meses de marzo, abril y mayo la precipitación media fue de 5 mm en la cuenca baja de 6 a 7 mm en la cuenca media y 8 mm en la cuenca alta En el período de retorno a diez días con promedio en toda la cuenca de 3.9 mm. El período de retorno a veinte días para toda la cuenca fue de 5.5 mm. El período de retorno a cincuenta días fue de 7.6 mm para toda la cuenca. En el período de retorno a cien días, toda la cuenca presenta valores de 9 mm excepto la cuenca alta del río La Tigra en frontera con la cuenca del río Ixtapa donde hay valores superiores a 10 mm.

Tabla 8. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Coyuquilla”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12025	Coyuquilla	3.78	5.31	7.28	8.76
12034	El Camalote	3.86	5.39	7.36	8.84
12064	Petátlan	4.20	5.89	8.07	9.71

En los meses de junio, julio y agosto, la precipitación media fue de 5 mm en la cuenca baja, excepto en la desembocadura del río San Luis el cual tiene una precipitación de 6 mm al igual que toda la cuenca media y alta, excepto en la cuenca media del río La Tigra con una precipitación media de 8 mm. En el período de retorno a diez días mostró valores de 26 mm para toda la cuenca excepto para la desembocadura del río La Tigra donde hubo un descenso en la precipitación. En el período de retorno a veinte días la cuenca tuvo valores de 33 mm, excepto en la cuenca alta y media del río San Luis y en su desembocadura donde los valores fueron superiores a 35 mm. Para el período de retorno de cincuenta días toda la cuenca presenta valores de 44 mm. En el período de retorno de cien días los valores fueron de 52 mm.

Tabla 9. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Coyuquilla”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12025	Coyuquilla	25.50	34.16	45.38	53.78
12034	El Camalote	26.46	34.26	44.35	51.91
12064	Petátlan	25.27	33.67	44.54	52.69

Para los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media para las cuenca baja y media fue de 4 mm, en la cuenca alta la precipitación media fue de 5 mm. Con el período de retorno a diez días hubo valores de 23 a 25 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca este del río San Luis. El período de retorno de veinte días mostro valores de 35 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca media y alta de los ríos La Tigra y Petátlan. El período de retorno de cincuenta días tiene valores de 40 a 49 mm en toda la cuenca, con aumento hacia la cuenca baja del río San Luis. El período de retorno a cien días mostro 48 mm en la cuenca alta del río La Tigra y valores de 50 a 59 mm en toda la cuenca.

Tabla 10. Valores del Periodo de Retorno para los meses de septiembre, octubre, noviembre “Cuenca del Río Coyuquilla”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12025	Coyuquilla	25.59	34.70	46.48	55.31
12034	El Camalote	23.07	30.56	40.25	47.51
12064	Petátlan	24.60	33.35	44.68	53.16

3.4.1. CUENCA DEL RÍO ATOYAC DE ÁLVAREZ

Perteneciente a la región hidrológica No. 19 Costa Grande. Se ubica al centro sur del estado de Guerrero, colinda al norte con la cuenca del río Balsas-Zinrándaro y río Balsas-Mezcala perteneciente a la Región Hidrológico-administrativa del río Balsas, al oeste con la cuenca del río Coyuquilla, al con este con la cuenca del río Papagayo y al sur con el Océano Pacífico. Se utilizaron las siguientes estaciones para el análisis de la cuenca: 12009 Arroyo Frío, 12011 Atoyac, 12016 Carrera Larga, 12024 Coyuca de Benítez, 12042 Gloria Escondida, 12069 San Juan de las Flores, 12070 San Luis San Pedro, 12079 Santo

Domingo. Se integra por los ríos Tecpan, Coyuca y La Sabana. Cuenta con el sito de riego Atoyac (Figura 24). El río Atoyac principalmente, con un escurrimiento anual de 835.6 millones de metros cúbicos y una cuenca de captación de 914 de km² cuya desembocadura se encuentra en el Océano Pacífico por otro lado cuenta con una obra muy importante en cuanto a captación se refiere, la presa de Atoyac que recibe las aguas de la laguna Mitla (Enciclopedia de los Municipios de México, 2008).



Figura 24. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Atoyac de Álvarez.

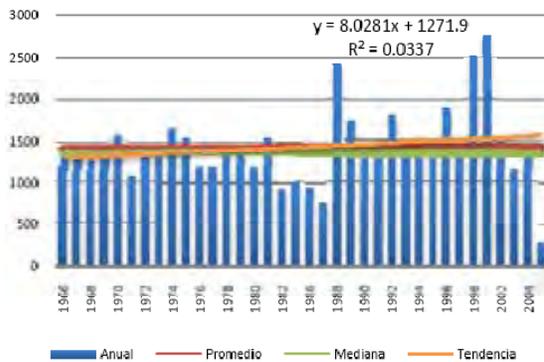
3.4.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia en la cuenca, de acuerdo con las estaciones 12009, 12016, 12024 y 12079 es positiva con valores de 8.02, 0.60, 10.07 y 4.72 mm/año respectivamente (Gráficas 24.1, 26.1, 27.1, 31.1). Mientras que los valores de tendencia negativos se observaron en las estaciones 12011, 12042, 12069 y 12070 con los valores de -7.96, -19.76, -4.71 y -7.24 mm/año respectivamente (Gráficas 25.1, 28.1, 29.1, 30.1).

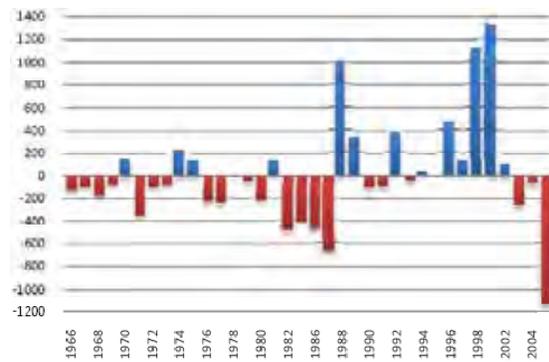
La tendencia positiva se localiza al este de la cuenca, siendo mayor la tendencia en la cuenca baja y media del río Coyuca y en el nacimiento de uno de los afluentes del río Atoyac con valores superiores a los 6 mm/año. Por el contrario la tendencia negativa se localiza al oeste de la cuenca, principalmente en la cuenca alta del río Tecpan, con valores inferiores a los -10 mm/año,

aunque también la cuenca baja y media del río Tecpan y la cuenca baja del río Atoyac tuvieron una tendencia negativa de valores de inferiores a los -2 mm/año.

La estación 12009, “*Arroyo Frío*”, tuvo como años más húmedos 1988, 1998 y el 2000 con precipitaciones anuales de 2412 mm, 2528 mm y 2744 mm respectivamente, para 1988 la anomalía fue de 992 mm sobre la media, en 1998 la anomalía fue de 1107 mm y en el 2000 la anomalía fue de 1323 mm. El período de 1982 a 1987 la estación presentó una baja en la precipitación de 745 a 1003 mm, con una anomalía negativa de -417 a -675 mm sobre la media (Gráfica 24.2).

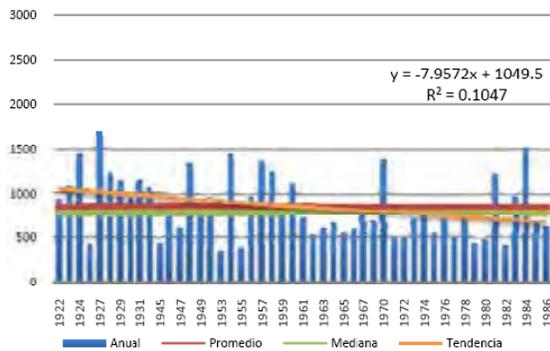


Gráfica 24.1 Precipitación anual de la estación 12009
“Arroyo Frío”

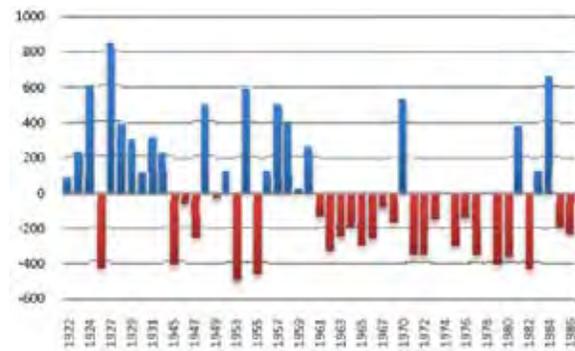


Gráfica 24.2 Anomalías de precipitación de la estación 12009
“Arroyo Frío”

Para la estación 12011, “*Atoyac*” los años con más precipitación fueron 1924 con 1445 mm, 1927 con 1690 mm, 1984 con 1502 mm, cuyas anomalías fueron de 594, 840 y 641 mm respectivamente. La estación presentó un período de baja precipitación 1961 a 1986 excepto por los años de 1970, 1981, 1983 y 1984, cuyo año más seco fue 1982 con una precipitación de 974 mm, el año más seco de toda su serie histórica fue 1953 con una precipitación de 346 mm (Gráfica 25.2).

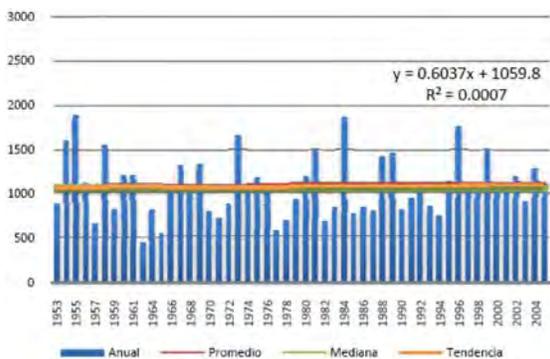


Gráfica 25.1 Precipitación anual de la estación 12011 "Atoyac"

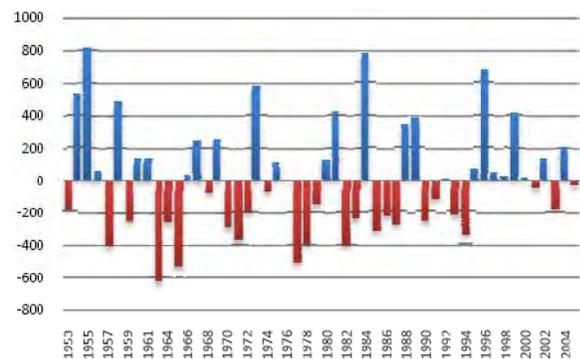


Gráfica 25.2 Anomalías de precipitación de la estación 12011 "Atoyac"

En la estación 12016, "Carrera Larga", los años más húmedos fueron 1955 con una precipitación anual de 1892 mm, 1984 con 1852 mm y 1996 con 1761 mm, las anomalías para esos años fueron de 816, 776 y 685 mm con respecto a la media. Los años más secos fueron 1963 con 450 mm, 1965 con 545 mm y 1977 con 564 mm y cuyas anomalías negativas fueron de -625, -530 y -511 mm (Gráfica 26.2).

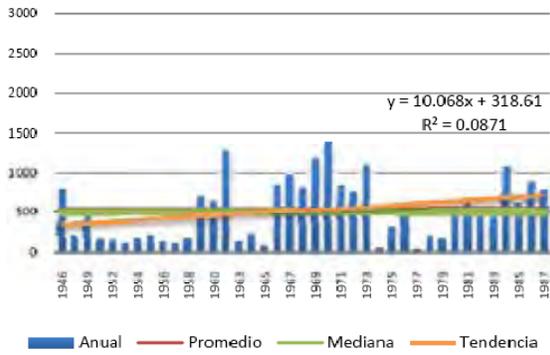


Gráfica 26.1 Precipitación anual de la estación 12016 "Carrera Larga"

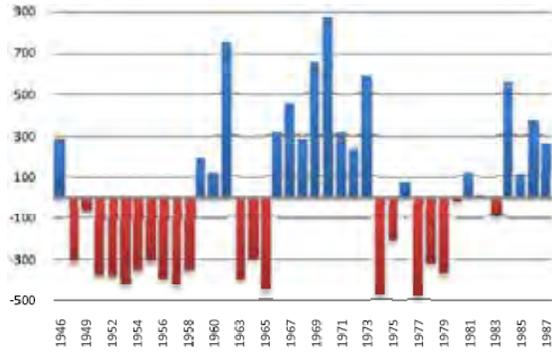


Gráfica 26.2 Anomalías de precipitación de la estación 12016 "Carrera Larga"

La estación 12024, "Coyuca de Benítez", presentó un período con altas precipitaciones anuales de 1966 a 1973 y los años más húmedos fueron 1961 con 1271 mm y 1970 con 1388 mm, las anomalías que presentaron estos años fueron de 751 y 848 mm. La estación presentó dos períodos con una baja precipitación, el primer período fue de 1948 a 1958 con precipitaciones de 200 a 500 mm anuales, el segundo período fue de 1974 a 1980 con precipitaciones de 43 a 305 mm anuales (Gráfica 27.2)

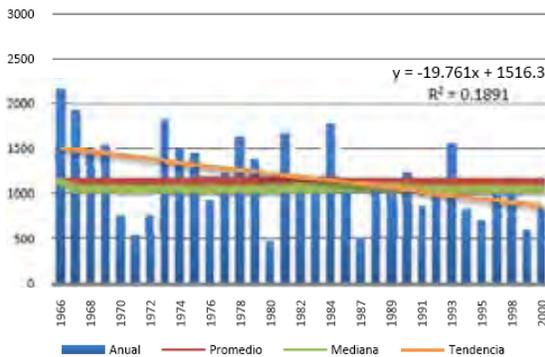


Gráfica 27.1 Precipitación anual de la estación 12024
“Coyuca de Benítez”

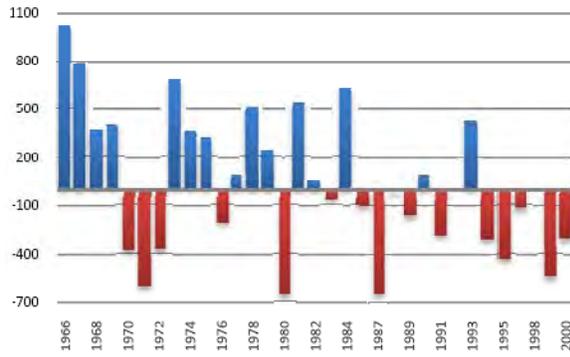


Gráfica 27.2 Anomalías de precipitación de la estación 12024
“Coyuca de Benítez”

Para la estación 12042, “Gloria Escondida”, sus años más húmedos fueron 1966 con 2159 mm, 1967 con 1924 mm, 1973 con 1828 mm y 1984 con 1769 mm presentando unas anomalías de 1017, 782, 685 y 627 mm respectivamente. Los años más secos fueron 1971 con 532 mm, 1980 con 480 mm y 1987 y 490 mm, cuyas anomalías negativas fueron de -610, -662 y -652 mm respectivamente (Gráfica 28.2)

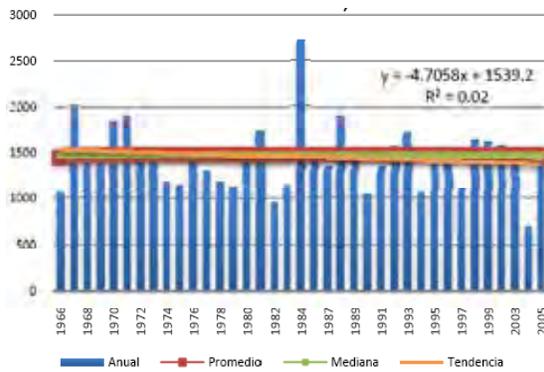


Gráfica 28.1 Precipitación anual de la estación 12042
“Gloria Escondida”

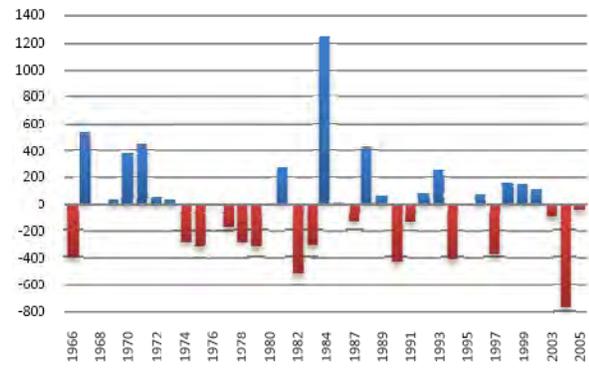


Gráfica 28.2 Anomalías de precipitación de la estación 12042
“Gloria Escondida”

En la estación 12069, “San Juan de las Flores”, el año que presentó una alta precipitación en el año de 1984 con una precipitación de 2721 mm cuya anomalía fue de 1250 mm con respecto a la media. Los años más secos fueron 1982 con 950 mm y el 2004 con 697 mm cuyas anomalías fueron -521 y 774 mm (Gráfica 29.2).

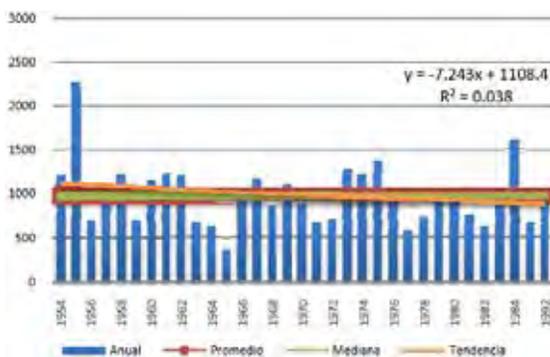


Gráfica 29.1 Precipitación anual de la estación 12069
“San Juan de las Flores”

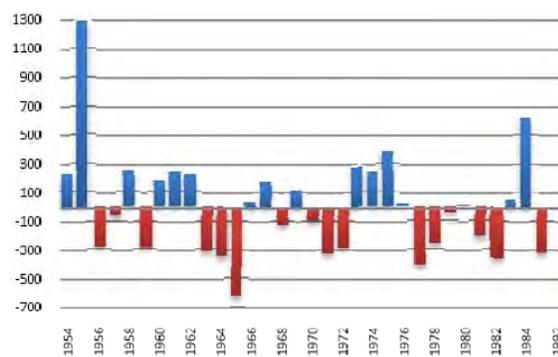


Gráfica 29.2 Anomalías de precipitación de la estación 12069
“San Juan de las Flores”

La estación 12070, “*San Luis San Pedro*” los años más húmedos fueron 1955 con 2275 mm y 1984 con 1610 mm cuyas anomalías fueron 1290 y 625 mm sobre la media. Los años más secos fueron 1965 con 356 mm y 1977 con 576 mm, las anomalías fueron de -630 y -409 mm (Gráfica 30.2).

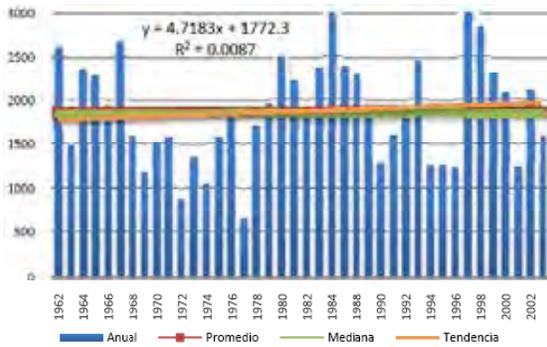


Gráfica 30.1 Precipitación anual de la estación 12070
“San Luis San Pedro”

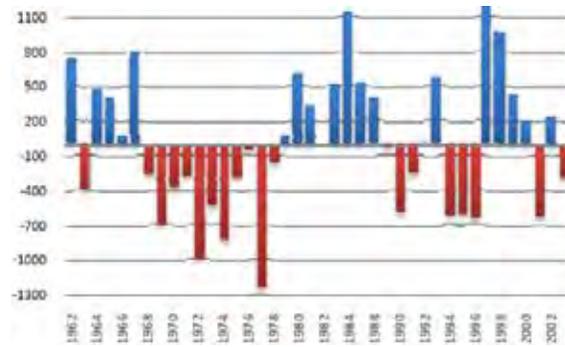


Gráfica 30.2 Anomalías de precipitación de la estación 12070
“San Luis San Pedro”

Para la estación 12079, “*Santo Domingo*”, los años con mayor precipitación fue de 1984 con 3009 mm, 1997 con 3047 mm y 1998 con 2844 mm con anomalías positivas de 1140, 1178 y 975 mm respectivamente. El período de 1968 a 1978 y de 1989 a 1996 excepto en 1993 fueron los años con una menor precipitación, siendo los años más secos 1972 con 870 mm y 1977 con 632 mm (Gráfica 31.2).



Gráfica 31.1 Precipitación anual de la estación 12079 “Santo Domingo”

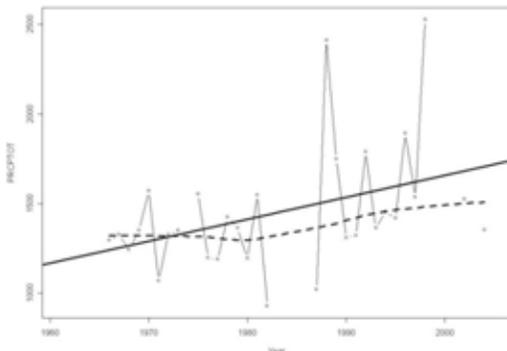


Gráfica 31.2 Anomalías de precipitación de la estación 12079 “Santo Domingo”

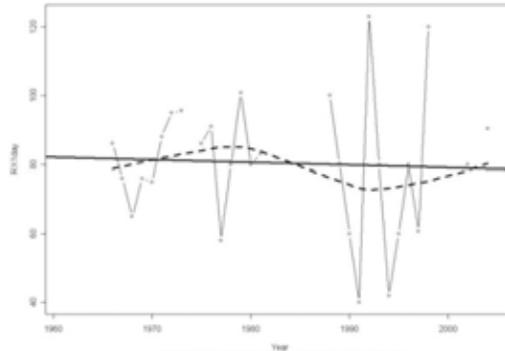
3.4.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia observada en la cuenca mostró una tendencia negativa en la parte oeste, mientras que en la región este de la cuenca los valores mostraron una tendencia positiva. Principalmente en la cuenca media del río Atoyac.

La estación “Arroyo Frío” tuvo una tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos de positiva de 12.26 mm/año con una media móvil que indica un aumento en la tendencia a partir de 1980 (Gráfica 24.3) El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -0.07 mm/año, la media móvil mostró un aumento hasta la década de los ochentas donde la tendencia fue negativa, volviendo a ser positiva a partir de 1990 (Gráfica 24.4).

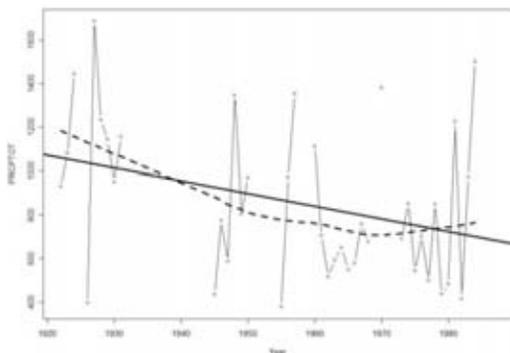


Gráfica 24.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Arroyo Frío”

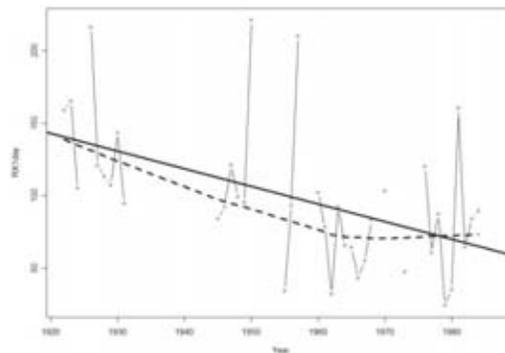


Gráfica 24.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Arroyo Frío”

La estación “*Atoyac*” tuvo una tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos de -5.80 mm/año teniendo una ligera tendencia positiva a partir de 1970 (Gráfica 25.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -1.22 mm/año, a partir de 1960 la tendencia deja de ser negativa para estabilizarse (Gráfica 25.4).

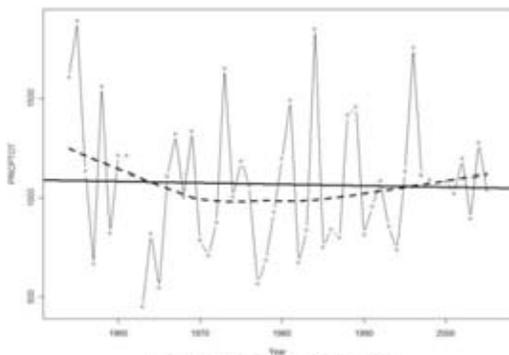


Gráfica 25.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Atoyac”

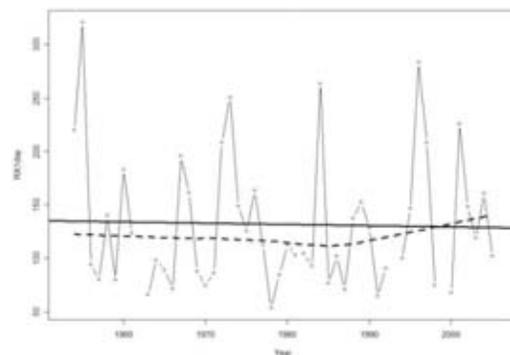


Gráfica 25.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Atoyac”

La estación “*Carrera Larga*” tuvo una tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos de -0.72 mm/año, la media móvil indica una tendencia negativa hasta 1970, donde se estabiliza hasta media de los ochentas posteriormente mostró una tendencia positiva (Gráfica 26.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -1.12 mm/año mostrando una tendencia estable hasta mediados de los ochentas, volviéndose positiva a partir de esa fecha (Gráfica 26.4).

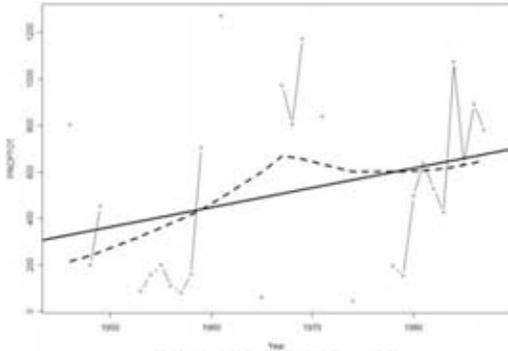


Gráfica 26.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Carrera Larga”

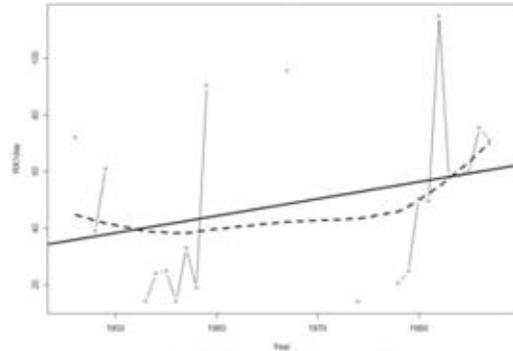


Gráfica 26.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día Carrera Larga”

Para la estación “*Coyuca de Benítez*” la tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos fue positiva con valores de 8.42 mm/año, la media móvil mostró un descenso a partir de mediados de los sesentas, en 1980 asciende de nuevo (Gráfica 27.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.60 mm/año con una marcada ascendencia a partir de finales de los años ochentas (Gráfica 27.4).

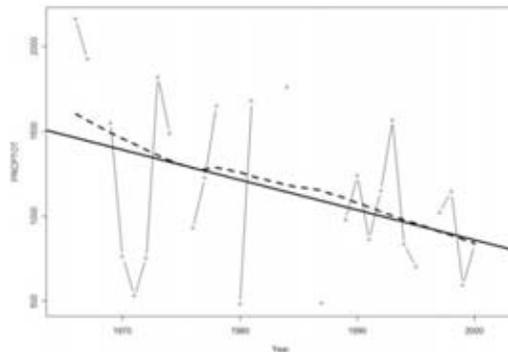


Gráfica 27.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos
“Coyuca de Benítez”

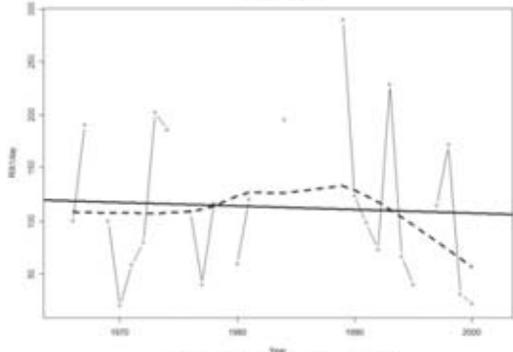


Gráfica 27.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
“Coyuca de Benítez”

En la estación “*Gloria Escondida*” la tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos fue negativa con valores de -17.70 mm/año (Gráfica 28.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia ligeramente negativa con valores de -0.33 mm/año. La media móvil mostró un incremento durante los años ochentas, a partir de 1990 la tendencia se vuelve negativa (Gráfica 28.4).

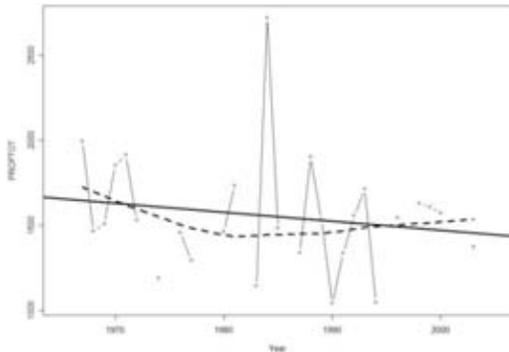


Gráfica 28.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos
“Gloria Escondida”

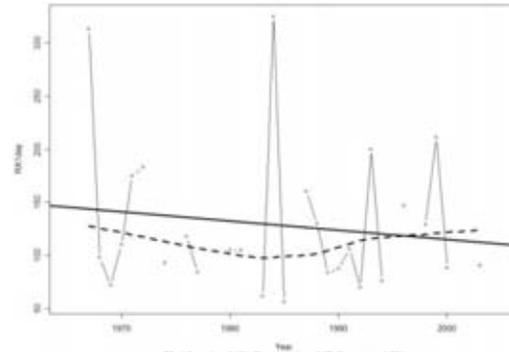


Gráfica 28.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
“Gloria Escondida”

La estación “*San Juan de las Flores*” tuvo una tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos de -5.33 mm/año la media móvil mostró una tendencia negativa hasta 1980 para estabilizarse en esa década, para 1990 tuvo una tendencia positiva (Gráfica 29.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -0.87 mm/año con una media móvil que indica una tendencia negativa hasta los ochentas, a partir de esa década la tendencia se volvió positiva (Gráfica 29.4).

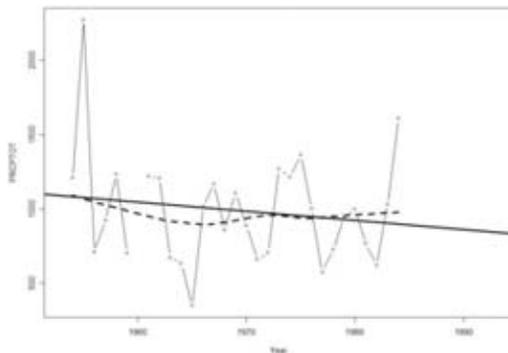


Gráfica 29.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “San Juan de las Flores”

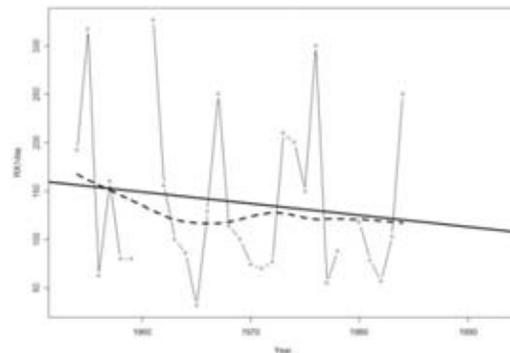


Gráfica 29.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Juan de las Flores”

En la estación “*San Luis San Pedro*” la tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos fue de -6.18 mm/año, la media móvil mostró una tendencia negativa hasta mediados de los sesentas para tener una tendencia ligeramente positiva (Gráfica 30.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -1.21 mm/año, cuya media móvil mostró una fuerte tendencia negativa hasta mediados de los sesentas, para tener una tendencia positiva hasta principios de los setentas donde retomó la tendencia negativa (Gráfica 30.4).

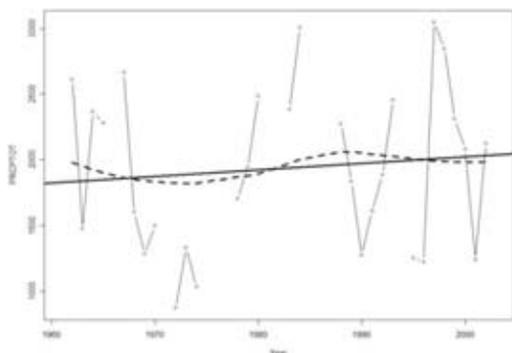


Gráfica 30.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “San Luis San Pedro”

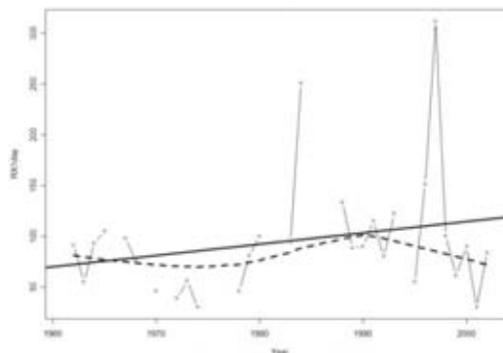


Gráfica 30.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Luis San Pedro”

Para la estación “*Santo Domingo*” la tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos fue positiva con 4.94 mm/año (Gráfica 31.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 1.12 mm/año, la media móvil mostró una tendencia negativa a partir de 1990 (Gráfica 31.4).



