



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Caracterización de dos eventos
hidrológicos ocurridos en los
años 1988 y 2011 en el Valle de
México**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

P R E S E N T A

David Romero García

DIRECTOR DE TESIS

Maritza Liliana Arganis Juárez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/068/17

Señor
DAVID ROMERO GARCÍA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora DRA. MARITZA LILIANA ARGANIS JUÁREZ, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

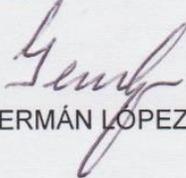
**"CARACTERIZACIÓN DE DOS EVENTOS HIDROLÓGICOS OCURRIDOS EN LOS AÑOS 1988 Y 2011
EN EL VALLE DE MÉXICO"**

- I. INTRODUCCIÓN
- II. MARCO TEÓRICO
- III. METODOLOGÍA
- IV. RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- REFERENCIAS
- ANEXOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 22 de agosto del 2017.
EL PRESIDENTE


M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLR/MTH*gar.

Dedicatoria

A Dios, mi familia y amigos

Agradecimientos

Agradezco a la Dra. Maritza Arganis, por dirigir esta tesis, por brindarme su tiempo y apoyo; Al Dr. Ramón Domínguez por revisar y realizar comentarios que enriquecieron este trabajo, Mtra Guadalupe Fuentes, M. I. Hugo Haaz y M. I. Takashi Sepúlveda, gracias por su atención y comentarios para la culminación de este trabajo.

Al instituto de Ingeniería de la UNAM y al *Programa de Estudiantes del Instituto de Ingeniería*.

ÍNDICES

Índice general

I	Introducción	1
I. i	Planteamiento del problema.....	1
I. ii	Justificación	3
I. iii	Objetivos.....	4
	Objetivo general.....	4
	Objetivos particulares.....	4
I. iv	Descripción de la zona de estudio.....	5
I. v	Antecedentes	10
I. vi	Marco histórico	11
	Sobre la lluvia de 1988.....	11
	Sobre la lluvia de 2011.....	16
II	Marco teórico	23
II. i	El agua	23
	Ciclo hidrológico.....	23
	Diferencia entre cuenca hidrológica y cuenca hidrográfica	24
II. ii	Inundaciones	24
II. iii	Ciclones tropicales.....	25
	Escala Saffir- Simpson.....	26
II. iv	Sistema de drenaje	26
II. v	Lluvia.....	28
	Precipitación media.....	31
	Hidrograma	32
	Hietograma.....	34
II. vi	Coefficiente de escurrimiento	34
	Factores que afectan el escurrimiento	35
	Método de Raws.....	35
	Método Prevert.....	35

Valores de coeficiente de escurrimiento según Aparicio	36
Valores del coeficiente de escurrimiento según Catalá.....	37
II. vii Interpolación de datos faltantes.....	38
II. viii Sistemas de información geográfica	38
III Metodología	39
III. i Información periodística	39
III. ii Información pluviométrica	39
III. iii Información hidrométrica.....	40
III. iv Coeficientes de escurrimiento	41
Ejemplo 1	41
Ejemplo 2	42
IV Resultados	43
IV. i Información pluviométrica	43
Datos de las estaciones pluviométricas e hidrométricas.....	43
Mapas de isoyetas.....	43
Hietogramas	45
Curvas masa	46
IV. ii Información hidrométrica.....	47
Datos de estaciones hidrométricas	47
Hidrogramas.....	47
IV. iii Coeficientes de escurrimiento	48
Resultados del ejemplo 1.....	48
Resultados del ejemplo 2.....	51
V Conclusiones y recomendaciones.....	53
Conclusiones	53
Recomendaciones.....	54
VI Referencias	57
Periódicos.....	60
VI. i Bibliografía	62
VII Anexos.....	63
VII. i Datos de estaciones pluviométricas.....	64
VII. ii Datos de estaciones hidrométricas	67
VII. iii Hidrogramas de la tormenta de 1988	70
VII. iv Hidrogramas de la tormenta de 2011	79

VII. v	Hietogramas de la tormenta de 1988.....	83
VII. vi	Hietogramas de la tormenta de 2011.....	85
VII. vii	Mapas de isoyetas de la tormenta de 1988.....	87
VII. viii	Mapas de isoyetas de la tormenta de 2011.....	92

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Creación del departamento del valle de México en 1859. Fuente: McGowan, 2013.	5
Ilustración 2. El valle de México en 1521. Fuente: Portal académico CCH, UNAM (2015)	5
Ilustración 3. Valle de México. Fuente: Centro Virtual de Información del Agua (s. f.).....	5
Ilustración 4. División de aguas superficiales. Fuente: INEGI (2010).....	6
Ilustración 5. Subcuenca hidrográfica RH26DP. Fuente: INEGI (2010).....	7
Ilustración 6. Trayectoria del huracán <i>Debby</i> - 31 de agosto al 8 de septiembre de 1988. Fuente: Gerrish (s. f.).....	12
Ilustración 7. Etapas de evolución. Fuente: elaboración propia con información de: Gerrish (s. f.)	12
Ilustración 8. Mapas de precipitación de <i>Arlene</i> . Fuente: Hdz. y Bravo (2011)	17
Ilustración 9: Etapas de evolución. Fuente: Elaboración propia con información de Hdz. y Bravo (2011).....	17
Ilustración 10. Elementos principales del ciclo hidrológico; Fuente: elaboración propia con información de Maderey y Jiménez (2005).....	23
Ilustración 11. Ciclo hidrológico. Fuente: Maderey y Jiménez (2005).....	24
Ilustración 12. Ciclones tropicales. Fuente: elaboración propia con información del CENAPRED (2014)	25
Ilustración 13. Escala Saffir- Simpson. Fuente: modificado de Jiménez, Fuentes y Prieto (2014).	26
Ilustración 14. Drenaje de la Ciudad de México. Fuente: Urbanisten (s. f.)	27
Ilustración 15. Conceptos generales y características de precipitación. Fuente: elaboración propia con información de Aparicio (1992)	29
Ilustración 16. Clasificación de la lluvia. Fuente: elaboración propia con información de Sánchez (2008).	30
Ilustración 17. Pluviómetro. Fuente: Aparicio (1992).....	30
Ilustración 18. Pluviógrafo. Fuente: Aparicio (1992).....	30
Ilustración 19. Partes de un hidrograma. Fuente: elaboración propia con información de Aparicio (1992)	32
Ilustración 20. Hidrograma. Fuente: Aparicio (1992).....	33
Ilustración 21. Ejemplo de hietograma. Fuente: Sánchez (2008).....	34
Ilustración 22. Escala de color. Fuente: elaboración propia.....	40
Ilustración 23. Croquis de ubicación de la zona Oriente del Valle de México. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, delimitación de la zona: Instituto de Ingeniería.....	52

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de la subcuenca hidrográfica RH26Dp. Fuente: INEGI (2010).....	7
Tabla 2. Capacidades de algunos elementos del Sistema de Drenaje Profundo. Fuente: SACMEX (2012).....	28

Tabla 3. Capacidad de elementos del sistema de drenaje de la Ciudad de México. Fuente: SACMEX (2012).....	28
Tabla 4. Método Raws. Fuente: Ibáñez, et al.	35
Tabla 5. Método Prevert. Fuente: TRAGSA (1998).	36
Tabla 6. Valores de coeficiente de escurrimiento. Fuente: Aparicio (1992).....	36
Tabla 7. Coeficientes de escurrimiento para distintas áreas urbanas. Fuente: Catalá (1989)....	37
Tabla 8. Coeficientes de escurrimiento para distintas superficies receptoras. Fuente: Catalá (1989).	37
Tabla 9. Coeficientes de escorrentía para zonas rurales. Fuente: Catalá (1989).....	37
Tabla 10. Datos parciales de estaciones pluviométricas. Fuente: elaboración propia con información de CLICOM.	43
Tabla 11. Datos parciales de información hidrométrica. Fuente: CLICOM.	47
Tabla 12. Áreas para la estimación del coeficiente de escurrimiento ponderado, para el año 1988. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI.....	49
Tabla 13. Áreas para la estimación del coeficiente de escurrimiento ponderado, para el año 2011. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI.....	50
Tabla 14. Valores de precipitación promedio en las cuencas de oriente en 1988. Fuente: elaboración propia con datos de CLICOM.....	51
Tabla 15. Coeficiente de escurrimiento en 1988 para la zona Oriente del Valle de México. Fuente: Elaboración propia con base en información de CLICOM Y BANDAS.....	51
Tabla 16. Cálculo del coeficiente de escurrimiento ponderado, zona Oriente del Valle de México. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI.....	52
Tabla 17. Datos de estaciones pluviométricas. Fuente: Elaboración propia con información de CLICOM.....	64
Tabla 18. Gastos y escalas máximos. Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS.....	67
Tabla 19. Gastos medios diarios para estaciones, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS.	68
Tabla 20. Gastos medios diarios para estaciones, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS.	69

Índice de gráficas

Gráfica 1. Hietogramas 1988. Fuente: elaboración propia con información de SACMEX.	45
Gráfica 2. Hietogramas 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	45
Gráfica 3. Curva masa de estaciones, 1988. Fuente: Elaboración propia con datos del SACMEX.	46
Gráfica 4. Curva masa de estaciones, 2011. Fuente: Elaboración propia con datos del SACMEX.	46
Gráfica 5. Hidrograma Molino Blanco. Fuente: Elaboración propia con datos del BANDAS.	47
Gráfica 6. Hidrograma El Molinito. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	47
Gráfica 7. Hidrograma de salida de las cuencas de oriente en 1988. Fuente: elaboración propia con información del BANDAS.....	51

Gráfica 8. Hidrograma estación <i>Km 6+250</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	70
Gráfica 9. Hidrograma estación <i>El molinito</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	70
Gráfica 10. Hidrograma estación <i>San Juan Ixhuatepec</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS	70
Gráfica 11. Hidrograma estación <i>Totolica</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	70
Gráfica 12. Hidrograma estación <i>Texcoco</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	71
Gráfica 13. Hidrograma estación <i>Atenco</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	71
Gráfica 14. Hidrograma estación <i>Chapingo</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	71
Gráfica 15. Hidrograma estación <i>San Andrés</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	71
Gráfica 16. Hidrograma estación <i>La Grande</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	72
Gráfica 17. Hidrograma estación <i>Tepexpan</i> : Elaboración propia con información del BANDAS.....	72
Gráfica 18. Hidrograma estación <i>Tejocote</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	72
Gráfica 19. Hidrograma estación <i>El Salitre</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	72
Gráfica 20. Hidrograma estación <i>San Mateo</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	73
Gráfica 21. Hidrograma estación <i>San Lucas</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	73
Gráfica 22. Hidrograma estación <i>San Marcos</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	73
Gráfica 23. Hidrograma estación <i>Ventorrillo</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	73
Gráfica 24. Hidrograma estación <i>Km 14+000</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	74
Gráfica 25. Hidrograma estación <i>Km 2+120 Bombas</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS	74
Gráfica 26. Hidrograma estación <i>Km 27+250</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	74
Gráfica 27. Hidrograma estación <i>Puente de vigas</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	74
Gráfica 28. Hidrograma estación <i>Las arboledas</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	75
Gráfica 29. Hidrograma estación <i>Etchegaray</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	75
Gráfica 30. Hidrograma estación <i>La draga</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	75

Gráfica 31. Hidrograma estación <i>El conde</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	75
Gráfica 32. Hidrograma estación <i>Puente la llave</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	76
Gráfica 33. Hidrograma estación <i>La conchita</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	76
Gráfica 34. Hidrograma estación <i>Calacoaya III</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	76
Gráfica 35. Hidrograma estación <i>Santa Teresa</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	76
Gráfica 36. Hidrograma estación <i>Los Reyes</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	77
Gráfica 37. Hidrograma estación <i>Santa Cruz</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	77
Gráfica 38. Hidrograma estación <i>Calacoaya IV</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	77
Gráfica 39. Hidrograma estación <i>Garcés</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	77
Gráfica 40. Hidrograma estación <i>San Bartolito</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	78
Gráfica 41. Hidrograma estación <i>La agraria</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	78
Gráfica 42. Hidrograma estación <i>Texcoco</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	79
Gráfica 43. Hidrograma estación <i>Chapingo</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	79
Gráfica 44. Hidrograma estación <i>San Andrés</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	79
Gráfica 45. Hidrograma estación <i>San Mateo</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	79
Gráfica 46. Hidrograma estación <i>San Lucas</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	80
Gráfica 47. Hidrograma estación <i>San Marcos</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	80
Gráfica 48. Hidrograma estación <i>Las arboledas</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	80
Gráfica 49. Hidrograma estación <i>Etchegaray</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	80
Gráfica 50. Hidrograma estación <i>El Conde</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	81
Gráfica 51. Hidrograma estación <i>Santa Teresa</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	81
Gráfica 52. Hidrograma estación <i>Santa Cruz</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	81
Gráfica 53. Hidrograma estación <i>Calacoaya IV</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	81

Gráfica 54 Hidrograma estación <i>La agraria</i> . Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.....	82
Gráfica 55. Hietograma estación 7, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	83
Gráfica 56. Hietograma estación 25, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	83
Gráfica 57. Hietograma estación 29, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	84
Gráfica 58. Hietograma estación 35, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	84
Gráfica 59. Hietograma estación 7, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	85
Gráfica 60. Hietograma estación 25, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	85
Gráfica 61. Hietograma estación 29, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	86
Gráfica 62. Hietograma estación 35, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.	86

Índice de mapas

Mapa 1. Climas. Fuente: Elaboración propia con información de CONABIO e INEGI.	8
Mapa 2. Elevaciones. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI.	9
Mapa 3. Mapa de isoyetas, 4 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.....	44
Mapa 4. Regionalización del coeficiente de escurrimiento para alrededor del año 1988. Fuente: elaboración propia con información de INEGI.	48
Mapa 5. Regionalización del coeficiente de escurrimiento para alrededor del año 2011. Fuente: elaboración propia con información de INEGI.	49
Mapa 6. Mapa de isoyetas, 2 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.....	87
Mapa 7. Mapa de isoyetas, 3 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.....	88
Mapa 8. Mapa de isoyetas, 4 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.....	89
Mapa 9. Mapa de isoyetas, 5 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.....	90
Mapa 10. Mapa de isoyetas, 6 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.....	91
Mapa 11. Mapa de isoyetas, 27 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.	92
Mapa 12. Mapa de isoyetas, 28 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.	93
Mapa 13. Mapa de isoyetas, 29 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.	94

Mapa 14. Mapa de isoyetas, 30 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM	95
Mapa 15. Mapa de isoyetas, 01 de julio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM	96
Mapa 16. Mapa de isoyetas, 02 de julio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM	97

I INTRODUCCIÓN

I. i Planteamiento del problema

Desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad, en el Valle de México ha existido la necesidad de controlar, extraer y desalojar el agua para que el ser humano pueda llevar a cabo sus actividades; para lograr cubrir esa necesidad, se han estado construyendo obras hidráulicas, como por ejemplo: lagunas artificiales, presas y canales.

En donde antes había cuerpos de agua, actualmente se encuentran establecidas comunidades que padecen de continuas inundaciones, pues se ubican en partes bajas donde tiende a acumularse el agua pluvial y no es desalojada eficientemente por motivos concernientes a la red de drenaje.

Desde hace algunos años, se ha venido estudiando el problema de las inundaciones y sus consecuencias en el área del Valle de México. También se ha advertido que la construcción de un aeropuerto en la zona del lago de Texcoco, implica un aumento en el riesgo de inundaciones a las zonas aledañas, pues el área sirve como un vaso regulador según el secretario de Obras y Servicios del Distrito Federal (hoy en día Ciudad de México) en 1999, César Buenrostro (Bermeo, A., 22 de marzo de 1999); dado que las obras de construcción del *Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM)* ya han comenzado, habrá que realizar obras de protección contra avenidas.

La red del sistema de drenaje es antigua y no fue diseñada considerando lo anterior, ni para evacuar los gastos generados por el escurrimiento del agua pluvial, que como indica López M. (2011) en el sistema de drenaje existe un déficit de $150 \text{ m}^3/\text{s}$; desde finales de los años 80 a la

fecha, se ha observado un incremento en la intensidad de las lluvias respecto a años anteriores. En este periodo de tiempo se han presentado precipitaciones extraordinarias, de las cuales, dos han rebasado la media histórica en todo el Valle de México; la primera, el 4 de septiembre de 1988 y la segunda, el 31 de junio del 2011.

Es de competencia gubernamental reducir el riesgo que representan las inundaciones para la población e infraestructura, realizando estudios hidrológicos para construir, mejorar y/o mantener obras hidráulicas. Actualmente se analizan las modificaciones que harán más eficiente el control de inundaciones del oriente del Valle de México. (CONAGUA, s. f.)

I. ii Justificación

Aguilar, Aparicio y Gutiérrez (2007), consideran que son actividades necesarias: la construcción acelerada de obras complementarias, estudio completo de condición de descarga, radar de lluvia que permita relacionar precipitación y escurrimiento con la distribución espacial, diagnóstico de presas al poniente de la ciudad de México, actualización de estudios de coeficientes de escurrimiento y actualización del plan maestro de drenaje.

Las continuas inundaciones que se presentan, principalmente en temporada de lluvias, en el valle de México, y que afectan a la población y sus actividades, por ser esta zona un centro económico y político del país, se hace necesaria la realización de estudios hidrológicos para estimar la cantidad de agua que ha de desalojarse, teniendo en cuenta todas las causas, como por ejemplo; la pérdida de capacidad de regulación de avenidas, el hundimiento del suelo de algunas zonas, el aumento de la población y cambio climático.

Siendo la lluvia, la principal causa de las inundaciones, en este estudio se caracterizan dos lluvias extraordinarias que han superado la media histórica y pusieron a prueba el sistema de drenaje del Valle de México.

I. iii Objetivos

Objetivo general

Caracterizar los dos eventos de precipitación ocurridos el 4 de septiembre de 1988 y 30 de junio de 2011 en el Valle de México.

Objetivos particulares

Investigar en artículos periodísticos los efectos de las precipitaciones y su evento meteorológico asociado.

Obtener mapas diarios de isoyetas.

Trazar los hidrogramas de estaciones hidrométricas

Trazar los hietogramas y curvas masa de algunas estaciones pluviográficas.

Estimar los coeficientes de escurrimiento en el área de estudio.

Estimar los volúmenes de agua infiltrada y escurrida de cuencas con mejores datos de escurrimiento.

I. iv Descripción de la zona de estudio

Para comenzar con la descripción de la zona de estudio, es necesario mencionar qué se entiende por “Valle de México”

El término “Valle de México” es relativamente antiguo; según McGowan, (2013) probablemente el origen de esta área como entidad política se remonta a 1824; Una de las definiciones de los límites territoriales fueron establecidos por el Congreso Constituyente del Estado de México; “se extendía hasta la Sierra Nevada, al Este, los volcanes Tlaloc y Ajusco al Sur, los poblados de Santa Fe y Monte Alto al Oeste y la Laguna de Zumpango al Norte” (McGowan, 2013, p. 22)

En la Ilustración 1 se puede observar la delimitación territorial del Valle de México y las cabeceras que contiene.



Ilustración 1. Creación del departamento del valle de México en 1859. Fuente: McGowan, 2013.

Otra de las delimitaciones de la zona, puede apreciarse en las Ilustraciones 2 y 3. Teniendo esta información, entonces se puede decir que “Valle de México” se refiere a una zona plana: a un territorio relativamente pequeño ubicado en la parte más baja (Legorreta, 2013)

El Valle de México en 1521



Ilustración 2. El valle de México en 1521. Fuente: Portal académico CCH, UNAM (2015)

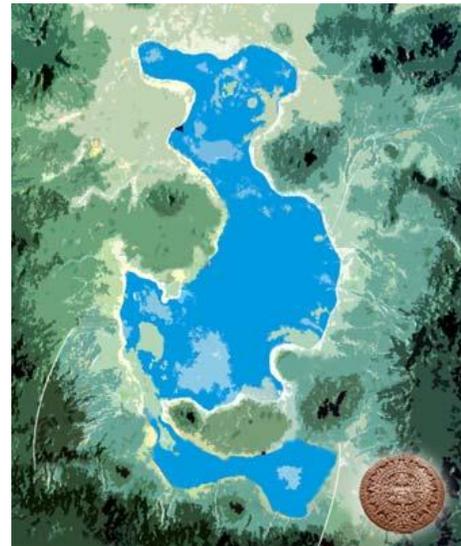


Ilustración 3. Valle de México. Fuente: Centro Virtual de Información del Agua (s. f.)

Ya que esta investigación tiene un carácter hidrológico y se basa en la observación de escurrimientos superficiales provenientes de la precipitación pluvial, el área de estudio se establecerá con un criterio que obedece a fronteras naturales delimitadas por parteaguas y no por límites administrativos. El sitio de estudio corresponde a una subcuenca hidrográfica establecida por la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), teniendo en cuenta la disponibilidad pública y de carácter gratuito de la información correspondiente.

La cuenca hidrográfica es una unidad morfológica superficial que está delimitada por parteaguas de donde escurren aguas superficiales; estas pueden dividirse en subcuencas; la delimitación de las cuencas, involucra la demarcación de áreas de drenaje superficial donde las precipitaciones principalmente pluviales que caen sobre esta, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto (INEGI- INE- CONAGUA, 2007)

La división de aguas superficiales es la descrita en el *Documento Técnico Descriptivo de la red hidrográfica escala 1: 50 000 edición 2.0* del INEGI (2010), la cual se muestra en la Ilustración 4.



Ilustración 4. División de aguas superficiales. Fuente: INEGI (2010).

Se observa que hay tres niveles de segregación que son:

- Región hidrográfica, área delimitada por una divisoria. México tiene 37 divisiones
- Cuenca hidrográfica
- Subcuenca hidrográfica

La unidad de trabajo que se utilizará es la subcuenca hidrográfica RH26Dp- L. Texcoco y Zumpango que corresponde aproximadamente al área del Valle de México (mostrada en las Ilustraciones 1, 2 y 3), perteneciente a la cuenca hidrográfica río Moctezuma que a su vez, pertenece a la región hidrográfica Pánuco (ver Ilustración 5).

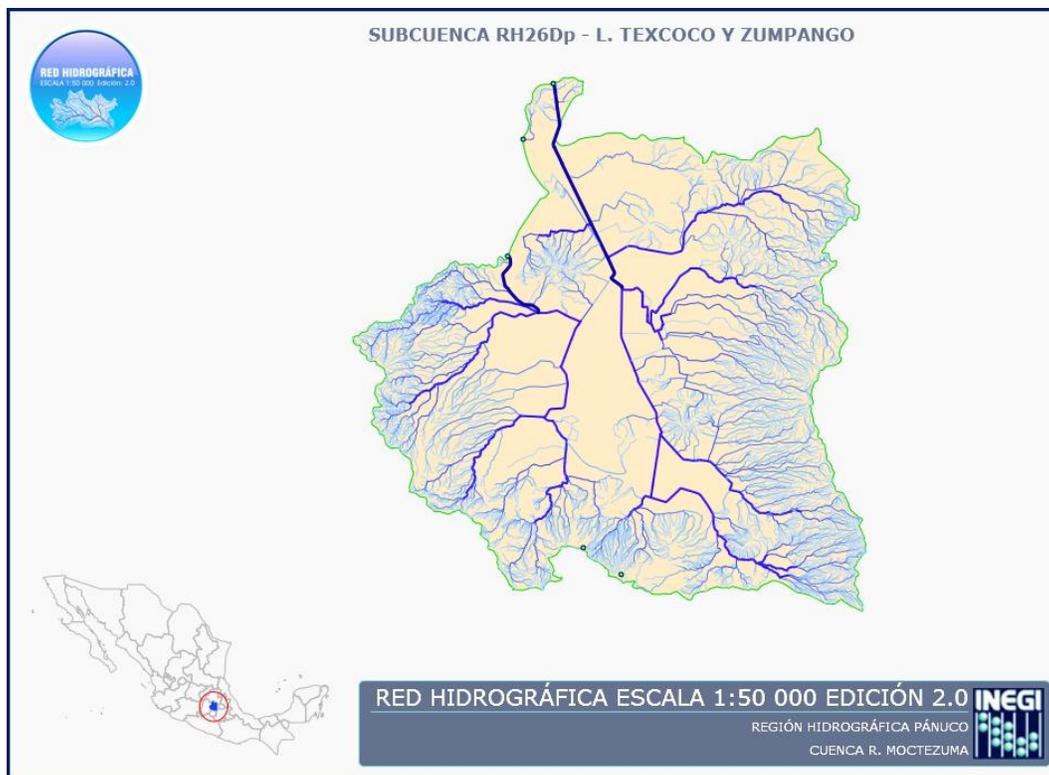


Ilustración 5. Subcuenca hidrográfica RH26DP. Fuente: INEGI (2010)

Las características de la subcuenca hidrográfica se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Descripción de la subcuenca hidrográfica RH26Dp. Fuente: INEGI (2010)

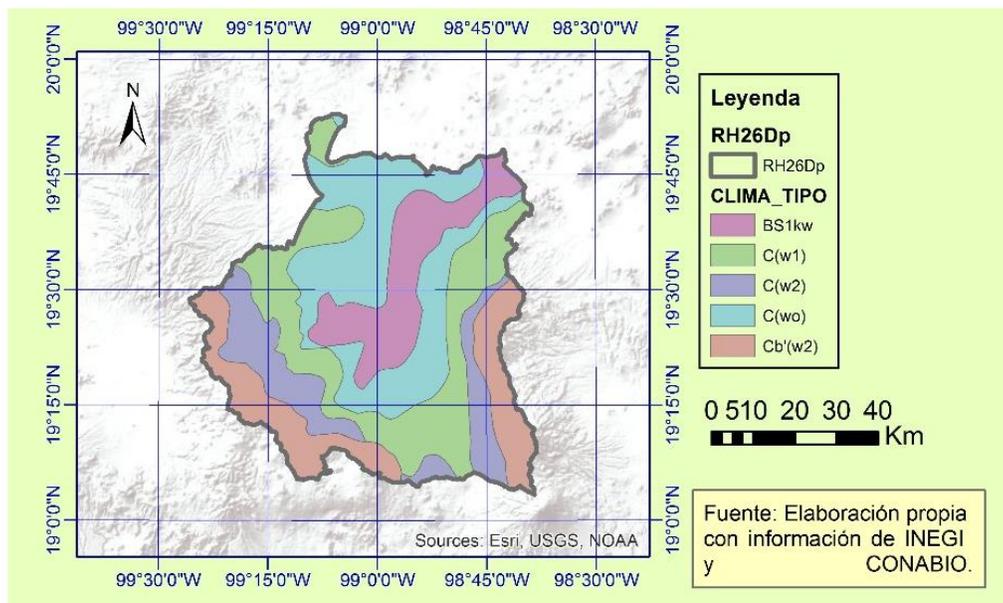
Tipo	Endorreica
Lugar principal de drenaje	Río Salado
Drenaje 2	Río Cuautitlán
Drenaje 3	Tepozotlán
Parámetros hidrográficos	
Perímetro	393.84 km
Área	4865.49 km ²
Densidad de drenaje	1.35
Coefficiente de compacidad	1.5922
Longitud de corriente principal	126334 m
Elevación máxima de subcuenca	5200 m
Elevación mínima en subcuenca	2240
Elevación máxima de corriente principal	4000 m

Elevación mínima de corriente principal	2310 m
Pendiente media de subcuenca	12.67 %
Pendiente de corriente principal	1.337 %
Sinuosidad de corriente principal	1.22268
Longitud promedio de flujo superficial	0.185185 km

Clima

El clima del Valle de México se ilustra en el Mapa 1. Se utiliza la clasificación de Köppen modificada por García (1964). Los datos en la leyenda del tipo de clima, son los siguientes:

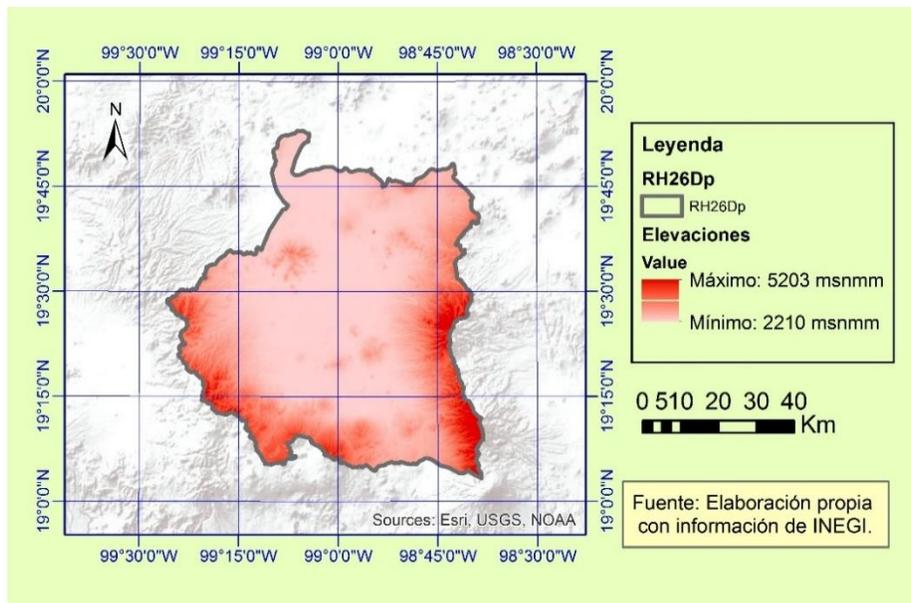
- BS1kw clima seco estepario (temperatura (T) media anual menor a 18°C, relación precipitación/temperatura mayor a 22.9 y un régimen de lluvias en verano).
- C(w0) clima templado (T media anual entre 12 y 18 °C) subhúmedo (régimen de lluvias en verano) menos húmedo (relación precipitación/temperatura menor a 43.2)
- C(w1) clima templado (T media anual entre 12 y 18 °C) subhúmedo (régimen de lluvias en verano) con humedad media (relación precipitación/temperatura entre 43.2 y 55)
- C(w2) clima templado (T media anual entre 12 y 18 °C) subhúmedo (régimen de lluvias en verano) más húmedo (relación precipitación/temperatura mayor a 55)
- Cb'(w2) clima semifrío (T media anual entre 5 y 12 °C) subhúmedo (régimen de lluvias en verano) con humedad más húmedo (relación precipitación/temperatura mayor a 55)



Mapa 1. Climas. Fuente: Elaboración propia con información de CONABIO e INEGI.

Elevaciones

En el Mapa 2 muestra las elevaciones del interior del Valle de México, según datos de INEGI (2017).



Mapa 2. Elevaciones. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI.

II ANTECEDENTES

I. v Antecedentes

La historia de las obras hidráulicas en el Valle de México se remonta al periodo posclásico, antes de la llegada de los españoles, con los Mexicas. Para controlar inundaciones en la ciudad de Tenochtitlán, se construyó un albardón, hoy conocido como el *albardón de Nezahualcóyotl*; seguía una línea desde el cerro del Tepeyac hasta la sierra de Santa Catarina. Una lluvia intensa, años después, en la segunda mitad del siglo XVI, impulsa la decisión de construir la *albarrada de San Lázaro*.

Con la desecación de los lagos y la expansión de la mancha urbana hacia las zonas bajas, las inundaciones siguieron siendo un problema. En el siglo XVII se comienza la construcción de un desagüe al norte del Valle de México, que consistía en un tramo de zanja desde Zumpango hasta Huehuetoca continuando con un túnel y después otro tramo a cielo abierto, que llegaba hasta el río Tula, para desalojar el agua; hubieron problemas con esta obra, pues en el tramo de túnel hubo derrumbes que lo obstruyeron. Poumarède (1860) apunta que estas obras sólo sirvieron (en ese entonces) para que las inundaciones fueran menos frecuentes aunque sin descartar el peligro de un gran desastre. En julio de 1857, se llevó a cabo un balance hídrico del Valle de México tomando en cuenta los volúmenes de evaporación, precipitación y entradas por corrientes superficiales, en un periodo determinado de tiempo. Según los cálculos, el nivel del agua debía haber subido más de lo que realmente subió; se infirió entonces que existían zonas donde el agua se infiltraba al suelo. En ese entonces, se trataba de mantener el nivel del agua de la laguna de Texcoco lo más bajo posible, y así poder contener las aportaciones de agua de fenómenos de precipitación pluvial y el deshielo de las nieves del Popocatepetl “... para que las aguas que proceden de las lluvias extraordinarias, o de cualquier otro fenómeno meteorológico, análogo a los que hemos citado ya, pueda fácilmente tener allí cabida, sin peligro de que inunde a la ciudad y al Valle de México...”(Poumarède, 1860, p. 33)

No fue sino hasta 1865, que se tomó una decisión de qué hacer y se inició con la construcción de *el Gran Canal*, un canal de desagüe que cuyo trazo fue desde el lago de Texcoco hasta el

inicio del túnel en Zumpango, llamado también *túnel de Tequixquiac*; la obra fue inaugurada en 1900 por Porfirio Díaz. Poco después el funcionamiento del canal se vio afectado por el hundimiento de la ciudad y por el aumento de la población.

Las inundaciones siguieron presentándose entre 1941 y 1951, a lo que se comenzó a ampliar la capacidad del gran canal, instalando plantas de bombeo para desalojar el agua y ampliación de secciones. También se excavó un segundo túnel de Tequixquiac (Domínguez, 2000).

Todas estas obras fueron deteriorándose y disminuyendo su rendimiento frente al continuo hundimiento del nivel del suelo aunado a la explosión demográfica; entonces fue necesaria la instalación de una red de drenaje más extensa, instalación de estaciones de bombeo y entubamiento de ríos. Siendo estas mejoras insuficientes, se decide el inicio de la construcción del *drenaje profundo* en 1967, inaugurado en 1975. Después en 2008 se inicia la construcción del Túnel Emisor Oriente para cubrir el déficit de las obras anteriormente mencionadas, que se estima en 150 m³/s (López, M. 2011).

