



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

**ANÁLISIS DE CINCO TORMENTAS DE MÉXICO MEDIANTE EL MÉTODO DE LAS
CURVAS
Hp-A-D**

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

PRESENTA:
IVAN MACARIO TORRES

TUTORES PRINCIPALES

DR. RAMÓN DOMÍNGUEZ MORA
INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

DRA. MARITZA LILIANA ARGANIS JUÁREZ
INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, SEPTIEMBRE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Pozos Estrada Óscar

Secretario: Dr. De Luna Cruz Faustino

1 er. Vocal: Dra. Arganis Juárez Maritza Liliana

2 do. Vocal: Dr. Domínguez Mora Ramón

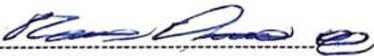
3 er. Vocal: Dr. Mendoza Reséndiz Alejandro

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM, CAMPUS C.U.

TUTOR(ES) DE TESIS:

Dr. Ramón Domínguez Mora

Dra. Maritza Liliana Arganis Juárez



FIRMA



FIRMA

Dedicatoria

A dios por darme la fortaleza para no rendirme aun cuando las cosas no pintaban bien, por darme sabiduría al tomar cada decisión presentada en mi camino.

Agradecimientos

A mi padre “Crescencio” por ayudarme a cumplir mis metas, enseñándome todos los valores que rigen mi vida y a enseñarme a tratar de hacer las cosas de la mejor manera.

A mi hermana “Gaby” por enseñarme que los momentos de felicidad si existen y aunque talvez no lo has notado me has inspiraste para iniciar y terminar esta meta. A mi hermana “Ale” que a pesar de la distancia siempre me ha brindado todo su apoyo.

A mi tío Vicente que siempre cuenta con un gran consejo cuando más se necesita y a mi prima Mary siempre ha sido mi confidente y me enseñó que el mundo es más grande de lo que pensaba.

A mis tutores al Dr. Ramón Domínguez Mora y a la Dra. Maritza Arganis Juárez por brindarme la oportunidad de aprender de ellos, por todo lo apoyaron para poder cumplir esta gran meta en mi vida gracias.

Al Dr. Alejandro Mendoza Reséndiz, al Dr. Faustino de Luna Cruz, y al Dr. Óscar Pozos Estrada por sus aportes, enseñanzas y la revisión de este trabajo.

Al Instituto de Ingeniería de la UNAM, por el apoyo que me brindo.

Al CONACYT por el apoyo económico durante mis estudios de maestría.

Resumen

Se realizó el estudio de 5 eventos hidrometeorológicos extremos ocurridos en México de los últimos 20 años por medio de la relación precipitaciones-área-duración; los 5 eventos fueron seleccionados con base en el estudio de CENAPRED (Salas Salinas & Jiménez Espinosa, Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, 2004), en su tabla “Principales eventos de inundaciones”, se eligieron tres eventos hidrometeorológicos debido al gran número de daños totales que tuvieron en su paso y dos por sus pequeños daños totales, la finalidad fue revisar el comportamiento que tuvieron sus curvas precipitación-área-duración cuando se generaron grandes daños.

Los huracanes seleccionados fueron:

- Huracán Wilma, en Quintana Roo en el año 2005
- Huracán Carlotta, en Oaxaca, Veracruz y Puebla en el año 2012
- Huracán Manuel, en Guerrero en el año 2013
- Huracán Ingrid, en Nuevo León y Coahuila en el año 2013
- Huracán Odile, en Baja California en el año 2014

Abstract

In this research were studied 5 extreme hydrometeorological events that occurred in the last 20 years in México by the precipitation-area-duration relation, selected from the CENAPRED study (Salas Salinas & Jiménez Espinosa, Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, 2004), in the table “Principals events of floods”, was selected three hydrometeorological events because the big totals damage that left in it pass a two for the little total damage, the finally was review the comporment that had the precipitation-area-duration curves when it generates big deals.

- The hurricanes selected were:
- Hurricane Wilma, in Quintana Roo in 2005.
- Hurricane Carlotta, in Oaxaca, Veracruz and Puebla in 2012.
- Hurricane Manuel, in Guerrero in 2013.
- Hurricane Ingrid, in Nuevo León y Coahuila de Zaragoza, in 2013.
- Hurricane Odile, in Baja California in 2014.

Índice

1. Introducción	10
1.1. Objetivo General	11
1.2. Objetivos específicos	11
2. Estado del Arte	12
2.1. Antecedentes	12
2.2. Conceptos Básicos	14
2.3. Principales eventos de inundaciones en México	21
3. Metodología	30
3.1. Cálculo de la lluvia media en la cuenca	30
3.2. Curvas altura de precipitación-área-duración (Hp-A-D)	32
3.3. Procedimiento utilizado para realizar las curvas altura de precipitación-área-duración (Hp-A-D)	33
4. Área de estudio	40
4.1. Selección de eventos hidrometeorológicos	40
4.2. Huracán Wilma	40
4.3. Huracán Carlotta	41
4.4. Huracán Manuel	42
4.5. Huracán Ingrid	43
4.6. Huracán Odile	44
5. Aplicación y resultados	46
5.1. Curvas Hp-A-D Huracán Wilma 2005	46
5.1.1. Duración de 24 horas	49
5.1.2. Duración de 48 horas	52
5.1.3. Duración de 72 horas	54
5.1.4. Duración de 96 horas	55
5.2. Curvas Hp-A-D Huracán Carlotta 2012	56
5.2.1. Duración de 24 horas	63
5.2.2. Duración de 48 horas	66
5.2.3. Duración de 72 horas	67
5.2.4. Duración de 96 horas	68
5.3. Curvas Hp-A-D Huracán Manuel 2013	69
5.3.1. Duración de 24 horas	74
5.3.2. Duración de 48 horas	79

5.3.3.	Duración de 72 horas	81
5.3.4.	Duración de 96 horas	82
5.4.	Curvas Hp-A-D Huracán Ingrid 2013.....	83
5.4.1.	Duración de 24 horas	92
5.4.2.	Duración de 48 horas	94
5.4.3.	Duración de 72 horas	96
5.4.4.	Duración de 96 horas	96
5.5.	Curvas Hp-A-D Huracán Odile 2014.....	98
5.5.1.	Duración de 24 horas	103
5.5.2.	Duración de 48 horas	105
5.5.3.	Duración de 72 horas	106
5.5.4.	Duración de 96 horas	107
6.	Conclusiones	109
	Bibliografía	113