Gráfica 31.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Santo Domingo”



Gráfica 31.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Santo Domingo”

3.4.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

En los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media es de uno a dos milímetros, en todos los períodos de retorno la precipitación fue inferior a los 15 mm. Los valores más elevados los presentaron las estaciones San Juan de las Flores y San Luis San Pedro.

Tabla 11. Valores del periodo de retorno para los meses de de diciembre, enero y febrero Cuenca del Río Atoyac de Álvarez

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12009	Arroyo Frío	3.55	4.95	6.76	8.12
12011	Atoyac	2.94	4.13	5.66	6.82
12016	Carrera Larga	3.46	4.85	6.65	7.99
12024	Coyuca de Benítez	1.10	1.55	2.13	2.56
12042	Gloria Escondida	3.79	5.31	7.28	8.75
12069	San Juan de las Flores	5.78	8.10	11.10	13.35
12070	San Luis San Pedro	4.45	6.25	8.58	10.33
12079	Santo Domingo	5.24	7.27	9.90	11.87

En los meses de marzo, abril y mayo la precipitación media fue de 7 a 11 mm en la cuenca alta y media del Río Tecpan y Atoyac y en la desembocadura del Río Sabana, las cuencas bajas de estos ríos así como de toda la cuenca del Río Coyuca presentó valores de 6 mm, para todos los períodos de retorno la precipitación fue inferior a los 20 mm.

Tabla 12. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Atoyac de Álvarez”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12009	Arroyo Frío	5.01	6.94	9.44	11.31
12011	Atoyac	5.09	7.11	9.71	11.66
12016	Carrera Larga	4.11	5.74	7.86	9.44
12024	Coyuca de Benítez	2.72	3.83	5.27	6.35
12042	Gloria Escondida	3.81	5.35	7.34	8.83
12069	San Juan de las Flores	5.23	7.28	9.93	11.91
12070	San Luis San Pedro	4.04	5.67	7.77	9.35
12079	Santo Domingo	5.52	7.57	10.23	12.22

En los meses de junio, julio y agosto la media fue de 7 a 11 mm en la cuenca alta y media del Río Tecpan y Atoyac y en la desembocadura del Río Sabana, las cuencas bajas de estos ríos así como de toda la cuenca del Río Coyuca presentó valores de 6 mm. El período de retorno a diez días la cuenca presentó valores de 20 a 30 mm excepto en la cuenca baja del río Coyuca con valores inferiores a los 20 mm. El período de retorno a veinte días la cuenca presentó valores entre los 35 mm y 40. El período de retorno a cincuenta días la precipitación oscilo entre los 40 mm y 60 mm para toda la cuenca. En el período de retorno a cien días la cuenca presentó valores superiores a las precipitaciones de los 50 mm excepto en Coyuca.

Tabla 13. Valores del Periodo de Retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Atoyac de Álvarez”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12009	Arroyo Frío	29.41	37.97	49.06	57.38
12011	Atoyac	23.49	31.43	41.70	49.40

12016	Carrera Larga	30.20	40.31	53.38	63.18
12024	Coyuca de Benítez	18.74	25.33	33.86	40.25
12042	Gloria Escondida	25.87	34.03	44.58	52.49
12069	San Juan de las Flores	31.18	40.69	53.00	62.23
12070	San Luis San Pedro	27.44	36.76	48.84	57.88
12079	Santo Domingo	33.15	42.26	54.06	62.90

Para los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media fue de 5 mm para toda la cuenca excepto para la cuenca media del Río Atoyac que fue superior a los 6 mm y la cuenca media y baja del Río Coyuca que tuvo valores menores a 3 mm. El período de retorno a diez días tuvo precipitaciones entre los 20 y 30 mm. El período de retorno a veinte días las precipitaciones fueron inferiores a los 40 mm. El período de retorno a cincuenta días tuvo precipitaciones de 40 a 50 mm excepto en toda la cuenca del río Coyuca. El período de retorno a cien días valores inferiores a los 60 mm excepto en San Luis San Pedro y San Juan de las Flores, las cuales superaron los 60 mm.

Tabla 14. Valores del Periodo de Retorno para los meses de septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Atoyac de Álvarez”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12009	Arroyo Frío	23.34	30.91	40.72	48.06
12011	Atoyac	21.47	29.04	38.84	46.18
12016	Carrera Larga	26.14	35.44	47.47	56.49
12024	Coyuca de Benítez	14.35	19.54	26.27	31.31
12042	Gloria Escondida	28.09	37.58	49.85	59.05
12069	San Juan de las Flores	30.47	40.86	54.32	64.40
12070	San Luis San Pedro	29.13	39.69	53.36	63.60
12079	Santo Domingo	27.00	35.23	45.89	53.87

3.5.1. CUENCA DEL RÍO PAPAGAYO

Pertenece a la región hidrológica No. 20 Costa Chica, la cuenca del río Papagayo la más grande de todas las cuencas de Costa Chica, se localiza al sureste de Guerrero limita al norte con la cuenca del río Balsas-Mezcala y cuenca del río Tlapaneco, al oeste con la cuenca del río Atoyac, al sureste con la cuenca del río Nexpa y al este con la cuenca río

Ometepec, al sur con el Océano Pacífico. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las siguientes estaciones: 12088 Tlacoapa, 12107 Ayutla, 12112 El Porvenir, 12125 Tixtla.

La cuenca del río Papagayo reúne las aguas de los ríos Omitlán, Azul o Petaquillas, Acatepec, La Unión, Tameaco, Grande y Papagayo; este último desemboca en las aguas del Pacífico. Dentro de esta cuenca se ubica la Presa Hidroeléctrica La Venta (Figura 32).

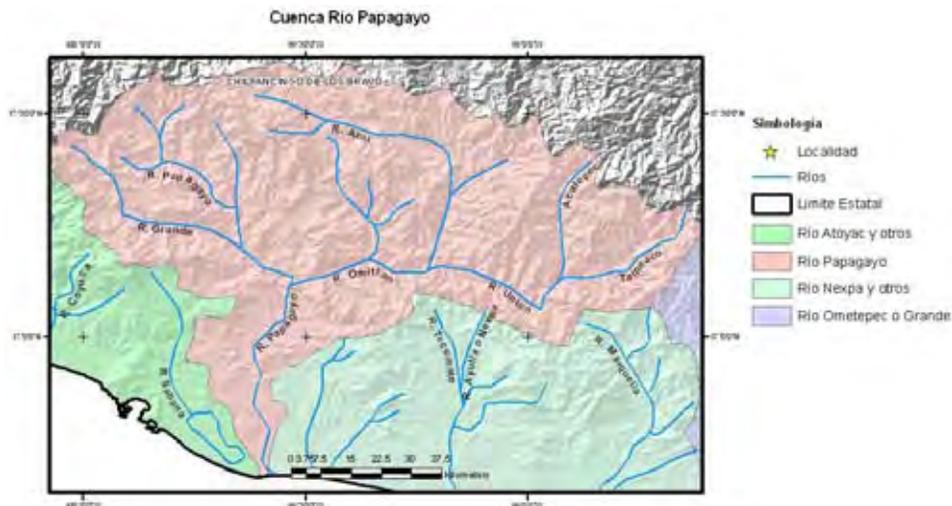
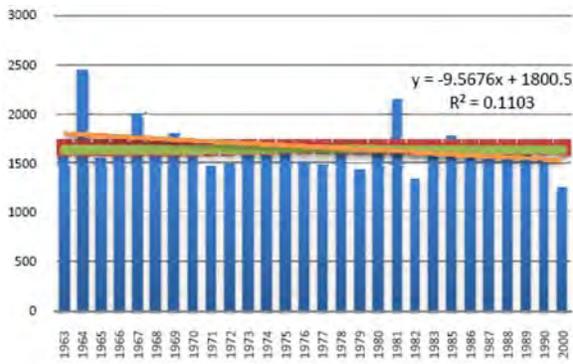


Figura 32. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Papagayo.

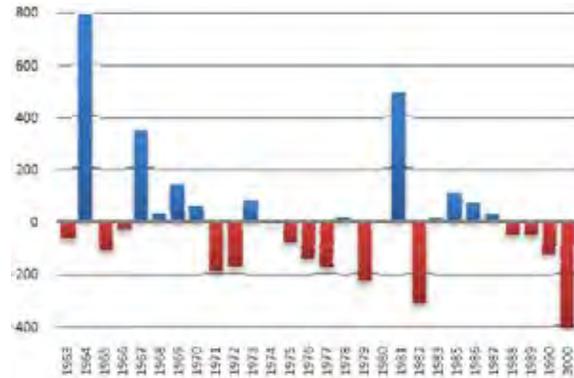
3.5.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca, de acuerdo con las estaciones 12088, 12107 y 12112 fue negativa con valores de -9.57, -0.46 y -1.27 mm/año respectivamente (Gráfica 32.1, 33.1 y 34.1). La estación 12125 fue la única que presentó una tendencia positiva con 10.12 mm/año (Gráfica 35.1). La cuenca alta presentó valores de -2 a -7 mm/año, el resto de la cuenca tuvo valores de 1 mm/año, teniendo la más alta precipitación cerca de la ciudad de Chilpancingo con 9 mm/año.

En la estación 12088, “*Tlacoapa*”, los años más húmedos fueron en 1964, 1967 y 1981 con una precipitación anual de 2453 mm, 2012 y 2150 mm respectivamente cuya anomalía positiva tuvo fue de 791, 350 y 488 mm. Los años más secos fueron 1982 y 2000 con una precipitación anual de 1347 y 1256 mm cuyas anomalías negativas fueron de -314 y -405 mm (Gráfica 32.2).

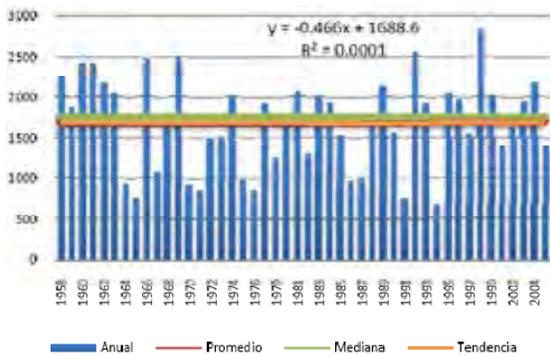


Gráfica 32.1 Precipitación anual de la estación 12088 “Tlacoapa”

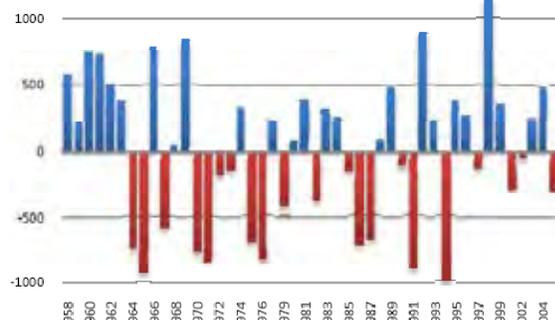


Gráfica 32.2 Anomalías de precipitación de la estación 12088 “Tlacoapa”

La estación de 12107, “Ayutla”, los años con mayor precipitación fueron 1992 y 1998 con una precipitación anual de 2571 y 2824 mm con anomalías de 894 y 1146 mm. Los años con una menor precipitación fueron 1965, 1991 y 1994 con una precipitación anual de 745, 764 y 674 mm cuyas anomalías fueron de -933, -913 y -1002 mm (Gráfica 33.2).

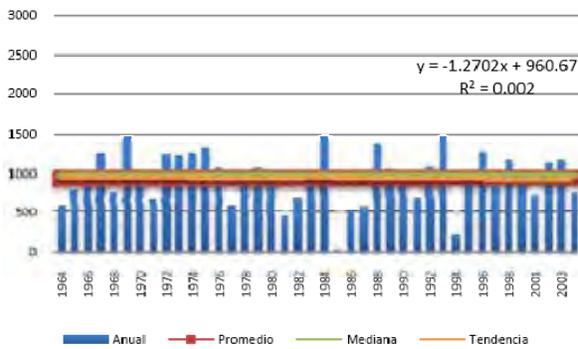


Gráfica 33.1 Precipitación anual de la estación 12107 “Ayutla”

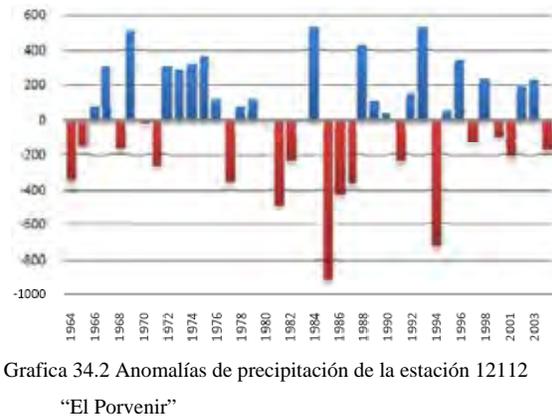


Gráfica 33.2 Anomalías de precipitación de la estación “Ayutla”

En la estación 12112, “El Porvenir”, siendo los años más húmedos 1969, 1984 y 1993 con una precipitación anual de 1416, 1467 y 1466 mm, con una anomalía de 511, 532 y 531 mm. Sus años más secos fueron 1985 y 1994 con 19 mm y 209 mm de precipitación anual, con una anomalía de -916 725 mm (Gráfica 34.2).

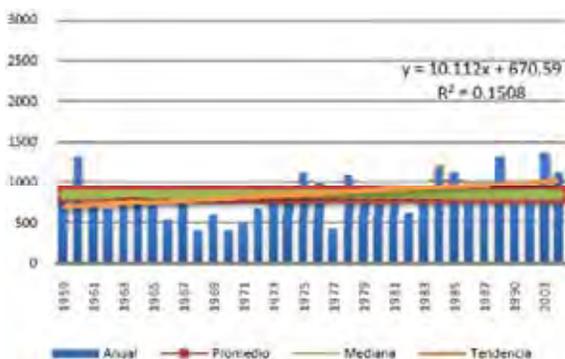


Gráfica 34.1 Precipitación anual de la estación 12112
"El Porvenir"

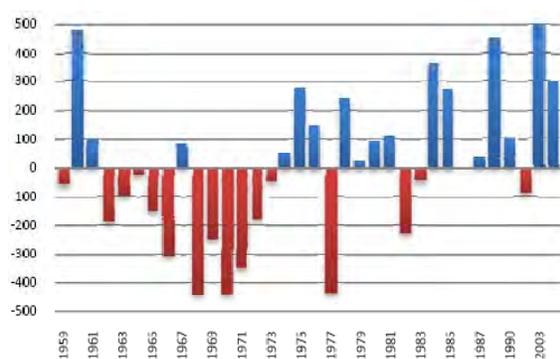


Gráfica 34.2 Anomalías de precipitación de la estación 12112
"El Porvenir"

En la estación 12125 "Tixtla", la precipitación anual de los días más húmedos fue de 1960, 1989 y 2003 con 1318, 1292 y 1343 mm cuyas anomalías positivas fueron de 470, 453 y 504 mm. Los años más secos son de 1968, 1970 y 1977 con una precipitación anual de 395, 397 y 401 mm cuyas anomalías fueron de -444, -442 y -437 mm (Gráfica 35.2).



Gráfica 35.1 Precipitación anual de la estación 12125 "Tixtla"



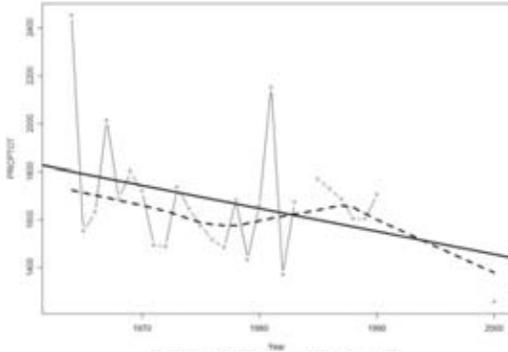
Gráfica 35.2 Anomalías de precipitación de la estación 12125 "Tixtla"

3.5.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

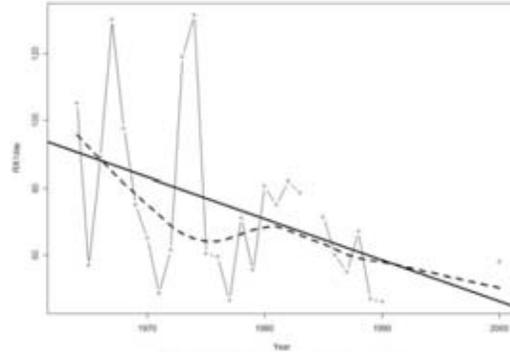
La tendencia de la cantidad máxima de precipitación en un día presenta una tendencia estable para toda la cuenca excepto para la unión del río Grande, el río Omitlan y el río Papagayo, y la cuenca alta del río Tameaco, que presentaron valores negativos.

La estación "Tlacoapa" tuvo una tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos de -9.65 mm/año, con una media móvil que indica una tendencia negativa, excepto a finales de la década de los ochentas, para después volver a tener una tendencia

aun más negativa (Gráfica 32.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día fue de tendencia negativa de -1.23 mm/año, con una media móvil que indica una tendencia negativa, excepto solamente a mediados de los años setentas que tuvo una ligera tendencia positiva, para después continuar con la tendencia positiva (Gráfica 32.4).

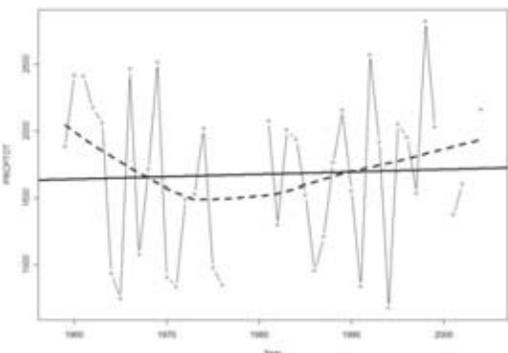


Gráfica 32.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Tlacoapa”

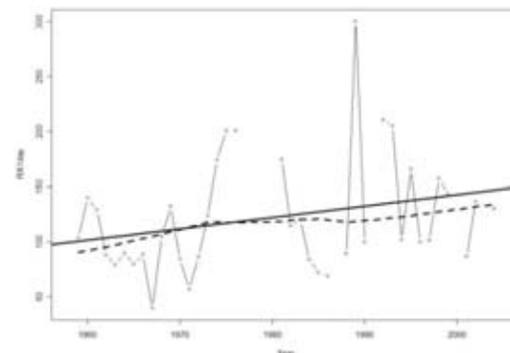


Gráfica 32.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tlacoapa”

La estación “Ayutla” indicó una tendencia ligeramente positiva con valores de 1.84 mm/año en la precipitación anual total en los días húmedos, la media móvil mostró una tendencia negativa a principios de la década de los setentas pero posteriormente continuó con la tendencia positiva (Gráfica 33.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 1.02 mm/año (Gráfica 33.4).



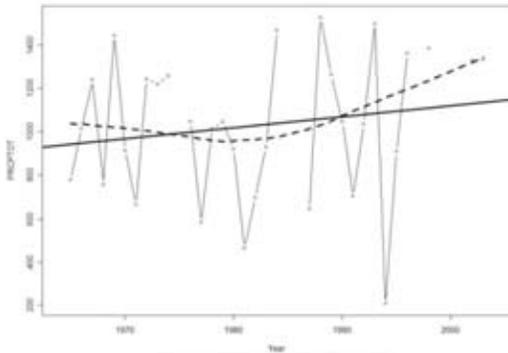
Gráfica 33.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Ayutla”



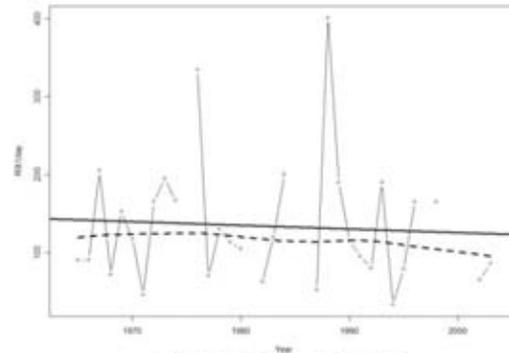
Gráfica 33.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ayutla”

La estación “El Porvenir” tuvo una tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos de 5.14 mm/año, con una media móvil que mostró un descenso a finales de la década de los setentas, posteriormente tuvo una tendencia positiva (Gráfica 34.3). El

máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una ligera tendencia negativa de -0.47 mm/año (Gráfica 34.4).

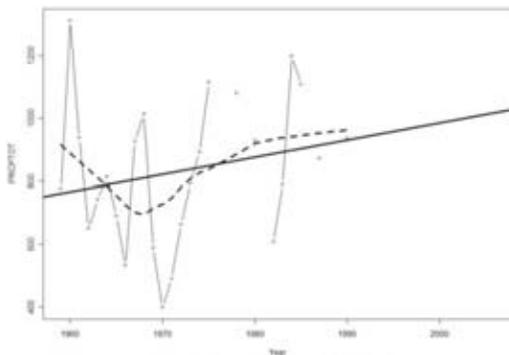


Gráfica 34.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos "El Porvenir"

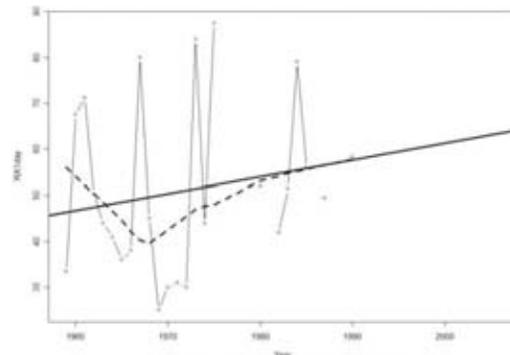


Gráfica 34.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día "El Porvenir"

La estación "Tixtla" una tendencia en la precipitación anual total en los días húmedos de 5.46 mm/año con una media móvil que indicó una tendencia negativa a finales de la década de los setentas para después continuar con la tendencia positiva (Gráfica 35.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.36 mm/año con una media móvil que indicó un descenso durante la década de los sesentas para posteriormente tener una tendencia positiva (Gráfica 35.4).



Gráfica 35.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos "Tixtla"



Gráfica 35.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día "Tixtla"

3.5.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

Para los meses de diciembre, enero y febrero todos los períodos de retorno fueron inferiores a los 20 mm. Las mayores precipitaciones ocurrieron a lo largo del río la Unión.

Tabla 15. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río Papagayo”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12088	Tlacoapa	4.94	6.86	9.33	11.19
12107	Ayutla	4.48	6.29	8.62	10.37
12112	El Porvenir	4.40	6.18	8.47	10.19
12125	Tixtla	3.67	5.13	7.03	8.45

En los meses de marzo, abril y mayo en el período de retorno diez, veinte, cincuenta y cien días la precipitación es menor a 21 mm.

Tabla 16. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Papagayo”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12088	Tlacoapa	9.43	12.81	17.20	20.48
12107	Ayutla	6.28	8.75	11.94	14.34
12112	El Porvenir	4.54	6.38	8.76	10.55
12125	Tixtla	5.14	7.07	9.57	11.44

Para los meses de junio, julio y agosto la zona este de la cuenca presentó una precipitación media de 8 mm mientras que el resto de la cuenca tuvo una precipitación media de 6 mm. La precipitación en el período de retorno a diez días toda la cuenca presento valores de 30 mm. En el período de retorno a veinte días las mayores precipitaciones fueron al este y en la desembocadura del río Papagayo, los valores fueron de 45 mm, el resto de la cuenca tuvo valores de 35 mm. En el período de retorno a cincuenta días toda cuenca tuvo valores inferiores a los 65 mm. En el período de retorno a cien días la cuenca alta presento una precipitación de 55 mm, las cuencas baja y media tuvo una mayor precipitación con valores de 65 mm.

Tabla 17. Valores del Periodo de Retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río Papagayo”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12088	Tlacoapa	28.73	36.41	46.37	53.82
12107	Ayutla	38.06	49.83	65.06	76.47
12112	El Porvenir	28.20	37.90	50.45	59.86
12125	Tixtla	18.43	23.86	30.88	36.15

Durante los meses de septiembre, octubre y noviembre la media de precipitación fue mayor a lo largo del Río la Unión con valores de 7 mm, el resto de la cuenca tuvo una precipitación de 4 mm. La precipitación del período de retorno a diez días toda la cuenca tiene valores de 22 mm excepto la cuenca alta del río Azul. En el período de retorno a veinte días toda la cuenca presento valores de 33 mm. En el período de retorno a cincuenta días la cuenca baja y media presento valores de 44 mm, la cuenca alta tuvo valores inferiores de 35 mm. En el período de retorno a cien días toda la cuenca presentó valores inferiores a los 60 mm

Tabla 18. Valores del Periodo de Retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Papagayo”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12088	Tlacoapa	18.99	24.91	32.57	38.31
12107	Ayutla	30.15	39.96	52.66	62.18
12112	El Porvenir	25.60	34.73	46.54	55.39
12125	Tixtla	13.37	17.82	23.59	27.91

3.6.1. CUENCA DEL RÍO NEXPA

Pertenece a la región hidrológica No. 20 Costa Chica, ubicado al centro de la región, ocupa mayor extensión litoral que las otras cuencas. Al norte y al oeste limita con la cuenca del río Papagayo, al noreste y al este con la cuenca del río Ometepec, al sur limita con el océano Pacífico. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las estaciones: 12012

Ayutla, 12022 Cópala, 12068 San Luis Acatlán, 12071 San Marcos. La hidrología de la cuenca se constituye por los ríos Tecomate, Ayutla o Nexpa y Marquelia. Sólo recibe aportaciones importantes del río Marquelia y del río Nexpan. En esta cuenca están construidas las presas El Guineo y Nexpan, que dan existencia al distrito de riego Nexpan (Figura 36).

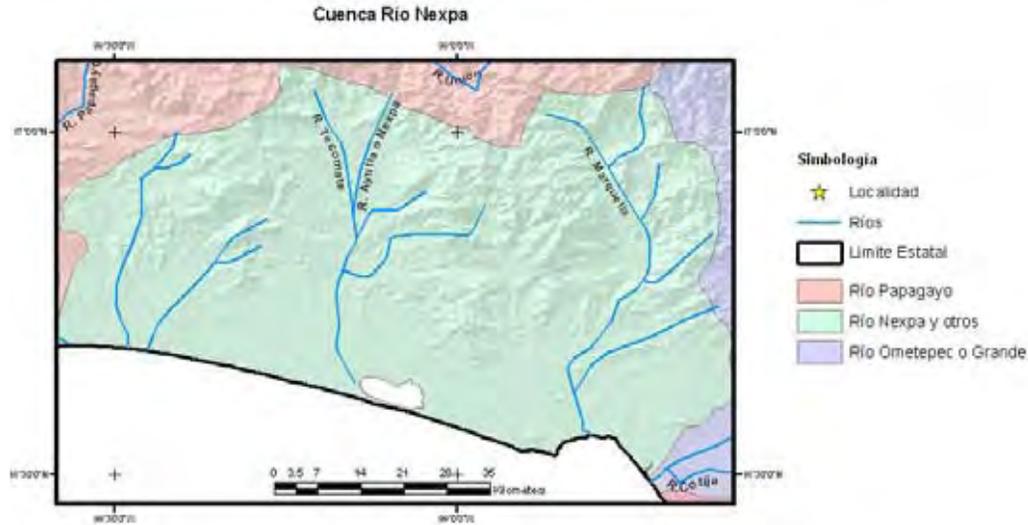
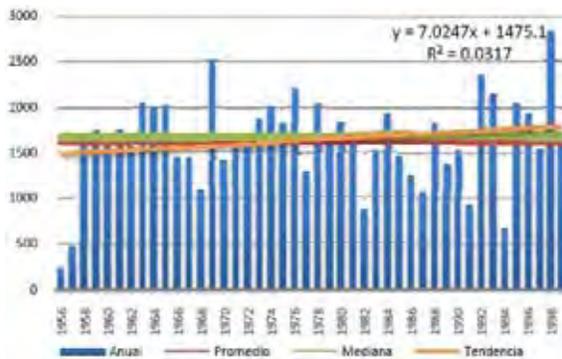


Figura 36. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Nexpa.

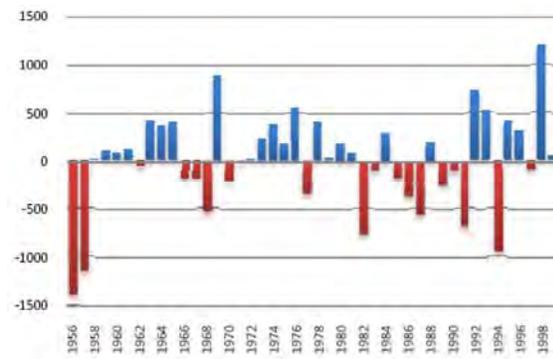
3.6.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con las estaciones de 12012, 12022 y 12068 fue positiva con valores de 7.02, 11.17 y 35.07 mm/año (Gráfica 36.1, 37.1 y 38.1), mientras que la estación 12 071 mostró una tendencia negativa de -1.32 mm/año (Figura 39.1). La cuenca alta presentó una menor precipitación con valores de 1 mm/año mientras que la cuenca baja y media obtuvo una precipitación mayor de 5 mm/año.

La estación 12012, “Ayutla”, sus años más húmedos corresponden a 1969 con 2514 mm y 1998 con 2824 mm, cuyas anomalías fueron de 880 mm para 1969 y 1191 mm para 1998. Los años más secos son 1956 con 232 mm y una anomalía de -1400 mm y 1957 con 477 mm y una anomalía de -1155 mm (Gráfica 36.2).

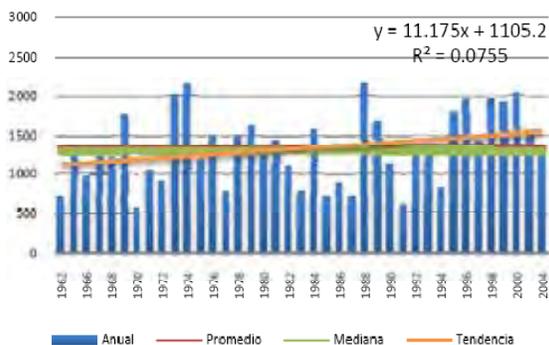


Gráfica 36.1 Precipitación anual de la estación 12012 "Ayutla"

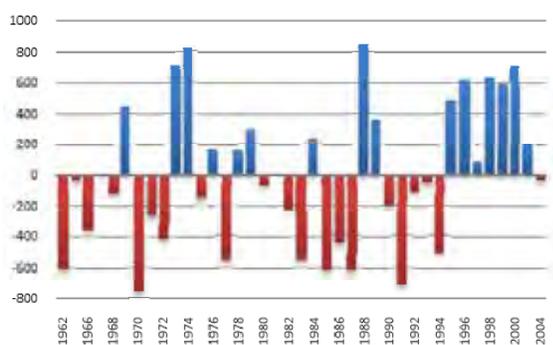


Gráfica 36.2 Anomalías de precipitación de la estación 12012 "Ayutla"

La estación 12022, "Cópala", los años con mayor precipitación fueron 1974 con 2154 mm y una anomalía de 825 mm y 1988 con 2176 mm y una anomalía positiva de 846 mm. Los años más secos fueron 1970 con una precipitación anual de 567 y una anomalía de -761mm y 1991 con una precipitación de 611 mm y una anomalía -717 mm (Gráfica 37.2).

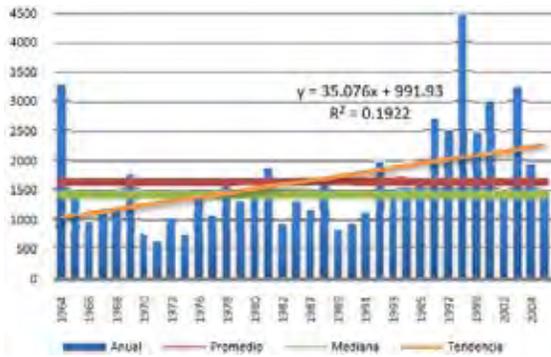


Gráfica 37.1 Precipitación anual de la estación 12022 "Cópala"

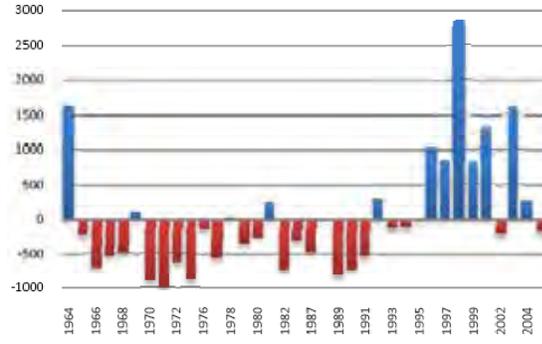


Gráfica 37.2 Anomalías de precipitación de la estación 12022 "Cópala"

En la estación 12068, "San Luis Acatlán", los años más húmedos fueron 1964 con una precipitación anual de 3270 mm y una anomalía positiva de 1629 mm y 1998 con una precipitación anual de 4475 mm y una anomalía positiva de 2834 mm. Los años más secos corresponde a 1970 con 737 mm y una anomalía negativa de -903 mm y 1971 con 643 mm y una anomalía negativa de -998 mm, también se observó una período de precipitaciones por debajo de la medio en el período de 1965 a 1991 (Gráfica 38.2).

