



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**“ORIGEN DE LAS PRECIPITACIONES EXTREMAS  
EN LA CUENCA DEL RÍO BALSAS, MÉXICO”**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

**P R E S E N T A:  
CARMEN YADIRA GÁMEZ ROJAS**

**ASESORA:**

**LETICIA GÓMEZ MENDOZA**

**MÉXICO 2011.**





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.



---

Antes de entrar a la universidad me hubiera gustado saber  
Que puedo cambiar muchísimo y ni siquiera notarlo.  
Que puedes querer a muchas personas de diferentes formas.  
Que los niños de la universidad también avientan papelitos.  
Que normalmente conoces ahí al amor de tu vida, al cual siempre recordarás.

Que si fuiste inteligente en la prepa, ¿importa?, es pasado ¿no?  
Que copiar puede ser sinónimo de verificar o corregir.  
Que puedes estar en una fiesta la noche anterior del examen final.  
Que si llevas una chamarra que te cubra completamente del frío, todos te  
preguntarán: ¿dónde cayó la nevada?  
Que existen materias que requieren más tiempo que todas las clases juntas.

Que puedo saber todo y reprobar el examen.  
Que puedo no saber nada y sacar una buena calificación.  
Que la mayor parte de mi educación la obtendré fuera del salón de clases.

Que mi casa es un gran lugar para VISITAR  
Porque al pasar unos años después de graduarme tal vez no recordare muy bien lo  
que aprendí en clases, pero siempre recordare todo aquello que viví con mis  
amigos, con quienes estude, me desespero, llore, grite y festeje, con quienes  
compartí todo mi tiempo...

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

---

---

## DEDICATORIAS

Este trabajo está dedicado a todas aquellas personas que han confiado en mí.

A mí madre Carmen que me dio la vida y es la mujer más importante en mi vida, y que ha hecho de mí todo lo que soy.

A mí padre Isidoro del cual admiro su fortaleza, y le agradezco el apoyo que me ha dado.

A mis hermanas Itzel y Marlen que pase lo que pase serán de las personas más importantes en mi vida.

A mi Tía Guadalupe que es el ángel que unifico a esta gran familia.

A mis primos y sobrinos, que a su modo me apoyan.

A Marisolita mi mejor amiga de la carrera.

Luisito que aunque este lejos, siempre está en mi corazón, te quiero amigo.

A Americuchis, Cintita, Lizita y Blanquita, que son lo mejor que me paso en el museo Universum.

A Martita y Luis Ernesto a los que quiero mucho, y que durante casi 3 años han estado a mi lado dando animó para vivir mi vida al máximo.

A Lety Gómez que durante toda la carrera, estuvo a mi lado apoyándome en mi vida académica.

A todas las personitas especiales en mi vida, que me dieron la excusa perfecta para ser mejor cada día.

---

---

## AGRADECIMIENTOS

A la vida por permitirme compartir mi estancia en este mundo con tan maravillosas personas.

A mis Padres por apoyarme, por darme todo su apoyo a lo largo de toda mi vida y a los que les debo todo lo que he logrado.

A mi hermana Marlen la muñeca que es mi ejemplo y que me apoyo para terminar mi tesis.

A mi hermana Itzel que a su manera pero siempre se preocupa por mí.

A Cintita que llego a mi vida en el momento justo para darme siempre buenos consejos y momentos divertidos que nunca olvidare.

A Americuchis que siempre anda de aquí para acá conmigo.

A Blanquita porque siempre me da aminos.

A Lizeth que me echo porras para terminar mi tesis.

A Martita que con su experiencia siempre me da buenos consejos, ánimos y bendiciones.

A Leticia Gómez que me apoyo durante toda mi carrera y en el asesoramiento de mi tesis.

A María de la Paz por creer en mí y darme la oportunidad de trabajar a su lado, además de tomarse el tiempo de revisar esta trabajo.

---

---

A José Manuel, Lupita Matías y Angélica Franco, por revisar mi trabajo y darme las observaciones pertinentes para mejorar mi tesis.

A Ángel Terán y Rosalía Vidal por proporcionarme la información necesaria para mi tesis.

A mi Curador Luis Meza Arcos por su apoyo y animo tanto en el museo como para terminar mi tesis.

A las chicas y chicos universum por los buenos momentos.

Y a todas las personas que me apoyaron directa o indirectamente en este trabajo.

---

---

## ÍNDICE

	Pág.
<b>I. RESUMEN</b> .....	I
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	II
<b>II.I ANTECEDENTES</b> .....	II
<b>II.II HIPOTESIS</b> .....	IV
<b>II.III OBJETIVOS</b> .....	IV
<b>II.IV METODOLOGIA</b> .....	IV
<b>CAPÍTULO 1.</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 2.</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TIEMPO EN LA CUENCA DEL RÍO BALSAS</b> .....	5
2.1. Definición de los sistemas de tiempo en la cuenca del río Balsas.....	6
2.1.1 Bajas Presiones.....	6
2.1.2 Corrientes en chorro.....	7
2.1.3 Frentes.....	7
2.1.3.1 Frente frío.....	8
2.1.3.2. Frente estacionario.....	8
2.1.4. Ondas tropicales.....	9
2.1.5. Vaguadas.....	10
2.1.6. Vientos máximos.....	11
2.1.7. Nubosidad.....	11
2.2. Relación de los sistemas de tiempo y la precipitación.....	12
2.2.1. Precipitación convectiva.....	13
2.2.2. Precipitación orográfica.....	13
2.3. Estimación de precipitación por satélite.....	14
2.3.1. Técnica de modelo de nubes.....	15
<b>CAPÍTULO 3.</b>	
<b>ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN EXTREMA POR SECCIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS</b> .....	17
3.1. Análisis de frecuencias de sistemas de tiempo a través de las imágenes interpretadas 2003 -2007.....	18
3.1.1. Distribución temporal de la precipitación.....	18
3.1.2. Frecuencia anual y mensual de sistemas de tiempo.....	21
3.2. Variación interanual de la precipitación y aporte de lluvia de los eventos sinópticos.....	30
3.3. Patrón espacial de la precipitación máxima extrema y fenómenos sinópticos asociados más significativos.....	55
3.3.1. Frentes fríos.....	55
3.3.2. Corriente en chorro.....	55
3.3.3. Ciclones.....	55
3.3.4. Ondas tropicales.....	56

---



---

	<b>Pág.</b>
3.4. Estacionalidad y persistencia de los fenómenos sinópticos.....	56
3.4.1. Vaguadas.....	56
3.4.2. Líneas de convergencia.....	57
3.4.3. Bajas presiones.....	57
3.4.4. Aire marítimo tropical.....	58
3.4.5. Vientos máximos.....	58
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>DISCUSIÓN</b> .....	60
4.1. El papel de los fenómenos sinópticos en la climatología local y regional.....	61
4.2. Los ciclones y el Fenómeno de El Niño.....	61
4.3. Desastres asociados a lluvias extremas en la cuenca del río Balsas.....	63
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	64
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	67
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	68
<b>ANEXOS</b> .....	72

---

---

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de trabajo.....	VI
Figura 2. Delimitación geográfica de la cuenca del río Balsas.....	2
Figura 3. Baja presión sobre la cuenca del río Balsas, durante el 5 de octubre de 2004...	6
Figura 4. Corriente en chorro en la costa de Michoacán, durante el 22 de enero de 2006	7
Figura 5. Frente frío n.32 sobre el centro del país, durante el 14 de enero de 2007.....	8
Figura 6. Frente estacionario sobre el centro del país, durante el 8 de febrero de 2006....	9
Figura 7. Onda tropical n.21 sobre el estado de Guerrero, durante el 5 de agosto de 2007.....	10
Figura 8. Línea de vaguadas que se presentaron sobre la cuenca del río Balsas, durante el 9 de junio de 2007.....	11
Figura 9. Vientos máximos sobre el Pacífico nororiental y centro de México, durante el 30 de junio de 2006.....	11
Figura 10. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1976 – 1999 estación Tepozotlán (clave 17049), Morelos.....	19
Figura 11. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1976 – 1999 estación Huaquechula (clave 21123), Puebla.....	19
Figura 12. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1976 – 1999 estación Ciudad Hidalgo (clave 16092), Michoacán.....	20
Figura 13. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1976 – 1999 estación Villa Madero (clave 16140), Michoacán.....	20
Figura 14. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2003	21
Figura 15. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2004	21
Figura 16. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2005	22
Figura 17. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2006	22
Figura 18. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2007	23
Figura 19. Mapa de lluvias ocasionadas por un sistema de baja presión.....	28
Figura 20. Mapa de lluvias ocasionadas por una vaguada.....	29
Figura 21. Mapa de lluvias ocasionadas por la tormenta tropical Lorenzo.....	29
Figura 22. Región hidrológica administrativa del Balsas.....	30
Figura 23. División administrativa de la cuenca del Balsas.....	31
Figura 24. Hipsometría de la cuenca del río Balsas.....	31
Figura 25. División de la cuenca del río Balsas.....	32
Figura 26. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 1998.....	33
Figura 27. Lluvia extrema bajo Balsas 1998.....	33
Figura 28. Lluvia extrema medio Balsas 1998.....	34
Figura 29. Lluvia extrema alto Balsas 1998.....	34
Figura 30. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 1999.....	35

---

---

	<b>Pág.</b>
Figura 31. Lluvia extrema bajo Balsas 1999.....	35
Figura 32. Lluvia extrema medio Balsas 1999.....	36
Figura 33. Lluvia extrema alto Balsas 1999.....	36
Figura 34. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2000.....	37
Figura 35. Lluvia extrema bajo Balsas 2000.....	37
Figura 36. Lluvia extrema medio Balsas 2000.....	38
Figura 37. Lluvia extrema alto Balsas 2000.....	38
Figura 38. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2001.....	39
Figura 39. Lluvia extrema bajo Balsas 2001.....	39
Figura 40. Lluvia extrema medio Balsas 2001.....	40
Figura 41. Lluvia extrema alto Balsas 2001.....	40
Figura 42. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2002.....	41
Figura 43. Lluvia extrema bajo Balsas 2002.....	41
Figura 44. Lluvia extrema medio Balsas 2002.....	42
Figura 45. Lluvia extrema alto Balsas 2002.....	42
Figura 46. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2003.....	43
Figura 47. Lluvia extrema bajo Balsas 2003.....	43
Figura 48. Lluvia extrema medio Balsas 2003.....	44
Figura 49. Lluvia extrema alto Balsas 2003.....	44
Figura 50. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2004.....	45
Figura 51. Lluvia extrema bajo Balsas 2004.....	45
Figura 52. Lluvia extrema medio Balsas 2004.....	46
Figura 53. Lluvia extrema alto Balsas 2004.....	46
Figura 54. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2005.....	47
Figura 55. Lluvia extrema bajo Balsas 2005.....	47
Figura 56. Lluvia extrema medio Balsas 2005.....	48
Figura 57. Lluvia extrema alto Balsas 2005.....	48
Figura 58. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2006.....	49
Figura 59. Lluvia extrema bajo Balsas 2006.....	49
Figura 60. Lluvia extrema medio Balsas 2006.....	50
Figura 61. Lluvia extrema alto Balsas 2006.....	50
Figura 62. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2007.....	51
Figura 63. Lluvia extrema bajo Balsas 2007.....	51
Figura 64. Lluvia extrema medio Balsas 2007.....	52
Figura 65. Lluvia extrema alto Balsas 2007.....	52
Figura 66. Fenómenos meteorológico y precipitación generada durante el periodo 1998-2007.....	53
Figura 67. Porcentaje de lluvia generada por evento.....	53
Figura 68. Vaguadas y precipitación generada durante 1998- 2007.....	56

---

---

Figura 69. Líneas de convergencia y precipitación generada durante 1998- 2007.....	Pág. 57
Figura 70. Bajas presiones y precipitación generada durante 1998- 2007.....	57
Figura 71. Aire marítimo tropical y precipitación generada durante 1998- 2007.....	58
Figura 72. Vientos máximos y precipitación generada durante 1998- 2007.....	59

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1. La cuenca del río Balsas: principales características climáticas.....	4
Tabla 2. Los climas predominantes en la cuenca del río Balsas.....	4
Tabla 3. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2004. Estación Huaquechula (clave 21123), Puebla.....	24
Tabla 4. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2004. Estación Tepozotlán (clave 17049), Morelos.....	24
Tabla 5. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2004. Estación Ciudad Hidalgo (clave 16092), Michoacán.....	24
Tabla 6. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2005. Estación Huaquechula (clave 21123), Puebla.....	25
Tabla 7. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2005. Estación Tepozotlán (clave 17049), Morelos.....	25
Tabla 8. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2005. Estación Ciudad Hidalgo (clave 16092), Michoacán.....	25
Tabla 9. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2006. Estación Huaquechula (clave 21123), Puebla.....	26
Tabla 10. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2006. Estación Tepozotlán (clave 17049), Morelos.....	26
Tabla 11. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2006. Estación Ciudad Hidalgo (clave 16092), Michoacán.....	26
Tabla 12. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2007. Estación Huaquechula (clave 21123), Puebla.....	27
Tabla 13. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2007. Estación Tepozotlán (clave 17049), Morelos.....	27
Tabla 14. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2007. Estación Ciudad Hidalgo (clave 16092), Michoacán.....	27

### ANEXOS

Anexo 1. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 1998.....	73
Anexo 2. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 1999.....	74
Anexo 3. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2000.....	76
Anexo 4. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2001.....	78
Anexo 5. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2002.....	80

---

---

	<b>Pág.</b>
Anexo 6. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2003.....	82
Anexo 7. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2004.....	84
Anexo 8. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2005.....	86
Anexo 9. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2006.....	88
Anexo 10. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2007.....	90
Anexo 11. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 1998.....	92
Anexo 12. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 1999.....	92
Anexo 13. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2000.....	93
Anexo 14. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2001.....	93
Anexo 15. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2002.....	94
Anexo 16. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2003.....	94
Anexo 17. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2004.....	94
Anexo 18. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2005.....	95
Anexo 19. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2006.....	95
Anexo 20. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en mm y porcentaje para 2007.....	95

---

---

## I. RESUMEN.

La cuenca del río Balsas ha sido poco estudiada, en cuestión de eventos hidrometeorológicos extremos, por lo que existe una carencia de información y datos sobre el origen de las precipitaciones extremas en este lugar, siendo esta zona de vital importancia pues esta cuenca es una de las más importantes en México, por lo que en este trabajo de tesis se presenta un análisis sobre el origen de las precipitaciones extremas en la cuenca del río Balsas y los fenómenos meteorológicos que las ocasiona.

Para la realización de este estudio, se revisó la base de datos de la malla de Terán (2008), para obtener un listado de lluvias extremas para un periodo de diez años que corresponden al periodo 1998 a 2007, y posteriormente se revisaron las imágenes interpretadas del Servicio Meteorológico Nacional de los días que presentaron lluvias extremas para conocer el fenómeno sinóptico que le dio origen.

Dicho análisis se presenta a nivel de cuenca, por año. Y posteriormente se hace un análisis de los fenómenos que tienen una mayor frecuencia y un aporte de lluvia significativo.

Los resultados muestran cuales son los eventos que originan lluvias extremas por lo que requieren un monitoreo por parte de protección civil con el fin de prevenir algún desastre asociado a dichas lluvias.

---

## II. INTRODUCCIÓN.

### II.I. ANTECEDENTES

El régimen pluviométrico en la República Mexicana presenta una amplia variabilidad espacio temporal, debido a la compleja orografía que posee el territorio nacional. En la mayor parte del país se presenta una temporada de lluvias comprendida desde el mes de junio hasta mediados de octubre; sin embargo, cada zona tiene su muy particular régimen de precipitación<sup>1</sup> muy particular por la presencia de los diversos sistemas de tiempo. En este trabajo se estudiaron los sistemas de tiempo que ocurren en la cuenca del río Balsas y su relación con la presencia de precipitaciones extremas dentro de la cuenca.

La cantidad de precipitación no se puede estandarizar ya que para cada región corresponde una climatología específica y los valores para definir una precipitación extrema varían. La cuenca hidrológica del río Balsas es la más importante de la vertiente del Pacífico mexicano. Su disponibilidad total anual de aguas superficiales se estima en 24,484 millones de metros cúbicos de escurrimientos vírgenes<sup>2</sup> y retornos<sup>3</sup> (Conagua, 2007). La precipitación promedio anual en la cuenca media varía entre 600 y 1,400 mm anuales. Con una precipitación mínima de 345 mm (Piedras Blancas) y una máxima de 1,869 mm (Presa Pucuateo). Un hecho climático de importancia es que la zona del delta es un área de trayectoria de ciclones tropicales. Sin embargo, en las regiones media y alta de la cuenca, existen importantes fenómenos sinópticos<sup>4</sup> como sistemas frontales, vaguadas y circulación atmosférica local, que generan aportes de precipitación extrema significativa (Gámez, 2007). Se puede definir a los sistemas de tiempo como de escala sinóptica o mesoescala, dichos sistemas están estrechamente ligados al pronóstico del tiempo pues son los principales responsables de los cambios del tiempo. Algunos de los sistemas sinópticos son los ciclones, las líneas de baja y las vaguadas.

---

<sup>1</sup> Cualquier estado del agua que cae desde las nubes a la tierra.

<sup>2</sup> Deslizamiento de agua, que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre.

<sup>3</sup> Rivera Arroyo o caudal corto de agua.

<sup>4</sup> En meteorología, el término sinóptico se usa para referirse a los fenómenos que ocurren en el lapso de días y en escalas de longitud del orden de algunos kilómetros. Son los responsables principales de los cambios del tiempo.

---

Uno de los fenómenos que controlan la variabilidad del clima en México es El Niño, que corresponde al estado climático en el que la temperatura de la superficie del mar está 0.5°C o más por encima de la media del periodo 1950-1979 por lo menos seis meses consecutivos en la región conocida como “El Niño 3.4”. En nuestro país, El Niño tiene serias repercusiones. De manera general, podemos decir que las lluvias de invierno se intensifican y las de verano se debilitan. En la zona centro se incrementan los frentes fríos durante el invierno por lo que en el verano ocurre la sequía (Magaña, 2004).

Cuando se presenta la señal de El Niño en México, existe una disminución del flujo de humedad del oeste, lo que trae como consecuencia una disminución de las lluvias en la parte central del país, es decir, en la cuenca del río Balsas. La cantidad de precipitación, en ciertas épocas y en años específicos, se puede correlacionar con la presencia de este fenómeno o su contraparte, La Niña (fase fría del El Niño Oscilación del Sur ENSO), y conocer a través de ello, cómo se comportan los fenómenos sinópticos y su aportación de lluvia.

La cuenca del Balsas es de gran importancia debido a que el abastecimiento de agua a nivel regional es muy significativa, por ejemplo, para el año 2005 la cantidad de población que abastecía era de 10.85 millones de habitantes, repartida en 422 municipios, además de contar con siete presas, dos de las cuales son de las más importantes del país (Conagua, 2005). Conocer la cantidad de precipitación sobre el Balsas será de gran utilidad para proyectos hidrológicos y de captación de agua así como la mitigación en los riesgos.

De estas siete presas, Infiernillo y El Caracol representan casi 60% de la capacidad de almacenamiento en el país. Los volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua son bastante significativos, ya que simplemente el agua concesionada en la cuenca representa aproximadamente 10% del total (Conagua, 2005).

En la cuenca del Balsas el volumen total concesionado es de 10417m<sup>3</sup> de éste 6179 hm<sup>3</sup> son para uso agropecuario, 837hm<sup>3</sup> para el abastecimiento público y 3401hm<sup>3</sup> para la industria autoabastecida. Gran parte de las precipitaciones que recibe la cuenca son de tipo estacional.



---

Sin embargo, el efecto de los sistemas de precipitación extremas han sido poco estudiados en la región, por lo que este trabajo tiene como objetivo identificar los fenómenos de escala sinóptica que causan las lluvias extremas en la cuenca del Balsas, así como determinar su frecuencia, intensidad y distribución espacio-temporal, con la finalidad de establecer un mejor ordenamiento territorial, o una más adecuada planeación de recursos naturales.

## **II.II. HIPÓTESIS**

En la cuenca alta del Río Balsas se presentan eventos sinópticos que provocan precipitaciones extraordinarias y que son diferentes a las de origen ciclónico, eventualmente impactan sobre el delta del río en el Pacífico, mientras que los sistemas de baja presión que originan convección local, ondas tropicales y vaguadas son los sistemas que provocan precipitación en la parte interna de la cuenca, y dichos eventos aportan precipitación extrema que rebasan más de la mitad de la precipitación media anual de la cuenca; esa cantidad de lluvia causa grandes inundaciones, daños materiales, así como la pérdida de vidas humanas en la región

## **II.III. OBJETIVO**

Conocer los fenómenos sinópticos que originan precipitación extrema, en la cuenca del Balsas e identificar la cantidad de precipitación que aporta cada fenómeno, para determinar los eventos que origina una lluvia extrema.

## **II.IV. METODOLOGIA**

Para este trabajo se realizó en dos partes:

- En la primera parte se trabajó con datos de cuatro estaciones meteorológicas, para un periodo que abarca de 2003 a 2007.

---

Se eligieron cuatro estaciones meteorológicas en la región con base en los siguientes criterios: que se encontraran en la zona más húmeda y más seca respectivamente de la región, con un periodo de funcionamiento de 1976 a la fecha, y con un porcentaje de datos mayor al 85-90%, se utilizaron solamente estas estaciones debido a que son las únicas que contaban con los datos que se requerían, ya que las demás tenían periodos sin información, o sus registros terminaban en años anteriores a los del estudio.

Las estaciones seleccionadas, de acuerdo con la clave de CLICOM del servicio meteorológico nacional (SMN) son:

Tepozotlán (17049) Morelos  
Huaquechula (21123) Puebla  
Ciudad Hidalgo (16092) Michoacán  
Villa Madero (16140) Michoacán.

Una vez obtenidos los datos se realizaron pluviogramas de cada estación para identificar la temporada de lluvias en la cuenca.

- La segunda parte del estudio comprendió un periodo más amplio 1998-2007, los datos utilizados para el estudio fue una extracción de la malla de datos interpolados (Terán, 2008) para la región de la cuenca del río Balsas.

Con base a esta base de datos se construyeron mapas con el programa arc view donde se muestra la distribución de la precipitación extrema anual, una vez realizados los mapas, se obtuvo un listado de los días que presentaron eventos extremos y la cantidad de precipitación que aportaron (anexo 1 a 20), posteriormente se obtuvieron las imágenes GOES de las 12 Z (tiempo del meridiano de Greenwich), y las imágenes de Comisión federal de Electricidad (CFE), en dichas imágenes se plasman los fenómenos meteorológicos que se logran definir gracias a la nubosidad, dirección del viento y presiones que se encuentran sobre el territorio nacional; estas imágenes fueron analizadas e interpretadas, con esto se hizo una relación entre la lluvia extrema y el eventos que la origino, para su posterior análisis y relación.

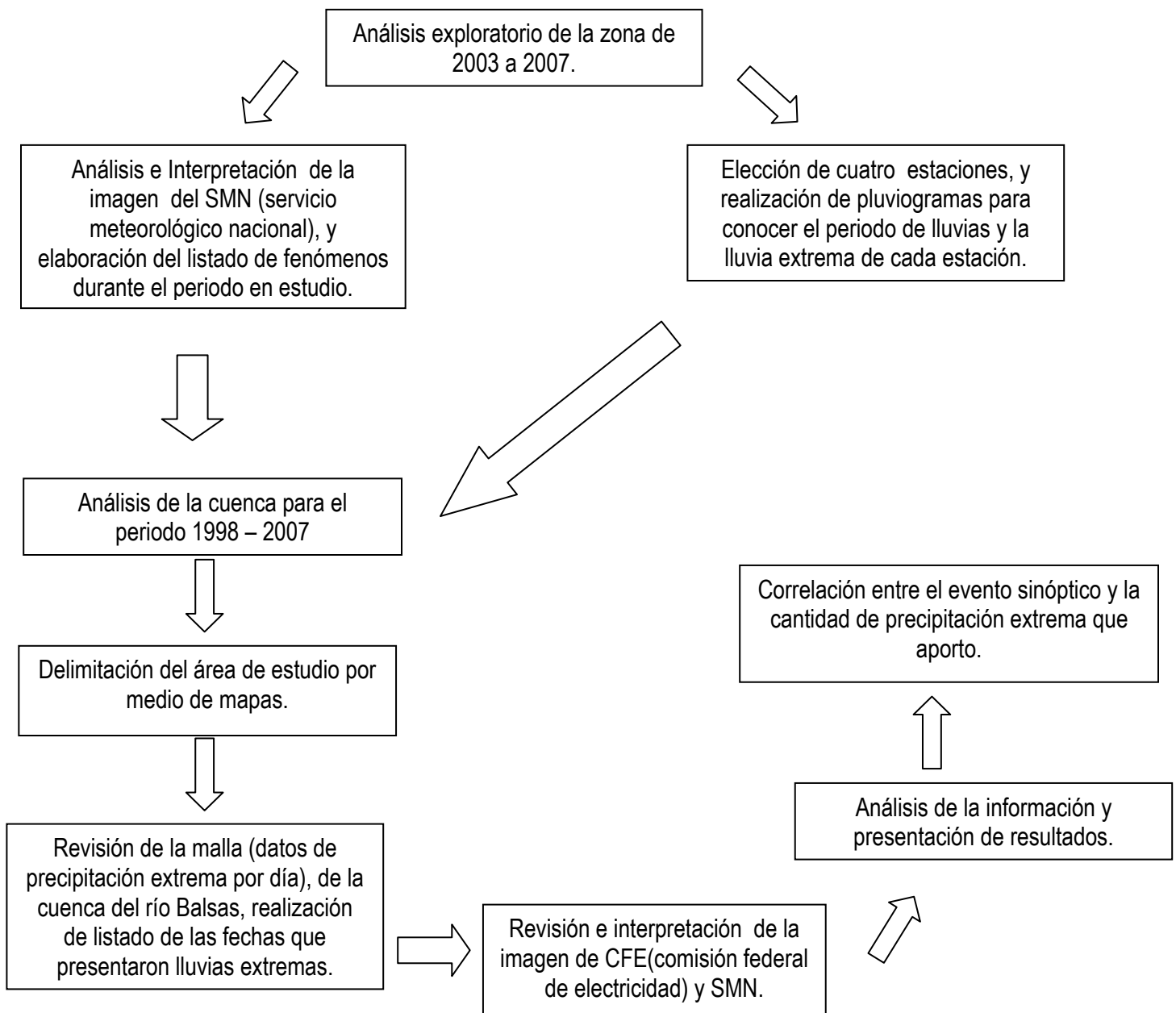


Figura 1. Esquema de trabajo.