Lista de Figuras

Figura 2-1 El ciclo hidrológico con un balance de agua promedio global anual en unidades relativas a un valor de 100 para la tasa de precipitación terrestre. Fuente: Ven Te Chow, R. Maidment, & W. Mays, 1994.	15
Figura 2-2 Esquema de un pluviómetro. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.....	16
Figura 2-3 Esquema de un pluviógrafo. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.	16
Figura 2-4 Ejemplo de un Pluviograma. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.	17
Figura 2-5 Errores en los pluviogramas. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.....	18
Figura 2-6 Curva masa de precipitación. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.....	19
Figura 2-7 Hietogramas. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.....	19
Figura 3-1 Comparación del método polígonos de Thiessen e Isoyetas. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.....	31
Figura 3-2 Ejemplo de Curvas Hp-A-D. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.....	33
Figura 3-3 Ejemplo área entre Isoyetas a cada 10 mm.	35
Figura 3-4 Ejemplo de curva Hp-A-24 horas.....	36
Figura 3-5 Ejemplo de Curvas Hp-A-D para una duración de 24, 48, 72, 96 horas.	39
Figura 4-1 Huracán Wilma. Fuente: Sistema Nacional de Protección Civil, 2006	41
Figura 4-2 Huracán Carlotta. Fuente: Dirección de análisis y gestión de riesgos, 2014.....	42
Figura 4-3 Huracán Manuel. Fuente: SAGARPA, 2013	43
Figura 4-4 Huracán Ingrid. Fuente: CONAGUA, 2013	44
Figura 4-5 Huracán Odile. Fuente: Bravo Lujano, 2014.....	45
Figura 5-1 Estaciones climatológicas estado de Quintana Roo, base de datos CLICOM. Fuente: CICESE, 2022 ..	46
Figura 5-2 Isoyetas de precipitación 21 de octubre 2005, Quintana Roo.	50
Figura 5-3 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 21 de Oct. 2005.....	50
Figura 5-4 Curva Hp-A-D 24 horas, 21 Oct. 2005.....	52
Figura 5-5 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 20 y 21 de Oct. 2005	53
Figura 5-6 Comparativa entre 2 análisis para una duración de 48 horas, Huracán Wilma 2005	53
Figura 5-7 Curvas Hp-A-D huracán Wilma 2005, de 24 y 48 horas.	54
Figura 5-8 Comparativa de diferentes casos para una duración de 72 horas, huracán Wilma 2005	54
Figura 5-9 Área entre isoyetas a cada 72 hrs; 19, 20 y 21 de Oct. 2005	55
Figura 5-10 Curvas Hp-A-D huracán Wilma 2005, de 24, 48 y 72 horas	55
Figura 5-11 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 19, 20, 21 y 22 de Oct. 2005	56
Figura 5-12 Curvas Hp-A-D huracán Wilma 2005, de 24, 48, 72 y 96 horas	56
Figura 5-13 Estaciones climatológicas estado de Oaxaca, base de datos CLICOM. Fuente: CICESE, 2022	57
Figura 5-14 Precipitación máxima huracán Carlotta, en el estado de Oaxaca.....	60
Figura 5-15 Estaciones climatológicas estado de Oaxaca, Veracruz y Puebla, base de datos CLICOM. Fuente: Google Earth, 2022.	60
Figura 5-16 Isoyetas de precipitación 16 de junio 2012, Oaxaca, Veracruz y Puebla.	64
Figura 5-17 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 16 de Jun. 2012	64
Figura 5-18 Curva Hp-A-D 24 horas, 16 de Jun. 2012.....	65
Figura 5-19 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 16 y 17 de Jun. 2012	66
Figura 5-20 Curvas Hp-A-D huracán Carlotta 2012, de 24 y 48 horas.....	66
Figura 5-21 Área entre isoyetas a cada 72 hrs; 15, 16 y 17 de Jun. 2012	67
Figura 5-22 Curvas Hp-A-D huracán Carlotta 2012, de 24, 48 y 72 horas.....	68
Figura 5-23 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 14, 15, 16 y 17 de Jun. 2012	68

Figura 5-24 Curvas Hp-A-D huracán Carlotta 2012, de 24, 48, 72 y 96 horas.	69
Figura 5-25 Estaciones Edo. Guerrero, Base de datos CLICOM, Fuente: CICESE, 2022.....	69
Figura 5-26 Isoyetas de precipitación 14 de septiembre 2013, Guerrero.....	75
Figura 5-27 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 14 de sep. 2013.....	75
Figura 5-28 Curva Hp-A-D 24 horas, 14 sep. 2013.....	77
Figura 5-29 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 15 de sep. 2013.....	78
Figura 5-30 Comparativa de Curvas Hp-A-D de 24 horas, 14 sep. y 15 de sep. 2013	79
Figura 5-31 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 14 y 15 de sep. 2013	79
Figura 5-32 Curvas Hp-A-D huracán Manuel 2013, de 24 y 48 horas.	81
Figura 5-33 Área entre isoyetas a cada 72 hrs; 14, 15 y 16 de sep. 2013	81
Figura 5-34 Curvas Hp-A-D huracán Manuel 2013, de 24, 48 y 72 horas.....	82
Figura 5-35 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 13, 14, 15 y 16 de sep. 2013	82
Figura 5-36 Curvas Hp-A-D huracán Manuel 2013, de 24, 48, 72 y 96 horas.....	83
Figura 5-37 Estaciones climatológicas estado de Nuevo León, base de datos CLICOM, Fuente: CICESE, 2022 ...	83
Figura 5-38 Precipitación máxima huracán Ingrid, en el estado de Nuevo León.....	87
Figura 5-39 Estaciones climatológicas estado de Nuevo León y Coahuila, base de datos CLICOM, Fuente: Google Earth, 2022	88
Figura 5-40 Isoyetas de precipitación 16 de septiembre 2013, Nuevo León y Coahuila.	93
Figura 5-41 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 16 de septiembre 2013	93
Figura 5-42 Curva Hp-A-D 24 horas, 16 Sep. 2013	94
Figura 5-43 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 15 y 16 de septiembre 2013	95
Figura 5-44 Curvas Hp-A-D huracán Ingrid 2013, de 24 y 48 horas.	95
Figura 5-45 Área entre isoyetas a cada 72 hrs; 14, 15 y 16 de septiembre 2013	96
Figura 5-46 Curvas Hp-A-D huracán Ingrid 2013, de 24, 48 y 72 horas.....	96
Figura 5-47 Comparativa de curvas entre 2 análisis para una duración de 96 horas, Huracán Ingrid 2013.....	97
Figura 5-48 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 13, 14, 15 y 16 de septiembre 2013	97
Figura 5-49 Curvas Hp-A-D huracán Ingrid 2013, de 24, 48, 72 y 96 horas.....	98
Figura 5-50 Estaciones climatológicas estado de Baja California Sur, base de datos CLICOM, Fuente: CICESE, 2022.....	98
Figura 5-51 Isoyetas de precipitación 14 de septiembre del 2014, Baja California Sur.	104
Figura 5-52 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 14 de Sep. 2014.....	104
Figura 5-53 Curva Hp-A-D 24 horas, 14 de Sep. 2014	105
Figura 5-54 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 14 y 15 de Sep. 2014.....	105
Figura 5-55 Curvas Hp-A-D huracán Odile 2014, de 24 y 48 horas.	106
Figura 5-56 Sitio de registro de precipitación máxima de 24, 48 y 72 horas.	106
Figura 5-57 Curvas Hp-A-D huracán Odile 2014, de 24, 48 y 72 horas.	107
Figura 5-58 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 13, 14, 15 y 16 de Sep. 2014	107
Figura 5-59 Curvas Hp-A-D huracán Odile 2014, de 24, 48, 72 y 96 horas.	108
Figura 6-1 Curvas Hp-A-24 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.	109
Figura 6-2 Curvas Hp-A-48 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.	110
Figura 6-3 Curvas Hp-A-72 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.	110
Figura 6-4 Curvas Hp-A-96 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.	111