Como parte de las actividades para mitigar el riesgo de inundaciones provocado por la disminución de la capacidad de regulación del lago de Texcoco, en el que ahora se construye el Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, el Gobierno de la República en conjunto con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), han estado realizando el *proyecto Hidráulico del Lago de Texcoco*, cuyos detalles generales son el mejoramiento de la capacidad de conducción, y construcción de nuevas obras hidráulicas y de saneamiento entre el periodo 2014-2018 (Ver bibliografía. Gobierno de la República, SEMARNAT y CONAGUA (2014)). Se espera que la capacidad de regulación de la zona oriente de la zona metropolitana del Valle de México se incremente tres veces. Se contempla la construcción de nueve cuerpos de agua, 150 kilómetros de colectores marginales, 24 plantas de tratamiento, 38.5 kilómetros de túneles y entubamiento de 15 kilómetros de cauces. (SEMARNAT, 2015).

I. vi Marco histórico

En esta sección se presentan un contexto resumido de los eventos meteorológicos asociados y los efectos de las lluvias, descritos desde un punto de vista cualitativo en distintas zonas del Valle de México, para las tormentas del 4 de septiembre de 1988 y del 31 de junio del 2011. La información acerca de las consecuencias de las precipitaciones se obtiene del periódico de circulación nacional *La Jornada* un día *antes de* y *días después* donde se pueden notar los impactos, como por ejemplo: sociales, económicos y políticos.

Sobre la lluvia de 1988

Esta tormenta inició aproximadamente el 4 de septiembre de 1988 en el Valle de México; En esas fechas, estaba ocurriendo un huracán llamado *Debby* en las costas del golfo de México que inició como una onda tropical en la costa noroeste de África el 15 de agosto de 1988; este sistema continuó moviéndose hacia el oeste cruzando el océano Atlántico convirtiéndose en una depresión tropical en la parte norte. La parte sur de éste sistema avanzó a través del mar Caribe. El centro de bajo nivel emergió sobre las costas de Campeche el 31 de agosto hacia el noroeste. El 2 de septiembre la tormenta tropical se movía hacia Tuxpan, Veracruz y tocó tierra. Siendo ya un huracán *Debby* perdió energía al golpear la Sierra Madre Oriental, pasando cerca de la Ciudad de México, al sur de ésta; se encontró en Manzanillo, Colima, el 5

de Septiembre, convirtiéndose el sistema en una tormenta tropical. Se estima que la depresión se disipó entre Baja California y Sinaloa (Gerrish, s. f.).

La Ilustración 6, muestra la trayectoria del huracán *Debby* a través del territorio mexicano. La Ilustración 7 muestra de manera esquemática las etapas de evolución del fenómeno meteorológico.

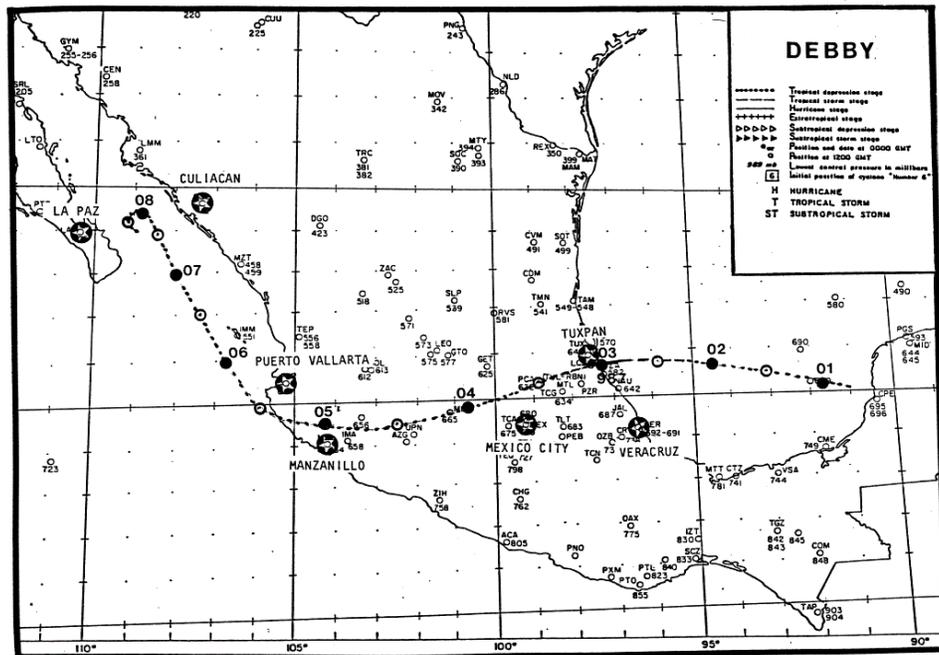


Ilustración 6. Trayectoria del huracán *Debby*- 31 de agosto al 8 de septiembre de 1988. Fuente: Gerrish (s. f.)

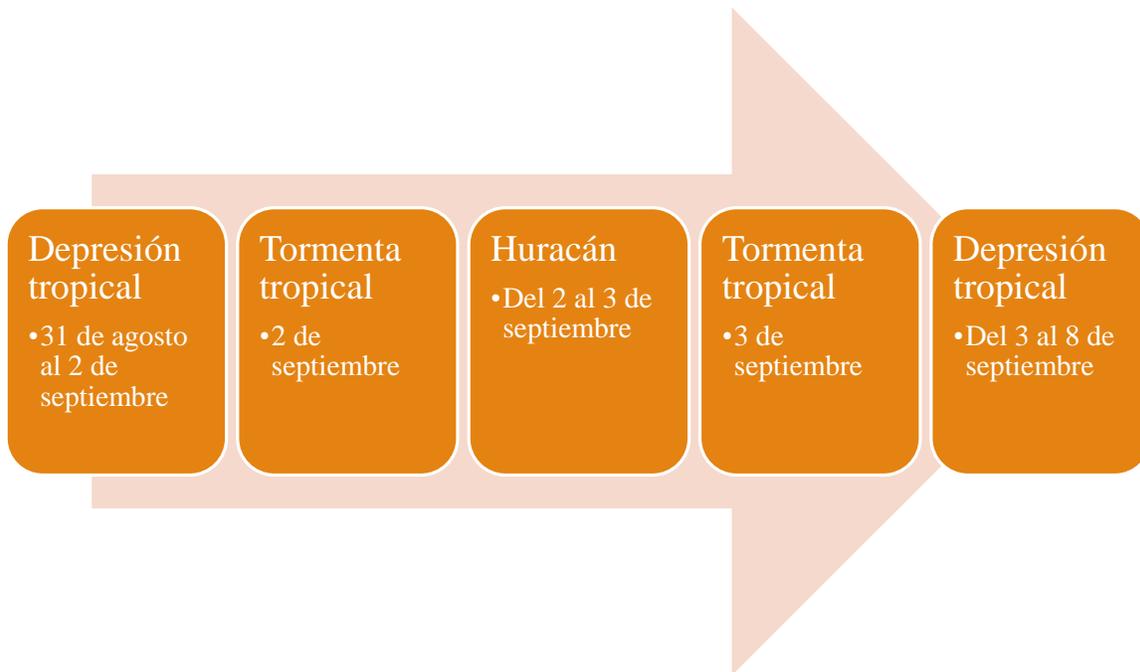


Ilustración 7. Etapas de evolución. Fuente: elaboración propia con información de: Gerrish (s. f.)

Efectos

Sábado 3 de septiembre de 1988

“Sigue lloviendo en Guerrero; *Kristi* afecta también a Chiapas y Oaxaca”
(3 de septiembre 1988)

Debby entró a tierra a las 16:00 horas del 2 de septiembre. En la ciudad de México, el Centro Meteorológico informó que las precipitaciones pluviales en la costa del Pacífico se deben a una “invasión de aire húmedo tropical”, y no al mismo fenómeno de la tormenta que se está alejando; no recomendó ninguna precaución especial ni para los habitantes de la zona ni para la navegación.

Nota: *Kristi* fue un huracán que se presentó del 29 de agosto al 6 de septiembre de 1988 cerca de las costas suroeste de México en el océano pacífico.

Domingo 4 de septiembre de 1988

“El huracán *Debby* entró a Veracruz”
(4 de septiembre 1988)

Daños en Veracruz. Damnificados, muertos, deslizamientos, inundaciones, cultivos y comunicaciones dañados, desbordamiento de ríos y daños a líneas de transporte de crudo.

Cuerpos de bomberos en Tacubaya, Tlalpan y Estación Central notificaron que debido al aguacero se registraron encharcamientos en varias partes de la ciudad, pero principalmente al norte de la capital. Estación Tacubaya reportó inundaciones en: Periférico y Viaducto Miguel Alemán donde se encharcó el agua en un área de 100 m² con un nivel de 50 cm de altura; en Insurgentes y Chapultepec en un área de 150 m² con 30 cm de altura. Estación Tlalpan dijo que unidades de ese cuerpo acudieron a prestar apoyo a la zona norte, donde se registraron inundaciones.

Lunes 5 de septiembre de 1988

“Encharcamientos e inundaciones por las lluvias, informó el DDF”
Ballinas, V. (5 de septiembre de 1988)

Las intensas lluvias de la noche del sábado y la madrugada del domingo ocasionaron derrumbes en la carretera de la delegación Cuajimalpa, no se reportaron lesionados. Encharcamientos en Xochimilco, Iztacalco. Gustavo A. Madero, Tláhuac, Iztapalapa, Benito Juárez y Venustiano Carranza. Estas lluvias presentaron su mayor intensidad en la zona

Poniente de la ciudad y algunos lugares del Sur y el Oriente. Hubo dos derrumbes, uno en la nueva autopista México-Toluca y otro en la carretera a Chimalpa.

Cuautepec Bajo de la Delegación Gustavo A. Madero sin agua potable por la suspensión de energía eléctrica. Encharcamientos registrados por coladeras que aun desazolvadas se ahogan. Tláhuac reporta pequeños encharcamientos normales. Delegación Álvaro Obregón no se han registrado daños. Ha habido pequeños encharcamientos normales. Magdalena contreras, situación normal sólo pequeños encharcamientos. Tláhuac: bomberos reportan una inundación de 60 cm de altura en la colonia San José Tláhuac. Iztapalapa: todo bajo control. Después de que en la noche del sábado de presentar una inundación en la colonia Constitución de 1917

Mayores encharcamientos según departamento del Distrito Federal en la colonia constitución de 1917 en Iztapalapa, Bosque residencial del Sur en Xochimilco, San José Aculco en Iztacalco, Colonia Federal en Venustiano Carranza, y en viaducto Piedad.

La delegación Iztacalco reporta que no se ha presentado ningún encharcamiento ni inundaciones.

Habitantes de la colonia Fuentes del Valle en Tultitlán, *Edomex*, reportaron que ayer se desbordó un canal que provocó una inundación.

Martes 6 de septiembre de 1988

“Inundaciones, desgajamiento de cerros y derrumbes en el DF”
Ballinas, V. y Rodríguez, L. (6 de septiembre de 1988)

Fuertes lluvias causaron ayer desbordamiento de ríos, inundaciones de hasta un metro de altura derrumbes, desgajamiento de cerros y caos vial. Deslaves en la carretera nueva a Toluca. Sin lesionados, cientos de damnificados.

Delegaciones más afectadas: Xochimilco, Iztacalco, Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Gustavo A. Madero y Álvaro Obregón. En las tres últimas se determinó alerta permanente ante posibles derrumbes en zona de minas.

Daños importantes en otras jurisdicciones del Distrito Federal, desbordamiento en el tramo Alpataco-Aculco del río Churubusco (inundación de 50 cm según DDF; 80 cm según coordinador del Sistema de Protección civil y 1 m según pobladores). Regente Ramón Aguirre Velázquez, señala que aunque los caudales de las 17 presas del Distrito Federal están a su máximo nivel y se presentaron situaciones de gravedad, “no hay estado de emergencia”. Se exhorta a la población a no salir en la tarde para evitar caos vial.

Inundaciones fuertes en zonas aledañas a ríos Churubusco, de los Remedios, Gran Canal y presa Anzaldo.

Coordinador de Protección Civil Jorge Aguirre, señala que técnicamente los ductos de desagüe operan correctamente y han sido desazolvados, pero ante la precipitación pluvial mayor a 50 mm como la registrada, el drenaje es insuficiente.

El sistema de drenaje capitalino funciona a toda su capacidad, las 17 lagunas y presas de regulación están completamente llenas.

Puntos de conflicto por inundaciones: colonia Zapata Vela en Iztacalco; San Bernardino en Xochimilco; San Felipe de Jesús, en la Gustavo A. Madero y Pantitlán en Iztapalapa. En algunos casos fue necesario desalojar a afectados.

En toda la ciudad se reportaron derrumbes de bardas, caída de árboles e interrupciones momentáneas en el servicio de energía eléctrica.

Desgajamiento de cerros en las delegaciones Cuajimalpa, Magdalena Contreras. Obstrucción de la carretera nueva a Toluca, por desprendimientos de tierras.

Cuajimalpa: además de los deslaves en la carretera, hubo derrumbes en la colonia Acopilco, hay estado de alerta ante algunos más. Magdalena Contreras: desgajamiento en Los Dínamos. Iztapalapa: inundaciones. Gustavo A. Madero, afectaciones por desbordamiento de río de los Remedios; Alerta por posibles derrumbes. Cuauhtémoc: 1300 viviendas apuntaladas. 30 en peligro de derrumbarse y tres casas desalojadas. Encharcamiento en el paso a desnivel de Chapultepec-Insurgentes En las demás delegaciones: anegamientos, caída de árboles y caos vial.

Miércoles 7 de septiembre de 1988

“Deslaves en colonias enclavadas en los cerros de dos delegaciones”
Ballinas, V. (7 de septiembre de 1988)

En colonias populares de las delegaciones Magdalena Contreras y Álvaro Obregón ocurrieron derrumbes de bardas, deslaves y desgajamiento de tierra.

“Más de 500 familias de la capital, afectadas”
Martin, C. (7 de septiembre de 1988)

El reporte vespertino del gobierno capitalino informa que todo se normalizó. Los niveles del Gran Canal y los ríos Churubusco y Los Remedios, bajaron.

Antes del mediodía: Gran canal lleno a su máxima capacidad. Los interceptores Central y Poniente del Drenaje profundo recibiendo cargas adicionales de agua pluvial. Trabajos de reparación de fracturas de río Churubusco lentos. Todas las presas de regulación saturadas. De continuar las lluvias sería necesario desviar las aguas residuales al Lago de Texcoco.

Según informes de las delegaciones políticas, más de 500 familias resultaron afectadas.

El día de ayer se iniciaron trabajos de fumigación en las zonas afectadas de la delegación Iztapalapa, para evitar epidemias.

Barrios afectados en las delegaciones: Iztacalco, Iztapalapa, Xochimilco, Gustavo A. Madero, Tlalpan, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras.

Se rompió un bordo del Canal Nacional, en una longitud aproximada de 10 m a la altura de Ciénega Grande. El interceptor Poniente se derramó en la zona de Altavista y José de Teresa, en la delegación Álvaro Obregón. La presa Anzaldo se derramó hacia el río Churubusco.

La secretaría General de Obras del Departamento del Distrito Federal reportó que el Gran Canal estaba a su máxima capacidad de 100 m³/s, el Emisor Central del Drenaje Profundo trabajaba con carga a presión y los interceptores Centro y Poniente trabajan con una carga adicional del orden de 6 m³/s.

Reparación de rupturas en río Churubusco durará al menos una semana según la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del DDF.

Jueves 8 de septiembre de 1988

“Minimizan autoridades del DDF las consecuencias de las lluvias”
Martín, C. y Ballinas, V. (8 de septiembre de 1988)

Ante los efectos de las lluvias, autoridades minimizan la situación por considerar que “no pasó nada”; los capitalinos toman la situación. Mientras, el delegado de Coyoacán informó que en esa jurisdicción no pasó nada, sólo encharcamientos, la central de Bomberos reportó que como resultado de las lluvias del martes en la noche hubo inundaciones que alcanzaron un metro en las delegaciones Coyoacán y Tláhuac. Damnificados en la delegación Cuajimalpa.

Viernes 9 de septiembre de 1988

“El río Churubusco, en constante peligro de desbordamiento: DDF”
Martín, C. (9 de septiembre de 1988)

El secretario general de Obras del DDF, Francisco Noreña Casado reconoce que en tanto no se ponga en operación algún sistema para aliviar la carga del río Churubusco, habrá peligro permanente de desbordamiento. Mencionó que un problema es la insuficiencia de lagunas de regulación debido a que no hay terrenos disponibles para su construcción. Es problema también las lluvias en el Sur de la ciudad porque el desalojo de agua depende de sistemas de bombeo.

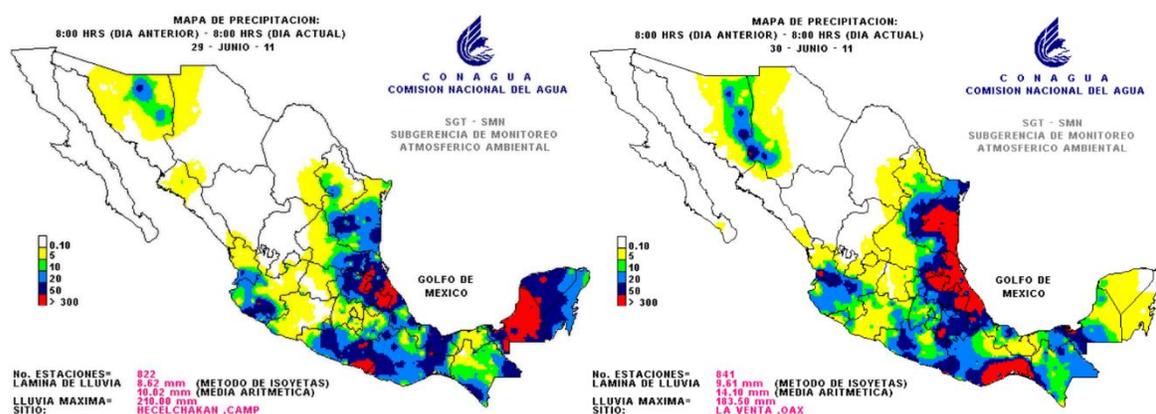
Sobre la lluvia de 2011

Esta tormenta inició aproximadamente el 30 de junio de 2011 en el Valle de México. En estas fechas ocurría una tormenta tropical al suroeste del Golfo de México, llamada *Arlene*, con un periodo de ocurrencia del 28 al 30 de junio.

La descripción de Hdz. y Bravo (2011) narra que el día 28 de junio a las 19 horas se formó esta tormenta tropical en la región ya mencionada. Los vientos máximos sostenidos fueron de 65 km/h ese día. Para el 29 de junio alcanzó vientos máximos sostenidos de 85 km/h con

presencia en la costa norte de Veracruz, moviéndose hacia el este. *Arlene* tocó tierra a las 04:00 horas del 30 de junio cerca de Cabo Rojo en Veracruz. A las 13:00 horas comenzó a perder fuerza debido a la fricción con la superficie terrestre con la Sierra Madre Oriental. A las 19:00 horas se encontraba a 15 km del suroeste de Orizatlán, Hidalgo, como una depresión tropical con vientos máximos sostenidos de 55 km/h. A las 22:00 horas ya estaba en proceso de disipación.

También reportan que entre los estados directamente afectados están el estado de México y la Ciudad de México, como se muestra en la Ilustración 8. La Ilustración 9 muestra de manera esquemática la evolución temporal del fenómeno meteorológico.



. Lluvias asociadas con la tormenta tropical "Arlene" del 28 al 29 de junio (izquierda) y del 29 al 30 de junio (derecha)

Ilustración 8. Mapas de precipitación de *Arlene*. Fuente: Hdz. y Bravo (2011)



Ilustración 9: Etapas de evolución. Fuente: Elaboración propia con información de Hdz. y Bravo (2011).

Efectos

Miércoles 29 de junio de 2011

“Desbordamiento del Dren Xochiaca afectó 6 mil 855 casas, según censo”
Ramón, R. Salinas, J. y Dávila, I. (28 de julio de 2011)

6 mil 855 habitantes y mil viviendas afectadas según censo del Ayuntamiento en la colonia del Sol en Nezahualcóyotl hasta ayer, por el desbordamiento de las aguas negras del dren Xochiaca. Desde pérdidas parciales a totales en muebles y electrodomésticos.

“Definen GDF y Conagua tareas ante las lluvias”
Romero, G. (29 de junio de 2011)

Para preparar a la ciudad para la temporada de lluvias, se realizaron trabajos en el interceptor poniente. Marcelo Ebrard, jefe de gobierno indica que el patrón de lluvias está cambiando en el Valle de México.

“Precipitación agrava grieta en Iztapalapa”
Salgado, A. (29 de junio de 2011)

Grietas en colonias de la delegación Iztapalapa a causa de las precipitaciones del fin de semana pasado.

“Llover sobre mojado”
Sánchez, T. (29 de junio de 2011)

Lluvias moderadas a fuertes se registraron ayer en 10 delegaciones: Tlalpan, Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Cuauhtémoc, Magdalena Contreras, Coyoacán, Iztapalapa, Tláhuac y Xochimilco.

Jueves 30 de junio de 2011

“Golpea *Arlene* en el Golfo; alerta en 15 estados y el Distrito Federal”
Morales, A., Sánchez, M., Carrizales, D., Ocampo, S., Lastra, J., Camacho, C., Henríquez, E.
y Martínez, F. (30 de junio de 2011)

Arlene, fue la primera tormenta tropical de la temporada de ciclones en el Golfo de México. Tocó tierra en las primeras horas del día jueves, ubicándose entre las costas de Veracruz y el sur de Tamaulipas. Lluvias torrenciales de 95 km/hr y rachas de 110 km/hr.

La condición fue de “alta peligrosidad”, por lo que las autoridades federales decretaron alerta en el Distrito Federal y 15 estados más. Se declaró alerta azul para el Distrito Federal junto con Nuevo León, Querétaro, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas y Morelos.

“Damnificados por inundación en *Neza* reclaman más ayuda”
Ramón, R. (30 de junio de 2011)

Nezahualcóyotl, Méx., 29 de Junio.

Dos días después del desbordamiento del canal de aguas negras Dren Xochiaca, las familias afectadas de la colonia El Sol, se quejaron de no recibir apoyo suficiente para limpiar sus viviendas. Ante la inconformidad de los vecinos, el secretario del ayuntamiento de Nezahualcóyotl, Gerardo Dorantes Mora, informó que se harían trabajos de limpieza en cisternas y patios. Reconoció que los trabajos se centraron en las casas más afectadas; más de 700 de las mil viviendas anegadas. Cerca de 400 elementos de Seguridad Pública local y 100 de la Agencia de Seguridad Estatal apoyan las labores de limpieza.

“Alerta Moreno sobre lluvias intensas esta temporada; demanda más recursos”
Llanos, R. y Romero, G. (30 de junio de 2011)

El secretario de Protección Civil del Distrito Federal, alertó que durante esta temporada de lluvias se prevén de 15 a 17 días de precipitaciones intensas. Las acciones se concentran en abocar la parte preventiva, como el desalojo de familias ubicadas en zonas de alto riesgo; la limpieza de barrancas y labores de desazolve.

Viernes 1 de julio de 2011

“Se desborda río de Los Remedios; inundaciones en *Neza* y Ecatepec”
Salinas, J., Ramón, R. y Martínez, F. (1 de julio de 2011)

Algunas colonias de Nezahualcóyotl, Estado de México comenzaron a evacuar sus viviendas por el desborde del río de Los Remedios en tres puntos a lo largo de Periférico Oriente y presentó al menos cinco fisuras. Las inundaciones llegaron hasta Ecatepec. Se espera que se inunden otras colonias cerca del río.

“Alertan por el canal de Cartagena”
Chávez, S. (1 de julio de 2011)

Canal Cartagena en Tultitlán, *Edomex*, comenzó a desbordarse la noche del 30 de junio. Lluvias producen encharcamientos en Periférico Norte, Gustavo Baz, autopista México Querétaro, carretera Tlalnepantla Cuautitlán.

“Saturan 26 mil millones de litros de lluvia el drenaje profundo”
Sánchez, T. (1 de julio de 2011)

La constante precipitación pluvial que se registró el día de ayer y la madrugada de hoy provocó que el sistema de drenaje se saturara. A las 19 horas del jueves, se reportó la caída de más de 26 mil millones de litros de agua en sólo 24 horas. Daños en algunas partes de las delegaciones Iztapalapa, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero, Benito Juárez, Magdalena Contreras, Cuauhtémoc, Iztacalco, Tláhuac, Tlalpan, Xochimilco, Miguel Hidalgo, Azcapotzalco, Álvaro Obregón, Coyoacán y Milpa Alta. El sistema de aguas de la Ciudad de México reporta 228 concentraciones de agua en las 16 demarcaciones políticas. En zonas de pedregales en Coyoacán y en áreas cercanas al Aeropuerto internacional de la Ciudad de México, la gente colocó diques para evitar que el agua entrara a sus casas. Bardas caídas, árboles caídos, congestión vial.

“En riesgo, población que vive cerca de canales”
Ramírez, B. (1 de julio de 2011)

El coordinador del Sistema Meteorológico Nacional, Adrián Velázquez informó que en consecuencia de *Arlene* se esperan tormentas severas de más de 60 mm que se prolongarán hasta la madrugada de este viernes. Advirtió que existe grave riesgo para las personas que viven cerca de los canales de conducción de desalojo de agua del Valle de México.

“Alerta en el Metro por las precipitaciones”
Gómez, L. (1 de julio de 2011)

El sistema de Transporte Colectivo Metro se mantiene en alerta ante las precipitaciones pluviales que llueven desde la madrugada de ayer.

“Afectan goteras al AICM, pese a excesivo gasto por evitarlas”
Román, J. (1 de julio de 2011)

Afectan goteras al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Sábado 2 de julio de 2011

“Veinte mil familias, afectadas por las lluvias en Ecatepec y Neza: Calderón”
Gómez, C. y Salinas, J. (2 de julio de 2011)

Ecatepec, Méx., 1 de Julio

El número de familias afectadas puede ascender a 20 mil, debido al desbordamiento del río de los Remedios -principal afluente de aguas negras del oriente de la entidad- en los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl. Se emitió una declaratoria de emergencia para estos dos municipios por parte del gobierno federal, con el propósito de disponer del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) para atender a los damnificados.

El presidente de la república Felipe Calderón reveló que el jueves fue el día que más ha llovido, desde que se llevan estadísticas en el Valle de México y la zona metropolitana con 48.8 mm (precipitaciones generadas por la tormenta tropical *Arlene*). “El record histórico era de 36 mm en 1989, hace 22 años” El titular del Ejecutivo federal dijo que los 48.8 mm de lluvia representan el doble de lo que el sistema de desagüe de la zona metropolitana del Valle de México puede sostener.

La Secretaría de Desarrollo Social, apoyará a los damnificados a través del programa empleo temporal.

Se estima que 60 mil vecinos de 35 colonias de los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl resultaron afectados por el desbordamiento del río de los Remedios, y en un lapso de 36 a 40 horas se podría superar la emergencia.

Se seccionan 3 de los 25 kilómetros que conforman el río de los Remedios, evitando su inutilización.

Trabajan 2,500 elementos de los tres niveles de gobierno, para el desalojo del agua.

Se estableció un cerco sanitario para aplicar vacunas a la población en riesgo.

“Violento desalojo de damnificados”
Ramón, R. y Salinas, J. (2 de julio de 2011)

Ecatepec Méx., 1 de julio.

Los damnificados por el desbordamiento del río de Los Remedios, decidieron cerrar la avenida Central (principal vía de circulación entre Nezahualcóyotl y el D.F). Demandaban víveres, agua y ayuda, mientras que fueron desalojados por la Agencia de Seguridad Estatal (ASE) con gases lacrimógenos. Así los manifestantes respondieron a pedradas y quemando llantas y maderos.

El río de los Remedios, también se desbordó pero en menor medida del lado de Nezahualcóyotl, poniendo en peligro a más de 5 mil habitantes.

Miles de litros de aguas negras, fueron desviadas mediante el cruce del túnel emisor oriente y el Circuito exterior mexiquense.

Desbordamiento del canal Cartagena en el municipio de Tultitlán.

“Se aislarán bordos del río de los Remedios: Luege”
Gómez, C. (2 de julio de 2011)

El titular de la CONAGUA informó que la situación por el desbordamiento del río de los Remedios está bajo control. Esto, confirmado con el pronóstico de lluvia, que fue moderado por 48 horas y con el nivel de bombeo de la zona, teniendo las condiciones y el tiempo suficiente para lograr el desagüe. Se acordaron acciones inmediatas para controlar el paso del agua, de los bordos del río de los Remedios. En 20 horas ininterrumpidas de lluvia, se saturaron los drenes superficiales y el drenaje profundo del Valle de México, superando su capacidad.

“Fallecen dos niños al caer a la canaleta lateral de la autopista México-Puebla”
Salinas, J., Ramón, R. y Castillo, G. (2 de Julio de 2011)

Dos niños fallecieron ahogados este jueves al caer a una canaleta construida por Caminos y Puentes Federales para desalojar agua de lluvia de la carretera federal México-Puebla, en el municipio de Ixtapaluca.

“*Arlene* provocó la muerte de cuatro personas y cientos de damnificados en 10 estados”
De los corresponsales (2 de julio de 2011)

Los remanentes de la tormenta tropical *Arlene*, causaron la muerte de 4 personas, heridos y desaparecidos, personas desalojadas, y cultivos dañados caminos obstruidos, viviendas afectadas, desbordamiento de ríos, puentes dañados, caída de árboles en diversos puntos del país.

“Encharcamientos afectan 14 manzanas”
Cruz, A. (2 de julio de 2011)

Colonia Moctezuma de la delegación Venustiano Carranza, una de las más afectadas. Según reportes de la policía capitalina y autoridades delegacionales, 14 manzanas resultaron afectadas por encharcamientos de entre 40 y 80 cm de profundidad. Gente inconforme por que ya ha pasado lo mismo en otras ocasiones.

“Dejan lluvias 833 casas dañadas, árboles caídos y caos vial”
Romero, G. y Cruz, A. (2 de julio de 2011)

Afectaciones en 883 viviendas de Iztapalapa y Venustiano Carranza, con inundaciones de 40 a 80 cm, encharcamientos en 298 puntos, dos árboles y dos bardas caídas, problemas en circulación vial, fue el saldo de las lluvias de más de 24 hrs. La precipitación comenzó el jueves a las 5 de la mañana y cesó ayer viernes a las 6 hrs. La infraestructura hidráulica estuvo a su máxima capacidad. Vialidades cerradas. Inundaciones en la estación del metro río de los Remedios. Accidentes viales se triplican. Ante posibles lluvias posteriores se mantiene la alerta y unidades Tormenta y de Emergencia en vigilancia.

Domingo 3 de julio de 2011

“Declara SG desastre natural en Nezahualcóyotl y Ecatepec”
Martínez, F. y Salinas, J. (3 de julio de 2011)

La Secretaría de Gobernación emitió ayer declaratoria de desastre natural para los municipios de Ecatepec de Morelos y Nezahualcóyotl, en el estado de México. Autoridades estatales indican que lluvias afectaron a 20 mil familias en la zona oriente del estado de México.

II MARCO TEÓRICO

II. i El agua

Ciclo hidrológico

El agua es un elemento importante para el desarrollo de la vida en el planeta. De forma natural está en movimiento pudiéndose identificar distintas etapas, generando un ciclo que no tiene una única vía y se parte de las nubes como el elemento de origen según lo descrito por Maderey y Jiménez (2005).

Los principales procesos del ciclo hidrológico según Maderey y Jiménez (2005) se muestran en la Ilustración 10

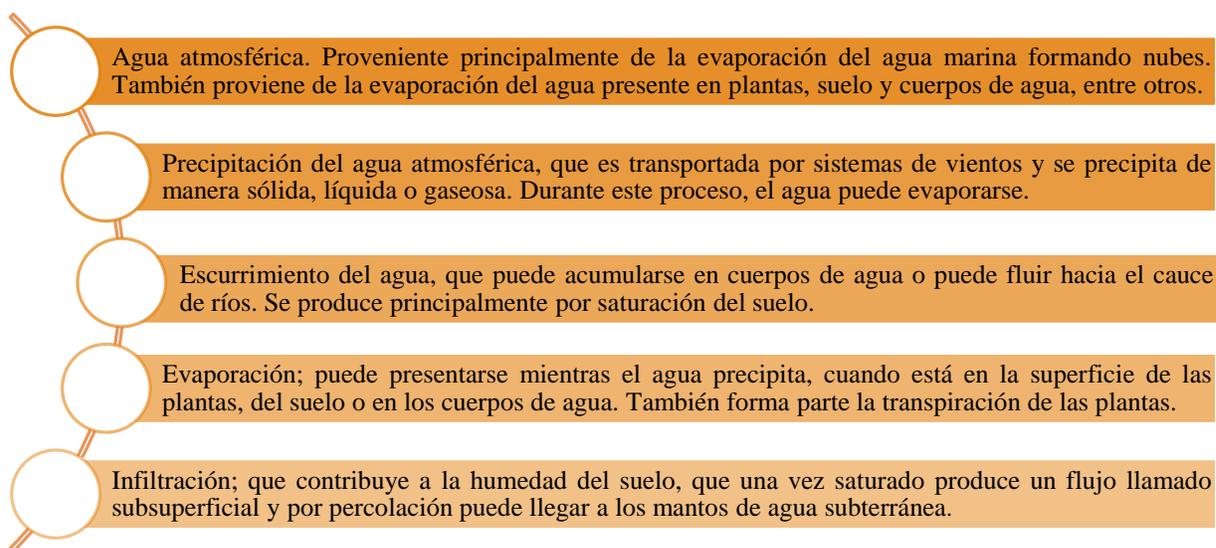


Ilustración 10. Elementos principales del ciclo hidrológico; Fuente: elaboración propia con información de Maderey y Jiménez (2005)

A continuación, en la Ilustración 11 se muestra la interrelación de los elementos anteriores:

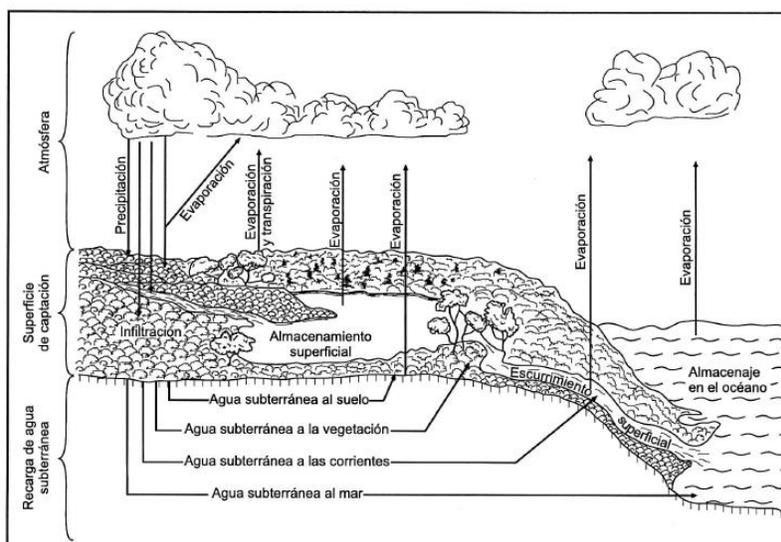


Ilustración 11. Ciclo hidrológico. Fuente: Maderey y Jiménez (2005).