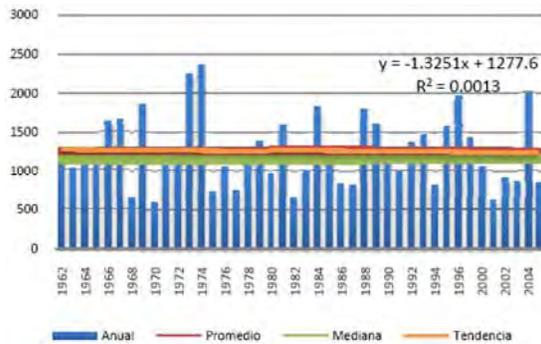


Grafica 38.1 Precipitación anual de la estación 12068
“San Luis Acatlán”

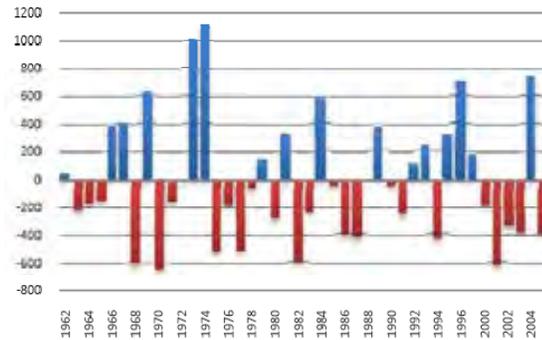


Grafica 38.2 Anomalías de precipitación de la estación 12068
“San Luis Acatlán”

La estación 12071, “San Marcos”, tuvo como años más húmedos 1973 con 2261 mm y una anomalía de 10 11 mm y 1974 con 2373 mm y una anomalía de 1123 mm. Los años más secos corresponden a 1970 con 597 mm y una anomalía de -651 mm y 2001 con 630 mm y una anomalía de - 619 mm (Gráfica 39.2).



Grafica 39.1 Precipitación anual de la estación 12071
“San Marcos”



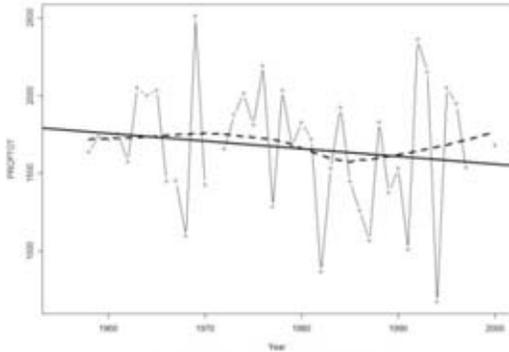
Grafica 39.2 Anomalías de precipitación de la estación 12071
“San Marcos”

3.6.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

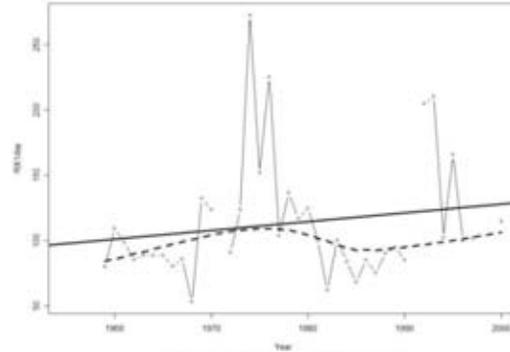
La tendencia de extremos mostrados en la cuenca fue de 1.9 a 2.8 mm/año en la cuenca media del río Marquelia mientras que el resto de la cuenca del río Marquelia fue de 0.9 a 1.8 mm/año. El resto de la cuenca del río Nexpa es de 0 a 0.8 mm/año.

La estación “Ayutla” tuvo una tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos de -4. 96 mm/año con una media móvil que indica una disminución en la

década de los 80's, a partir de 1990 la tendencia fue positiva (Gráfica 36.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.67 mm/año, la media móvil mostro una disminución en la década de los 80's, recuperando la tendencia positiva a partir de 1990 (Gráfica 36.4).

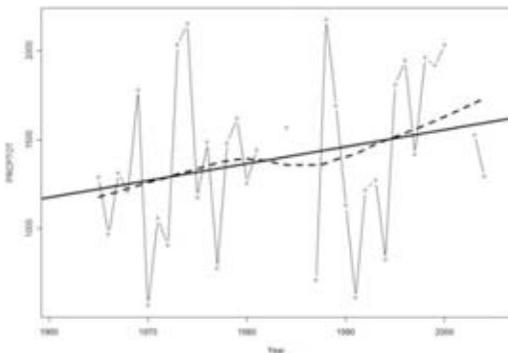


Gráfica 36.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos "Ayutla"

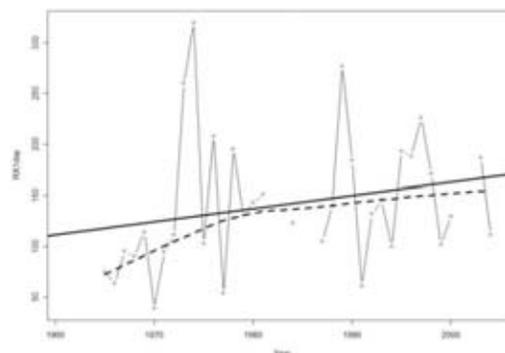


Gráfica 36.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día "Ayutla"

La estación "Cópala" tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos de 9.58 mm/año con una media móvil que mostro una tendencia positiva (Gráfica 37.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 1.29 mm/año, con una media móvil que mostro una rápida tendencia positiva de 1965 hasta 1980, posteriormente la tendencia se vuelve más suave (Gráfica 37.4).



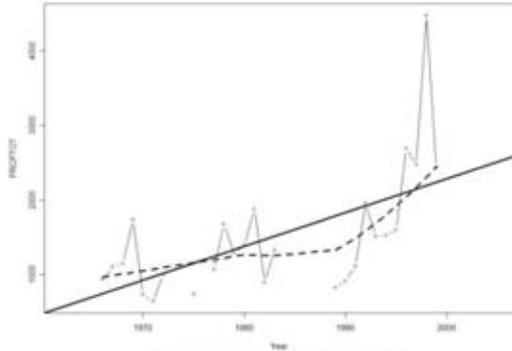
Gráfica 37.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos "Cópala"



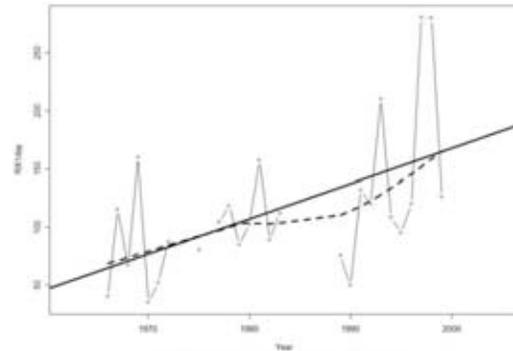
Gráfica 37.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día "Cópala"

La estación "San Luis Acatlán" mostró una fuerte tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos de 45 mm/año con una media móvil que mostro una tendencia levemente positiva hasta 1990, a partir de esta fecha la tendencia se

mostró más fuerte (Gráfica 38.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 3.02 mm/año, la media móvil siempre mantuvo esta tendencia positiva (Gráfica 38.4).

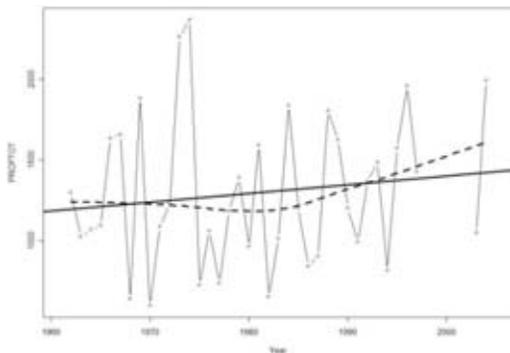


Gráfica 38.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos
“San Luis Acatlán”

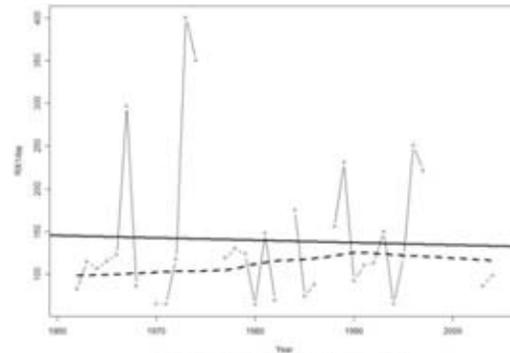


Gráfica 38.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
“San Luis Acatlán”

La estación de “*San Marcos*” tuvo una tendencia positiva de 5.39 mm/año con una media móvil que mostró un decremento del período de 1970 a 1990 para después tener una tendencia positiva (Gráfica 39.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -0.27 mm/año con una media móvil que mostro una ligera tendencia positiva (Gráfica 39.4).



Gráfica 39.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos
“San Marcos”



Gráfica 39.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
“San Marcos”

3.6.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

Para los meses diciembre, enero y febrero la precipitación media es inferior a los 20 mm al igual que los períodos de retorno a 10, 20, 50 y 100 que también mostraron una precipitación inferior a los 20 mm.

Tabla 19. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río Nexpa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12012	Ayutla	4.14	5.81	7.97	9.59
12022	Cópala	4.09	5.75	7.90	9.51
12068	San Luis Acatlán	5.58	7.83	10.75	12.93
12071	San Marcos	3.66	5.14	7.06	8.49

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media es de 8 a 11 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca alta del río Marquelia con una precipitación media de 15 a 17 mm. En el período de retorno de 10, 20, 50 y 100 días la precipitación presentada en toda la cuenca es menor a los 20 mm.

Tabla 20. Valores del periodo de retorno para los meses de marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Nexpa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12012	Ayutla	5.78	8.06	11.01	13.23
12022	Cópala	8.59	12.03	16.48	19.82
12068	San Luis Acatlán	7.59	10.55	14.38	17.25
12071	San Marcos	7.01	9.78	13.36	16.05

En los meses de junio, julio y agosto la precipitación media fue de 10 a 11 mm en las cuencas de los ríos Ayutla o Nexpa y en el río Marquelia cuya cuenca alta tuvo una precipitación de 12 a 17 mm, al este de la cuenca se presentan precipitaciones de 8 a 9 mm. En el período de retorno a 10 días las precipitaciones presentadas en toda la cuenca van de 21 a 40 mm. En el período de retorno a 20 días las precipitaciones presentadas en toda la

cuenca fueron de 41 a 60 mm. En el período de retorno a 50 y 100 días las precipitaciones observadas para toda la cuenca fueron de 61 a 80 mm.

Tabla 21. Valores del periodo de retorno para los meses de junio, julio y agosto “Cuenca del Río Nexpa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12012	Ayutla	35.42	46.26	60.31	70.83
12022	Cópala	37.26	49.59	65.54	77.50
12068	San Luis Acatlán	36.97	48.36	63.09	74.13
12071	San Marcos	36.74	48.95	64.76	76.60

En los meses septiembre, octubre y noviembre la precipitación media fue de 5 a 6 mm en las cuencas bajas y medias de los ríos Ayutla y Marquelia, en las cuencas altas de dichos ríos la precipitación media fue de 7 a 8 mm. En el período de retorno a 10 y 20 días la precipitación para toda la cuenca fue de 21 a 40 mm. En el período de retorno a 50 días la precipitación para toda la cuenca fue de 41 a 60 mm. En el período de retorno a 100 días la precipitación para la cuenca fue de 41 a 60 mm excepto en las cuencas altas de los ríos Ayutla y Marquelia que tuvieron precipitaciones de 60 a 80 mm.

Tabla 22. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Nexpa”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
12012	Ayutla	29.81	39.60	52.27	61.76
12022	Cópala	27.30	36.73	48.93	58.07
12068	San Luis Acatlán	30.94	41.48	55.11	65.33
12071	San Marcos	27.73	37.49	50.11	59.57

3.7.1. CUENCA DEL RÍO OMETEPEC O GRANDE

Pertenece a la región hidrológica No. 20 Costa chica, ubicada en la frontera de los estados de Guerrero y Oaxaca, limita al norte con la cuenca del río Tlapaneco, al noroeste con la cuenca del río Papagayo y al oeste con la cuenca del río Nexpa, al este limita con la

cuenca del río Atoyac B y al sur y sureste con la cuenca del río La Arena. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las siguientes estaciones: 12066 Quetzala, 12072 San Pedro Cuitlapa, 20010 San Juan Cacahuatepec. La cuenca del río Ometepec o Grande se compone de los ríos Santa Catarina, Quetzala y Cortijo. Al sur se ubica el distrito de riego de Cuajinicuilapa (Figura 40).

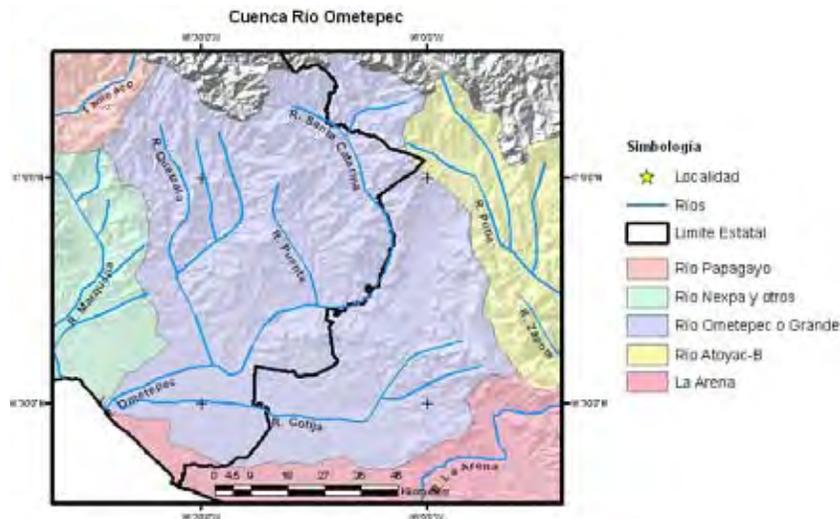
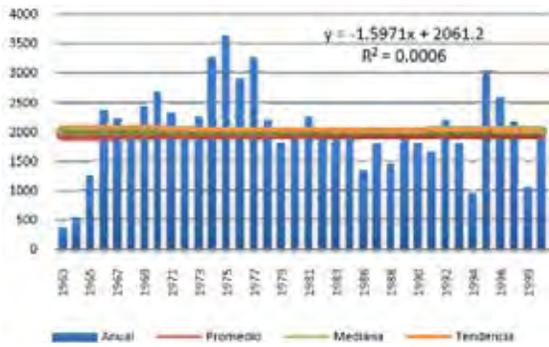


Figura 40. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Ometepec.

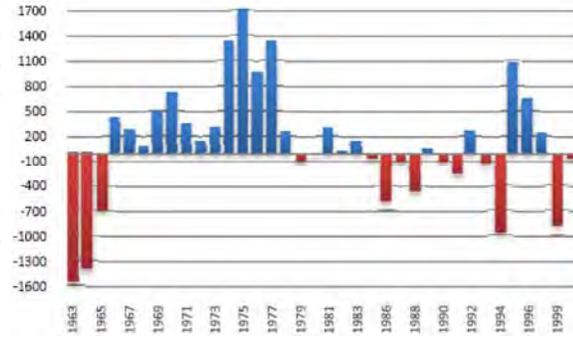
3.7.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con las estaciones 20010 y 12072 la tendencia fue negativa con valores -1.59 y -18.08 mm/año respectivamente (Gráficas 40.1 y 42.1). La estación 12066 tuvo una tendencia positiva de 12.16 mm/año (Gráfica 41.1). La cuenca alta del presentó valores negativos de -92 a -28 mm/año y la cuenca media tuvo valores de -27 a -2 mm/año. Para la cuenca baja se presentaron valores de 6 a 35 mm/año.

La estación 20010, “*San Juan Cacahuatepec*” su año más húmedo fue 1975 con una precipitación anual de 3647 mm con una anomalía positiva de 1722 mm, se presentó un período de altas precipitaciones de 1966 a 1978. Los años más secos fueron 1963 con una precipitación de 362 mm y una anomalía negativa de -1563 mm y 1964 con 517 mm y una anomalía negativa de -1408 mm (Gráfica 40.2).

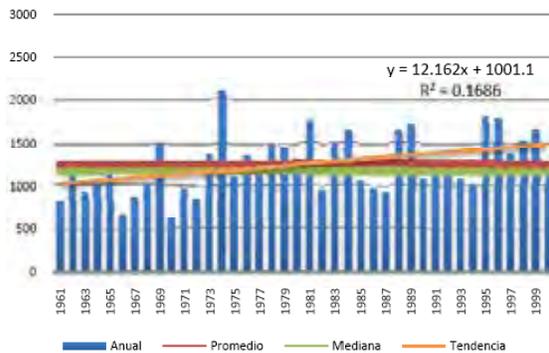


Gráfica 40.1 Precipitación anual de la estación 20010
“San Juan Cacahuatpec”

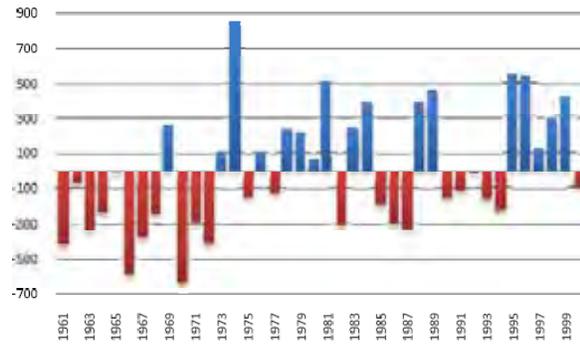


Gráfica 40.2 Anomalías de precipitación de la estación 20010
“San Juan Cacahuatpec”

La estación 12066, “*Quetzala*” tuvo como año más húmedo 1974 con una precipitación anual de 2100 mm y una anomalía de 850 mm. Los años más secos fueron 1966 con 668 mm y una anomalía de -582 mm y 1970 con 616 mm y una anomalía de -635 mm (Gráfica 41.2).

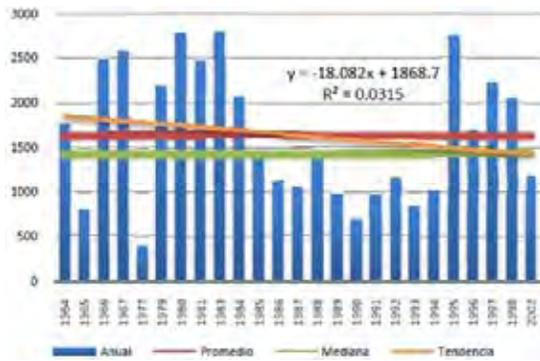


Gráfica 41.1 Precipitación anual de la estación 12066
“Quetzala”

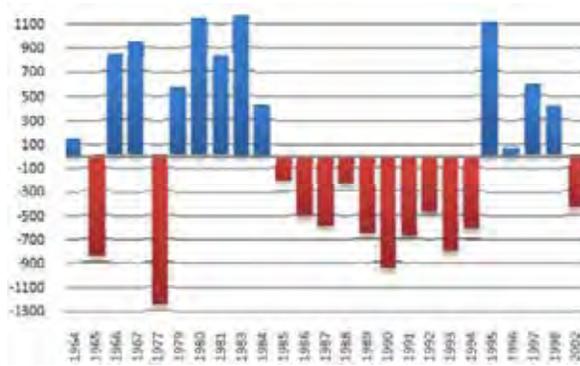


Gráfica 41.2 Anomalías de precipitación de la estación 12066
“Quetzala”

La estación 12072, “*San Pedro Cuitlapa*” tuvo como años más húmedos 1980 con 2782 mm y una anomalía de 1148 mm, 1983 con 2796 mm y una anomalía de 1162 mm, 1995 con 2746 mm y una anomalía de 1112 mm. El año más seco fue 1977 con una precipitación de 384 mm y una anomalía negativa de -1250 mm, durante el período de 1985 a 1994 se tuvo precipitaciones por debajo de la media (Gráfica 42.2).



Gráfica 42.1 Precipitación anual de la estación 12072
“San Pedro Cuitlapa”

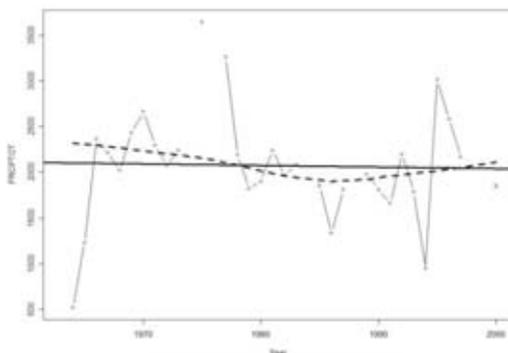


Gráfica 42.2 Anomalías de precipitación de la estación 12072
“San Pedro Cuitlapa”

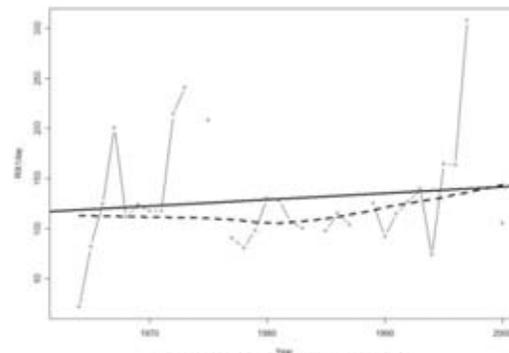
3.7.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de extremos mostrados en la cuenca fue de 0.9 a 1.8 mm/año en las cuencas medias de los ríos Quetzala y Santa Catarina, mientras que para el resto de la cuenca se presentaron valores de 0 a 0.8 mm/año.

La estación de “*San Juan Cacahuatepec*” se tuvo una tendencia ligeramente negativa en la precipitación anual total en los días húmedos de -1.62 mm/año con una media móvil que muestra una tendencia positiva a partir 1985 (Gráfica 40.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.65 mm/año con una media móvil que mostró un aumento a partir de 1980 (Gráfica 40.4).

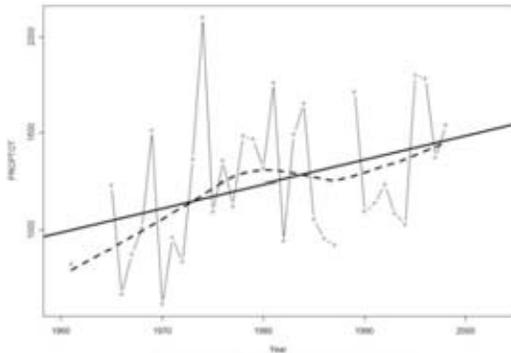


Gráfica 40.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos
“San Juan Cacahuatepec”

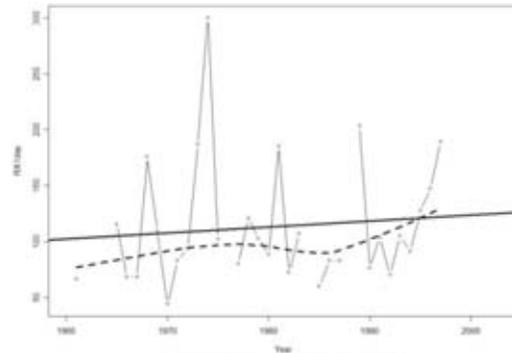


Gráfica 40.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
“San Juan Cacahuatepec”

La estación “*Quetzala*” tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos de 12.43 mm/año con una media móvil que igualmente mostro esta tendencia positiva (Gráfica 41.3) El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.53 mm/año y una media anual con una tendencia también positiva (Gráfica 41.4)

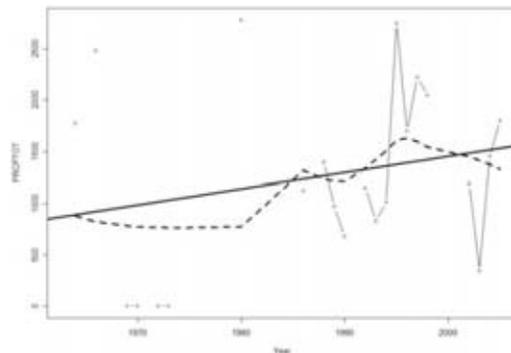


41.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Quetzala”

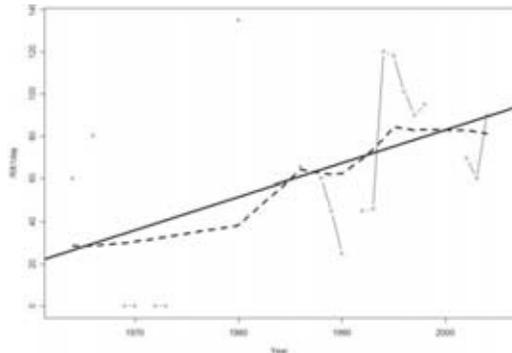


41.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Quetzala”

La estación “*San Pedro Cuitlapa*” tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos de 15.70 mm/año con una media móvil estable en la década de los 70’s para después adquirir una tendencia positiva (Gráfica 42.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 1.57 mm/año con una media móvil que también muestra una tendencia positiva (Gráfica 42.4).



42.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “San Pedro Cuitlapa”



42.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Pedro Cuitlapa”

3.7.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

Para los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media es menor de 1 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca media y alta del río Cotijo con valores de menores de 6 mm. El período de retorno a 10 y 20 días tuvo precipitaciones menores a los 20 mm para toda la cuenca excepto para la cuenca media del río Cotijo que tuvo valores de 21 a 40 mm. El período de retorno a 50 y 100 días tuvo precipitaciones menores a los 20 mm para toda la cuenca excepto para la cuenca media del río Cotijo que tuvo valores de 41 a 60 mm.

Tabla 23. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río Ometepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20010	Quetzala	26.39	35.35	46.94	55.63
12066	San Pedro Cuitlapa	3.83	5.38	7.39	8.90
12072	San Juan Cacahuatepec	3.14	4.41	6.06	7.29

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media es de 12 a 17 mm en la cuenca alta del río Quetzala, la cuenca del río Santa Catarina tuvo valores de 5 a 11 mm. En el período de retorno a 10, 20 y 50 días la precipitación fue inferior a los 20 mm. El período de retorno a 100 días mostró un aumento de la precipitación en la cuenca alta y media del río Cotija de 21 a 40 mm.

Tabla 24. Valores del Periodo de Retorno para los meses marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Ometepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20010	Quetzala	9.01	12.48	16.96	20.32
12066	San Pedro Cuitlapa	5.08	7.10	9.71	11.66
12072	San Juan Cacahuatepec	5.45	7.53	10.24	12.26

En los meses de junio, julio y agosto la precipitación media es de 10 a 11 mm siendo mayor en la cuenca alta del río Quetzala con 12 a 17 mm, en la cuenca alta del río Santa Catarina la precipitación es de 8 a 9 mm. El período de retorno a 10 días tuvo precipitaciones de 21 a 40 mm excepto en la cuenca media del río Cotija que tuvo valores de 41 a 60 mm. El período de retorno a 20 días se tuvieron precipitaciones de 41 a 60 mm excepto en la cuenca alta del río Santa Catarina que presentó valores de 21 a 40 mm. El período de retorno a 50 días en toda la cuenca se presentaron valores de 41 a 60 mm. El período de retorno a 100 días se tuvieron valores de 61 a 80 mm en toda cuenca excepto en la cuenca alta del río Santa Catarina.

Tabla 25. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río Ometepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20010	Quetzala	48.83	53.95	58.92	61.89
12066	San Pedro Cuitlapa	33.39	44.09	57.94	68.33
12072	San Juan Cacahuatpec	26.75	34.92	45.49	53.41

En los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media es de 7 a 8 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca media del río Cotijo que tuvo valores de 9 a 10 mm. El período de retorno a 10 días presentó valores de 21 a 40 mm para toda la cuenca. El período de retorno a 20 días tuvo valores de 21 a 40 mm excepto en la cuenca media del río Cotijo. El período de retorno a 50 días presentó precipitaciones de 41 a 60 mm para toda la cuenca. El período de retorno a 100 días tuvo de 41 a 60 mm para toda la cuenca excepto para la cuenca media del río Cotijo.

Tabla 26. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Ometepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20010	Quetzala	34.00	45.13	59.54	70.34
12066	San Pedro Cuitlapa	23.73	31.90	42.48	50.40
12072	San Juan Cacahuatpec	24.97	33.20	43.86	51.84

3.8.1. CUENCA DEL RÍO LA ARENA

Perteneciente a la región hidrológica No. 20 Costa Chica, ubicada al sur del estado de Oaxaca en la frontera con Guerrero, limita al noroeste con la cuenca del río Ometepec, al noreste y este con la cuenca del río Atoyac B. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las siguientes estaciones: 12208 Cuajinicuilapa, 20088 Santiago Pinotepa Nacional, 20200 El Carrizo. Está conformada por el río La Arena (Figura 43).

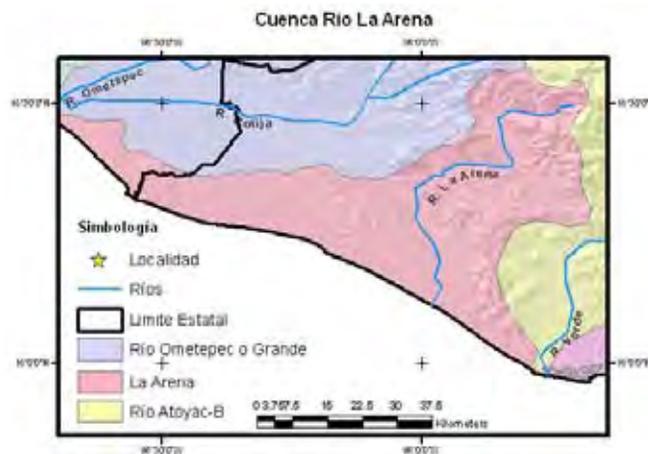


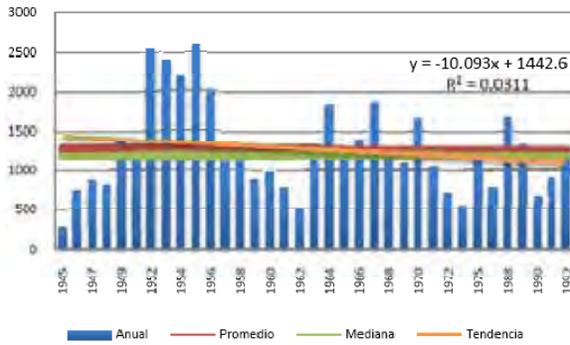
Figura 43. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río La Arena.

3.8.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

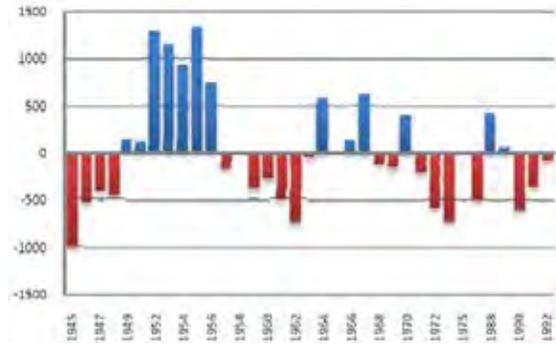
La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con las estaciones 20088 y 20200 la tendencia observada fue negativa con valores de -10.09 y -8.11 mm/año (Gráficas 43.1 y 44.1), en la estación 12208 la tendencia observada es positiva con valores de 23.06 mm/año (Gráfica 45.1). La cuenca presentó valores negativos de -8 a -2 mm/año, excepto en la cuenca baja oriental, del lado del estado de Guerrero donde la precipitación fue de 6 a 35 mm/año.

La estación 20088, “*Santiago Pinotepa Nacional*”, su período más húmedo corresponde de 1949 a 1956 siendo los años más húmedos 1952 con una precipitación de 2547 mm y una anomalía de 1286 mm y 1955 con una precipitación de 2588 mm y una anomalía de

1328 mm. Su año más seco corresponde a 1945 con una precipitación de 259 mm y una anomalía negativa de -1002 mm (Gráfica 43.2).

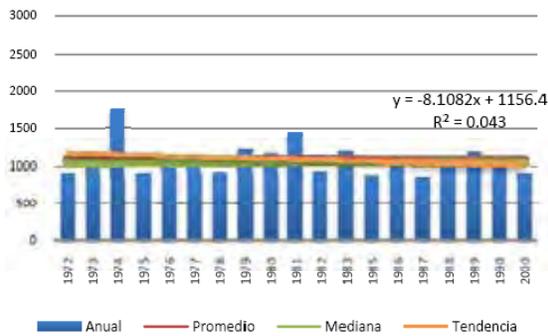


Gráfica 43.1 Precipitación anual de la estación 20088
"Santiago Pinotepa Nacional"

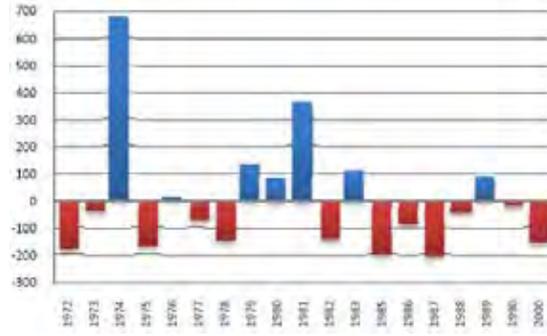


Gráfica 43.2 Anomalías de precipitación de la estación 20088
"Santiago Pinotepa Nacional"

La estación 20200, "El Carrizo", tuvo como año más húmedo 1974 con una precipitación de 1755 mm y una anomalía de 679 mm. Los años más secos corresponde a 1985 con 875 mm y una anomalía de -200 mm y 1987 con 869 mm y una anomalía de -206 mm (Gráfica 44.2).