Lista de Tablas

Tabla 2-1 Clasificación Saffir-Simpson. Fuente: CENAPRED 2001	21
Tabla 2-2 Principales eventos de inundaciones. Fuente: Salas Salines & Jiménez Espinosa, 2004 (García Arróliga N. M., et al. 2018) (García Arróliga N. M., et al. 2019); (Franco Vargas, et al. 2020); (Méndez Estrada, et al. 2021); (Franco Vargas, et al. 2021).....	22
Tabla 3-1 Ejemplo de valores de precipitación media, para 24 horas.	34
Tabla 3-2 Ejemplo de Análisis para 48 horas para un evento hidrometeorológico.	36
Tabla 3-3 Ejemplo de valores de precipitación media, para 48 horas.	36
Tabla 3-4 Ejemplo de Análisis para 72 horas para un evento hidrometeorológico.	37
Tabla 3-5 Ejemplo de valores de precipitación media, para 72 horas.	37
Tabla 3-6 Ejemplo de Análisis para 96 horas para un evento hidrometeorológico.	38
Tabla 3-7 Ejemplo de valores de precipitación media, para 96 horas.	38
Tabla 4-1 Selección de huracanes para su estudio.....	40
Tabla 5-1 Estaciones con información de Huracán Wilma.	47
Tabla 5-2 Precipitaciones de Huracán Wilma, octubre 2005	47
Tabla 5-3 Análisis de 48 horas, octubre 2005.....	48
Tabla 5-4 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Wilma, octubre 2005.....	49
Tabla 5-5 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 21 Oct. 2005	51
Tabla 5-6 Estaciones con información de Huracán Carlotta. Sólo estado de Oaxaca.	57
Tabla 5-7 Precipitaciones de Huracán Carlotta. Sólo estado de Oaxaca, junio 2012.....	58
Tabla 5-8 Estaciones con información de Huracán Carlotta. Estados de Puebla, Veracruz, y Oaxaca.	60
Tabla 5-9 Precipitaciones de Huracán Carlotta. Estados de Puebla, Veracruz, y Oaxaca, junio 2012.	62
Tabla 5-10 Análisis de precipitaciones máximas. Huracán Carlotta, junio 2012.....	63
Tabla 5-11 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 16 Jun. 2012.....	64
Tabla 5-12 Estaciones con información de Huracán Manuel	70
Tabla 5-13 Precipitaciones de Huracán Manuel, septiembre 2013.	71
Tabla 5-14 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Manuel, septiembre 2013.	74
Tabla 5-15 Área entre isoyetas.....	76
Tabla 5-16 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 14 sept. 2013	76
Tabla 5-17 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 15 sept. 2013	78
Tabla 5-18 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 14 y 15 sept. 2013	80
Tabla 5-19 Estaciones con información de Huracán Ingrid	84
Tabla 5-20 Precipitaciones de Huracán Ingrid, septiembre 2013	85
Tabla 5-21 Estaciones con información de Huracán Ingrid, estados de Nuevo León y Coahuila.....	88
Tabla 5-22 Precipitaciones de Huracán Ingrid, estados de Nuevo León y Coahuila, septiembre 2013.	90
Tabla 5-23 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Ingrid, septiembre 2013.	92
Tabla 5-24 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 16 Sep. 2013	93
Tabla 5-25 Estaciones con información de Huracán Odile.....	99
Tabla 5-26 Precipitaciones de Huracán Odile, septiembre 2014	100
Tabla 5-27 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Odile, septiembre 2014.....	103
Tabla 6-1 Desarrollo de huracanes	112

1. Introducción

«Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.» -Ven Te Chow

El agua, ha sido un elemento esencial para la vida del ser humano, a través de su desarrollo se ha buscado la manera de lograr conducir, transportar y almacenar este vital líquido, el cual, ha sido utilizado en distintas actividades, que van desde su uso para higiene personal, realización de actividades meramente domésticas, hasta su uso en la agricultura y la industria.

El ser humano, desde la antigüedad hasta nuestros días, ha construido obras hidráulicas utilizadas para el riego agrícola, la industria y la pesca, causando grandes impactos al medio ambiente, sin embargo, estos recursos también son un gran aliado en la prevención de desastres en sitios que son propensos a inundaciones o a sufrir escasez de agua.

Estratégicamente, las comunidades se han ubicado en zonas de fácil acceso al agua, como ejemplo de ello se pueden mencionar ciudades que se establecieron a las orillas de los ríos, o incluso, aquellas ciudades en las que un río cruza por en medio de ellas, como una solución aparente para acceder al agua de manera libre y fácil, pero que, también trae bastantes complicaciones cuando se presentan grandes lluvias, el cauce de dichos ríos tiende a crecer provocando inundaciones que dañan gravemente a dichos asentamientos.

Así mismo, los casos de asentamientos encontrados en zonas costeras, son constantemente víctimas de distintos fenómenos meteorológicos, entre los que destacan los huracanes. Se ha observado, que los eventos hidrometeorológicos han sufrido grandes cambios en las últimas décadas, cada vez ocurren con mayor frecuencia e intensidad, por ello, resulta muy importante estudiar los fenómenos que han ocurrido dentro de nuestro país.

Conocer acerca de los fenómenos naturales que han ocurrido, permitirá tener un panorama más extenso al momento de diseñar nuevas estructuras hidráulicas. Para solucionar problemáticas que se presenten más adelante.

Tomando en consideración lo antes mencionado, se afirma que la hidrología resulta una ciencia natural muy importante, ya que es de gran ayuda al momento de prevenir y atenuar desastres naturales, de igual manera, brinda las herramientas necesarias para enfrentar distintos desastres naturales ayudando en la construcción y diseño de mejores elementos de infraestructura hidráulica.