Diferencia entre cuenca hidrológica y cuenca hidrográfica

En algunos casos, los conceptos *cuenca hidrográfica* y *cuenca hidrológica* se utilizan de manera indistinta. Para los alcances de esta investigación, cabe destacar las diferencias. Maderey y Jiménez (2005) indican que se ha propuesto que el término *hidrología* se utilice para el estudio del agua subterránea, e *hidrografía* para el estudio de agua superficial. Reforzando esta idea, Cotler, Galindo, Gonzalez, Pineda y Ríos (2013) mencionan que los límites territoriales de los flujos superficiales y subterráneos no son iguales por corresponder a dinámicas distintas y de esta manera los flujos superficiales se relacionan con una cuenca hidrográfica (ríos y arroyos alimentados por precipitación y escurrimiento) mientras que el agua subterránea relacionada con el la cuenca hidrológica (acuíferos); aunque tienen una relación estrecha.

II. ii Inundaciones

Como hasta ahora se ha mencionado, una de las causas de inundaciones es en el Valle de México son las lluvias. En la investigación *Hacia una ciudad de México sensible al agua* de Urbanisten (s. f.) se señala que gran parte de las lluvias se convierte en escurrimiento superficial que termina en el sistema de drenaje, y representa un riesgo por las velocidades que alcanza cuando baja por las pendientes. También indica que en las faldas del cerro de las cruces es donde cae la mayor parte del volumen de precipitaciones, las inundaciones son causadas por que el sistema de drenaje no es capaz de absorberlo.

En los últimos años, según K, A., Bloch, R., y Lamond, J. (2012) el área metropolitana ha experimentado un incremento en sucesos de inundaciones. La precipitación anual aumentó de 600 a 900 milímetros en el siglo XX y la ocurrencia de inundaciones por lluvias intensas ha aumentado de dos a seis o siete eventos por año. Se espera que esto siga aumentando, debido a la mayor frecuencia de lluvias intensas generadas por el cambio climático y variabilidad climática. El impacto de estas también ha aumentado a causa del crecimiento urbano y expansión espacial. Los más afectados son las personas que habitan en asentamientos informales. México reconoció que el cambio climático plantea una amenaza seria para la gente y la economía.

Las causas de las inundaciones según López (2011) son:

- Lluvias intensas
- Problemas ambientales; cambio climático, desvío y entubamiento de ríos.
- Técnicos; planes desactualizados o inexistentes de atención a emergencias.
- Legales; desorden territorial.
- Políticos: leyes y reglamentos laxos de vigilancia, no articulados.

López (2011) habla principalmente de inundaciones en el Valle de México, que serán originadas por dos factores: huracanes frecuentes e intensas precipitaciones.

II. iii Ciclones tropicales

Un ciclón tropical es “un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica” (Jiménez, Matías, Fuentes y Prieto, 2014, p. 4)

La Ilustración 12 muestra algunos aspectos importantes de los ciclones tropicales:

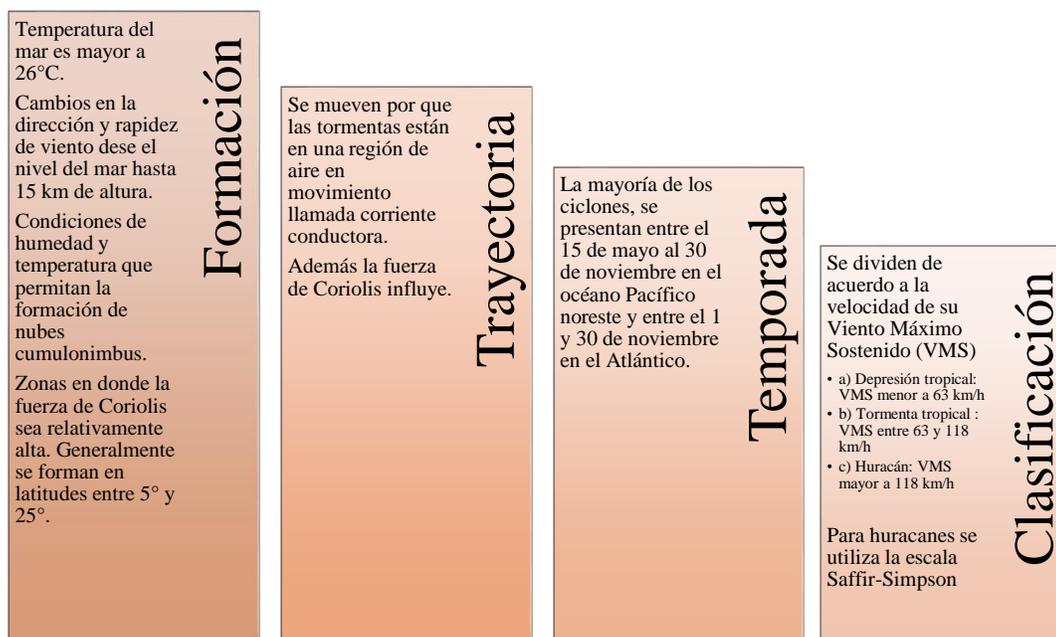


Ilustración 12. Ciclones tropicales. Fuente: elaboración propia con información del CENAPRED (2014)

Escala Saffir- Simpson

Esta escala se divide en cinco categorías y ha sido utilizada en los Estados Unidos de América como una estimación del daño potencial por viento y marea de un huracán próximo según Jiménez, Fuentes y Prieto (2014).

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
<ul style="list-style-type: none"> • Presión central (milibar) Mayor a 980 • Vientos (km/h) 119-153 • Marea de tormenta (m) 1.2- 1.5 • Daños materiales potenciales Daños a casas, árboles, arbustos y a algunas señalizaciones. Daños menores por inundación en carreteras costeras. Daños leves en muelles e insignificantes en edificios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión central (milibar) 965- 979 • Vientos (km/h) 154-177 • Marea de tormenta (m) 1.6- 2.4 • Daños materiales potenciales Daños a puertas, ventanas y techos. Daños considerables a árboles, arbustos, casas, señalizaciones y muelles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión central (milibar) 945- 964 • Vientos (km/h) 178- 209 • Marea de tormenta (m) 2.5- 3.6 • Daños materiales potenciales Daño estructural a construcciones. Árboles grandes caídos. Señalizaciones destruidas. Inundaciones costeras; zonas con 1.5 msnm pueden inundarse 13 km tierra adentro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión central (milibar) 920- 944 • Vientos (km/h) 210- 249 • Marea de tormenta (m) 3.7- 5.5 • Daños materiales potenciales Daño estructural extendido. Techos destruidos. Daño en puertas y ventanas. Zonas de hasta 3 msnm deben ser evacuadas hasta 10 km tierra adentro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión central (milibar) Menor a 920 • Vientos (km/h) Mayor a 249 • Marea de tormenta (m) Mayor a 5.5 • Daños materiales potenciales Daño total a techos. Falla en el suministro de energía. Daño severo en puertas y ventanas. Zonas 16 km tierra adentro deben ser evacuadas.

Ilustración 13. Escala Saffir- Simpson. Fuente: modificado de Jiménez, Fuentes y Prieto (2014).

II. iv Sistema de drenaje

El principal encargado de realizar el drenado de la subcuenca hidrográfica en estudio, es el Sistema de drenaje de la Ciudad de México.

Este sistema de drenaje según el reporte *Hacia una Ciudad de México sensible al agua* de Urbanisten (s. f.) es mixto, por recolectar aguas de lluvia, grises (domésticas) y negras (drenaje) [así las clasifican] las cuales son transportadas al estado de Hidalgo, fuera de la cuenca urbanizada.

La ciudad de México es dependiente de este y la principal forma de deshacerse el agua de lluvia es el sistema de drenaje.

La principal causa de la pérdida de agua de lluvia en el urbanizado lecho de la cuenca es la absoluta dependencia de la ciudad en este sistema de drenaje; el pavimento de las calles y las tuberías subterráneas transportan el agua de lluvia tan rápido como sea posible al Sistema de Drenaje Profundo. Consecuentemente el agua no puede

evaporarse, no tiene tiempo de infiltrarse y, especialmente hacia el Oriente de la Ciudad, la humedad no puede ser retenida por árboles, pues hay muy pocos que puedan sobrevivir en el suelo saturado de minerales de esta área. (Urbanisten, s. f., p. 80)

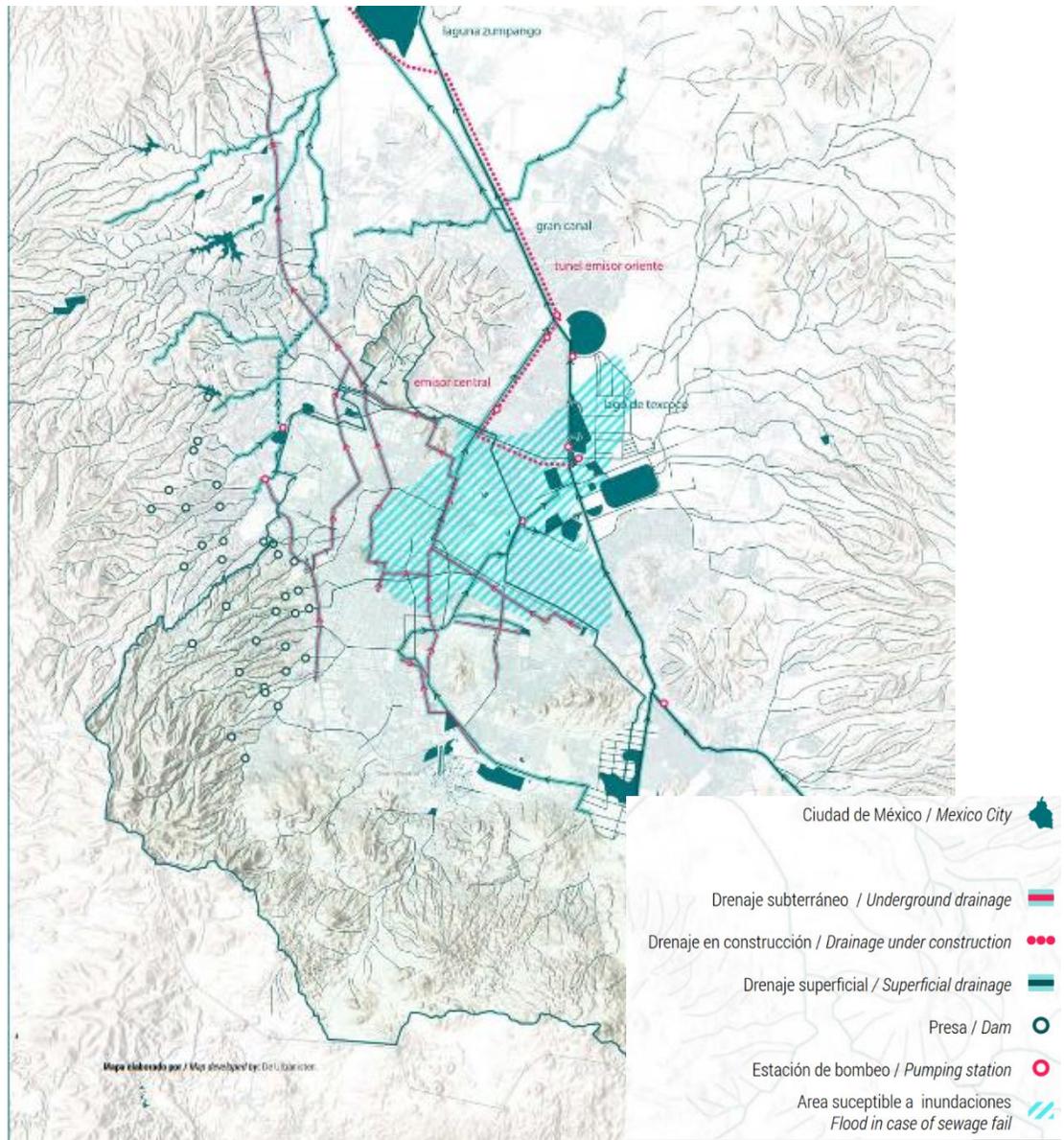


Ilustración 14. Drenaje de la Ciudad de México. Fuente: Urbanisten (s. f.)

Según el SACMEX (2012). Las capacidades del drenaje comenzaron a ser insuficientes ante el crecimiento de la Ciudad de México en el año 1959. Para poder desalojar el agua sin necesidad de bombeo, por gravedad, y que no fuera significativo el hundimiento del terreno, se piensa en un sistema de drenaje profundo y así fue proyectado el Emisor Central.

Al Emisor Central confluyen:

- Interceptor Centro- Poniente. Capta los colectores Rubén Darío, río San Joaquín, Refinería Trujillo, Salomón Lerdo de Tejada y Colector 15.
- Interceptor Central. Descargan en él el río de la Piedad y los colectores tabasco, 5 de Mayo, Héroes, río Consulado, Cuitláhuac, Fortuna y Moyobamba.
- Interceptor Oriente. Alivia al Gran Canal de Desagüe y desagüe de lagunas de regulación.

Desde el inicio de operaciones del Sistema de Drenaje Profundo hasta 1992 sólo conducía aguas pluviales. A partir de ese año, por la pérdida de nivel del Gran Canal, conduce aguas negras provenientes del emisor central y oriente.

Las capacidades algunos elementos del Sistema de Drenaje Profundo, son las indicadas en la Tabla 2:

Tabla 2. Capacidades de algunos elementos del Sistema de Drenaje Profundo. Fuente: SACMEX (2012).

	Capacidad m ³ /s
Emisor central	220
Interceptor Central	90
Interceptor Centro- Centro	90
Interceptor Oriente	85
Interceptor Centro- Oriente	40
Interceptor del Poniente	25
Interceptor Iztapalapa	20
Interceptor Obrero Mundial	20
Interceptor Oriente Sur	85
Canal Nacional- Chalco	20

Las capacidades de otros elementos que conforman el sistema de drenaje de la Ciudad de México, mostrados en la Tabla 3:

Tabla 3. Capacidad de elementos del sistema de drenaje de la Ciudad de México. Fuente: SACMEX (2012)

	Capacidad m ³ /s
P. B. Vaso el Cristo	9.0
P. B. Gran Canal 18+ 500	40
P. B. Canal de Sales	10
P. B. Gran Canal 11+ 600	20
Cárcamo superficial Casa Colorada	20

II. v Lluvia

En la Ilustración 15 y la Ilustración 16 se muestran algunos conceptos implicados en el fenómeno de precipitación, junto con la descripción del proceso de formación de nubes,

Conceptos	Presión atmosférica	Peso de la columna de aire que se encuentra sobre una unidad de área dividido entre dicha área.
	Presión de vapor	Es la presión que ejercería la columna de aire usada en la presión atmosférica tomando en cuenta sólo el vapor de agua y despreciando los demás componentes del aire.
Formación de nubes	Para que esto ocurra, el agua evaporada de la superficie debe elevarse hasta que hayan condiciones de presión y temperatura para que se presente condensación. Cuando una masa de aire asciende está sometida a menos presión y se expande. Por ende su temperatura baja y es cuando comienza la condensación uniéndose pequeñas gotas (diámetro entre 5- 100 μ) para formar gotas más grandes. Para que esta unión se lleve a cabo en grandes cantidades sin la intervención de otros elementos, se necesitan temperaturas más bajas, pero realmente, estos <i>núcleos</i> se forman en condiciones normales alrededor de cuerpos de naturaleza mineral u orgánica presentes en la atmósfera. Se forman gotas con un diámetro de 100 a 500 μ , tamaño suficiente para caer por acción de la gravedad. Al caer, las gotas pueden combinarse aumentando su tamaño.	
Viento	Se le denomina así al aire en movimiento. La velocidad se mide con anemómetros o anemógrafos y la dirección con veletas.	Presión Las diferencias de presión entre dos puntos cualquiera de la atmósfera, producen vientos.
	Se le llama así, generalmente a la componente horizontal del movimiento del aire, porque la componente vertical es comúnmente pequeña.	Fuerza centrípeta: Cuando el viento tiene una trayectoria curva.
	Las fuerzas que producen el viento, se enuncian a continuación:	Fricción Es pequeña respecto a las otras. Se refiere a la fricción desarrollada entre el aire y la superficie terrestre.
Precipitación	Medición	Los más comunes en México son los pluviómetros y los pluviógrafos.
		Los pluviómetros están formados por un embudo (con mayas para evitar entrada de basura) que descarga a un recipiente graduado, ver Ilustración 17.
		Los pluviógrafos se asemejan a los pluviómetros, pero estos, tienen un mecanismo que registra continuamente la precipitación, ver Ilustración 18.

Ilustración 15. Conceptos generales y características de precipitación. Fuente: elaboración propia con información de Aparicio (1992)

Precipitación

Se
presenta
como

- _____ Lluvia
- _____ Nieve
- _____ Granizo
- _____ Rocío
- _____ Escarcha

Clasificación

De acuerdo al
origen

Ciclónica
Provocadas por frentes asociados a un ciclón. La mayor parte de precipitaciones en una cuenca se debe a este tipo.

Convección
Masas de aire caliente ascienden. Son tormentas de verano.

Orográfica
Cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar barrera montañosa

Ilustración 16. Clasificación de la lluvia. Fuente: elaboración propia con información de Sánchez (2008).

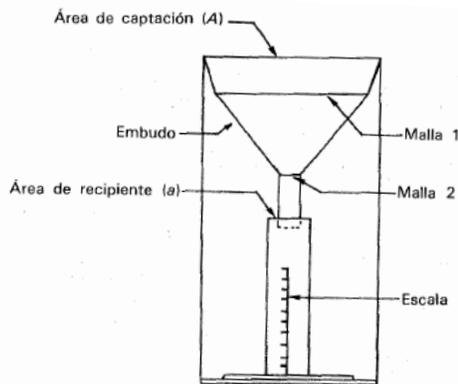


Ilustración 17. Pluviómetro. Fuente: Aparicio (1992)

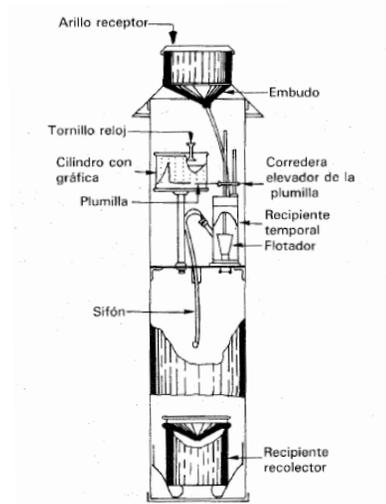


Ilustración 18. Pluviógrafo. Fuente: Aparicio (1992).

Precipitación media

Los instrumentos de medición que se describieron, registran lluvia puntual, pero generalmente, la lluvia que cae en un sitio, es diferente a la que cae en los alrededores, aunque sean sitios cercanos; para calcular la lluvia media en una zona, como por ejemplo una cuenca, existen tres métodos. (Aparicio, 1992).

1. Método aritmético

Obtención del promedio de las alturas de precipitación registradas en cada estación del área analizada.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{p_i}$$

Donde:

\bar{h}_p es la altura de precipitación media

h_{p_i} es la altura de precipitación registrada en la estación i

n es el número de estaciones analizadas.

2. Polígonos de Thiessen

Donde, por geometría, se le asigna un área (área de influencia) a cada estación pluviométrica y la altura media se calcula como un promedio ponderado.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{p_i}$$

Donde:

A_i es el área de influencia de la estación i

A_T es el área total de la cuenca

\bar{h}_p es la altura de precipitación media

h_{p_i} es la altura de precipitación registrada en la estación i

n es el número de estaciones analizadas.

3. Método de isoyetas

Consiste en el trazar con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación, llamadas isoyetas. La precipitación media se calcularía de manera similar a la ecuación anterior. Ahora el área será A'_i y se define como el área entre cada dos isoyetas y/o entre isoyetas y el parteaguas de la cuenca; la cantidad ponderada es la altura de precipitación promedio entre dos isoyetas.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^{n'} A'_i \bar{h}_{p_i}$$

Donde:

n' es el número de áreas

A'_i es el área i entre dos isoyetas

A_T es el área total de la cuenca

\bar{h}_p es la altura de precipitación media

\bar{h}_{p_i} es la altura de precipitación promedio i entre dos isoyetas

Hidrograma

Según Aparicio (1992) se define como hidrograma, a la gráfica que resulta de dibujar el gasto (que es el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo) que pasa por una determinada sección, contra el tiempo. En general, las partes características del hidrograma, son las definidas en la Ilustración 19.

Partes del hidrograma (ver Ilustración 20)

A: Punto de levantamiento
en este punto, el agua que proviene de la tormenta, comienza a llegar a la salida de la cuenca y puede iniciar inmediatamente después de la tormenta, durante o después, dependiendo de factores como el tamaño de la cuenca, sistema de drenaje, suelo, intensidad y duración de la lluvia, entre otros.

B: Pico
Es el gasto máximo que se produce por la tormenta. Frecuentemente es el punto más importante de la tormenta, con fines de diseño.

c: Punto de inflexión
Es aproximadamente cuando termina el flujo sobre el terreno (que se define como el escurrimiento que ocurre después de que las capas superiores del suelo se saturan y entonces comienzan a llenarse depresiones del terreno y el agua escurre sobre la superficie del suelo). De este punto en adelante, lo que queda de agua en la cuenca escurre por canales y como escurrimiento subterráneo.

D: Final de escurrimiento directo
Desde este punto en adelante, el escurrimiento sólo es subterráneo.

T_p : Tiempo pico
Tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma.

T_b : Es el tiempo que ocurre desde el punto de levantamiento hasta el punto final del escurrimiento directo. Es el tiempo que ocurre el escurrimiento directo.

Ilustración 19. Partes de un hidrograma. Fuente: elaboración propia con información de Aparicio (1992)

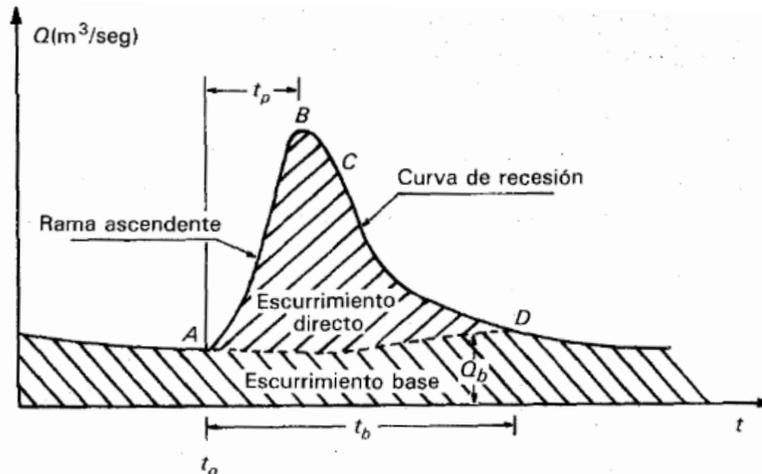


Ilustración 20. Hidrograma. Fuente: Aparicio (1992)

El escurrimiento base está formado por agua de tormentas que ocurrieron antes de la que se considera y es difícil determinar a cuáles pertenece. Para poder relacionar una precipitación con los hidrogramas que genera, es necesario separar el gasto base y el directo. Existen varios métodos para separar estos gastos, y la elección depende del criterio y buen juicio del ingeniero (Aparicio, 1992).

Los métodos, según el autor anterior, son los siguientes:

1. Trazar una línea recta horizontal a partir del punto A del hidrograma. Este método da resultados con buena aproximación, especialmente en tormentas pequeñas donde los niveles freáticos no se alteran. Sobreestima el tiempo base y el volumen de escurrimiento directo.
2. Determinación de una curva tipo vaciado del escurrimiento base, mediante el análisis de varios hidrogramas, y seleccionando tramos en que sólo exista escurrimiento base. Ver referencia para más información.
3. Mediante la relación entre tiempo de vaciado del escurrimiento directo y el área de la cuenca con la expresión:

$$N = 0.827 A^{0.2}$$

Donde:

N es el tiempo de vaciado del escurrimiento directo en días

A es el área de la cuenca en Km^2

El punto D del hidrograma está a un tiempo de N días después del pico

Útil en cuencas con un área no menor de 3 Km^2 . Resultados aceptables.

4. Buscar el punto de mayor curvatura de la curva de recesión del hidrograma.

Hietograma

La palabra hietograma, viene del griego *Hietos* que significa lluvia. Es un gráfico que expresa la precipitación en el tiempo y puede estar en el eje vertical la precipitación en mm o la intensidad de precipitación en mm/h. Generalmente se representa como un gráfico de barras y para elaborarlo, si es mensual o anual, los datos diarios son suficientes, pero si es de un día o unas horas, se necesita la información con un intervalo de tiempo más corto (Sánchez, 2008), como se muestra en la Ilustración 21.

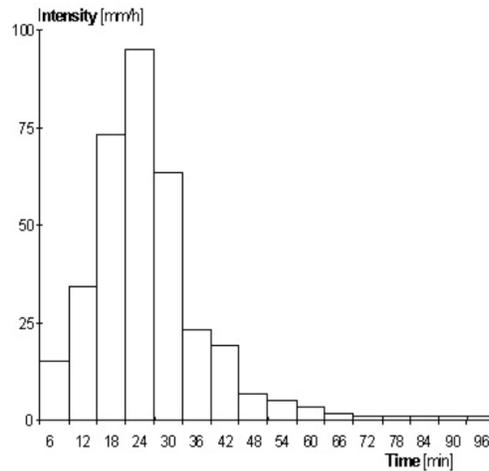


Ilustración 21. Ejemplo de hietograma. Fuente: Sánchez (2008).

II. vi Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento o escorrentía según Moll (2013) es la porción de agua que circula en la superficie terrestre en relación al agua precipitada. La escorrentía es la parte del agua precipitada que no se evapora, ni evapotranspira, ni se almacena ni infiltra; una vez que el suelo se satura (Ibáñez, Moreno y Gisbert, s.f.). Las utilidades son el cálculo de gastos y la toma de medidas para el ordenamiento y planeación del territorio para mitigación de riesgo de inundaciones. Entonces:

$$c = \frac{E_s}{P}$$

Donde:

- c : Coeficiente de escurrimiento
- E_s : Escurrimiento superficial
- P : Precipitación total

Según el *anejo 7* del Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza, España (s. f.): el coeficiente de escurrimiento varía a lo largo del tiempo y está en función de las características

del terreno y del entorno. El coeficiente de escurrimiento aumenta proporcionalmente a la intensidad y la duración de la precipitación. Las características del suelo influyen en el coeficiente de escurrimiento, y es importante analizar esta variable considerando la planeación urbana vigente. De igual manera, Catalá (1989) menciona que la naturaleza del suelo es importante para el coeficiente de escurrimiento, por ello es importante analizar su tipología en vista del planeamiento urbano vigente, Terrenos sin urbanizar pueden aconsejar el uso de un coeficiente de escurrimiento bajo, obteniendo un pequeño gasto de aguas pluviales a evacuar. Si los terrenos están sujetos a un planeamiento que posibilita la urbanización, se producirá en el futuro, un incremento en el gasto de aguas pluviales a desalojar.

Ibáñez, et al. (s. f.) indican que cuando un terreno presenta diversas condiciones que son determinantes para la infiltración, se necesita calcular el coeficiente de escurrimiento a partir de un promedio ponderado de cada parte y obtener un único valor de escurrimiento para toda la cuenca.

Factores que afectan el escurrimiento

Catalá (1989) menciona que el coeficiente de escurrimiento en algún instante, depende de la evaporación, humedad inicial del suelo, intensidad y duración de la precipitación, dimensiones de la cuenca, pendiente y naturaleza del terreno, siendo complicado el análisis de cada uno de los factores. Fijar el coeficiente medio de escurrimiento para una cuenca urbana es muy difícil debido a las diferentes áreas y superficies existentes. Pürschel (1976) concuerda con la idea de la dificultad para determinar un coeficiente de escurrimiento y por ello recomienda solicitar la opinión de las autoridades oficiales competentes.

Hay diversos métodos semiempíricos para la obtención del coeficiente de escurrimiento. Basados en el tipo y uso de suelo. Algunos de ellos son los siguientes:

Método de Raws

Está en función de características de uso de suelo y vegetación así como el relieve según la Tabla 4.

Tabla 4. Método Raws. Fuente: Ibáñez, et al.

	C
Bosque. Relieve ondulado	0.18
Bosque. Relieve quebrado	0.21
Pasto. Relieve ondulado	0.36
Pasto. Relieve quebrado	0.42
Cultivos. Relieve ondulado	0.60
Cultivos. Relieve quebrado	0.72

Método Prevert

El método de Prevert, Mencionado por TRAGSA (1998), toma en cuenta la textura del suelo, la topografía (pendientes) y el uso de suelo y vegetación. Fue desarrollado mediante la observación de parcelas experimentales (ver Tabla 5).

Tabla 5. Método Prevert. Fuente: TRAGSA (1998).

Uso de suelo	Pendiente %	Textura del suelo		
		Arenoso- limoso Limoso- arenoso	Limoso Limoso- arcilloso	Arcilloso
Bosque	0-5	0.10	0.30	0.40
	5-10	0.25	0.35	0.50
	10-30	0.30	0.40	0.60
	>30	0.32	0.42	0.63
Pastizal	0-5	0.15	0.35	0.45
	5-10	0.30	0.40	0.55
	10-30	0.35	0.45	0.65
	>30	0.37	0.47	0.68
Cultivo agrícola	0-5	0.30	0.50	0.60
	5-10	0.40	0.66	0.70
	10-30	0.50	0.70	0.80
	>30	0.53	0.74	0.84

Valores de coeficiente de escurrimiento según Aparicio

Los siguientes valores de coeficiente de escurrimiento son mencionados por Aparicio (1992) (ver Tabla 6).

Tabla 6. Valores de coeficiente de escurrimiento. Fuente: Aparicio (1992)

Tipo de área drenada	Coeficiente de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo
Zonas comerciales		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.7
Zonas residenciales		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.7
Zonas Industriales		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
Cementerios y parques	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Patios de ferrocarril	0.20	0.40
Zonas suburbanas	0.10	0.30
Calles		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.70	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
Praderas		
Suelos arenosos planos (pendientes 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20

Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Valores del coeficiente de escurrimiento según Catalá

Catalá (1989) señala los coeficientes de escurrimiento para lluvias cortas (duración de 0 a 2 horas) y lluvias largas (duración de 2 a 72 horas) para zonas urbanas con pendiente menor al 5% (ver Tabla 7), para distintos tipos de superficies receptoras (ver Tabla 8) y para zonas rurales (en la cual el coeficiente de escurrimiento está en función de la pendiente, en porcentaje) (ver Tabla 9)

Tabla 7. Coeficientes de escurrimiento para distintas áreas urbanas. Fuente: Catalá (1989).

Tipo de área	Viviendas/ha	Coeficiente de escurrimiento para lluvias de duración	
		Corta	Larga
Residencial	Más de 150	0.70 a 1.00	1.00
	100 a 150	0.75 a 1.00	1.00
	50 a 100	0.65 a 0.80	1.00
	25 a 50	0.40 a 0.70	1.00
	10 a 25	0.30 a 0.50	0.80 a 0.90
	5 a 10	0.25 a 0.35	0.60 a 0.80
	0 a 5	0.10 a 0.25	0.50 a 0.60
Comercial	Céntrica	-	0.70 a 0.95
	Periférica	-	0.50 a 0.70
Industrial	Ligera	-	0.50 a 0.80
	Pesada	-	0.60 a 0.90
Deportiva	-	0.20 a 0.35	0.50
Parque y jardines	-	0.10 a 0.25	0.40

Tabla 8. Coeficientes de escurrimiento para distintas superficies receptoras. Fuente: Catalá (1989).

Tipo de superficie	Coeficiente de escurrimiento para lluvias de duración			
	Corta	Larga		
Mezclas bituminosas	0.90 a 1.00	1.00		
Hormigón	0.90 a 1.00	1.00		
Pavimentos	Adoquinados con juntas	Estancas	0.70 a 0.80	1.00
		Abiertas	0.60 a 0.70	1.00
	Ladrillo	0.70 a 0.85	1.00	
	Empedrados y macadam	0.40 a 0.50	0.80	
	Grava	0.20 a 0.30	0.60	
Tejados y azoteas	0.90 a 1.00	1.00		
Superficies impermeables, inmuebles, varios y plazas públicas	0.90 a 1.00	1.00		

Tabla 9. Coeficientes de escurrimiento para zonas rurales. Fuente: Catalá (1989).