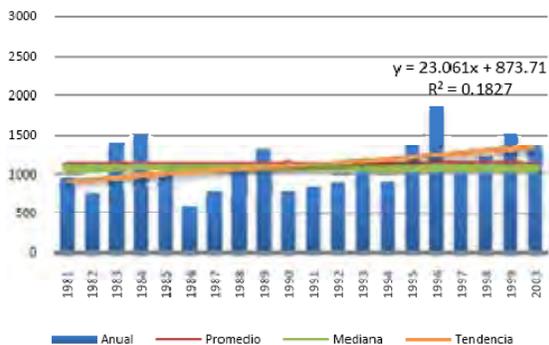


Gráfica 44.1 Precipitación anual de la estación 20200
"El Carrizo"

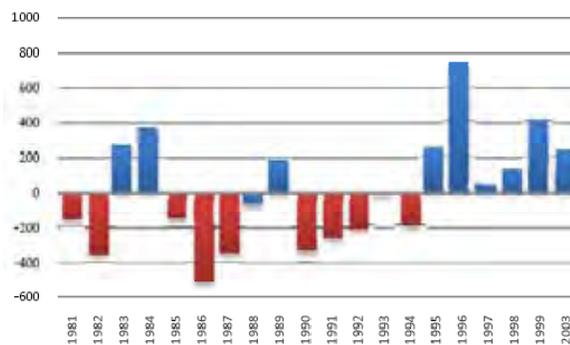


Gráfica 44.2 Anomalías de precipitación de la estación 20200
"El Carrizo"

La estación 12208, "Cuajinicuilapa", tuvo como año más húmedo 1996 con 1857 mm y una anomalía de 741 mm. Su año más seco corresponde a 1986 con 597 mm y una anomalía negativa de -519 mm (Gráfica 45.2).



Gráfica 45.1 Precipitación anual de la estación 12208 “Cuajinicuilapa”

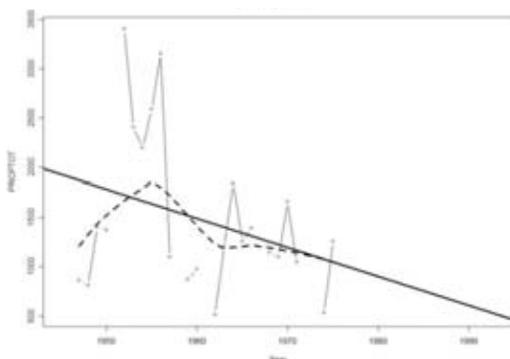


Gráfica 45.2 Anomalías de precipitación de la estación 12208 “Cuajinicuilapa”

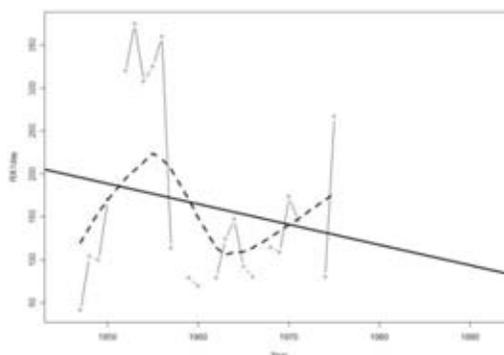
3.8.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de extremos mostrados en la cuenca fue de -2.1 a 1.2 mm/año en la cuenca media del río La Arena, el resto de la cuenca mantuvo valores de 0 a 0.8 mm/año.

La estación de “*Santiago Pinotepa Nacional*” tuvo una tendencia negativa de la precipitación anual total en los días húmedos de -29.41 mm/año con una media móvil donde se ve un rápido incremento a partir de 1950 hasta 1955 para posteriormente tener un drástico descenso (Gráfica 43.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -2.38 mm/año y una media móvil que mostro un rápido ascenso a principios de los cincuentas para después tener una rápido descenso en la segunda mitad de los años cincuentas, a partir de 1965 se observo un rápido ascenso en la tendencia (Gráfica 43.4).



Gráfica 43.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Santiago Pinotepa Nacional”



Gráfica 43.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Santiago Pinotepa Nacional”

3.8.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

Para los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación fue de 1 mm, en los períodos de retorno de 10, 20, 50 y 100 la precipitación fue inferior a los 20 mm.

Tabla 27. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río La Arena”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20088	Cuajinicuilapa	3.83	5.41	7.45	8.98
20200	Santiago Pinotepa Nacional	4.20	5.89	8.09	9.74
12208	El Carrizo	3.98	5.59	7.66	9.22

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media es inferior a los 4 mm para toda la cuenca excepto en la cuenca baja oriental de parte del Estado de Guerrero don de la precipitación media es de 8 a 11 mm. El período de retorno a 10 y 20 días es inferior a los 20 mm. El período de retorno a 50 días mostró un leve aumento en la cuenca media del río La Arena con valores de 21 a 40 mm, mientras el resto de la cuenca tuvo una precipitación inferior a los 20 mm. El período de retorno a 100 días mostró una precipitación de 21 a 40 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca baja oriental cuya precipitación fue inferior a los 20 mm.

Tabla 28. Valores del periodo de retorno para los meses marzo, abril y mayo “Cuenca del Río La Arena”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20088	Cuajinicuilapa	11.82	16.57	22.72	27.33
20200	Santiago Pinotepa Nacional	8.17	11.17	15.05	17.95
12208	El Carrizo	4.64	6.46	8.82	10.58

En meses junio, julio y agosto la precipitación media es de 8 a 9 mm para toda la cuenca. El período de retorno a 10 días la precipitación fue de 21 a 40 mm en toda la cuenca. El período de retorno a 20 días tuvo precipitaciones de 41 a 60 mm para la parte occidental de la cuenca y para la parte oriental hubo precipitaciones de 21 a 40 mm. El

período de retorno a 50 días la precipitación fue de 41 a 60 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca baja y media del río La Arena donde la precipitación fue de 61 a 80 mm. El período de retorno a 100 días la precipitación fue de 61 a 80 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca media del río La Arena donde la precipitación fue mayor a los 81 mm.

Tabla 29. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río La Arena”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20088	Cuajinicuilapa	41.75	56.03	74.52	88.38
20200	Santiago Pinotepa Nacional	17.84	31.79	54.56	74.57
12208	El Carrizo	31.70	42.06	55.48	65.53

En los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media fue de 5 a 6 mm en la cuenca baja y media y de 3 a 4 mm en la cuenca alta. El período de retorno a 10 días, la precipitación para toda la cuenca fue de 21 a 40 mm. El período de retorno a 20 días la precipitación para la cuenca baja y alta fue de 21 a 40 mm, mientras que en la cuenca media fue de 41 a 60 mm. El período de retorno a 50 días la cuenca baja, media y alta occidental tuvieron precipitaciones de 41 a 60 mm mientras que la cuenca alta oriental estuvo en el rango de precipitación de 21 a 40 mm. El período de retorno a 100 días la precipitación para la cuenca baja y alta fue de 41 a 60 mm, mientras que en la cuenca media fue de 61 a 80 mm.

Tabla 30. Valores del Periodo de Retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río La Arena”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20088	Cuajinicuilapa	31.80	42.87	57.20	67.93
20200	Santiago Pinotepa Nacional	16.20	21.65	28.70	33.98
12208	El Carrizo	22.82	30.71	40.92	48.57

3.9.1. CUENCA DEL RÍO ATOYAC B

Pertenece a la región hidrológica No. 20 Costa chica, ubicada al oeste del estado de Oaxaca, limita al norte con la cuenca del río Papaloapan, al oeste con la cuenca del río Ometepec, al este limita con la cuenca del río Tehuantepec y al sur con la cuenca del río Colotepec. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las siguientes estaciones: 20022 Coyotepec, 20026 Chalcatongo de Hidalgo, 20034 Etna, 20038 Ixtayutla, 20044 Jalapa del Valle, 20070 Miahuatlán, 20071 Miahuatlán, 20079 Oaxaca, 20085 Paso Ancho, 20086 Paso de la Reyna, 20118 San Miguel Ejutla, 20130 Santa María Yucuhiti, 20135 Santiago Minas, 20153 Teojomulco, 20165 Tlacolula de Matamoros. La cuenca del río Atoyac se compone de los ríos Verde, Sordo, Grande-Atoyaquillo, Peñoles-Minas, Atoyac (Figura 46).

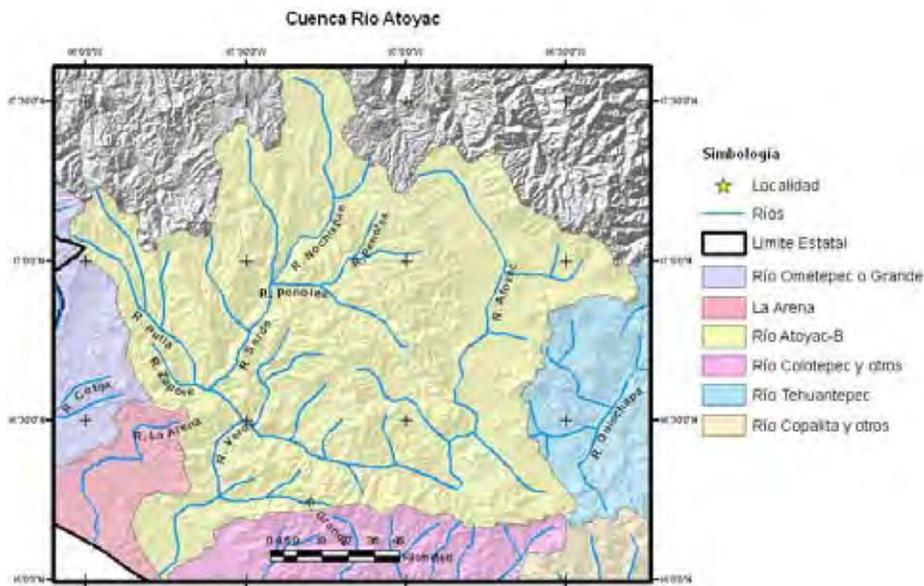


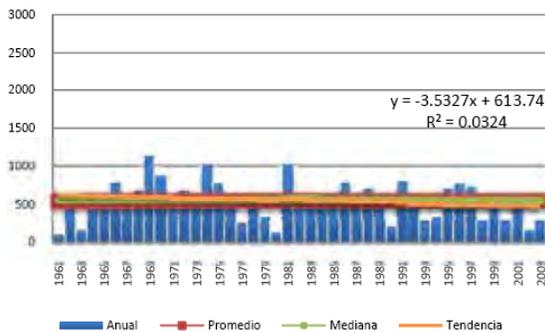
Figura 46. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Atoyac Bajo.

3.9.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

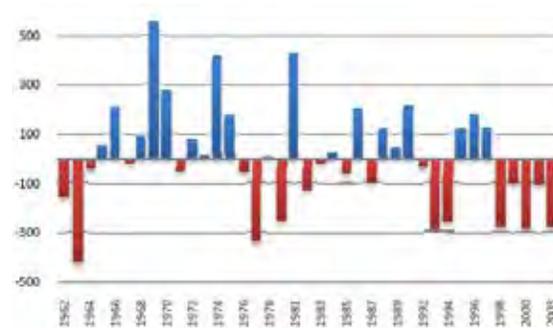
Las estaciones que presentaron una tendencia positiva fueron 20044, 20079, 20086, 20118 con valores de 1.60, 4.17, 10.12 y 2.39 mm/año respectivamente (Gráficas 50.1, 53.1, 55.1, 56.1.) Mientras que las estaciones 20022, 20026, 20034, 20038, 20070, 20071, 20085, 20130, 20135, 20153 y 20165 tuvieron una tendencia negativa de -3.53, -0.96, -9.45, -7.68, -2.61, -1.78, -3.82, -8.79, -7.25, -1.49 y -5.40 mm/año respectivamente (Gráficas 46.1,

47.1, 48.1, 49.1, 51.1, 52.1, 54.1, 57.1, 58.1, 59.1, 60.1). La precipitaciones 6 a 35 mm/año se presentaron en la desembocadura del río Verde, mientras que las precipitaciones de -1 a 5 mm/año se presentaron en la cuenca alta del río Atoyac en los ríos Nochixtlan y Peñoles, en la cuenca media del Atoyac y las cuencas de los ríos Putla y Sordo la precipitación fue de -8 a -2 mm/año.

Para la estación 20022, “Coyotepec”, sus años más húmedos fueron 1969 con 1131 mm con una anomalía de 554 mm, 1974 con 991 mm con una anomalía de 414 mm y 1981 con 1006 mm con una anomalía de 429 mm. Sus años más secos fueron 1963 con una precipitación de 147 mm y una anomalía de -429 mm y 1977 con 235 mm y una anomalía de -341 (Gráfica 46.2).

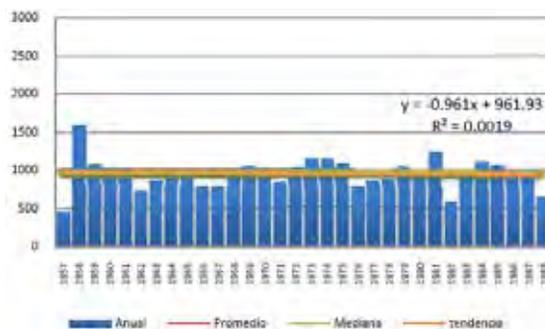


Gráfica 46.1 Precipitación anual de la estación 20022 “Coyotepec”

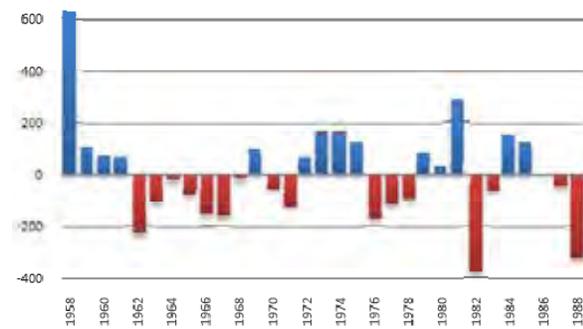


Gráfica 46.2 Anomalías de precipitación de la estación 20022 “Coyotepec”

En la estación 20026, “Chalcatongo de Hidalgo”, su años con mayor precipitación fue 1958 con una precipitación de 1590 y una anomalía de 629 mm. Sus años más secos fueron 1982 con 584 mm y una anomalía de 376 mm y 1988 con una precipitación de 641 con una anomalía de -320 mm (Gráfica 47.2).

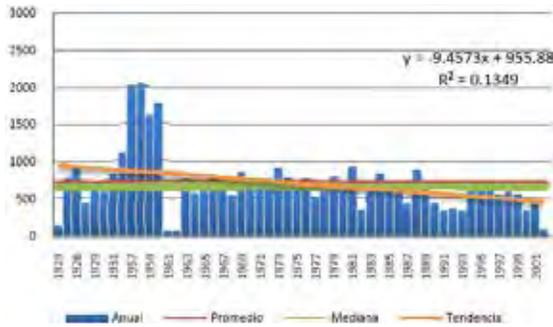


Gráfica 47.1 Precipitación anual de la estación 20026 “Chalcatongo de Hidalgo”

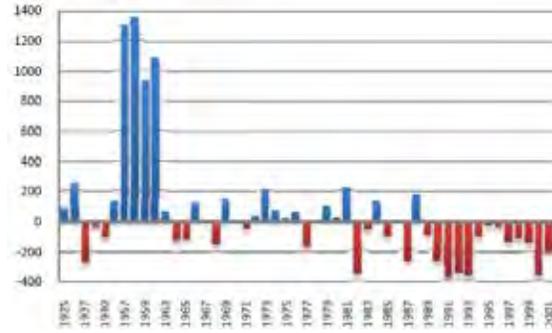


Gráfica 47.2 Anomalías de precipitación de la estación 20026 “Chalcatongo de Hidalgo”

La estación 20034, “Etlá”, tuvo un período de altas precipitaciones de 1957 a 1963, siendo el año más húmedo en 1958 con una precipitación de 2048 mm y una anomalía de 1352 mm. A partir de 1989 hasta 2001 tuvo bajas precipitaciones siendo el año más seco 1991 con una precipitación de 322 y una anomalía de -373 mm (Gráfica 48.2).

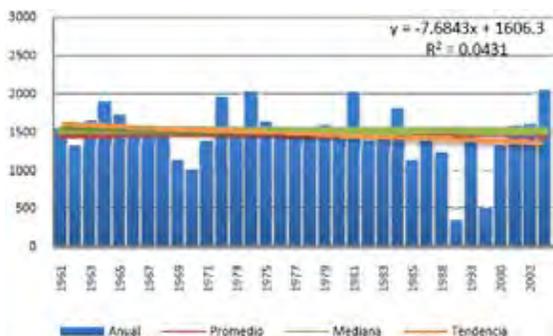


Gráfica 48.1 Precipitación anual de la estación 20034 “Etlá”

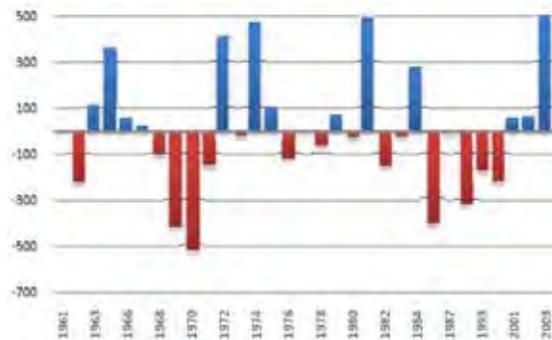


Gráfica 48.2 Anomalías de precipitación de la estación 20034 “Etlá”

La estación 20038 “Ixtlayutla”, las precipitaciones más altas fueron en 1974 con una precipitación de 2005 mm y una anomalía de 472 mm, 1981 con una precipitación de 2020 mm y una anomalía de 488 mm y 2003 con una precipitación de 2029 mm y una anomalía de 497 mm (Gráfica 49.2).

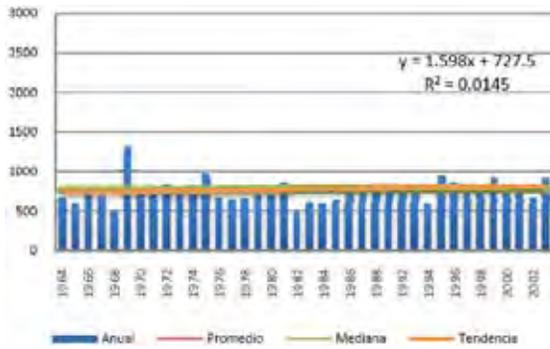


Gráfica 49.1 Precipitación anual de la estación 20038 “Ixtlayutla”

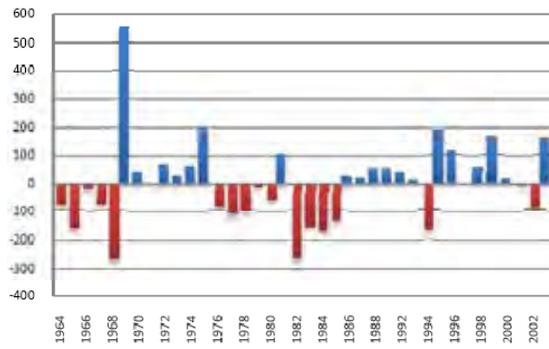


Gráfica 49.2 Anomalías de precipitación de la estación 20038 “Ixtlayutla”

Para la estación 20044, “Jalapa del Valle”, el año con más alta precipitación fue 1969 con una precipitación de 1314 mm y una anomalía de 555 mm. Sus años más secos fueron 1968 con 490 mm y una anomalía negativa de -269 mm y 1982 con una precipitación de 492 mm y una anomalía negativa de -266 (Gráfica 50.2).

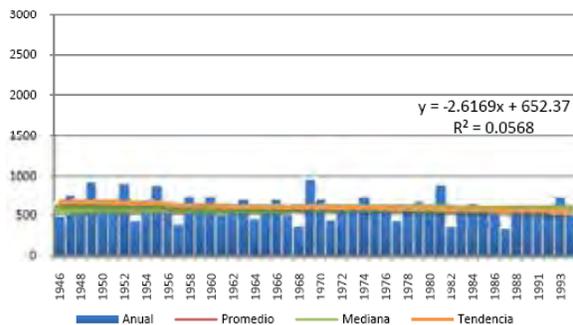


Gráfica 50.1 Precipitación anual de la estación 20044
"Jalapa del Valle"

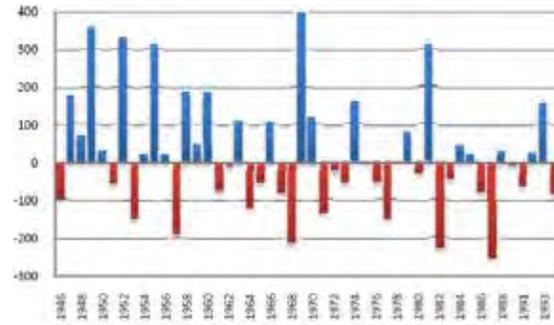


Gráfica 50.2 Anomalías de precipitación de la estación 20044
"Jalapa del Valle"

En la estación 20070, "Miahuatlán", sus años con mayor precipitación fueron 1949 con una precipitación anual de 923 mm y una anomalía de 357 mm y 1969 con una precipitación de 963 mm y una anomalía de 397 mm. Sus años más secos fueron 1982 con 335 mm y una anomalía negativa de -230 mm y 1987 con una precipitación de 313 mm y una anomalía negativa de -253 (Gráfica 51.2).

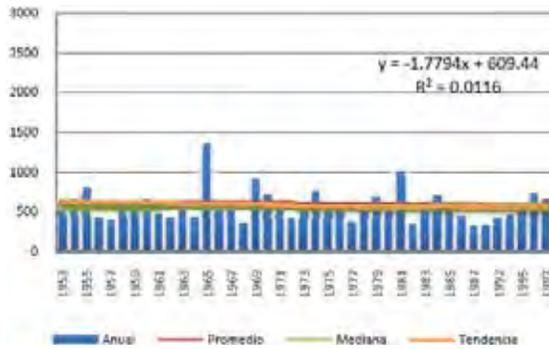


Gráfica 51.1 Precipitación anual de la estación 20070
"Miahuatlán"

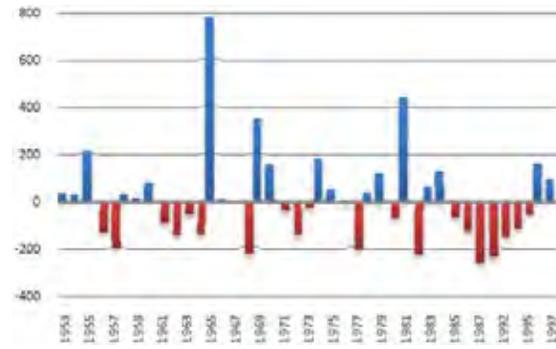


Gráfica 51.2 Anomalías de precipitación de la estación 20070
"Miahuatlán"

En la estación 20071, "Miahuatlán" su año con mayor precipitación fue 1965 con una precipitación anual de 1347 mm y una anomalía de 780 mm. Sus años más secos fueron 1968 con una precipitación de 340 mm y una anomalía negativa de -227 mm, 1982 con 342 mm y una anomalía negativa de -225 mm y 1987 con una precipitación de 308 mm y una anomalía negativa de -259 (Gráfica 52.2).

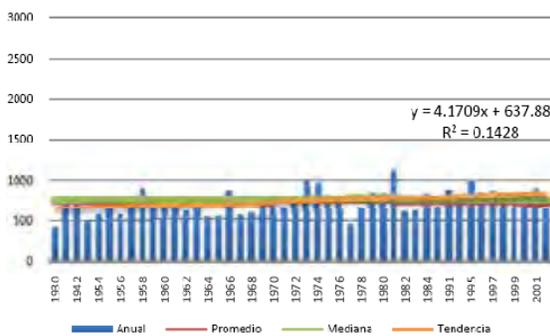


Gráfica 52.1 Precipitación anual de la estación 20071 “Miahuatlán”

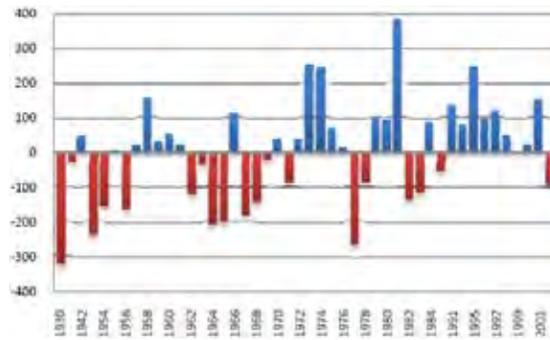


Gráfica 52.2 Anomalías de precipitación de la estación 20071 “Miahuatlán”

En la estación 20079, “Oaxaca”, su años más húmedo fue 1981 con una precipitación de 1118 mm y una anomalía de 382 mm. Sus años más secos fueron 1930 con una precipitación de 412 y una anomalía negativa de -324 mm y 1977 con una precipitación de 466 mm y una anomalía de -269 mm (Gráfica 53.2).

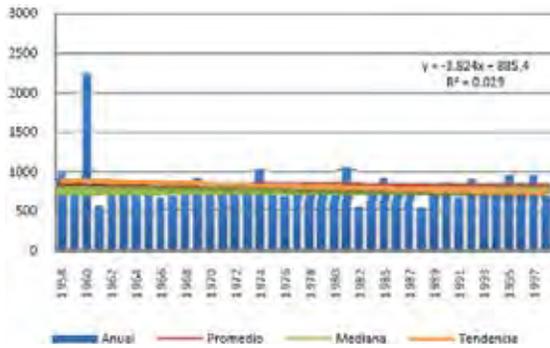


Gráfica 53.1 Precipitación anual de la estación 20079 “Oaxaca”

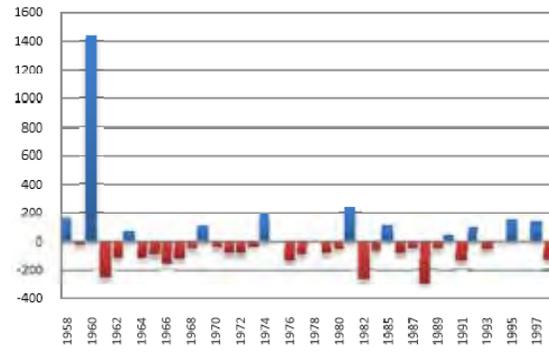


Gráfica 53.2 Anomalías de precipitación de la estación 20079 “Oaxaca”

En la estación 20085, “Paso Ancho” su año más húmedo corresponde 1960 con una precipitación de 2249 mm y una anomalía de 1442 mm. Sus años más secos fueron 1982 con 535 mm y una anomalía negativa de -272mm y 1988 con una precipitación de 513 mm y una anomalía negativa de -294 (Gráfica 54.2).

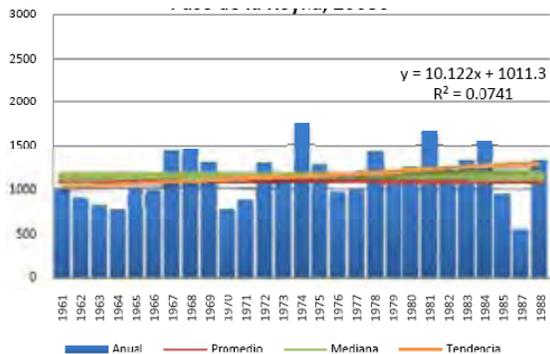


Gráfica 54.1 Precipitación anual de la estación 20085
"Paso Ancho"

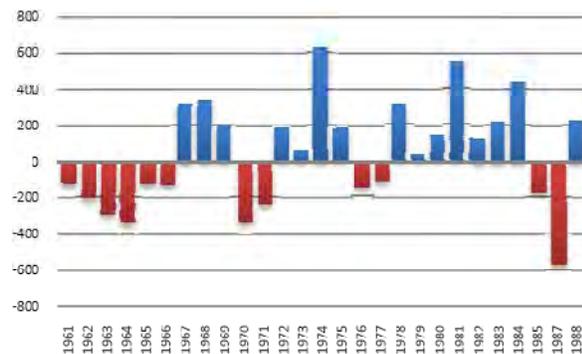


Gráfica 54.2 Anomalías de precipitación de la estación 20085
"Paso Ancho"

En la estación 20086, "Paso de la Reyna" sus años mas húmedos fueron 1974 con una precipitación de 1735 mm y una anomalía de 623 mm y 1981 con una precipitación de 1660 mm y una anomalía de 548 mm. Su año más seco fue 1987 con una precipitación de 538 mm y una anomalía negativa de -573 mm (Gráfica 55.2).

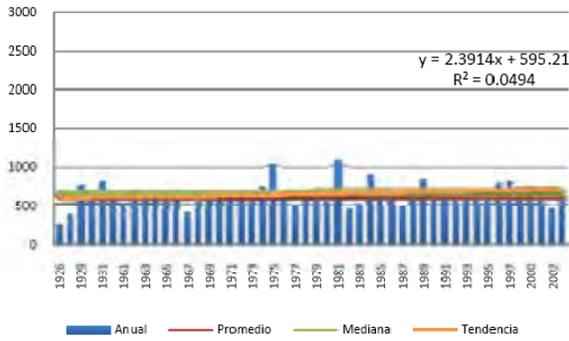


Gráfica 55.1 Precipitación anual de la estación 20086
"Paso de la Reyna"

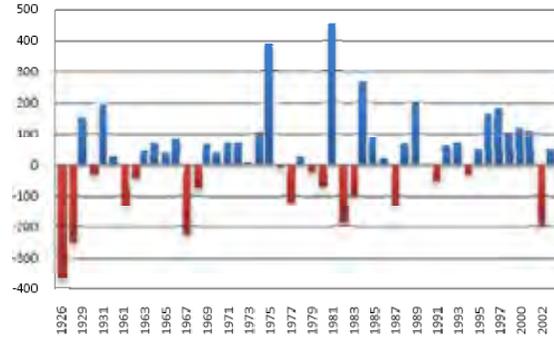


Gráfica 55.2 Anomalías de precipitación de la estación 20086
"Paso de la Reyna"

Para la estación 20118, "San Miguel Ejutla", sus años mas húmedos fueron 1975 con una precipitación de 1017 mm y una anomalía de 389 mm y 1981 con una precipitación de 1080 mm y una anomalía de 453 mm. Su año más seco fue 1926 con una precipitación de 254 mm y una anomalía negativa de -373 mm (Gráfica 56.2).

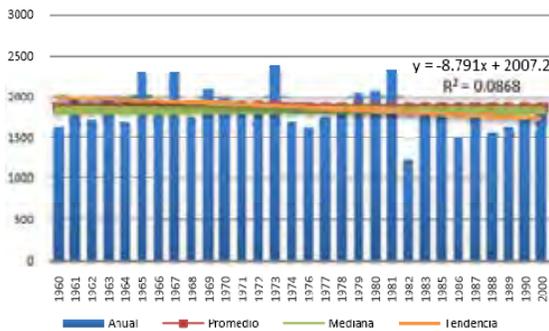


Gráfica 56.1 Precipitación anual de la estación 20118
“San Miguel Ejutla”

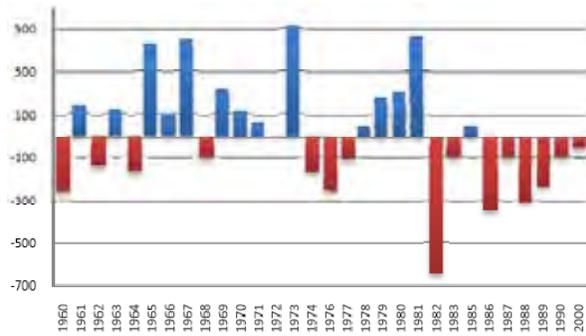


Gráfica 56.2 Anomalías de precipitación de la estación 20118
“San Miguel Ejutla”

En la estación 20130, “*Santa María Yucuhiti*” sus años mas húmedos fueron 1973 con una precipitación de 2383 mm y una anomalía de 512 mm y 1981 con una precipitación de 2334 mm y una anomalía de 463 mm. Su año más seco fue 1982 con una precipitación de 1224 mm y una anomalía negativa de -646 mm (Gráfica 57.2).

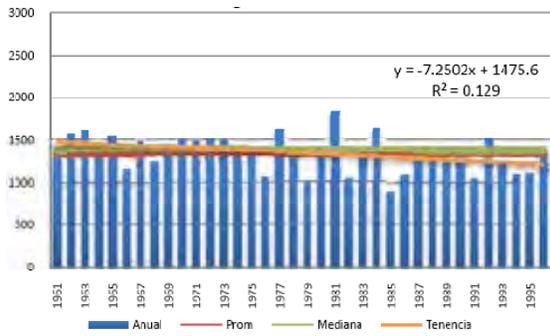


Gráfica 57.1 Precipitación anual de la estación 20130
“Santa María Yucuhiti”

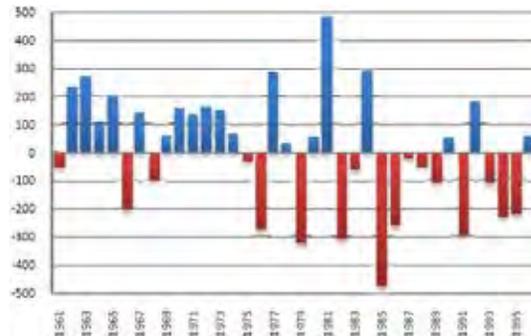


Gráfica 57.2 Anomalías de precipitación de la estación 20130
“Santa María Yucuhiti”

En la estación 20135, “*Santiago Minas*”, sus años mas húmedos fueron 1977 con una precipitación de 1630 mm y una anomalía de 289 mm, 1981 con una precipitación de 1823 mm y una anomalía positiva de 482 mm y 1984 con una precipitación de 1631 mm y una anomalía de 290 mm. Su año más seco fue 1985 con una precipitación de 868 mm y una anomalía de -473 mm (Gráfica 58.2).