---

**CAPÍTULO 1**  
**CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

**Seamos realistas y hagamos lo imposible**  
**(Ernesto Che Guevara)**

## CAPÍTULO 1

### CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Balsas es una amplia región de tierras bajas que están situadas entre el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. Dicha depresión, ocupa importantes porciones de los estados de Michoacán, Guerrero, Morelos y Puebla. El rango de altitud más bajo oscila entre los 300-500 msnm.

La cuenca del río Balsas comprende 6% del territorio mexicano y abarca porciones de varias regiones económicas del Pacífico centro-occidente y centro-sur de la República, entre los paralelos 17°00' y 20°00' de latitud Norte y los meridianos 97°30' y 103°15' de longitud Oeste de Greenwich, a través de cinco estados de la República: Morelos (100%), Puebla (55%), Estado de México (36%), Guerrero (63%), Michoacán (62%), Oaxaca (15%) y Tlaxcala (95%).



Figura 2. Delimitación geográfica de la cuenca del río Balsas.

Más que cualquier otro factor, es el clima el que determina las variaciones y la intensidad de los procesos físicos, químicos y biológicos que controlan al ecosistema fluvial (Conagua, 2000). El propio régimen de descarga del río Balsas depende fundamentalmente de los procesos climáticos que se llevan a cabo en la cuenca de drenaje.

Los flujos en el valle aluvial<sup>5</sup> dependen enteramente de la precipitación y el volumen de agua disponible, esto es, de las diferencias entre la precipitación y la evapotranspiración<sup>6</sup> (Conagua, 2000). El régimen de flujos tiene su origen principalmente en las características y el volumen de la precipitación sobre la cuenca fluvial.

De acuerdo con datos de la CONAGUA, el volumen de precipitación anual en la cuenca del río Balsas alcanza los 108,370 mm<sup>3</sup> (Tabla 1), con una lluvia media anual de 927 mm, que oscila entre 873 mm en el Bajo Balsas y 1,019 mm en el medio Balsas. La mayor precipitación en la Sierra Madre del Sur, en Oaxaca y Guerrero, con 2,000 mm, y la menor en el valle de Apatzingán en la región caliente michoacana, con 600 mm; mientras que la evaporación media anual alcanza los 1,750 mm. Las lluvias se concentran en el periodo entre junio y septiembre. El clima predominante de la región es de tipo semicálido y subhúmedo con una temperatura media anual entre 12 y 18°C (tabla 2).

La cuenca del río Balsas es la cuenca hidrológica más importante de la vertiente del Pacífico Mexicano. Su disponibilidad total anual de aguas superficiales se estima en 24,484 mm<sup>3</sup> de escurrimientos vírgenes y retornos. Constituidos por 6,851 mm<sup>3</sup> escurridos del Alto Balsas, 7,463 mm<sup>3</sup> del Medio Balsas y 9,959 mm<sup>3</sup> del Bajo Balsas, más un volumen de retornos estimado en 211 mm<sup>3</sup> (Conagua, 2000).

---

<sup>5</sup> Sedimento compuesto por, gravas, arenas, limos y arcillas, depositado durante las grandes avenidas fluviales.

<sup>6</sup> Evaporación del agua contenida por el suelo a través agua las hojas de un árbol.

## Capítulo 1. Características geográficas del área de estudio.

Tabla 1. La cuenca del río Balsas: principales características climáticas

Región	Área (km <sup>2</sup> )	Volumen de Precipitación (mm <sup>3</sup> )	Precipitación Media Anual (mm)	Precipitación Mínima Anual. (mm)	Precipitación Máxima Anual (mm)	Evaporación en Almacenamientos (mm <sup>3</sup> /Año)
Alto Balsas	50,409	45,217	897	499	1,647	406
Medio Balsas	31,951	32,558	1,019	479	1,619	669
Bajo Balsas	35,046	30,595	873	450	1,390	5,879
<b>TOTAL</b>	<b>117,406</b>	<b>108,370</b>	<b>927</b>			

(Conagua, 2000).

Tabla 2. Los climas predominantes en la cuenca del río Balsas

CLIMA	BAJO BALSAS	MEDIO BALSAS	ALTO BALSAS
	SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO	CÁLIDO SUBHÚMEDO	TEMPLADO SUBHÚMEDO
Temperatura media anual	Entre 12 y 18° C	> 22° C	> 18° C
Lluvias dominantes	En Verano	En Verano	En Verano (Verano cálido)
Porcentaje de lluvia invernal	< 5% Extremoso	< 5% Extremoso	< 5%
Oscilación anual en la temperatura media mensual	Entre 7 y 14° C	Entre 7 Y 14° C	Entre 5 y 7° C
Clima tipo	(A) C (wo) (w) A(e)g	Awo (w) (e)g	Ganges Cw2 (w)big

(Conagua 2000).

---

**CAPÍTULO 2**  
**IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TIEMPO EN LA CUENCA DEL RÍO BALSAS**

**Todos los días la gente se arregla el cabello, ¿por qué no el corazón?**  
**(Ernesto Che Guevara)**



## CAPÍTULO 2

### IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TIEMPO EN LA CUENCA DEL RÍO BALSAS

#### 2.1. Definición de los sistemas de tiempo en la cuenca del río Balsas

En la cuenca del río Balsas, se presentan una diversidad de fenómenos meteorológicos de escala sinóptica, algunos de los cuales originan precipitaciones. A continuación se presenta una definición de cada fenómeno y su importancia en el aporte de lluvia de la región.

##### 2.1.1. Bajas presiones

Es un sistema de isobaras<sup>7</sup> cerradas concéntricas en el cuál la presión mínima se localiza en el centro. La circulación es en sentido contrario a las manecillas del reloj. Este fenómeno provoca convergencia y convección por lo que se asocia a la presencia de gran nubosidad y chubascos.

Las zonas de bajas presiones ocupan un área relativamente reducida con relación a la ocupada por las altas presiones; presentan un fuerte gradiente de presión horizontal, o sea mayor fuerza de los vientos, pero mucho mayor y fuerte es el gradiente de presión en el caso de un huracán, que también es un centro de bajas presiones (García, *et al*, 2007), en la imagen la baja presión está representada con una “B” en color rojo (Figura 3).

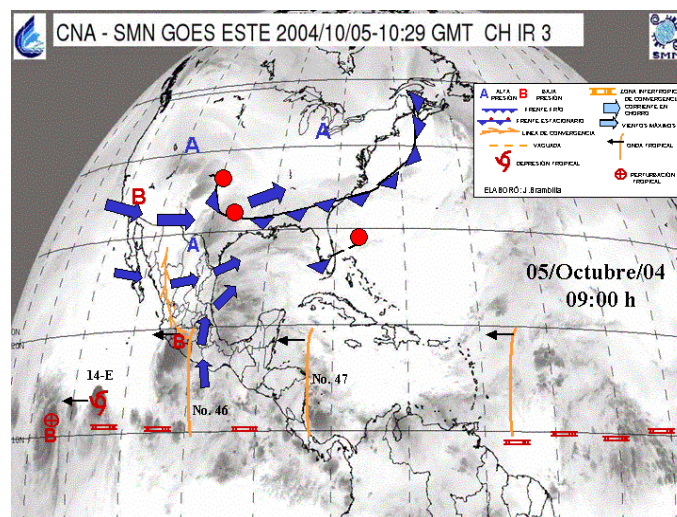


Figura3. Baja presión sobre la cuenca del río Balsas, durante el 5 de octubre de 2004. (SMN)

<sup>7</sup> Líneas que unen puntos de igual presión atmosférica.

### 2.1.2. Corriente en chorro

En la naturaleza se observa que los fluidos poseen la tendencia a organizarse por sí mismos en zonas de fuertes movimientos en la atmosfera; las corrientes ocurren a cualquier nivel y en cualquier región y época del año. La Organización Meteorológica Mundial ha recomendado para limitar el uso de la palabra chorro (*jet stream* en inglés) la cual es una fuerte y estrecha corriente concentrada a lo largo de un eje casi-horizontal, caracterizada por una fuerte cizalladura vertical y lateral del viento y que muestra uno o más máximos de velocidad. La rapidez del viento debe ser superior a 108 km/h (García, *et al*, 2007) (figura 4). Cabe mencionar que las corrientes subtropicales son las que afectan principalmente al territorio nacional, en esta imagen la corriente en chorro se muestra con flechas gruesas de color azul.

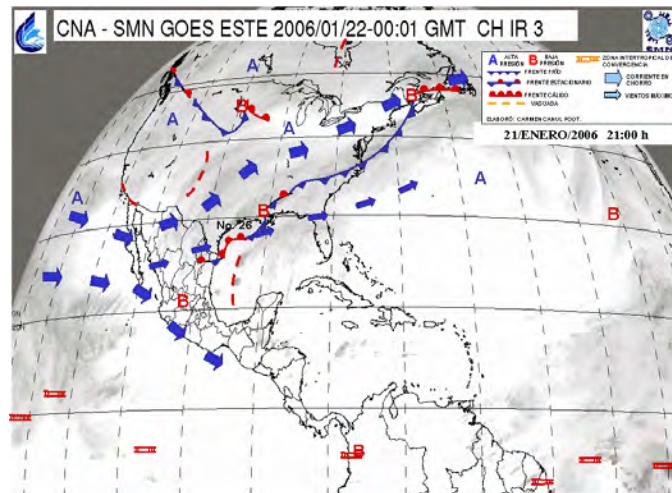


Figura 4. Corriente en chorro sobre la costa de Michoacán, durante el 22 de enero de 2006. ( SMN )

### 2.1.3. Frentes

Un frente es la zona de contacto de dos masas de aire que tienen diferentes densidades y temperaturas. El frente atmosférico no es una línea, sino una zona de transición entre dos masas de aire, por lo que también se le aplica el término de zona frontal. A lo largo de esta zona es donde se presentan las mayores discontinuidades entre las variables meteorológicas, es decir, los abruptos cambios en la presión atmosférica, la temperatura del aire, la humedad, la nubosidad y el viento (García, 1998).

## Capítulo 2. Identificación de los sistemas de tiempo en la cuenca del río Balsas.

### 2.1.3.1. El frente frío

Es aquél en que el aire frío va desplazando al aire caliente; la inclinación de la superficie frontal tiene una mayor pendiente que la asociada a otro tipo de frente y es capaz de producir un levantamiento brusco del aire caliente, es capaz de provocar la formación de nubes de desarrollo vertical. Este fenómeno se forma cuando la masa de aire frío, de origen polar o ártico, puede ser continental o marítimo, se desplaza hacia las bajas latitudes y se encuentra con el aire caliente y húmedo de origen tropical o ecuatorial que se mueve hacia las latitudes más altas.

Los frentes fríos son los que más rápido se mueven y además tienen asociados el cambio de tiempo más marcado; a veces ese cambio está marcado por líneas de tormenta a lo largo de la zona frontal o delante de ella (García, *et al*, 2007) en esta imagen el frente está marcado con la línea azul y el numero 32, (Figura 5).



Figura 5. Frente frío n. 32 sobre el centro del país, durante el 14 de enero de 2007. (SMN)

### 2.1.3.2. Frente estacionario

Un frente es estacionario, cuando un frente frío se desplaza a menos de 220 Km en 24 horas. El sistema puede ser estacionario frío o caliente, dependiendo hacia donde se desplace u oscile (figura 6). En ocasiones cuando estos frentes se encuentran sobre las áreas tropicales producen varios días con precipitaciones ininterrumpidas (Barry y Chorley, 1999).

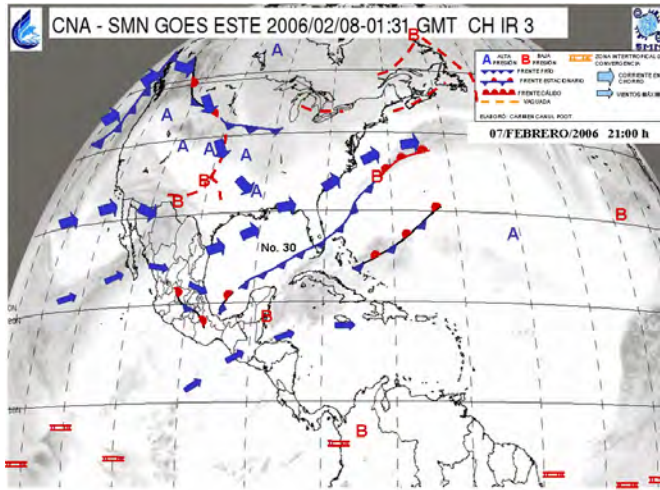


Figura 6. Frente estacionario sobre el centro del país, durante el 8 de febrero de 2006. (SMN)

#### 2.1.4. Ondas tropicales

Una onda tropical se define como flujo perturbado en los vientos alisios, con máxima curvatura ciclónica. La onda puede alcanzar su máximo de amplitud en la troposfera baja o en la media, o puede ser un reflejo de la baja fría de la troposfera alta; también puede ser una extensión hacia el Ecuador de la vaguada de latitudes medias. Este concepto es amplio y es utilizado en la práctica comúnmente.

Entre los tipos de onda tropicales el más conocido es denominado como onda del este, estudiada y señalada por Riehl desde 1954. Dunn encontró en 1940 que a través de las islas de las Antillas Menores y el mar Caribe se movía una cadena de centros isobáricos (línea que une puntos de igual cambio de presión en 24 horas) de este a oeste. En 1943, Riehl realizó un estudio sistemático y propuso el modelo de la onda del este. Desde la década de los años sesenta la introducción de los satélites meteorológicos ha permitido obtener nueva información sobre estas perturbaciones tropicales (OMM, 1992).

## Capítulo 2. Identificación de los sistemas de tiempo en la cuenca del río Balsas.

La mayoría de las ondas del este son estables, ya que siguen una trayectoria definida. La onda del este inestable muestran un marcado aumento de amplitud el cual puede desarrollarse lo suficiente para formar un ciclón tropical. La onda inestable presenta a diferencias del modelo para la onda estable, convergencia a ambos lados de la vaguada, chubascos y tormentas eléctricas.

Son fenómenos que pueden preceder el paso de la vaguada, adelantándose a ella unos 50,800 km de su posición en superficie y presentando mucha nubosidad (Figura 7). La temporada de las ondas del este se extiende desde finales de mayo hasta finales de noviembre (OMM, 1992) las líneas naranjas indican la onda tropical y las flechas amarillas marcan el desplazamiento de dichas ondas.

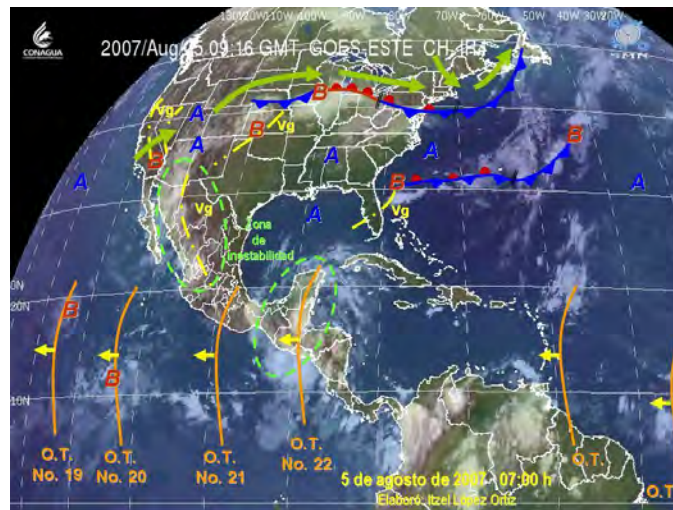


Figura 7. Onda tropical n. 21 sobre el estado de Guerrero durante el 5 de agosto de 2007. (SMN)

### 2.1.5. Vaguada

Es una configuración isobárica en la que a partir del centro de una baja presión, las isobaras se deforman alejándose más del centro de un lado que en cualquier otra dirección, en las imágenes se representa en líneas punteadas de color amarillo (Figura 8). Este fenómeno produce mal tiempo (García, *et al*, 2007).

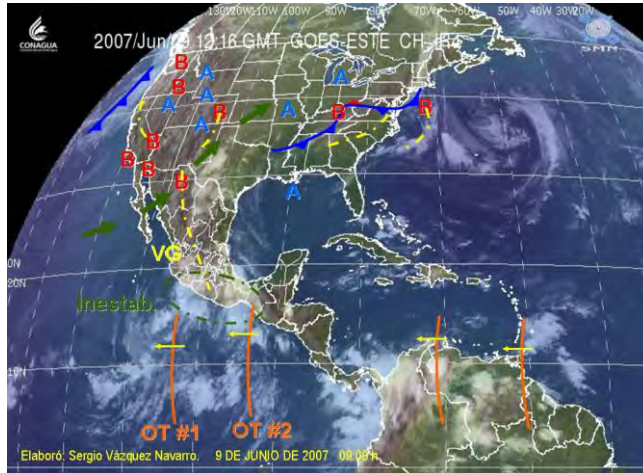


Figura 8. Línea de vaguada que se presenta sobre la cuenca del río Balsas, durante el 9 de junio de 2007 (SMN).

### 2.1.6. Vientos Máximos

Se refiere a una corriente de aire fuerte localizada en la tropósfera alta cuya velocidad de vientos puede ser de los 90 km/h a los 120 km/h. Ocasionalmente, está relacionada con nubosidad de tipo alto y medio, en la imagen los vientos máximos están representados con flechas azules, (Figura 9).

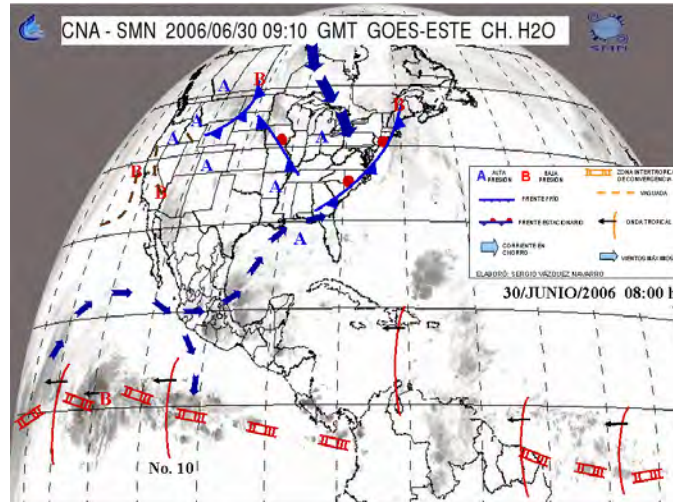


Figura 9. Vientos máximos sobre el Pacífico nororiental y centro de México, durante el 30 de junio de 2006. (SMN)

### 2.1.7. Nubosidad

La nubosidad es la fracción de cielo cubierto con nubes, en un lugar en particular. Según las normas meteorológicas actuales, la nubosidad se expresa en octas, u octavos de la bóveda celeste la que es dividida en 8 partes por el operador, quien evalúa entonces el número de

esas partes que están cubiertas por las nubes. De este modo se puede estimar el rango de visibilidad del observador. El principal problema asociado con este método nos dice que no se pueden hacer mediciones bajo condiciones de visibilidad muy baja (por ejemplo, en caso de niebla) o la dificultad para estimar la correcta cobertura fraccional del cielo por nubes cercanas al horizonte visual. Gracias a los satélites meteorológicos es posible calcular la nubosidad con mucha más precisión, aunque aún así son algunas nubes muy delgadas que pueden escapar de la detección satelital.

La nubosidad es máxima en invierno y mínima en verano. Durante el día suele ser máxima alrededor de las 14 horas, momento de máxima ascendencia del aire. Si se considera la latitud, las zonas de máxima nubosidad están en la zona ecuatorial y entre los 60 y 70°, las de mínima nubosidad hacia los 35° y las regiones polares.

## **2.2. Relación de los sistemas de tiempo y la precipitación**

El término precipitación agrupa todas las formas de agua que se depositan en la superficie terrestre, provenientes del vapor atmosférico. Las formas de precipitación principales son rocío, llovizna, lluvia, granizo, escarcha y nieve, de estas la más común es la lluvia. La precipitación es el producto del enfriamiento y condensación del vapor atmosférico. Existen muchas formas de describir las diversas características de las precipitaciones (De la Rosa, 2001)

Las observaciones meteorológicas generalmente indican la cantidad, duración y frecuencia de las precipitaciones, lo que permite determinar otras características derivadas de ellas; la intensidad (cantidad /duración), de la lluvia durante una tormenta o un periodo más corto es de interés vital para la predicción y prevención de inundaciones. Las lluvias de gran intensidad se asocian con un mayor tamaño de gotas, más que con un aumento de su número (Barry y Chorley, 1999). Es por esto que es importante estudiar la relación existente de un sistema de tiempo y su aporte de precipitación, ya que cada uno de éstos da origen a una precipitación; cada fenómeno que se presenta en la atmósfera proporciona un porcentaje de la precipitación total; la cual puede durar entre uno o dos días después del fenómeno (De la Rosa, 2001)

### 2.2.1. Precipitación Convectiva

Este tipo se asocia a las nubes tipo *cumulus* en forma de torre y según el grado de organización espacial pueden distinguirse tres subcategorías:

- a) Células convectivas dispersas, desarrolladas por un fuerte calor sobre el suelo durante el verano, en particular cuando las temperaturas bajas de la parte superior de la troposfera favorecen la liberación de la inestabilidad convectiva o condicional. Áreas pequeñas se ven afectadas por aguaceros individuales de gran intensidad que en general duran de treinta minutos a una hora.
- b) Precipitaciones de lluvia, nieve o granizo blando se pueden formar en el aire inestable y frío al pasar por una superficie caliente. Las células convectivas que se mueven con el viento originan una distribución paralela a la dirección del viento.
- c) En los ciclones tropicales, las células de los cumulonimbos se organizan alrededor del centro en forma de bandas espirales. En particular en las fases finales de estos ciclones, las descargas de lluvia pueden ser muy intensas y prolongadas, afectando áreas de miles de kilómetros (Barry y Chorley, 1999).

### 2.2.2. Precipitación orográfica

El aumento de la precipitación con la altura en las laderas de las montañas es una característica que se presenta en todo el mundo, a pesar de que los perfiles reales de precipitación difieren según la región y la estación. En los trópicos y subtrópicos, las precipitaciones máximas se dan por debajo de cimas más altas y a partir de ese nivel disminuye hacia la cumbre.

Las precipitaciones orográficas se consideran como un tipo distinto de precipitación, pero debe tenerse cuidado con tal calificación. Las montañas no son especialmente eficientes en hacer que las corrientes de aire que las atraviesan eliminen humedad, pero aun así, dado que las precipitaciones descargan más o menos en los mismos lugares, la cantidad total de lluvia acumulada es grande.



Según la alineación y el tamaño de las barreras, la orografía puede provocar (1) un ascenso forzado sobre la suave pendiente de una montaña, produciendo enfriamiento adiabático, condensación y precipitación; (2) el desencadenamiento de una inestabilidad convectiva o condicional al bloquear el flujo de aire y la ascensión vertical; o (3) el desencadenamiento de la convección debido al calentamiento diurno de los vientos de las laderas y las partes altas

En las latitudes medias, donde las precipitaciones son principalmente de origen ciclónico, los efectos orográficos tienden a aumentar tanto la frecuencia como la intensidad de las precipitaciones de invierno. En cambio, durante el verano, así como en climas continentales con un nivel de condensación elevado, el efecto más destacable relacionado con los accidentes del terreno es el desencadenamiento ocasional de precipitaciones de tipo tormentoso (Barry y Chorley, 1999).

La cantidad de precipitación se mide a partir de los pluviómetros y pluviógrafos, así como las estaciones meteorológicas automáticas, con lo cual se obtiene la cantidad de lluvia total que va a los registros de las bases de datos como CLICOM<sup>8</sup> (Conagua) o ERIC<sup>9</sup> (Conagua), pero además de estos instrumentos se han desarrollado otras técnicas más avanzadas y sofisticadas para la estimación de precipitación, como la estimación de lluvia por satélite.

### **2.3. Estimación de precipitación por satélite**

La estimación de lluvia por satélite es de suma importancia, debido a que en la actualidad la falta de observatorios meteorológicos y de datos de precipitación, presentan una carencia de datos y es cuando los satélites permiten subsanar esta deficiencia (Rivera, 2001).

Aunque dentro del presente trabajo no se utilizarán datos de los satélites es muy importante conocer que existen técnicas y nuevas tecnologías que trabajan conjuntamente con los observatorios meteorológicos, en el monitoreo de dichas variables.

---

<sup>8</sup> Clima Computarizado.

<sup>9</sup> Extracción Rápida de Información Climática.

Las técnicas de predicción y de estimación de lluvia caída basado en imágenes de satélite se pueden dividir en cuatro categorías según Kidder y Vonder Haar:

a) Técnicas de índice de nubes. ("*cloud indexing*"). Se basan en que es relativamente fácil identificar tipos de nubes en las imágenes de satélite y se asigna una intensidad de lluvia a cada tipo de nube teniendo en cuenta el tiempo que permanece encima del observatorio.

b) Técnicas bi-espectrales. Combinan la información de los dos canales VIS e IR teniendo en cuenta que las nubes frías (en el canal IR) y brillantes (en el canal VIS) son las que producen más lluvia.

c) Técnicas de ciclo de vida ("*Life-History*"). Se basan en el hecho de que la cantidad de lluvia de una nube, sobre todo de una nube convectiva, es función del estadio de su ciclo de vida en el que se encuentra. Dichas técnicas utilizan imágenes de satélite geoestacionario dada su alta resolución temporal.

d) Técnicas de modelo de nubes. Incorporan la información física del sistema nuboso y de las condiciones ambientales que lo rodean. Por ser estas técnicas las más completas en cuanto a cantidad de información utilizada, son las que se utilizan en el presente trabajo, teniendo en cuenta que se pretende realizar una predicción y un seguimiento de las lluvias intensas a un plazo corto de tiempo y que en el área mediterránea, los sistemas evolucionan con bastante rapidez, (entre 3 y 24 h, con un promedio de 11,5 h).

### 2.3.1. Técnicas de modelo de nubes

De las diferentes técnicas de predicción y estimación de lluvia basadas en un modelo de nubes, destacan: la técnica Autoestimator y la técnica de Scofield. Por ello se describen brevemente a continuación.

- Técnica "Autoestimator". Es una técnica operacionalmente muy simple, objetiva y fácil de automatizar. Realiza estimaciones para 1, 3, 6 y 24 horas. Utiliza el canal IR y se basa en una relación estadística entre la intensidad de lluvia y la temperatura de cada pixel de la

imagen. La intensidad de lluvia obtenida es ajustada teniendo en cuenta la humedad relativa y la masa de agua precipitable. Sólo se consideran las zonas activas de la nube que estén en fase de intensificación, es decir, disminuyendo su temperatura. Se aplica a temperaturas entre 195° K y 260° K (-78°C, -13°C).