Tipo de área	Pendiente	Coeficiente de escurrimiento para lluvias de duración	
		Corta	Larga
<i>Cultivos</i>	p menor a 0.10	0 a 0.15	0.15+2p

p de 0.10 a 0.20	$0.05+0.5p$	$0.20+1.5p$
p mayor a 0.20	$0.10+0.5p$	$0.30+p$
p menor a 0.10	0 a 0.05	$2(0.15+2p)/3$
p de 0.10 a 0.20	$2(0.05+0.5p)/3$	$2(0.20+1.5p)/3$
p mayor a 0.20	$2(0.10+0.5p)/3$	$2(0.30+p)/3$

II. vii Interpolación de datos faltantes

DeMers (2009) menciona que cuando se interpola, se trata de predecir o estimar valores faltantes de un conjunto de datos, usando los números ubicados a cada lado de los datos faltantes. Ello se basa en la idea de que estos números ocurren en una moda o secuencia predecible. Algunas secuencias pueden ser lineales y algunas otras no lineales (por ejemplo logarítmicas). El método de interpolación que se elija, depende de la naturaleza de la superficie que se quiera describir. Este autor menciona algunos métodos:

Interpolación lineal: es un método con el que se pueden determinar valores faltantes suponiendo que los datos que se examinan varían de manera lineal.

Interpolación no lineal: tratan de relacionar progresiones numéricas que se aproximen lo más que se pueda a los datos que se quieren analiza. Cuando se seleccione un método de interpolación no lineal, primero se debe caracterizar la superficie (si es gradual, escalonada, suave o rugosa o combinada). Después se debe familiarizarse con la naturaleza del proceso. Con ello, se puede elegir la técnica que más se ajuste a los cambios de los datos.

Interpolación mediante distancia ponderada: con éste método, se le da más peso a los valores interpolados que están más cercanos de los valores conocidos, ésta ponderación decrece cuando aumenta la distancia del valor conocido

II. viii Sistemas de información geográfica

Un Sistema de Información Geográfica es un sistema operativo, según DeMers (2009), que permiten a los que administran recursos usar algunas herramientas y tareas que lo geógrafos usan; Esta herramienta permite:

- Recuperar fragmentos de mapas.
- Contar, agrupar, reclasificar y cuantificar características del paisaje.
- Medir alturas, distancias y volúmenes.
- Crear mapas, visualizar datos, interpolar y recortar.
- Encontrar rutas óptimas y visualizarlas.
- Realizar análisis topográficos como: agua subterránea, flujos superficiales, acumulación de líquido, visualización, entre otros.

La importancia de estos software, señala el autor, es que tratan con técnicas que geógrafos y profesionales relacionados han ideado para analizar mapas y datos relacionados hace 2,500 años. Gracias al avance en la velocidad y eficiencia de las computadoras, los Sistemas de Información Geográfica son un software que transforma.

III METODOLOGÍA

Para realizar la caracterización de estos dos eventos, se recopiló la información correspondiente y se clasificó en los siguientes rubros.

- a. Información periodística
- b. Información pluviométrica.
- c. Información hidrométrica.
- d. Coeficientes de infiltración
- e. Volúmenes de agua llovido y escurrido

III. i Información periodística

La recopilación de datos periodísticos, consistió en la búsqueda, lectura y presentación de artículos relacionados con los eventos de precipitación en el diario *La Jornada*; posteriormente se elaboró un resumen de los acontecimientos de cada uno de ellos, destacando aspectos políticos, económicos y sociales. Se mostraron en el capítulo de antecedentes, como un marco histórico, para dar un panorama de lo que ocurrió, de cómo se vivieron estos hechos y de qué manera afectaron la vida en el Valle de México.

III. ii Información pluviométrica

El manejo de la información de los datos diarios de precipitación consistió en la identificación de las estaciones que se ubican dentro del polígono rectangular que se encuentra entre las coordenadas $-98^{\circ}28'59.88''$ $-99^{\circ}33'18.000''$ longitud, $19^{\circ}54'54''$ y $18^{\circ}57'9.00''$ latitud, de la base de datos climatológica del Servicio Meteorológico Nacional. Dicho polígono fue elegido con la intención de abarcar el área de estudio y estaciones vecinas, para poder tener datos de alturas de precipitación fuera de la subcuenca y así conocer los valores de precipitación en partes de la frontera. La descarga de los datos se realizó a través de CLICOM, identificando las estaciones con el nombre y la clave.

Se filtraron los datos de las estaciones para un periodo de tiempo de dos a tres días antes y después de que ocurrieron los eventos meteorológicos (elegido con base en la información periódica), y se elaboró una base de datos que contiene el número de identificación de la estación (ID ESTACIÓN), el nombre de la estación (ESTACIÓN), datos referentes a su ubicación (ESTADO, MUNICIPIO, COORDENADAS), organismo operador (OPERADOR) y datos diarios de precipitación para cada estación.

Con la base de datos anterior, se elaboraron los mapas de isoyetas mediante el programa ArcMap, considerando las estaciones dentro del polígono rectangular mencionado anteriormente. Para poder conocer el valor de la precipitación en zonas donde no hubo medición, se utiliza la información de las estaciones pluviométricas interpolando los datos con el método Kriging, que “es un método que se utiliza para construir eficientemente los campos de lluvia a partir de una red de aparatos de medición” (Delhomme, 1976, Label, 1984; citados por Cisneros, Bouvier y Domínguez, 1998). Se elaboraron mapas de isoyetas en donde se presentan también, en recuadros pequeños, la distribución espacial de la intensidad diaria de la lluvia.

La presentación de la información consistió en sólo colocar la que pertenece al interior de la subcuenca hidrográfica L. de Texcoco y Zumpango.

Con las alturas de precipitación diaria para cada estación, se calculó la altura de precipitación media usando el método promedio aritmético; con ello, se calcularon los volúmenes de precipitación, usando del área de la subcuenca reportada por INEGI (2010), calculada con la proyección cónica equivalente de Albers.

Para cada periodo de tiempo de las fechas correspondientes, se aplicó una escala de color que abarcó los datos de las estaciones dentro de la región de estudio. Con esta escala se identifican de color verde intenso el valor mínimo y se degrada hasta el color rojo que se asocia al máximo valor (ver Ilustración 22).

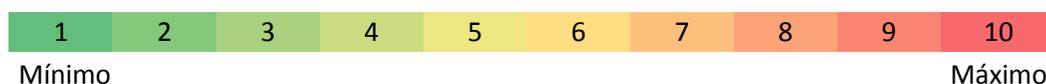


Ilustración 22. Escala de color. Fuente: elaboración propia.

Para la elaboración de hietogramas, se eligieron cuatro estaciones de la red de estaciones de monitoreo del SACMEX en diferentes ubicaciones. Se procedió a filtrar la base de datos, para las estaciones elegidas y para los periodos de tiempo similares a los elegidos anteriormente. Las tablas de datos elaboradas contienen datos de tiempo (hora de lectura de altura de precipitación, tiempo acumulado) y altura de precipitación. Se eligió un tiempo de seis horas para acumular la lluvia correspondiente a ese intervalo. Se representó la información en gráficas de barras.

III. iii Información hidrométrica

En lo que respecta a los datos de las estaciones hidrométricas, estos se obtuvieron de la base de datos del BANDAS. De las estaciones hidrométricas reportadas en el inventario de la misma base, se seleccionaron las que están dentro del Valle de México. El archivo descargable de las estaciones se identifica por clave. Dentro de éste, se eligió la tabla con nombre

DDXXXXX (donde XXXXX es variable y representa la clave de la estación compuesta por cinco dígitos). Los datos reportados en ella son los gastos medios diarios. Se procedió a filtrar los datos elaborando una base de datos con información de identificación, clave de la estación y nombre (ID ESTACIÓN y ESTACIÓN), nombre de la corriente en la que se ubica (CORRIENTE), las coordenadas de ubicación de la estación (UBICACIÓN) y los datos de los gastos medios diarios. Con estos valores, se graficaron hidrogramas para un tiempo base aproximado de 15 días.

III. iv Coeficientes de escurrimiento

La estimación del coeficiente de escurrimiento se llevó a cabo mediante dos métodos que esencialmente son: a) el uso de tablas de coeficientes de escurrimiento (ejemplo 1) y b) el uso de información de estaciones hidrométricas y pluviométricas (ejemplo 2).

Ejemplo 1

Se estimó el coeficiente de escurrimiento para el Valle de México utilizando tablas que indican un valor para el coeficiente de escurrimiento de acuerdo de uso de suelo, pendiente, entre otras características, basándose principalmente en el método Prevert, complementando con un valor del coeficiente de escurrimiento para zona urbana según Aparicio (1992) (pues Prevert no indica uno para dicho uso de suelo); para ello se requirió de información geográfica referente a uso de suelo y vegetación (serie I para el año 1988 y serie V para el año 2011, aproximadamente), elevación del terreno, edafología y límites de la subcuenca hidrográfica L. de Texcoco y Zumpango. Tal información estuvo disponible en el Geoportal de CONABIO y en el portal electrónico del INEGI. Para el manejo de los datos se utilizó el programa ArcMap.

Se reclasificó la información de las capas de información de uso de suelo y vegetación de las series I y V de INEGI de la siguiente manera:

Bosque: bosque cultivado, de encino, de encino-pino, de oyamel, de pino, de pino-encino, de táscate. También se incluyó la vegetación secundaria arbustiva perteneciente a algún tipo de bosque.

Pastizales: pastizal inducido incluyendo matorrales pues según Marten (2001, párr. 15), estos dos grupos son comunidades biológicas inmaduras, dentro de una línea de sucesión ecológica. Además se incluyó la vegetación secundaria arbustiva de matorrales.

Agricultura: de riego y de temporal.

Por ser una subcuenca con una relativamente amplia área urbana, se toma adicionalmente la clase de uso de suelo urbano, asociando un coeficiente de escurrimiento con un valor de 0.9, de acuerdo a los valores de coeficiente de escurrimiento presentados por Aparicio (1992).

Se agruparon usos de suelo distintos en la clase *Otros*, como cuerpos de agua, vegetación halófila, hidrófila, tulares, comunidades (relativamente pequeñas) y zonas sin información de textura de suelo.

Con el modelo digital de elevaciones de la subcuenca se elaboró un mapa de pendientes en el que se indicaron cuatro clases (pendiente del 0% al 5%, del 5% al 10%, del 10% al 30% y mayor a 30%). También se clasificó la textura del suelo en fina, media y gruesa.

A cada una de las clases anteriores, se les asignó variables binarias (0 para las demás y 1 para la clase de interés). Con álgebra de mapas se realiza las combinaciones de las capas requeridas para la obtención de las áreas con el correspondiente coeficiente de escurrimiento. Se obtuvieron mapas de la regionalización del coeficiente de escurrimiento y tablas que organizaron la información obtenida; posteriormente se calculó un coeficiente de escurrimiento ponderado para el Valle de México.

Ejemplo 2

Se estimó el coeficiente de escurrimiento mediante la relación escurrimiento superficial y precipitación total, para la zona oriente del Valle de México, por tener una urbanización relativamente nula para el año 1988 y tener los datos completos de gastos medios diarios de las estaciones hidrométricas: Texcoco, Atenco, Chapingo, San Andrés, La Grande, Tepexpan, Tejocote, San Mateo y Garcés.

De los datos de gastos medios, se obtuvo un hidrograma total de salida para la zona oriente. Posteriormente se separó el escurrimiento directo del escurrimiento base mediante el trazo de una recta horizontal a partir del punto de levantamiento de dicho hidrograma obteniendo como resultado el volumen de escurrimiento directo y el tiempo en que ocurre. Simultáneamente obtuvo un promedio de altura de precipitación diaria en la zona y con ello un volumen de precipitación diaria. Conociendo el tiempo base, se obtuvo un volumen de precipitación total asociado a este. Teniendo éstos dos volúmenes, se estimó el coeficiente de escurrimiento para la zona oriente.

Como complemento, se calculó también para esta zona el coeficiente de escurrimiento ponderado con el método Prevert para la posterior comparación ambos resultados

IV RESULTADOS

IV. i Información pluviométrica

Datos de las estaciones pluviométricas e hidrométricas

Se presenta en la Tabla 10, el registro de cinco estaciones; El registro completo se encuentra en los Anexos: **Datos de estaciones pluviométricas:** *Tabla 17*; **Gastos y escalas máximos:** *Tabla 18. Gastos y escalas máximos.* Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS; **Gastos medios diarios:** *Tabla 19. Gastos medios diarios para estaciones, 1988.* Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS. y *Tabla 20. Gastos medios diarios para estaciones, 2011.* Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS.

Los colores que contienen las celdas de valores son una escala, mencionada en la metodología.

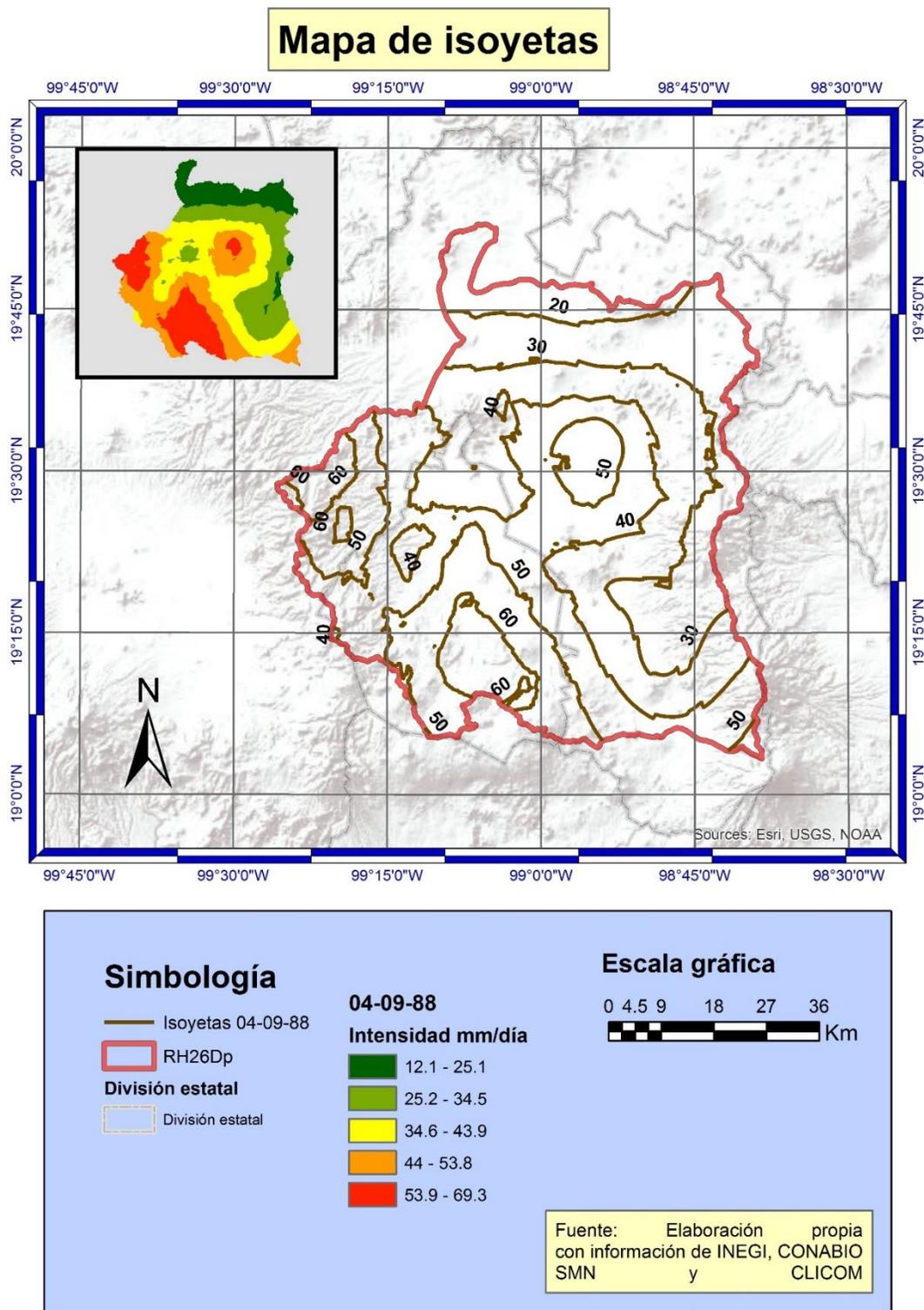
Tabla 10. Datos parciales de estaciones pluviométricas. Fuente: elaboración propia con información de CLICOM.

ID ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTADO	MUNICIPIO	OPERADOR	Coordenadas geográficas		Altura de precipitación (mm)																
							Septiembre de 1988							Junio de 2011			Julio de 2011						
							2	3	4	5	6	7	28	29	30	1	2	3	4				
9003	AQUILES SERDÁN 46	CDMX	AZCAPOTZALCO	CONAGUA-DGE	-99.1900	19.4694	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											
9004	CALVARIO 61	CDMX	TLALPAN	CONAGUA-DGE	-99.1492	19.2031		30.7	62.8	8.0	2.0	0.0					16.8	25.0	14.2	17.8			
9007	CINCEL 42	CDMX	CUAUHTEMOC	CONAGUA-DGE	-99.1167	19.4167	6.3	55.3	58.9	5.7	0.7	0.0											
9010	COLONIA AMÉRICA	CDMX	MIGUEL HIDALGO	CONAGUA-DGE	-99.2017	19.4125	8.1	34.6	53.7	4.0	0.0	0.0	16.8	23.0	52.5	16.8	25.0	14.2	17.8				
9012	COLONIA ESCANDÓN	CDMX	MIGUEL HIDALGO	CONAGUA-SMN	-99.1772	19.4014	7.0	20.0	28.0	28.0	0.0	0.0											

Mapas de isoyetas

El Mapa 3 de isoyetas mostrado a continuación, corresponde al día 4 de septiembre de 1988. En el recuadro principal pueden ubicarse la Subcuenca hidrográfica *RH26Dp*, junto con las isoyetas diarias; en la parte superior izquierda puede observarse otro recuadro pequeño en el que se ubica la distribución espacial y temporal de la intensidad de la lluvia. Cada elemento contiene su respectiva simbología, en donde se incluye la fecha de los datos (en el formato dd (día)- mm (mes)- aa (año)). La información completa: Mapa 6, Mapa 7, Mapa 8, Mapa 9, Mapa 10, Mapa 11, Mapa 12, Mapa 13, Mapa 14, Mapa 15 y Mapa 16 se encuentran en los

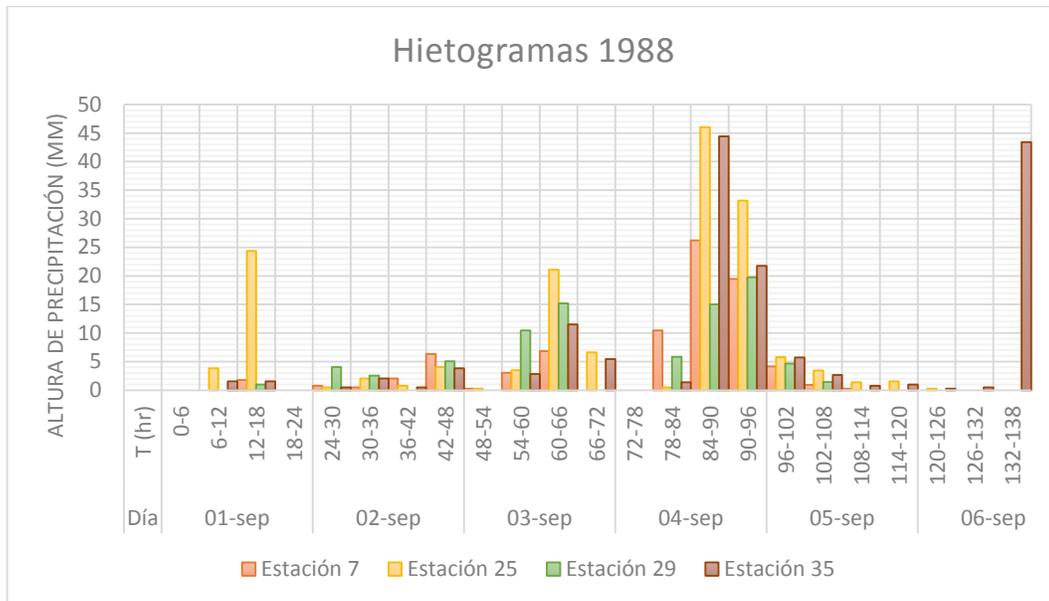
Anexos. Los datos de precipitación utilizados se obtuvieron de la Base de Datos Climatológica Nacional (Sistema CLICOM).



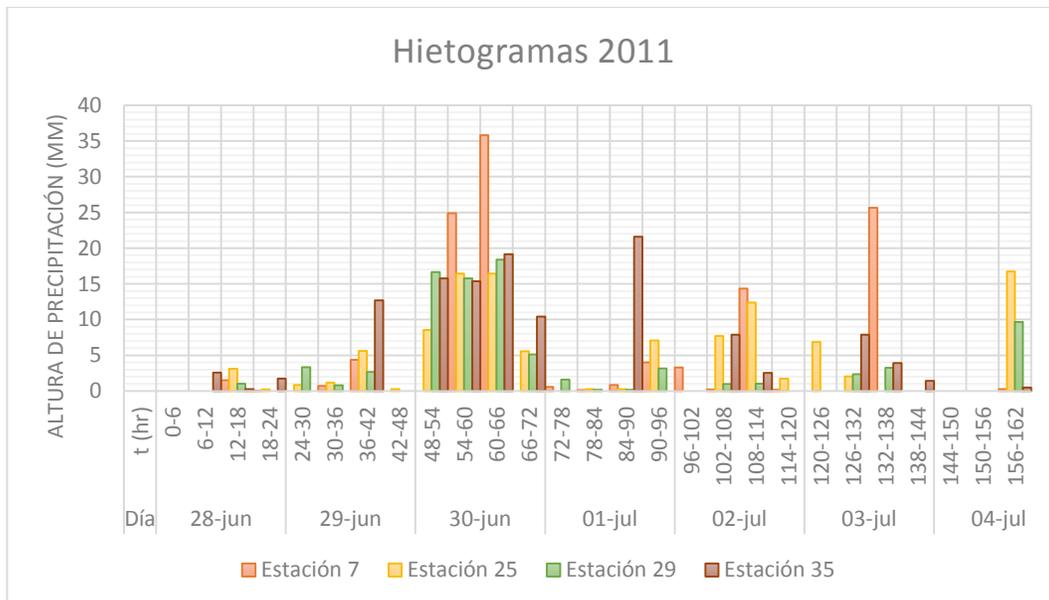
Mapa 3. Mapa de isoyetas, 4 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM

Hietogramas

Las siguientes gráficas: Gráfica 1 y Gráfica 2, muestran los hietogramas obtenidos de las cuatro estaciones elegidas de la red de estaciones del SACMEX.



Gráfica 1. Hietogramas 1988. Fuente: elaboración propia con información de SACMEX.

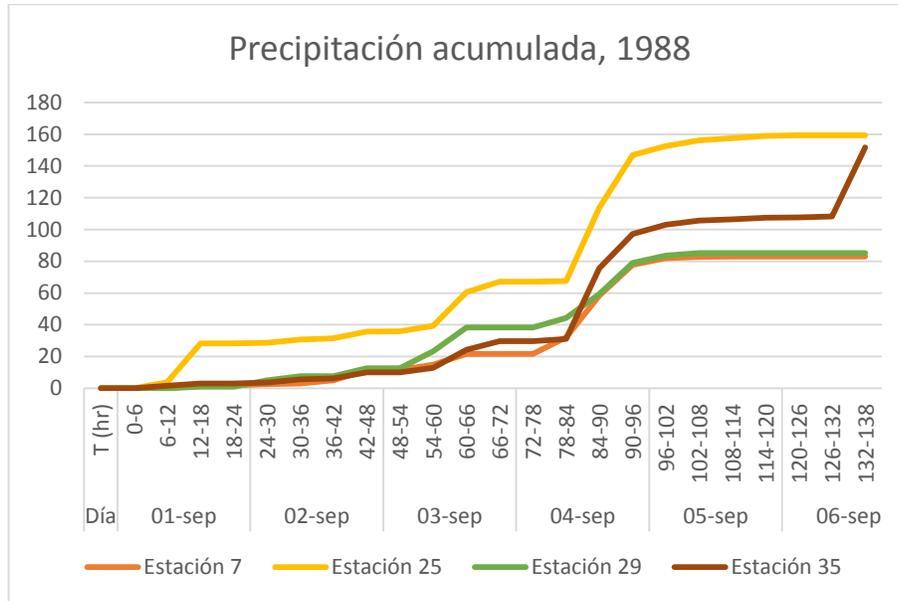


Gráfica 2. Hietogramas 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.

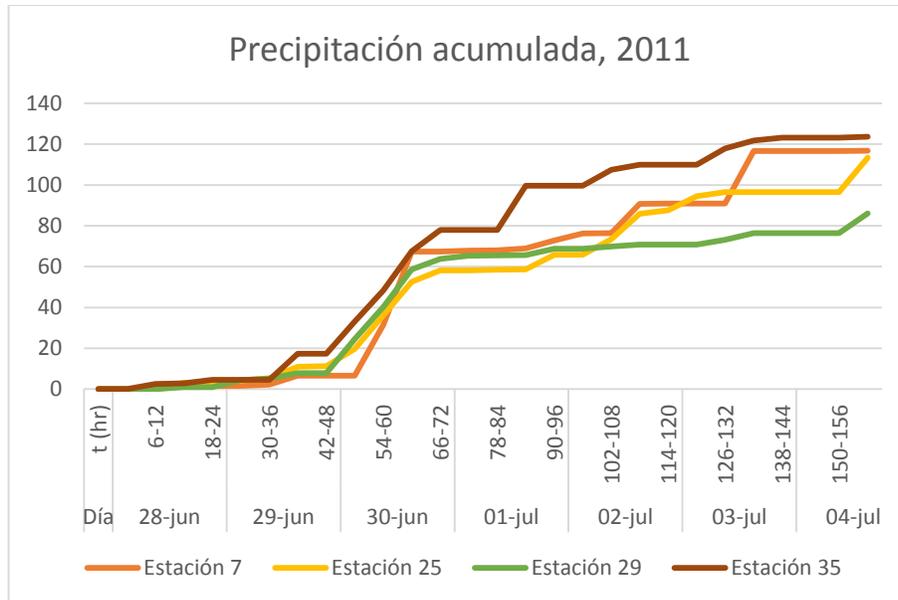
Los hietogramas por año y estación se encuentran en el apartado de Anexos, y corresponden a las Gráficas 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 y 62.

Curvas masa

Las curvas masa correspondientes a los hietogramas de las gráficas del apartado anterior: Gráfica 1 y Gráfica 2 se muestran a continuación: (ver Gráfica 3y Gráfica 4)



Gráfica 3. Curva masa de estaciones, 1988. Fuente: Elaboración propia con datos del SACMEX.



Gráfica 4. Curva masa de estaciones, 2011. Fuente: Elaboración propia con datos del SACMEX.

IV. ii Información hidrométrica

Datos de estaciones hidrométricas

Los datos recopilados de las hidrométricas fueron gastos máximos presentados en el mes de ocurrencia de la tormenta (en m³/s), el día en que ocurrió, la hora y la lectura de escala (en m). En la Tabla 11 se muestra la organización de los datos en una tabla. Para ver la información relativa a las demás estaciones dentro de la región de estudio, ir al apartado de Anexos (ver Tabla 17).

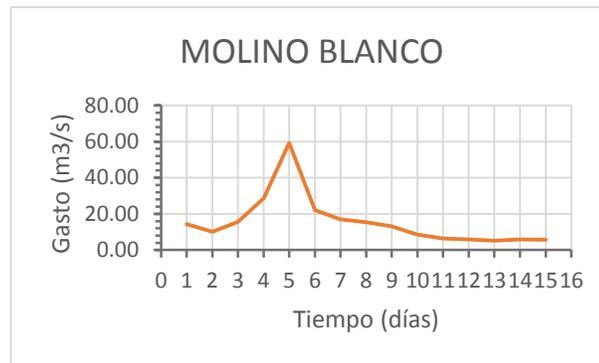
Tabla 11. Datos parciales de información hidrométrica. Fuente: CLICOM.

ID Estación	ESTACIÓN	CORRIENTE	ESTADO	UBICACIÓN		Gasto máximo Septiembre 1988			
				LONGITUD	LATITUD	Valor (m ³ /s)	Día	Hora (hrs)	Lectura de escala (m)
26032	MOLINO BLANCO	RIO DE LOS REMEDIOS	MEXICO	-99.220833	19.4775	94.200	5	6.00	5.800
26039	KM. 6 +250	GRAN CANAL	DISTRITO FEDERAL	-99.091388	19.476666	68.332	5	4.00	6.090
26053	EL MOLINITO	RIO HONDO	MEXICO	-99.235555	19.453611	72.500	5	2.00	3.100
26054	SAN JUAN IXHUATEPEC	RIO DE LOS REMEDIOS	MEXICO	-99.118611	19.520833	1.952	4	14.00	1.740
26057	TOTOLICA	RIO TOTOLICA	MEXICO	-99.244444	19.465277	14.610	17	18.00	2.600

Hidrogramas

Los hidrogramas se elaboraron con los datos de gastos medios diarios del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS); dos de los hidrogramas se muestran en la Gráfica 5 y Gráfica 6. Para las demás estaciones, las Gráficas 8 a 54 se muestran en la sección Anexos.

1988



Gráfica 5. Hidrograma Molino Blanco. Fuente: Elaboración propia con datos del BANDAS.

2011



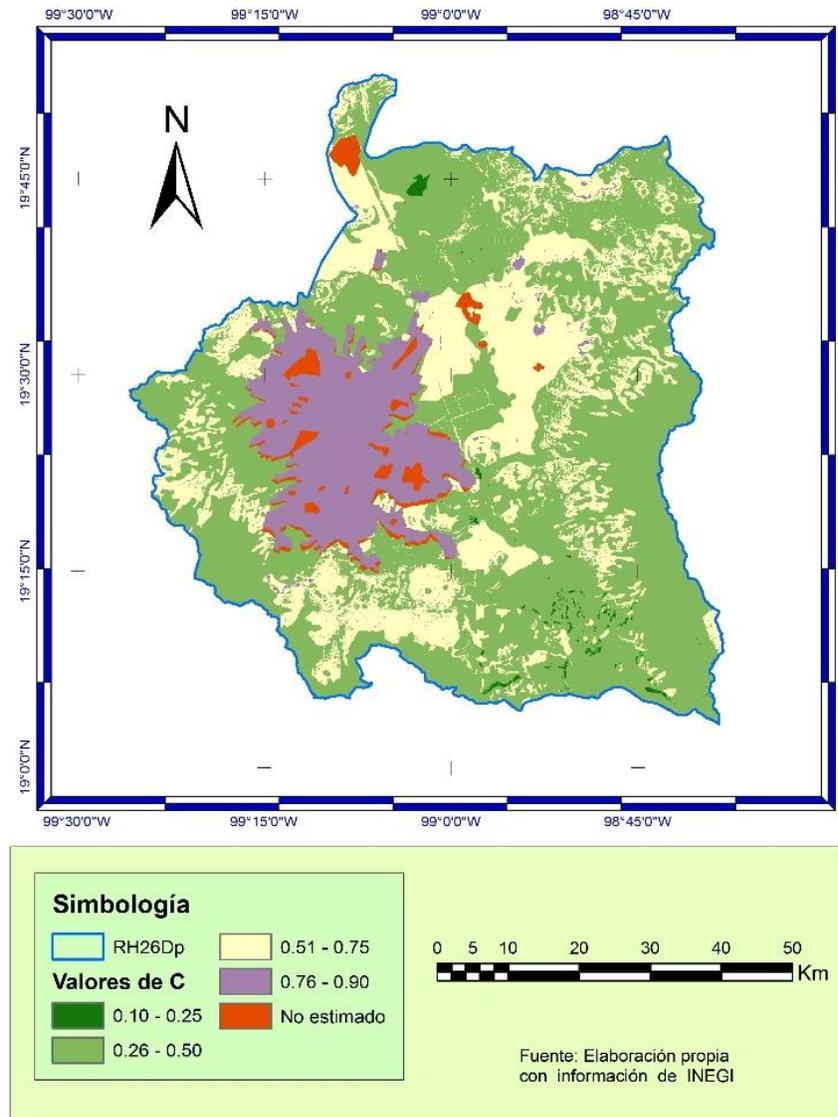
Gráfica 6. Hidrograma El Molinito. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS.