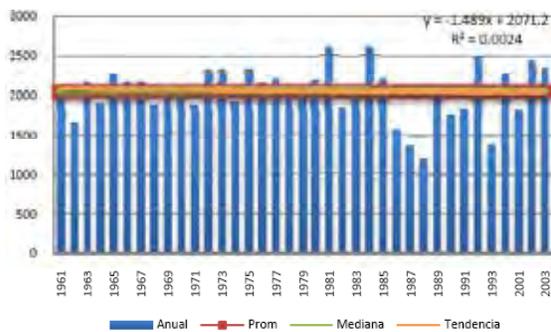


Gráfica 58.1 Precipitación anual de la estación 20135
"Santiago Minas"

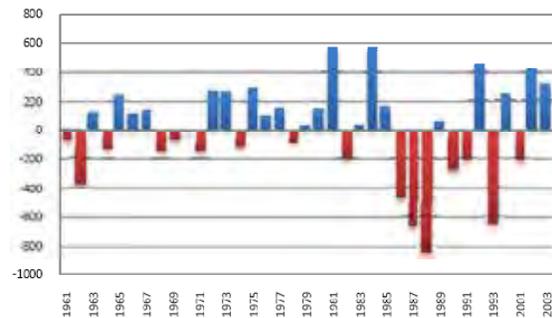


Gráfica 58.2 Anomalías de precipitación de la estación 20135
"Santiago Minas"

En la estación 20153, "Teojomulco", siendo sus años más húmedos 1981 con 2612 mm y una anomalía de 615 y 1984 con 2826 mm y una anomalía de 829 mm. Tuvo un período de bajas precipitaciones desde 1984 hasta 1991 siendo su año más seco 1988 con una precipitación de 1195 y una anomalía de -802 mm (Gráfica 59.2).

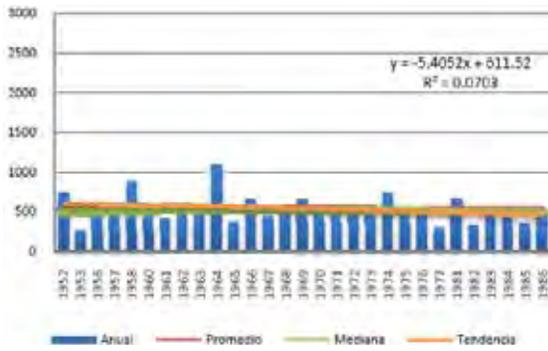


Gráfica 59.1 Precipitación anual de la estación 20153
"Teojomulco"

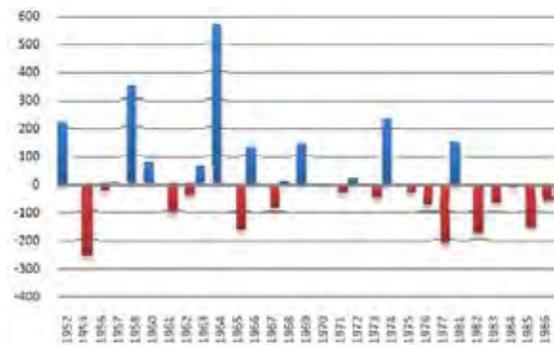


Gráfica 59.2 Anomalías de precipitación de la estación 20153
"Teojomulco"

En la estación "Tlacoluca de Matamoros" su año más húmedo fue 1964 con una precipitación de 1081 mm y una anomalía de 566 mm. Sus años más secos fueron 1953 con una precipitación de 257 mm con una anomalía de -258 mm y 1977 con una precipitación de 305 mm y una anomalía de -211 mm (Gráfica 60.2).



Gráfica 60.1 Precipitación anual de la estación 20165
“Tlacoluca de Matamoros”

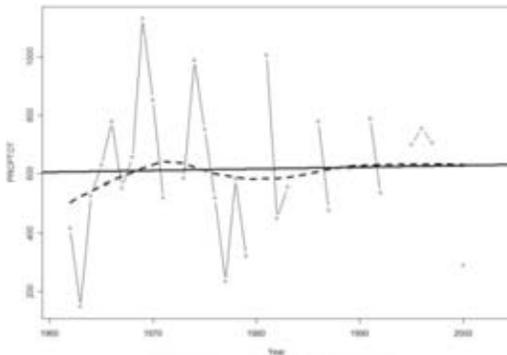


Gráfica 60.2 Anomalías de precipitación de la estación 20165
“Tlacoluca de Matamoros”

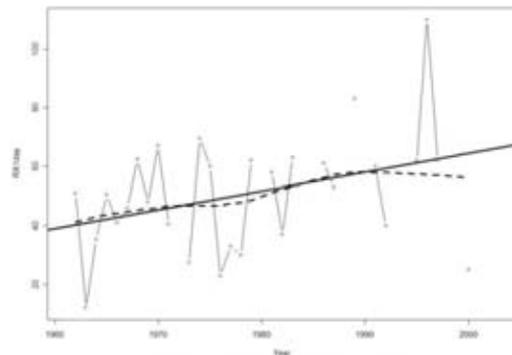
3.9.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de extremos mostrados en la cuenca fue de -0.1 a 0.8 mm/año para toda la cuenca excepto para la cuenca alta del río Putla, la cual tuvo valores negativos de -2.1 a -1.2 mm/año.

La estación “Coyotepec” tuvo una tendencia ligeramente positiva en la precipitación anual total en los días húmedos con valores de 0.61 mm/año, con una media móvil que muestro un ascenso en la década de los sesentas para posteriormente mostrar una tendencia negativa, teniendo a partir de 1990 una línea más estable. (Gráfica 46.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.63 mm/año, mostrando también una media móvil ascendente teniendo a partir de 1990 una tendencia ligeramente negativa (Gráfica 46.4).

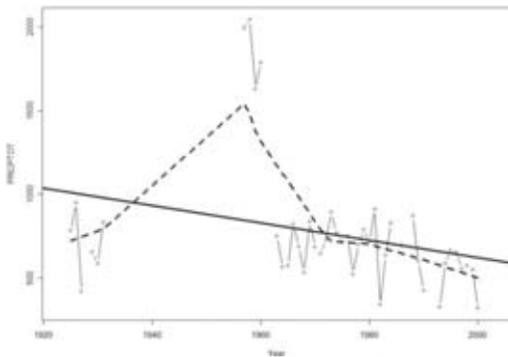


Gráfica 46.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Coyotepec”

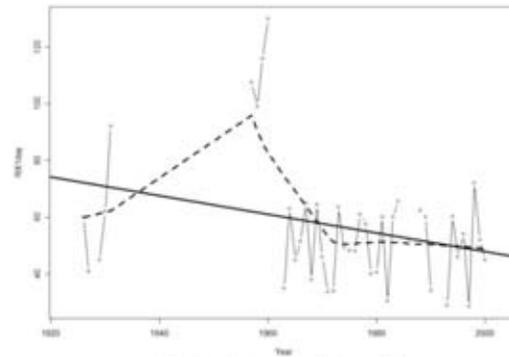


Gráfica 46.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Coyotepec”

La estación “*Etla*”, tuvo una tendencia fuertemente negativa en la precipitación anual total en los días húmedos con valores de -5.20 mm/año, con una media móvil que mostró una pico 1960 para después descender fuertemente hasta mediados de los setentas para posteriormente tener una tendencia negativa más suave (Gráfica 48.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -0.33 mm/año, tuvo un comportamiento de la media móvil muy parecido al de la precipitación anual total en los días húmedos (Gráfica 48.4).

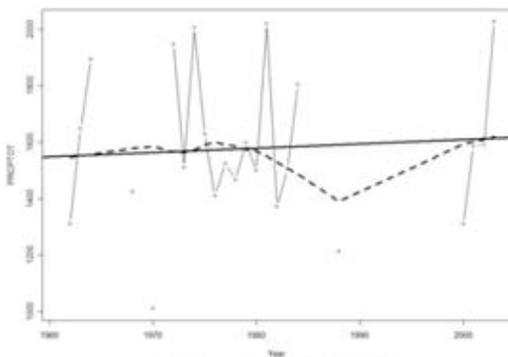


Gráfica 48.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Etla”

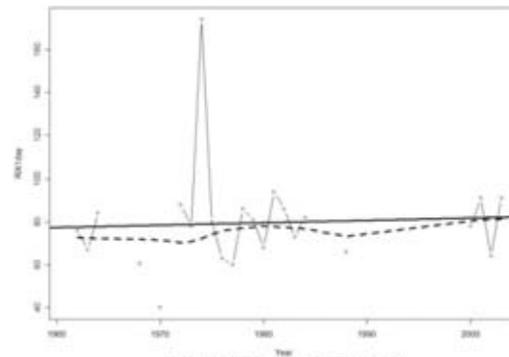


Gráfica 48.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Etla”

La estación “*Ixtlayuca*” tuvo una tendencia positiva en precipitación anual total en los días húmedos con valores de 1.55 mm/año con una media móvil que mostró un pico negativo a finales de los ochentas para posteriormente tener una tendencia positiva. (Gráfica 49.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia ligeramente positiva de 0.11 mm/año con una media móvil bastante estable pero de tendencia positiva (Gráfica 49.4).

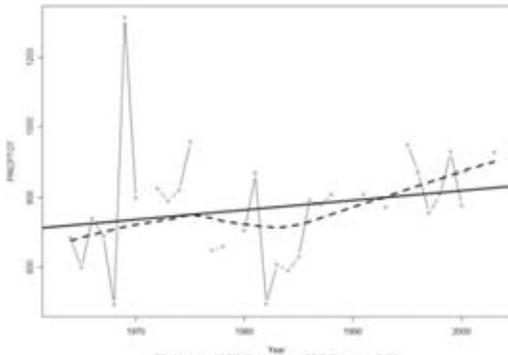


Gráfica 49.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Ixtayutla”

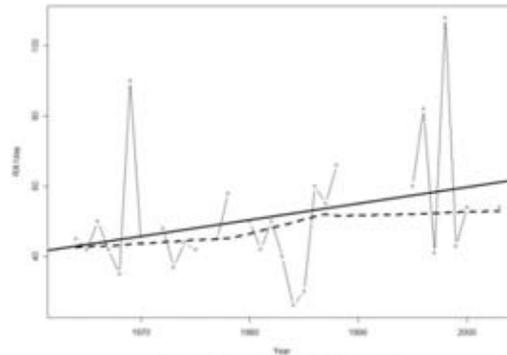


Gráfica 49.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ixtayutla”

La estación “*Jalapa del Valle*”, tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos con valores de 0.46 mm/año con una media móvil que también mostro una tendencia positiva (Gráfica 50.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 2.74 mm/año con una media móvil que también mostro una tendencia positiva, la cual tuvo una curva negativa en la década de los ochentas (Gráfica 50.4).

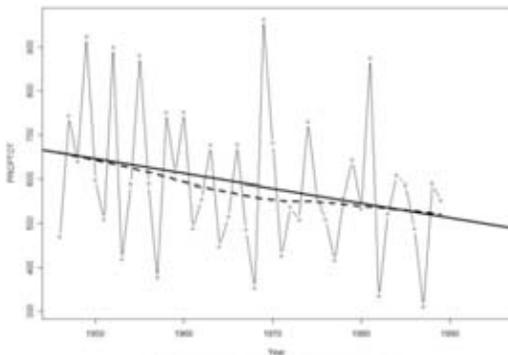


Gráfica 50.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Jalapa del Valle”

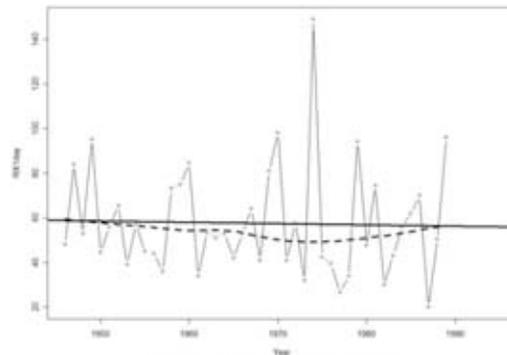


Gráfica 50.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Jalapa del Valle”

La estación “*Miahuatlán*” tuvo una tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos con valores -3.32 mm con una media móvil que también mostró esta tendencia negativa. (Gráfica 51.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia ligeramente negativa de -0.05 con una media móvil estable con una ligera curva en la década de los setentas (Gráfica 51.4).

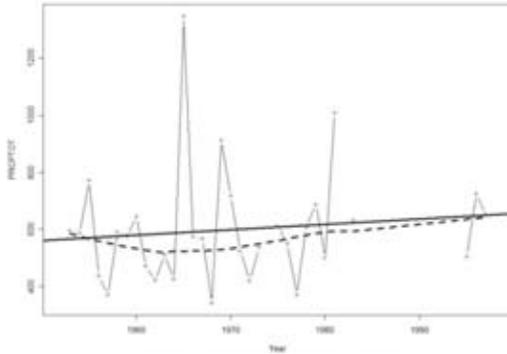


Gráfica 51.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Miahuatlán”

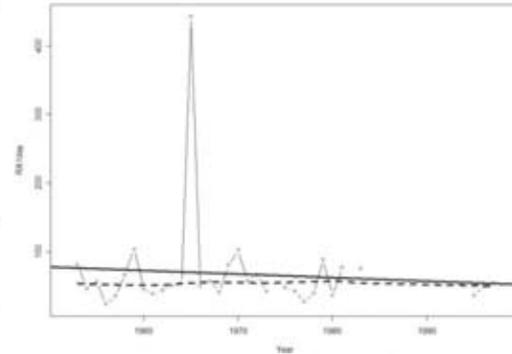


Gráfica 51.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Miahuatlán”

La estación “*Miahutlán*”, tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos con valores 1.87 mm/año con una media móvil que también mostró esta tendencia positiva (Gráfica 52.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia negativa de -0.51 mm/año con una media móvil estable (Gráfica 52.4).

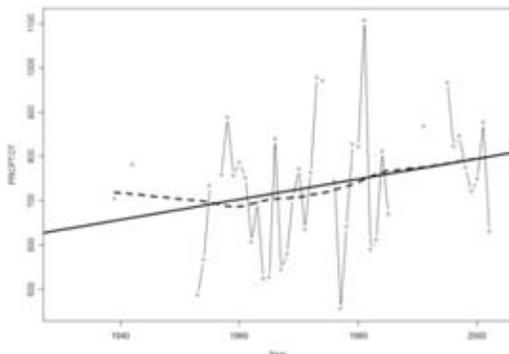


Gráfica 52.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Miahuatlán”

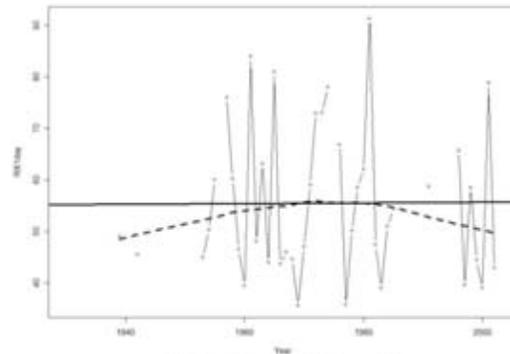


Gráfica 52.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Miahuatlán”

La estación “*Oaxaca*”, tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos con valores 2.31 mm/año con una media móvil que también mostró esta tendencia positiva (Gráfica 53.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia bastante estable de 0.01 mm/año con una media móvil que mostró un ascenso hasta 1970 para después estabilizarse, sin embargo a partir de 1980 se tuvo un descenso (Gráfica 53.4).



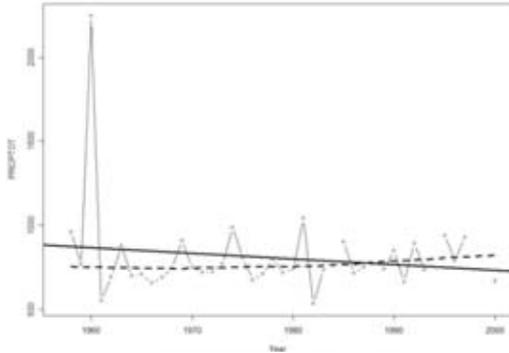
Gráfica 53.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Oaxaca”



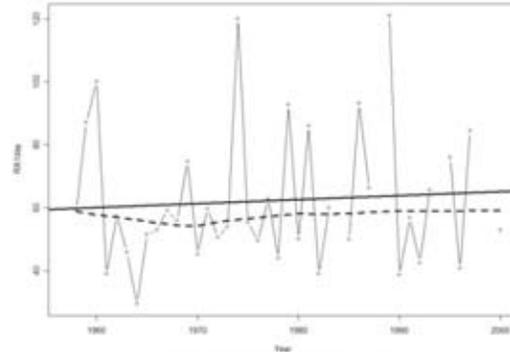
Gráfica 53.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Oaxaca”

La estación “*Paso Ancho*”, tuvo una tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos con valores -3.39 mm/año con una media móvil que mostró una

tendencia positiva a partir de mediados de la década de los ochentas (Gráfica 54.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.14 mm/año con una media móvil estable (Gráfica 54.4).

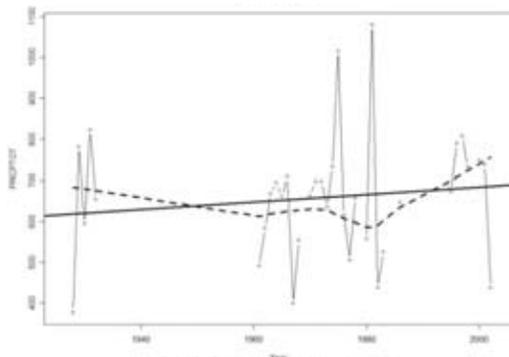


Gráfica 54.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “Paso Ancho”

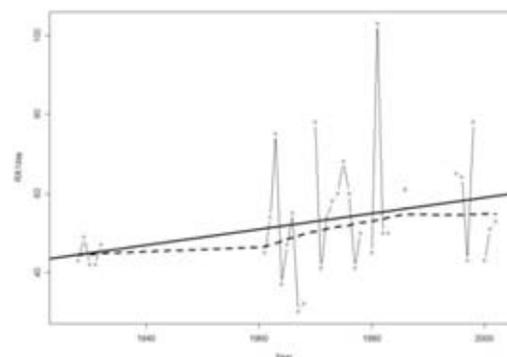


Gráfica 54.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Paso Ancho”

La estación “*San Miguel Ejutla*” tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos con valores de 0.91 mm/año con una media móvil negativa hasta 1960 con un ligero ascenso en esa década para decaer en la década de los setentas, a partir de 1980 la tendencia se vuelve positiva (Gráfica 56.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva 0.20 mm/año con una media móvil también de tendencia positiva (Gráfica 56.4).



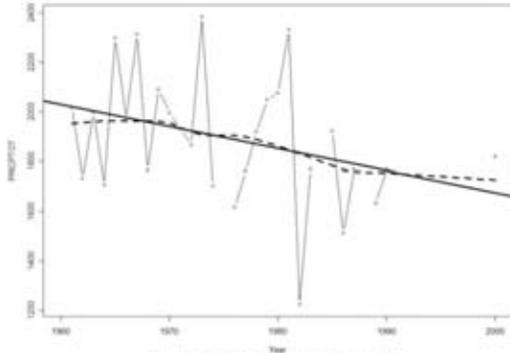
Gráfica 56.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos “San Miguel Ejutla”



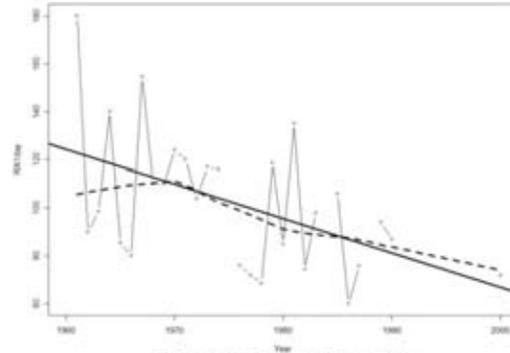
Gráfica 56.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Miguel Ejutla”

La estación “*Santa María Yucuhiti*” tuvo una tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos con valores -8.88 mm/año con una media móvil que mostró

una tendencia negativa (Gráfica 57.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia fuertemente negativa de -1.34 mm/año con una media móvil que también obtuvo una tendencia negativa (Gráfica 57.4).

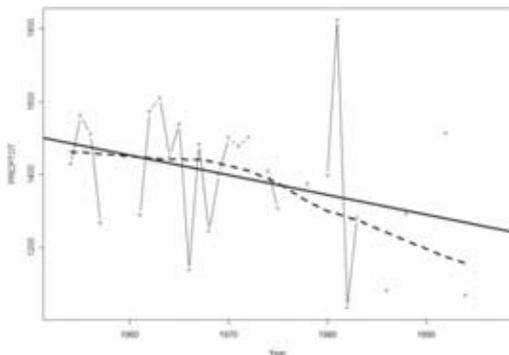


Gráfica 57.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos
"Santa María Yucuhiti"

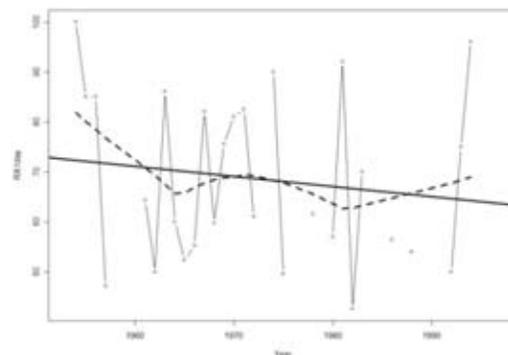


Gráfica 57.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
"Santa María Yucuhiti"

La estación "Santiago Minas" tuvo una tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos con valores -5.42 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia negativa (Gráfica 58.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia fuertemente negativa de -0.2 mm/año con una media móvil que mostró dos picos negativos, uno a mediados de la década de los sesentas y otro en 1980 (Gráfica 58.4).



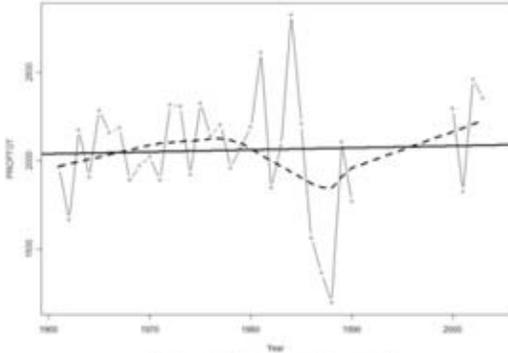
Gráfica 58.3. Precipitación Anual Total en los días húmedos
"Santiago Minas"



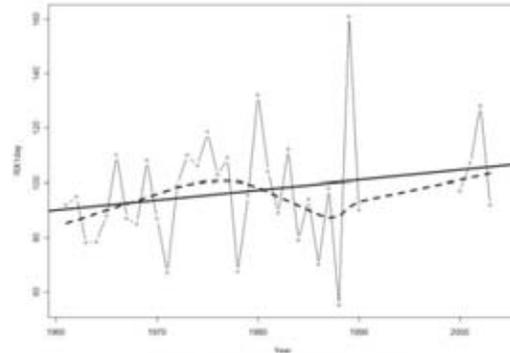
Gráfica 58.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
"Santiago Minas"

La estación "Teojomulco" tuvo una tendencia positiva en la precipitación anual total en los días húmedos con valores de 1.15 mm/año con una media móvil positiva con solo un pico negativo a finales de la década de los ochentas (Gráfica 59.3). El máximo

mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva 0.36 mm/año con una media móvil también de tendencia positiva con una curva positiva durante la década de los setentas y un pico negativo a finales de la década de los ochentas (Gráfica 59.4).



Gráfica 59.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Teojomulco”



Gráfica 59.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Teojomulco”

3.9.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

Para los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media fue de 1 mm para toda la cuenca, en todos los períodos de retorno la precipitación no supero los 20 mm.

Tabla 31. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río Atoyac B”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20022	Coyotepec	1.95	2.74	3.76	4.52
20026	Chalcatongo de Hidalgo	5.21	7.28	9.97	11.98
20034	Etla	2.73	3.80	5.19	6.23
20038	Ixtayutla	2.26	3.16	4.32	5.20
20044	Jalapa del Valle	1.97	2.76	3.77	4.53
20070	Miahuatlán	2.09	2.95	4.06	4.89
20071	Miahuatlán	2.68	3.79	5.21	6.28
20079	Oaxaca	2.32	3.25	4.45	5.35
20085	Paso Ancho	2.86	4.02	5.51	6.64
20086	Paso de la Reyna	0.26	0.36	0.49	0.59
20118	San Miguel Ejutla	1.53	2.15	2.95	3.56
20130	Santa Maria Yucuhiti	7.87	10.85	14.70	17.59

20135	Santiago Minas	2.86	4.00	5.48	6.59
20153	Teojomulco	5.37	7.49	10.24	12.29
20165	Tlacolula de Matamoros	3.19	4.49	6.18	7.44

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media es de 0 a 4 mm para toda la cuenca. En el período de retorno de 10 días tuvo precipitaciones menores a los 20 mm para toda la cuenca. En el período de retorno de 20 y 50 días hubo precipitaciones de 21 a 40 mm en la cuenca alta del río Putla y en las cuencas altas de los ríos El Anís y Sola de Vega. En el período de retorno de 100 días hubo precipitaciones de 21 a 40 mm para casi toda la cuenca excepto para la cuenca alta del río Atoyac, y la desembocadura del río Verde.

Tabla 32. Valores del periodo de retorno para los meses marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Atoyac B”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20022	Coyotepec	6.50	8.87	11.94	14.24
20026	Chalcatongo de Hidalgo	7.61	10.26	13.68	16.25
20034	Etla	7.83	10.67	14.34	17.08
20038	Ixtayutla	9.83	13.38	17.98	21.43
20044	Jalapa del Valle	8.23	11.17	14.97	17.82
20070	Miahuatlán	8.29	11.35	15.31	18.27
20071	Miahuatlán	7.14	9.78	13.20	15.76
20079	Oaxaca	8.61	11.69	15.68	18.66
20085	Paso Ancho	9.07	12.29	16.47	19.59
20086	Paso de la Reyna	8.23	11.43	15.57	18.67
20118	San Miguel Ejutla	8.64	11.76	15.81	18.85
20130	Santa Maria Yucuhiti	17.06	23.05	30.80	36.62
20135	Santiago Minas	9.72	13.13	17.55	20.86
20153	Teojomulco	17.46	23.52	31.38	37.26
20165	Tlacolula de Matamoros	7.95	10.85	14.61	17.43

Para los meses de junio, julio y agosto, la precipitación media fue de 6 a 11 mm en las cuencas media y bajas del río Atoyac y Peñoles, y las cuencas de los ríos Sordo, Putla, Nochixtlan y Verde. La cuenca alta del río Atoyac tuvo valores de 0 a 5 mm. En el período de retorno de 10 días las cuencas media y bajas del río Atoyac y Peñoles, y las cuencas de los ríos Sordo, Putla, Nochixtlan y Verde tuvo valores de 21 a 40 mm, en la cuenca alta del

río Atoyac, la precipitación fue menor a los 20 mm. En el período de retorno de 20 días toda la cuenca tuvo precipitaciones de 21 a 40 mm. En el período de retorno de 50 días la cuenca baja del río Atoyac, la cuenca baja y media del río Sordo, cuencas del río Putla y Verde la precipitación presentada fue de 41 a 60 mm, en las cuencas de los ríos Nochixtlan y Peñoles y cuenca alta del río Atoyac la precipitación fue de 21 a 40 mm. En el período de retorno de 100 días en la cuenca bajas del río Atoyac, Nochixtlan y Peñoles, y las cuencas de los ríos Sordo, Putla, Nochixtlan y Verde la precipitación fue de 41 a 60. De 61 a 80 en la desembocadura del río Verde y en la cuenca alta del río Atoyac, Nochixtlan y Peñoles la precipitación fue de 21 a 40 mm.

Tabla 33. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río Atoyac B”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20022	Coyotepec	14.72	19.45	25.57	30.16
20026	Chalcatongo de Hidalgo	17.82	22.97	29.64	34.63
20034	Etla	18.09	23.89	31.41	37.04
20038	Ixtayutla	29.94	38.46	49.48	57.75
20044	Jalapa del Valle	15.78	20.60	26.84	31.52
20070	Miahuatlán	15.20	20.18	26.63	31.47
20071	Miahuatlán	19.10	25.73	34.32	40.76
20079	Oaxaca	16.06	21.11	27.65	32.54
20085	Paso Ancho	18.30	24.10	31.61	37.24
20086	Paso de la Reyna	24.30	31.84	41.60	48.91
20118	San Miguel Ejutla	15.66	20.70	27.22	32.10
20130	Santa Maria Yucuhiti	31.54	40.52	52.13	60.84
20135	Santiago Minas	25.56	32.78	42.11	49.11
20153	Teojomulco	34.32	43.90	56.31	65.61
20165	Tlacolula de Matamoros	21.96	29.36	38.93	46.10

En los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media fue de 3 a 4 mm en la cuenca baja del río Atoyac, en las cuencas de los ríos Putla, Sordo y Verde. En la cuenca media y alta del río Atoyac y en las cuencas de los ríos Nochixtlan Peñoles la precipitación fue de 0 a 2 mm. En el período de retorno de 10 días en las cuencas del río Putla, y Verde la precipitación fue de 21 a 40 mm en el resto de la cuenca la precipitación

fue menor a los 20 mm. En el período de retorno de 20 días la precipitación de 21 a 40 mm fue en la cuenca baja y media del río Atoyac, en las cuencas de los ríos Putla, Sordo y Verde. En la cuenca media y alta del río Atoyac y en las cuencas de los ríos Nochixtlan Peñoles la precipitación fue de menor a 20 mm. En el período de retorno de 50 días tuvo una precipitación de 21 a 40 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca alta del río Atoyac que tuvo precipitaciones menores a los 20 mm. En el período de retorno de 100 días la precipitación de 1 a 40 mm se presentó en la cuenca alta y media del río Atoyac, en las cuencas de los ríos Nochixtlan, Peñoles y Sordo, las precipitaciones de 41 a 60 mm se presentaron en las cuencas de los ríos Putla y Verde y en la cuenca baja del río Atoyac.

Tabla 34. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Atoyac B”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20022	Coyotepec	8.29	11.19	14.95	17.77
20026	Chalcatongo de Hidalgo	11.78	15.65	20.65	24.40
20034	Etla	11.38	15.34	20.45	24.28
20038	Ixtayutla	20.63	27.25	35.81	42.23
20044	Jalapa del Valle	11.08	14.88	19.80	23.49
20070	Miahuatlán	8.23	11.11	14.83	17.63
20071	Miahuatlán	9.21	12.51	16.78	19.98
20079	Oaxaca	10.39	13.96	18.57	22.03
20085	Paso Ancho	10.39	13.96	18.57	22.03
20086	Paso de la Reyna	23.40	31.19	41.27	48.82
20118	San Miguel Ejutla	10.28	13.86	18.50	21.97
20130	Santa Maria Yucuhiti	22.78	30.09	39.56	46.65
20135	Santiago Minas	17.60	23.27	30.61	36.11
20153	Teojomulco	25.45	33.40	43.69	51.40
20165	Tlacolula de Matamoros	14.36	19.44	26.02	30.95

3.10.1. CUENCA DEL RÍO COLOTEPEC

Pertenece a la región hidrológica No. 21, Costa de Oaxaca, ubicada al sur del estado de Oaxaca, limita al norte y al oeste con la cuenca del río Atoyac B, al oeste con la cuenca del río

Copalita y al sur con el océano pacifico. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las siguientes estaciones: 20047 Santa Catarina Juquila, 20246 La Ceiba. Está conformada por los ríos Pichuaca, Manialtepec o Grande, San Pedro, La Rana y Colotepec (Figura 61).

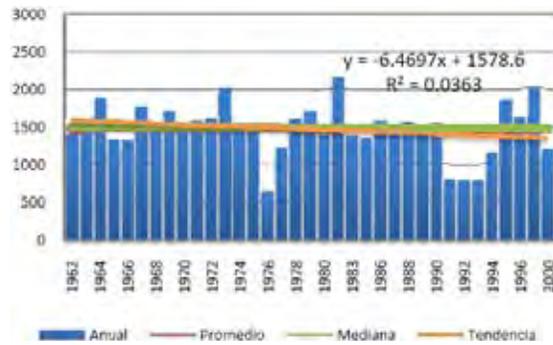


Figura 61. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Colotepec.

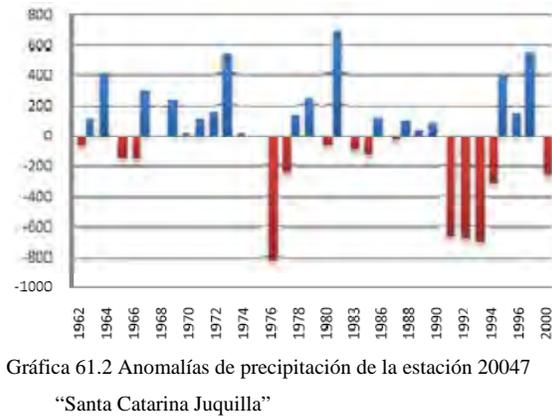
3.10.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con la estación 20047 la tendencia observada fue negativa con un valor de -6.47 mm/año (Gráfica 61.1), mientras que la estación 20246 tuvo una estación positiva de 11.08 mm/año. (Gráfica 62.1). La cuenca tiene una precipitación de -27 a -9 mm/año en la cuenca media y alta, mientras que la desembocadura del río Colotepec la precipitación fue de 6 a 35 mm/año.

La estación 20047, “*Santa Catarina Juquilla*” tuvo como años más húmedos 1973 con 2001 mm y una anomalía de 539 mm y 1981 con 2154 mm y una anomalía de 692 mm. Del período de 1991 a 1994 hubo bajas precipitaciones siendo su año más seco fue 1976 con una precipitación de 643 mm y una anomalía negativa de -819 mm (Gráfica 61.2).