El presente trabajo tiene como finalidad, analizar el comportamiento de las precipitaciones observadas en distintos eventos de huracán ocurridos en el país con

el fin de tener un parámetro estadístico útil para inferir nueva información de los efectos en el espacio tiempo de eventos de tormenta futuros. La importancia de conocer los problemas que existen alrededor de nuestro planeta nos permite aprender reflexionar y buscar solución a situaciones que se presenten en otros sitios.

1.1. Objetivo General

El objetivo de la presente investigación es analizar el comportamiento de eventos de tormentas máximas ocurridas en México, atribuidas a fenómenos meteorológicos extremos, analizando la precipitación, su duración y el área de influencia mediante la creación de curvas Hp-A-D.

1.2. Objetivos específicos

Localización y estudio de las principales tormentas ocurridas en México.

Cálculo de isoyetas de precipitación y curvas Hp-A-D.

Crear una base de datos estadísticos de las estaciones climatológicas de cada una de las regiones de estas tormentas.

2. Estado del Arte

2.1. Antecedentes.

La recolección de información pluvial es vital para entender el comportamiento de las lluvias bajo ciertos aspectos climatológicos o físicos. La relación Precipitación-Área-Duración nos permite tener un panorama más amplio de lo que ocurre con las grandes tormentas, esta relación se ha manejado desde hace varias décadas.

En el año 1969 se publicó el “Manual For Depth-Area-Duration analysis of storm precipitation”, (World Meteorological Organization, 1969). Menciona que las redes pluviométricas de todo el mundo no dan más que medidas en puntos determinados. En consecuencia, para obtener el volumen de la capa de agua caída en una zona determinada es necesario proceder a una interpolación y una integración.

Esta operación se designa con el nombre de análisis de las curvas “altura-área-duración de la precipitación”. En el manual describen el método clásico para el cálculo de las curvas Altura-Área-Duración, se muestra el paso a paso para obtener estas curvas, en su primer capítulo lo describen para obtenerlas de forma manual, sin embargo, en la segunda parte se enfocan en realizarlas con apoyo de equipo de cómputo.

En (Castro Castro, 1971), se define que, las curvas altura-área-duración, proporcionan la máxima precipitación media ocurrida en una tormenta para diferentes áreas y duraciones. Estas curvas resumen la información de las estaciones pluviográficas y pluviométricas y las relacionan con el área sobre la que se distribuyó la tormenta. En los estudios hidrometeorológicos, para determinar tormentas de diseño, es necesario obtener curvas de altura-área-duración para las tormentas más importantes ocurridas en el área, con base en el estudio de las condiciones meteorológicas que las produjeron, se obtienen las precipitaciones máximas probables. Además, presenta 4 métodos de calcular las curvas Altura-Área-Duración para una tormenta.

- Método Tradicional.

Este método establece la hipótesis de que la distribución espacial de la tormenta se conserva estática a través del tiempo, o sea que, la distribución correspondiente a la duración total es igual a todas las distribuciones para diferentes duraciones.

- Método, constantes de influencia.

Supone que la distribución de la tormenta no varía con el tiempo quedando representada por la correspondiente a la duración total de la tormenta.

- Método incremental I

Se realizan planos de isoyetas para todos los intervalos de 6 h, 12 h, etc. que cubren la duración total. Para los planos de isoyetas de 6 h de duración se obtienen sus curvas de altura lluvia-área, y de estas se toma la envolvente, la cual define la curva de alturas medias máximas-área para una duración de 6 h de la misma forma se obtienen las curvas de altura-área- para las duraciones de 12 h, 18 h hasta la duración total de la tormenta.

- Método Incremental II

En este método se debe tener disponible el plano de isoyetas correspondientes a la duración total de la tormenta, posteriormente se divide el área total en zonas, conteniendo en cada una de ellas un centro de máxima precipitación, de esta forma se supone que los centros de diferentes duraciones estarán siempre en la misma zona. Para cada zona se construyen planos de isoyetas para todos los intervalos de 6 h, 12 h, ... que cubren la duración total.

En el año 2000 en el artículo Curvas de abatimiento areal de tormentas. Región Pampa ondulada (Santa Fe, Argentina), (Zimmermann, Riccerdi, Pieroni, & Arraigada, 2000), se construyeron estas curvas a partir de información pluviográfica, las curvas fueron deducidas combinando 63 eventos de gran magnitud registrados en un conjunto de siete estaciones pluviográficas y fueron clasificadas por duraciones de 0.5, 1, 3, 6, 12, y 24 horas.

La variabilidad espacial de los patrones de tormentas es generalmente grande, por ende, esta información puntual tiene validez limitada a cuencas de pequeño tamaño. Cuando el área de aplicación es considerable, para lograr que esa serie puntual sea representativa en el área de trabajo se emplean frecuentemente las curvas de abatimiento areal de la precipitación. (Zimmermann, Riccerdi, Pieroni, & Arraigada, 2000)

En 2003 Edilberto Guevara Pérez en su artículo "Un modelo de altura-Área Duración (ADD) de tormentas de Venezuela", (Guevara Pérez, 2003) explica que las relaciones altura-área de las tormentas se presentan como familias para diferentes duraciones y determinan el factor reducción por área aplicando la precipitación puntual de una determinada frecuencia para estimar la lluvia media correspondiente.

Partiendo del concepto matemático de linealización de las curvas AAD (Altura- Área- Duración) de las tormentas, se obtiene que para el factor de reducción de la lluvia puntual el siguiente modelo matemático.

$$\frac{P_A}{P_P} = R_D = \frac{a}{a + bX} \quad (1)$$

Donde:

P_A = es la lluvia media (mm), P_P = es la lluvia puntual en el centro de la tormenta (mm), D = la duración de la lluvia puntual en el centro de la tormenta (horas), a y b = son parámetros de ajuste de la región, X = es el área de influencia de la tormenta sobre la que se desea estimar la precipitación media en (km²).

La ecuación 1 constituye un modelo general para estimar el factor de reducción R_D de la lluvia puntual sobre el área de influencia de la tormenta. El análisis de los eventos disponibles de tormentas indica que este modelo general es aplicable en forma individual para cada duración.

En el año del 2014 en un estudio presentado en la convención científica de ingeniería y arquitectura, (Ortega Acacio, Perozo Ynestroza, & Marerro De León, 2014) se menciona que, en la generalidad de los casos, la tormenta de diseño se estima a partir de información pluviográfica y también se puede utilizar información pluviométrica.

El propósito de su trabajo consistió en analizar el comportamiento espacio temporal de la precipitación máxima sobre la cuenca del río Coro ubicada en Venezuela, analizándola entre los años 1985 y 2008, obteniendo la estimación de un factor de reducción por área, con el que la precipitación de diseño se redujo hasta un 43%, en comparación de las obtenidas a partir de los métodos tradicionales.