IV. iii Coeficientes de escurrimiento

Resultados del ejemplo 1

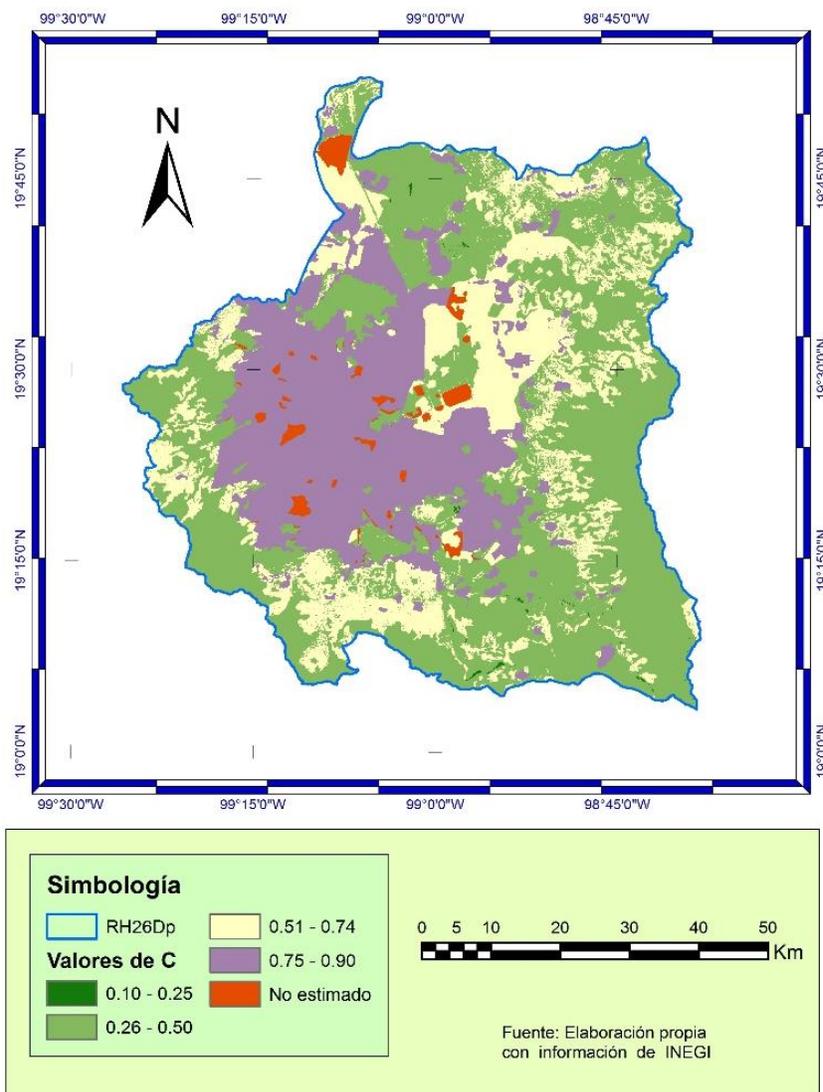
Los mapas de regionalización del coeficiente de escurrimiento obtenidos según la metodología se muestran a continuación:

Para aproximadamente 1988, Mapa 4.



Mapa 4. Regionalización del coeficiente de escurrimiento para alrededor del año 1988. Fuente: elaboración propia con información de INEGI.

Para 2011 aproximadamente, Mapa 5.



Mapa 5. Regionalización del coeficiente de escurrimiento para alrededor del año 2011. Fuente: elaboración propia con información de INEGI.

Las áreas para cada uso de suelo según la pendiente del terreno y la textura del suelo, utilizadas para la estimación del coeficiente de escurrimiento ponderado, para 1988 aproximadamente, fueron los siguientes (ver Tabla 12):

Tabla 12. Áreas para la estimación del coeficiente de escurrimiento ponderado, para el año 1988. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI.

Uso de suelo	Pendiente %	Área (km ²)			% de área del total contabilizado
		Textura de suelo			
		Gruesa	Media	Fina	
Bosque	0-5	3.77	47.05	2.05	20.39%

	5-10	6.87	98.45	2.64	
	10-30	10.09	410.13	12.87	
	>30	4.84	384.15	8.11	
Pastizal	0-5	12.82	89.51	123.42	17.16%
	5-10	7.23	109.68	12.34	
	10-30	10.12	289.65	37.49	
	>30	7.15	123.2	11.58	
Cultivo agrícola	0-5	222.93	742.9	465.2	47.45%
	5-10	75.95	284.68	25.11	
	10-30	45.2	340.17	13.02	
	>30	8.56	78.84	3.33	
Zona urbana		615.14			12.66%
Otro		113.83			2.34%
Total		4860.07			100.00%

Para el año 2011 aproximadamente (ver Tabla 13):

Tabla 13. Áreas para la estimación del coeficiente de escurrimiento ponderado, para el año 2011. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI.

Uso de suelo	Pendiente %	Área (km ²)			% de área del total contabilizado
		Textura de suelo			
		Gruesa	Media	Fina	
Bosque	0-5	1.18	44.1	2.52	18.73%
	5-10	2.01	87.78	2.22	
	10-30	5.27	379.77	9.78	
	>30	4.32	364.28	6.94	
Pastizal	0-5	2.25	72.98	64.96	12.40%
	5-10	3.42	72.5	6.47	
	10-30	5.6	219.88	26.06	
	>30	5.84	112.44	10.15	
Cultivo agrícola	0-5	190.44	607.97	349.35	40.84%
	5-10	68.31	259	17.73	
	10-30	45.56	332.42	13.45	
	>30	9.98	86.16	4.44	
Zona urbana		1283.71			26.41%
Otro		78.83			1.62%
Total		4860.07			100.00%

Coefficientes de escurrimiento:

Los resultados de la estimación del coeficiente de escurrimiento ponderado para el Valle de México, utilizando los datos anteriores, son:

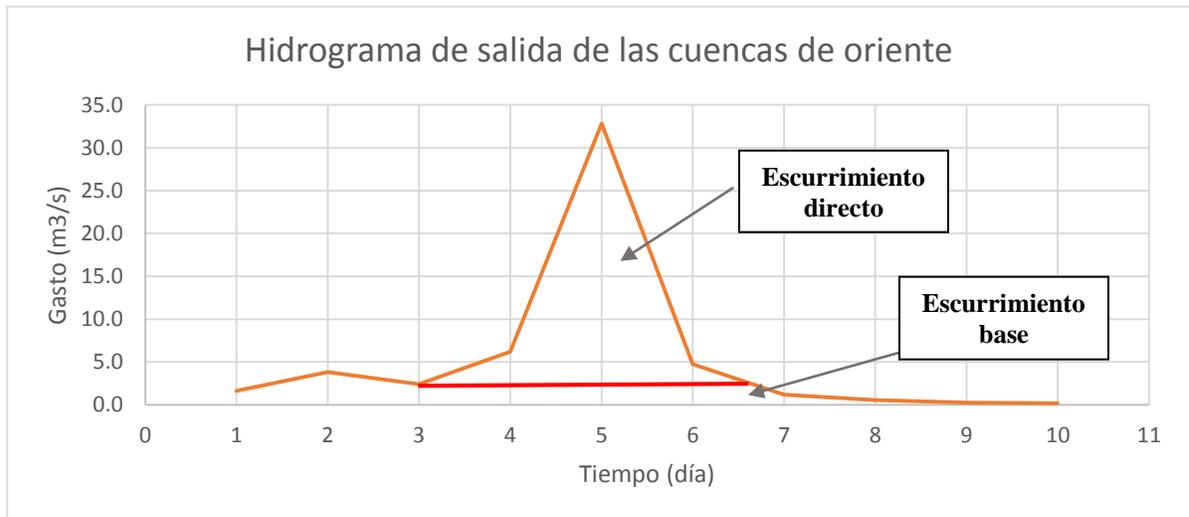
Para 1988 (aproximadamente): $\bar{c}_e = 0.549$

Para 2011 (aproximadamente): $\bar{c}_e = 0.608$

Donde: \bar{c}_e es el coeficiente de escurrimiento ponderado

Resultados del ejemplo 2

Utilizando la información de las hidrométricas y la relación escurrimiento superficial/precipitación total, el coeficiente de escurrimiento calculado y los datos que lo generaron se muestran en la Gráfica 7. Hidrograma de salida de las cuencas de oriente en 1988. Fuente: elaboración propia con información del BANDAS. Tabla 14 y Tabla 15.



Gráfica 7. Hidrograma de salida de las cuencas de oriente en 1988. Fuente: elaboración propia con información del BANDAS.

Tabla 14. Valores de precipitación promedio en las cuencas de oriente en 1988. Fuente: elaboración propia con datos de CLICOM.

Día	Septiembre					
	2	3	4	5	6	7
Precipitación promedio (mm)	13.84	13.34	41.41	8.05	0.43	0.00
Volumen precipitado (m³)	14,154,460.62	13,643,205.59	42,346,523.56	8,231,205.94	438,218.59	0.00

Tabla 15. Coeficiente de escurrimiento en 1988 para la zona Oriente del Valle de México. Fuente: Elaboración propia con base en información de CLICOM Y BANDAS.

Gasto base (m³/s)	2.42409
Tiempo en que ocurre (días)	3.65
Inicio	3 de sept 1988
Término	Entre el 6 y 7 de sept 1988
Volumen de escurrimiento directo (m³)	3,120,389.68
Área drenada (km²)	1022.51
Volumen de precipitación (m³)	64,505,777.18
Volumen de infiltración (m³)	61,385,387.50

Complemento

Como se planteó en la metodología, en la Tabla 16 se muestra el resultado de la estimación del coeficiente de escurrimiento para la zona Oriente (ver Ilustración 23) de la misma manera que el ejemplo 1, mediante el uso de tablas.

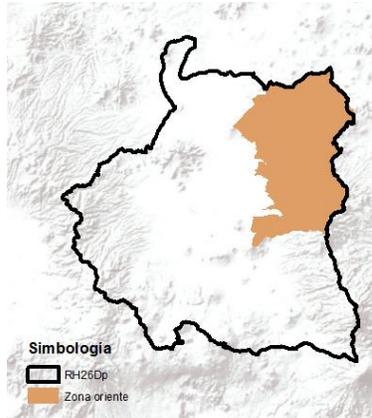


Ilustración 23. Croquis de ubicación de la zona Oriente del Valle de México. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, delimitación de la zona: Instituto de Ingeniería.

Tabla 16. Cálculo del coeficiente de escurrimiento ponderado, zona Oriente del Valle de México. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI.

Valores de C	Área km ²	Valores de C	Área km ²
No estimado	53.00	0.55	102.00
0.84	294.00	0.50	25717.00
0.80	731.00	0.47	2495.00
0.74	1501.00	0.45	8531.00
0.70	9121.00	0.42	8019.00
0.68	409.00	0.40	14853.00
0.66	10802.00	0.37	18.00
0.65	902.00	0.35	4395.00
0.63	223.00	0.30	2195.00
0.60	11122.00	0.15	5.00
Área total 101488.00 km²			
Coeficiente de escurrimiento (c) 0.518			

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados obtenidos a través de esta investigación son los siguientes:

- El bosquejo de un panorama histórico donde se plantean de una manera cualitativa los efectos de las dos tormentas, mediante el uso de información periodística; pudiéndose observar que para tales tormentas el principal problema ocurrido fueron las inundaciones.
- Descripción de aspectos generales del evento meteorológico asociado a las tormentas ocurridas.
- Recopilación de información de estaciones pluviométricas e hidrométricas dentro del Valle de México para las dos tormentas.
- Elaboración de algunos hietogramas que muestran la intensidad de lluvia en el tiempo, para estaciones pluviográficas.
- La elaboración de hidrogramas mediante los cuales puede apreciarse de manera gráfica el comportamiento del gasto medio diario registrado en una estación hidrométrica conforme el tiempo pasa.
- La elaboración de mapas de isoyetas con base en la información recopilada de estaciones pluviométricas, donde puede observarse la evolución espacial y temporal de la intensidad de las tormentas (mm/día) dentro del Valle de México.
- La aplicación de dos métodos para la estimación del coeficiente de infiltración.
- La estimación del volumen de lluvia escurrido e infiltrado.

De esta manera, se presentó una caracterización cualitativa y cuantitativa de las dos lluvias, a excepción de la lluvia de 2011, pues los datos presentados son incompletos debido a que algunos de los datos de las bases CLICOM y BANDAS están desactualizados.

A partir de la visualización de la escala de color usada, se infiere que los días 4 de septiembre de 1988 y 30 de junio de 2011 fueron en los que las estaciones pluviométricas registraron una mayor altura de precipitación con respecto a la lluvia de días antes y después de las mismas fechas.

Respecto al coeficiente de escurrimiento:

- Teniendo en cuenta que el resultado más apegado a lo que ocurrió realmente es el obtenido mediante el uso de la relación escurrimiento/precipitación ($c=0.048$) y comparando con el resultado obtenido mediante el uso de tablas ($c= 0.518$) (para 1988 en la zona oriente del valle de México) se pudo observar que el primero es menor que es segundo coeficiente, siendo una de las razones, que el coeficiente de escurrimiento proporcionado por las tablas pudieran ser para una larga duración, mayor que la duración de la tormenta de 1988, basado en el razonamiento de que el coeficiente de escurrimiento aumenta conforme también aumenta la duración de la lluvia.
- El coeficiente de escurrimiento estimado en el *Ejemplo 1* con la serie I de uso de suelo y vegetación de INEGI (1997) y serie V de INEGI (2013), aumentó de 0.549 a 0.608 siendo la causa un incremento del área urbana (que le corresponde un coeficiente de escurrimiento relativamente alto) y la disminución de áreas de pastizales, bosques y zonas de cultivo (con un coeficiente de escurrimiento relativamente pequeño).

Recomendaciones

Se destacó como el principal efecto de las dos lluvias ocurridas, las inundaciones. Esta sección se refiere a las recomendaciones encaminadas a tratar de dar solución a este problema.

- Crear políticas de prevención de desastres
- Que los tomadores de decisiones se informen en literatura especializada sobre efectos de cambio climático, lluvias intensas e inundaciones, para así tomar elecciones más acertadas.
- Controlar la urbanización del Valle de México y mantener y/o restaurar espacios que permitan una tasa infiltración de agua relativamente alta.
- Generar y/o respetar acuerdos políticos referentes a la responsabilidad de las instituciones frente a los desastres ocurridos.
- Reforestar zonas de bosque, pues se les asocia un menor coeficiente de escurrimiento, respecto a los otros usos de suelo.

Es importante señalar que los eventos de precipitación son fenómenos naturales que se convierten en desastre cuando de alguna manera afectan a la población y a sus actividades; los actores en este escenario son: los individuos de cada comunidad, los gobernantes e instituciones de gobierno; cabe destacar que el problema de inundaciones y de lluvias extraordinarias en el Valle de México no es aislado, sino que está inmerso en un marco ambiental representado por los elementos: físico, social, económico, político, entre otros.

De continuar así, deforestando, destruyendo la cubierta vegetal, sellando el suelo con asfalto y construcciones, sin permitir la infiltración del agua, los escurrimientos de las lluvias serán cada vez mayores y esto representa un riesgo de inundación, pues a medida que pasa el tiempo, en un escenario donde la urbanización sin control gana terreno y el cambio climático produce lluvias intensas, el porcentaje del agua que llueve y escurre, será mayor.

VI REFERENCIAS

- “Anejo 7...” (s. f.). Anejo 7: Hidrología. *Memoria expositiva, Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza*. Recuperado de: http://www.zaragoza.es/contenidos/urbanismo/pgouz/memoria/memoria_expositiva/Memoria_Expositiva_TR2002.pdf
- Aguilar E., Aparicio J. y Gutiérrez A. (agosto de 2007). Sistema de drenaje principal de la Ciudad de México. *Gaceta del IMTA*. Recuperado de: <https://www.imta.gob.mx/gaceta/anteriores/g04-08-2007/sistema-drenaje-mexico.html>
- Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. México: Limusa
- Bermeo, A. (22 de marzo de 1999). Advierte Buenrostro riesgo de inundación. *Reforma*. Recuperado de: go.galegroup.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&u=unam1&v=2.1&id=GALE%7CA129608671&it=r&asid=b25a23727cf3d161cf5c5faa9e19047d
- Catalá, F. (1989). Cálculo de caudales en las redes de saneamiento. Madrid, España: Paraninfo, S. A. pp. 143-147.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2014). Ciclones tropicales. *Serie Fascículos*. Recuperado de: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/5-FASCCULOCICLONESTROPICALES.PDF>
- Centro Virtual de Información del Agua (s. f). Cinco siglos de la cuenca del Valle de México. Recuperado de: <https://agua.org.mx/infografias/CuencaValleDeMexico/>
- Cisneros, H., Bouvier, C. y Domínguez, R. (1998). Aplicación del método Kriging en la construcción de campos de tormenta en la ciudad de México. Recuperado de: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_51-52/010019095.pdf
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2005). 'División Política Estatal'. Escala 1:1000000. Extraído de Conjunto de Datos vectoriales topográficos y

- toponímicos. Escala 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). México.
- CONAGUA (s. f.). Grandes retos hídricos en el Valle de México. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/106463/Variacion_disponibilidad_agua_valle_mexico_y_toluca.pdf
- Cotler, H., Galindo A, González I., Pineda, R. y Ríos, E. (2013). Cuadernos de divulgación ambiental. *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Recuperado de: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2016/04/Cuencas_hidrograficas_Fundamentos_y_perspectivas_para_su_manejo_y_gestion_VF.pdf
- Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE <http://clicom-mex.cicese.mx>
- DeMers, M. (2009). GIS FOR DUMMIES. EE. UU y Canadá. Wiley Publishing, Inc.
- Domínguez, R. (2000). Las inundaciones en la Ciudad de México. Problemática y Alternativas de Solución. *Revista Digital Universitaria*. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.1/num2/proyec1/>
- García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Gerrish, H. (s. f.). Preliminary report hurricane Debby. Recuperado de: http://www.nhc.noaa.gov/archive/storm_wallets/atlantic/atl1988-prelim/debby/
- Hdz. A. y Bravo, C. (s. f.). Reseña de la tormenta tropical “Arlenne” del Océano Atlántico. Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2011-Arlene.pdf>
- Ibáñez, A., Moreno, H. y Gisbert, J. (s. f.). Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía (c). Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10781/Coeficiente%20de%20escorrent%20%ADa.pdf>
- INE- INEGI (1997). Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie I (continuo nacional). Escala: 1:250000. Instituto Nacional de Ecología - Dirección de Ordenamiento Ecológico General e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Digitalización de las cartas de uso del suelo y vegetación elaboradas por INEGI entre los años 1980-1991 con base en fotografías aéreas de 1968-1986. México, D. F. México, D. F. Recuperado del portal de Geoinformación de CONABIO: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250kcs1agw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- INEGI (2010). Documento técnico descriptivo de la red hidrográfica escala 1:50 000, edición 2.0

- INEGI (2017). Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0)- descarga. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx>
- INEGI (s.f.). Coordinador del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/inegi/contenido/coordinador.html>
- INEGI- INE- CONAGUA (2007). Documento técnico del mapa de Cuencas hidrográficas de México (escala 1: 250 000)
- INEGI, (2013). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000, serie V (capa unión). Escala: 1:250000. Edición: 2a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes. Recuperado del portal de Geoinformación de CONABIO: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250s5ugw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- INEGI, (2014). Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000 Serie II. (Continuo Nacional), escala: 1:250000. Edición: 2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags., México. Recuperado del portal de Geoinformación de CONABIO: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/eda250s2gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Jiménez, M., Fuentes, O. y Prieto, R. (2014). Ciclones tropicales. *Serie fascículos. Recuperado de:* <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/5-FASCCULOCICLONESTROPICALES.PDF>
- K, A., Bloch, R. y Lamond, J. (2012). Guía para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en Ciudades en el Siglo 21. *Ciudades e inundaciones.* Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/950451468148161242/pdf/667990PUB0v20S00Box385314B00PUBLIC0.pdf>
- Legorreta, J. (2013). Los ríos de la Ciudad de México pasado, presente y futuro. *Ciencias.* Recuperado de: <http://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/107/pdf/107A02.pdf>
- León, M. (s. f.). Los aztecas, adquisiciones sobre un gentilicio. *Estudios de la cultura náhuatl.* Recuperado de: <http://www.ejournal.unam.mx/ecn/ecnahuatl31/ECN03113.pdf>
- Levi, E. (1988). Historia del desagüe del Valle de México. *Ingeniería hidráulica en México.* Recuperado de: http://ccvm.org.mx/repo/1998_HDVM.pdf
- López, M. (2011). Inundaciones en el Valle de México y su exacerbamiento por el impacto del cambio climático. Recuperado de: http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/varios/Dialogos_por_el_Agua_12-oct-2011/panel_iv/Inunda_VMex8.pdf
- Maderey, L. y Jiménez, A. (2005). Geografía para el siglo XXI. *Principios de hidrogeografía Estudio del ciclo hidrológico.* Recuperado de http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_text_uni/G_S_XXI_Principios_de_hidrogeograf%C3%ADa_portada.pdf

- Marten. G. (2001). *Ecología Humana: Conceptos Básicos para el Desarrollo Sustentable*. Recuperado de: <http://www.gerrymarten.com/ecologia-humana/capitulo06.html#p1>
- McGowan, G. (2013). *El estado del Valle de México 1824- 1917*.
- Moll, M. (2013). *Aplicaciones cartográficas para la valoración de superficies de escorrentía*. Riu Girona (Alicante). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17629315006>
- Poumarède, J. (1860). *Desagüe del Valle de México, nuevo sistema de impedir las inundaciones de la ciudad y del Valle de México, y hacer desaparecer en parte las causas de insalubridad que ofrecen uno y otro*. México: Imprenta de Ignacio Cumplido.
- Pürschell, W. (1976). *Las redes urbanas de saneamiento*. Bilbao, España: Urmo, 1976. p. 20.
- SACMEX, (s. f.). *Datos pluviográficos*.
- Sánchez, J. (2008). *Precipitaciones*. Recuperado de: <http://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>
- SEMARNAT (23 de junio de 2015). *Supervisan Conagua, SCT y Semarnat avances del Proyecto Hidráulico del Lago de Texcoco. Comunicado de prensa Núm. 119/15 / México*. Recuperado de: <http://www.gob.mx/semarnat/prensa/supervisan-conagua-sct-y-semarnat-avances-del-proyecto-hidraulico-del-lago-de-texcoco>
- Sistema de Aguas de la Ciudad de México (2012). *El gran reto del agua en la ciudad de México*. Recuperado de: http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/granreto_sacmex.pdf
- TRAGSA (1998). *Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión*. Madrid, España. MUNDI-PRENSA. p. 94.
- UNAM (2015). *Portal académico CCH. México antiguo*. Recuperado de: [http://portalacademico.cch.unam.mx/atlas/mexicoAntiguo#prettyPhoto\[flash\]/13/](http://portalacademico.cch.unam.mx/atlas/mexicoAntiguo#prettyPhoto[flash]/13/)
- Urbanisten (s.f.). *Hacia una Ciudad de México sensible al agua*. Recuperado de: http://www.urbanisten.nl/wp/wp-content/uploads/2016.07.21_Reporte_CAF_Urb-AEP_lr-2.pdf

Periódicos

- Sigue lloviendo en Guerrero; *Kristi* afecta también a Chiapas y Oaxaca. (3 de septiembre 1988). *La Jornada*, p. 9.
- El huracán Debby entró a Veracruz. (4 de septiembre 1988). *La Jornada*, pp. 1, 12.
- Ballinas, V. (5 de septiembre de 1988). *Encharcamientos e inundaciones por las lluvias, informó el DDF*. *La Jornada*, p. 28.
- Ballinas, V. y Rodríguez, L. (6 de septiembre de 1988). *Inundaciones, desgajamiento de cerros y derrumbes en el DF*. *La Jornada*, pp. 1 y 8.

- Ballinas, V. (7 de septiembre de 1988). Deslaves en colonias enclavadas en los cerros de dos delegaciones. *La Jornada*, p. 11.
- Martin, C. (7 de septiembre de 1988). Más de 500 familias de la capital, afectadas. *La Jornada*, pp. 1, 14.
- Martín, C. y Ballinas, V. (8 de septiembre de 1988). Minimizan autoridades del DDF las consecuencias de las lluvias. *La Jornada*, p. 13.
- Martin, C. (9 de septiembre de 1988). El río Churubusco, en constante peligro de desbordamiento: DDF. *La Jornada*, p. 15.
- Ramón, R. Salinas, J. y Dávila, I. (28 de julio de 2011). Desbordamiento del Dren Xochiaca afectó 6 mil 855 casas, según censo. *La Jornada*, p. 37.
- Romero, G. (29 de junio de 2011). Definen GDF y Conagua tareas ante las lluvias. *La Jornada*, p. 39.
- Salgado, A. (29 de junio de 2011). Precipitación agrava grieta en Iztapalapa. *La Jornada*, p.39.
- Sánchez, T. (29 de junio de 2011). Llover sobre mojado. *La jornada*, p. 41.
- Morales, A., Sánchez, M., Carrizales, D., Ocampo, S., Lastra, J., Camacho, C., Henríquez, E. y Martínez, F. (30 de junio de 2011). Golpea *Arlene* en el Golfo; alerta en 15 estados y el Distrito Federal. *La Jornada*, p. 36.
- Ramón, R. (30 de junio de 2011) Damnificados por inundación en *Neza* reclaman más ayuda. *La Jornada*, p. 37.
- Llanos, R. y Romero, G. (30 de junio de 2011). Alerta Moreno sobre lluvias intensas esta temporada; demanda más recursos. *La Jornada*, p. 40.
- Salinas, J., Ramón, R. y Martínez, F. (1 de julio de 2011). Se desborda río de Los Remedios; inundaciones en *Neza* y Ecatepec. *La Jornada*, p. 32.
- Chávez, S. (1 de julio de 2011). Alertan por el canal de Cartagena. *La Jornada*, p. 33.
- Sánchez, T. (1 de julio de 2011). Saturan 26 mil millones de litros de lluvia el drenaje profundo. *La Jornada*, p. 36.
- Ramírez, B. (1 de julio de 2011). En riesgo, población que vive cerca de canales. *La Jornada*, p. 37.
- Gómez, L. (1 de julio de 2011). Alerta en el Metro por las precipitaciones. *La Jornada*, p. 38.
- Román, J. (1 de julio de 2011). Afectan goteras al AICM, pese a excesivo gasto por evitarlas. *La jornada*, p. 43.
- Gómez, C. y Salinas, J. (2 de julio de 2011). Veinte mil familias, afectadas por las lluvias en Ecatepec y *Neza*: Calderón. *La Jornada*, p. 27
- Ramón, R. y Salinas, J. (2 de julio de 2011). Violento desalojo de damnificados; cerraron la avenida central en demanda de ayuda. *La Jornada*, p. 28.

- Gómez, C. (2 de julio de 2011). Se aislarán bordos del río de los Remedios: Luege. *La Jornada*, p. 28.
- Salinas, J., Ramón, R. y Castillo, G. (2 de Julio de 2011). Fallecen dos niños al caer a la canaleta lateral de la autopista México-Puebla. *La Jornada*, p. 29.
- De los corresponsales (2 de julio de 2011). *Arlene* provocó la muerte de cuatro personas y cientos de damnificados en 10 estados. *La Jornada*, p. 29.
- Cruz, A. (2 de julio de 2011). Encharcamientos afectan 14 manzanas. *La jornada*, p. 31
- Romero, G. y Cruz, A. (2 de julio de 2011). Dejan lluvias 833 casas dañadas, árboles caídos y caos vial. *La Jornada*, p. 32.
- Martínez, F. y Salinas, J. (3 de julio de 2011). Declara SG desastre natural en Nezahualcóyotl y Ecatepec. *La Jornada*, p. 31.

VI. i Bibliografía

- Botello, B. (12 de julio de 2001). Alertan de inundaciones por nuevo aeropuerto. *Reforma*. Recuperado de: go.galegroup.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&u=unam1&v=2.1&id=GALE%7CA129071126&it=r&asid=aea7dc563f4d9072e710b8632889992e
- Domínguez, M (2000). Las inundaciones en la Ciudad de México, Problemática y Alternativas de Solución. *Revista Digital Universitaria*. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.1/num2/proyec1/>
- García, E. (1964). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. *Serie libros Núm. 6. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado de: http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf
- Gobierno de la República, SEMARNAT y CONAGUA (2014). Proyecto hidráulico del lago de Texcoco. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/101451/PRESENTACION_CONAGUA_NAICM_11sep14.pdf
- Pacheco, R. (2 de mayo de 2005). Nezahualcóyotl creó dique para que Tenochtitlán no se inundara. *Crónica*. Recuperado de: <http://www.cronica.com.mx/notas/2002/12616.html>
- Taniguchi, H. (13 de mayo de 2003). Anuncian creación de lago en Edomex. *Reforma*. Recuperado de: go.galegroup.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&u=unam1&v=2.1&id=GALE%7CA128510865&it=r&sid=8b1ee2b4637b1c585f7d39c1df9ce5ec
- Unisys (s. f.). 1988 Hurricane/Tropical Data for Eastern Pacific. Recuperado de: http://weather.unisys.com/hurricane/e_pacific/1988/index.php

ANEXOS

VII. i Datos de estaciones pluviométricas

Tabla 17. Datos de estaciones pluviométricas. Fuente: Elaboración propia con información de CLICOM.

ID ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTADO	MUNICIPIO	OPERADOR	Coordenadas geográficas		Altura de precipitación (mm)																	
							Septiembre de 1988						Junio de 2011			Julio de 2011								
							2	3	4	5	6	7	28	29	30	1	2	3	4					
9003	AQUILES SERDÁN 46	CDMX	AZCAPOTZALCO	CONAGUA-DGE	-99.1900	19.4694	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0												
9004	CALVARIO 61	CDMX	TLALPAN	CONAGUA-DGE	-99.1492	19.2031		30.7	62.8	8.0	2.0	0.0					16.8	25.0	14.2	17.8				
9007	CINCEL 42	CDMX	CUAUHTEMOC	CONAGUA-DGE	-99.1167	19.4167	6.3	55.3	58.9	5.7	0.7	0.0												
9010	COLONIA AMÉRICA	CDMX	MIGUEL HIDALGO	CONAGUA-DGE	-99.2017	19.4125	8.1	34.6	53.7	4.0	0.0	0.0	16.8	23.0	52.5	16.8	25.0	14.2	17.8					
9012	COLONIA ESCANDÓN	CDMX	MIGUEL HIDALGO	CONAGUA-SMN	-99.1772	19.4014	7.0	20.0	28.0	28.0	0.0	0.0												
9013	COLONIA MOCTEZUMA	CDMX	VENUSTIANO CARRANZA	CONAGUA-SMN	-99.1056	19.4278	8.2	17.5	58.0	3.8	0.3	0.0												
9014	COLONIA SANTA ÚRSULA COAPA	CDMX	COYOACAN	CONAGUA-DGE	-99.1481	19.3033	6.5	33.0	65.0	6.5	27.0	0.0	10.0	18.0	40.0	17.0	9.5	16.0	10.0					
9020	DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL	CDMX	TLALPAN	CONAGUA-DGE	-99.1822	19.2969	3.0	35.2	57.5	6.1	0.0	0.0	2.0	14.5	52.0	13.5	26.5	7.0	16.0					
9022	EL GUARDA	CDMX	TLALPAN	CONAGUA-DGE	-99.1731	19.1344	10.0	38.0	49.0	16.0	0.0	0.0												
9025	HACIENDA LA PATERA	CDMX	GUSTAVO A. MADERO	CONAGUA-DGE	-99.1583	19.5128	9.0	29.0	42.0	2.0	0.0	0.0												
9026	MORELOS 77	CDMX	IZTAPALAPA	CONAGUA-DGE	-99.0833	19.3667	7.5	30.3	38.4	5.6	0.9	0.0												
9029	GRAN CANAL KM. 06+250	CDMX	GUSTAVO A. MADERO	CONAGUA-DGE	-99.0914	19.4767	7.7	9.5	35.8	4.0	0.0	0.0	0.6	17.1	62.0	12.3	11.0	12.2	0.0					
9032	MILPA ALTA	CDMX	MILPA ALTA	CONAGUA-DGE	-99.0219	19.1906							2.0	25.0	0.0	3.5	6.0	12.0	1.0					
9034	MOYOGUARDA	CDMX	XOCHIMILCO	CONAGUA-DGE	-99.1000	19.2500	6.3	20.3	68.6	7.1	20.8	0.0												
9036	PLAYA CALETA 454 COLONIA MARTE	CDMX	IZTACALCO	CONAGUA-DGE	-99.0978	19.3953	6.0	40.0	59.0	5.0	4.0	0.0	0.3	0.0	38.5	0.0	0.0	0.0	1.2					
9037	PRESA ANSALDO	CDMX	LA MAGDALENA CONTRERAS	CONAGUA-DGE	-99.2167	19.3333	0.0	3.1	8.0	3.0	0.0	0.0												
9038	PRESA MIXCOAC	CDMX	ALVARO OBREGON	CONAGUA-DGE	-99.2667	19.3667	12.0	30.0	69.0	6.0	3.0	0.0												
9039	PRESA TACUBAYA	CDMX	ALVARO OBREGON	CONAGUA-DGE	-99.2125	19.3972	0.0	13.5	0.0	2.0	1.0	1.5												
9041	SAN FRANCISCO TLALNEPANTLA	CDMX	XOCHIMILCO	CONAGUA-DGE	-99.1286	19.1967	20.0	30.0	80.0	17.0	20.0	0.0	15.0	23.0	0.0	15.0	18.0	13.0	0.0					
9043	SAN JUAN DE ARAGÓN	CDMX	GUSTAVO A. MADERO	CONAGUA-DGE	-99.0792	19.4653	8.2	10.0	36.0	4.5	0.0	0.0	1.0	13.0	60.0	12.9	6.5	10.0	0.3					
9044	SAN LORENZO	CDMX	MILPA ALTA	CONAGUA-DGE	-99.0311	19.1750	8.8	58.0	51.6	8.5	8.5	0.0												
9045	SANTA ANA TLACOTENCO	CDMX	MILPA ALTA	CONAGUA-DGE	-99.0028	19.1789	12.0	31.0	77.5	9.2	1.0	0.0	10.0	20.0	54.0	2.5	4.5	13.0	0.0					