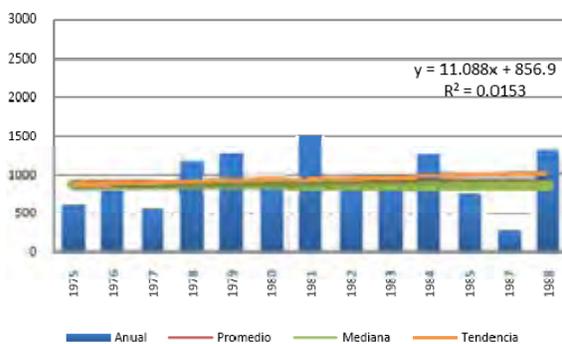


Gráfica 61.1 Precipitación anual de la estación 20047
“Santa Catarina Juquilla”

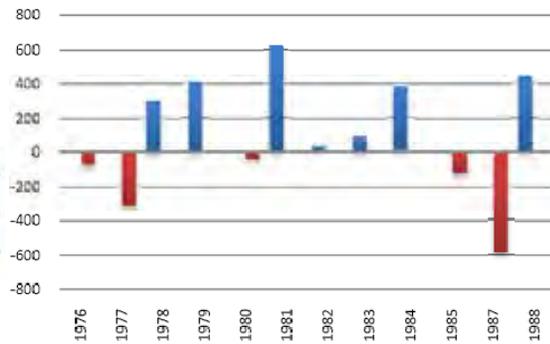


Gráfica 61.2 Anomalías de precipitación de la estación 20047
“Santa Catarina Juquilla”

La estación 20246, “*La Ceiba*”, tuvo como año más húmedo en 1981 con 1487 mm con una anomalía de 619 mm. Su año más seco fue 1987 con una precipitación de 287 mm y una anomalía de -585 mm (Gráfica 62.2).



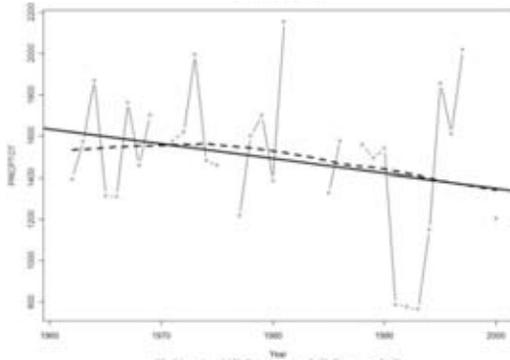
Gráfica 62.1 Precipitación anual de la estación 20246
“La Ceiba”



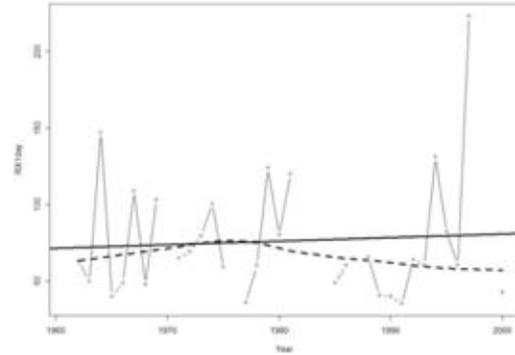
Gráfica 62.2 Anomalías de precipitación de la estación 20246
“La Ceiba”

3.10.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de extremos mostrados en la cuenca fue de -0.1 a 0.8 mm/año para toda la cuenca. En la estación de “*Santa Catarina Juquilla*”, tuvo una tendencia negativa en la precipitación anual total en los días húmedos con valores de -7.13 mm/año, con una media móvil que mostró una tendencia igualmente negativa (Gráfica 61.3). El máximo mensual de precipitación en 1 día tuvo una tendencia positiva de 0.23 mm/año sin embargo la media móvil mostró esta tendencia positiva fue de 1960 a 1980, a partir de esa fecha la tendencia fue negativa (Gráfica 61.4).



Gráfica 61.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos
“Santa Catarina Juquilla”



Gráfica 61.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
“Santa Catarina Juquilla”

3.10.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

Para los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media fue de 1 mm. Los períodos de retorno de 10, 20, 50, y 100 días mostraron una precipitación inferior a los 20 mm para toda la cuenca.

Tabla 35. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero
“Cuenca del Río Colotepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20047	Santa Catarina Juquilla	3.50	4.85	6.59	7.90
20246	La Ceiba	3.25	4.56	6.26	7.53

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media es de 0 a 4 mm. El período de retorno de 10, 20 y 50 mm la precipitación fue menor a los 20 mm. El período de retorno de 100 días tuvo una mayor precipitación de 21 a 40 mm en la cuenca del río Grande, mientras que la cuenca del río Colotepec tuvo precipitaciones menores de 20 mm.

Tabla 36. Valores del periodo de retorno para los meses marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Colotepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20047	Santa Catarina Juquilla	10.98	14.86	19.88	23.64
20246	La Ceiba	7.52	10.41	14.16	16.97

Para los meses de junio, julio y agosto la precipitación media en la cuenca del río Grande fue de 41 a 60 mm, en la cuenca baja y media del río Colotepec fue de 21 a 40 mm mientras que en la cuenca alta la precipitación fue menor a los 20 mm. El período de retorno a 10 días mostró una precipitación de 21 a 40 mm en la cuenca del río Grande, mientras que en el río Colotepec fue menor a los 20 mm. El período de retorno a 20 días mostro una precipitación de 21 a 40 mm para toda la cuenca. El período de retorno a 50 días la cuenca del río Grande y las cuencas baja y media del río Colotepec la precipitación fue de 41 a 60 mm, en la cuenca alta del río Colotepec la precipitación presentada fue de 21 a 40 mm. El período de retorno a 100 días mostro una precipitación de 41 a 60 mm para toda la cuenca excepto en la cuenca baja del río Colotepec cuyas precipitaciones fueron de 61 a 80 mm.

Tabla 37. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río Colotepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20047	Santa Catarina Juquila	25.38	32.55	41.83	48.79
20246	La Ceiba	13.78	28.36	54.14	77.96

En los meses de septiembre, octubre y noviembre, la precipitación media fue de 3 a 4 mm para toda la cuenca excepto en la cuenca alta del río Grande que tuvo una precipitación de 5 a 6 mm. El período de retorno a 10 días fue de 21 a 40 mm en la cuenca alta del río Grande y la desembocadura del río Colotepec, el resto de la cuenca tuvo precipitaciones inferiores a los 20 mm. El período de retorno a 20 días fue de 21 a 40 mm en toda la cuenca excepto en la cuenca alta del río Colotepec que tuvo precipitaciones menores a los 20 mm. El período de retorno a 50 días fue de 21 a 40 mm en toda la cuenca. El período de retorno a 100 días fue de 21 a 40 en la cuenca media y alta del río Colotepec y la cuenca media del río Grande, las precipitaciones de 41 a 60 mm se presentaron en la desembocadura de los ríos Grande y Colotepec y la cuenca alta del río Grande.

Tabla 38. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Colotepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20047	Santa Catarina Juquila	20.66	27.39	36.10	42.62
20246	La Ceiba	21.97	29.82	39.98	47.60

3.11.1. CUENCA DEL RÍO COPALITA

Pertenciente a la región hidrológica No. 21, Costa de Oaxaca, ubicada al sur del estado de Oaxaca, limita al norte con la cuenca del río Tehuantepec, al oeste con la cuenca del río Colotepec, al este con la cuenca del río Astata y al sur con el océano Pacífico. Para el análisis de la cuenca se utilizó la siguiente estación: 20120 San Miguel Suchixtepec. La cuenca esta conformada por los ríos de Santa Cruz, Cuajinicui, Limón, Guajinicuil y el río Copalita (Figura 63).

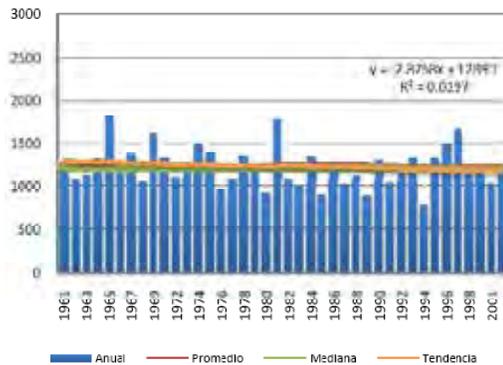


Figura 63. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Copalita.

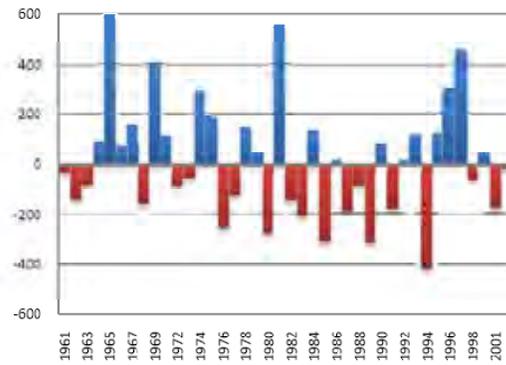
3.11.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con la estación 20120 fue negativa con -2.82 mm/año (Gráfica 63.1). La cuenca presentó una tendencia de -8 a -2

mm/año en toda la cuenca del río Copalita, mientras que en la costa se tuvieron valores de -27 a -9 mm/año. Para la estación 20120, “*San Miguel Suchixtepec*”, los años mas húmedos fueron en 1965 con una precipitación anual de 1810 mm y una anomalía de 594mm y 1981 con una precipitación anual de 1776 mm y una anomalía de 560 mm. El año más seco fue 1994 con una precipitación de 789 mm con una anomalía de -427 mm (Gráfica 63.2).



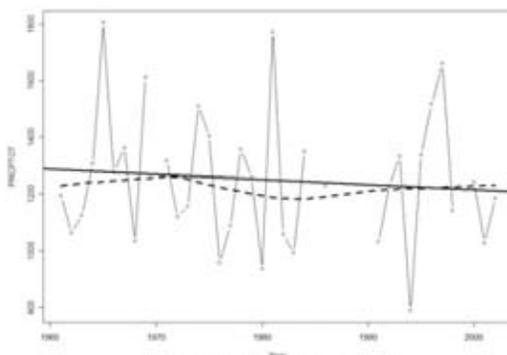
Gráfica 63.1 Precipitación anual de la estación 20120 “San Miguel Suchixtepec”



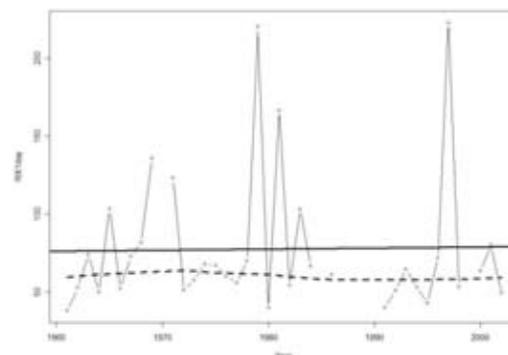
Gráfica 63.2 Anomalías de precipitación de la estación 20120 “San Miguel Suchixtepec”

3.11.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de la cantidad máxima de precipitación en un día para toda la cuenca fue de -0.1 a 0.8 mm/año. La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*San Miguel Suchixtepec*” fue negativa con valores de -1.78 mm/año con una media móvil estable (Gráfica 63.3). El máximo de precipitación en un día fue de 0.07 mm/año con una media móvil bastante estable (Gráfica 63.4).



Gráfica 63.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “San Miguel Suchixtepec”



Gráfica 63.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Miguel Suchixtepec”

3.11.4. PERÍODO DE RETORNO (DISTRIBUCION GUMBEL)

En los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media fue de 1 mm en toda la cuenca. Para todos los períodos de retorno la precipitación no excedió los 20 mm para toda la cuenca.

Tabla 39. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río Copalita”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20120	San Miguel Suchixtepec	3.99	5.55	7.56	9.07

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media fue de 0 a 4 mm. El período de retorno a 10, 20 y 50 días fue menor a los 20 mm. En el período de retorno a 100 días se observó una precipitación de 21 a 40 mm en la cuenca alta del río Copalita, el resto de la cuenca presentó valores menores a los 20 mm.

Tabla 40. Valores del periodo de retorno para los meses marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Copalita”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20120	San Miguel Suchixtepec	9.70	13.06	17.42	20.68

Para los meses de junio, julio y agosto la precipitación media fue de 6 a 7 mm en la cuenca alta del río Copalita, las cuencas media y baja presentaron una precipitación de 0 a 5 mm. El período de retorno a 10 días, la cuenca alta del río Copalita tuvo una precipitación de 21 a 40 mm, el resto de la cuenca tuvo precipitaciones menores a los 20 mm. El período de retorno a 20 y 50 días la precipitación para toda la cuenca fue de 21 a 40 mm. El período de retorno a 100 días fue de 41 a 60 mm en la cuenca alta del río Copalita, mientras que el resto de la cuenca presentó valores de 21 a 40 mm.

Tabla 41. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río Copalita”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20120	San Miguel Suchixtepec	21.71	27.99	36.11	42.20

En los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media fue de 3 a 4 mm para toda la cuenca con una mayor precipitación en una pequeña parte de la cuenca alta del río Copalita. El período de retorno a 10 días fue menor de 20 mm para toda la cuenca. El período de retorno a 20 días tuvo una mayor precipitación en la cuenca alta del río Copalita, mientras que el resto de la cuenca tuvo valores inferiores a los 20 mm. El período de retorno a 50 y 100 días toda la cuenca presento valores de 21 a 40 mm.

Tabla 42. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Copalita”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20120	San Miguel Suchixtepec	17.62	23.37	30.80	36.37

3.12.1. CUENCA DEL RÍO TEHUANTEPEC

Pertenece a la región hidrológica No. 22, Tehuantepec, ubicada al sur del estado de Oaxaca, limita al norte con la cuenca del río del río Papaloapan, al noreste con la cuenca del río Coatzacoalcos, al este con la cuenca de Laguna superior e inferior, al oeste con la cuenca del río Atoyac B y al sureste con la cuenca del río Astata y al suroeste con la cuenca del río Copalita. Para el análisis de la cuenca se utilizaron las siguientes estaciones: 20009 Boquilla Numero Uno, 20043 Jalapa del Marques, 20109 San Jerónimo Taviche, 20149 Tehuantepec, 20162 Tequisistlan, 20184 San Carlos Yautepec, 20191 Zoquitlan. La cuenca está conformada por los ríos, los ríos Mijangos, Tabaje, Yaxe, Quiechapa, de las Vírgenes, Tequistlan, Juquila, Quetzaltepec, Acatlancito y de las Margaritas. Junto a Jalapa del Marqués su curso es embalsado por la presa Benito Juárez también llamada El Marqués (Figura 64).

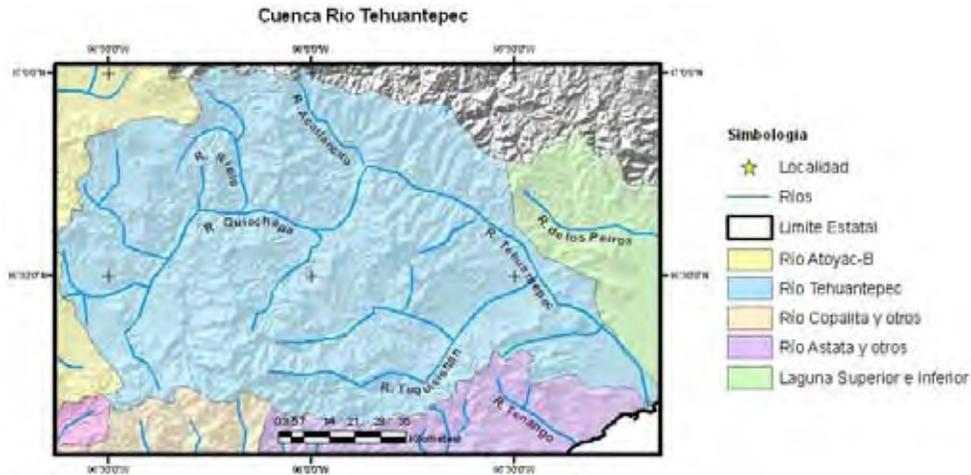
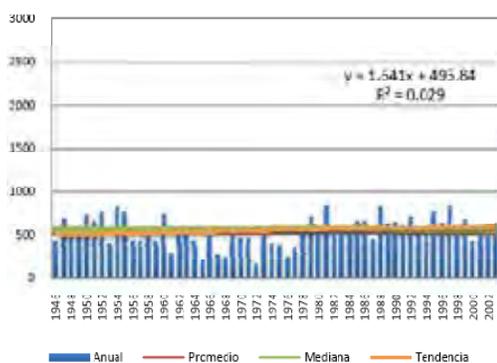


Figura 64. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Tehuantepec.

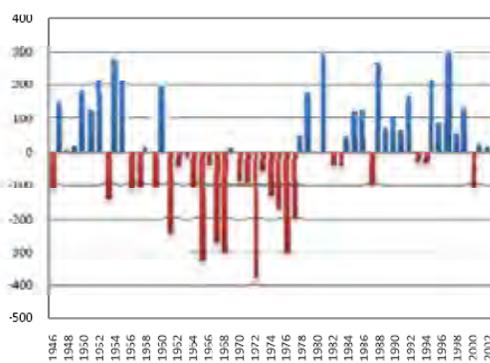
3.12.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con las estaciones 20009, 20043, 20162 y 20184 la tendencia observada fue positiva con valores de 1.64, 3.78, 1.35 y 1.15 mm/año respectivamente (Gráficas 64.1, 65.1, 68.1 y 69.1), en las estaciones 20109, 20149 y 20191 la tendencia observada fue negativa con valores de -5.44, -2,-6.24 mm/año (Gráficas 66.1, 67.1, y 70.1). Se observó un decremento en la precipitación en las cuencas baja y media del río Tehuantepec con valores de -1 a - 5 mm/año, mientras que la cuenca alta tuvo valores aun más bajos de -27 a -9 mm/año. Por lo que para toda la cuenca se obtuvieron valores negativos.

La estación 20009, “*Boquilla Número Uno*”, tuvo dos períodos con altas precipitaciones el primero de 1946 a 1955 y de 1979 al 2003, cuyo año más húmedo corresponde a 1997 con una precipitación de 840 mm y una anomalía positiva de 296 mm. Tuvo un período con bajas precipitaciones de 1956 a 1977, siendo el año más seco en 1972 con una precipitación de 161 mm y una anomalía de -383 mm (Gráfica 64.2).

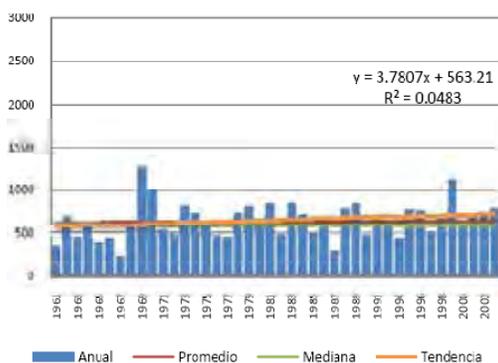


Gráfica 64.1 Precipitación anual de la estación 20009
“Boquilla Número Uno”

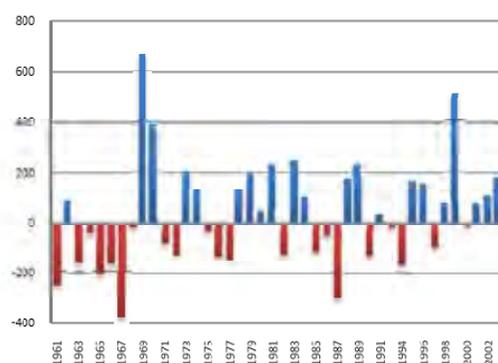


Gráfica 64.2 Anomalías de precipitación de la estación 20009
“Boquilla Número Uno”

La estación 20043, “*Jalapa del Marqués*”, tuvo dos años con altas precipitaciones que fueron 1969 con una precipitación de 1282 mm y una anomalía de 669 mm y 1999 con una precipitación de 1121 mm y una anomalía de 505 mm. Sus años más secos corresponden a 1967 con una precipitación de 235 mm y una anomalía de -381 mm y 1987 con una precipitación de 306 mm una anomalía de -309 mm (Gráfica 65.2).

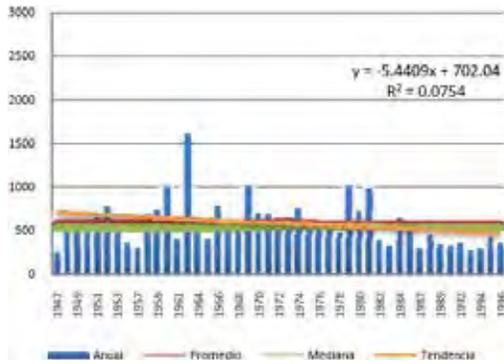


Gráfica 65.1 Precipitación anual de la estación 20043
“Jalapa del Marqués”

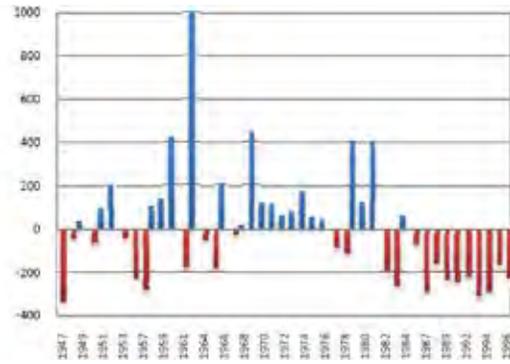


Gráfica 65.2 Anomalías de precipitación de la estación 20043
“Jalapa del Marqués”

La estación 20109, “*San Jerónimo Taviche*”, su año con mayor precipitación anual corresponde a 1962 con una precipitación anual de 1608 mm y una anomalía de 1029 mm. Su año más seco correspondió a 1947 con una precipitación de 242 mm y una anomalía negativa de -337 mm, también a estación tuvo un período de bajas precipitaciones desde 1982 hasta 1996 mm cuyo año más seco fue 1993 con una precipitación de 260 mm y una anomalía de -319 mm (Gráfica 66.2).

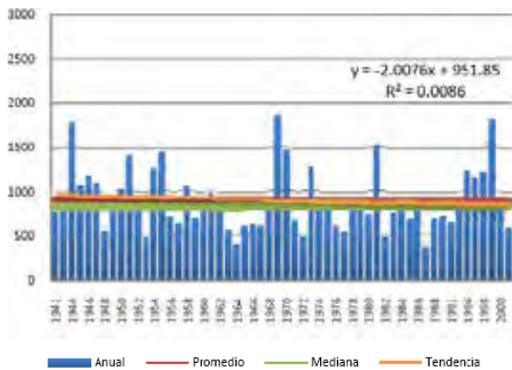


Gráfica 66.1 Precipitación anual de la estación 20109 “San Jerónimo Taviche”

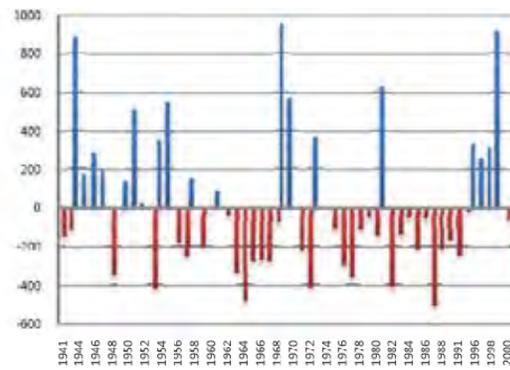


Gráfica 66.2 Anomalías de precipitación de la estación 20109 “San Jerónimo Taviche”

La estación 20149, “*Tehuantepec*” sus años mas húmedos fueron 1944 con una precipitación de 1779 mm y una anomalía de 884 mm, 1969 con una precipitación de 1847 mm y una anomalía de 953 mm y 1999 con una precipitación de 1815 mm y una anomalía de 920 mm. Sus años con menores precipitaciones fueron 1964 con una precipitación de 402 mm y una anomalía de -492 mm y 1987 con una precipitación de 379 mm y una anomalía de -515 mm (Gráfica 67.2).

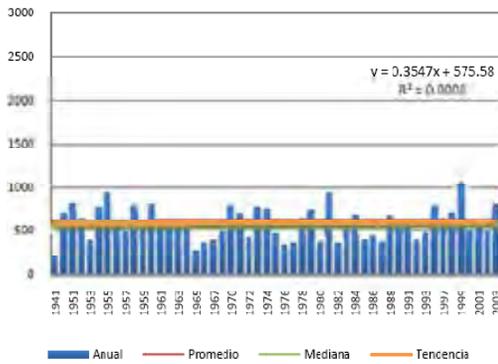


Gráfica 67.1 Precipitación anual de la estación 20149 “Tehuantepec”

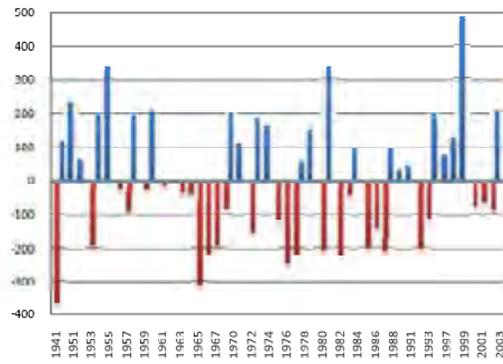


Gráfica 67.2 Anomalías de precipitación de la estación 20149 “Tehuantepec”

La estación 20162 “*Tequisistlan*” el año con mayor precipitación fue 1999 con una precipitación de 1068 mm y una anomalía de 484 mm. El año con menores precipitaciones fue 1941 con una precipitación de 217 mm y una anomalía de -368 mm y 1965 con una precipitación de 273 mm y una anomalía de -311 mm (Gráfica 68.2).

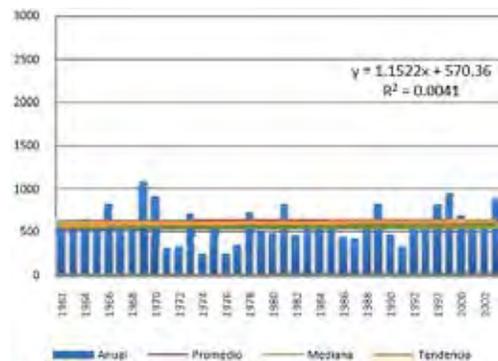


Gráfica 68.1 Precipitación anual de la estación 20162 "Tequisistlan"

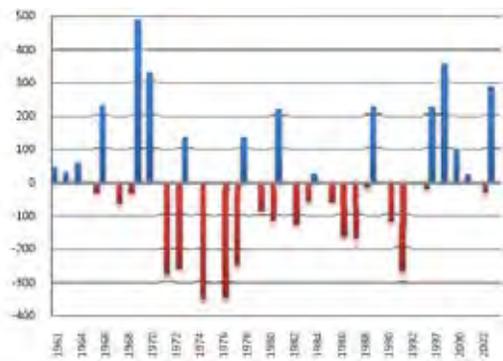


Gráfica 68.2 Anomalías de precipitación de la estación 20162 "Tequisistlan"

La estación 20184, "San Carlos Yautepec", el año con mayores precipitaciones fue 1969 con una precipitación de 1079 mm y una anomalía de 486 mm. Los años con menores precipitaciones fueron 1974 con una precipitación de 240 mm y una anomalía de -353 mm y 1976 con una precipitación de 244 mm y una anomalía de -349 mm (Gráfica 69.2).

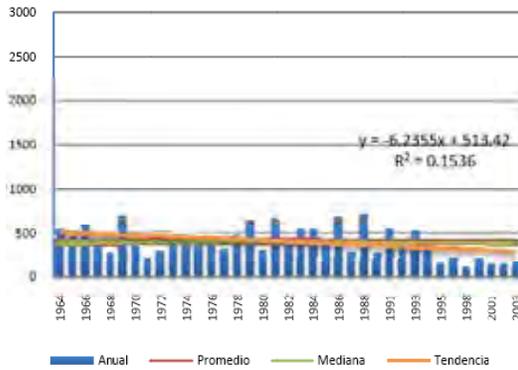


Gráfica 69.1 Precipitación anual de la estación 20184 "San Carlos Yautepec"

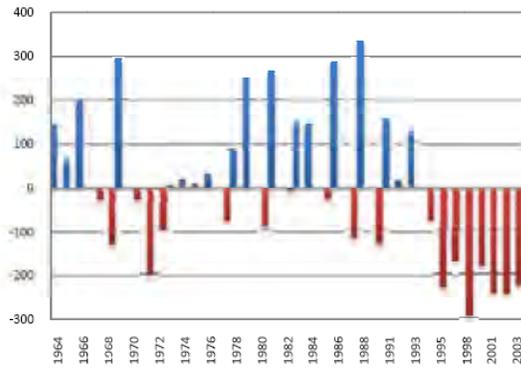


Gráfica 69.2 Anomalías de precipitación de la estación 20184 "San Carlos Yautepec"

En la estación 20191, "Zoquitlan" los años mas húmedos fueron en 1969 con una precipitación de 692 mm y una anomalía de 297 mm y 1988 con una precipitación de 730 mm y una anomalía de 335 mm. A partir de 1992 hasta 2003 la estación registró bajas precipitaciones cuyo año más seco fue 1998 con una precipitación de 100 mm y una anomalía de -295 mm (Gráfica 70.2).



Gráfica 70.1 Precipitación anual de la estación 20191 “Zoquitlan”

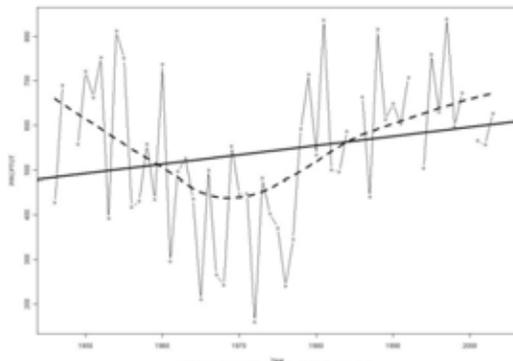


Gráfica 70.2 Anomalías de precipitación de la estación 20191 “Zoquitlan”

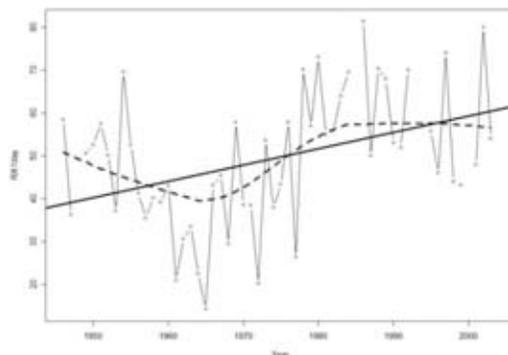
3.12.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de la cantidad máxima de precipitación en un día para la cuenca fue de cuenca alta del río Tehuantepec fue de -1.1 a -0.2 mm/año, mientras el resto de la cuenca presentó valores de -0.1 a 0.8 mm/año.

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*Boquilla Número Uno*” fue positiva con valores de 2.07 mm/año con una media móvil positiva que mostró una curva negativa de 1960 a 1980 (Gráfica 64.3). El máximo de precipitación en un día fue de 0.38 mm/año con una media móvil positiva, que mostró un descenso en la década de los sesentas para después adquirir la tendencia positiva (Gráfica 64.4).

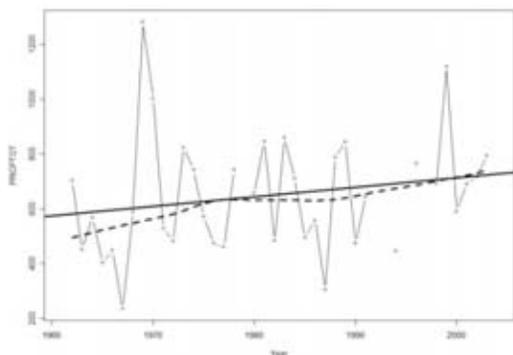


Gráfica 64.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Boquilla Número Uno”

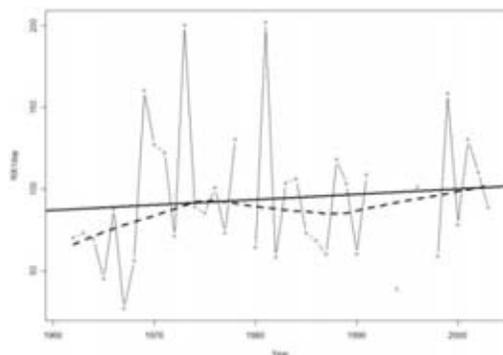


Gráfica 64.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Boquilla Número Uno”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*Jalapa del Marqués*” fue positiva con valores de 3.48 mm/año con una media móvil positiva (Gráfica 65.3). El máximo de precipitación en un día fue de 0.33 mm/año con una media móvil positiva con una ligera curva en la 1980 hasta el 2000 (Gráfica 65.4).

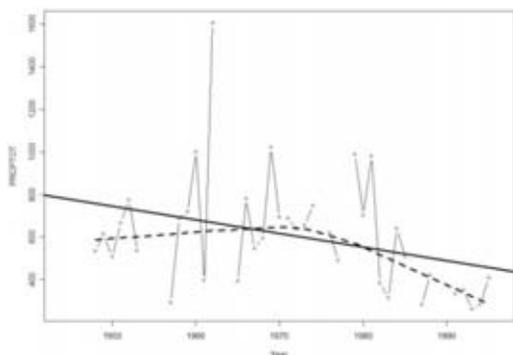


Gráfica 65.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Jalapa del Maques”

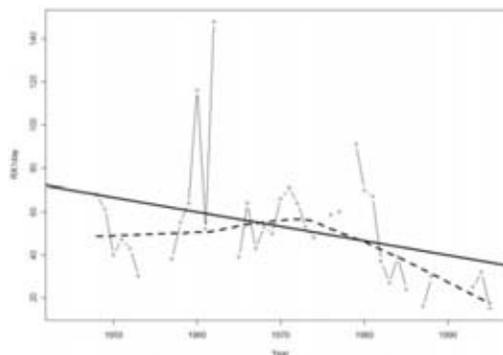


Gráfica 65.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Jalapa del Maques”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*San Jerónimo Taviche*” fue negativa con valores de -6.43 mm/año con una media móvil que mostró un descenso a partir de 1970 (Gráfica 66.3). El máximo de precipitación en un día fue de -0.70 mm/año con una media móvil negativa (Gráfica 66.4).