- Técnica Scofield. Fue propuesta por R.A. Scofield y es usada operacionalmente en el NESDIS de EUA. para las predicciones de lluvias intensas. Utiliza imágenes del satélite geoestacionario americano GOES para realizar predicciones de lluvia a muy corto plazo (media, 1, 3 horas), producida por sistemas convectivos de mesoescala. La predicción de la lluvia se basa en el análisis de los cambios de dichos sistemas en dos imágenes sucesivas en el canal Infrarojo (con media hora de intervalo) y en las condiciones termodinámicas del ambiente. Esta técnica tiene en cuenta numerosos aspectos físicos, tanto del sistema nuboso como de las condiciones del entorno, siendo muy dependiente del analista y, por tanto, difícil de automatizar (Rivera, 2001). Una vez realizado el reconocimiento de los fenómenos que se presentan en la cuenca. Se procedió a un conteo de los sistemas de tiempo a nivel diario, por año, tomando como base los meses de mayo a octubre que se reconoce como la estación lluviosa en la región, posteriormente se realizó la revisión de los mapas de precipitación, para poder relacionar cuáles eran los fenómenos más significativos y su respectiva cantidad de precipitación.

---

**CAPÍTULO 3**

**ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN EXTREMA POR SECCIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS**

**La revolución es algo que se lleva en el alma, no en la boca para vivir de ella**

**(Ernesto Che Guevara)**

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN EXTREMA POR SECCIONES DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS

En este capítulo se analizaron los eventos o fenómenos que ocasionaron durante lluvias extremas durante el periodo 1998-2007, así como la cantidad y temporalidad de cada una con base en un estudio detallado a nivel de una malla de datos meteorológicos de precipitación diarios.

#### 3.1. Análisis de frecuencia de sistemas de tiempo a través de las imágenes interpretadas del SMN 2003-2007

A continuación se presenta como es que se presenta la precipitación a lo largo del año en las cuatro estaciones mencionadas, posteriormente se presenta cual es la frecuencia de los eventos que se presentan en la cuenca.

##### 3.1.1. Distribución temporal de la precipitación.

Como se observa en las figuras 10-13, la temporalidad de la precipitación que se presenta de los meses de mayo a octubre, corresponde al régimen de lluvia de verano, la canícula se presenta en dos de las estaciones y es poco significativa, mientras que las dos restantes no la presentan; las estaciones que se encuentran en el estado de Michoacán presentan un régimen de lluvia más alto por la cercanía al océano Pacífico, lo que hace que la influencia de la lluvia sea mayor en esta zona al estar expuesta a la entrada de aire marítimo tropical y por su clima más húmedo.

**Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.**

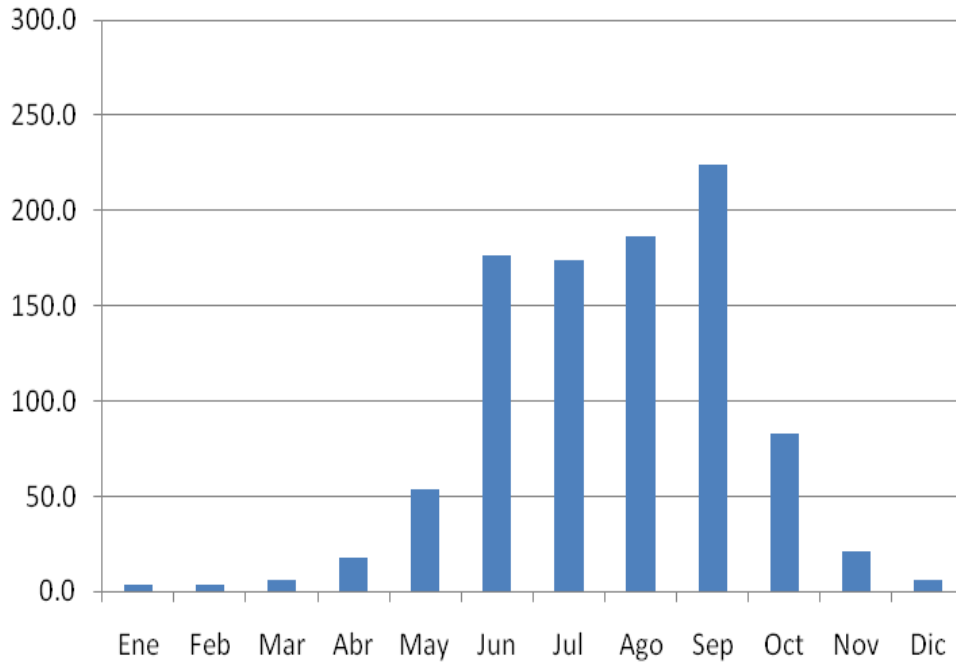


Figura 10. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1976-1999, estación Tepoztlán (clave 17049), Morelos. Elaboración Propia.

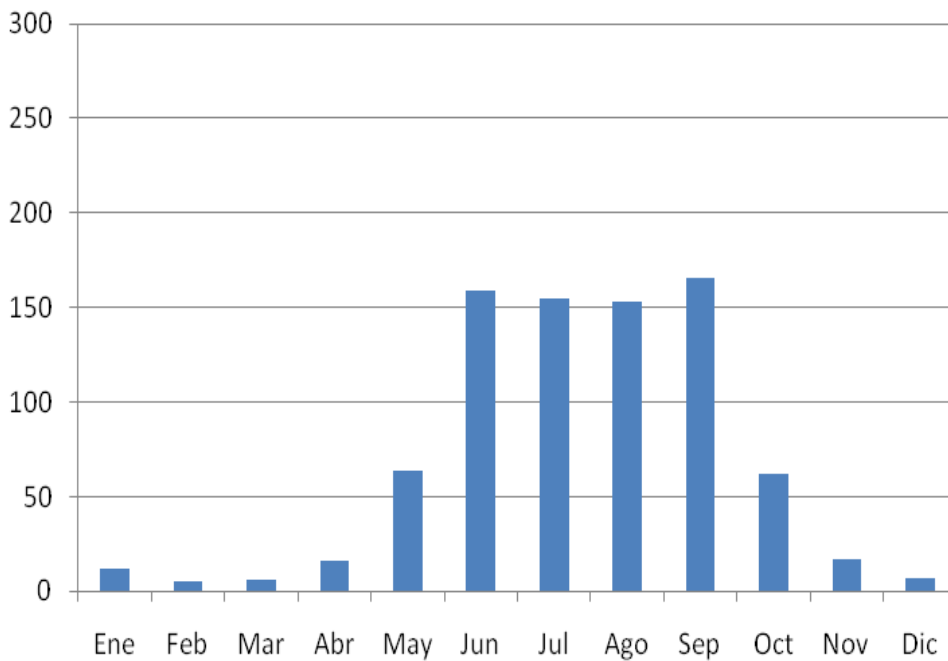


Figura 11. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1976-2007, estación Huaquechula (clave 21123), Puebla. Elaboración Propia.

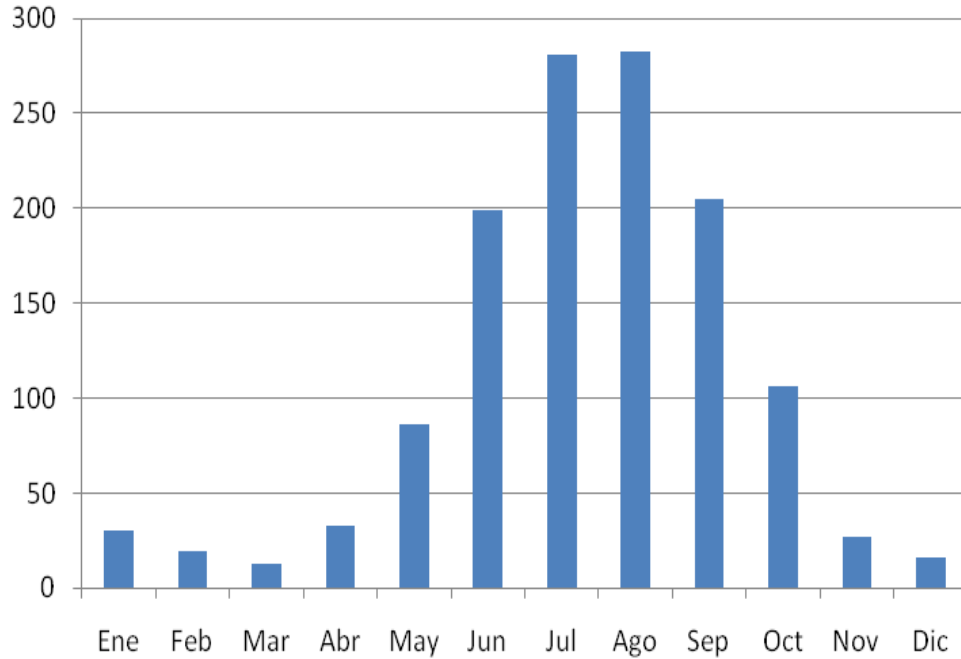


Figura 12. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1990 a 2005, estación Ciudad Hidalgo (clave 16092), Michoacán. Elaboración Propia.

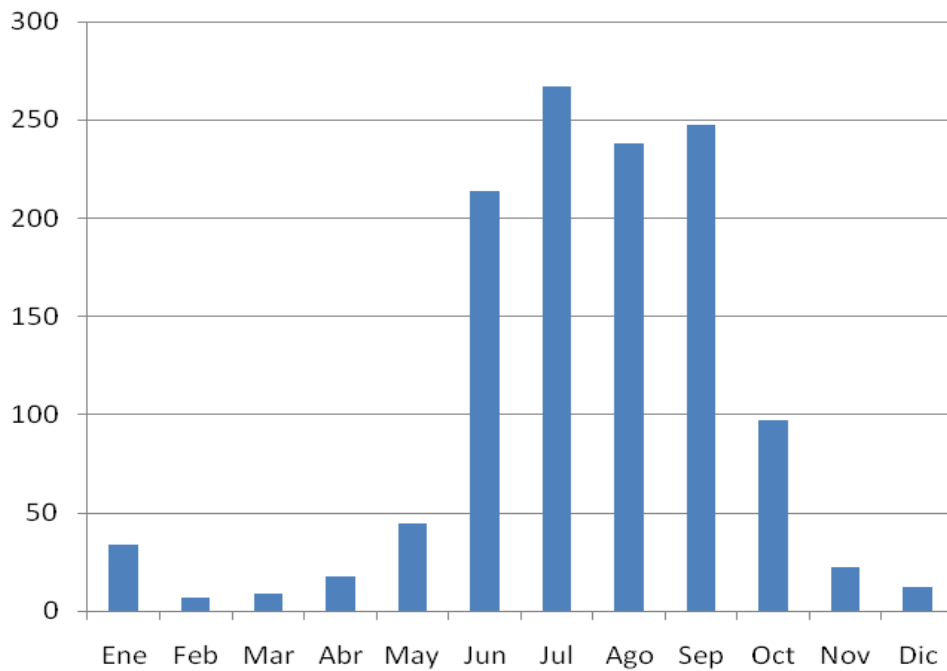


Figura 13. Distribución anual de la precipitación de acuerdo con el periodo 1961 a 2005, estación Villa Madero (clave 16140), Michoacán. Elaboración Propia.

### 3.1.3 Frecuencia anual y mensual de sistemas de tiempo

En el análisis exploratorio se realizaron gráficas de frecuencia de eventos sinópticos por categoría a nivel anual para el periodo 2003-2007, que se indican en las figuras 13 a 17.

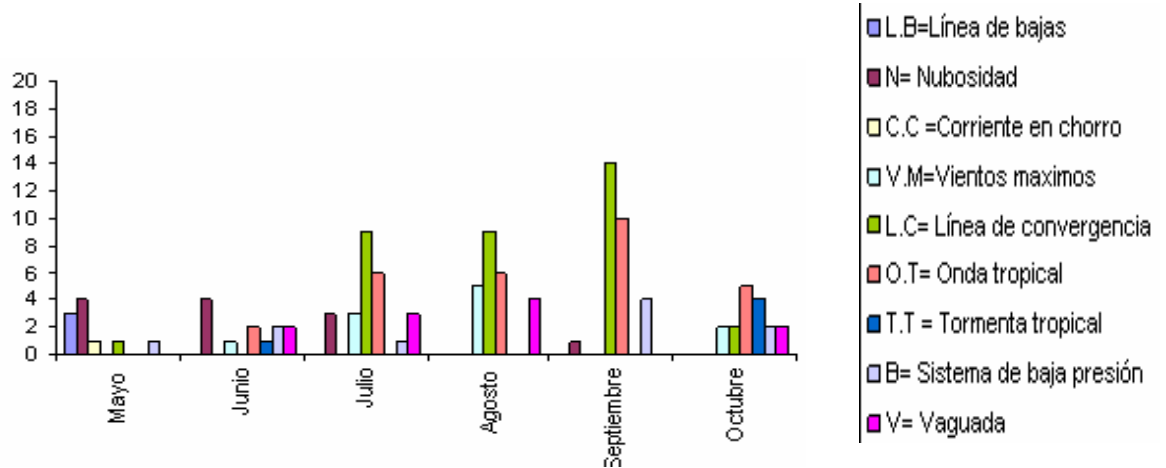


Figura 14. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2003  
Fuente SMN. Elaboración Propia.

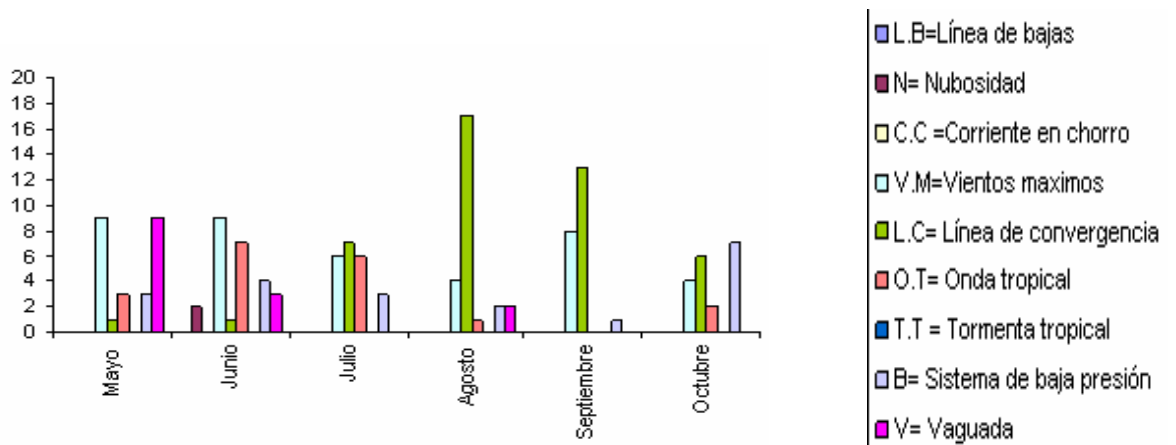


Figura 15. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2004  
Fuente SMN. Elaboración Propia.



Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

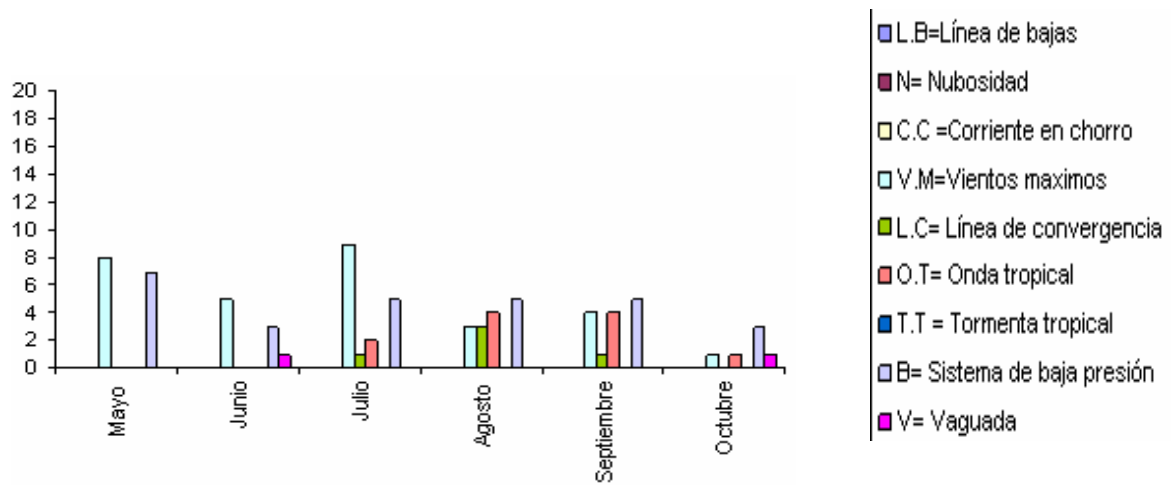


Figura 16. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2005  
Fuente SMN. Elaboración Propia.

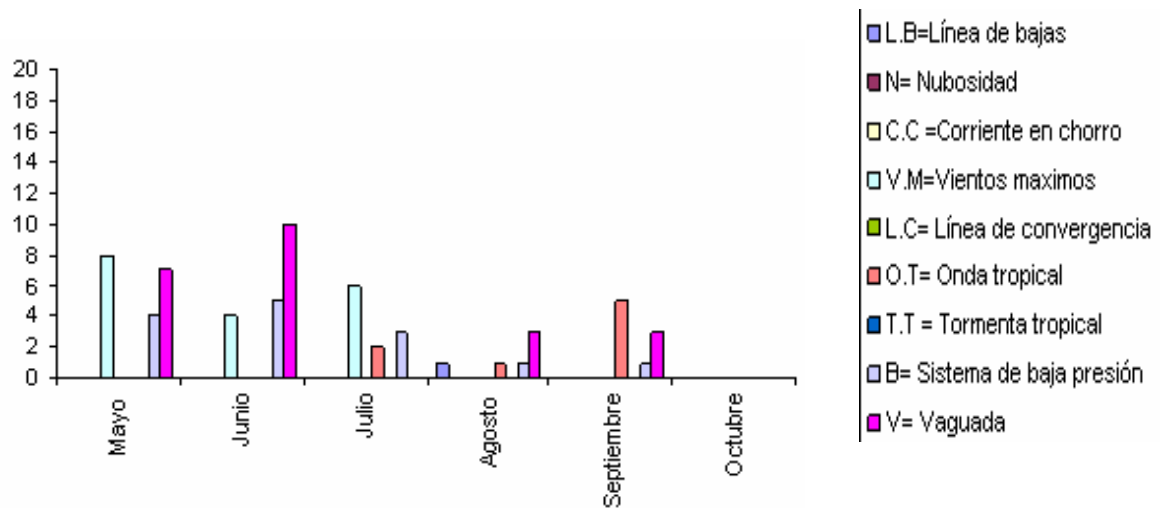


Figura 17. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2006  
Fuente SMN. Elaboración Propia.

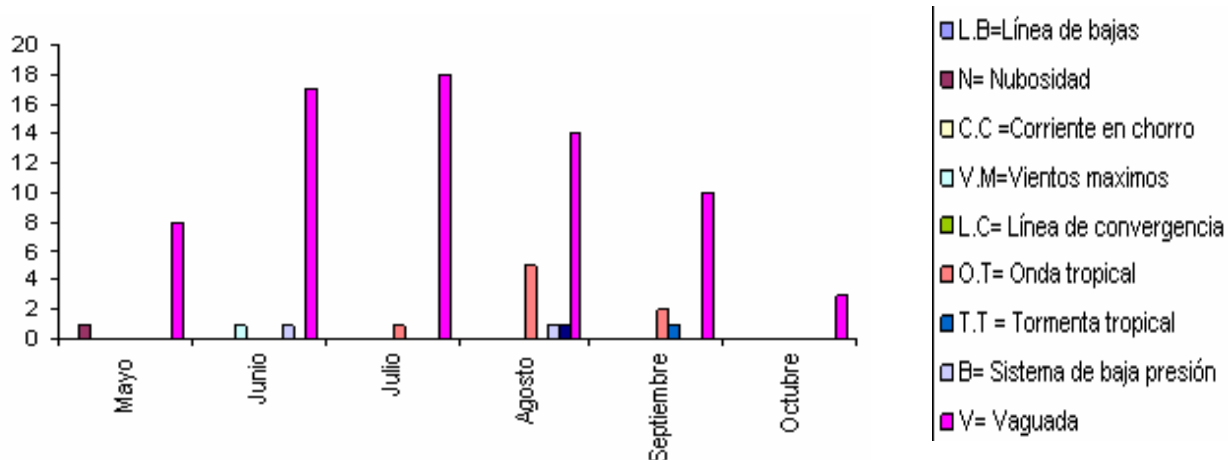


Figura 18. Eventos sinópticos que se presentaron en la cuenca del río Balsas en el 2007  
Fuente SMN. Elaboración Propia.

Como se observa en la cuenca del Balsas se presentan variados sistemas sinópticos que pueden aportar precipitación a la zona. En su mayoría, predominan las líneas de convergencia y de vientos máximos, y en menor importancia los sistemas de bajas presiones y vaguadas, estas últimas tuvieron mayor presencia en los años 2006 y 2007 (Figura 17 y 18).

Los ciclones tropicales tienen una mínima influencia, debido a que una vez penetrada la zona del Balsas el impacto es nulo ya que las condiciones orográficas no favorecen la permanencia y desarrollo de dichos sistemas.

Para identificar la significancia de la lluvia que aporta cada sistema de tiempo se procedió a la correlación del evento con la cantidad de precipitación que se obtuvo en cada estación.

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Tabla 3. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2004.  
Estación Huaquechula (clave 21123) Puebla.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
B 5	B 10	O.T 5	O.T 10	B 5	O.T 5
B	O.T 10	O.T 10	B 10		O.T 20
O.T	O.T 10	B 10	B 10		B 5
O.T 10	O.T10	O.T 5			B 5
O.T 5	O.T10	B 5			B 10
	O.T 20	O.T 1			B 10
	O.T 20	O.T1			B 10
	O.T 10				B 1
	B 124.5				B 1

B: baja presión, O.T: onda tropical. Fuente SMN Elaboración propia.

Tabla 4. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2004, estación Tepozotlan (clave 17049) Morelos.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
B 22	B 9.5	O.T 7	O.T 20	B 5	O.T 0.5
B 5	O.T 10	O.T 1.0	B 13		O.T 16.3
O.T 5	O.T 10	B 1.5	B 12.5		B 5
O.T10	O.T10	O.T 5			B 14.5
O.T 5	O.T10	B 9.0			B 10
	O.T 29	O.T 9.0			B 10
	O.T 15.3	O.T10			B 10
	O.T 14				B 1
	B 6.0				B 1

B: baja presión, O.T: onda tropical. Fuente SMN Elaboración Propia.

Tabla 5. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2004, estación Ciudad Hidalgo (clave 16092) Michoacán.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
B 22	B 66	O.T 7	O.T 20	B 5	O.T 28
B 15	O.T 10	O.T 19	B 13		O.T 20
O.T 16	O.T 10	B 28.5	B 13		B 5
O.T 27	O.T10	O.T 5			B 5
O.T 31	O.T10	B 13			B 10
	O.T 29	O.T 21.2			B 10
	O.T 20	O.T10			B 10
	O.T 10				B 1.60
					B 21.20

B: baja presión, O.T: onda tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Tabla 6. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2005, estación Huaquechula (clave 21123) Puebla.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
B 1	B 20	B 29	B 1	O.T 10	O.T 5
B 1	B 20	B 10	B 10		
B 1		B 5	O.T 10	B 10	
		O.T 10	B 10	O.T 5	
		B 20	B 10	O.T 10	
		B 10	O.T 1	B 5	
		O.T 20	O.T 37.5	B 00	
			D.T.José 10		
			B 10		
			O.T 10		

B: baja presión, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

Tabla 7. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2005, estación Tepozotlan (clave 17049) Morelos.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
B 1	B 20	B 29	B 1	O.T 10	O.T 5
B 1	B 20	B 10	B 10		
B 1		B 5	O.T 10	B 10	
		O.T 10	B 10	O.T 5	
		B 20	B 10	O.T 10	
		B 10	O.T 1	B 5	
		O.T 20	O.T 37.5	B 00	
			D.T José 10		
			B 10		
			O.T 10		

B: baja presión, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

Tabla 8. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2005, estación Ciudad Hidalgo (clave 16092) Michoacán.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
B 1	B 4.5	B 15	B 9.5	O.T 10	O.T 5
B 1	B 19.5	B 10	B 4.0		
B 1		B 5	O.T 1.0	B 16.3	
		O.T 3.5	B 2.5	O.T 5	
		B 15.5	B 0.50	O.T 10	
		B 5.5	O.T 6.0	B 5	
		O.T 8	O.T 4.5	B 3.0	
			D.T José 10		
			B 3.5		
			O.T 15.5		

B: baja presión, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Tabla 9. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2006, Estación Huaquechula (clave 21123) Puebla

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>
B 1	B 10	O.T 10	O.T 5	O.T 10
F.E 1	B 5	B 5	B 13	O.T 5
B 10	B 5	B2 5		O.T 1
B 24	B 10	B 34.5		B 10
	B 10	O.T 20		O.T 5
				O.T 5

B: baja presión, F.E: frente estacionario, O.T: onda tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

Tabla 10. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2006, estación Tepozotlan (clave 17049) Morelos.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>
B 1	B 10	O.T 10	O.T 5	O.T 10
F.E 1	B 5	B 5	B 13	O.T 73.8
B 10	B 5	B2 5		O.T 29.90
B 24	B 10	B 34.5		B 10
	B 10	O.T 20		O.T 5

B: baja presión, F.E: frente estacionario, O.T: onda tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

Tabla 11. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2006, estación Ciudad Hidalgo (clave 16092) Michoacán.

<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>
B 1	B 10	O.T 10	O.T 5	O.T 0.5
F.E 2.0	B 5	B 3.0	B 13	O.T 5
B 10	B 5	B1.0		O.T 1
B 2.5	B 13.0	B 9.0		B 3.0
	B 10	O.T 9.7		O.T 0.5
				O.T 7.0

B: baja presión, F.E: frente estacionario, O.T: onda tropical. Fuente SMN. Elaboración Propia

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Tabla 12. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2007, estación Huaquechula (clave 21123) Puebla

<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
O.T 42	O.T 10	O.T 10
	O.T 20	O.T 5
	O.T 15	T.T LORENZO 10
	O.T 5	
	V 50	
	C.T DEAN 5	
	B 20	
	O.T 10	

O.T: onda tropical, V: vaguada, C.T: ciclón tropical, T.T: tormenta tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

Tabla 13. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2007, estación Tepozotlan (clave 17049) Morelos.