9046	COLONIA SANTA FE	CDMX	ALVARO OBREGON	CONAGUA-SMN	-99.2333	19.3833	30.1	60.5	2.8	0.3	0.0	0.0								
9051	TLÁHUAC	CDMX	TLAHUAC	CONAGUA-DGE	-99.0036	19.2628	0.0	17.0	47.0	6.5	0.0	0.0	0.0	10.0	55.6	1.8	4.5	6.5	0.0	
9054	GENERAL ANAYA	CDMX	BENITO JUAREZ	CONAGUA-DGE	-99.1667	19.3667	6.7	32.6	78.0	6.3	4.5	0.0								
9068	PUENTE LA LLAVE	CDMX	CUAUHTEMOC	CONAGUA-DGE	-99.0528	19.4292	8.0	14.0	10.5	2.0	0.0	0.0	18.5	29.0	35.0	4.6	8.5	0.0	13.1	
9071	COLONIA EDUCACIÓN	CDMX	COYOACAN	CONAGUA-DGE	-99.1322	19.3339	5.9	18.0	66.0	4.8	43.5	0.0	2.9	17.6	49.7	19.4	11.6	14.3	2.7	
15007	AMECAMECA DE JUAREZ (DGE)	EDOMEX	AMECAMECA	CONAGUA-DGE	-98.7722	19.1406	25.4	23.0	35.0	25.0	5.0	0.0								
15008	ATENCO	EDOMEX	ATENCO	CONAGUA-DGE	-98.9128	19.5439	11.4	7.5	75.5	5.1	0.0	0.0	0.0	8.5	85.5	0.5	0.8	12.5	20.0	
15013	CALACOAYA	EDOMEX	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	CONAGUA-DGE	-99.2394	19.5342	21.2	23.8	25.9	3.9	0.0	0.0	0.5	7.0	48.0	6.0	6.5	16.5	1.0	
15017	COATEPEC DE LOS OLIVOS	EDOMEX	IXTAPALUCA	CONAGUA-DGE	-98.8461	19.3847	14.5	42.0	39.0	7.0	0.0	0.0	3.0	40.0	100.2	6.4	2.5	14.3	0.0	
15018	COLONIA MANUEL A. CAMACHO	EDOMEX	IXTAPALUCA	CONAGUA-DGE	-98.7653	19.3250	8.1	11.5	31.7	11.6	0.0	4.2								
15020	CHALCO- SAN LUCAS	EDOMEX	CHALCO	CONAGUA-DGE	-98.8958	19.2583	9.6	12.4	42.6	8.1	0.0	0.0	0.0	22.8	32.5	2.4	1.8	4.8	0.0	
15023	CHIMALHUACÁN	EDOMEX	CHIMALHUACAN	CONAGUA-DGE	-98.9222	19.3914	8.0	21.5	42.0	1.0	0.0	0.0								
15033	HUIXQUILUCAN	EDOMEX	HUIXQUILUCAN	CONAGUA-DGE	-99.3508	19.3611	5.5	0.0	51.0	5.0	0.0	0.0								
15040	GRAN CANAL KM 02+120 BOMBAS	EDOMEX	ECATEPEC DE MORELOS	CONAGUA-DGE	-99.0600	19.6097	8.0	11.5	57.5	3.5	0.0	0.0								
15041	GRAN CANAL KM 27+250	EDOMEX	ECATEPEC DE MORELOS	CONAGUA-DGE	-99.0194	19.5617	13.8	2.4	36.7	3.2	0.0	0.0	1.6	15.2	52.5	2.0	12.8	5.5	0.0	
15044	LA GRANDE	EDOMEX	ATENCO	CONAGUA-DGE	-98.9139	19.5761	12.0	14.3	68.0	4.5	0.0	0.0	0.0	10.0	9.0	0.0	4.0	6.0	2.5	
15047	LAS ARBOLEDAS	EDOMEX	TLALNEPANTLA DE BAZ	CONAGUA-DGE	-99.2158	19.5628	10.0	6.4	71.0	3.5	0.0	0.0	0.8	8.5	61.0	8.0	4.2	12.3	0.0	
15050	LOS REYES	EDOMEX	LA PAZ	CONAGUA-DGE	-98.9917	19.3578	8.8	25.6	35.6	6.7	0.4	0.0	3.0	26.0	40.0	2.5	4.0	8.2	1.0	
15053	MAGDALENA CHICHICASPA	EDOMEX	HUIXQUILUCAN	CONAGUA-DGE	-99.3228	19.4181	7.5	19.0	69.0	8.1	0.0	0.0								
15058	MOLINITO	EDOMEX	NAUCALPAN DE JUAREZ	CONAGUA-DGE	-99.2383	19.4536	10.0	14.0	63.0	4.5	0.0	0.0	3.0	8.0	46.0	8.0	6.0	96.5	6.0	
15059	MOLINO BLANCO	EDOMEX	NAUCALPAN DE JUAREZ	CONAGUA-DGE	-99.2208	19.4775	8.5	12.0	58.5	3.2	0.0	0.0	2.0	7.0	57.5					
15061	NEZAHUALCÓYOTL	EDOMEX	NEZAHUALCOYOTL	CONAGUA-DGE	-99.0456	19.4158	14.0	16.0	64.0	5.3	0.0	0.0	14.2	0.0	0.0	10.0	0.0	13.0	0.0	
15065	OTUMBA	EDOMEX	OTUMBA	CONAGUA-DGE	-98.7583	19.7000	21.0	0.0	27.0	3.5	0.0	0.0								
15075	PRESA LAS RUINAS	EDOMEX	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	CONAGUA-DGE	-99.2783	19.5811	14.2	10.1	60.2	2.5	0.0	0.0	4.0	11.0	0.0	6.0	10.0	17.0	0.0	
15077	PRESA TOTOLICA	EDOMEX	NAUCALPAN DE JUAREZ	CONAGUA-DGE	-99.2836	19.4528	14.0	16.0	54.5	4.2	0.0	0.0	1.0	3.8	2.7	17.3	20.0	24.1	20.0	
15083	SAN ANDRÉS	EDOMEX	TEXCOCO	CONAGUA-DGE	-98.9106	19.5319	12.4	7.4	71.6	5.8	0.0	0.0	1.0	12.3	67.6	0.0	2.6	17.0	11.0	
15090	SAN JERONIMO XONOCAHUACAN	EDOMEX	TECAMAC	CONAGUA-DGE	-98.9494	19.7508	21.5	1.0	12.0	5.0	0.0	0.0	2.0	18.0	56.0	0.0	2.5	0.0	3.0	
15092	SAN JUAN IXHUATEPEC	EDOMEX	TLALNEPANTLA DE BAZ	CONAGUA-DGE	-99.1144	19.5217	9.7	4.0	5.1	4.8	0.0	0.0								
15094	SAN LUIS AMECA	EDOMEX	TEMAMATLA	CONAGUA-DGE	-98.8708	19.1903							0.0	18.0	64.0	2.0	0.5	20.5	0.0	

15095	SAN LUIS AYUCAN	EDOMEX	JILOTZINGO	CONAGUA-DGE	-99.3678	19.4953							7.8	8.9	46.0	11.0	28.0	17.6	0.0
15099	SAN MATEO ACUITLAPILCO	EDOMEX	NEXTLALPAN	CONAGUA-DGE	-99.0439	19.7633							9.4	13.3	49.2	9.4	1.3	0.0	0.0
15100	SAN MATEO TECOLOAPAN	EDOMEX	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	CONAGUA-DGE	-99.2375	19.5708							0.9	6.6	0.0	0.6	11.0	0.0	0.3
15101	SAN MIGUEL TLAIXPAN	EDOMEX	TEXCOCO	CONAGUA-DGE	-98.8125	19.5194	5.9	12.5	15.3	59.4	4.2	0.0	2.8	29.3	71.9	1.3	2.1	22.4	5.9
15106	SAN RAFAEL	EDOMEX	TLALMANALCO	CONAGUA-DGE	-98.7583	19.2078							0.3	35.2	65.3	5.7	17.5	20.0	0.8
15124	TEPEXPAN	EDOMEX	ACOLMAN	CONAGUA-DGE	-98.9217	19.6114	13.1	22.9	21.7	5.7	0.0	0.0							
15125	TEXCOCO (DGE)	EDOMEX	TEXCOCO	CONAGUA-DGE	-98.8819	19.5056	19.5	21.8	38.0	3.8	0.0	0.0	0.0	14.5	60.7	0.1	1.3	16.5	4.4
15127	TOTOLICA SAN BAROLO	EDOMEX	NAUCALPAN DE JUAREZ	CONAGUA-DGE	-99.2456	19.4656	10.0	15.0	52.0	4.0	0.0	0.0							
15129	TULTEPEC	EDOMEX	TULTEPEC	CONAGUA-DGE	-99.1267	19.6842	17.0	16.5	17.2	2.1	3.1	0.0	5.0	8.0	58.1	0.5	11.8	11.3	0.0
15137	AMEALCO	EDOMEX	TLALNEPANTLA DE BAZ	CONAGUA	-99.1108	19.5181							2.2	10.9	0.0	25.5	8.5	5.4	0.0
15141	E.T.A. 032 TLALPITZAHUATL	EDOMEX	IXTAPALUCA	CONAGUA-SMN	-98.9033	19.3317	9.2	21.0	36.5	9.0	0.0	0.0							
15145	PLAN LAGO DE TEXCOCO	EDOMEX	CHIMALHUACAN	CONAGUA-DGE	-98.9317	19.4506	7.8	6.7	59.5	3.0	1.0	0.0							
15147	SAN BARTOLOMÉ	EDOMEX	HUIXQUILUCAN	CONAGUA-DGE	-99.3111	19.3983	12.0	20.0	73.5	3.0	0.0	0.0							
15167	EL TEJOCOTE	EDOMEX	TEXCOCO	CONAGUA-DGE	-98.9028	19.4433	10.5	11.5	40.5	5.0	0.0	0.0	13.5	24.9	45.7				
15170	CHAPINGO (DGE)	EDOMEX	TEXCOCO	CONAGUA-DGE	-98.8864	19.4847	13.5	16.3	60.4	5.2	0.0	0.0							
15209	PRESA SAN JOAQUIN	EDOMEX	HUIXQUILUCAN	CONAGUA-DGE	-99.2333	19.4167	10.5	14.7	62.8	3.6	0.0	0.0							
15210	SAN JUAN TOTOLAPAN	EDOMEX	TEPETLAOXTOC	CONAGUA-DGE	-98.7267	19.5297	18.0	3.5	25.5	0.0	0.0	0.0	2.0	4.2	89.0	0.0	7.0	22.0	5.0
15216	NOPALTEPEC	EDOMEX	NOPALTEPEC	CONAGUA-SMN	-98.7125	19.7819	19.7	4.2	26.3	3.2	1.8	0.0							
15263	ACOLMAN	EDOMEX	ACOLMAN	CONAGUA-DGE	-98.9128	19.6400	14.3	1.4	29.0	3.5	0.0	0.0	0.0	13.5	82.5	2.5	7.9	0.0	0.0
15268	IXTAPALUCA	EDOMEX	IXTAPALUCA	CONAGUA-DGE	-98.8822	19.3172	6.5	4.5	5.5	9.5	4.5	0.0							
15280	TLALMANALCO	EDOMEX	TLALMANALCO	CONAGUA-DGE	-98.8033	19.2039	3.5	13.0	6.0	11.0	0.0	0.0	2.0	17.0	64.0	2.5	0.0	15.0	0.0
15383	LAGO NABOR CARRILLO	EDOMEX	ATENCO	CONAGUA-DGE	-98.9917	19.4722							1.5	15.0	68.5	2.9	1.3	23.0	0.2

Notas:



Dato no disponible

VII. ii Datos de estaciones hidrométricas

Tabla 18. Gastos y escalas máximos. Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS

ID Estación	ESTACIÓN	CORRIENTE	ESTADO	UBICACIÓN		Gasto máximo Septiembre 1988				Gasto máximo Junio 1988				Gasto máximo Julio 1988			
				LONGITUD	LATITUD	Valor (m3/s)	Día	Hora (hrs)	Lectura de escala (m)	Valor (m3/s)	Día	Hora (hrs)	Lectura de escala	Valor (m3/s)	Día	Hora (hrs)	Lectura de escala (m)
26032	MOLINO BLANCO	RIO DE LOS REMEDIOS	MEXICO	-99.220833	19.4775	94.200	5	6.00	5.800								
26039	KM. 6 +250	GRAN CANAL	CIUDAD DE MÉXICO	-99.091388	19.476666	68.332	5	4.00	6.090								
26053	EL MOLINITO	RIO HONDO	MEXICO	-99.235555	19.453611	72.500	5	2.00	3.100	10.745	27	21.00	2.080	76.620	9	14.00	2.280
26054	SAN JUAN IXHUATEPEC	RIO DE LOS REMEDIOS	MEXICO	-99.118611	19.520833	1.952	4	14.00	1.740								
26057	TOTOLICA	RIO TOTOLICA	MEXICO	-99.244444	19.465277	14.610	17	18.00	2.600								
26071	TEXCOCO	RIO SAN LORENZO	MEXICO	-98.883055	19.500555	2.057	4	17.00	1.570	2.117	30	6.00	0.750	2.876	25	18.00	1.100
26178	ATENCO	RIO XALAPANGO	MEXICO	-98.912222	19.543888	4.872	5	7.00	2.090								
26183	CHAPINGO	RIO CHAPINGO	MEXICO	-98.884722	19.485277	1.062	5	2.00	1.320	1.374	30	15.00	1.400	12.466	25	19.00	2.350
26184	SAN ANDRES	RIO COXCACUACO	MEXICO	-98.9125	19.529166	5.392	5	5.00	1.720					1.612	1	6.00	0.800
26193	LA GRANDE	RIO PAPANOTLA	MEXICO	-98.916666	19.579166	59.760	5	7.00	2.530								
26194	TEPEXPAN	RIO SAN JUAN TEOTIHUACAN	MEXICO	-98.920277	19.611388	8.591	5	11.00	1.550								
26195	TEJOCOTE	RIO SANTA MONICA	MEXICO	-98.901388	19.443055	0.751	5	8.00	1.600								
26273	EL SALITRE	RIO EL SIFON	MEXICO	-99.298055	19.503055	0.241	29	8.00	1.210								
26274	SAN MÁTEO	RIO SAN BERNARDINO	MEXICO	-98.877777	19.476944	4.987	5	23.00	2.020	0.000	1	12.00	0.000	0.000	1	12.00	0.000
26275	SAN LUCAS	RIO DE LA COMPAÑIA	MEXICO	-98.856944	19.284722	2.884	4	23.00	1.000	1.398	30	8.00	0.400	1.637	9	11.00	0.420
26276	SAN MARCOS	RIO SAN FRANCISCO	MEXICO	-98.869444	19.291666	1.247	5	7.00	2.400	7.254	30	8.00	1.100	11.303	30	18.00	1.700
26281	VENTORRILLO	TUNEL VENTORRILLO	MEXICO	-99.250555	19.525833												
26307	KM. 14+000	FILTRACIONES CANAL DE SALES	MEXICO	-99.016666	19.568055	0.000	1	0.00	0.720								
26308	KM. 2+120 BOMBAS	DESFOGUE DEL LAGO	MEXICO	-99.011944	19.564444												
26313	KM. 27 +250	GRAN CANAL	MEXICO	-99.053611	19.641388	37.130	5	6.00	4.010								
26315	PUENTE DE VIGAS	RIO DE LOS REMEDIOS	MEXICO	-99.211111	19.511666	37.700	5	8.00	1.160								
26352	LAS ARBOLEDAS	RIO SAN JAVIER	MEXICO	-99.215833	19.562777	17.740	4	5.00	2.330	10.298	25	17.00	2.200	15.513	24	18.00	2.500
26360	ETCHEGARAY	RIO CHICO	MEXICO	-99.233333	19.480555	9.110	5	6.00	1.470	15.045	24	19.00	1.740	24.442	11	18.00	2.210
26402	LA DRAGA	CANAL LA DRAGA	MEXICO	-99.019444	19.561666	70.717	5	12.00	2.990								
26412	EL CONDE	RIO DE LOS REMEDIOS	MEXICO	-99.244444	19.465277	44.635	5	2.00	2.030	67.684	30	23.00	2.160	126.211	9	15.00	3.500
26436	PUENTE LA LLAVE	RIO CHURUBUSCO	MEXICO	-99.051944	19.429166												
26438	LA CONCHITA	RIO ESLAVA	CIUDAD DE MÉXICO	-99.236111	19.296944	2.037	4	19.00	0.930								
26439	CALACOAYA III	RIO TLALNEPANTLA	MEXICO	-99.255277	19.525	3.647	4	15.00	2.100								
26440	SANTA TERESA	RIO MAGDALENA	CIUDAD DE MÉXICO	-99.236111	19.302777	3.555	4	20.00	1.580	1.966	22	16.00	1.890				
26441	LOS REYES	RIO DE LA COMPAÑIA	MEXICO	-98.961111	19.3625	2.577	5	8.00	1.830								
26442	SANTA CRUZ	RIO SANTA CRUZ	MEXICO	-99.221666	19.504166	3.580	4	23.00	1.050	4.899	24	16.00	1.060	7.599	9	16.00	1.260
26443	CALACOAYA IV	RIO TLALNEPANTLA	MEXICO	-99.255555	19.524722					0.002	18	18.00	0.220	5.128	14	12.00	0.350
26445	GARCÉS	RIO COATEPEC	MEXICO	-98.913611	19.422222	0.138	4	1.00	0.760								
26458	SAN BARTOLITO	RIO HONDO	MEXICO	-99.293333	19.398333	44.140	5	1.00	0.970								
26514	LA AGRARIA	RIO SAN BUENAVENTURA	CIUDAD DE MÉXICO	-99.157222	19.276944	10.706	3	21.00	2.300	2.119	28	21.00	1.570	6.518	15	22.00	2.080

Nota:

Dato no disponible

Gastos medios diarios

Gasto medio diario de estaciones en 1988 para los días 1 al 12 de septiembre.

Tabla 19. Gastos medios diarios para estaciones, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS.

ID ESTACIÓN	ESTACIÓN	CORRIENTE	ESTADO	UBICACIÓN		Gasto (m³/s)											
				LONGITUD	LATITUD	SEPTIEMBRE											
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26032	MOLINO BLANCO	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.220833	19.477500	14.3729	10.1572	15.6052	28.6131	59.1601	22.0413	17.0234	15.3788	13.1259	8.4792	6.4438	5.8531
26039	KM. 6 +250	GRAN CANAL	CDMX	-99.091388	19.476666	15.1428	7.2727	20.4982	31.9673	65.0592	21.4080	14.0338	8.7747	10.9365	13.1560	14.2347	10.3372
26053	EL MOLINITO	RÍO HONDO	EDOMEX	-99.235555	19.453611	2.4670	3.0618	2.8278	8.1710	37.6376	19.2142	13.1300	6.6418	4.9238	4.0878	3.6641	3.4108
26054	SAN JUAN IXHUATEPEC	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.118611	19.520833	1.0129	0.7830	1.6044	1.2947	0.8747	0.4896	0.6980	0.5310	0.4950	0.3797	0.4353	0.4802
26057	TOTOLUCA	RÍO TOTOLUCA	EDOMEX	-99.244444	19.465277	1.6819	0.6475	0.8253	1.7453	4.1063	1.6819	1.6515	3.2885	3.2530	0.9731	0.7485	0.4218
26071	TEXCOCO	RÍO SAN LORENZO	EDOMEX	-98.883055	19.500555	0.0000	0.0000	0.0000	0.6340	0.7896	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26178	ATENCO	RÍO XALAPANGO	EDOMEX	-98.912222	19.543888	0.0243	0.3547	0.4106	0.2608	1.5512	0.4998	0.0679	0.0498	0.0208	0.0178	0.0163	0.0173
26183	CHAPINGO	RÍO CHAPINGO	EDOMEX	-98.884722	19.485277	0.1323	0.1350	0.1532	0.2418	0.7951	0.3811	0.1449	0.0675	0.0381	0.0247	0.0203	0.0200
26184	SAN ANDRÉS	RÍO COXCACUACO	EDOMEX	-98.912500	19.529166	0.1784	0.6150	0.5837	0.9151	2.7600	0.4955	0.2105	0.1290	0.0344	0.0000	0.0000	0.0000
26193	LA GRANDE	RÍO PAPALOTLA	EDOMEX	-98.916666	19.579166	1.1468	2.6830	1.1417	3.9910	22.3823	1.4235	0.3498	0.1491	0.1218	0.1111	0.0074	0.0000
26194	TEPEXPAN	RÍO SAN JUAN TEOIHUACAN	EDOMEX	-98.920277	19.611388	0.1088	0.0178	0.0971	0.1163	3.4243	1.1220	0.3740	0.1403	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26195	TEJOCOTE	RÍO SANTA MONICA	EDOMEX	-98.901388	19.443055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3594	0.1155	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26273	EL SALITRE	RÍO EL SIFON	EDOMEX	-99.298055	19.503055	0.0801	0.0673	0.0633	0.0809	0.0612	0.0797	0.0865	0.0569	0.0954	0.0571	0.0632	0.0535
26274	SAN MATEO	RÍO SAN BERNARDINO	EDOMEX	-98.877777	19.476944	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7173	0.6829	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26275	SAN LUCAS	RÍO DE LA COMPAÑIA	EDOMEX	-98.856944	19.284722	0.5414	0.3195	0.4918	0.7832	1.5422	1.1886	1.1900	1.1290	1.0641	0.6578	0.3226	0.3329
26276	SAN MARCOS	RÍO SAN FRANCISCO	EDOMEX	-98.869444	19.291666	0.0000	0.0000	0.0000	0.1529	0.5984	0.0840	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26281	VENTORRILLO	TUNEL VENTORRILLO	EDOMEX	-99.250555	19.525833	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26307	KM. 14+000	FILTRACIONES CANAL DE SALES	EDOMEX	-99.016666	19.568055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26308	KM. 2+120 BOMBAS	DESFOGUE DEL LAGO	EDOMEX	-99.011944	19.564444	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26313	KM. 27 +250	GRAN CANAL	EDOMEX	-99.053611	19.641388	9.1618	8.6121	11.9708	17.4769	35.3500	29.7988	15.2963	14.0825	10.7210	9.7638	8.6943	8.0061
26315	PUENTE DE VIGAS	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.211111	19.511666	6.2061	6.2115	5.7846	8.8760	28.4650	16.8483	13.3713	10.5387	8.6298	6.6555	5.6439	5.3024
26352	LAS ARBOLEDAS	RÍO SAN JAVIER	EDOMEX	-99.215833	19.562777	0.2618	0.2618	0.3231	2.7115	2.1264	1.8405	0.6817	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600
26360	ETCHEGARAY	RÍO CHICO	EDOMEX	-99.233333	19.480555	0.5344	0.6804	1.3041	3.6645	7.7981	2.3274	0.9702	0.7838	0.7866	0.8360	0.7931	0.7625
26402	LA DRAGA	CANAL LA DRAGA	EDOMEX	-99.019444	19.561666	20.8413	24.7679	60.1306	64.6577	68.6536	68.0952	66.8020	64.6799	60.9454	61.7280	59.8824	57.9403
26412	EL CONDE	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.244444	19.465277	5.9838	6.6992	9.7453	16.4503	32.7953	17.5917	12.8463	10.3008	7.1290	5.6506	5.3320	5.1921
26436	PUENTE LA LLAVE	RÍO CHURUBUSCO	EDOMEX	-99.051944	19.429166	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26438	LA CONCHITA	RÍO ESLAVA	CDMX	-99.236111	19.296944	0.0078	0.1224	0.3050	0.6131	0.4867	0.2512	0.2160	0.2104	0.1620	0.1620	0.1620	0.1620
26439	CALACOAYA III	RÍO TLALNEPANTLA	EDOMEX	-99.255277	19.525000	0.1483	0.8948	2.7724	0.1520	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26440	SANTA TERESA	RÍO MAGDALENA	CDMX	-99.236111	19.302777	0.9015	1.0186	1.4878	1.6743	1.5189	1.1571	0.7787	0.7816	0.7755	0.7176	0.7761	0.7057
26441	LOS REYES	RÍO DE LA COMPAÑIA	EDOMEX	-98.961111	19.362500	1.3576	1.3214	1.6210	1.8937	2.4867	2.2216	1.9969	1.9800	1.8098	1.7114	1.4643	1.1358
26442	SANTA CRUZ	RÍO SANTA CRUZ	EDOMEX	-99.221666	19.504166	0.2461	0.2516	0.2329	1.0538	0.6756	0.2457	0.2150	0.1850	0.2466	0.2447	0.1710	0.2405
26443	CALACOAYA IV	RÍO TLALNEPANTLA	EDOMEX	-99.255555	19.524722	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26445	GARCÉS	RÍO COATEPEC	EDOMEX	-98.913611	19.422222	0.0285	0.0245	0.0378	0.0476	0.0556	0.0207	0.0187	0.0217	0.0243	0.0250	0.0199	0.0210
26458	SAN BARTOLITO	RÍO HONDO	EDOMEX	-99.293333	19.398333	5.3462	3.6990	2.5857	8.0492	20.0622	14.1406	10.3652	5.6368	3.6093	3.4195	3.3524	3.2831
26514	LA AGRARIA	RÍO SAN BUENAVENTURA	CDMX	-99.157222	19.276944	0.7372	0.3590	1.9677	2.1157	0.9442	0.4095	0.0809	0.0751	0.0753	0.0752	0.0776	0.0802

Gasto medio diario de estaciones en 2011 para los días 27 al 30 de junio y 1 al 8 de julio.

Tabla 20. Gastos medios diarios para estaciones, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de BANDAS.

ID ESTACIÓN	ESTACIÓN	CORRIENTE	ESTADO	UBICACIÓN		JUNIO				JULIO								
				LONGITUD	LATITUD	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	
				Gasto (m3/s)														
26032	MOLINO BLANCO	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.220833	19.4775													
26039	KM. 6 +250	GRAN CANAL	CDMX	-99.091388	19.476666													
26053	EL MOLINITO	RÍO HONDO	EDOMEX	-99.235555	19.453611	6.8020	2.6140	1.4020	3.7170	4.1120	7.5930	15.7270	5.6740	4.6330	3.0490	23.9820	8.3720	
26054	SAN JUAN IXHUATEPEC	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.118611	19.520833													
26057	TOTOLICA	RÍO TOTOLICA	EDOMEX	-99.244444	19.465277													
26071	TEXCOCO	RÍO SAN LORENZO	EDOMEX	-98.883055	19.500555	0.0000	0.0000	0.1320	1.8170	1.4110	1.2610	1.2380	1.2800	1.2670	1.2970	1.2330	1.1520	
26178	ATENCO	RÍO XALAPANGO	EDOMEX	-98.912222	19.543888													
26183	CHAPINGO	RÍO CHAPINGO	EDOMEX	-98.884722	19.485277	0.0100	0.0100	0.0100	0.6560	0.1220	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	
26184	SAN ANDRÉS	RÍO COXCACUACO	EDOMEX	-98.9125	19.529166					1.3450	1.0110	0.9850	1.2560	1.1660	1.3230	1.2760	1.1550	
26193	LA GRANDE	RÍO PAPALOTLA	EDOMEX	-98.916666	19.579166													
26194	TEPEXPAN	RÍO SAN JUAN TEOIHUACAN	EDOMEX	-98.920277	19.611388													
26195	TEJOCOTE	RÍO SANTA MONICA	EDOMEX	-98.901388	19.443055													
26273	EL SALITRE	RÍO EL SIFON	EDOMEX	-99.298055	19.503055													
26274	SAN MATEO	RÍO SAN BERNARDINO	EDOMEX	-98.877777	19.476944	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
26275	SAN LUCAS	RÍO DE LA COMPAÑIA	EDOMEX	-98.856944	19.284722	0.6120	0.6060	0.9870	1.3930	1.4030	1.4130	1.4140	1.4270	1.4300	1.5400	1.6180	1.6270	
26276	SAN MARCOS	RÍO SAN FRANCISCO	EDOMEX	-98.869444	19.291666	1.2950	1.6950	1.9100	5.7530	1.9490	0.3000	0.5130	0.6420	1.0310	0.6690	0.7910	1.0650	
26281	VENTORRILLO	TUNEL VENTORRILLO	EDOMEX	-99.250555	19.525833													
26307	KM. 14+000	FILTRACIONES CANAL DE SALES	EDOMEX	-99.016666	19.568055													
26308	KM. 2+120 BOMBAS	DESFOGUE DEL LAGO	EDOMEX	-99.011944	19.564444													
26313	KM. 27 +250	GRAN CANAL	EDOMEX	-99.053611	19.641388													
26315	PUENTE DE VIGAS	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.211111	19.511666													
26352	LAS ARBOLEDAS	RÍO SAN JAVIER	EDOMEX	-99.215833	19.562777	0.5830	0.3790	0.3780	2.4990	0.7950	2.1360	1.4140	0.6090	0.5400	0.9710	0.7440	0.6330	
26360	ETCHEGARAY	RÍO CHICO	EDOMEX	-99.233333	19.480555	0.5850	0.5110	0.6330	2.6780	1.4120	5.0840	6.8980	1.3380	6.2130	3.5620	6.1580	1.0660	
26402	LA DRAGA	CANAL LA DRAGA	EDOMEX	-99.019444	19.561666													
26412	EL CONDE	RÍO DE LOS REMEDIOS	EDOMEX	-99.244444	19.465277	13.6380	8.2410	1.8390	16.5730	18.1540	20.9400	25.6950	12.6340	12.1470	12.2590	16.2950	12.4550	
26436	PUENTE LA LLAVE	RÍO CHURUBUSCO	EDOMEX	-99.051944	19.429166													
26438	LA CONCHITA	RÍO ESLAVA	CDMX	-99.236111	19.296944													
26439	CALACOAYA III	RÍO TLALNEPANTLA	EDOMEX	-99.255277	19.525													
26440	SANTA TERESA	RÍO MAGDALENA	CDMX	-99.236111	19.302777	1.6460	1.7050	1.6210	1.7100									
26441	LOS REYES	RÍO DE LA COMPAÑIA	EDOMEX	-98.961111	19.3625													
26442	SANTA CRUZ	RÍO SANTA CRUZ	EDOMEX	-99.221666	19.504166	1.2830	0.5500	0.3480	1.7670	0.6310	0.3600	1.6780	0.6710	0.3400	0.3650	1.1380	0.5310	
26443	CALACOAYA IV	RÍO TLALNEPANTLA	EDOMEX	-99.255555	19.524722	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.4850	
26445	GARCÉS	RÍO COATEPEC	EDOMEX	-98.913611	19.422222													
26458	SAN BARTOLITO	RÍO HONDO	EDOMEX	-99.293333	19.398333													
26514	LA AGRARIA	RÍO SAN BUENAVENTURA	CDMX	-99.157222	19.276944	0.3010	0.6050	0.6140	0.5910	0.3330	0.6150	0.4050	0.2460	0.5230	0.5240	0.3530	0.8460	

Nota:



Datos no disponibles

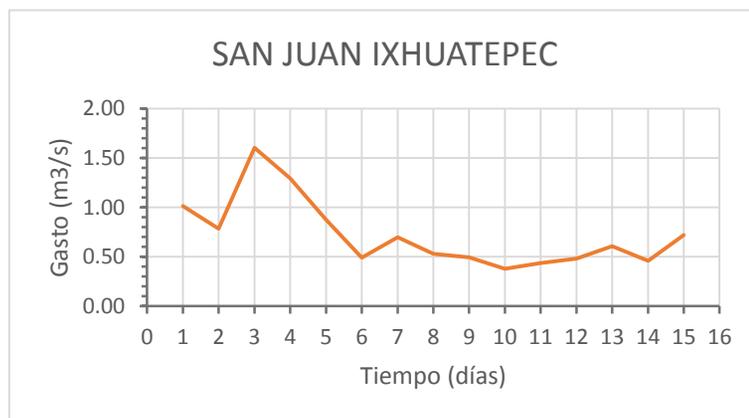
VII. iii Hidrogramas de la tormenta de 1988



Gráfica 8. Hidrograma estación *Km 6+250*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



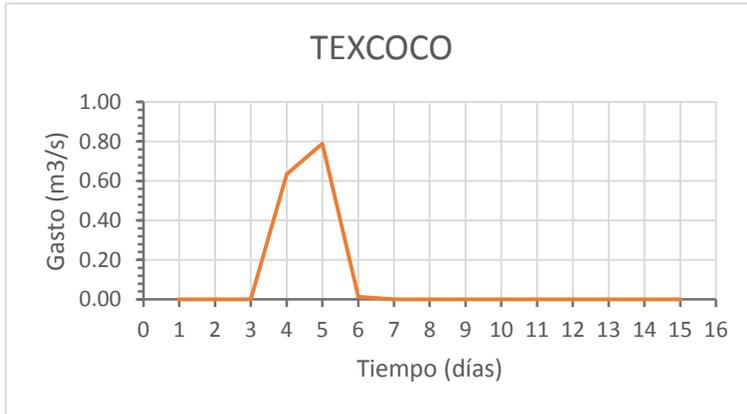
Gráfica 9. Hidrograma estación *El molinito*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



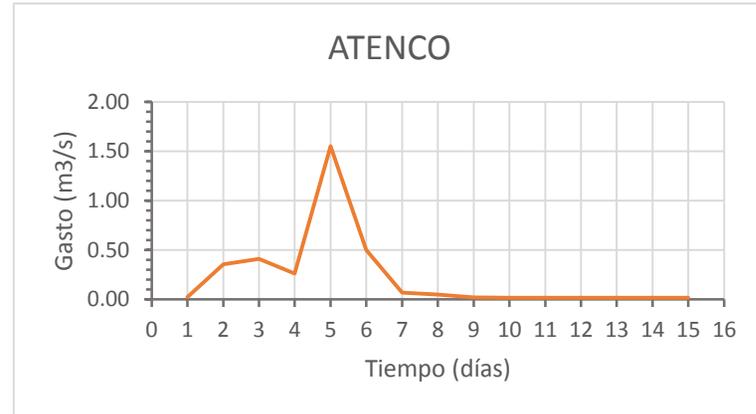
Gráfica 10. Hidrograma estación *San Juan Ixhuatepec*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



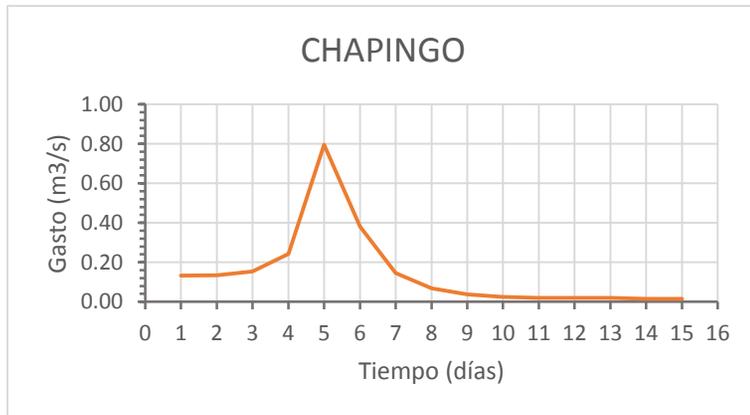
Gráfica 11. Hidrograma estación *Totolica*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