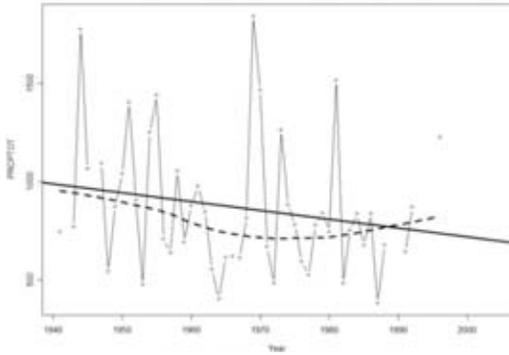
Gráfica 66.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “San Jerónimo Taviche”



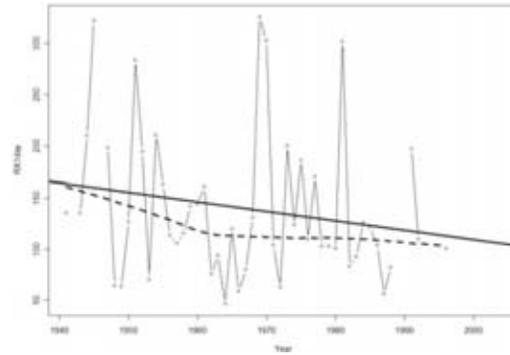
Gráfica 66.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Jerónimo Taviche”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*Tehuantepec*” fue negativa con valores de -4.56 mm/año con una media móvil negativa que mostró una ligera curva de 1960 hasta 1990 (Gráfica 67.3). El máximo de precipitación en un día fue de 0.19

mm/año con una media móvil negativa con un descenso en 1960 estabilizándose a partir de esa fecha (Gráfica 67.4).

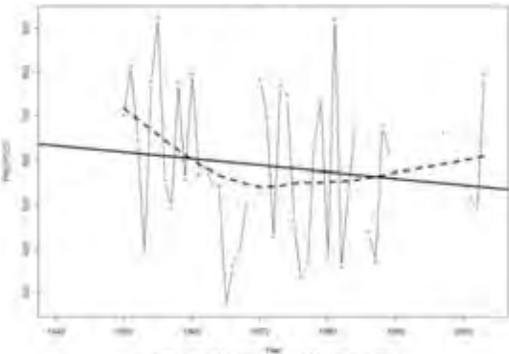


Gráfica 67.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Tehuantepec”

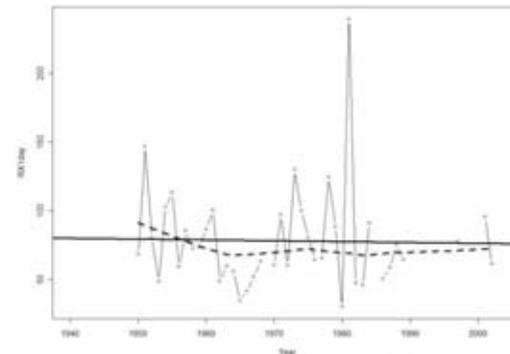


Gráfica 67.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tehuantepec”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*Tequisistlan*” fue negativa con valores de -1.46 mm/año con una media móvil que mostró una curva negativa de 1960 hasta 1980 (Gráfica 68.3). El máximo de precipitación en un día fue de -0.06 mm/año con una media móvil estable (Gráfica 68.4).

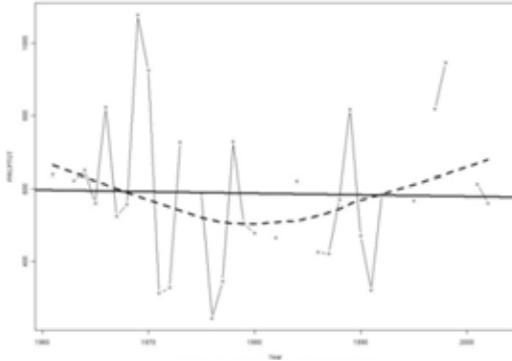


Gráfica 68.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos “Tequisistlan”

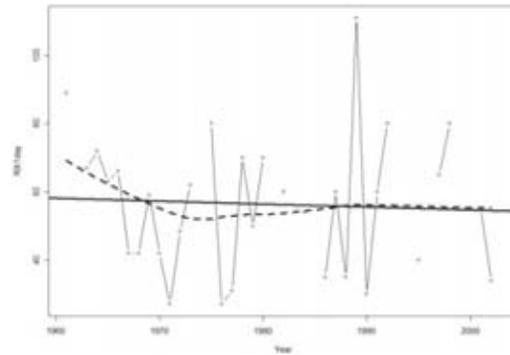


Gráfica 68.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día “Tequisistlan”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*San Carlos Yautepec*” fue negativa con valores de -0.44 mm/año con una media móvil que mostró una curva negativa de 1970 hasta 1990 (Gráfica 69.3). El máximo de precipitación en un día fue de -0.09 mm/año con una media móvil estable que mostró un descenso en la década de los sesentas (Gráfica 69.4).

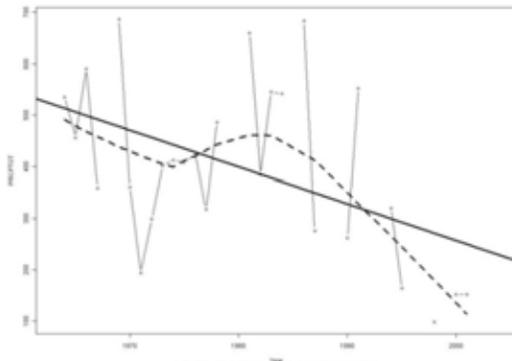


Gráfica 69.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos
"San Carlos Yautepec"

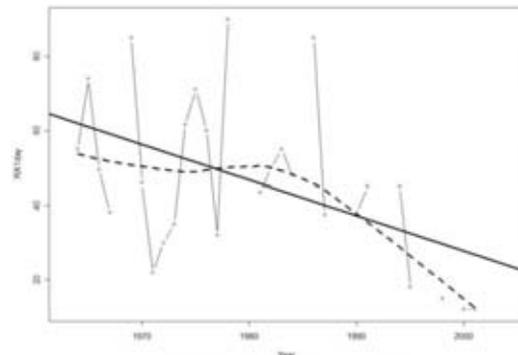


Gráfica 69.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día
"San Carlos Yautepec"

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación "Zoquitlan" fue negativa con valores de -7.10 mm/año con una media móvil negativa que mostró una curva positiva de mediados de los setentas hasta 1990 (Gráfica 70.3). El máximo de precipitación en un día fue de -0.95 mm/año con una media móvil negativa (Gráfica 70.4).



Gráfica 70.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos "Zoquitlan"



Gráfica 70.4. Máximo mensual de precipitación en 1 día "Zoquitlan"

3.12.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

En los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media fue de 1 mm, mientras que en todos los períodos de retorno la precipitación no rebaso los 20 mm.

Tabla 43. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Cuenca del Río Tehuantepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20009	Boquilla Numero uno	1.27	1.79	2.46	2.97
20043	Jalapa del Marques	1.07	1.51	2.09	2.52
20109	San Jerónimo Taviche	1.20	1.68	2.31	2.79
20149	Tehuantepec	1.69	2.37	3.26	3.92
20162	Tequisistlan	1.36	1.92	2.64	3.19
20184	San Carlos Yautepec	0.93	1.31	1.81	2.18
20191	Zoquitlan	2.77	3.90	5.38	6.48

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media fue de 0 a 4 mm. El período de retorno de 10, 20 y 50 días fue menor a los 20 mm. En el período de retorno a 100 días se observó una precipitación de 21 a 40 mm en la cuenca alta del río San Antonio, el resto de la cuenca tuvo valores inferiores a los 20 mm.

Tabla 44. Valores del periodo de retorno para los meses marzo, abril y mayo “Cuenca del Río Tehuantepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20009	Boquilla Número uno	6.88	9.47	12.82	15.34
20043	Jalapa del Marques	4.57	6.38	8.72	10.47
20109	San Jerónimo Taviche	9.90	13.51	18.18	21.68
20149	Tehuantepec	7.30	10.19	13.93	16.74
20162	Tequisistlan	5.53	7.70	10.52	12.63
20184	San Carlos Yautepec	7.06	9.75	13.24	15.85
20191	Zoquitlan	7.99	10.96	14.81	17.70

En los meses de junio, julio y agosto la precipitación media fue de 0 a 5 mm en toda la cuenca y de 6 a 7 mm en la desembocadura del río de Tehuantepec. En el período de retorno a 10 días la precipitación fue menor a los 20 mm para toda la cuenca excepto en la desembocadura del río Tehuantepec que tuvo valores de 21 a 40 mm. En el período de retorno a 20 días toda la cuenca tuvo valores de 21 a 40 mm. En el período de retorno a 50 días la cuenca siguió con valores de 21 a 40 mm excepto en la desembocadura del río

Tehuantepec que tuvo valores de 41 a 60 mm. En el período de retorno a 100 días la cuenca alta y media tuvieron valores de 21 a 40 mm en la cuenca baja se tuvieron valores de 41 a 60 mm y en la desembocadura hubo valores de 61 a 80 mm.

Tabla 45. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río Tehuantepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20009	Boquilla Numero uno	14.03	18.59	24.50	28.93
20043	Jalapa del Marques	21.96	29.52	39.30	46.63
20109	San Jerónimo Taviche	26.76	36.68	49.52	59.15
20149	Tehuantepec	32.02	43.26	57.81	68.71
20162	Tequisistlan	18.74	25.14	33.41	39.62
20184	San Carlos Yautepec	15.93	21.14	27.87	32.92
20191	Zoquitlan	10.77	14.45	19.21	22.79

En los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media fue de 0 a 2 mm en la cuenca alta, mientras que las cuencas media y baja hubo valores de 3 a 4 mm. En el período de retorno de 10 días la cuenca tuvo precipitaciones menores a los 20 mm. En el período de retorno a 20 y 50 días la cuenca alta y media tuvo precipitaciones menores a los 20 mm mientras que la cuenca baja tuvo valores de 21 a 40 mm. En el período de retorno a 100 días toda la cuenca tuvo valores de 21 a 40 mm excepto en la desembocadura que tuvo valores de 41 a 60 mm y en la cuenca alta en el río Grande.

Tabla 46. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Tehuantepec”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20009	Boquilla Numero uno	9.92	13.45	18.03	21.46
20043	Jalapa del Marques	16.31	22.29	30.03	35.84
20109	San Jerónimo Taviche	10.25	13.94	18.71	22.28
20149	Tehuantepec	24.10	33.00	44.52	53.15
20162	Tequisistlan	13.57	18.54	24.97	29.78
20184	San Carlos Yautepec	10.17	13.76	18.42	21.90
20191	Zoquitlan	6.83	9.35	12.62	15.06

3.13.1. CUENCA DEL RÍO ASTATA

Pertenciente a la región hidrológica No. 21, Costa de Oaxaca, ubicada al sur del estado de Oaxaca, limita al norte con la cuenca del río Tehuantepec, al oeste con la cuenca del río Copalita. Al sur y este con el océano Pacífico. Para su análisis se utilizó la siguiente estación: 20132 Santiago Astata. La cuenca está conformada por los ríos Zimatlan, Ayuta, Coyul, Huemula y Tenango (Figura 71).

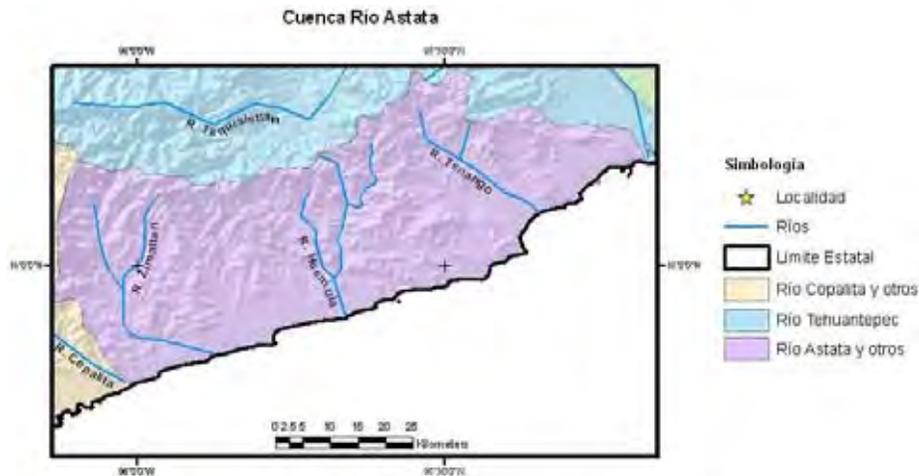
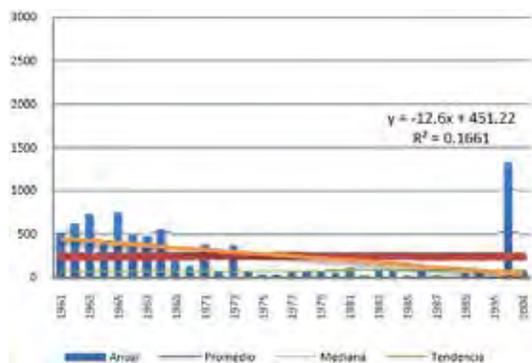


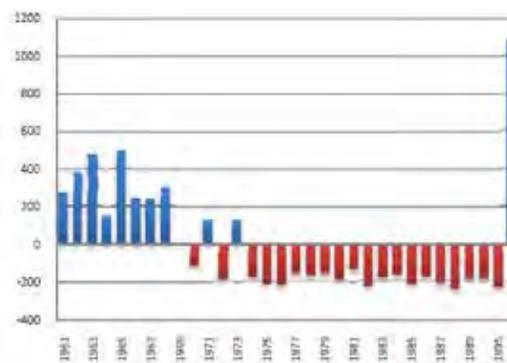
Figura 71. Ubicación e hidrología de la cuenca del Río Astata.

3.13.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con la estación 20132 fue negativa con un valor de -12.6 mm/año (Gráfica 71.1). La estación 20132, “Santiago Astata”, tuvo como año más húmedo 2003 con una precipitación de 1319 mm y una anomalía de 1082. En general esta estación presentó un período de muy bajas precipitaciones de 1974 a 1995 (Gráfico 71.2).



Gráfica 71.1 Precipitación anual de la estación 20132 "Santiago Astata"



Gráfica 71.2 Anomalías de precipitación de la estación 20132 "Santiago Astata"

3.13.3. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

En los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media fue de 1 mm en toda la cuenca. Para todos los períodos de retorno la precipitación no excedió los 20 mm para toda la cuenca.

Tabla 47. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero "Cuenca del Río Astata"

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20132	Santiago Astata	2.29	3.25	4.49	5.42

En los meses marzo, abril y mayo la precipitación media es de 0 a 4 mm para toda la cuenca. El período de retorno 10, 20, 50 y 100 días la precipitación fue inferior a los 20 mm para toda la cuenca.

Tabla 48. Valores del periodo de retorno para los meses marzo, abril y mayo "Cuenca del Río Astata"

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20132	Santiago Astata	2.18	3.08	4.24	5.12

Para los meses de junio, julio y agosto la precipitación media fue de 0 a 5 mm para toda la cuenca. El período de retorno a 10 días presento una precipitación de 21 a 40 mm en la cuenca del río Tenango el resto de la cuenca tuvo valores inferiores a los 20 mm. El

período de retorno a 20 días hubo precipitaciones de 21 a 40 mm en la cuenca del río Tenango y en la cuenca alta del río Zimatlan, en la cuenca del río Huemula la precipitación fue menor a los 20 mm. El período de retorno a 50 días la precipitación presentada para toda la cuenca fue de 21 a 40 mm excepto en las cuencas baja y media del río Huemula. El período de retorno a 100 días fue de 41 a 60 en la cuenca del río Tenango, de 21 a 40 mm en la cuenca del río Zimatlan y en la cuenca alta y media del río Huemula, la cuenca baja del río Huemula tuvo precipitaciones inferiores a los 20 mm

Tabla 49. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto “Cuenca del Río Astata”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20132	Santiago Astata	0.02	1.19	7.19	15.83

En los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media fue de 0 a 2 en las cuencas de los ríos Zimatlan y Huemula, mientras que en la cuenca del río Tenango la precipitación presentada fue de 3 a 4 mm. El período de retorno de 10 días fue inferior a los 20 mm. El período de retorno a 20 días fue de 21 a 40 en la cuenca del río Tenango y menor a 20 mm en el resto de la cuenca. El período de retorno a 50 días tuvo una precipitación de 21 a 40 mm para toda la cuenca. El período de retorno a 100 días fue de 21 a 40 mm para toda la cuenca excepto para la desembocadura del río Tenango que tuvo una precipitación de 41 a 60 mm.

Tabla 50. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre “Cuenca del Río Astata”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20132	Santiago Astata	10.97	15.22	20.72	24.84

3.14.1. LAGUNA SUPERIOR E INFERIOR

Perteneciente a la región hidrológica No. 22, Tehuantepec, ubicada al sur del estado de Oaxaca, limita al norte con la cuenca del río Coatzacoalcos, al oeste con la cuenca del río Tehuantepec, al este con cuenca Mar Muerto, al sur con el Golfo de Tehuantepec. Para su análisis se utilizaron las siguientes estaciones: 20027 Chicapa de Castro, 20039 Ixtepec, 20048 Juchitan de Zaragoza, 20082 Ostuta, 20117 San Miguel Chimalapa, 20173 Unión Hidalgo. Está conformada por los ríos: Los Perros el cual desemboca en la laguna superior, Chicapa, Niltepec y Ostuta (Figura 72).

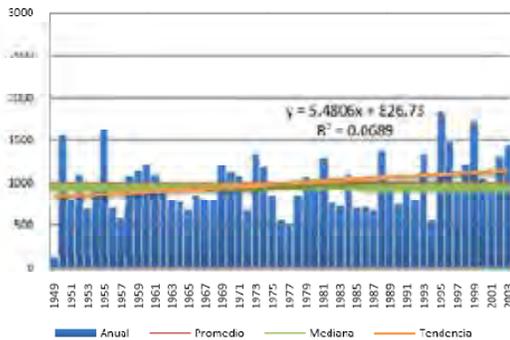


Figura 72. Ubicación e hidrología de Laguna Superior e Inferior

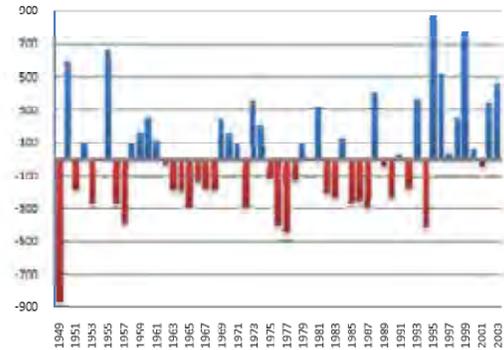
3.14.2. TENDENCIA ANUAL Y ANOMALIAS

La tendencia observada para la cuenca de acuerdo con las estaciones 20027, 20048 y 20117 fue positiva con valores de 5.48, 5.39 y 9.62 mm/año (Gráficas 72.1, 74.1, 76.1). Mientras que las estaciones 20039, 20082 y 20173 tuvieron una tendencia negativa de -1.48, -1.14, -10.17 mm/año (Gráficas 73.1, 75.1, 77.1). Para toda la cuenca se tuvieron valores de -1 a -5 mm/año, Mientras que en la cuenca alta y media del río Chicapa se tuvieron valores de 6 a 35 mm/año, pero en la cuenca baja la los valores fueron de -10.17 mm/año.

Para la estación 20027, “Chicapa de Castro”, sus años más húmedos fueron 1995 con 1831 mm con una anomalía de 869 mm y 1999 con 1740 mm con una anomalía de 777 mm. Sus años más secos fueron 1977 con 510 mm con una anomalía de -452 mm y 1994 con 545 mm con una anomalía de -417 mm (Gráfica 72.2).

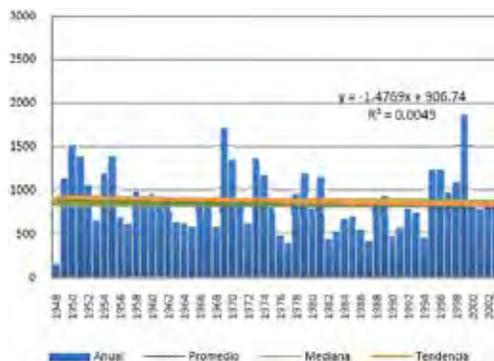


Gráfica 72.1 Precipitación anual de la estación 20027 “Chicapa de Castro”

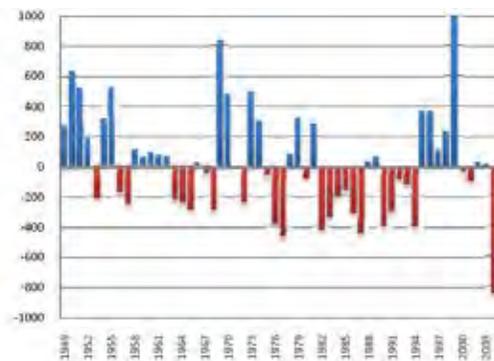


Gráfica 72.2 Anomalías de precipitación de la estación 20027 “Chicapa de Castro”

En la estación 20039, “Iztepec”, sus años más húmedos fueron 1969 con 1691 mm con una anomalía de 841 mm y 1999 con 1853 mm con una anomalía de 1003 mm. Sus años más secos fueron 1977 con 380 mm con una anomalía de -469 mm y 1987 con 399 mm con una anomalía de -451 mm (Gráfica 73.2).

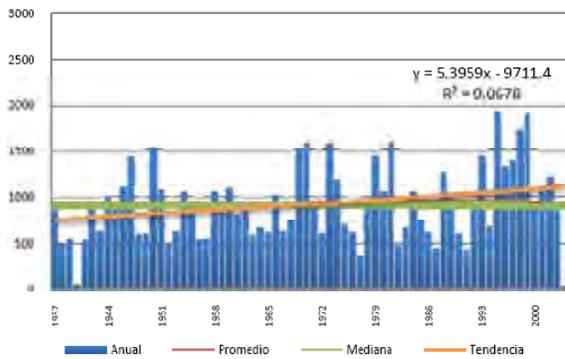


Gráfica 73.1 Precipitación anual de la estación 20039 “Iztepec”

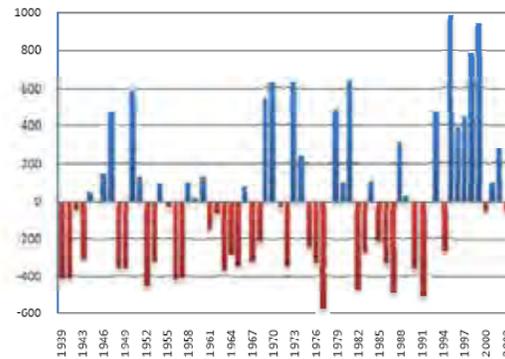


Gráfica 73.2 Anomalías de precipitación de la estación 20039 “Iztepec”

En la estación 20048, “Juchitan de Zaragoza”, sus años más húmedos fueron 1995 con 1937 mm con una anomalía de 981 mm y 1999 con 1900 mm con una anomalía de 945 mm. Sus años más secos fueron 1977 con 372 mm con una anomalía de -583 mm y 1987 con 458 mm con una anomalía de -497 mm (Gráfica 74.2).

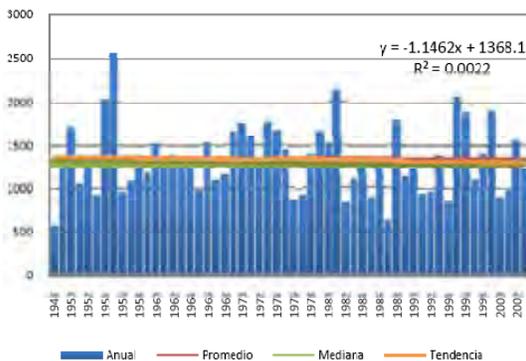


Gráfica 74.1 Precipitación anual de la estación 20048
"Juchitan de Zaragoza"

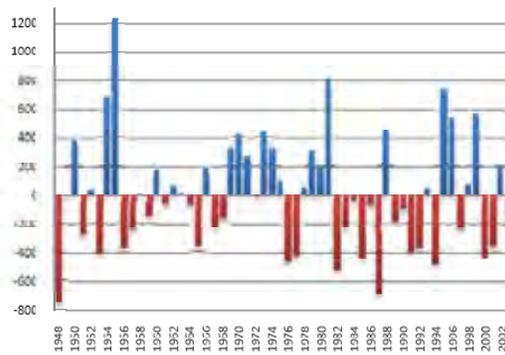


Gráfica 74.2 Anomalías de precipitación de la estación 20048
"Juchitan de Zaragoza"

En la estación 20082, "Ostuta", sus años más húmedos fueron 1955 con 2566 mm con una anomalía de 1254 mm y 1981 con 2132 mm con una anomalía de 820 mm. Sus años más secos fueron 1948 con 579 mm con una anomalía de -733 mm y 1987 con 641 mm con una anomalía de -672 mm (Gráfica 75.2).

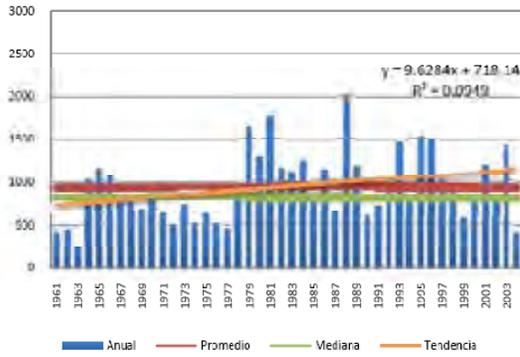


Gráfica 75.1 Precipitación anual de la estación 20082 "Ostuta"

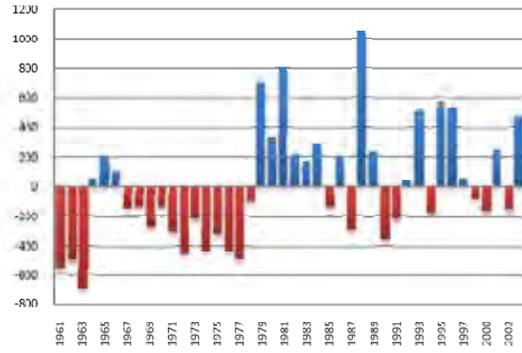


Gráfica 75.2 Anomalías de precipitación de la estación 20082 "Ostuta"

En la estación 20117, "San Miguel Chimalapa", sus años más húmedos fueron 1981 con 1766 mm con una anomalía de 810 mm y 1988 con 2008 mm con una anomalía de 1052 mm. Sus años más secos fueron 1961 con 397 mm con una anomalía de -559 mm y 1963 con 252 mm con una anomalía de -704 mm (Gráfica 76.2).

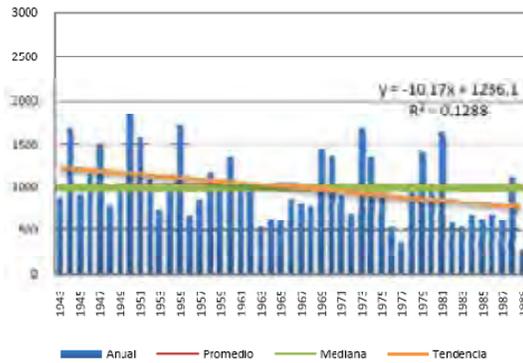


Gráfica 76.1 Precipitación anual de la estación 20117 “San Miguel Chimalapa”

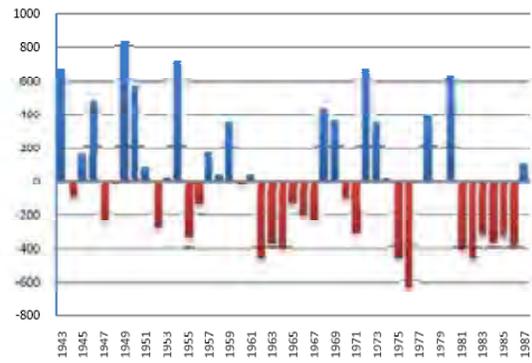


Gráfica 76.2 Anomalías de precipitación de la estación 20117 “San Miguel Chimalapa”

En la estación 20173, “Unión Hidalgo”, sus años más húmedos fueron 1950 con 1835 mm con una anomalía de 843 mm y 1955 con 1718 mm con una anomalía de 726 mm. Sus años más secos fueron 1977 con 364 mm con una anomalía de -628 mm y 1983 con 536 mm con una anomalía de -456 mm (Gráfica 77.2).



Gráfica 77.1 Precipitación anual de la estación 20173 “Unión Hidalgo”

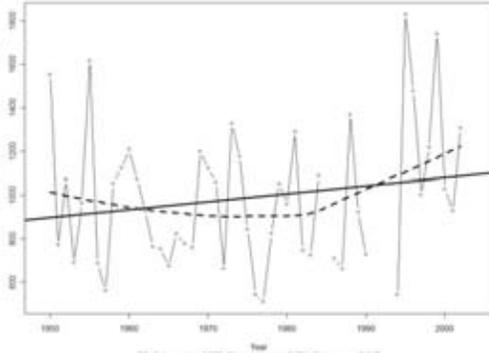


Gráfica 77.2 Anomalías de precipitación de la estación 20173 “Unión Hidalgo”

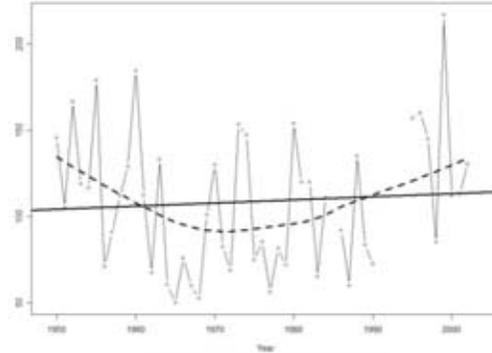
3.14.3. TENDENCIA DE EXTREMOS

La tendencia de la cantidad máxima de precipitación en un día para toda la cuenca fueron valores de -0.1 a 0.8 mm/año, mientras que para la cuenca alta de los ríos Chicapa, Niltepec y Ostuta se obtuvieron valores de 0.9 a 2.8 mm/año. La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “Chicapa de Castro” fue positiva con valores de 3.62 mm/año con una media móvil positiva que mostró una curva negativa a partir de 1950 a

1980 (Gráfica 72.3). El máximo de precipitación en un día fue tuvo un valor de 0.18 mm/año con una media móvil que mostró un descenso en la década de los setentas para después adquirir la tendencia positiva a mediados de la década de los ochentas (Gráfica 72.4).

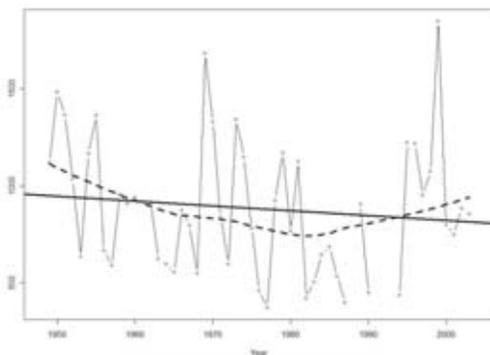


Gráfica 72.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Chicapa de Castro”

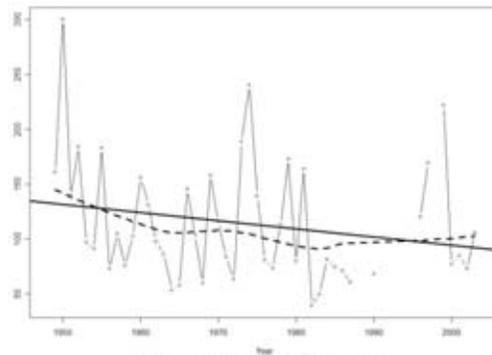


Gráfica 72.4 Máximo mensual de precipitación en 1 día “Chicapa de Castro”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “Ixtepec” fue negativa con valores de -2.49 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia negativa a partir de 1950 a 1980, para después tomar una tendencia positiva (Gráfica 73.3). El máximo de precipitación en un día fue tuvo un valor de -0.75 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia negativa hasta la década de los ochentas para posteriormente adquirir una tendencia levemente positiva (Gráfica 73.4).



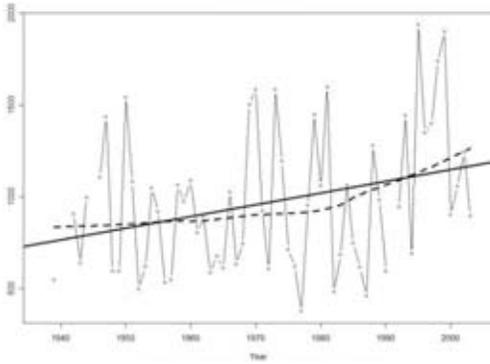
Gráfica 73.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Ixtepec”



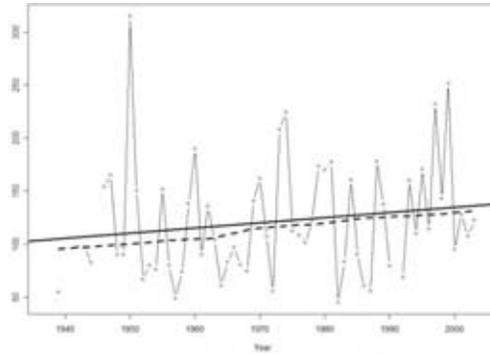
Gráfica 73.4 Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ixtepec”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “Juchitan de Zaragoza” fue positiva con valores de 6.41 mm/año con una media móvil que mostró una

tendencia positiva (Gráfica 74.3). El máximo de precipitación en un día fue tuvo un valor de 0.49 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia positiva (Gráfica 74.4).