<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
O.T 42	O.T 10	O.T 10
	O.T 20	
	O.T 5	T.T LORENZO 10
	O.T 5	
	V 50	
	C.T DEAN 5	
	B 20	
	O.T 10	

O.T: onda tropical, V: vaguada, C.T: ciclón tropical, B: baja presión, T.T: tormenta tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

Tabla 14. Fenómeno meteorológico y el aporte de precipitación en mm, para 2007, estación Ciudad Hidalgo (clave 16092).

<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
<b>O.T 18.5</b>	O.T 12	O.T 10
	O.T 28	O.T 5
	O.T 4.5	T.T LORENZO 10
	O.T 0.0	
	V 11.0	
	C.T DEAN 5	
	B 0.0	
	O.T 0.5	

O.T: onda tropical, V: vaguada, C.T: ciclón tropical, T.T: tormenta tropical. Fuente SMN Elaboración Propia

En las tablas 3 a 14 se puede observar que, aunque el aporte de precipitación en estos años no fue tan significativo, para la zona representa una cantidad importante de precipitación; sin embargo, se puede notar que las mayores cantidades ocurren cuando hay presencia de ondas tropicales y sistemas de baja presión, lo que favorece la lluvia convectiva, además de que la presencia de vientos máximos favorece la lluvia orográfica, que es muy importante en la cuenca, pues favorece los escurrimientos y la captación de agua en la presas de la región.

El análisis de los mapas de precipitación realizados por el Servicio Meteorológico Nacional, mostraron una comparación de la cantidad de precipitación en la zona.

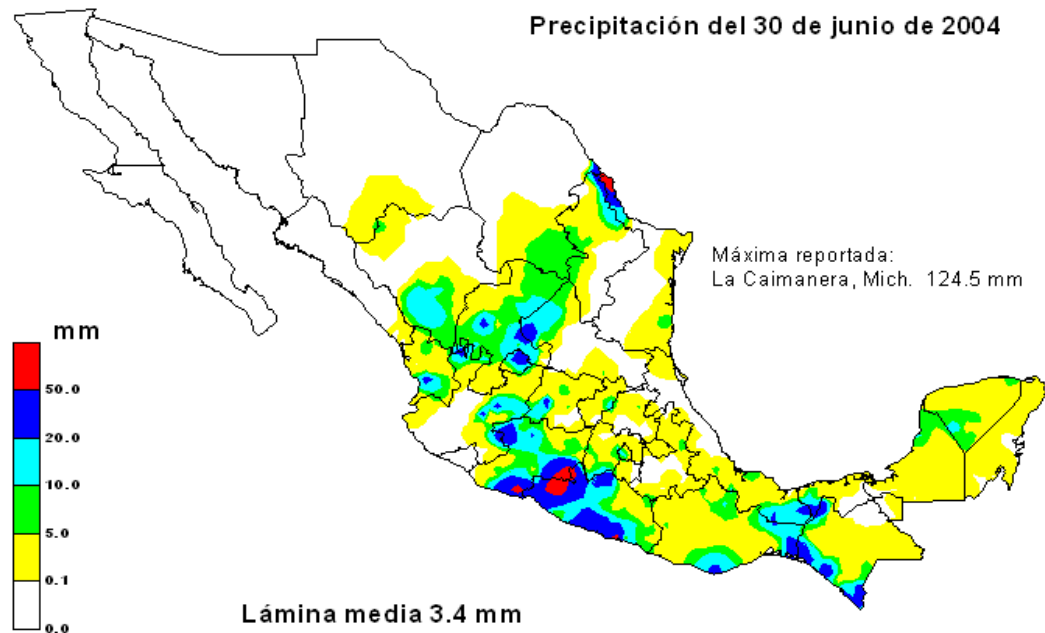


Figura 19. Mapa de lluvias ocasionadas por un sistema de baja presión.

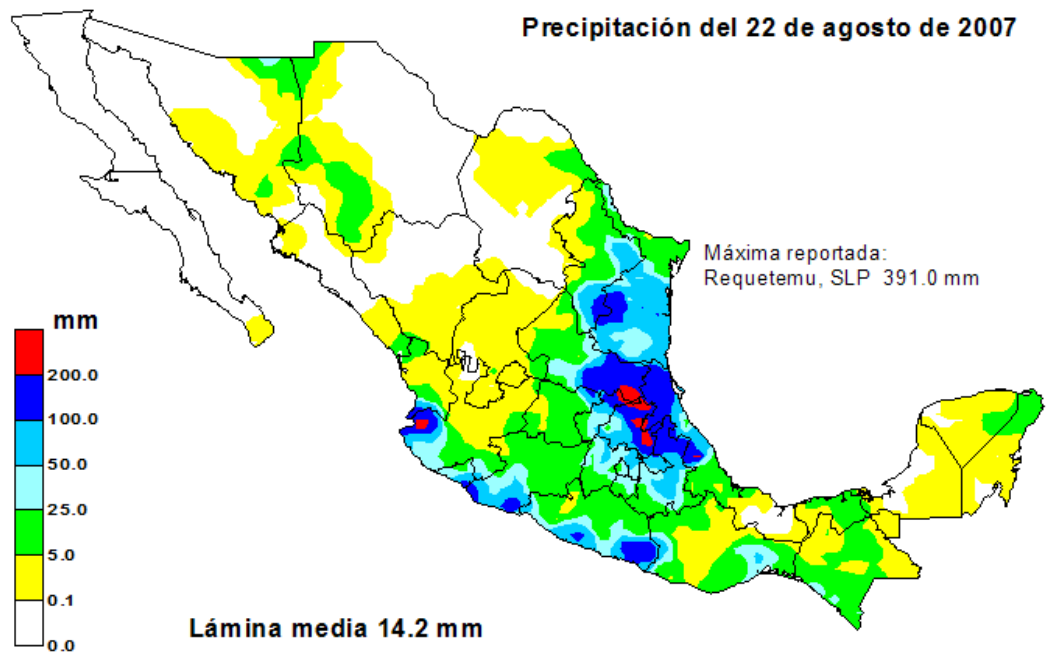


Figura 20. Mapa de lluvias ocasionadas por una vaguada.

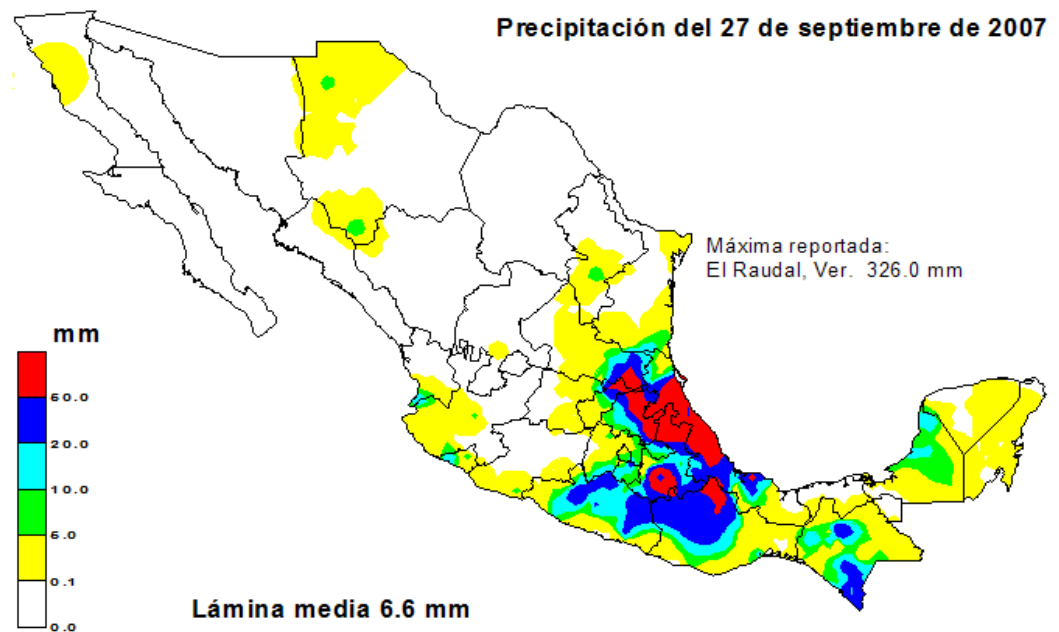


Figura 21. Mapa de lluvias originadas por la tormenta tropical Lorenzo



Los resultados de esta revisión indican que en la cuenca alta del Río Balsas se presentan eventos sinópticos que provocan lluvias extraordinarias y que son diferentes a las de origen ciclónico que eventualmente impactan sobre el delta del río en el Pacífico. Los sistemas de baja presión que origina convección local, las ondas tropicales y las vaguadas, son los sistemas que provocan precipitación en la parte media de la cuenca, por lo que debe ponerse atención especial a este tipo de fenómenos para efectos de pronóstico y toma de decisiones en diversos sectores.

### **3.2 Variación interanual de la precipitación y aporte de lluvia de los eventos sinópticos.**

Con base en la cartografía digital de precipitación extrema de Terán (2008), se construyeron mapas de distribución anual de precipitación para su posterior análisis.

La cuenca del río Balsas ha sido dividida de distintas formas, para sus distintos tipos de estudios, una de las divisiones más conocida y utilizada es la división hidrológico administrativa, (Figura 22).

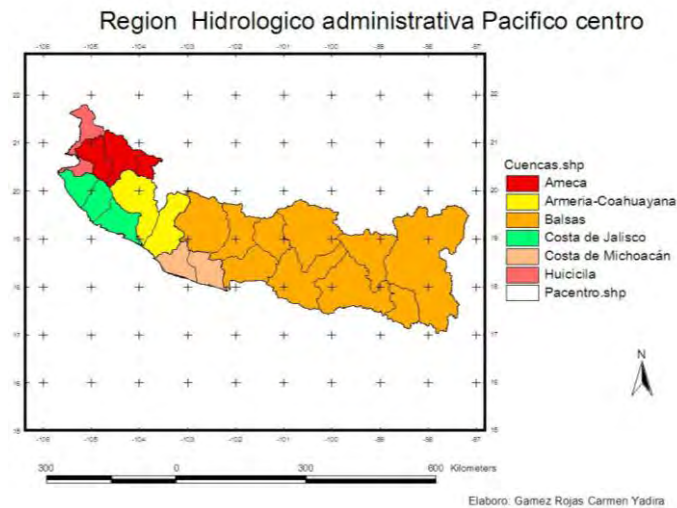


Figura 22. Región hidrológica administrativa del Balsas.  
Elaboración Propia

Otra división también utilizada es la división administrativa de la cuenca del río Balsas, figura (23), que divide a la cuenca en tres zonas alto, medio y bajo Balsas.



Figura 23. División administrativa de la cuenca del Balsas.

Debido a que la división anterior de la zona, como su nombre lo dice es para administrarla, se procedió a crear una delimitación altitudinal, ya que algunos de los eventos que se presentan en la cuenca del Balsas dependen de las barreras orográficas, dichas barreras impiden el desplazamiento de algunos sistemas de tiempo como los frentes fríos.

Esta división nos permitió ver cómo es que se están presentando las lluvias extremas con el relieve y al desplazamiento de los sistemas de tiempo según se presenten.

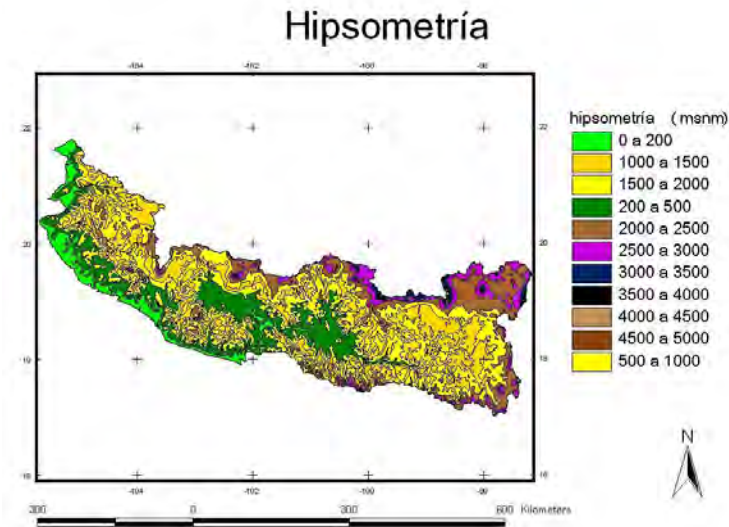


Figura 24. Hipsometría de la cuenca del río Balsas  
Elaboración Propia

La división que se realizó fue a partir de la hipsometría de la cuenca (Figura 24), de tal manera que la zona más baja se presenta en un rango que va de los 0 a los 500 m.s.n.m, y se muestra en el color verde, la zona media esta en un rango de los 500 a 1500 m.s.n.m, y esta corresponde al color amarillo y la zona alta se ubica en un rango que corresponde de los 1500 a los 3500 m.s.n.m, y se encuentra en color rojo, tal como se muestra en la figura 25.

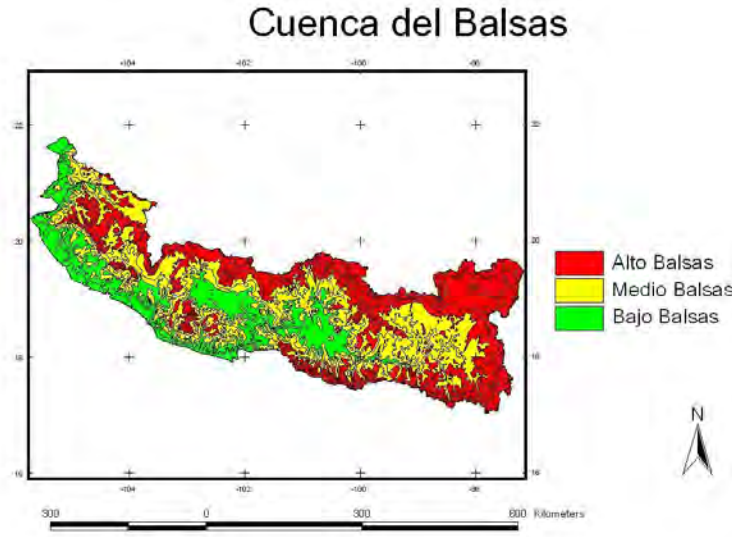


Figura 25. División de la cuenca del río Balsas.  
Elaboración Propia.

Para el año 1998, se presentaron un predominio de líneas de convergencia que proporcionan lluvia extrema en toda la cuenca del Balsas. Además estas son constantes durante todo el año. En este año se presentó solo el ciclón tropical Greg, durante 2 días y el aporte de lluvia fue tan sólo de 5% de la lluvia anual, principalmente en la parte baja y media de la cuenca (Figura 26).

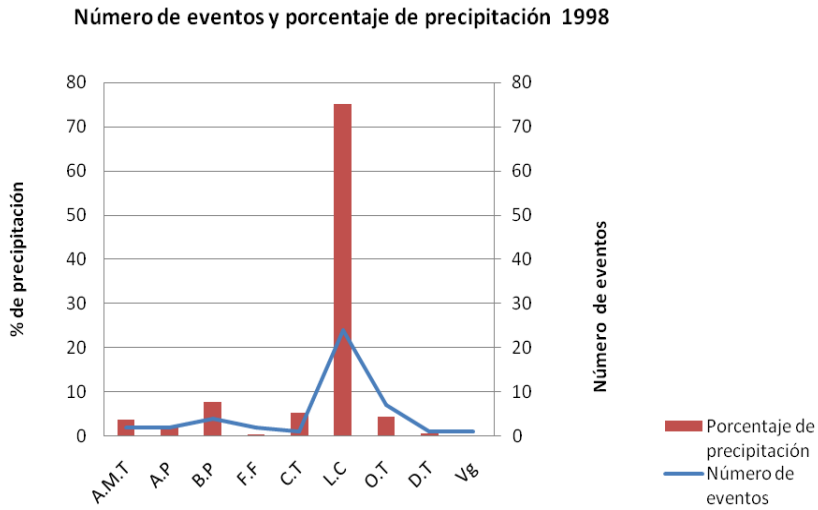


Figura 26. Fenómenos sinópticos en la cuenca, para 1998. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos.

Elaboración Propia.

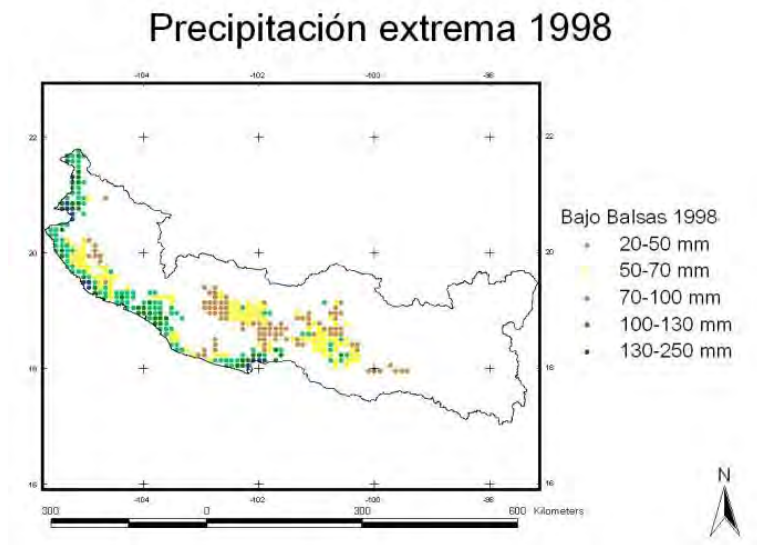


Figura 27. Lluvia extrema Bajo Balsas 1998

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Precipitación extrema 1998

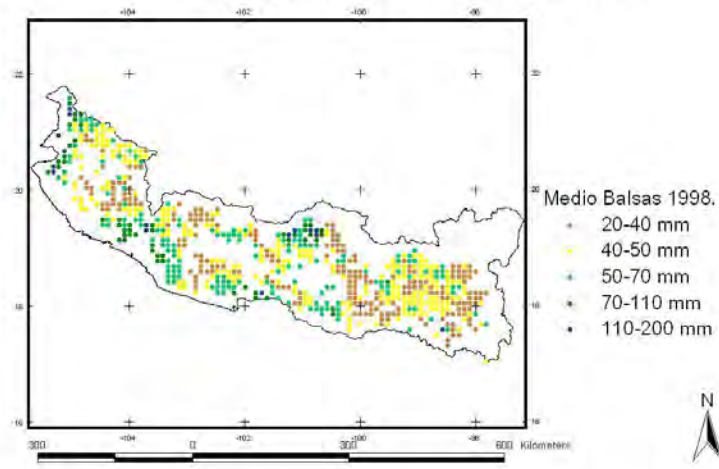


Figura 28.Lluvia extrema Medio Balsas 1998

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Precipitación extrema 1998

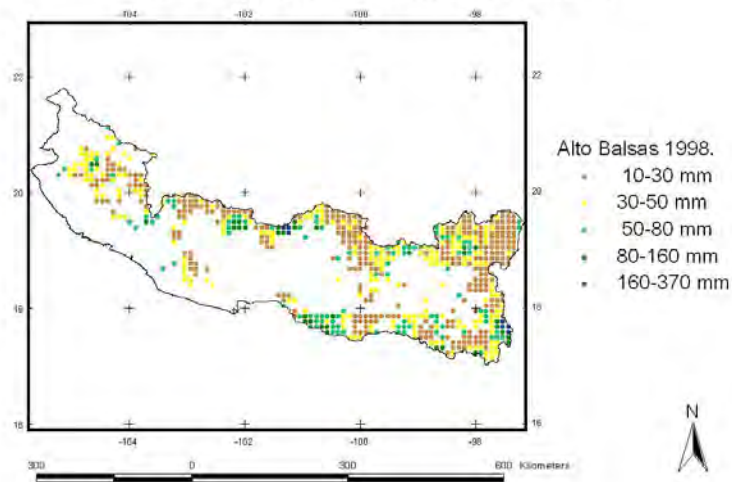


Figura 29.Lluvia extrema Alto Balsas 1998

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Para el año 1999, hubo una presencia de diecisiete ondas tropicales y cuatro vaguadas, (Figura 30). En estos ejemplos se puede observar que son eventos sinópticos de gran influencia, ya que las ondas tienen un desplazamiento de este a oeste y le proporcionan lluvia extrema en forma vertical en toda la cuenca, y aunque las vaguadas no tienen un desplazamiento definido siempre o en su gran mayoría presenta lluvia extrema en las parte alta, media y baja. El aporte de precipitación de las ondas tropicales fue de 36%, mientras que el de los ciclones fue de 5 %, el menor aporte fue de 1 % debido a las líneas de convergencia.

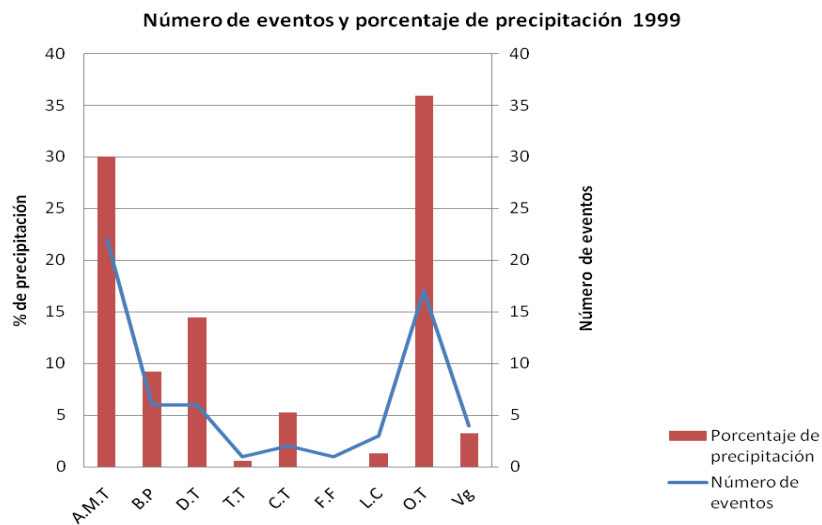


Figura 30. Fenómenos sinópticos en la cuenca, para 1999. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos. Elaboración Propia.

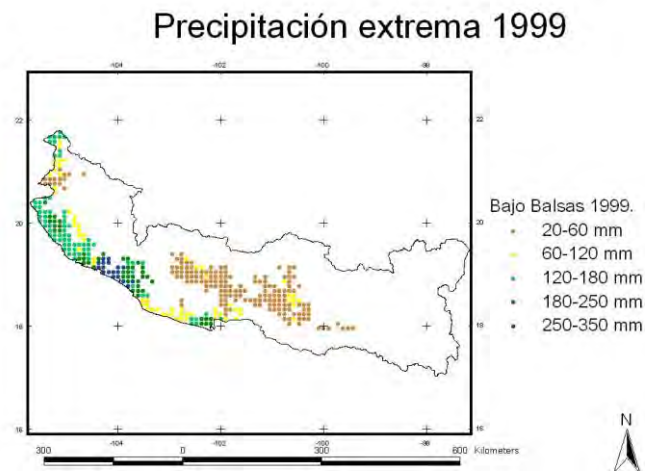


Figura 31. Lluvia extrema Bajo Balsas 1999  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

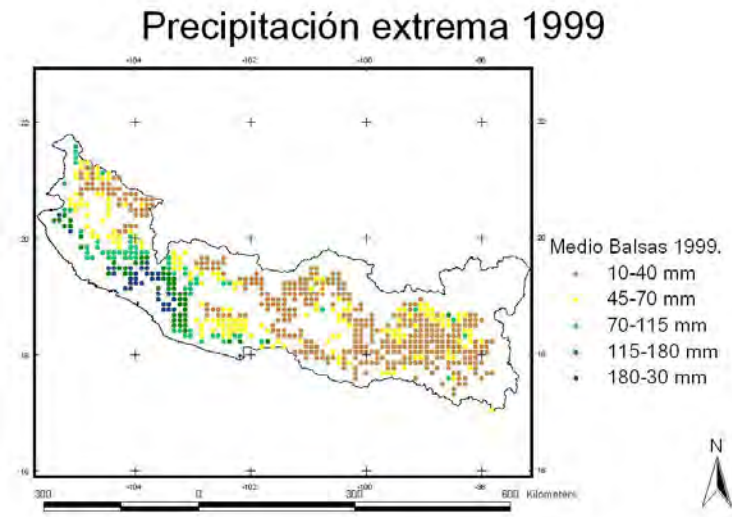


Figura 32.Lluvia extrema Medio Balsas 1999

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

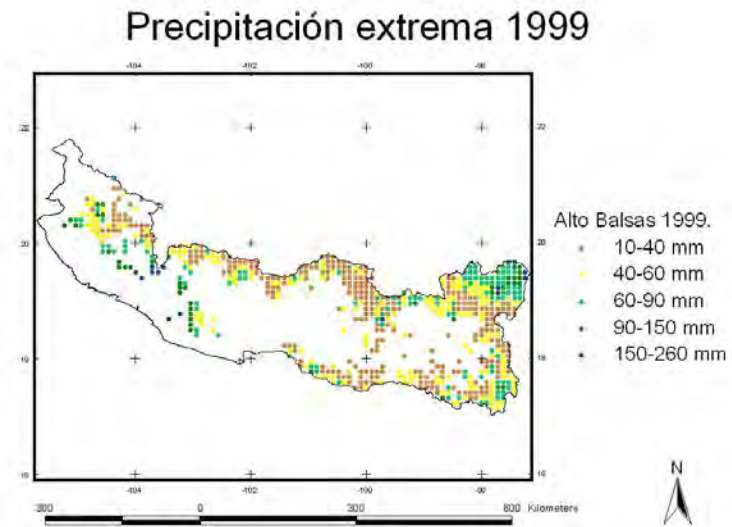


Figura 33.Lluvia extrema Alto Balsas 1999

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Para el año 2000, hubo entrada de aire marítimo tropical, en la mayor parte del año, además de que la lluvia extrema asociada a este evento se presentó en las partes media y alta, debido a la convección local ya que la entrada de aire por sí sola no aporta lluvia sino humedad pero conforme aumenta la altura, se presenta la lluvia orográfica, que provoca una lluvia extrema asociada a la entrada de aire marítimo tropical del Pacífico. Además, en este año hubo una presencia de ondas tropicales, que nuevamente ocurrieron de manera vertical de este a oeste y aportan para este año 17% de la lluvia total (Figura 34).