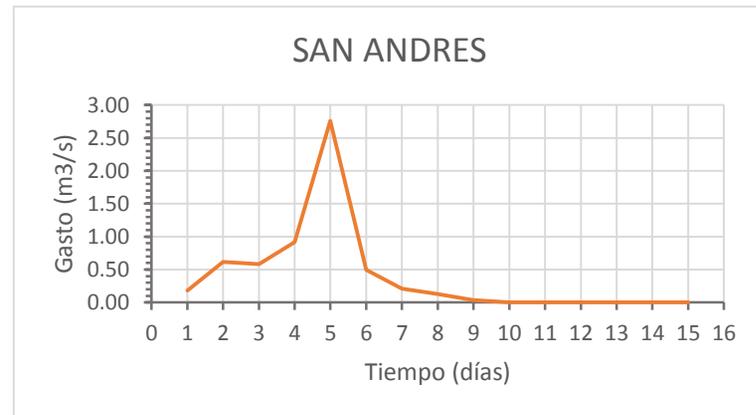
Gráfica 12. Hidrograma estación *Texcoco*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 13. Hidrograma estación *Atenco*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



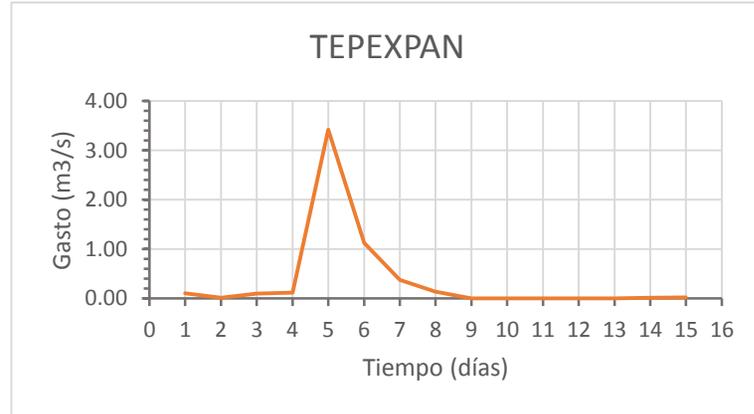
Gráfica 14. Hidrograma estación *Chapingo*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 15. Hidrograma estación *San Andrés*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 16. Hidrograma estación *La Grande*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



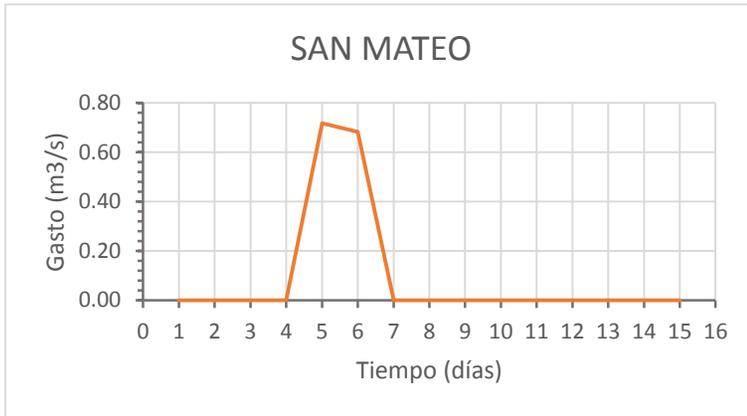
Gráfica 17. Hidrograma estación *Tepexpan*: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 18. Hidrograma estación *Tejocote*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



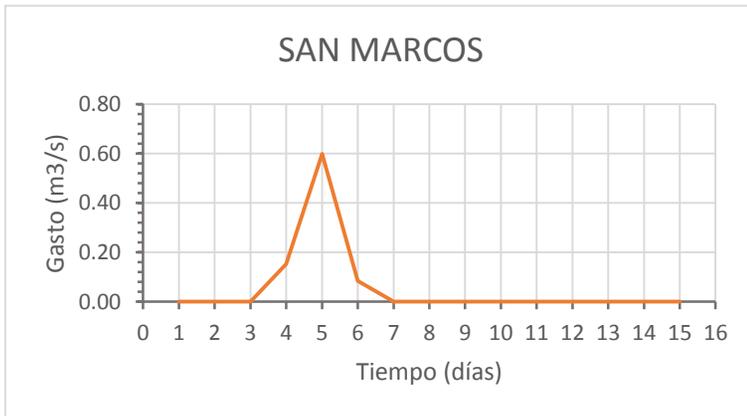
Gráfica 19. Hidrograma estación *El Salitre*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 20. Hidrograma estación *San Mateo*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 21. Hidrograma estación *San Lucas*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 22. Hidrograma estación *San Marcos*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 23. Hidrograma estación *Ventorrillo*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 24. Hidrograma estación *Km 14+000*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



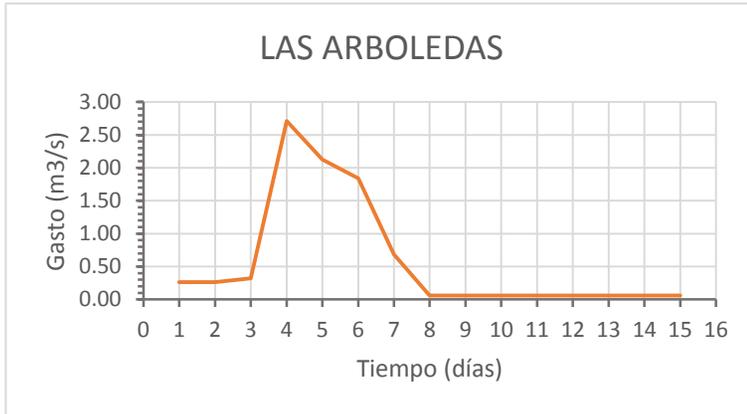
Gráfica 25. Hidrograma estación *Km 2+120 Bombas*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 26. Hidrograma estación *Km 27+250*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 27. Hidrograma estación *Puente de vigas*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 28. Hidrograma estación *Las arboledas*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 29. Hidrograma estación *Etchegaray*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 30. Hidrograma estación *La draga*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 31. Hidrograma estación *El conde*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 32. Hidrograma estación *Puente la llave*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 33. Hidrograma estación *La conchita*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 34. Hidrograma estación *Calacoaya III*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 35. Hidrograma estación *Santa Teresa*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 36. Hidrograma estación *Los Reyes*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 37. Hidrograma estación *Santa Cruz*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 38. Hidrograma estación *Calacoaya IV*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 39. Hidrograma estación *Garcés*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS

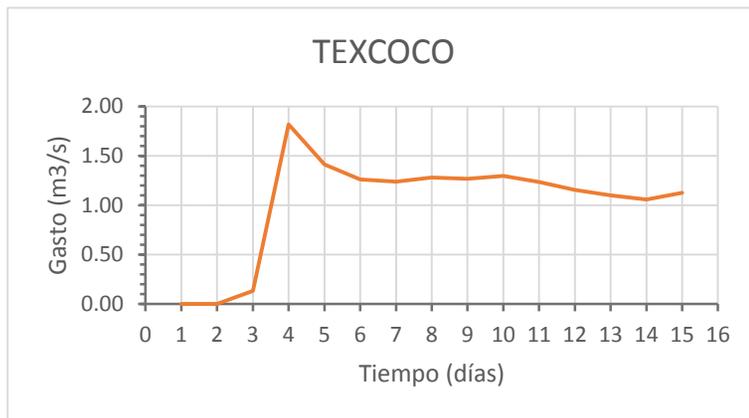


Gráfica 40. Hidrograma estación *San Bartolito*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS

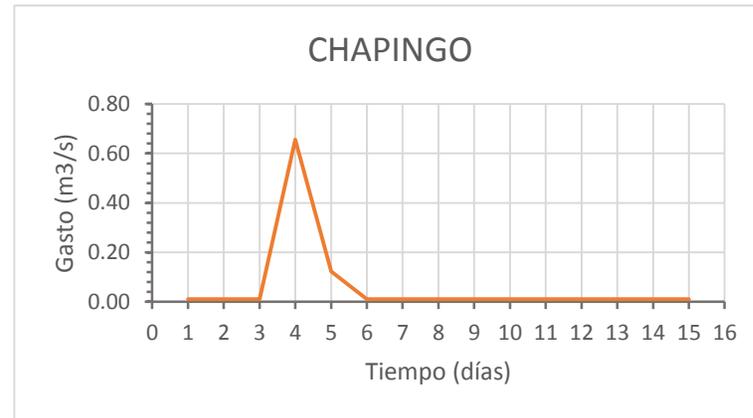


Gráfica 41. Hidrograma estación *La Agraria*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS

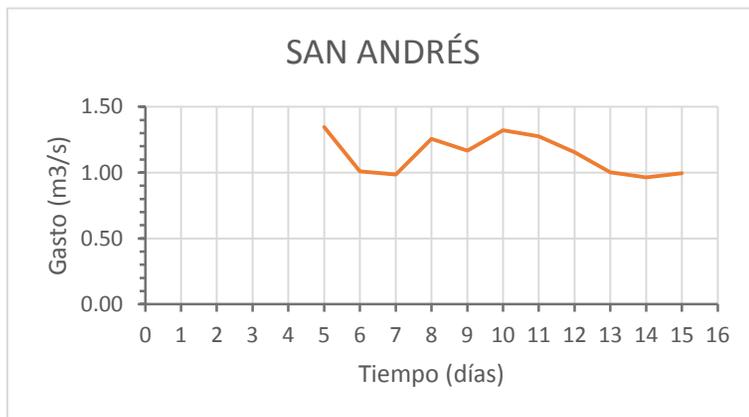
VII. iv Hidrogramas de la tormenta de 2011



Gráfica 42. Hidrograma estación *Texcoco*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 43. Hidrograma estación *Chapingo*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



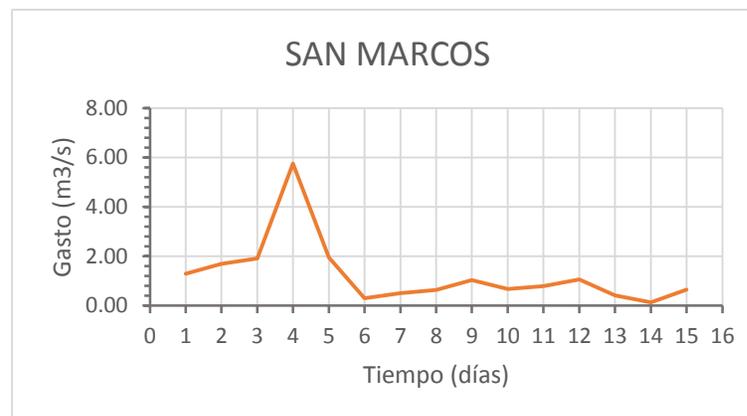
Gráfica 44. Hidrograma estación *San Andrés*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 45. Hidrograma estación *San Mateo*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 46. Hidrograma estación *San Lucas*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 47. Hidrograma estación *San Marcos*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 48. Hidrograma estación *Las arboledas*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 49. Hidrograma estación *Etchegaray*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 50. Hidrograma estación *El Conde*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 51. Hidrograma estación *Santa Teresa*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS



Gráfica 52. Hidrograma estación *Santa Cruz*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS

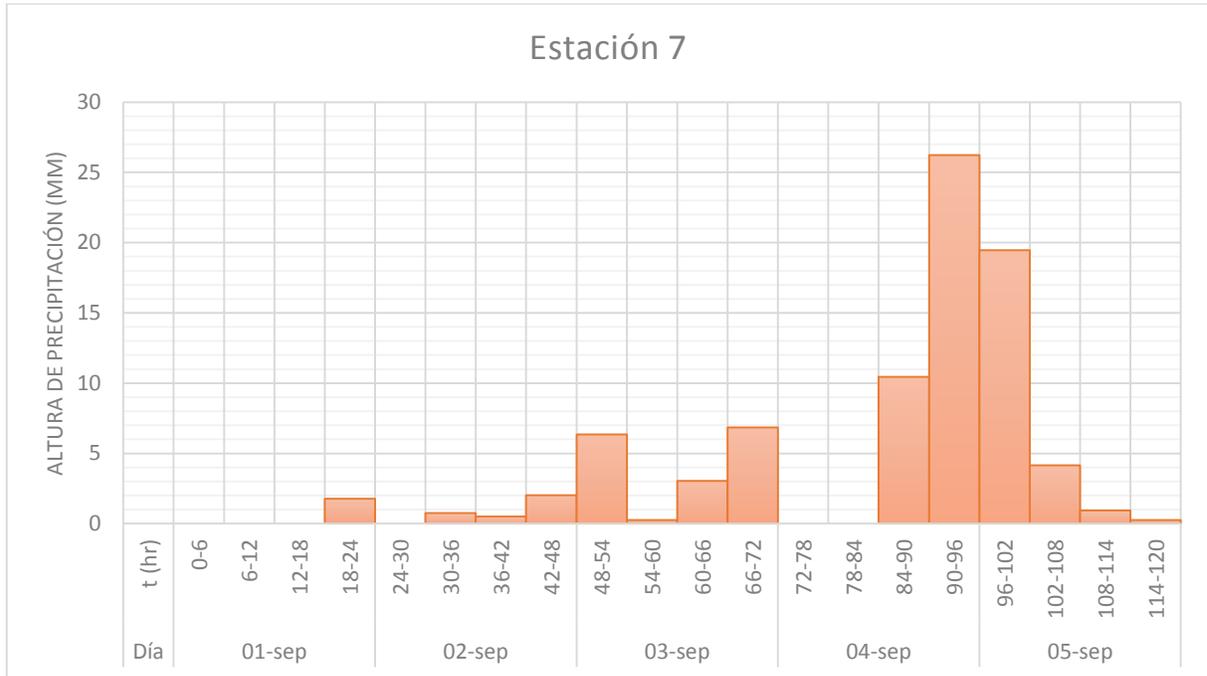


Gráfica 53. Hidrograma estación *Calacoaya IV*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS

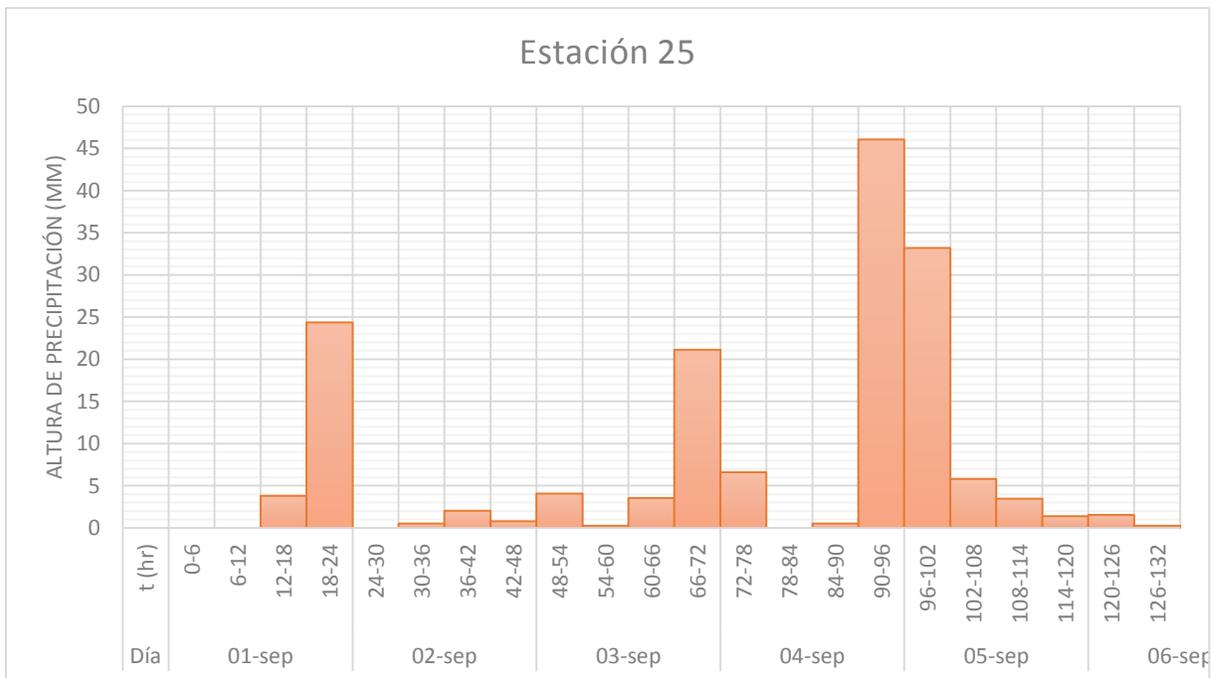


Gráfica 54 Hidrograma estación *La agraria*. Fuente: Elaboración propia con información del BANDAS

VII. v Hietogramas de la tormenta de 1988



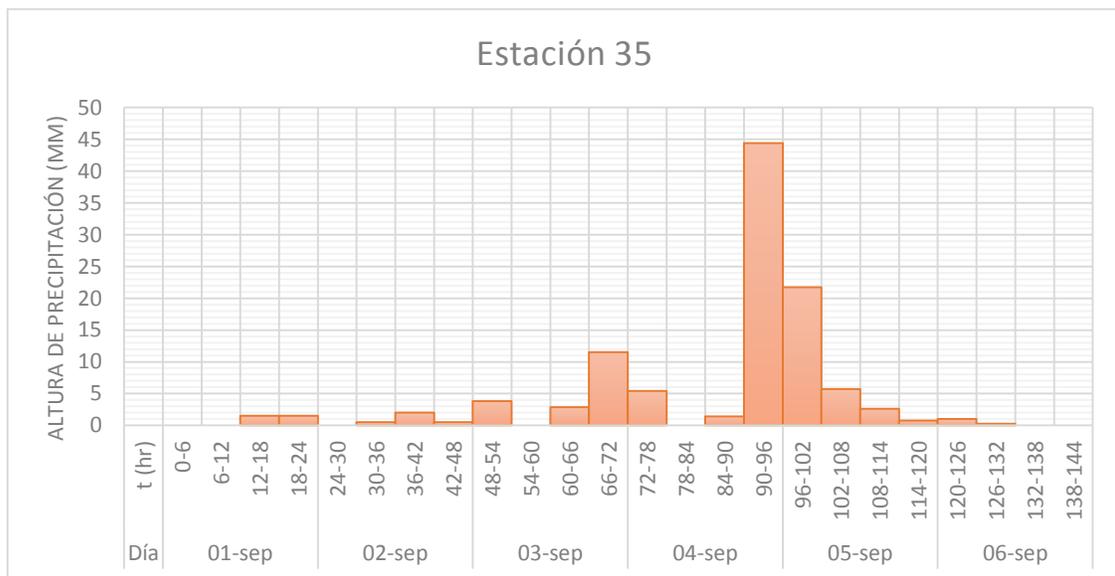
Gráfica 55. Hietograma estación 7, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.



Gráfica 56. Hietograma estación 25, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.

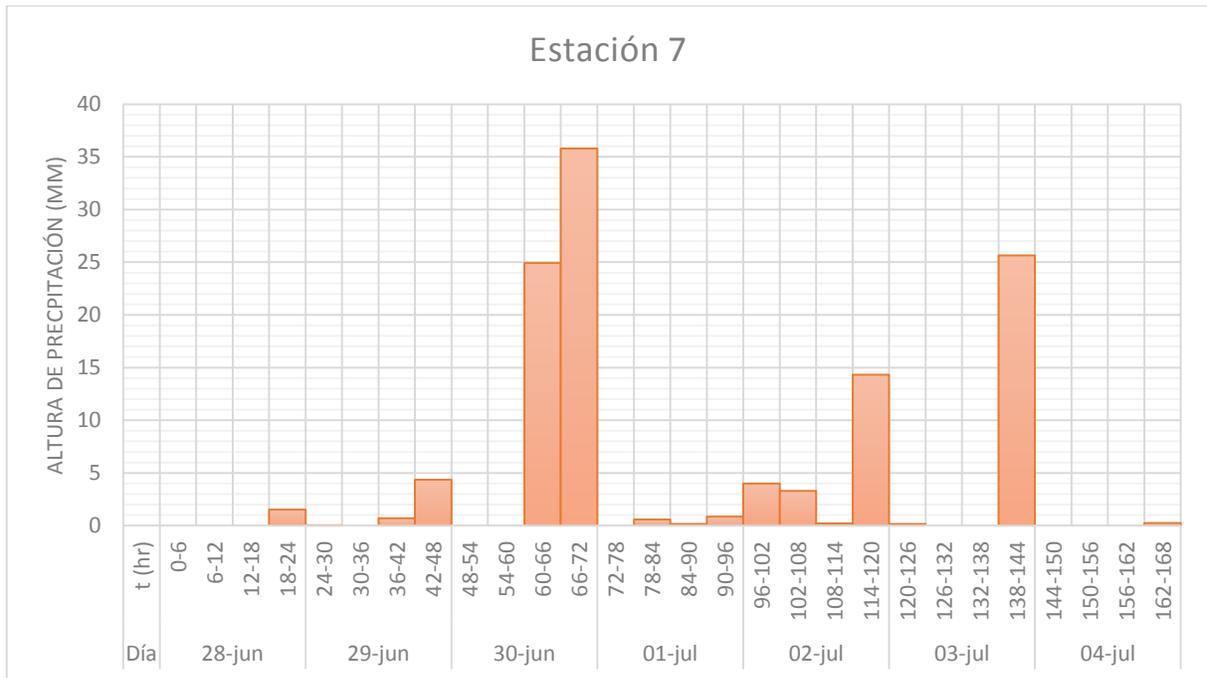


Gráfica 57. Hietograma estación 29, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.

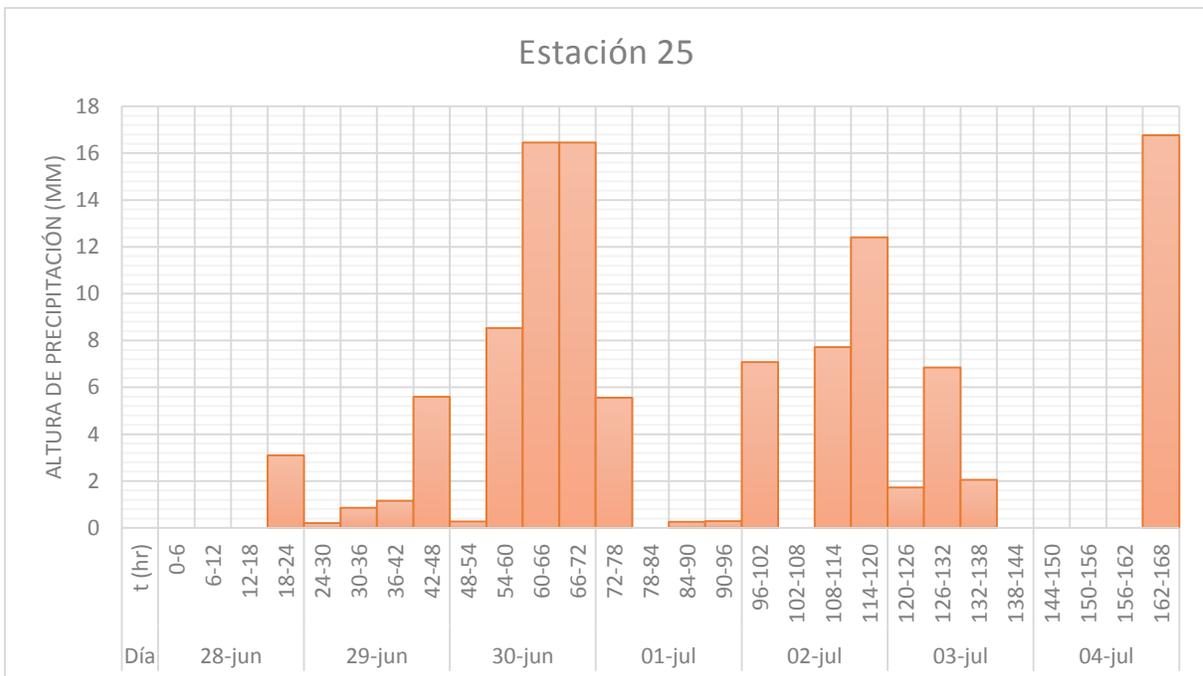


Gráfica 58. Hietograma estación 35, 1988. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.

VII. vi Hietogramas de la tormenta de 2011



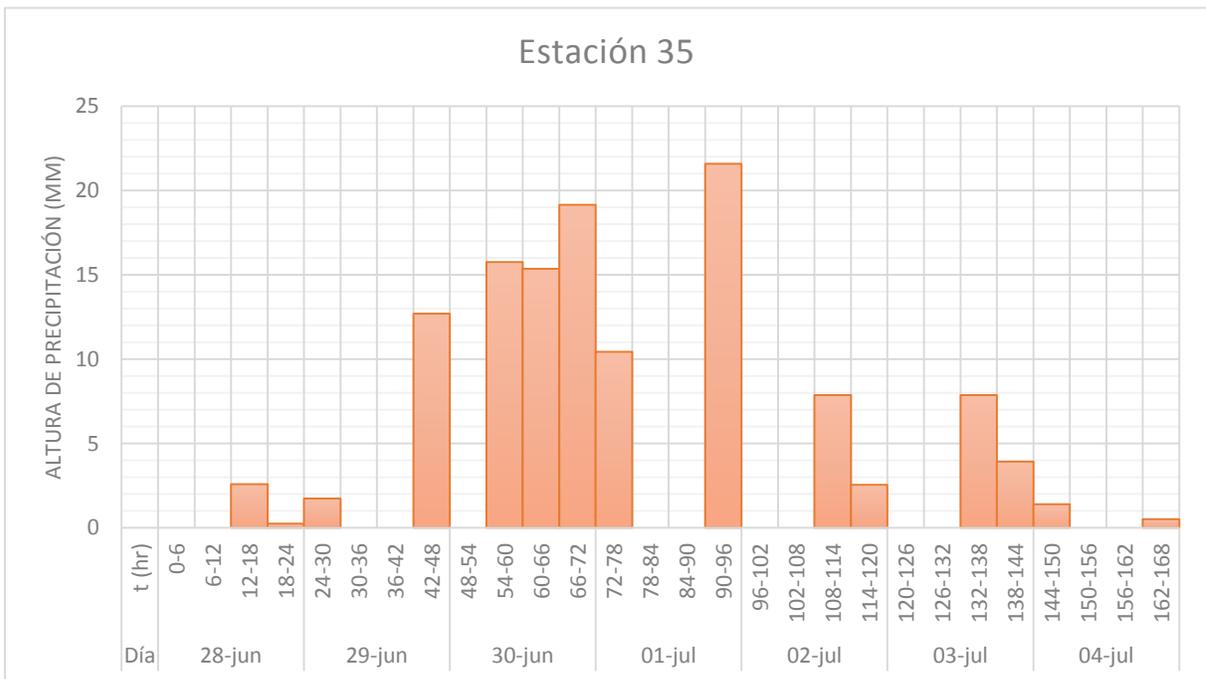
Gráfica 59. Hietograma estación 7, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.



Gráfica 60. Hietograma estación 25, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.

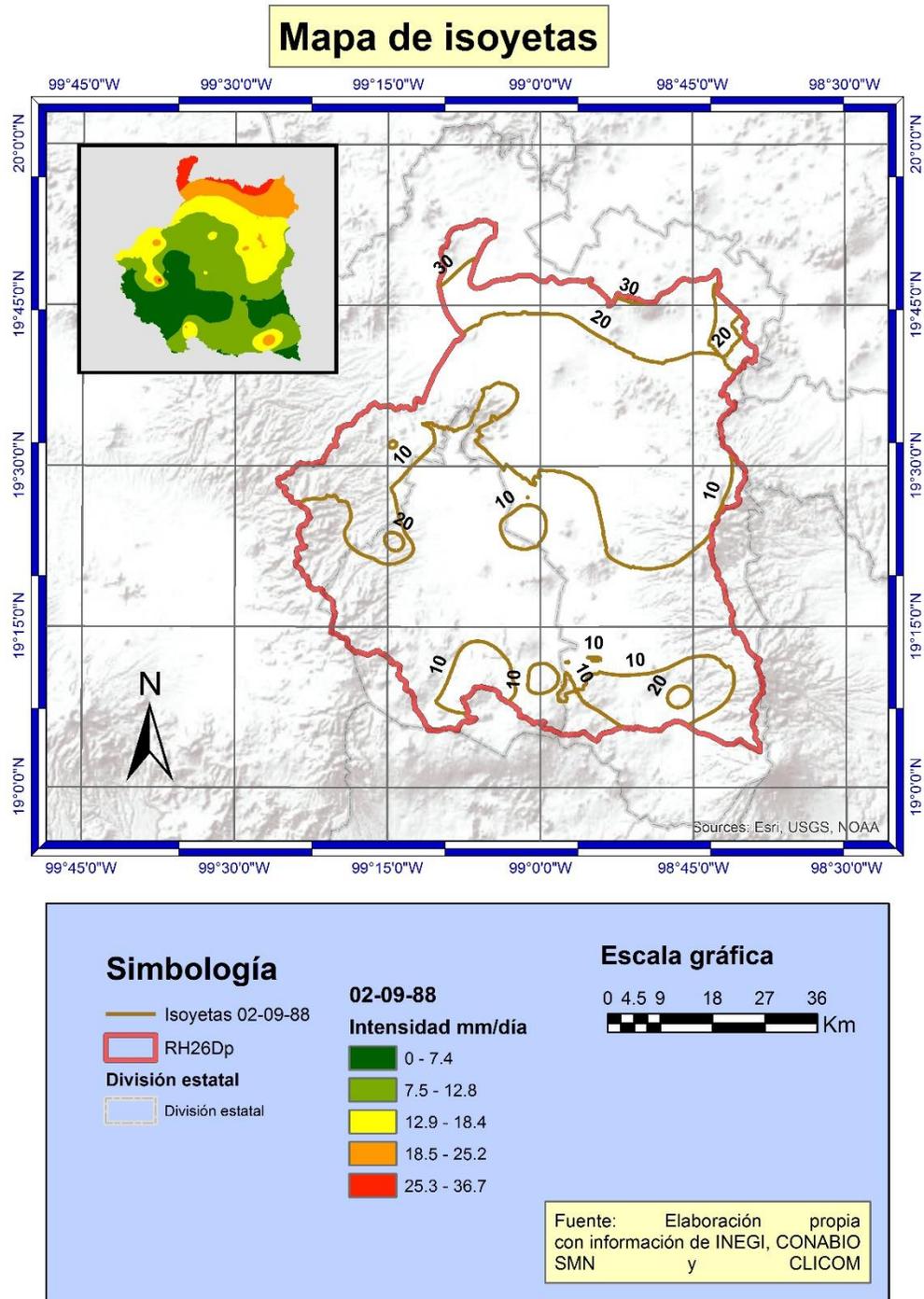


Gráfica 61. Hietograma estación 29, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.



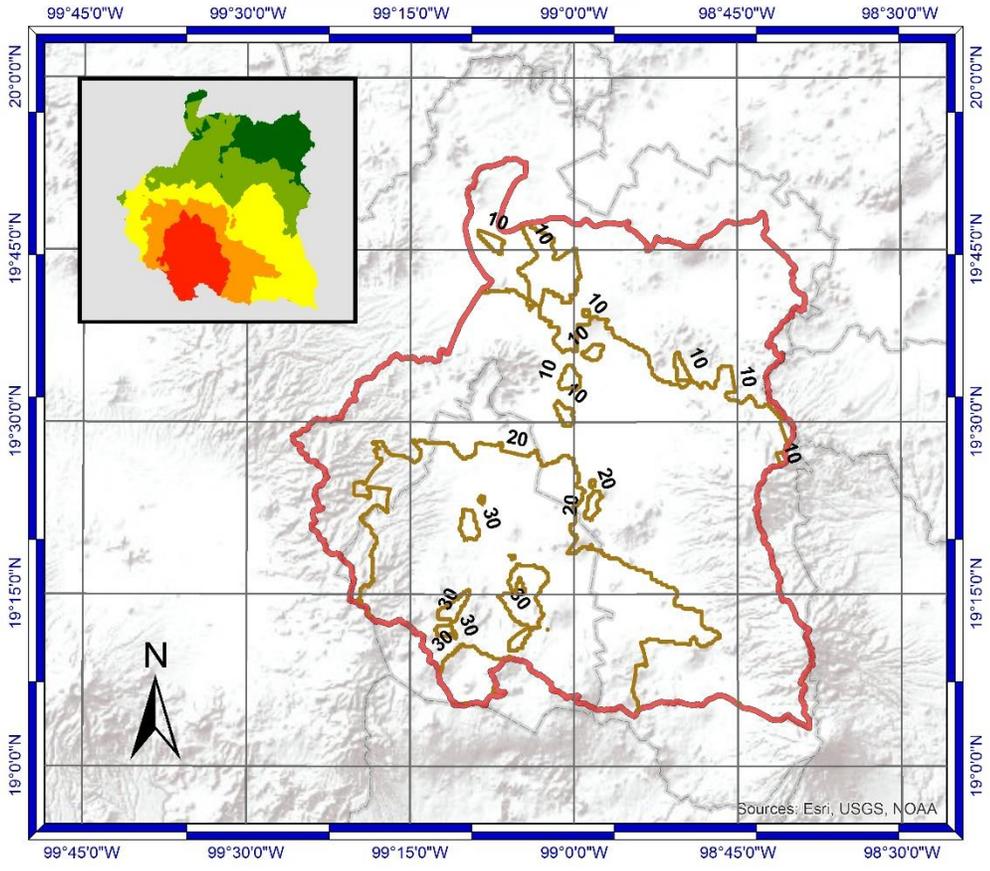
Gráfica 62. Hietograma estación 35, 2011. Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.