2.2. Conceptos Básicos.

El ciclo hidrológico

En la tierra, el agua existe en un espacio llamado hidrosfera, que se extiende desde unos quince kilómetros arriba en la atmósfera hasta un kilómetro por debajo de la litosfera o corteza terrestre. El agua circula en la hidrosfera a través de un laberinto de caminos que constituye el ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología, el ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. En la figura 2-1 se muestra en forma esquemática cómo el agua se *evapora* desde los océanos y desde la superficie terrestre para volverse parte de la atmósfera; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y *precipita* sobre la superficie terrestre o los océanos; el agua precipitada puede ser *interceptada* por la vegetación, convertirse en *flujo superficial* sobre el suelo, *infiltrarse* en él, correr a través del suelo como *flujo subsuperficial* y descargar en los ríos como *escorrentía superficial*. la mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmósfera mediante la evaporación. El agua

infiltrada puede percolar profundamente para *recargar* el agua subterránea de donde emerge en manantiales o se desliza hacia ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa. (Ven Te Chow, R. Maidment, & W. Mays, 1994)

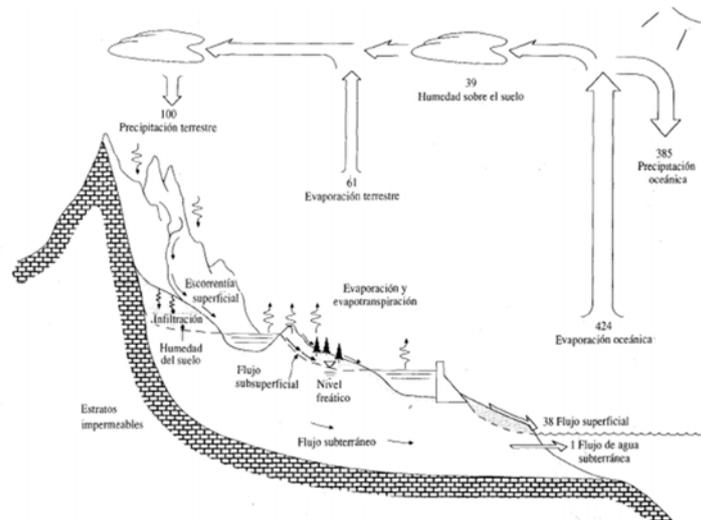


Figura 2-1 El ciclo hidrológico con un balance de agua promedio global anual en unidades relativas a un valor de 100 para la tasa de precipitación terrestre.
Fuente: Ven Te Chow, R. Maidment, & W. Mays, 1994.

Meteorología

Meteorología es el estudio de todos los fenómenos atmosféricos. El estudio de los fenómenos relacionados con el agua atmosférica, que son los que interesan en la ingeniería hidrológica lo lleva a cabo la hidrometeorología. Si bien forma parte de la meteorología, la hidrometeorología constituye por sí misma toda una ciencia. (Aparicio Mijares, 1987)

Medición de lluvias

Los aparatos más usuales en México para medir la precipitación son los pluviómetros y los pluviógrafos. (Aparicio Mijares, 1987)

Pluviómetros

Los pluviómetros están formados por un recipiente cilíndrico graduado de área transversal a al que descarga un embudo que capta el agua de lluvia, y cuya área de captación es (A) (véase figura 2-2), se acostumbra a colocar en el embudo un par de mallas para evitar la entrada de basura u otros objetos.

El área de captación (A) es normalmente diez veces mayor al área del recipiente (a), con el objeto de que, por cada milímetro de lluvia, se deposite un centímetro en el recipiente. De este modo, es posible hacer lecturas a simple vista hasta una

décima de milímetro de lluvia, que corresponde a un milímetro depositado en el recipiente. En México se acostumbra tomar lecturas de los pluviómetros diariamente a las 8 de la mañana.

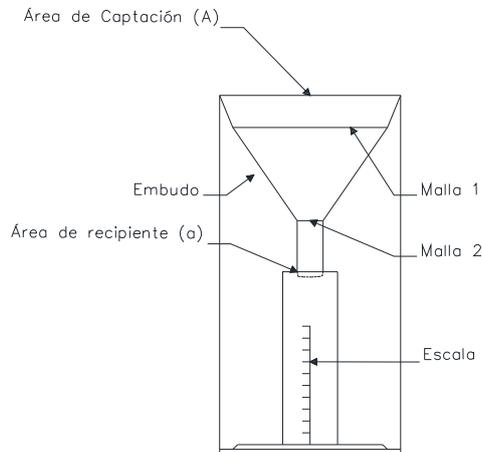


Figura 2-2 Esquema de un pluviómetro. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.

Pluviógrafos

Los pluviógrafos son semejantes a los pluviómetros, con la diferencia de que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de la precipitación. Este mecanismo está formado por un tambor que gira a velocidad constante sobre el que se coloca un papel graduado especialmente. En el recipiente se coloca un flotador que se une mediante un juego de varillas a una plumilla que marca las alturas de precipitación en el papel (véase en la figura 2-3). El recipiente normalmente tiene una capacidad de 10 mm de lluvia y, al alcanzarse esta capacidad, se vacía automáticamente mediante un sifón.

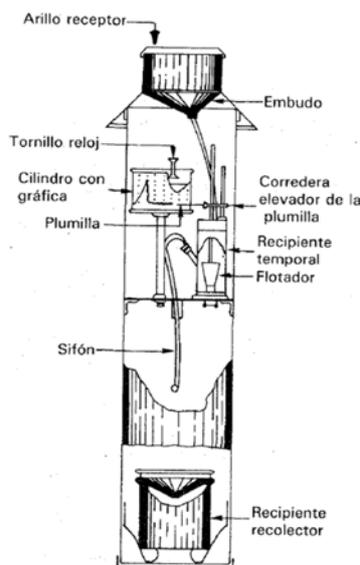


Figura 2-3 Esquema de un pluviógrafo. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.

El pluviógrafo antes descrito se usa mucho en México, aunque existen otros tipos en el mundo. Algunos ejemplos son el de resorte, que en lugar de flotador usa un resorte que se deforma con el peso del agua y que es preferible cuando se miden alturas de nieve, y el balancín, que tiene dos recipientes colocados en un balancín, de modo que cuando uno de ellos se llena desequilibra la balanza, que gira dejando el otro recipiente en posición de llenado. En algunos aparatos (Chow, 1964) el volumen de agua necesaria para hacer girar el balancín corresponde a 0.25 mm de lluvia. En este tipo de pluviógrafos, al girar el balancín se acciona un interruptor que produce un impulso eléctrico que a su vez mueve la plumilla para registrar la altura de precipitación correspondiente.