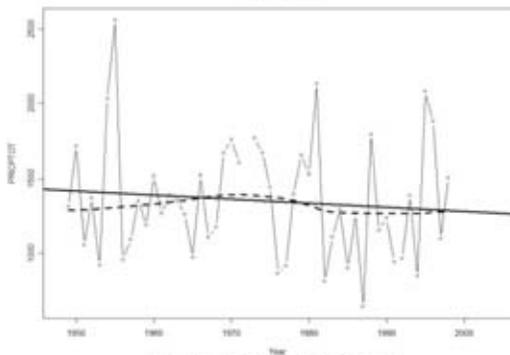


Gráfica 74.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Juchitan de Zaragoza”

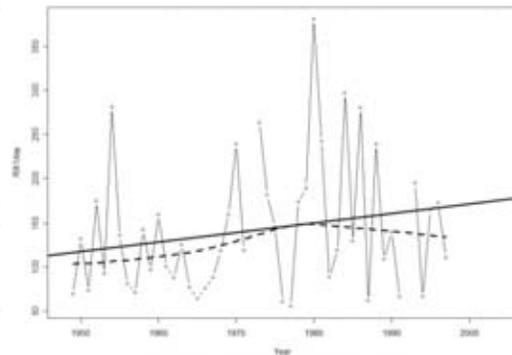


Gráfica 74.4 Máximo mensual de precipitación en 1 día “Juchitan de Zaragoza”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*Ostuta*” fue negativa con valores de -2.74 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia estable (Gráfica 75.3). El máximo de precipitación en un día fue tuvo un valor de 0.163 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia positiva hasta 1980 para posteriormente tener una tendencia negativa (Gráfica 75.4).



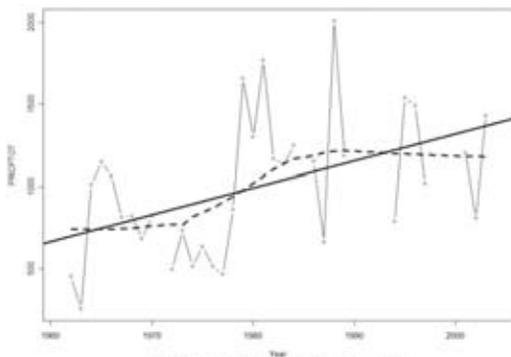
Gráfica 75.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Ostuta”



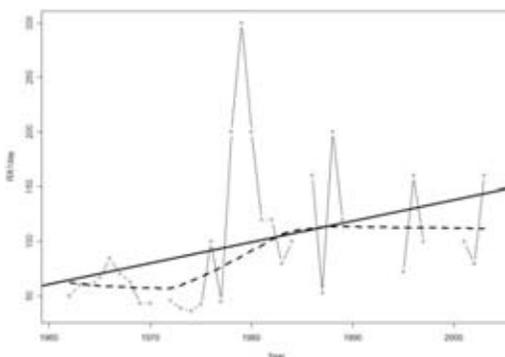
Gráfica 75.4 Máximo mensual de precipitación en 1 día “Ostuta”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*San Miguel Chimalapa*” fue positiva con valores de 16.34 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia positiva hasta 1990 para después establecerse (Gráfica 76.3). El máximo de precipitación en un día fue tuvo un valor de 1.94 mm/año con una media móvil que mostró

una tendencia positiva hasta mediados de la década de los ochentas para después establecerse (Gráfica 76.4).

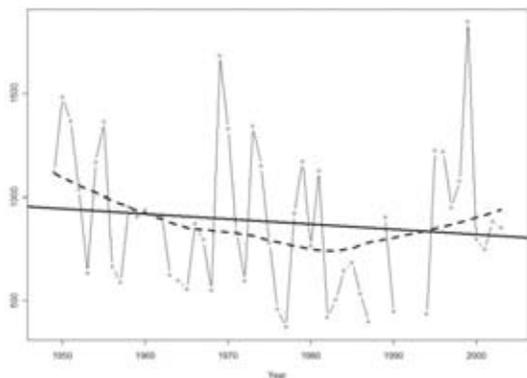


Gráfica 76.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos en “San Miguel Chimalapa”

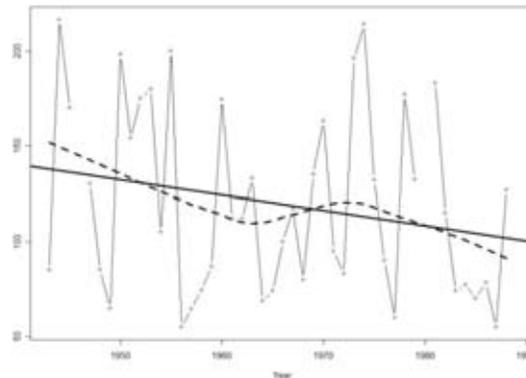


Gráfica 76.4 Máximo mensual de precipitación en 1 día “San Miguel Chimalapa”

La precipitación anual total en los días húmedos para la estación “*Unión Hidalgo*” fue negativa con valores de -2.48 mm/año con una media móvil que mostró una tendencia negativa (Gráfica 77.3). El máximo de precipitación en un día fue tuvo un valor de -0.80mm/año con una media móvil que mostró una tendencia negativa (Gráfica 77.4).



Gráfica 77.3 Precipitación Anual Total en los días húmedos en “Unión Hidalgo”



Gráfica 77.4 Máximo mensual de precipitación en 1 día “Unión Hidalgo”

3.14.4. PERÍODO DE RETORNO, DISTRIBUCION GUMBEL

En los meses de diciembre, enero y febrero la precipitación media fue de 1 mm para toda la cuenca, mientras que en todos los períodos de retorno la precipitación no rebaso los 20 mm.

Tabla 51. Valores del periodo de retorno para los meses diciembre, enero y febrero “Laguna Superior e Inferior”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20027	Chicapa de Castro	2.00	2.81	3.86	4.64
20039	Ixtepec	2.26	3.18	4.37	5.27
20048	Juchitan de Zaragoza	3.03	4.26	5.85	7.04
20082	Ostuta	2.98	4.21	5.80	7.00
20117	San Miguel Chimalapa	5.66	7.71	10.36	12.34
20173	Unión Hidalgo	2.35	3.32	4.58	5.53

Para los meses de marzo, abril y mayo la precipitación media mensual fue de 0 a 4 mm para toda la cuenca. Para el periodo de retorno a 10 y 20 días la precipitación para toda la cuenca fue inferior a los 20 mm, En el periodo de retorno a 50 la precipitación para toda la cuenca tuvo valores inferiores a los 20 mm, excepto para la cuenca alta del río Ostuta que tuvo valores de 21 a 40 mm. En el periodo de retorno de 100 días la precipitación para toda la cuenca fue inferior a los 21 mm excepto para las cuencas de los ríos Niltepec y Ostuta que tuvieron valores de 21 a 40 mm.

Tabla 52. Valores del periodo de retorno para los meses marzo, abril y mayo “Laguna Superior e Inferior”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20027	Chicapa de Castro	7.75	10.72	14.57	17.45
20039	Ixtepec	6.21	8.62	11.74	14.08
20048	Juchitan de Zaragoza	8.23	11.43	15.58	18.69
20082	Ostuta	11.38	15.67	21.22	25.38
20117	San Miguel Chimalapa	7.92	10.96	14.88	17.83
20173	Unión Hidalgo	7.15	9.90	13.46	16.13

En los meses de junio, julio y agosto la precipitación media mensual fue de 6 a 7 mm para la mayoría de la cuenca excepto en las cuencas altas del río Los Perros que presentó valores de 0 a 5 mm y la del río Ostuta que tuvo precipitaciones de 8 a 9 mm. En el periodo de retorno a 10 días toda la cuenca presentó valores de 21 a 40 mm, mientras que en el periodo de retorno a 20 días solo la cuenca alta y media del río Ostuta presentaron precipitaciones de 41 a 60 mm. En el periodo de retorno a 50 días toda la cuenca presentó valores de 41 a 60 mm. Para el periodo de retorno a 100 días la mayoría de la cuenca tuvo valores de 41 a 60 mm, excepto en la desembocadura de los ríos Los Perros, San José y Chicapa y toda la cuenca del río Ostuta tuvieron valores de 60 a 80 mm.

Tabla 53. Valores del periodo de retorno para los meses junio, julio y agosto“Laguna Superior e Inferior”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20027	Chicapa de Castro	26.52	35.29	46.66	55.17
20039	Ixtepec	27.65	37.08	49.29	58.44
20048	Juchitan de Zaragoza	29.42	39.60	52.77	62.64
20082	Ostuta	31.09	41.00	53.82	63.43
20117	San Miguel Chimalapa	22.63	30.34	40.33	47.81
20173	Unión Hidalgo	29.34	39.23	52.04	61.64

En los meses de septiembre, octubre y noviembre la precipitación media mensual fue de 3 a 4 mm en la cuenca del río Los Perros y cuenca baja de los ríos Chicapa y San José, mientras que las cuencas de los ríos Niltepec y Ostuta y las cuencas altas de los ríos Chicapa y San José tuvieron valores de 5 a 6 mm. Para el periodo de retorno a 10 días la cuenca presentó valores de 21 a 40 mm para toda la cuenca excepto para la cuenca alta del río Los Perros que tuvo precipitaciones inferiores a los 20 mm. Para el periodo de retorno a 20 días toda la cuenca presentó valores de 21 a 40 mm. En el periodo de retorno a 50 y 100 días la precipitación para toda la cuenca fue de 41 a 60 mm excepto para la cuenca alta del río de Los Perros que tuvo valores de 21 a 40 mm.

Tabla 54. Valores del periodo de retorno para los meses septiembre, octubre y noviembre
“Laguna Superior e Inferior”

Estación	Nombres	Periodo de retorno 10 días	Periodo de retorno 20 días	Periodo de retorno 50 días	Periodo de retorno 100 días
20027	Chicapa de Castro	22.07	29.90	40.03	47.62
20039	Ixtepec	20.79	28.33	38.09	45.40
20048	Juchitan de Zaragoza	23.32	31.74	42.63	50.80
20082	Ostuta	28.78	38.90	51.99	61.81
20117	San Miguel Chimalapa	22.66	30.55	40.76	48.41
20173	Unión Hidalgo	23.50	31.97	42.94	51.15

4. DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DEL FENOMENO DEL NIÑO Y SUS EFECTOS EN LA RHA “PACIFICO SUR”

El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) afecta fuertemente la variabilidad interanual de las condiciones hidroclimáticas. De acuerdo a la definición de Trenberth (1997), El Niño o La Niña corresponden al estado climático en el que la temperatura de la superficie del mar está 0.5°C más o menos de la media del periodo 1950-1979, por al menos seis meses consecutivos. En años El Niño la zona intertropical de convergencia (ZITC) del Pacífico este, permanece cercana al ecuador (Waliser y Gautier, 1993 citado en Magaña, 2004). Esto se debe a que la convergencia de humedad para las lluvias tiende a ser mayor en el pacifico ecuatorial del este que frente a la costa oeste de México, por lo que los movimientos convectivos ascendentes ocurren lejos del territorio mexicano, lo que se traduce en menos lluvias.

Del total de las estaciones analizadas en la región de estudio, que presentaron mínimas históricas, solo el 14% de ellas corresponden al año de 1997, el 10% al año de 1977 y el 9% pertenecen al año de 1982, con respecto a la normal anual de cada estación (Figura 78). Dichos años pertenecen a años con un fenómeno de El Niño fuerte. De acuerdo con Magaña (2004), las lluvias de invierno se intensifican durante años Niño para el noroeste y noreste de México, mientras disminuyen para el sur del país.

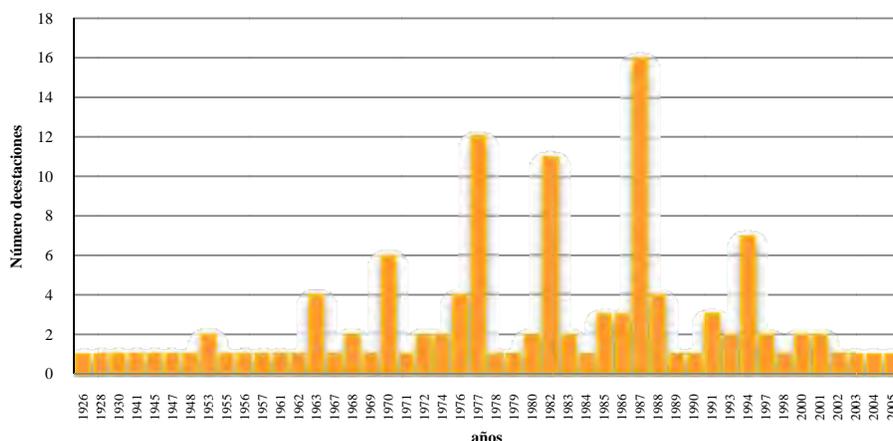


Figura 78. Número de estaciones que presentaron mínima histórica en la RHA Pacífico Sur

Los años que presentaron máximas históricas en su precipitación media anual corresponden a 1981 con 15%, 1969 con 9% y 1984 con 8% de las estaciones (Figura 79), 1981 y 1984 corresponde a años normales, aunque las anomalías para estos años fueron negativas no se consideraron años Niña, mientras que 1969 fue considerado como un año Niño.

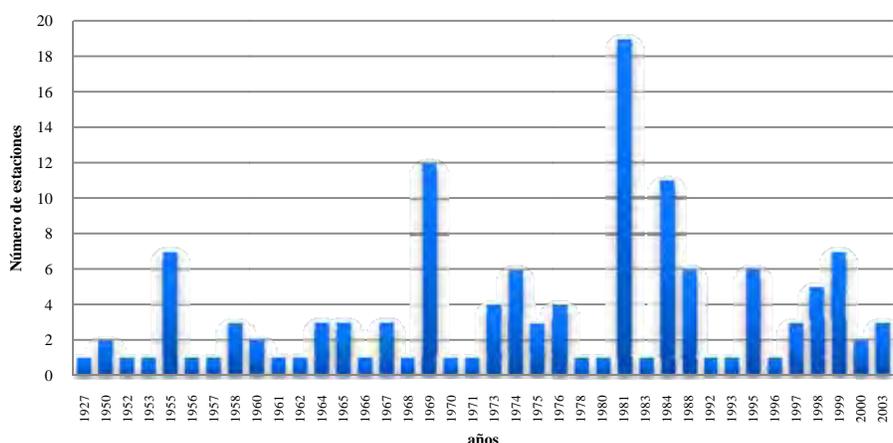


Figura 79. Número de estaciones que presentaron máxima histórica en la RHA Pacífico Sur

El fenómeno del niño tiene afectaciones sobre el territorio Mexicano, para la zona de estudio el fenómeno de El Niño tiene gran influencia, especialmente cuando se le denomina un evento de El Niño fuerte, lo cual se traduce en una menor precipitación anual. En lo referente a los años con una mayor precipitación, éstos no están relacionados con una presencia del fenómeno de la Niña para que ocurra un aumento en la precipitación anual.

4.2. EFECTO DE LOS HURACANES

La actividad de huracanes constituye un elemento esencial en la temporada de lluvias en México. Los ciclones tropicales son zonas de baja presión localizadas dentro de los trópicos, en los cuales el viento circula en sentido contrario a las manecillas del reloj, en el hemisferio norte. La Organización Meteorológica Mundial (OMM), los ha clasificado en “depresión tropical”, “tormenta tropical” y “huracán” de acuerdo con la intensidad de sus vientos.

La RHA V presenta lluvias de verano teniendo sus valores más altos en junio y septiembre. Las lluvias de septiembre son principalmente originadas por la entrada de ciclones tropicales que se origina en el Océano Pacífico, comúnmente los ciclones tropicales empiezan desde el mes de mayo y terminan en la segunda quincena de noviembre. Por lo que la mayor afectación ocurre en los meses de septiembre y octubre. (Azpra et al, 2001)

Las precipitaciones asociadas a un ciclón tropical suelen ser las más extremas, como para las cuencas de los ríos Iztapa, Coyuquilla y Atoyac de Álvarez, en noviembre de 1961 el huracán de categoría I “Tara” (vientos de 118 a 153 km/h) presentó precipitaciones por encima del percentil 90 en casi todas sus estaciones. El huracán Madeleine en octubre de 1976 tocó tierra como categoría IV con vientos de 232 km/h, afectó a toda la costa de Guerrero con altas precipitaciones de más de 150 mm, algunas estaciones registraron precipitaciones de más de 300 mm. El huracán Cosme en junio de 1989 de categoría I y vientos de 140 km/hr, afectó las cuencas de los ríos de Atoyac de Álvarez, Papagayo, Ometepec y La Arena, Nexpa la cual registró las más altas precipitaciones, El huracán Dolores en junio de 1974, fue uno de los huracanes que registró las precipitaciones más extremas en casi todas las estaciones por donde pasó el meteoro, la cuenca de los ríos Ometepec y Nexpa registraron las mayores precipitaciones.

El huracán Paulina es el más importante de todos los ciclones que afectaron la zona de estudio, tanto por la devastación que dejó a su paso, como por la cantidad de lluvia

extraordinaria de 411.2 mm en 24 horas, record en la estación de Acapulco, Gro. El 8 de octubre de 1997 el huracán Paulina tocó tierra como huracán de categoría 4 con vientos de 210 km/h y rachas de hasta 260 km/h con un desplazamiento oeste-noroeste mientras se movía paralelamente en las costas de los estados de Oaxaca y Guerrero. Paulina continuó con un desplazamiento hacia el oeste-noroeste penetrando por la tarde en el estado de Michoacán (Figura 80).



Figura 80. Trayectoria de los principales huracanes que han afectado la RHA Pacífico Sur

Los ciclones tropicales son fenómenos de enorme importancia para el país tanto por sus beneficios como por sus afectaciones. Las costas de la RHA V son especialmente vulnerables, dado que se encuentran en una zona ciclogénica. Como se muestra en la tabla 55, los máximos de precipitación son aportados por los huracanes. Las precipitaciones extremas que acompañan a los ciclones tropicales repercuten en las actividades de las poblaciones, llegando a paralizarlas por completo. En relación con los datos obtenidos, los valores de precipitación más altos están asociados al paso de algún huracán en la RHA V.

Tabla 55. Precipitaciones más extremas para cada estación asociadas al paso de algún huracán

Cuenca Ixtapa	Precipitación extrema	Año	Mes	Día	Precipitación en mm asociada al paso de:				
					H. Tara	H.Madeline	H. Cosme	H. Paulina	H. Dolores
12052	358.50	1998	9	10	10.40	320.00		45.10	
12094	230.00	1967	9	25	32.50	120.00		10.00	
12121	225.00	1961	11	12	225.00	185.00		84.00	
12127	273.50	1989	9	20		142.80		122.50	
Cuenca Coyquilla									
12025	295.50	1976	10	7	174.00	295.50		68.50	
12034	220	1976	10	7		220		71	
12064	271	1976	10	7	0	271			
Cuenca Atotac A									
12009	237	1984	9	13		91	25.00		
12011	280	1954	9	28	33	70.5			
12016	321.00	1955	7	6	70.00	163.50	45.50	207.90	
12024	208.50	1972	6	9	128.00	14.50			
12042	289.40	1989	9	19		41.00	7.80	115.00	
12069	325.00	1984	9	17		118.00	25.00	72.00	
12070	327.00	1961	11	11	327.00	300.00			
12079	312.00	1997	6	15		80.00	26.50	97.00	
Cuenca Papagayo									
12088	131.50	1974	6	17		59.50	19.50		131.50
12107	300.00	1989	6	21	122.00	48.20	300.00	21.50	
12112	401.00	1988	7	29		334.00	0	70.00	
12125	110.00	1976	10	7		110.00	73.50		
Cuenca Nexpa									
12012	272.50	1974	6	16	98.50	125.00	43.00	21.50	272.50
12022	320.00	1974	6	15 y 16	20.00	208.00	277.00	226.00	320.00
12068	280.50	1997	10	8		109.00	75.50	280.50	
12071	220.00	1997	10	8	217.00	198.00	230.00	220.00	
Cuenca Omotepec									
20010	340.50	1974	6	16		25.50	50.50	308.00	340.50
12066	300.00	1974	6	16	8.50	162.00	203.40	189.20	300.00
12072	135.00	1980	8	2			40.00	10.00	
Cuenca La Arena									
20088	375.00	1953	8	19			108.80		21.00
20200	293.7	1974	6	16		53.3	121.7		293.7
12208	192	1984	9	12			139	190.5	
Cuenca Atoyac									
20022	110.00	1996	8	11		9.50	61.00	17.00	52.00
20026	33.5	1958	5	6					
20034	130.00	1960	8	2			20.00	7.00	21.90
20038	174.00	1974	6	16					174.00
20044	108.00	1998	9	27				16.00	37.00
20070	149.00	1974	6	16			96.00		149.00
20071	443.00	1965	6	20				35.60	124.00
20079	100.80	1986	6	8				15.50	30.00
20085	121.00	1989	6	21			121.00	84.30	120.00
20118	103.00	1981	5	25					60.00
20130	180.00	1961	9	11					116.00
20135	100.00	1954	9	28					90.00
20153	161.00	1989	7	31					106.00

	Precipitación extrema	Año	Mes	Dia	Precipitación en mm asociada al paso de:				
					H. Tara	H.Madeline	H. Cosme	H. Paulina	H. Dolores
Cuenca Colotepec									
20047	223.50	1997	10	8			10.00	223.50	100.50
20246	238.9	1981	9	27					
Cuenca Copalita									
20120	222.50	1997	11	9				222.50	27.00
Cuenca Tehuantepec									
20009	81.40	1986	9	28				57.00	
20043	202.00	1981	8	25			62.00	46.00	
20109	235.00	1963	6	12					48.00
20149	379.00	1999	6	23					27.50
20162	239.50	1981	8	25					40.40
20184	111.00	1989	5	9					
20191	90.00	1978	5	23					61.50
Cuenca Astata									
20132									
Laguna superior e inferior									
20027	217.00	1999	9	12			34.00	30.50	27.00
20039	300.30	1950	7	13			60.30	169.40	20.30
20048	315.00	1950	7	13			46.80	231.80	25.60
20082	381.00	1980	9	24				39.60	31.00
20117	300.00	1979	8	20				15.00	0.00
20173	216.50	1944	6	11					31.00

Fuente: Base de datos de CLICOM

4.3. TENDENCIAS DE LA PRECIPITACION

De los datos obtenidos se puede concluir que la tendencia positiva de la precipitación anual solo se concentra en el área de la zona de la cuenca del río Nexpa y parte de la Costa Grande de Guerrero. Mientras que el resto de la RHA V tiene una tendencia negativa. Es decir, se pudo corroborar que hay una disminución de la lluvia media anual, exceptuando la cuenca del río Nexpa, la cual presentó una tendencia positiva. De acuerdo con Vidal (2001), el aire monzónico es substancialmente mayor en las laderas montañosas que se inclinan hacia el sur, y aumenta con la altitud por el efecto de la orografía, las partes más altas reciben precipitaciones del orden de 1500 mm que en algunos sitios sobrepasan 2000 mm.

En el reporte del IPCC (2001) se muestran dos escenarios construidos con dos versiones del modelo del circulación general atmósfera – océano del Centro Hadley (AOGCM); en

dichos escenarios se observa una reducción importante en la precipitación anual en las zonas centro y sur del país, de 25 a 250 mm/año. Trabajos tales como Gordon (1992) Nicholls (1995); Karl y Night, (1998) Hennessy (1997), mencionan sobre el aumento de las precipitaciones extremas a consecuencia del calentamiento global. Los modelos climáticos sugieren que los eventos extremos de precipitación se harán más comunes en un clima mucho más cálido.

En el presente trabajo las cuencas analizadas presentaron una disminución de la precipitación anual, lo cual concuerda con los modelos elaborados para cambio climático, donde se muestra un sureste mexicano con menos lluvias. Los eventos extremos de precipitación presentaron una tendencia positiva de 2 mm/día. Aunque por muy ligero este incremento en los extremos, para zonas con un alto grado de vulnerabilidad, podrían representar un grave riesgo para la población, principalmente para los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, que se consideran como la temporada húmeda y donde el periodo de retorno a 100 días supera los 80 mm/día.

En cuanto a las tendencias elaboradas por regresión lineal, la estación San Luis Acatlán muestra la tendencia anual más alta con un valor de 35.076 mm/año lo cual nos habla que para esa zona habrá un aumento de las precipitaciones anuales, por el contrario la estación Gloria Escondida muestra un déficit de 19.76 mm/año, aunque en promedio para toda RHA V la tendencia será de -12 mm/año.

5. CONCLUSIONES

Para la RHA V, se notó un aumento en las precipitaciones extremas, que indican por lo menos una precipitación superior a los 80 mm en un trimestre, principalmente para los trimestres que conforman la estación húmeda. Esto se traduce en una mayor vulnerabilidad para los municipios que conforman los estados de Guerrero y Oaxaca, los cuales tienen índices de marginación muy altos, y en específico para la RHA V, hay aproximadamente

9049 localidades que se encuentran en una situación de marginación de alto a muy alto, lo cual podría limitar su capacidad de recuperación ante un evento extremo. Esta relación de los eventos extremos con las zonas marginadas puede resultar en riesgo por inundación, tormentas y deslaves, como lo ocurrido en 1997 con el huracán Paulina, o en el 2005 con el huracán Stan, así como las declaratorias de desastres publicadas en el Diario Oficial de la Federación para los días 15 y 16 de julio del 2007, el 7 de septiembre del 2005, 24, 25 y 26 de septiembre del 2005 por citar algunas. Tal aumento en las precipitación extrema se contrapone a la disminución de precipitación anual, la región hidrológica de Costa Chica y Tehuantepec presentaron una tendencia positiva, pero el resto de la RHA mantuvo la tendencia negativa en la precipitación anual. Un déficit en las lluvias tendrá un impacto negativo para la región, principalmente para la agricultura al ser en su mayoría de temporal. Los resultados concuerdan con la hipótesis planteada en el presente trabajo.

La afectación por diversos fenómenos meteorológicos, algunos de escala local tales como las lluvias convectivas, hasta fenómenos de escala sinóptica como los huracanes o escala global como el Fenómeno del Niño- Oscilación del Sur (ENOS), influyen de manera activa en la presencia de los eventos extremos de precipitación, teniendo los máximos de precipitación debido a la presencia de huracanes y los déficits de precipitación tienen una ligera asociación con el fenómeno de El Niño.

A nivel cuenca se obtuvieron resultados más finos sobre el comportamiento de la precipitación, pudiéndose identificar las cuencas que requieren un especial manejo. Tal es el caso de las cuencas de la región hidrológica de Costa Chica de Guerrero en especial la cuenca del río Nexpa, donde se puede observar un mayor aumento en la precipitación anual y en la presencia de eventos extremos. Esta zona es consistente con los escenarios del modelo HADCM3 A1F1.

De los periodos de retorno obtenidos se puede concluir que para los meses de enero, febrero y diciembre tendrán una precipitación mayor a los 9 mm un día, en los meses de marzo, abril y mayo tendrán una precipitación mayor a los 16 mm un día, en los meses de junio, julio y agosto la precipitación será mayor a los a los 53 mm un día y en los meses de

septiembre, octubre y noviembre habrá una precipitación mayor a los 44 mm un día, de acuerdo con el promedio de los datos.

Las mayores dificultades para la realización del trabajo fueron los huecos de información en la base de datos CLICOM, por lo que la mayoría de las estaciones no podían cumplir con los criterios establecidos para el control de calidad de los datos, provocando un nivel de confianza bastante bajo, también la falta de una red de estaciones climatológicas más densa y en buen funcionamiento, repercute en la exactitud de los resultados, por lo que para estudios a un nivel menor al de cuenca no son posibles. Se recomienda la construcción de bases de datos más confiables y con una uniformidad en los criterios de validación de los datos.

La utilización del programa RClimdex es eficiente para el control de calidad de los datos, sin embargo para el cálculo de los índices climáticos arroja resultados a un nivel muy general, es decir que para el cálculo con un periodo de tiempo más amplio y una región mas extensa es adecuado su empleo pero a un nivel más detallado como a nivel cuenca o incluso región hidrológica no se recomienda.

La importancia del cálculo de probabilidad de un evento extremo radica en la reducción de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de dichos fenómenos. Identificando las zonas que son más propensas a que tengan una mayor precipitación extrema, tratando en la mayor medida posible reducir los daños ocasionados por la ocurrencia de un extremo, tanto en la reducción de las pérdidas materiales así como las humanas. Es por eso que las diferentes herramientas utilizadas para el procesamiento de los datos y la representación espacial por medio de sistemas de información geográfica son de suma importancia para la toma de decisiones en diferentes ámbitos, así como una mayor comprensión de los fenómenos extremos y su relación con las actividades humanas.

FUENTES CONSULTADAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barrientos. M. M. *3D Analyst. ArcToolbox. Guía rápida de herramientas.* Chile. 2007

Carvalho, L, C. Jones, and B. Liebmann. *Extreme precipitation events in southeastern South America and large scale convective patterns in the South Atlantic Convergence Zone.* En Marengo et al. *Eventos Hidrometeorológicos Extremos, Caracterización y Evaluación de Métodos de Predicción de Eventos Extremos de Clima y de la Hidrología en la Cuenca del Plata.* Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, En relación con los efectos Hidrológicos de la variabilidad y el Cambio climático. CIC. Tarija, Bolivia. 2004

Cavazos, T., y S. Hastenrath. *Convection and rainfall over Mexico and their modulation by the Southern Oscillation.* International Journal of Climatology, 10,1990

Chaves, R, Cavalcanti, I 2000: Eventos extremos de precipitação sobre o Sul de Nordeste. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro. 2000

Chow, V. T.; D.R. Maidment, L.W. Mays. *Hidrología Aplicada.* McGraw-Hill. 1993

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *Estrategia Nacional de Cambio Climático.* SEMARNAT. México. 2007

Comisión Nacional del Agua (CNA). *Estadísticas del agua en México, 2007.* SEMARNAT. México. D.F, 2007

Conde, C. *México y el cambio climático global.* Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. México, D.F. 2006

De la Rosa, N. *Esquema diagnóstico – pronóstico de situaciones de riesgo de Inundación en Villahermosa, Tabasco*. Tesis de Licenciatura en Geofísica. Facultad de Ingeniería. UNAM. 2001

Diario Oficial de la Federación del 27 de Mayo del 2009. *Anexos de las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales*. México, 2009

Equihua, Z. M. *Bosques y Agua al sur de México: un balance general*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa Veracruz. 2004

Gumbel, E. J. *Statistics of Extremes*. Columbia Univ. Press. USA. 1967

García Amaro, Enriqueta. *Distribución de la precipitación en la República Mexicana*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. No. 50, México. 2003

Hernández, M. E., Azpra, A., Carrasco, G., Delgado, Orlando, Villicaña, F. *Los Ciclones Tropicales de México*. Instituto de Geografía. UNAM. México. D.F. 2001

INEGI. *Anuario Estadístico de Guerrero*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2008

INEGI. *Anuario Estadístico de Oaxaca*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2008

Jáuregui. E. *La variabilidad climática en los registros instrumentales de México*. Centro de Ciencias de la Atmosfera. UNAM.

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/437/jauregui.html>

Kunkel, K. *North American Trends in Extreme Precipitation*. Natural Hazards 29. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 2003

- Magaña V. *Los impactos del niño en México*. UNAM. Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación. México. 1999
- Magaña, V. Landa, R. Neri, C. *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. SEMARNAT. Centro de Ciencias de la Atmosfera. UNAM. México. 2008
- Martínez, J. Fernández A. *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México. 2005
- Martínez, A. A., Olivares, J.R., *Análisis de la tendencia de los gastos en ríos perennes de la Región Hidrológico Administrativa XI Frontera Sur*. Tesis de Ingeniería Civil. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. IPN. México. 2008
- Méndez, J. Matías. *Un estudio de eventos Hidrometeorológicos Extremos en la República Mexicana*. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra. Ciencias de la Atmosfera. UNAM. 2003
- Mendoza, M. *Factores de regionalización de lluvias máximas en la República Mexicana*. Tesis de Maestría en Ingeniería Hidráulica., Facultad de Ingeniería UNAM. México. 2001
- Puchet. C. Emilia. *Análisis de las tendencias de la Precipitación pluvial en la región de las grandes montañas del estado de Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. 2007
- Rapallo. F. R. *Utilización de Sistemas de Información Geográfica para la seguridad alimentaria sostenible en zonas marginadas de Honduras, Nicaragua y Guatemala*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. 2005

- Rosenzweig, C. et al. *Climate change and extreme weather events. Implications for food production, plant diseases, and pests*. Global Change & Health. Volume 2, No 2. Kluwer Academic Publishers. 2001
- Ríos, A. J. *Experiencias de Manejo de cuencas en la Región Pacífico Sur de México*. Gerencia Regional Pacífico Sur. Comisión Nacional del Agua. México. 2003
- Salas, M. A. Jiménez, M. *Inundaciones*. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. 2006
- Salinas, M. V. *Actualización y manejo de la base de datos de precipitación y temperatura para el estado de Michoacán*. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 1998
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *México Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. SEMARNAT. INE. México. 2006
- Secretaría de Desarrollo Social. *Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros Naturales en Zonas Urbanas (Identificación y Zonificación)*. SEDESOL. COREMI. Programa Hábitat. México. 2004
- Serrano-Altamirano, V.; A. López-Luna; G. Medina-García; M. A. Cano-García; J. A. Ruiz-Corral y G. Díaz-Padilla. *Caracterización espacio-temporal de la precipitación mensual y humedad disponible en el Estado de Oaxaca*. INIFAP. SAGARPA. Libro Técnico Núm. 8. México. 2007.
- Vidal Zepeda, Rosalía. *Las regiones climáticas de México*. Instituto de Geografía. UNAM. México. D.F. 2001

Zhang, X. y Yang F. *RClimDex 1.0*. Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico de Canadá. Canadá. 2004

<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.html>.

FUENTES ELECTRÓNICAS

www.cics.uvic.ca/scenarios

www.inegi.gob.mx

www.r-project.org

www.conabio.gob.mx/

<http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html>

<http://ciberconta.unizar.es/LECCION/seriest/100.HTM>

<http://web.usal.es/~javisan/hidro/>

<http://www.guerrero.gob.mx>