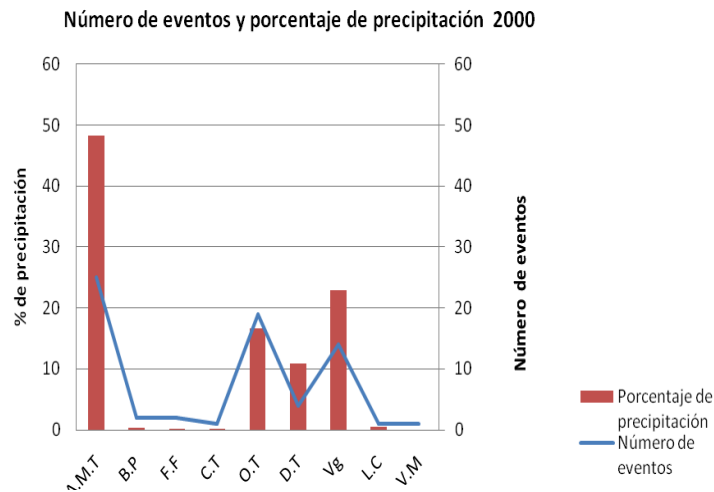


Figura 34. Fenómenos sinópticos en la cuenca, para 2000. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos. Elaboración Propia.

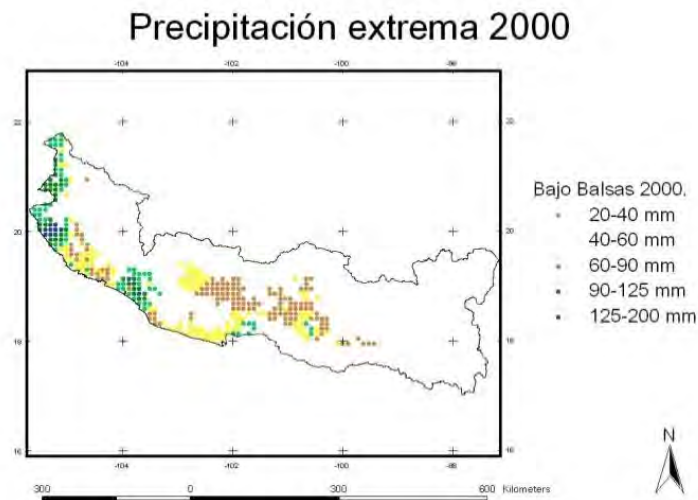


Figura 35. Lluvia extrema Bajo Balsas 2000. Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.



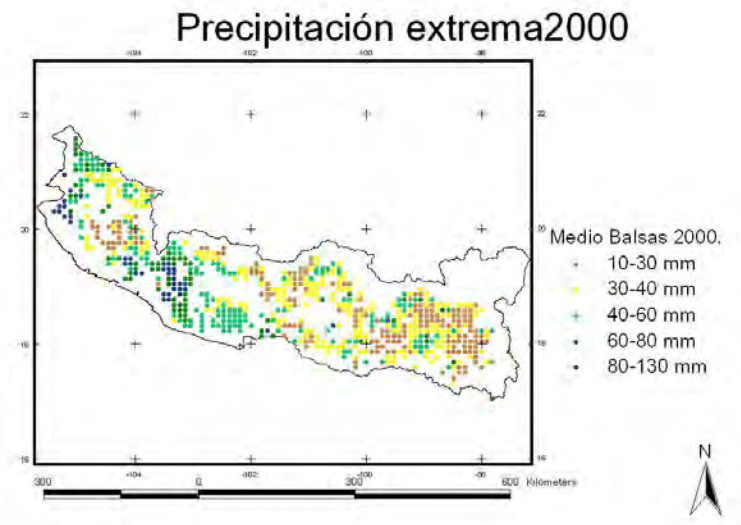


Figura 36. Lluvia extrema Medio Balsas 2000

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

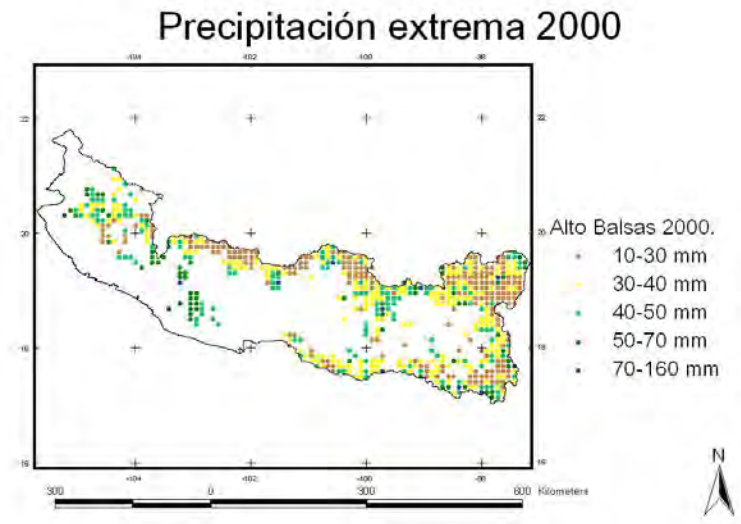


Figura 37. Lluvia extrema Alto Balsas 2000

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

Para el 2001, se presentaron frentes fríos en la parte alta de la cuenca y una corriente en chorro que ocurre únicamente en invierno y que aportó lluvia extrema en las parte alta y media de la zona. En este año hay una constante de líneas de convergencias (Figura 38) que aportaron más de la mitad de la lluvia total del año, siguiéndole las vaguadas que se presentaron durante varios días en una forma semipermanente generando 14% de lluvia total.

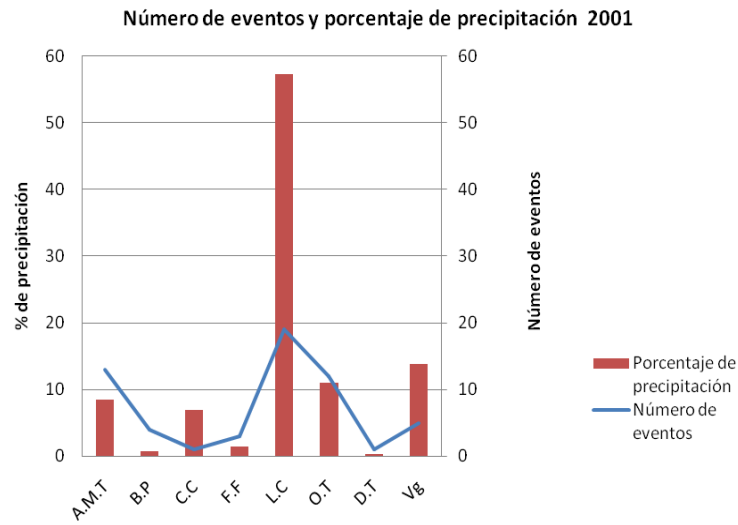


Figura 38. Fenómenos sinópticos en la cuenca, para 2001. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.

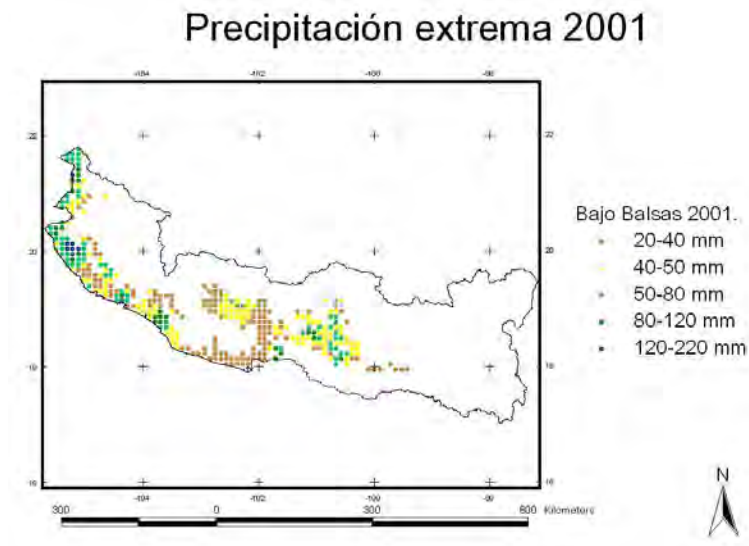


Figura 39. Lluvia extrema Bajo Balsas 2001  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

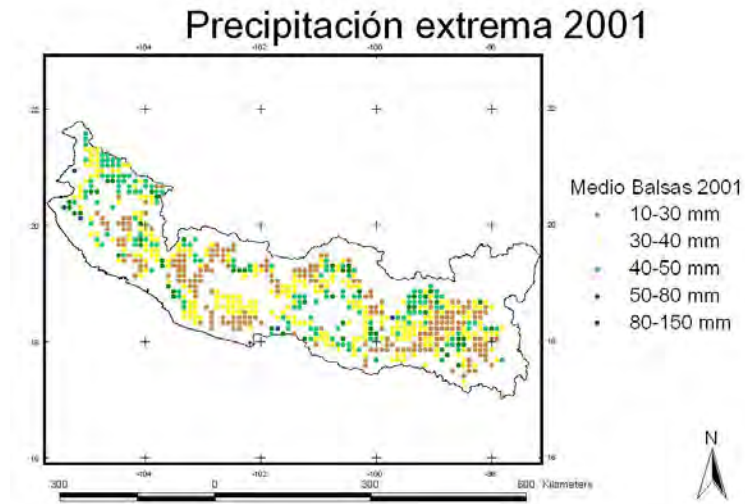


Figura 40.Lluvia extrema Medio Balsas 2001

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

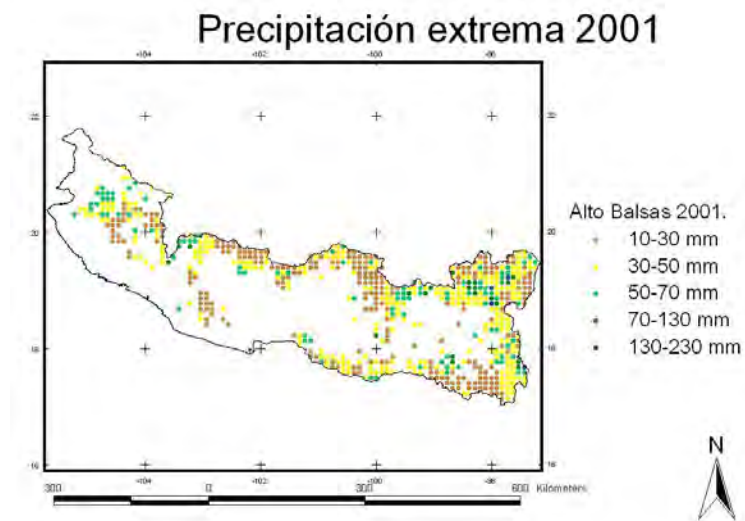


Figura 41.Lluvia extrema Alto Balsas 2001

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

Para el 2002, se tuvieron 23 líneas de convergencia (Figura 42) aunque otros eventos se presentaron pocos días, la lluvia que aportaron fue significativa, ya que entre las líneas de convergencia, las ondas tropicales y las perturbaciones tropicales suman casi el 75% del total de la

**Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.**

lluvia de ese año, además de que en la parte más baja de la cuenca se presentaron muy pocos eventos a diferencia de las partes media y alta de la región.

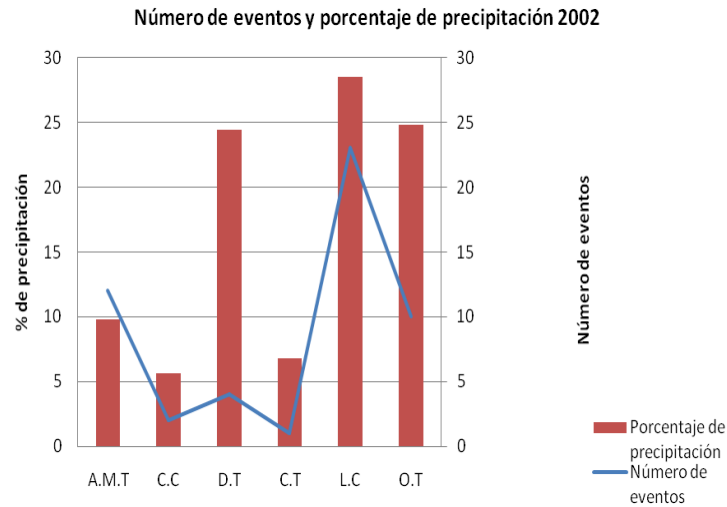


Figura 42. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2002. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.

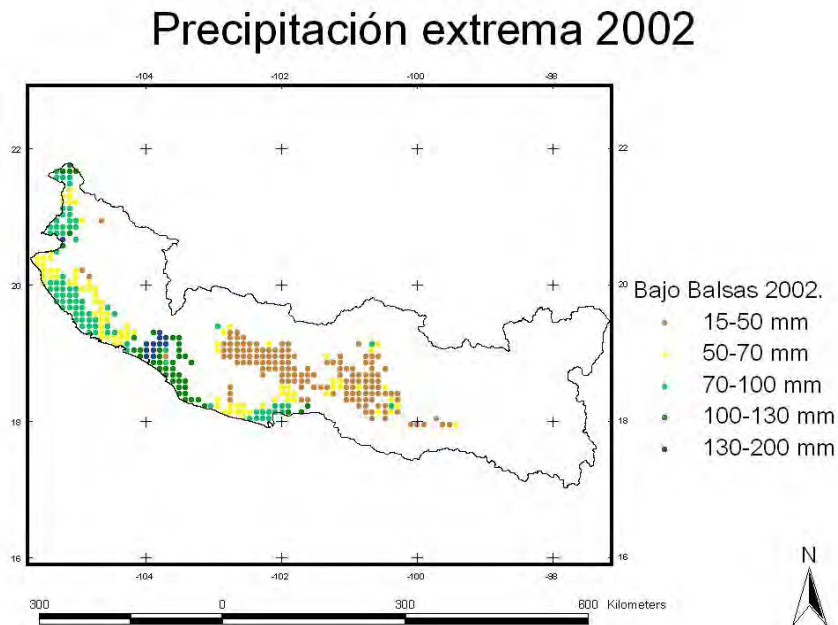


Figura 43. Lluvia extrema Bajo Balsas 2002  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

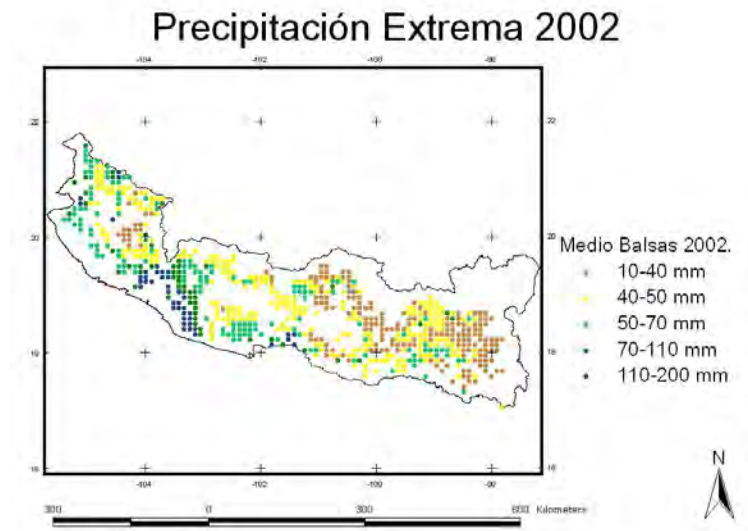


Figura 44.Lluvia extrema Medio Balsas 2002.

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

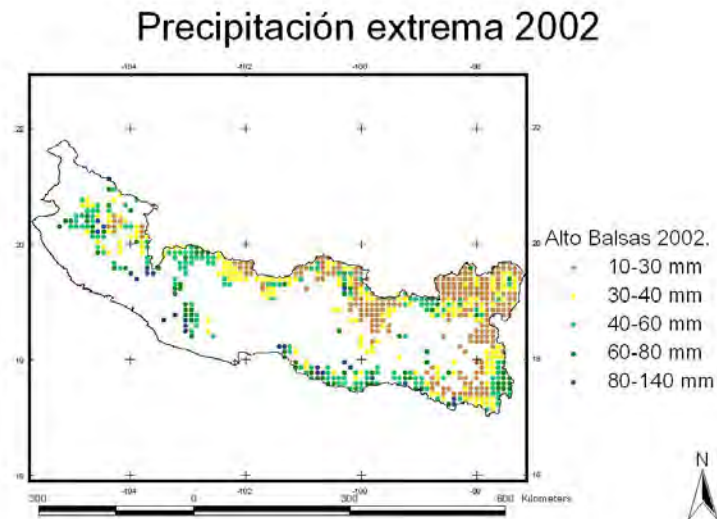


Figura 45.Lluvia extrema Alto Balsas 2002.

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

En el 2003, se presentaron 21 líneas de convergencia y en toda la cuenca, al igual que los vientos máximos pero, aunque se presentaron durante todo el año los vientos máximos no aportaron tanta precipitación como las líneas de convergencia (figura 46). Además, se observa que las líneas

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

de convergencia tienen mayor influencia que las ondas tropicales, ya que mientras se presentan ambos eventos las líneas de convergencia aportan 35 % de la lluvia.

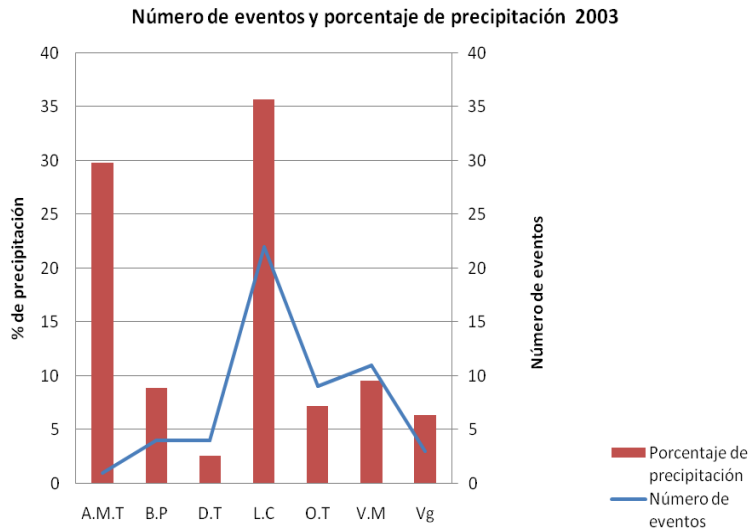


Figura 46. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2003. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.

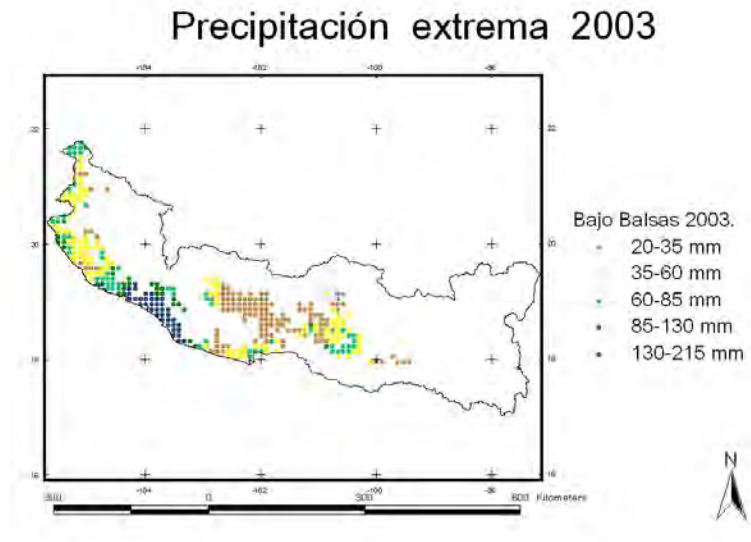


Figura 47. Lluvia extrema Bajo Balsas 2003.

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

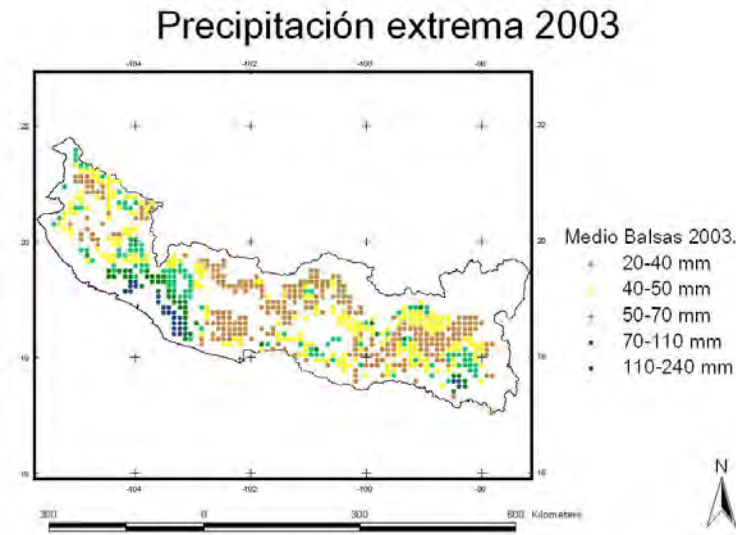


Figura 48 .Lluvia extrema Medio Balsas 2003  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

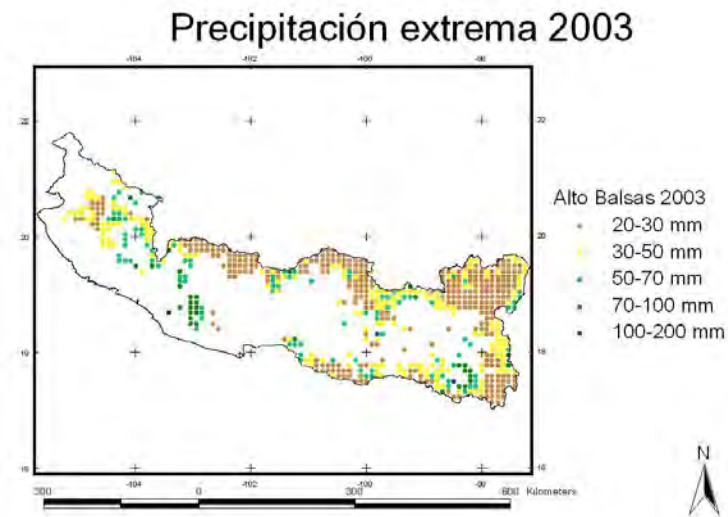


Figura 49.Lluvia extrema Alto Balsas 2003  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Para el 2004 nuevamente las líneas de convergencia durante todo el año aportaron 40% de la lluvia (Figura 50), las vaguadas que se presentaron en este año fueron de gran extensión ya que su influencia es en toda la cuenca y aunque en todo el año se presentaron solo 6 eventos el 5% de toda la lluvia. En este año se presentó una corriente en chorro invernal que aportó un 4% de la lluvia total del año.

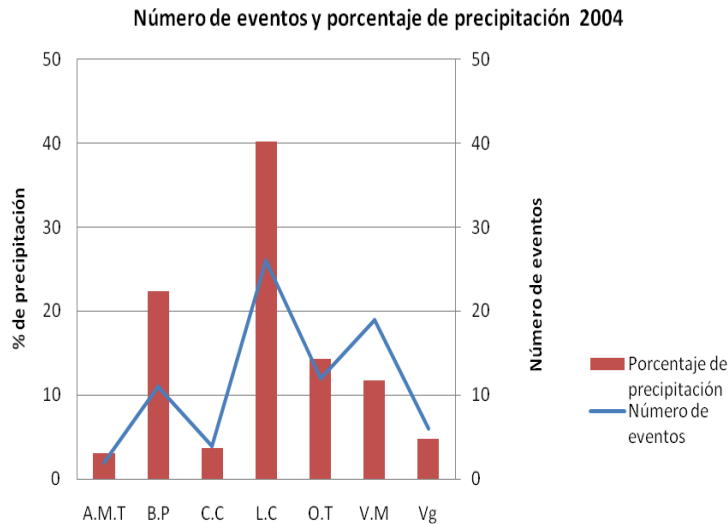


Figura 50. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2004. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.

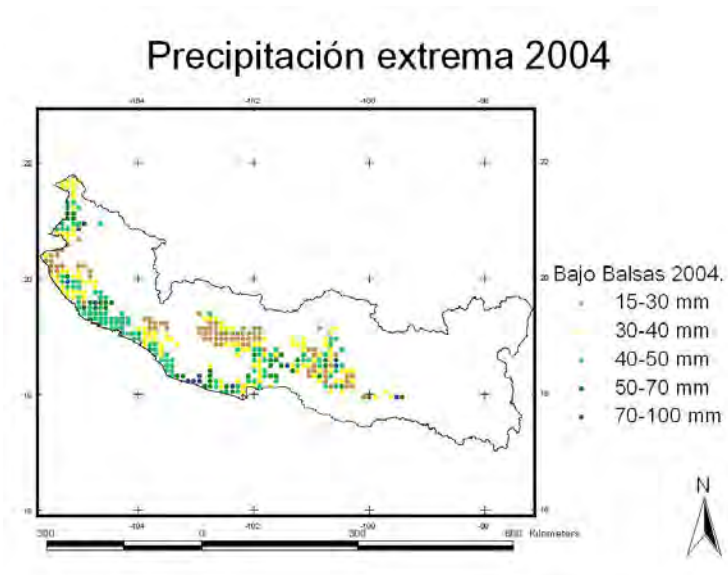


Figura 51. Lluvia extrema Bajo Balsas 2004  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.



### Precipitación extrema 2004

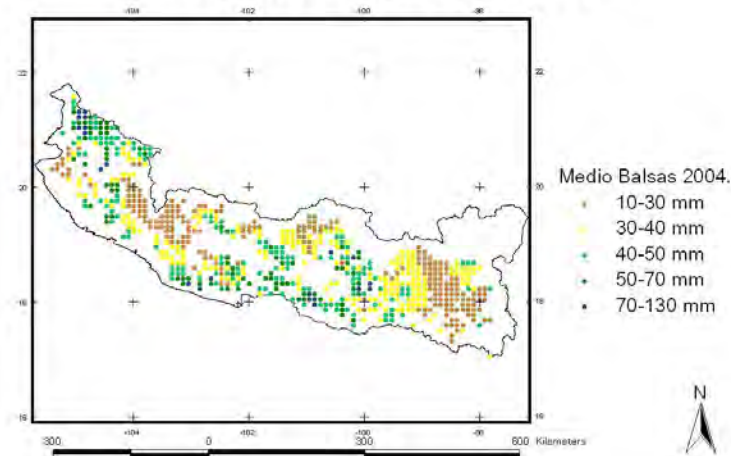


Figura 52.Lluvia extrema Medio Balsas 2004

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Precipitación extrema 2004

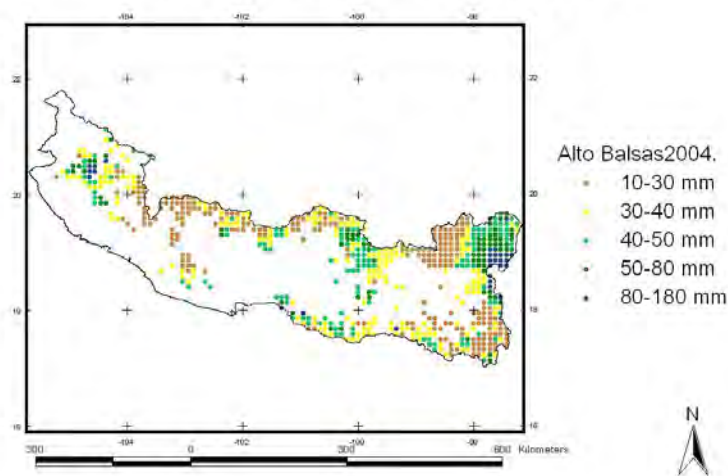


Figura 53.Lluvia extrema Alto Balsas 2004

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

Para el 2005, se presentaron zonas de baja presión semipermanentes que aportaron 14% de la lluvia total. Manteniéndose la presencia de los vientos máximos en toda la cuenca, durante todo el año (Figura 54).