El registro que se obtiene de un pluviógrafo se llama *pluviograma*. Normalmente, este registro es similar al mostrado en la figura 2-4.

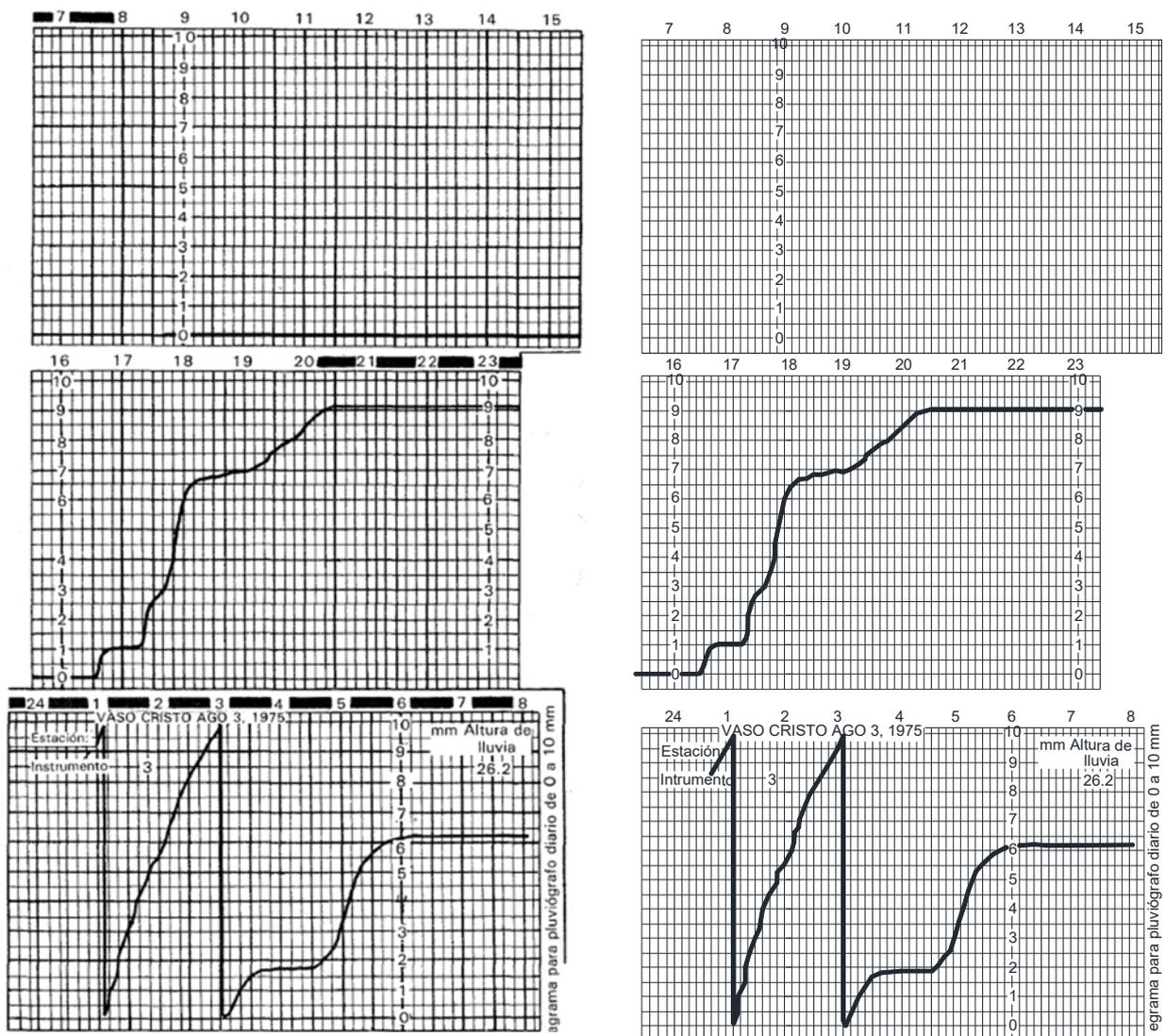


Figura 2-4 Ejemplo de un Pluviograma. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.

En el registro de la figura 2-4, obteniendo directamente con un pluviógrafo de flotador y sifón, los descensos ocurren cuando se ha llenado el recipiente, esto es cuando se han alcanzado 10 mm de precipitación y se desaloja el agua contenida en él por medio del sifón. Es frecuente que el pluviógrafo tenga alguna falla y por ello los registros resultan defectuosos. En ocasiones es posible recuperar los datos de un registro defectuoso y a veces no, dependiendo del tipo de falla. Tanto para comprobar que el pluviógrafo funciona correctamente como para recuperar los datos de un registro defectuoso, conviene ayudarse en el registro del pluviómetro. En las figuras 2-5a-2-5e se muestran algunas de las fallas más comunes. (Aparicio Mijares, 1987)