VII. vii Mapas de isoyetas de la tormenta de 1988



Mapa 6. Mapa de isoyetas, 2 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.

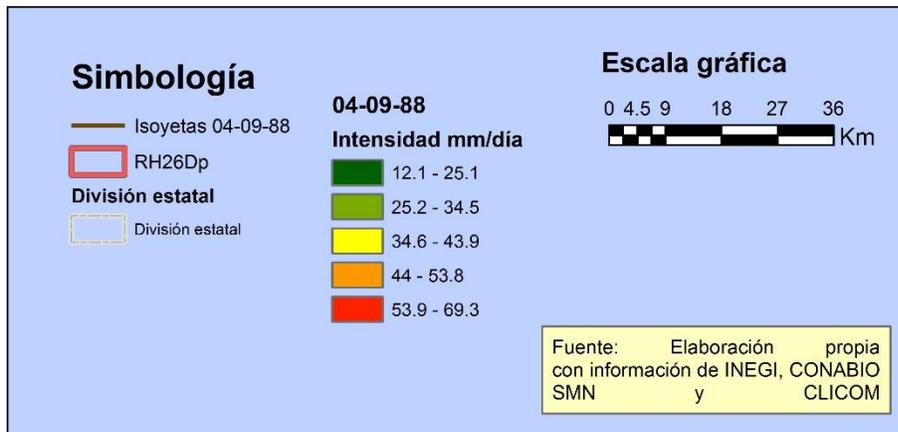
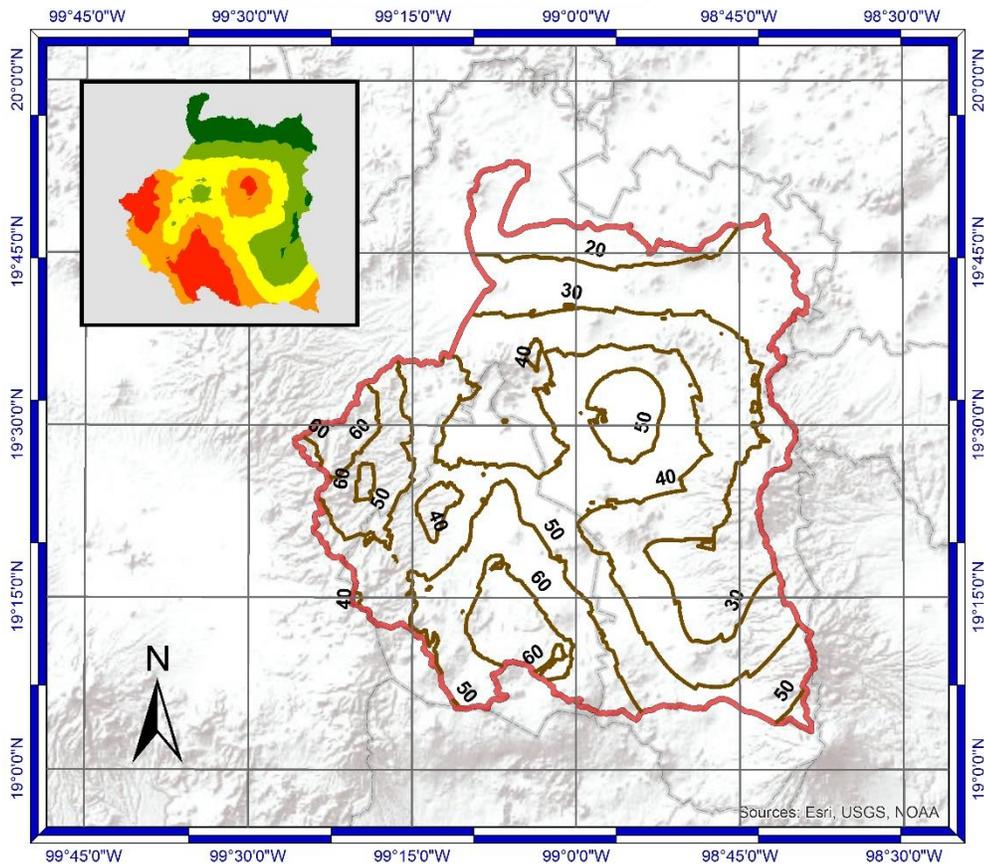
Mapa de isoyetas



Simbología		03-09-88		Escala gráfica	
	Isoyetas 03-09-88	Intensidad mm/día		0 4.5 9 18 27 36	
	RH26Dp				
División estatal				Km	
	División estatal				
			Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO SMN y CLICOM		

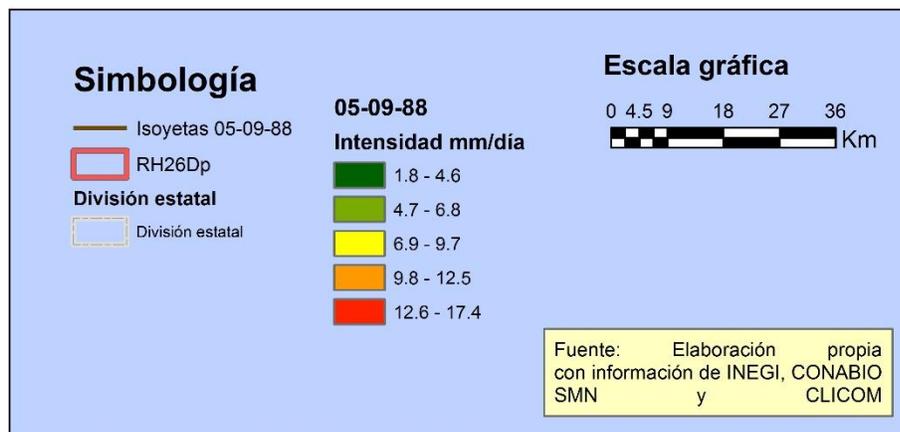
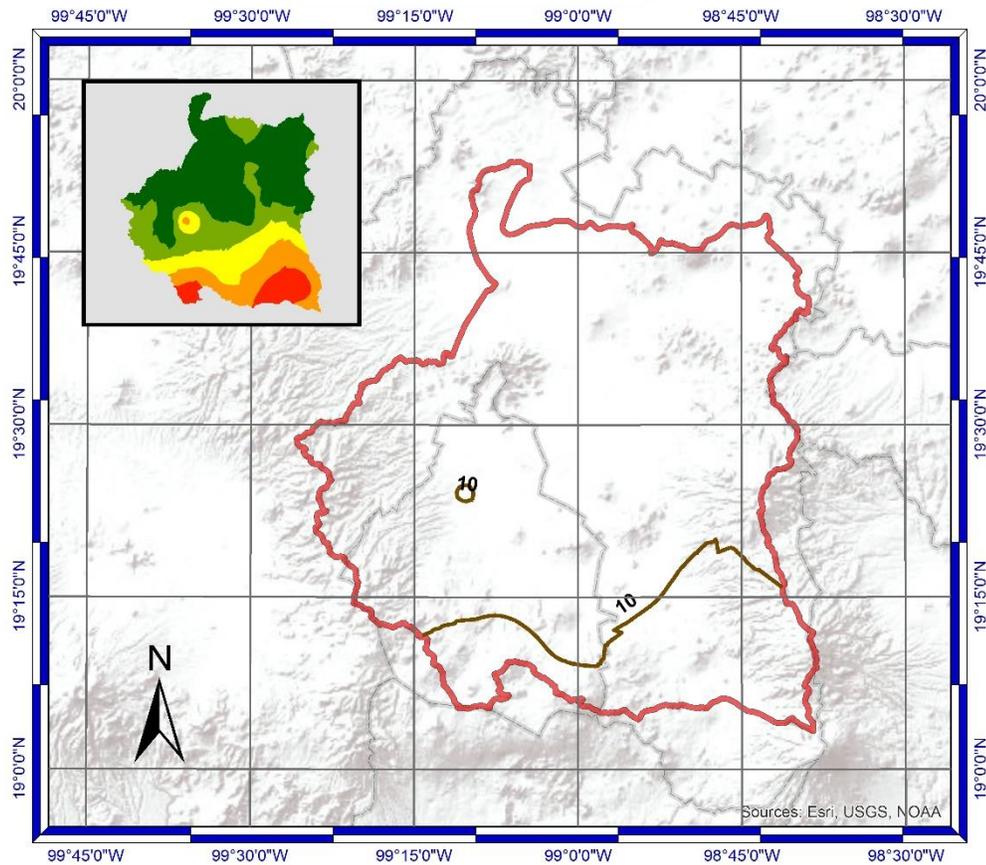
Mapa 7. Mapa de isoyetas, 3 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.

Mapa de isoyetas



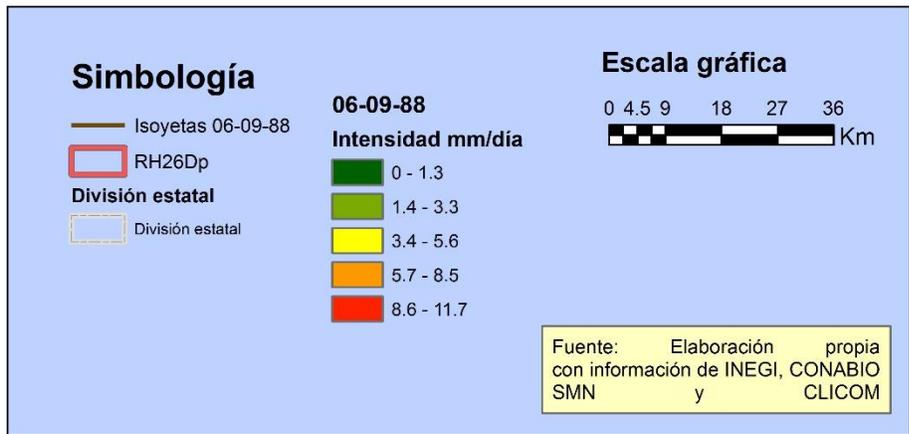
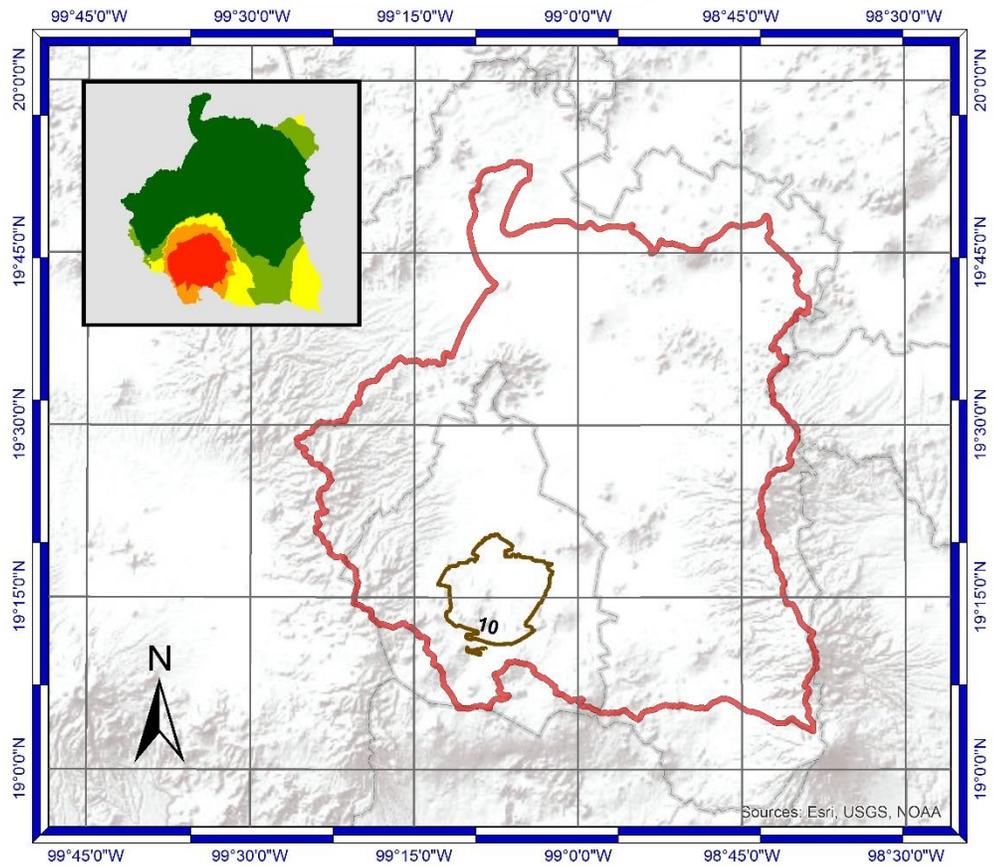
Mapa 8. Mapa de isoyetas, 4 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.

Mapa de isoyetas



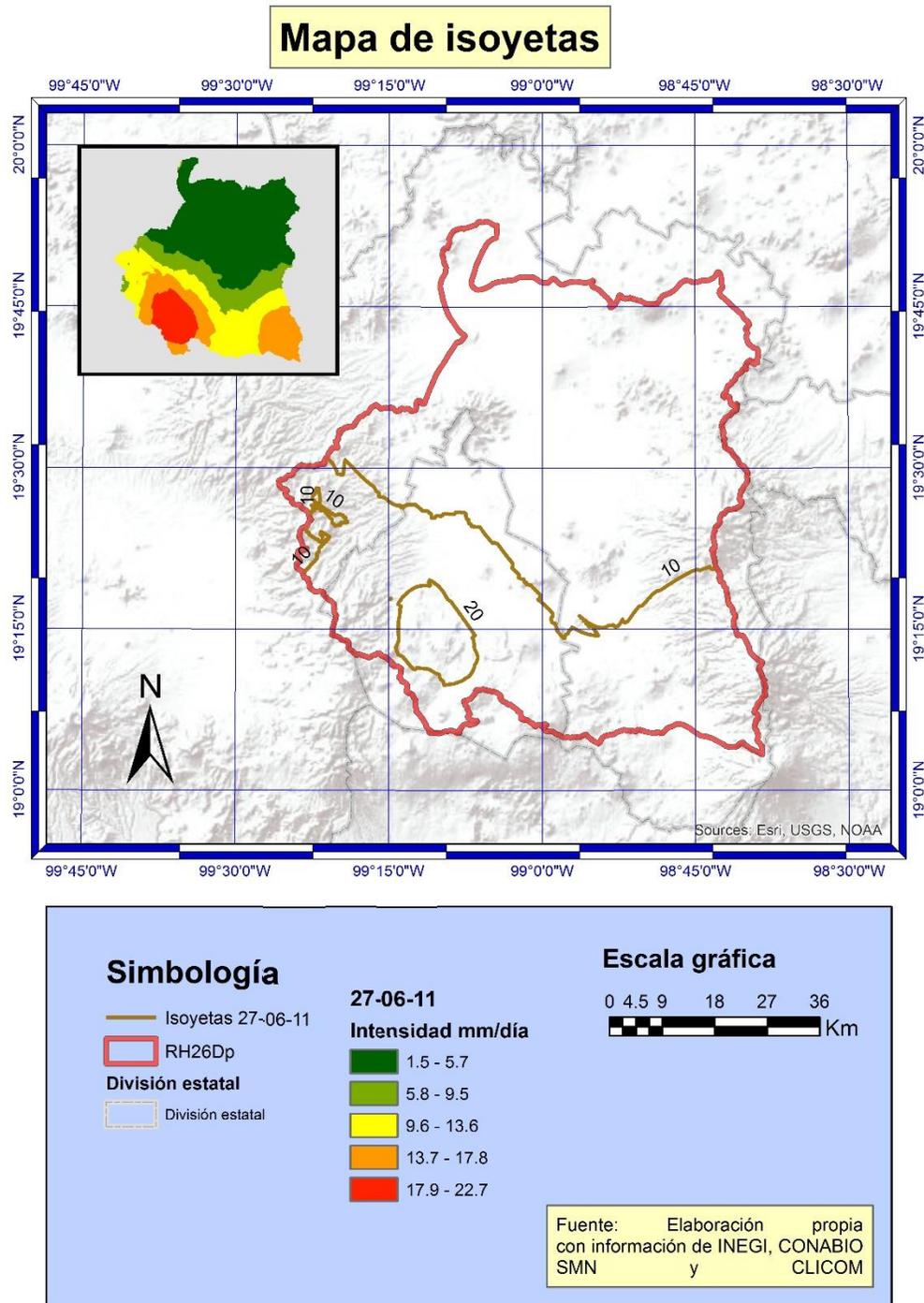
Mapa 9. Mapa de isoyetas, 5 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.

Mapa de isoyetas



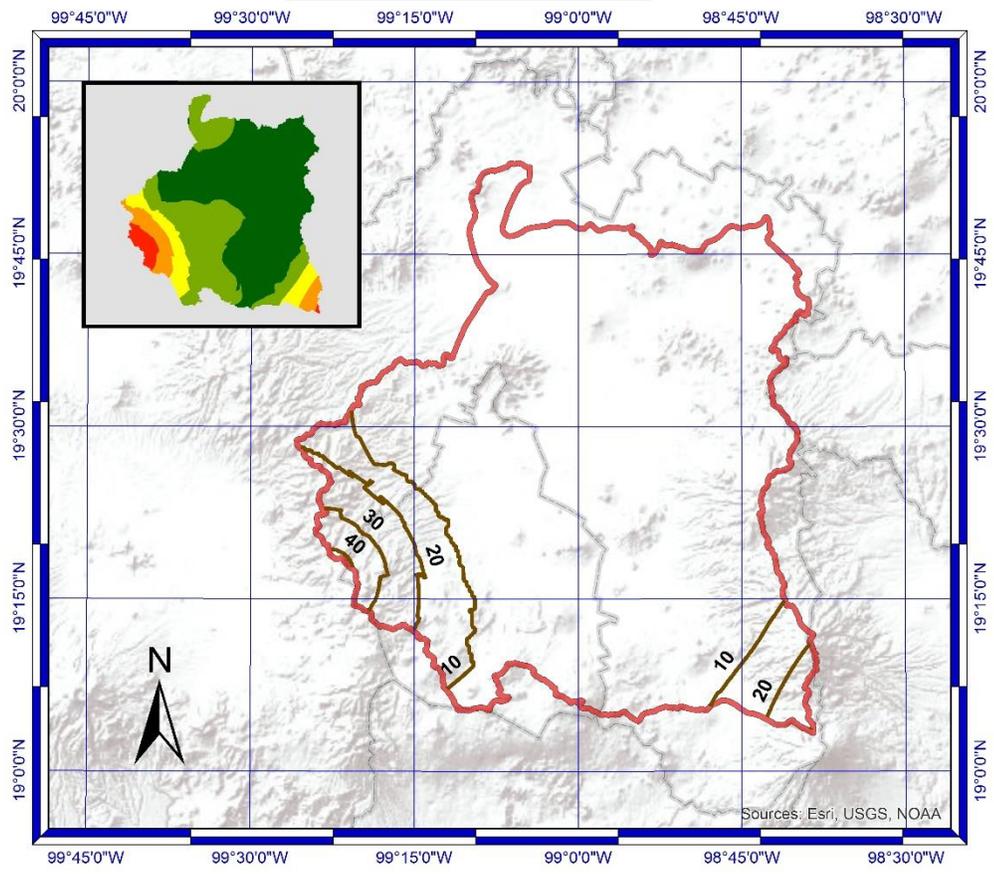
Mapa 10. Mapa de isoyetas, 6 de septiembre de 1988. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM.

VII. viii Mapas de isoyetas de la tormenta de 2011



Mapa 11. Mapa de isoyetas, 27 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM

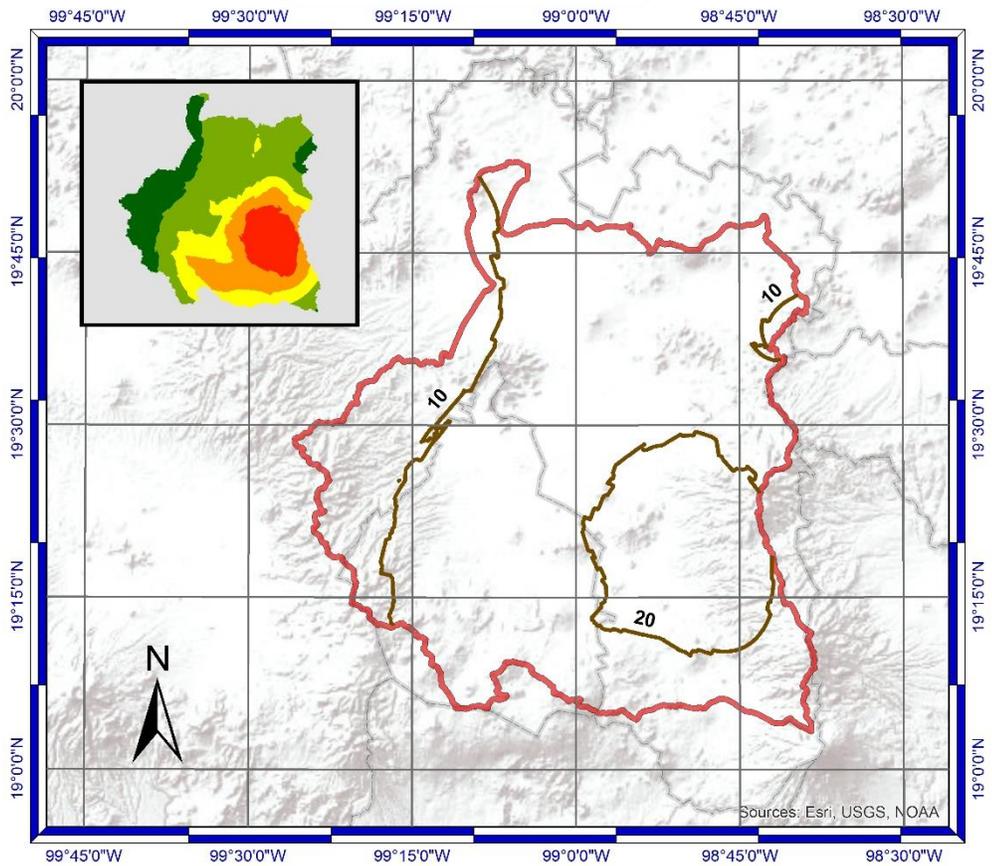
Mapa de isoyetas



Simbología		Escala gráfica	
	Isoyetas 28-06-11	0 4.5 9 18 27 36 Km	
	RH26Dp		
División estatal			
	División estatal		
28-06-11			
Intensidad mm/día			
	0.5 - 3.9		
	4 - 9.7		
	9.8 - 17.7		
	17.8 - 27.2		
	27.3 - 42.3		
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO SMN y CLICOM			

Mapa 12. Mapa de isoyetas, 28 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM

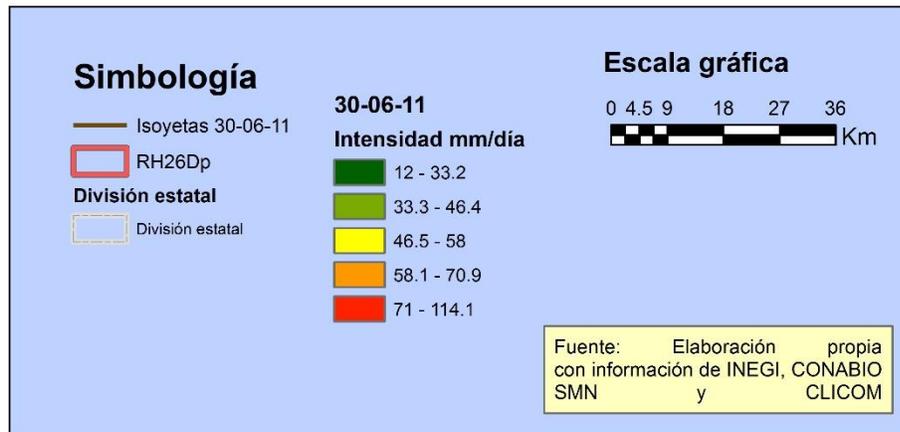
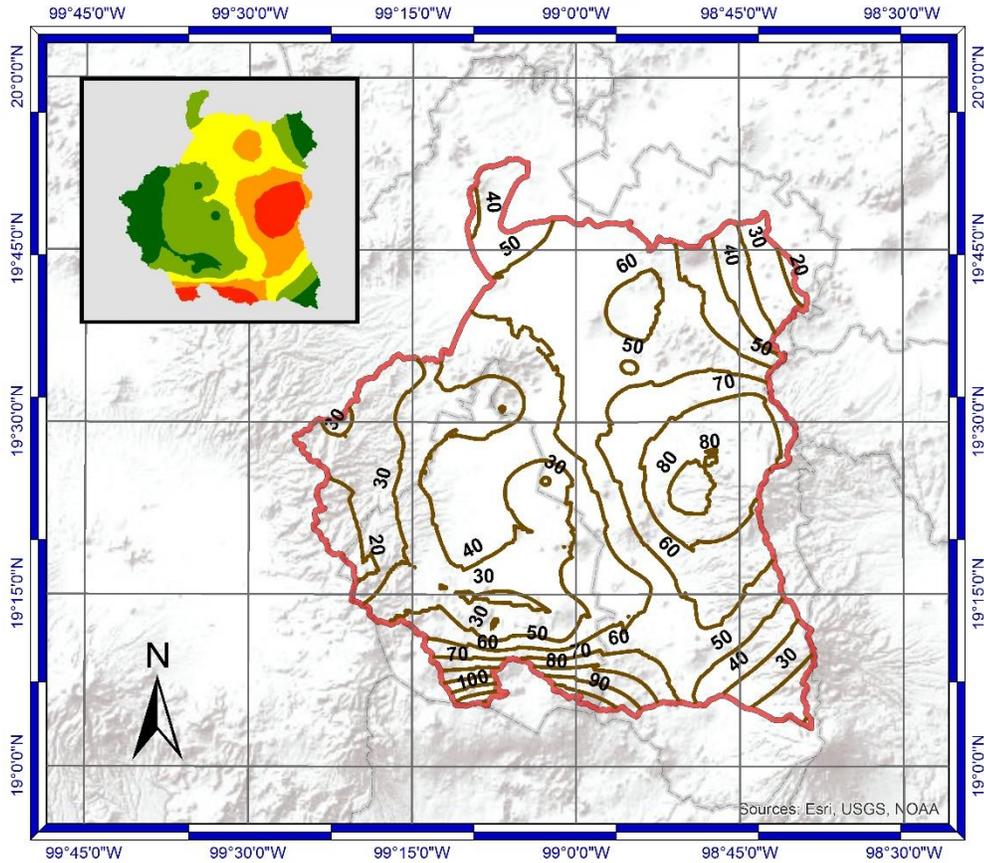
Mapa de isoyetas



Simbología		29-06-11 Intensidad mm/día	<table border="1"> <tr> <td>3.3 - 10.5</td> </tr> <tr> <td>10.6 - 14.4</td> </tr> <tr> <td>14.5 - 17.9</td> </tr> <tr> <td>18 - 21.8</td> </tr> <tr> <td>21.9 - 28.8</td> </tr> </table>	3.3 - 10.5	10.6 - 14.4	14.5 - 17.9	18 - 21.8	21.9 - 28.8	Escala gráfica 0 4.5 9 18 27 36 Km
3.3 - 10.5									
10.6 - 14.4									
14.5 - 17.9									
18 - 21.8									
21.9 - 28.8									
— Isoyetas 29-06-11 RH26Dp División estatal División estatal									
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO SMN y CLICOM									

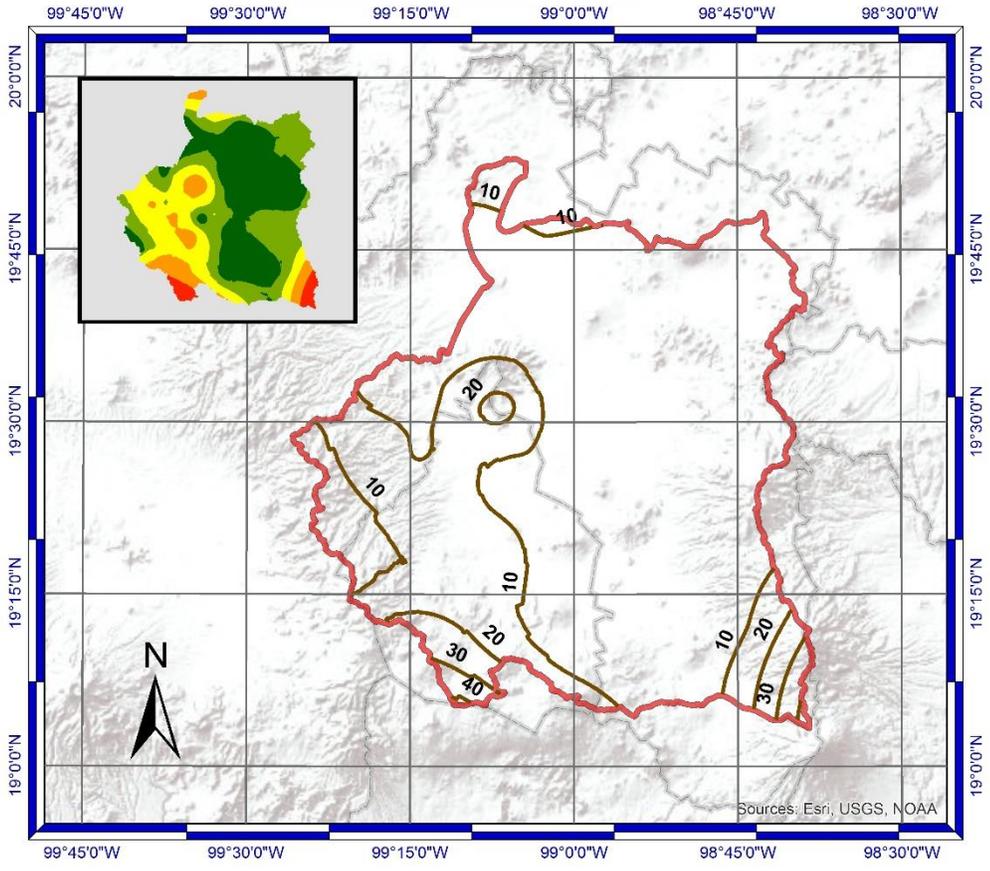
Mapa 13. Mapa de isoyetas, 29 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM

Mapa de isoyetas



Mapa 14. Mapa de isoyetas, 30 de junio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM

Mapa de isoyetas

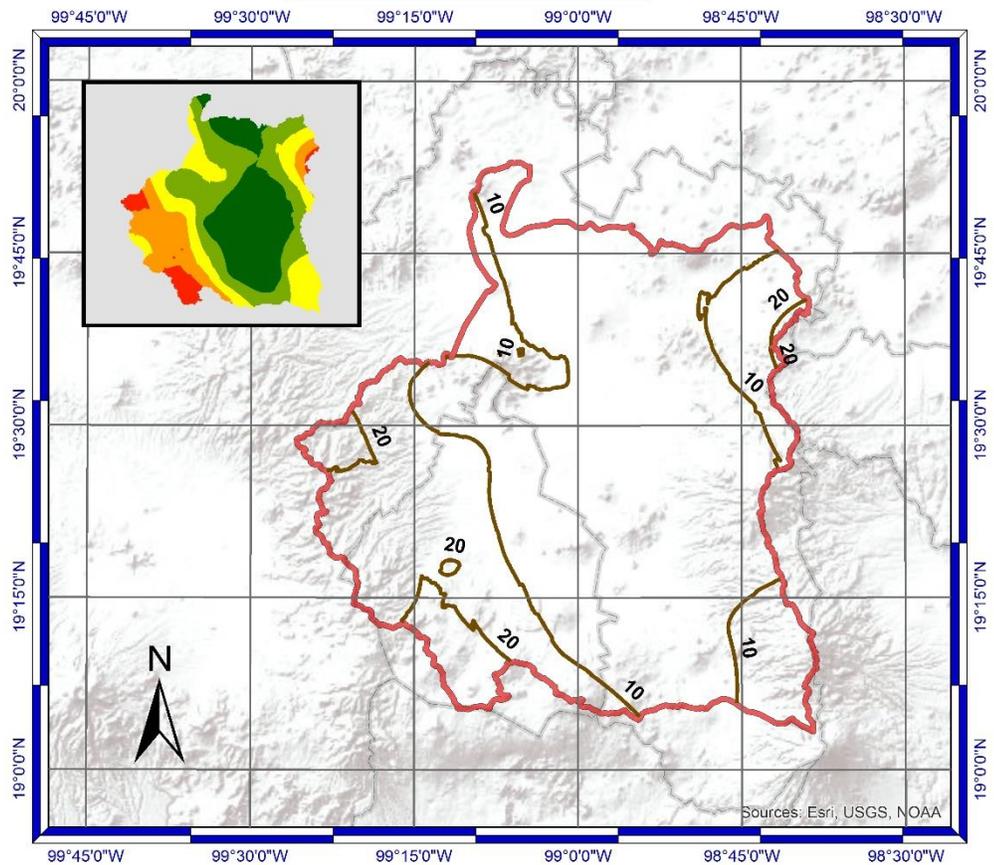


Simbología		01-07-11		Escala gráfica	
	Isoyetas 01-07-11		0 - 4.1		
	RH26Dp		4.2 - 9		
División estatal			9.1 - 15.5		
	División estatal		15.6 - 25.4		
			25.5 - 44.9		

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO SMN y CLICOM

Mapa 15. Mapa de isoyetas, 01 de julio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM

Mapa de isoyetas



Simbología		Escala gráfica	
	Isoyetas 02-07-11	0 4.5 9 18 27 36 Km	
	RH26Dp		
División estatal			
	División estatal		
02-07-11			
Intensidad mm/día			
	1.7 - 5.7		
	5.8 - 9.9		
	10 - 14.9		
	15 - 20.3		
	20.4 - 28.8		

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO SMN y CLICOM

Mapa 16. Mapa de isoyetas, 02 de julio de 2011. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, CONABIO, SMN y CLICOM