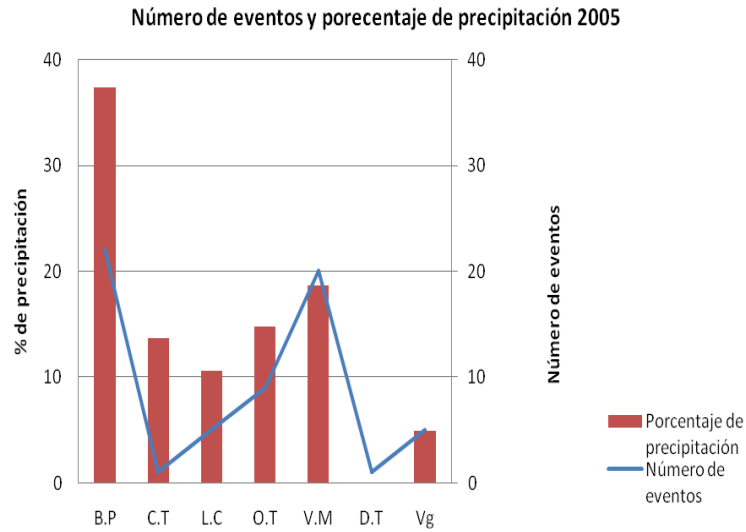


Figura 54. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2005. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.

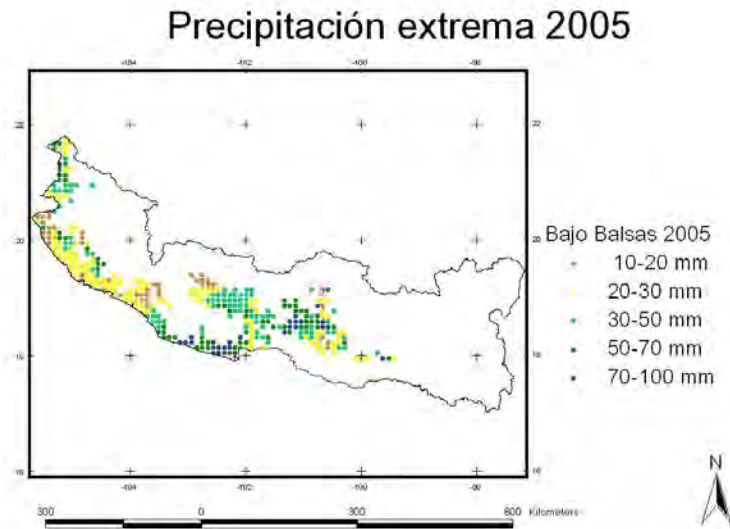


Figura 55. Lluvia extrema Bajo Balsas 2005.  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

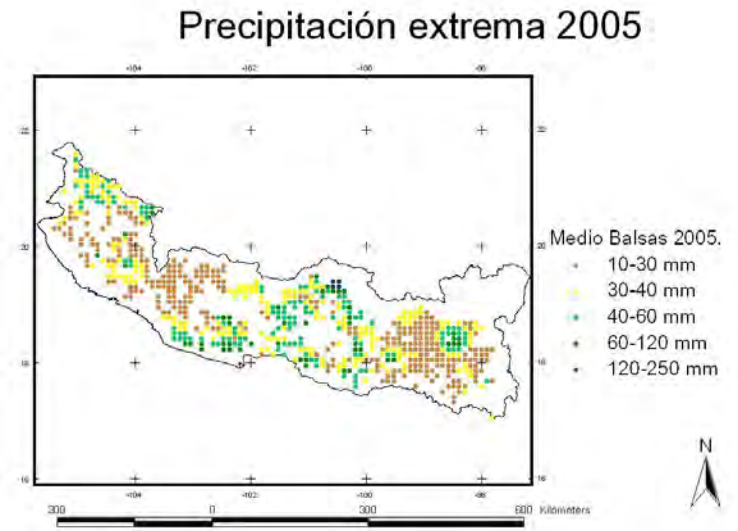


Figura 56. Lluvia extrema Medio Balsas 2005

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

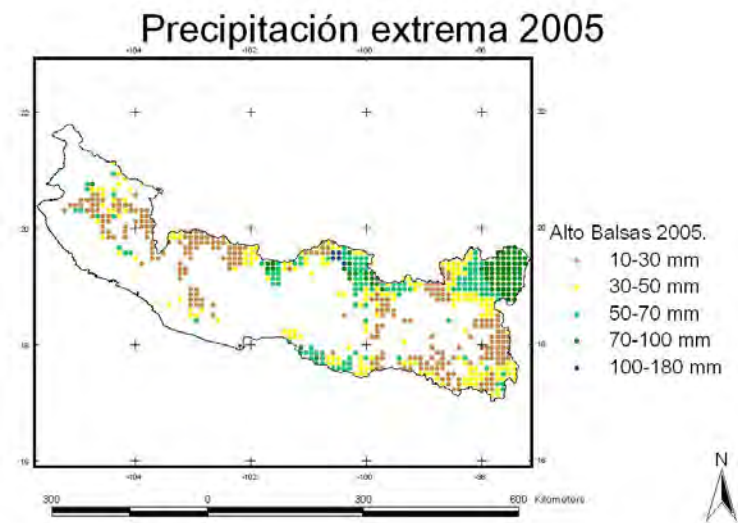


Figura 57. Lluvia extrema Alto Balsas 2005

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Para el 2006, las vaguadas y las líneas de convergencia se mantuvieron constantemente durante todo el año. Aunque el número de eventos no fue muy variable (veinte y doce respectivamente) sí lo fue la duración de cada uno de éstos, con lo que el aporte de precipitación no es muy fuerte en comparación con las bajas presiones que se que mantuvieron en la cuenca con 23 eventos (Figura 58). De nuevo se observa que los ciclones no tuvieron presencia significativa en la zona.

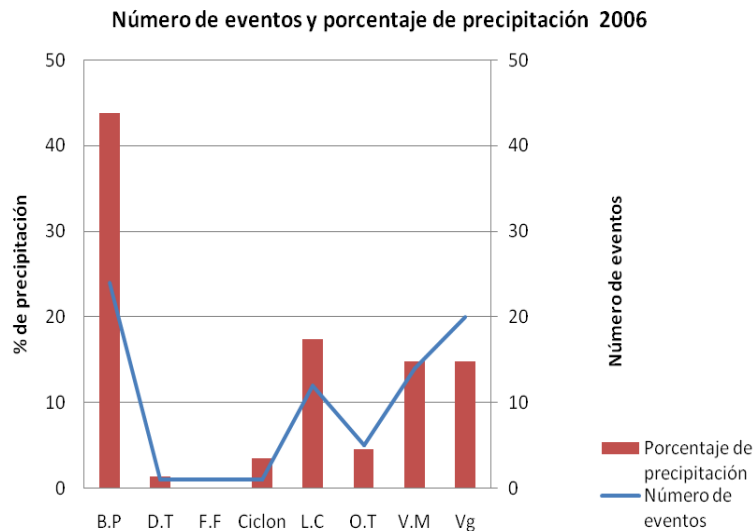


Figura 58. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2006. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.

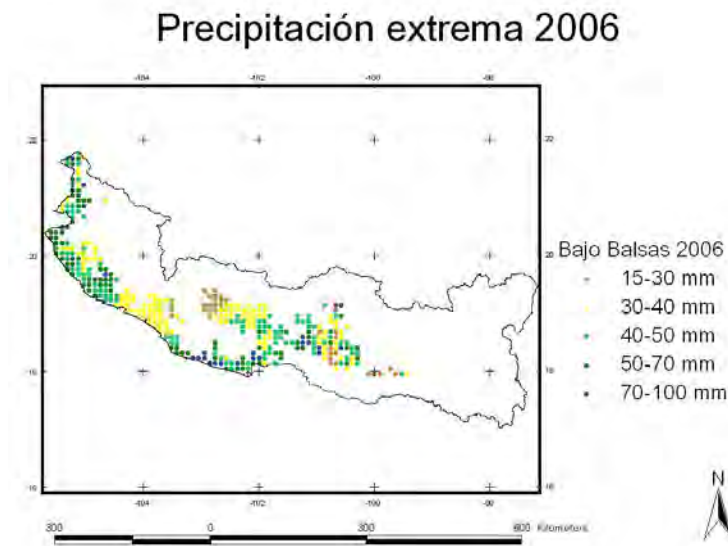


Figura 59. Lluvia extrema Bajo Balsas 2006  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Precipitación extrema 2006

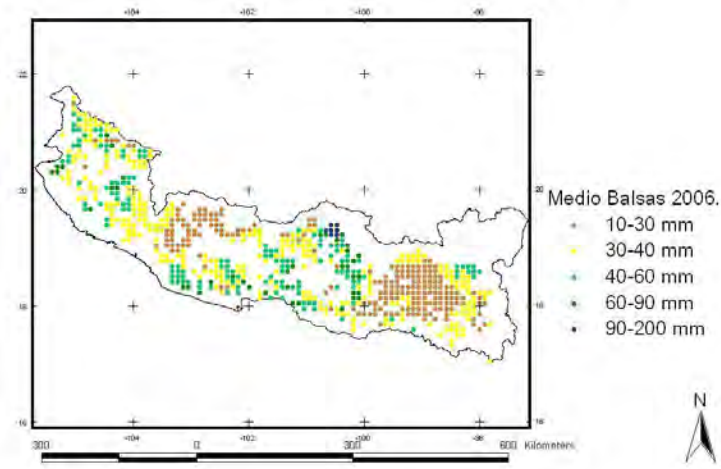


Figura 60.Lluvia extrema Medio Balsas 2006

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Precipitación extrema 2006

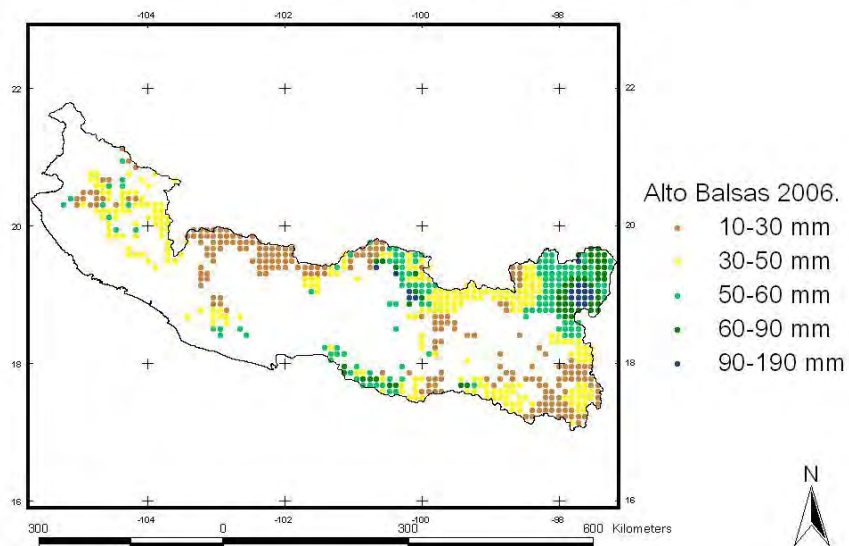


Figura 61.Lluvia extrema Alto Balsas 2006

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.

Para el año 2007 se presentó una condición muy singular, ya que durante todo el periodo se mantuvieron las vaguadas presentes en la zona, aportando más de 80 % de la lluvia total, con un mínimo de otros eventos (Figura 62).

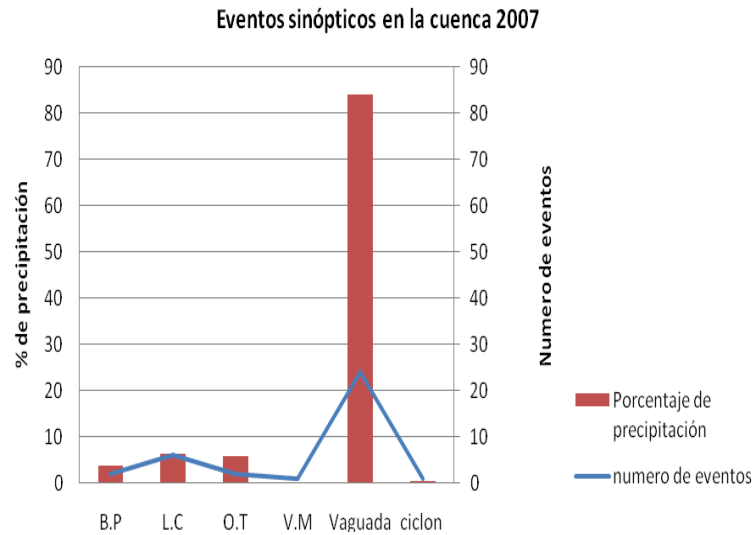


Figura 62. Fenómenos sinópticos en la cuenca para 2007. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos  
Elaboración Propia.

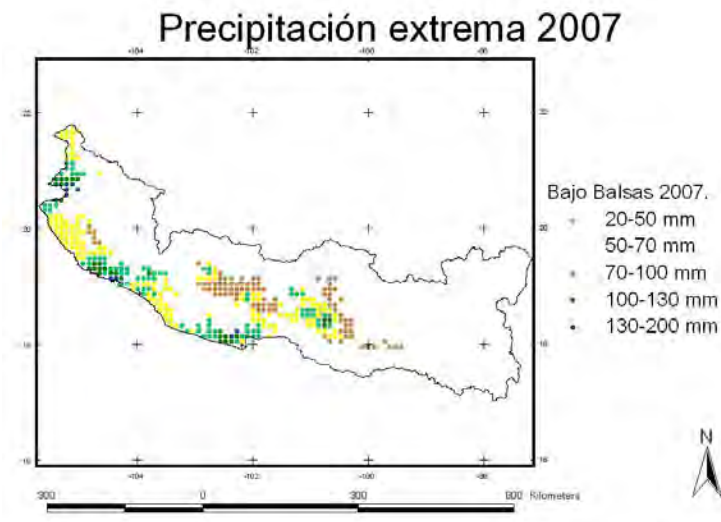


Figura 63. Lluvia extrema Bajo Balsas 2007  
Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Precipitación extrema 2007

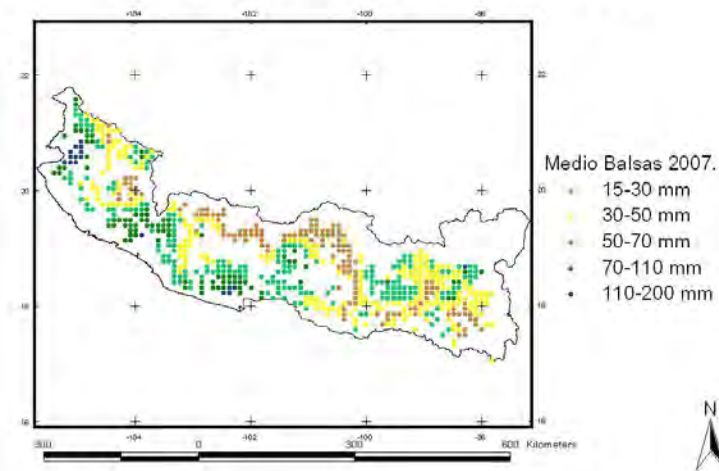


Figura 64. Lluvia extrema Medio Balsas 2007

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

### Precipitación extrema 2007

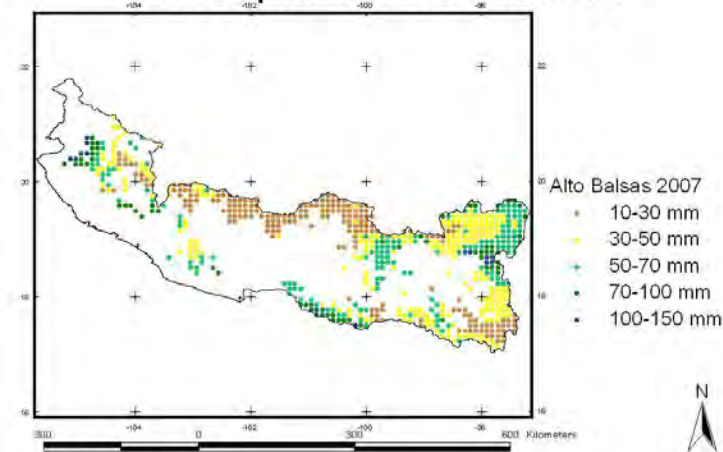


Figura 65. Lluvia extrema Alto Balsas 2007

Fuente: Terán (2008), Elaboración Propia.

Durante el período de estudio se contabilizaron el total de fenómenos meteorológicos en la zona, así como su aporte de precipitación total en milímetros, observándose que la presencia de las líneas de convergencia fue muy alta, ya que se presentaron 150, aportando más de 18,000 mm de lluvia (Figura 66), mientras que el aire marítimo tropical, las bajas presiones, las ondas tropicales, los vientos máximos y las vaguadas se presentaron en promedio 70 eventos durante todo el periodo y la

**Capítulo 3. Análisis de precipitación extremas por secciones de la cuenca del río Balsas.**

cantidad de precipitación que aportaron fue casi de 100,000. Durante el periodo solo se presentaron ocho ciclones y la cantidad de lluvia que aportaron fue de 26140 mm.

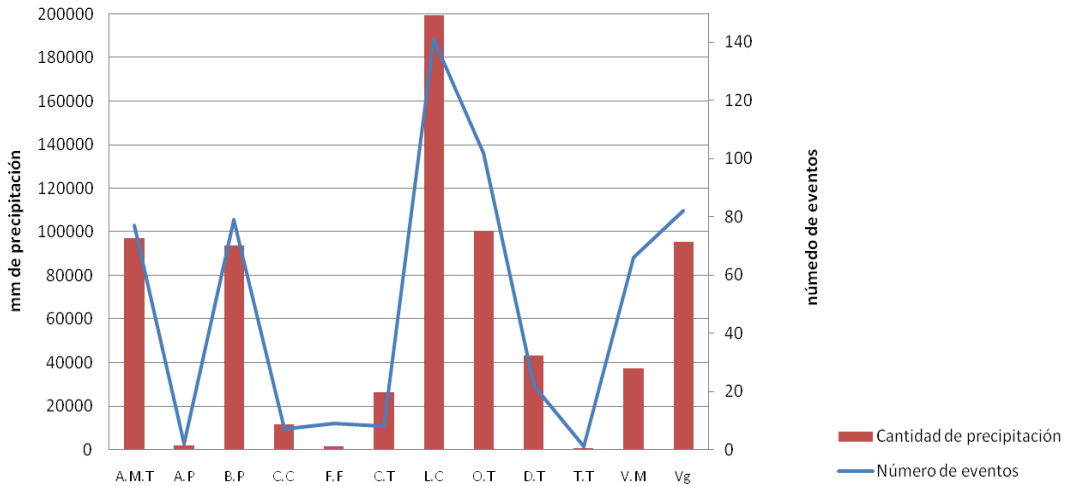


Figura 66. Fenómenos meteorológicos y precipitación generada durante el periodo 1998-2007.

A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.

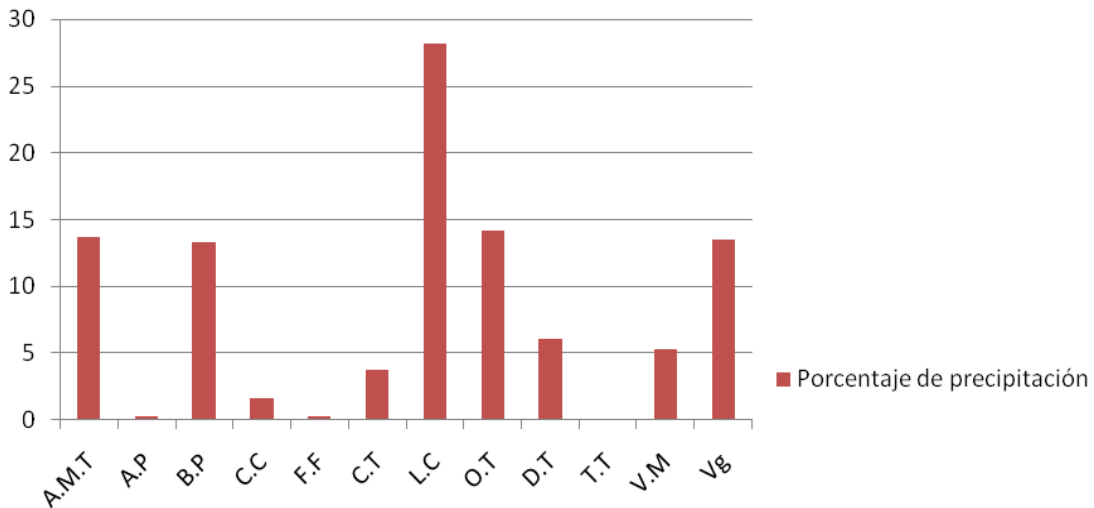


Figura 67 Porcentaje de lluvia generada por evento. A.M.T: aire marítimo tropical, A.P: alta presión, B.P: baja presión, F.F: frente frío, C.T: ciclón tropical, L.C: línea de convergencia, O.T: onda tropical, D.T: depresión tropical, Vg: vaguada, V.M: vientos máximos Elaboración Propia.



Durante los 10 años de análisis se encontró que en la zona baja de la cuenca ocurren lluvias extremas, las cuales sólo presentan pequeñas variaciones, con un rango de precipitación que oscila de 4 a 5 mm cada año.

En cuanto a la cantidad de lluvia, se puede ver que las variaciones son prácticamente nulas, teniendo las máximas en una pequeña parte de la costa del Pacífico, en algunos años. La precipitación máxima extrema se presenta en los mismos sitios, mientras que para las lluvias extremas, esta zona presenta los valores más bajos, que no rebasan los 60 mm diarios en promedio.

En el alto Balsas, las lluvias de tipo extraordinario están en toda la zona, al parecer durante los diez años de observación se presentan valores relativamente parecidos, teniendo en el año 2002, un incremento muy marcado.

Comparando las tres zonas, se puede observar de manera clara, que las lluvias extremas se presentan de manera escalonada, es decir, primero en la parte alta, después en la media y finalmente en la parte baja, debido a que la mayoría de los fenómenos se desplazan en este sentido; existen eventos donde la lluvia se presenta de manera paralela, también debido a las ondas tropicales que tienen una mayor área de influencia, su desplazamiento en toda la zona de estudio es de manera homogénea; por ejemplo, para el año 1998, en el mes de junio se presentaron lluvias extremas con una diferencia de uno a tres días de la siguiente manera, primero en la parte baja, después de en la parte media y por último en la parte alta. Esto se debe a que después de que se presenta el evento, la lluvia no se presenta de manera inmediata; en la mayor parte de los casos hay un desfase entre uno a tres días. Los únicos eventos que no presentan esta condición son los frentes fríos, ya que cuando el frente choca con el aire caliente que está en la zona causa inestabilidad y provoca precipitación.

### 3.3. Patrón espacial de la precipitación máxima extrema y fenómenos sinópticos asociados más significativos.

Debido a que los frentes fríos, las corrientes en chorro y los ciclones se presentan específicamente en algunas zonas, debe hacerse un análisis espacial de la intensidad de la precipitación con base en cada uno de los eventos sinópticos de origen para cada sección de la cuenca.

#### 3.3.1. Frentes Fríos.

Los frentes fríos son eventos que se presentan solamente en el periodo invernal y, de manera extraordinaria, en algunos meses de la primavera. Tienen un desplazamiento de norte a sur y dentro de la zona de estudio se observa su presencia mediante las fechas en que se presentan las lluvias extremas, ya que en un principio se mencionó que aunque el evento se presente por ejemplo, el día primero de cada mes la lluvia no necesariamente ocurrirá ese día, a veces pasan uno o, incluso, dos o tres días en que la lluvia se presente. La influencia de los frentes fríos es en la parte alta y media de la cuenca. Por ejemplo, en el año 2001 se presentó un frente frío el 25 de abril y conforme se fue desplazando, las lluvias ocurrieron en la parte alta los días 25, 26 y 27 de abril, mientras que en la parte media se presentaron lluvias asociadas a este evento los días 27 y 28 de abril, en la parte baja de la cuenca el frente frío no tuvo presencia alguna, debido a las temperaturas que se alcanzaron en la zona o tal vez a que el frente disminuyó su velocidad de desplazamiento.

#### 3.3.2. Corriente en chorro.

Se presentan en invierno, principalmente en los meses de enero y febrero en la zona, por ejemplo, en el año 2002, se presentó una corriente en chorro el día 13 y 14 de enero en la parte alta y media, con un aporte del 6% de la lluvia total en este año.

#### 3.3.3. Ciclones.

Los ciclones que se presentan en la zona son prácticamente nulos pues en los diez años de estudio sólo se presentaron ocho eventos y solamente 13% de la lluvia total. Además, estos tienen una presencia significativa en la parte baja de la cuenca.

### 3.3.4. Ondas tropicales.

En el verano las ondas tropicales se desplazan de este a oeste, éstas son muy amplias por lo que cuando se desplazan tocan la parte alta, media y baja de la cuenca, es decir, la atraviesan de oeste a este, así que la lluvia que genera este fenómeno es uniforme, por ejemplo, en el año 2004, el 11 de junio, el 22 de julio y el 8 de octubre se presentaron lluvias extremas asociadas a ondas tropicales en toda la cuenca.