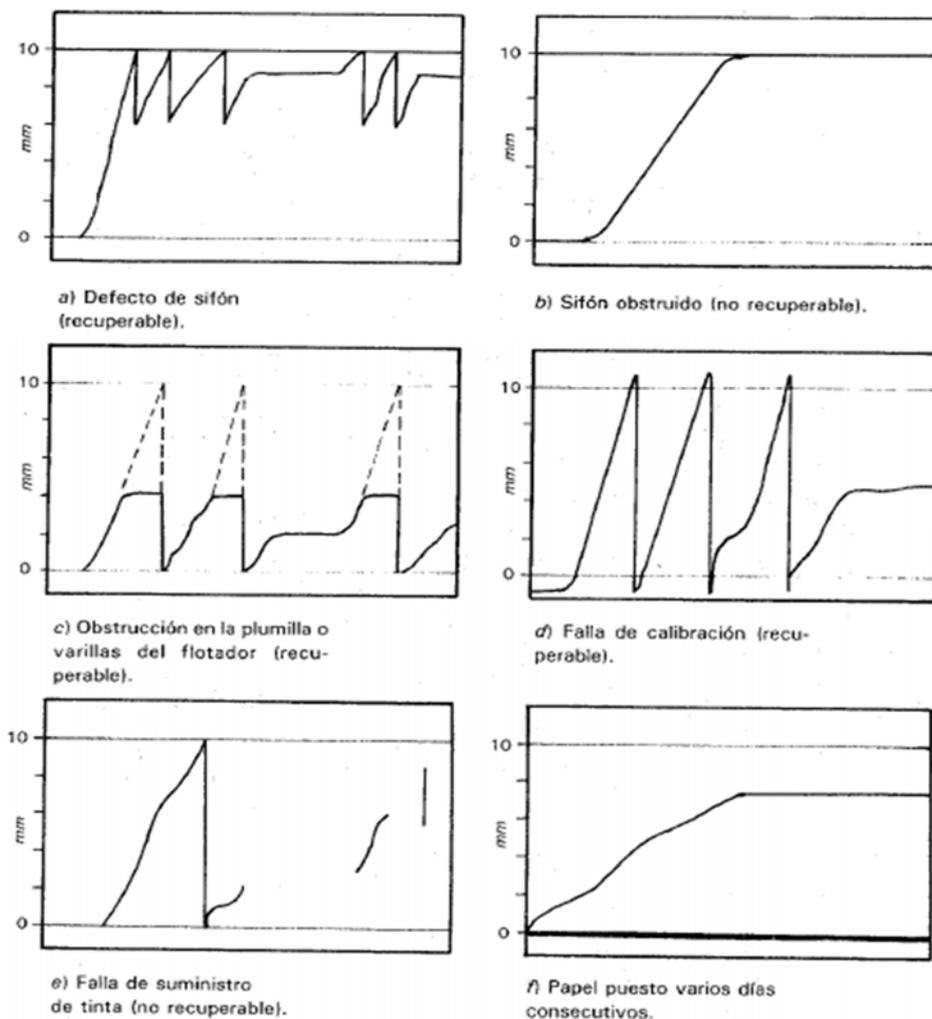


Figura 2-5 Errores en los pluviogramas. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.

Cuando no hubo lluvia en un día dado, se acostumbra a poner el mismo papel al día siguiente y así sucesivamente hasta que se registre alguna precipitación (véase figura 2-5f); la precipitación registrada corresponde, obviamente, al último día.

Si un registro de precipitación como el de la figura 2-4 se le quitan los descensos, se obtiene una gráfica de precipitación acumulada contra el tiempo llamada *curva masa de precipitación* (véase en la figura 2-6).

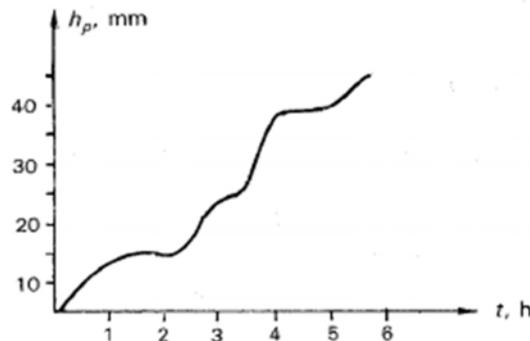


Figura 2-6 Curva masa de precipitación. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.

Nótese que esta curva es no decreciente y que su pendiente, en cualquier tiempo, es igual a la intensidad de la lluvia (altura de precipitación por unidad de tiempo) en ese instante.

A partir de una curva masa de precipitación es posible dibujar diagramas de barras que representan las variaciones de altura de precipitación o de su intensidad en intervalos de tiempo previamente seleccionados (véase figura 2-7), estos diagramas de barras se llaman *hietogramas*.

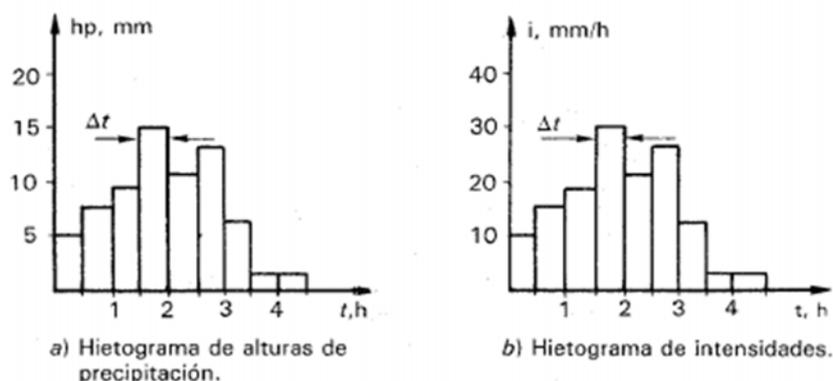


Figura 2-7 Hietogramas. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.

El hietograma de la figura 2-7a se construye dividiendo el tiempo que duró la tormenta en n intervalos y midiendo la altura de precipitación que se tuvo en cada

uno de ellos. El hietograma de la figura 2-7b puede obtenerse a partir de la figura 6a, dividiendo la altura de la precipitación de cada barra entre el tiempo Δt que dura la misma. Ambos tipos de hietogramas son equivalentes, pero uno no puede ser más útil que el otro dependiendo del tipo de análisis.

El intervalo Δt seleccionado es importante en cuanto a la información que proporciona el hietograma; un valor de Δt demasiado grande arrojaría muy poca información y uno muy pequeño la daría excesiva y difícil de manejar. (Aparicio Mijares, 1987)

Clasificación de un ciclón tropical (Huracanes)

Una lluvia ciclónica es el resultado del levantamiento de aire por una baja de presión atmosférica. La lluvia de frente cálido se forma por la subida de una masa de aire caliente por encima de una de aire frío. La orográfica, se da cuando las montañas desvían hacia arriba el viento, sobre todo aquel proveniente del mar. Del mismo modo, la convectiva se forma con aire cálido que ascendió por ser más liviano que el aire frío que existe en sus alrededores.

Otro fenómeno que provoca precipitaciones de importancias sobre todo en la región noreste de la República Mexicana es el desplazamiento de frentes fríos que provienen de las zonas polares, que forman las llamadas tormentas de invierno o equipatas.

Un ciclón tropical consiste en una gran masa de aire cálido y húmedo con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión. Se originan en el mar entre las latitudes de 5° a 15° , tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur, en la época en que la temperatura es mayor a 26°C . Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte, giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj. (ROSENGUS MOSHINSKY, JÍMENEZ ESPINOSA, & VÁZQUEZ CONDE, 2002)

Los ciclones tropicales generan lluvias intensas, vientos fuertes, oleaje grande y mareas de tormenta. Se presentan en planta en un área casi circular y en el centro tienen la presión más baja. Frecuentemente se desplazan con velocidades comprendidas entre 10 a 40 km/h.

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o la intensidad de sus vientos. Se les denomina depresión tropical (presión de 1008 a 1005 mb o velocidad menor a 63 km/h), Tormenta tropical (presión de 1004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h) y huracán (presión menor a 984 mb o velocidad del viento mayor a 119 km/h). En la tabla 2-1 se consigna la clasificación de ciclones de Saffir-Simpson y algunos de sus efectos. (CENAPRED, 2001). En 1988 la presión central del ciclón Gilberto fue de 888 milibares (mb).