### 3.4. Estacionalidad y persistencia de los fenómenos sinópticos.

Hay otros eventos tales como las vaguadas, las líneas de convergencia, las bajas presiones, la entrada de aire marítimo tropical, y los vientos máximos, que si bien no tienen un patrón espacial, la presencia de éstos se observa por la cantidad de días que se mantuvieron en la zona.

#### 3.4.1. Vaguadas

Las vaguadas son eventos que se presentan de forma constante en la zona; la cantidad que se presenta tienen relación con la ocurrencia de precipitación, mientras más eventos se presenten mayor es la lluvia que se tiene (Figura 68). En el caso de las vaguadas, y la permanencia de estas va de uno a tres días.

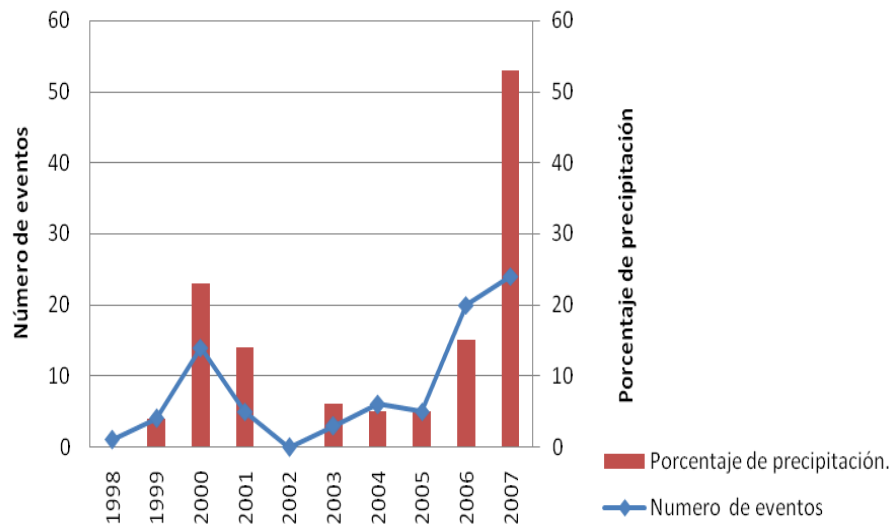


Figura 68. Vaguadas y precipitación generada, durante 1998- 2007.

Elaboración Propia

3.4.2. Líneas de convergencia.

Las líneas de convergencia se presentaron en los diez años de estudio, además un solo evento puede durar más de diez días sobre la cuenca, por lo que aportan un porcentaje muy importante de lluvia en la región (Figura 69).

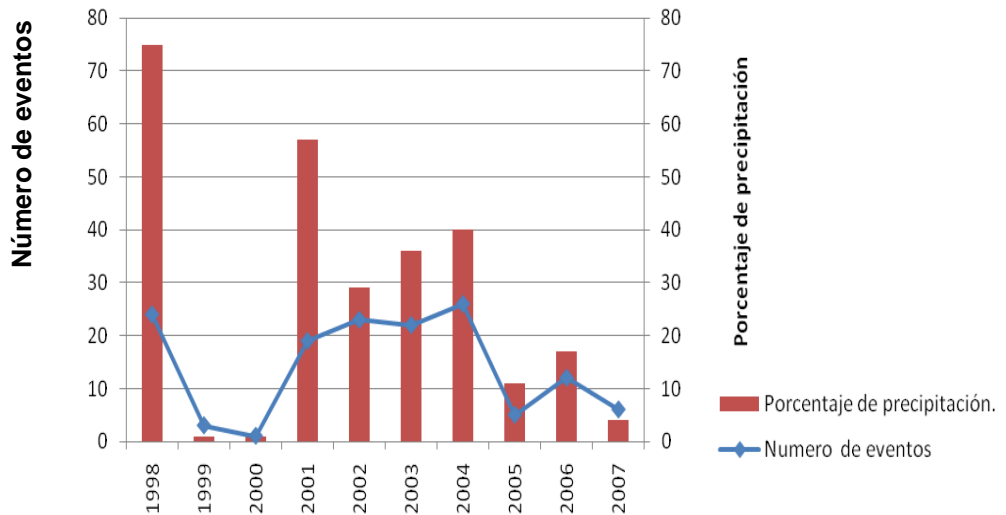


Figura 69 .Líneas de convergencia y precipitación generada durante 1998- 2007.

Elaboración Propia

3.4.3. Bajas Presiones.

Las bajas presiones no presentan un patrón muy definido, ya que a veces ocurren. No obstante aportan lluvia de manera significativa, en los años 2004, 2005, y 2007(figura 70), tuvieron una presencia definida. Las bajas presiones no duran más de tres días en la zona pero, cuando se presentan, la lluvia ocurre de manera inevitable.

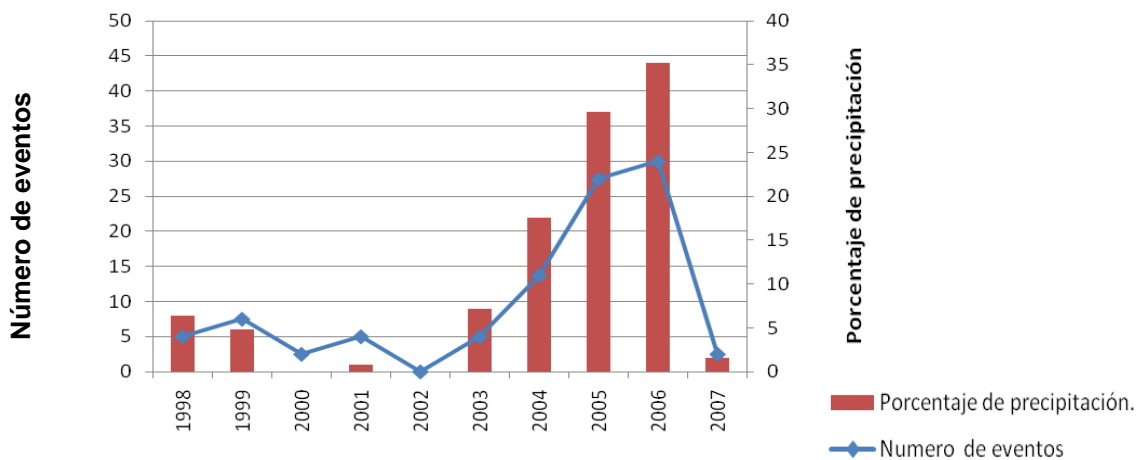


Figura 70. Bajas Presiones y precipitación generada durante 1998- 2007.

Elaboración Propia

### 3.4.4 Aire marítimo tropical.

La entrada de aire marítimo en la cuenca es de gran importancia, ya que favorece la lluvia orográfica que se presenta a lo largo de todo el año; además, la lluvia asociada a esta condición, se presenta en la parte media y alta de la cuenca, sin embargo la parte baja no tiene otro factor que condicione la lluvia. La entrada de aire puede permanecer un máximo de seis días consecutivos; se presenta de manera intercalada, y solamente en la parte alta, media y muy esporádicamente en la parte más baja, en la figura 71 se puede observar que la entrada de aire marítimo tropical en el año 2000 rebasa 45 eventos.

Por ejemplo, en el año 2000 durante el mes de mayo se presentó una lluvia asociada a la entrada de aire marítimo tropical los días 24,25 y 26 de mayo, mientras que el 25, 26 y 27 de agosto en la parte media y alta. Es muy claro que con este evento, aunque se presente un mínimo de veces, el aporte de lluvia es muy fuerte, ya que como se mencionó anteriormente éste actúa de manera condicionante en la zona.

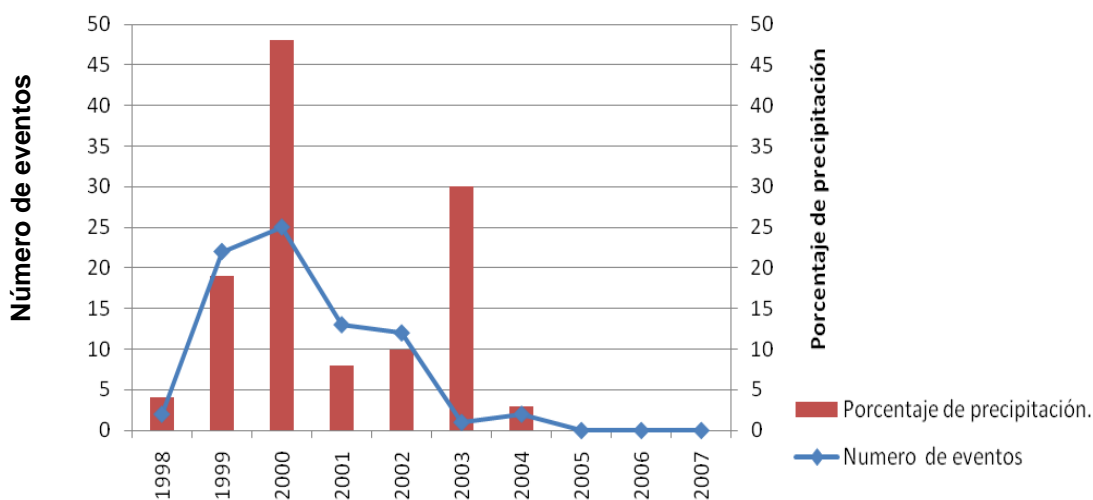


Figura 71. Aire Marítimo tropical y precipitación generada durante 1998- 2007.

Elaboración Propia.

### 3.4.5. Vientos Máximos.

Los vientos máximos se presentan durante cuatro meses del 2003 al 2006 (figura 72), y se comportan como una línea que se estaciona y que atraviesa por el centro la cuenca del río Balsas, por lo que la lluvia asociada a este fenómeno se presenta en las tres partes de la cuenca; su

duración es de uno a tres días, además de ser constante en la zona. Aunque el total de eventos es alto en comparación con otros, estos aportaron muy poca lluvia total en el periodo de estudio.

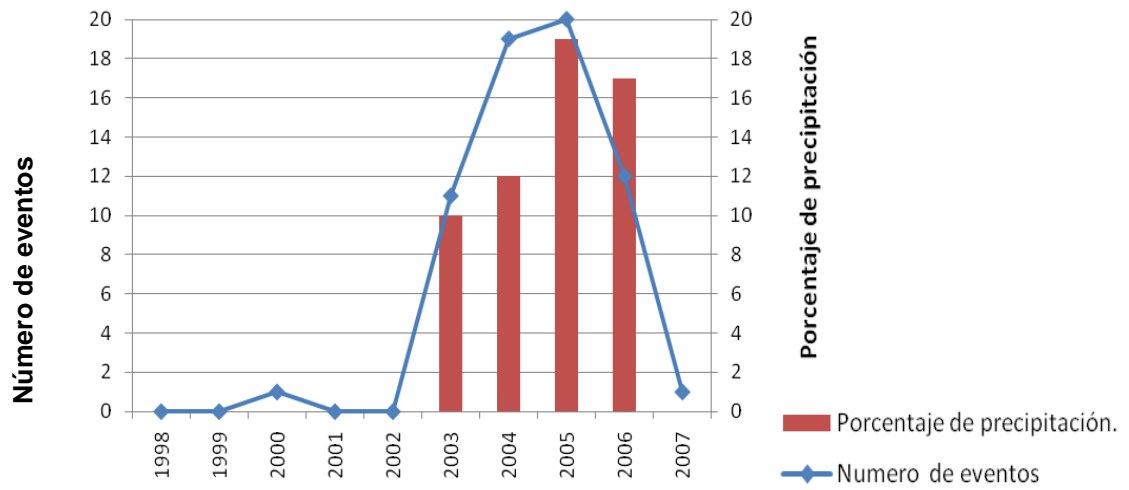


Figura 72. Vientos máximos y precipitación generada durante 1998- 2007.

Elaboración Propia.

---

**CAPÍTULO 4**  
**DISCUSIÓN**

**Es mejor caminar descalzo, que robando zapatillas**  
**(Ernesto Che Guevara)**

## CAPÍTULO 4

### DISCUSION

#### **4.1. El papel de los fenómenos sinópticos en la climatología local y regional.**

Es importante el estudio de los eventos de la cuenca del río Balsas ya que, esta zona por tener cambios altitudinales dentro, la precipitación que se presenta es más bien de tipo orográfica, por lo que se debe conocer cuáles fenómenos se presentan y de qué manera son los que originan la lluvia de la región. Debido a los cambios altitudinales de la cuenca del río Balsas, el valor de la precipitación es variable, esta variación condiciona fenómenos de lluvia orográfica originada por diversos fenómenos sinópticos. La orografía local juega un papel primordial porque funciona como una barrera para los frentes fríos, las bajas presiones y los ciclones, además, dichos fenómenos se presentan en épocas muy específicas en la zona.

Comúnmente los ciclones tropicales son considerados importantes debido al aporte de lluvia en la cuenca. Sin embargo, otros fenómenos meteorológicos más persistentes y periódicos como son las líneas de convergencia aportan lluvia significativa al ser más frecuente y mantener una zona de inestabilidad atmosférica constante en la región.

La cuenca del Balsas es importante desde el punto de vista hidráulico ya que en ella se establecen siete presas incluso existe la idea de que gracias a las presas el riesgo latente por inundaciones disminuye ya que captan importantes cantidades de precipitación.

Dentro del periodo de análisis de este estudio (1998-2007), en México se presentaron diversos eventos hidrometeorológicos extremos, entre ellos, destacan el Fenómeno de El Niño.

#### **4.2. Los ciclones y el fenómeno de El Niño.**

En México, los ciclones aportan gran cantidad de las lluvias en todo el país desde mayo a octubre; es muy difícil cuantificar las perturbaciones pluviales provenientes de los ciclones, aunque, se dice que 30% de las lluvias de la temporada provienen de los huracanes (Aridjis, 1989)



Los ciclones del Pacífico son de intensidad moderada (Jáuregui, 1989). Sin embargo las costas del Pacífico mexicano registran un mayor número de ciclones y tormentas tropicales que las correspondientes al Golfo de México la región noroeste del país recibe la mitad del total de ciclones que tocan las costas del Pacífico, por lo que el riesgo de lluvias e inundaciones ahí es considerablemente mayor que el resto del litoral (Jáuregui, 1989). Dicha aseveración refuerza la hipótesis de este trabajo que indica que las lluvias extremas que se presentan en la cuenca del río Balsas son diferentes a las de origen ciclónico

La intensidad de lluvias asociadas con la llegada de un ciclón tropical del Pacífico a una área costera montañosa han alcanzado hasta los 400 mm en 24 horas (Jáuregui, 1989), los resultados de este estudio indican que en la cuenca del Balsas se rebasa ese umbral, sin embargo existen otros fenómenos que superan la precipitación total asociada a ciclones tropicales.

Según Englahart y Douglas (2001) las tormentas tropicales del Pacífico norte en su porción oriental influyen en la lluvia del oeste de México puesto que aportan de 20 a 60 % de la lluvia a lo largo de la costa del Pacífico y en casos extremos pueden contribuir con 25 a 30 % del total de la lluvia estacional de la vertiente occidental. El presente trabajo muestra que a lo largo de los diez años de análisis los huracanes tienen muy poca presencia dentro de la cuenca, solamente en el año 2005 se presentó un aporte de 14% contraponiéndose a lo que mencionan estos autores y comprobando que en esta zona los ciclones no aportan lluvia de manera significativa.

Por otra parte el fenómeno El Niño: corriente marina cálida que se presenta aproximadamente cada diez años incide sobre el número de ciclones (Tejeda, 1989). Se ha encontrado que en promedio, durante los años de El Niño se presentan once días con huracanes. Mientras que en años no Niño ocurren 23. En la cuenca del Océano Pacífico noroeste ocurre lo contrario, con un ligero aumento en la actividad ciclónica, debido al incremento de la temperatura superficial del océano (Hernández, 2001).

Durante el periodo de estudio los años en que se presentó el fenómeno de El Niño son 1998, 2002 y 2005; en éstos sólo ocurrió un ciclón en cada año respectivamente, con base en lo anterior se puede sugerir que el fenómeno de El Niño en la región del Balsas no tiene influencia, ya

que en los años restantes también se presentan eventos pero no mayores a uno por año. Solamente en el año 1999 se presentaron el huracán Dora y el huracán Greg que aportaron 5% (anexo 1 a 20) de la precipitación, siendo el único año en que se presentaron dos eventos de ciclones.

Con base en las zonas de impacto de los ciclones, se infiere que en Michoacán entre otros estados, sufren de una mayor ocurrencia de penetración de ciclones (dos a cuatro años en promedio); se ha estimado que aproximadamente 40% de la población de esta entidad está expuesta a este fenómeno (Hernández, 2001), esta zona corresponde a la sección baja de la cuenca del río Balsas.

### **4.3. Desastres asociados a lluvias extremas en la cuenca del río Balsas.**

En la cuenca del río Balsas cada año se presentan lluvias extremas, que en algunas ocasiones causan algunos desastres como inundaciones, deslizamientos de tierra, desbordamientos de ríos y ocasionalmente la pérdida de vidas humanas, sin embargo, se han adoptado medidas para la captación y almacenamiento de agua con el fin de prevenir y evitar algunas de las catástrofes que producen las lluvias extremas.

Una revisión del inventario de desastres DesInventar para el periodo 1998-2007 muestran que, los ciclones que se presentaron en la zona ocasionaron dos inundaciones, la primera originada por el ciclón *Dora* en agosto de 1999 y la segunda el ciclón *Dean* en 2007 este provocó una inundación en Michoacán. No obstante en la zona se presentaron lluvias extremas no necesariamente son sinónimo de desastre natural.

---

## **CONCLUSIONES**

**Prefiero morir de pie, a vivir arrodillado  
(Ernesto Che Guevara)**

## CONCLUSIONES

El Servicio Meteorológico Nacional diariamente realiza pronósticos de tiempo con base a imágenes de satélite e interpretando la imagen que se publica en su página de internet (<http://smn.cna.gob.mx>). Mediante el uso de imágenes fueron utilizadas para la identificación de los sistemas de tiempo que ocasionaron lluvias extremas en la cuenca del río Balsas, sin embargo es importante mencionar que la interpretación de las imágenes por parte del personal de SMN es subjetiva, ya hay diferentes interpretaciones de las imágenes. Un ejemplo es la no correspondencia temporal entre imágenes interpretadas en días sucesivos, es decir, si una imagen indicaba líneas de convergencia en el día uno al día siguiente no estaba indicada en el mapa pero si en el reporte escrito.

Con base en los resultados se obtuvieron conclusiones y referentes a los eventos que se presentan en la cuenca del río Balsas y son los siguientes:

- Sistemas de baja presión que originan convección local, ondas tropicales y vaguadas son los sistemas que provocan precipitación en la parte interna de la cuenca.
- Las líneas de convergencia es el evento que más se presenta sobre la cuenca del río Balsas, e impactan en el medio y alto Balsas principalmente.
- En la cuenca del río Balsas existe una condición muy peculiar, ya que parece que permanentemente existe una línea de convergencia sobre la zona, que tiene una relación muy específica con la convección local. La cuenca del río Balsas está prácticamente en el centro del país, y donde impactan varios de los fenómenos sinópticos que se presentan en el país. Es aquí donde se presenta la línea de convergencia de manera constante lo que favorece a la lluvia convectiva que se presenta en la zona. En la parte baja ya no hay una influencia de las líneas de convergencia ya que se presenta la entrada de aire marítimo tropical que tiene una mayor influencia en la zona.

- Los ciclones del Pacífico son menos fuertes. En las gráficas que se presentaron se observa que los ciclones no fueron representativos en cuanto al aporte de precipitación ya que una de las causas es que en el Pacífico los huracanes son débiles en comparación con los del Atlántico.
- Las mayores precipitaciones que se presentan en la parte alta, son debidas a la convección local, ya que muchos de estos eventos no ocasionan lluvia por sí solos, sino que producen convección local, provocando lluvias orográficas extremas o con una cantidad de precipitación muy alta, o por lo menos que supera los máximos históricos, de la región.
- La señal de El Niño en la cuenca del río Balsas no es significativa, es decir este fenómeno no afecta el desarrollo y presencia de sistemas de tiempo en la región.

Es importante poner especial interés en las épocas de verano ya que en esta se desarrollan un número importante de eventos. Por ejemplo las vaguadas, las bajas presiones y las ondas tropicales.

Los resultados de la base de datos cartográficos de precipitaciones extremas de Terán (2008) indican los valores de lluvias extremas con base en la climatología (1950- 2000). Sin embargo al contrastar los resultados de este estudio se observa que aquellos eventos que caen en la categoría de extremos fueron más frecuentes en el periodo de análisis (1998-2007).

Con base en ello podría sugerirse que existe una mayor frecuencia de lluvias extremas en los últimos diez años. Esto obligaría a replantear los rangos de precipitación regional e identificar posibles índices de cambio climático. Por ejemplo el régimen de lluvias de la región es de 927 mm anuales y un evento como una vaguada aporta 1328 mm en un par de días.

## **RECOMENDACIONES**

- Es necesario elaborar un protocolo común de interpretación de imágenes para el personal del SMN, ya que en ocasiones el pronóstico de la CFE presenta mayor claridad que el del SMN, esto facilitaría la interpretación de los usuarios en general.
- Es necesario reforzar la atención a las estaciones meteorológicas de superficie ya que presentan muchos faltantes, o datos no confiables.
- Se recomienda ampliar el lapso de tiempo en el análisis de las imágenes a un periodo anterior a 1998 con la finalidad de verificar si existe un corrimiento en la frecuencia de los eventos extremos.
- Dar seguimiento en términos operativas de protección civil, a los fenómenos no ciclónicos que ocasionan lluvias intensas en la zona.

---

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**No se vive celebrando victorias, sino superando derrotas  
(Ernesto Che Guevara)**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aridjis P. 1989, “Un mal necesario. Beneficios a la agricultura por la lluvia y la humedad”. *Revista Instituto de Ciencia y Tecnología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*, México D.F.
- Barry R, Chorley R. 1998. *Atmosfera, Tiempo y Clima*. Ed Omega. España.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). *Imagen interpretada*. 1998-2007. Archivo Personal Vidal R, Instituto de geografía UNAM, México DF.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2000. *Estadísticas del agua en México, (síntesis)*.Ed. Conagua. México D.F.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2005. *Estadísticas del agua en México, (síntesis)*.Ed. Conagua. México D.F.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2007. *Estadísticas del agua en México, (síntesis)*.Ed. Conagua. México D.F.
- Englahart J, Douglas V. 2001. “*The role of eastern north Pacific tropical storms in the rainfall climatology of western Mexico*”. *Intenational Journal of Climatology* num 21.
- Gámez, C. 2007. “Origen de las precipitaciones extremas en el Balsas”. *Memorias de Congreso de OMMAC* (Organización Meteorológica Mexicana. A.C). del 12 al 16 de junio de 2007. Veracruz, México.
- García, E., y Trejo, I. 1990. “Climatología de satélite aplicada al estudio de la precipitación en México”. *Memoria del XII Congreso Nacional de Geografía*. Nayarit, México.



- García O, Alcalá J, Meulenert A, Ramírez H, García M, Bulgakov S.2007. *Fundamentos de Meteorología y climatología*. Amate Editorial. Zapopan, Jalisco.
- Hernández M. 2001. *Los ciclones tropicales de México. Temas Selectos de Geografía*. Instituto de Geografía UNAM. México D.F.
- Jáuregui, E.1989. “Los huracanes prefieren a México”. *Revista Instituto de Ciencia y Tecnología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*, México D.F.
- LA RED (Red Latinoamericana de Estudios Sociales en Prevención de Desastres). 2010. *Sistema de Inventario de Desastres (DESINVENTAR)*. Colombia.
- Magaña V.2004. *Los impactos de El Niño en México*. UNAM. México DF.
- Meza, L. 1997. *Vegetación y mesoclima de Guerrero. Estudios Florísticos en Guerrero*. Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F.
- Rivera J. 2001. *Parámetro de Imagen y Sinópticos en la Predicción de la Precipitación*. Tesis de Maestría en Recursos Naturales. Universidad UPC, España.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2005. *Base de datos ERIC 3*.México D.F.
- SMN .2007. *Base de datos CLICOM*. México D.F.
- SMN 1997 -2007. *Imagen Interpretada Pronóstico Meteorológico*. México D.F.
- Tejeda, A, Morales, T. 1989, “Teleconexiones y especulaciones. “El Niño” contra los ciclones”. *Revista Instituto de ciencia y tecnología, consejo nacional de ciencia y tecnología*. México D.F.

## Referencias bibliográficas.

---

- Terán A. 2008. *Precipitación Histórica y su Relación con el Riesgo de Inundaciones para México*, Tesis Doctoral, en Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- Vidal, R. 2005. *Las Regiones Climáticas de México. Temas selectos de Geografía de México*. Instituto de Geografía UNAM. México D.F.

## Fuentes

- International Research Institute for Climate and Society [www.iri.columbia.edu](http://www.iri.columbia.edu)
- National Oceanic and Atmospheric Administration, [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)
- Servicio Meteorológico Nacional. <http://smn.cna.gob.mx>

---

**ANEXOS**

**¡Hasta la victoria siempre, libertad o muerte!  
(Ernesto Che Guevara)**

**Anexo 1. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 1998**

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Ene 1	A.M.T	34.146	Agos 4	L.C	1548.442
Abr 22	C.C	27.384	6	L.C	1486.881
May 29	Vg	34.140	8	L.C	504.766
Jun 3	A.P	81.986	12	L.C	831.668
5	L.C	62.415	14	O.T	199.092
8	L.C	179.459	16	L.C	310.994
9	L.C	152.39	18	O.T	233.523
10	L.C	95.772	21	L.C	85.666
13	A.P	1910.311	22	L.C	208.766
16	L.C	398.676	23	L.C	485.551
17	L.C	224.622	25	O.T	177.508
18	L.C	691.502	27	L.C	85.551
20	L.C	219.875	30	D.T	618.203
22	L.C	1113.163	31	L.C	73.731
24	L.C	328.755	Sep 1	L.C	3863.403
25	L.C	172.824	4	L.C	200.863
26	L.C	295.879	5	B.P	326.051
27	L.C	1013.993	7	O.T	447.879
28	O.T	20.99	8	L.C	3827.914
29	B.P	147.359	10	L.C	7813.3
Jul1	L.C	3670.653	11	A.M.T	3202.187
2	L.C	2116.451	12	L.C	4324.883
6	L.C	28.628	13	B.P	3197.037
9	O.T	2175.869	14	L.C	912.759
11	L.C	396.217	16	L.C	5594.963
14	L.C	128.983	19	L.C	785.088
15	L.C	832.559	20	B.P	2557.382
16	L.C	296.695	24	L.C	731.911
17	L.C	47.114	27	L.C	2346.143
19	L.C	212.211	28	L.C	3515.262
20	L.C	973.006	29	L.C	1887.334
22	L.C	347.996	30	L.C	1999.75
23	A.M.T	34.142	Oct 3	O.T	120.794
26	L.C	27.714	4	L.C	19.904
27	A.M.T	434.66	19	C.T Lester	4308.489
29	L.C	141.789	20	C.T Lester	141.074
31	L.C	3252.106	22	F.F	145.781
			23	F.F	247.612

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximo. En base en el estudio de Terán los siguientes anexos presentan los días que tuvieron lluvias extremas y el fenómeno sinóptico que las ocasionaron

## Anexo 2. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 1999

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
May 9	B.P	141.9	12	A.M.T	439.657
16	Vg	22.2	13	O.T	45.733
27	A.M.T	342.4	16	O.T	214.588
28	A.M.T	108.8	17	O.T	225.239
Jun 9	A.M.T	154.2	19	B.P	243.744
11	L.C	89.1	22	Vg	491.016
13	A.M.T	882.7	23	D.T	96.687
14	O.T	904.6	24	O.T	1428.223
18	D.T	225.8	25	A.M.T	456.829
19	T.T	365.6	26	O.T	842.645
21	A.M.T	1709.1	27	O.T	163.165
22	O.T	556.1	28	D.T	215.295
23	O.T	795.5	29	O.T	158.906
24	O.T	3249.2	30	O.T	725.626
25	O.T	1750.1	31	A.M.T	23.833
27	O.T	167.5	Sep 2	B.P	2310.667
30	B.P	1750.3	3	Vg	442.104
Jul 1	B.P	2009.3	4	O.T	3623.863
2	O.T	6297.6	6	C.T GREG	3798.051
3	D.T	6266.8	8	A.M.T	568.659
4	B.P	218.6	9	O.T	394.716
5	Vg	1390.2	10	O.T	616.482
8	O.T	37.0	16	A.M.T	1083.521
9	A.M.T	54.9	17	D.T	313.253
10	T.T	392.6	23	A.M.T	54.607
12	O.T	545.0	25	A.M.T	105.876
16	A.M.T	70.5	28	L.C	90.549
17	A.M.T	1352.8	29	A.M.T	26.838
18	A.M.T	872.8	30	F.F	31.486
19	A.M.T	353.5	Oct 1	A.M.T	86.099
20	B.P	172.8	2	A.M.T	235.679
21	A.M.T	887.9	3	A.M.T	68.329
29	L.C	712.4	4	O.T	1932.507
30	A.M.T	264.2	5	A.M.T	2582.874
31	A.M.T	80.3	6	B.P	1159.823
Ago 1	O.T	329.6	7	D.T	557.168
3	A.M.T	101.3	8	D.T	1284.054
4	A.M.T	64.7	10	A.M.T	1143.252
6	A.M.T	77.1	14	A.M.T	410.599
7	C.T Dora	25.654	16	A.M.T	33.67

**Anexos.**

---

8	A.M.T	502.858	24	A.M.T	33.847
9	O.T	1043.232			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos.

## Anexo 3. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2000.

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Abr 2	A.M.T	13.345	12	A.M.T	389.201
28	A.M.T	25.101	26	P.T	660.724
May 7	V.M	18.595	27	O.T	58.762
20	A.M.T	104.778	28	O.T	201.069
22	A.M.T	258.257	29	O.T	132.045
24	A.M.T	33.74	30	Vg	44.313
26	A.M.T	126.913	31	O.T	60.931
27	L.C	183.859	Ago 1	O.T	291.637
28	L.C	247.437	2	O.T	653.267
29	A.M.T	275.893	3	O.T	3159.776
30	Vg	66.724	4	O.T	193.497
31	Vg	47.495	5	O.T	76.232
Jun 1	Vg	549.663	6	O.T	423.431
2	Vg	608.388	8	Vg	913.823
3	A.M.T	80.376	9	O.T	182.599
5	O.T	1470.088	11	D.T	44.567
6	O.T	1539.63	12	Vg	195.003
7	A.M.T	486.287	13	Vg	170.469
8	Vg	319.425	14	Vg	439.335
9	O.T	380.084	15	Vg	826.205
10	O.T	2219.443	18	A.M.T	56.655
11	O.T	817.917	20	O.T	432.769
12	O.T	1524.856	23	A.M.T	27.487
13	Vg	1125.757	25	A.M.T	41.119
14	Vg	508.031	26	A.M.T	91.771
15	Vg	171.248	27	A.M.T	178.583
16	T.T	169.199	28	O.T	113.864
17	A.M.T	2721.403	29	O.T	55.109
18	Vg	55.208	30	O.T	144.724
19	Vg	74.747	31	A.M.T	474.585
21	C.T	197.002	Sep 1	O.T	802.878
22	Vg	87.032	2	A.M.T	69.964
26	A.M.T	558.103	3	O.T	68.415
27	A.M.T	229.307	4	O.T	290.841
28	O.T	26.224	11	A.M.T	620.196
30	A.M.T	52.316	12	Vg	2617.226
Jul 1	A.M.T	221.71	13	A.M.T	816.587
3	O.T	68.752	14	A.M.T	977.263
4	A.M.T	19.119	15	A.M.T	564.151
7	Vg	73.816	16	A.M.T	344.87

## Anexos.

---

9	Vg	567.525	17	A.M.T	819.243
10	Vg	1353.819	18	A.M.T	110.779
11	Vg	515.224	19	D.T	1370.568
Fecha	Fenómeno	Precipitación			
20	A.M.T	20739.618			
21	T.T	4942.193			
22	B.P	230.068			
23	A.M.T	312.509			
24	Vg	331.525			
29	A.M.T	147.994			
Oct 1	A.M.T	163.088			
4	A.M.T	17.517			
6	A.M.T	235.378			
7	A.M.T	45.492			
9	F.F	53.336			
14	O.T	45.212			
15	O.T	72.432			
17	A.M.T	62.144			
25	A.M.T	17.940			
30	A.M.T	103.726			
Nov 25	F.F	45.353			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos



## Anexo 4. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2001

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Ene 04	F.F	79.949	12	L.C	971.527
9	C.C	70.392	13	L.C	79.064
Mar 02	C.C	4599.19	14	L.C	1231.17
Abr 25	F.F	135.779	15	L.C	238.869
26	F.F	647.176	16	L.C	126.327
27	F.F	52.234	18	L.C	144.523
28	L.C	80.554	19	L.C	472.832
May 07	A.M.T	151.614	20	L.C	31.868
11	A.M.T	84.977	21	L.C	164.602
12	B.P	17.958	22	L.C	597.659
20	A.M.T	52.168	23	L.C	16.785
22	A.M.T	71.073	24	O.T	288.899
23	O.T	460.453	25	L.C	1047.013
24	O.T	73.482	26	L.C	2962.72
29	A.M.T	2454.298	27	L.C	743.691
31	Vg	1082.958	28	O.T	31.361
Jun 01	L.C	28.069	29	L.C	66.413
2	O.T	284.313	31	L.C	103.093
4	L.C	273.483	Ago 02	L.C	115.819
5	L.C	445.394	4	O.T	39.224
6	L.C	1070.984	5	L.C	1047.981
7	L.C	160.359	6	L.C	1408.836
8	Vg	2562.899	7	L.C	137.908
9	Vg	461.213	10	L.C	178.165
10	Vg	79.072	11	O.T	281.213
11	Vg	2244.694	12	L.C	659.46
13	Vg	741.032	13	L.C	1135.256
14	Vg	162.08	15	L.C	483.57
15	O.T	2287.264	16	L.C	142.01
19	L.C	270.52	23	L.C	433.357
20	L.C	99.907	24	A.M.T	687.282
21	L.C	271.107	25	L.C	807.864
25	L.C	87.118	26	L.C	2751.413
26	L.C	108.271	27	L.C	837.443
27	L.C	39.625	28	L.C	623.015
30	Vg	18.706	29	L.C	944.432
Jul 01	Vg	1849.058	31	O.T	613.239
2	B.P	221.861	Sep 01	L.C	136.978
3	L.C	8032.61	2	O.T	231.1
5	A.M.T	61.628	4	O.T	737.219

## Anexos.

---

8	L.C	201.343	6	L.C	180.849
10	L.C	542.967	8	L.C	313.319
11	L.C	700.726	9	L.C	71.283
Fecha	Fenómeno	Precipitación			
10	B.P	208.563			
11	T.T	220.134			
13	L.C	232.208			
14	L.C	53.233			
18	L.C	1693.786			
19	O.T	182.577			
20	L.C	31.977			
22	L.C	59.731			
23	L.C	339.615			
24	L.C	1950.488			
25	A.M.T	1098.413			
26	F.F	113.974			
28	A.M.T	226.113			
Oct 3	A.M.T	138.917			
6	A.M.T	74.607			
10	B.P	95.94			
11	A.M.T	75.057			
12	A.M.T	139.293			
13	O.T	66.496			
14	O.T	1463.463			
15	A.M.T	147.173			
25	O.T	272.412			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

## Anexo 5. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2002.

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Ene 12	A.M.T	538.716	29	L.C	26.176
13	C.C	2552.944	31	L.C	126.074
14	C.C	72.978	Ago 1	L.C	459.589
Feb 12	C.C	2211.339	3	L.C	106.457
Abr 5	A.M.T	169.633	8	L.C	429.662
15	A.M.T	251.169	11	O.T	36.162
Jun 1	A.M.T	18.751	13	L.C	734.119
5	A.M.T	1178.902	14	L.C	65.236
6	L.C	38.359	15	L.C	40.613
7	L.C	1563.751	16	L.C	95.53
8	D.T	398.754	18	L.C	1337.094
9	D.T	601.38	19	L.C	251.138
11	L.C	1785.176	21	L.C	17.138
12	L.C	297.657	24	O.T	116.101
13	L.C	262.244	30	L.C	381.24
14	L.C	1510.115	31	L.C	172.814
15	L.C	486	Sep 1	L.C	41.361
16	L.C	48.472	3	L.C	85.738
22	L.C	1184.831	4	L.C	157.724
23	L.C	88.825	5	L.C	32.867
24	L.C	82.386	6	A.M.T	599.827
25	L.C	20.726	8	O.T	341.011
26	O.T	649.086	10	A.M.T	689.067
27	L.C	88.865	11	A.M.T	2148.745
28	L.C	869.916	12	L.C	1835.917
29	L.C	49.113	13	L.C	648.479
30	L.C	169.574	14	L.C	347.82
Jul 2	L.C	406.152	15	L.C	478.028
3	L.C	212.284	17	L.C	286.009
4	L.C	294.784	19	O.T	52.828
5	L.C	18.08	20	L.C	140.824
6	L.C	115.933	21	L.C	316.287
7	L.C	39.285	22	L.C	57.078
8	L.C	77.715	25	T.T	5921.639
9	L.C	207.385	26	D.T	1429.711
10	A.M.T	1227.397	27	A.M.T	342.01
11	L.C	629.863	28	A.M.T	845.636
13	L.C	1001.473	Oct 1	L.C	84.899
17	L.C	130.399	4	L.C	36.945
19	O.T	82.923	10	L.C	903.314

## Anexos.

---

21	L.C	1157.16	11	L.C	50.705
22	O.T	161.321	13	O.T	230.587
26	L.C	130.733	17	A.M.T	112.646
Fecha	Fenómeno	Precipitación			
24	CICLON	5811.236			
25	O.T	19120.692			
30	O.T	297.777			
Nov 2	L.C	1599.144			
3	D.T	12090.555			
4	D.T	369.121			
5	A.M.T	611.01			
10	A.M.T	159.762			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

## Anexo 6. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2003.

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Jun 1	D.T	286.531	30	L.C	794.839
2	D.T	200.058	31	L.C	744.022
3	B.P	97.486	Ago 2	O.T	682.022
4	B.P	703.214	4	V.M	386.375
5	B.P	94.935	6	O.T	81.639
6	B.P	151.89	7	L.C	158.122
9	Vg	1247.151	8	L.C	151.494
10	Vg	170.215	9	L.C	23.854
12	O.T	16.959	10	V.M	52.381
14	O.T	507.834	12	L.C	695.415
15	Vg	1504.329	13	L.C	48.988
16	V.M	410.893	14	L.C	19.854
17	V.M	318.677	16	L.C	687.653
18	T.T	1562.687	17	L.C	239.349
19	T.T	121.36	18	O.T	788.893
20	V.M	1580.474	19	L.C	1275.672
21	O.T	5558.971	20	L.C	110.623
22	L.C	342.152	21	L.C	53.867
23	O.T	101.611	22	O.T	117.71
24	V.M	540.3	23	V.M	50.623
25	V.M	125.638	28	V.M	449.555
26	V.M	236.147	30	L.C	314.724
27	T.T	53.174	31	L.C	92.656
28	L.C	41.784	Sep 1	L.C	879.198
29	L.C	500.728	3	L.C	375.901
30	Vg	879.198	4	L.C	748.492
31	Vg	162.348	5	L.C	336.586
Jul 3	L.C	709.637	6	L.C	162.348
5	V.M	453.526	7	Vg	1383.088
6	L.C	215.402	8	L.C	79.837
7	O.T	112.015	9	L.C	39.367
8	L.C	899.789	12	L.C	1406.043
9	O.T	28.891	14	L.C	434.949
15	L.C	525.999	15	O.T	56.099
16	V.M	1387.704	16	O.T	1072.213
17	V.M	105.54	17	L.C	1779.345
22	L.C	113.986	18	L.C	49.379
24	L.C	56.172	20	L.C	262.852
25	L.C	516.077	22	L.C	50.47
26	L.C	985.569	25	B.P	4216.864

## Anexos.

---

27	L.C	751.571	26	B.P	728.162
28	L.C	222.404	27	L.C	1588.935
29	L.C	326.261	28	L.C	213.61
29	V.M	296.614			
30	B.P	46.489			
Oct 2	O.T	22.912			
3	O.T	392.876			
4	L.C	46.873			
5	V.M	5274.162			
6	A.M.T	20224.852			
7	C.T	3386.373			
8	C.T	209.422			
9	L.C	41.677			
10	L.C	492.957			
12	L.C	245.457			
13	L.C	23.536			
14	L.C	643.344			
24	L.C	39.28			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

## Anexo 7. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2004.

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Ene 14	V.M	52.2	11	Vaguada	1430.3
15	C.C	2891.0	12	V.M	441.2
16	C.C	1932.7	15	O.T	681.5
30	C.C	14.8	18	L.C	468.1
Feb 16	C.C	21.2	19	L.C	1067.6
Mar 31	V.M	33.0	20	L.C	193.2
Abr 26	V.M	597.4	21	L.C	206.8
27	V.M	35.6	22	O.T	1986.4
May 1	B.P	136.0	23	V.M	129.4
13	C.C	199.8	24	L.C	143.5
22	B.P	717.4	26	B.P	428.3
31	Vg	601.0	27	B.P	676.1
Jun 1	Vg	302.0	30	V.M	458.2
2	B.P	183.3	Ago 1	L.C	2263.1
3	B.P	6471.8	2	O.T	495.3
4	O.T	342.6	3	L.C	191.3
5	O.T	31.5	4	L.C	1282.7
6	B.P	575.2	5	L.C	75.5
7	V.M	881.5	7	L.C	626.2
8	O.T	1042.8	8	L.C	257.0
9	V.M	857.3	10	V.M	290.1
10	Vg	370.1	12	V.M	119.9
11	O.T	97.6	13	L.C	153.0
13	B.P	815.4	19	L.C	302.1
14	B.P	81.2	20	L.C	1339.2
15	L.C	373.3	21	L.C	256.3
16	L.C	1118.4	23	L.C	61.0
17	V.M	230.4	25	V.M	15.7
18	O.T	146.8	26	L.C	281.3
23	O.T	1510.9	27	L.C	52.3
25	V.M	257.4	28	L.C	43.1
26	L.C	566.0	29	L.C	258.3
27	O.T	38.8	30	B.P	221.2
28	A.M.T	897.2	31	Vg	59.8
29	V.M	1104.1	Sep 1	L.C	370.9
30	O.T	534.4	3	V.M	118.1
Jul 01	V.M	524.9	4	L.C	139.4
2	O.T	214.1	5	L.C	60.3
3	L.C	418.5	6	L.C	777.4
4	L.C	42.8	7	L.C	127.1

## Anexos.

---

7	A.M.T	928.9	8	B.P	31.0
8	Vg	47.6	9	V.M	62.6
Fecha	Fenómeno	Precipitación			
12	L.C	40.8			
13	L.C	252.7			
16	L.C	389.3			
17	L.C	4476.0			
20	L.C	395.6			
22	L.C	47.8			
24	L.C	1171.4			
25	L.C	1162.6			
26	L.C	850.6			
27	B.P	481.7			
28	L.C	930.0			
29	L.C	27.1			
30	L.C	363.4			
Oct 3	L.C	37.8			
5	L.C	802.5			
7	L.C	277.4			
8	O.T	1325.7			
9	L.C	158.5			
12	L.C	214.4			
14	L.C	114.1			
15	B.P	839.1			
Nov 2	V.M	29.6			
14	V.M	619.8			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos



## Anexo 8 .Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2005

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Ene 23	V.M	305.954	10	B.P	441.164
Abr 22	B.P	592.192	12	V.M	250.631
May 18	V.M	1875.889	13	V.M	85.638
22	V.M	170.99	14	V.M	111.838
28	V.M	1181.993	15	B.P	227.175
Jun 19	B.P	99.979	17	O.T	48.98
21	B.P	87.789	18	O.T	132.236
22	B.P	3849.571	19	O.T	207.196
23	B.P	2054.358	20	B.P	71.288
24	B.P	1230.251	21	O.T	788.353
27	T.T	61.219	22	B.P	223.637
29	B.P	2869.911	24	V.M	2041.194
30	L.C	313.68	25	O.T	256.998
Jul 01	B.P	329.479	26	O.T	132.956
2	B.P	1521.586	27	V.M	23.625
3	V.M	20.107	28	L.C	5467.778
4	Vg	1372.477	29	Vg	1003.752
5	V.M	2426.887	30	B.P	1860.869
6	B.P	866.922	31	Vg	753.214
7	V.M	169.527	Sep 01	O.T	1727.517
9	V.M	165.472	2	B.P	900.821
10	V.M	840.294	3	O.T	135.431
11	Vg	148.293	5	V.M	52.372
13	B.P	515.977	7	V.M	194.043
15	B.P	98.357	8	V.M	246.053
16	O.T	5056.537	10	V.M	110.633
17	O.T	159.966	11	L.C	497.438
18	B.P	36.125	14	L.C	544.985
19	B.P	269.78	15	L.C	220.278
20	B.P	381.293	16	Vg	24.381
21	B.P	421.222	21	V.M	163.213
24	B.P	483.82	22	V.M	47.717
25	L.C	43.812	24	B.P	598.828
26	V.M	112.29	26	V.M	999.916
27	V.M	130.898	29	B.P	99.744
28	O.T	917.694	Oct 04	C.T STAN	9183.631
Ago 01	V.M	160.111	5	B.P	1338.864
3	B.P	18.605	6	B.P	3087.581
4	V.M	54.431	7	O.T	114.284
5	B.P	268.921	11	V.M	99.458
6	O.T	187.267	14	B.P	25.949

## Anexos.

---

7	B.P	38.687	15	B.P	91.704
9	V.M	433.171			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos.

## Anexo 9. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2006

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Abr 23	Vg	42.497	22	B.P	4545.234
30	B.P	1192.106	23	V.M	3909.626
4	Vg	50.245	24	O.T	21.785
14	V.M	86.81	25	V.M	50.142
16	F.F	69.386	26	V.M	142.064
21	B.P	26.89	28	V.M	810.557
26	Vg	43.612	29	Vg	202.608
29	Vg	150.674	Ago 02	B.P	7116.315
30	B.P	274.912	3	B.P	629.336
31	V.M	2466.446	4	V.M	43.127
Jun 01	V.M	200.15	5	B.P	414.988
2	V.M	1438.349	7	B.P	181.198
3	D.T	1013.008	8	V.M	223.708
5	Vg	667.356	9	V.M	409.618
6	B.P	1555.878	10	B.P	1918.889
7	Vg	166.45	14	V.M	84.964
9	B.P	127.833	17	Vg	612.652
16	Vg	67.214	20	B.P	52.654
17	Vg	28.672	21	Vg	32.643
18	B.P	4692.739	23	B.P	277.191
20	B.P	139.33	24	V.M	179.397
21	V.M	99.841	25	O.T	933.024
22	Vg	29.929	26	O.T	1156.564
23	V.g	225.724	28	L.C	175.944
24	Vg	352.906	29	Vg	202.402
26	Vg	31.956	30	C.T	2647.356
29	Vg	1503.794	Sep 01	B.P	130.947
30	V.M	147.415	2	Vg	137.548
Jul 01	Vg	192.913	3	B.P	122.091
2	Vg	58.641	5	O.T	284.919
3	B.P	39.769	6	O.T	654.582
6	B.P	300.578	9	L.C	82.673
7	B.P	349.731	10	O.T	16.279
10	B.P	61.45	11	B.P	24.156
11	B.P	51.395	13	L.C	159.511
12	Vg	54.768	14	L.C	39.982
13	Vg	18.198	15	L.C	3044.712
14	V.M	526.454	18	O.T	204.444
18	B.P	51.123	19	L.C	25.213
19	B.P	64.653	20	Vg	44.462

## Anexos.

---

20	V.M	21.665	23	L.C	34.481
21	Vg	3125.854	24	L.C	1624.347
27	L.C	38.423	29	L.C	5376.307
Fecha	Fenómeno	Precipitación			
Oct 05	L.C	138.015			
12	L.C	409.249			
14	L.C	1352.175			
15	B.P	4233.491			
18	B.P	181.333			
21	B.P	193.806			
22	L.C	84.032			
24	L.C	513.78			
27	L.C	1295.328			
Dic 08	V.M	65.954			

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

### Anexo 10. Listado de fenómenos meteorológicos y su aporte de precipitación 2007

Fecha	Fenómeno	Precipitación	Fecha	Fenómeno	Precipitación
Abr 30	L.C	89.182	9	Vg	194.481
May 01	L.C	764.856	10	Vg	722.416
26	V.M	47.157	11	Vg	605.803
27	B.P	1897.245	13	Vg	34.671
Jun 7	Vg	109.987	14	L.C	172.003
9	Vg	191.26	28	Vg	3358.681
15	Vg	337.872	Oct 04	Vg	124.649
18	Vg	1770.45	10	Vg	161.254
20	Vg	786.016	20	Vg	45.646
22	L.C	263.389	23	Vg	6737.786
25	Vg	199.091			
26	L.C	25.053			
27	L.C	1838.731			
28	Vg	919.007			
29	O.T	1683.786			
Jul 05	Vg	627.728			
6	B.P	85.235			
16	Vg	81.495			
17	O.T	1434.554			
18	Vg	12573.066			
19	Vg	158.994			
28	Vg	790.333			
29	Vg	66.679			
30	Vg	1043.725			
Ago 05	O.T				
7	Vg	4686.933			
8	Vg	1457.215			
14	Vg	544.546			
16	Vg	942.206			
17	Vg				
18	Vg	1496.134			
21	Vg	112.42			
22	Vg				
23	D.T	31146.215			
26	Vg	2133.48			
27	Vg	2346.958			
28	Vg				
30	Vg	197.263			
Sep 01	Vg	1747.083			
2	L.C	148.429			

## Anexos.

---

3	Vg	1920.692
7	Vg	327.664
8	Vg	1389.376

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

### Anexo 11 Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 1998.

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
A.M.T	2	3236.329	4
A.P	2	1992.297	2
B.P	4	6563.223	8
F.F	2	427.539	1
Ciclón	1	4449.563	5
L.C	24	64008.9	75
O.T	7	3841.051	5
D.T	1	618.203	1
Vaguada	1	34.140	0

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximo

### Anexo 12. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 1999

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
A.M.T	22	21837.738	30
B.P	6	6718.24	9
D.T	6	10487.509	14
T.T	1	392.631	1
Ciclón	2	3824.16	5
F.F	1	31.486	0
L.C	3	962.058	1
O.T	17	26147.724	36
Vaguada	4	2345.476	3

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

### Anexo 13. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2000

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
A.M.T	25	35858.338	48
B.P	2	253.647	0
F.F	2	98.689	0
Ciclón	1	74.747	0
O.T	19	12364.104	17
D.T	4	8124.602	11
Vaguada	14	17044.873	23
L.C	1	431.296	1
V.M	1	18.595	0

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

### Anexo 14. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2001

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
A.M.T	13	5613.886	8
B.P	4	544.322	1
C.C	1	4599.19	7
F.F	3	985.53	1
L.C	19	38181.189	57
O.T	12	7312.715	11
D.T	1	220.134	0
Vaguada	5	9201.712	14

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos



### Anexo 15. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2002

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
A.M.T	12	8373.343	10
C.C	2	4837.261	6
D.T	4	20811.16	24
Ciclón	1	5811.236	7
L.C	23	24313.275	29
O.T	10	21126.395	25

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

### Anexo 16. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2003

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
A.M.T	1	20224.852	30
B.P	4	6039.04	9
D.T	4	1737.221	3
L.C	22	24250.208	36
O.T	9	4900.624	7
V.M	11	6512.157	10
Vaguada	3	4304.783	6

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

### Anexo 17. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2004

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
A.M.T	2	1826.074	3
B.P.	11	13164.331	22
C.C.	4	2168.55	4
L.C.	26	23708.191	40
O.T.	12	8416.853	14
V.M.	19	6934.844	12
Vg	6	2810.833	5

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

**Anexo 18. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2005.**

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
B.P	22	25002.449	37
C.T	1	9183.631	14
L.C	5	7087.971	11
O.T	9	9865.415	15
V.M	20	12474.345	19
D.T	1	61.219	0
Vg	5	3302.117	5

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos.

**Anexo 19. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2006**

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
B.P	24	33583.811	44
D.T	1	1013.008	1
F.F	1	69.386	0
C.T	1	2647.356	3
L.C	12	13311.589	17
O.T	5	3463.803	5
V.M	14	11301.762	15
Vg	20	11329.683	15

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos

**Anexo 20. Listado de eventos totales y su aporte de lluvia en milímetros y porcentaje, para 2007**

Nombre del evento	Numero de eventos	Precipitación en mm	% de precipitación
B.P	2	1982.48	4
L.C	6	3301.643	6
O.T	2	3118.34	6
V.M	1	47.157	0
Vg	24	45100.59	84
C.T	1	150	0

A.M.T: aire marítimo tropical; A.P: alta presión; B.P: baja presión; F.F: frente frío; C.T: ciclón tropical; L.C: línea de convergencia; O.T: onda tropical; D.T: depresión tropical; Vg: vaguada; V.M: vientos máximos