Tabla 2-1 Clasificación Saffir-Simpson. Fuente: CENAPRED 2001

Categoría	Presión central (mb)	Vientos (km/h)	Marea de tormenta (m)	Características de los daños materiales e inundaciones	
Perturbación Tropical	1008.1 a 1010			Ligera circulación de vientos.	
Depresión Tropical	1004.1 a 1008	< 62		Localmente destructivo.	
Tormenta Tropical	985.1 a 1004	62.1 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos.	
Huracán	1	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños principalmente a casas rodantes, arbustos y árboles. También algunas inundaciones de carreteras costeras y daños leves en los muelles.
	2	965.1 a 980	154.1 a 178	2.0 a 2.5	Provoca algunos daños en los techos, puertas y ventana de los edificios. Daños considerables a la vegetación, casas rodantes y muelles. Las carreteras costeras se inundan de dos a cuatro horas antes de la entrada del centro del huracán. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarras.
	3	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Provocan algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares, con pequeñas fisuras en los muros de revestimiento. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores. Los terrenos planos abajo de 1.5 m puede resultar inundados hasta 13 km de la costa o más.
	4	920.1 a 965	210.1 a 250	4.0 a 5.5	Provoca fisuras más generalizadas en los muros de revestimiento con derrumbe completo de toda la estructura del techo en las residencias pequeñas. Erosión importante de las playas, daños graves en los pisos bajos de las estructuras cercanas a las costas. Inundaciones de los terrenos planos bajos, abajo de 3 m situados hasta 10 km de las costas.
	5	< 920	> 250	> 5.5	Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios industriales. Algunos edificios se desmoronan por completo y el viento se lleva las construcciones auxiliares pequeñas, incluyendo techos. Daños graves pisos bajos de todas las estructuras situadas a menos de 4.6 m por encima del nivel del mar y a una distancia de hasta 460 m de la costa.

2.3. Principales eventos de inundaciones en México.

En México, de acuerdo con el fenómeno meteorológico que las origina, las principales inundaciones corresponden a las precipitaciones generadas por huracanes y ondas tropicales, principalmente en el verano, mientras que las tormentas de invierno ocurren en su mayoría en el noreste de México. (Domínguez Mora , y otros, Febrero, 2016)

En la tabla 2-2 se muestran los principales eventos de inundaciones publicados por el CENAPRED, (Salas Salinas & Jiménez Espinosa, 2004); (García Arróliga N. M., et al. 2018) (García Arróliga N. M., et al. 2019); (Franco Vargas, et al. 2020); (Méndez Estrada, et al. 2021); (Franco Vargas, et al. 2021), complementados con

datos no publicados, también del CENAPRED y con datos recopilados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Tabla 2-2 Principales eventos de inundaciones. Fuente: Salas Salines & Jiménez Espinosa, 2004 (García Arróliga N. M., et al. 2018) (García Arróliga N. M., et al. 2019); (Franco Vargas, et al. 2020); (Méendez Estrada, et al. 2021); (Franco Vargas, et al. 2021).

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
1933	Ciclón Tamaulipas	Tamaulipas, Veracruz y Tabasco			
	Lluvias de Invierno	Sinaloa	27	600	0.14
1949	Lluvias de Invierno	Sinaloa y Sonora	10	159,000	10.2
1955	Huracanes Gladys, Hilda y Janet	Veracruz, Tamaulipas, San Luís Potosí, Yucatán y Quintana Roo	110		7.5*
1959	Ciclón de Manzanillo	Colima y Jalisco	1500	1,600	
1960	Lluvias de Invierno	Sonora, Sinaloa y Chihuahua	3	96,000	18.82**
1962	Nevada	Monterrey			
	Huracán Beulah	Tamaulipas, Nuevo León, Yucatán y Quintana Roo		25,000	500
	Huracán Katrina	Guerrero, Península de Baja California, Sonora y Nayarit	15	30,000	
	Nevada	Desde la Ciudad de México hasta la región norte		200	
1968	Huracán Naomi	Colima, Sinaloa, Durango, Coahuila, Sonora y Chihuahua	10	50,000	
1973	Lluvias orográficas	Guanajuato	25		
1976	Huracán Liza	Baja California Sur y Sonora	600	10,000	3.1
	Huracán Madeline	Guerrero			
	Precipitación pluvial	Guanajuato	5	80% de la población total	
	Granizada	Distrito Federal	22		
1982	Huracán Paul	Sinaloa	0	256,800	114.6
1985	Lluvias de Invierno	Nayarit	0	47,927	16.4
1988	Huracán Gilbert	Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila	225	139.374	766
1990	Lluvias de Invierno	Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Chihuahua		40	50,85
	Huracán Diana	Veracruz e Hidalgo	139	50	90,70

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
1993	Lluvias de Invierno	Baja California	33	10	32,00
	Lluvias de Invierno	Baja California Sur	3	10	63,40
	Huracán Gert	Veracruz, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas	40	97.943	
1994	Granizada	Tlaxcala e Hidalgo			
1995	Huracán Ismael	Sonora, Sinaloa y Baja California Sur	200	24,111	
	Huracán Opal	Veracruz, Campeche, Tabasco y Quintana Roo	23	26,874	418.4
	Huracán Roxanne	Veracruz, Campeche, Tabasco y Quintana Roo		13860*	
1996	Inundación por granizada	Estado de México			
1997	Huracán Pauline	Guerrero y Oaxaca	228	8,500	447.8
	Nevada	Sonora, Chihuahua y Baja California Norte	18		
1998	Lluvias	Chiapas	229	28,753	603
	Lluvias	Baja California	92	3,000	38.78
	Huracán Isis	Baja California Sur, Sinaloa y Sonora			
	Huracán Mitch	Campeche			
	Nevada	Hidalgo y Tlaxcala			
	Granizada	Baja California			
1999	Depresión Tropical 11	Veracruz, Puebla, Hidalgo y Tabasco	387	1,904,000	807.5
	Huracán Greg	Baja California Sur, Colima, Guerrero, Michoacán y Jalisco			
	Huracán Bret	Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas			
	Depresión Tropical 7	Tamaulipas			
	Tormenta Tropical Katrina	Quintana Roo y Yucatán			
2000	Huracán Keith	Quintana Roo, Tamaulipas y Nuevo León	9		38.78
	Tornado	Oaxaca			
	Huracán Miriam	Baja California Sur			
	Tormenta Tropical Norman	Michoacán, Sinaloa y Colima			
	Tormenta Tropical Rosa	Colima			
	Tormenta Tropical Beryl	Tamaulipas			

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
	Granizada	Michoacán			
2001	Huracán Juliette	Sonora y Baja California Sur	9	38,730	184.15
	Lluvias	Varios estados	95	126,954	42.3
	Tornado	Tabasco			
	Tornado	Chiapas			
	Tormenta Tropical Chantal	Quintana Roo			
	Huracán Iris	Chiapas			
	Inundación por Granizada	Zacatecas y Coahuila	1		
2002	Huracán Isidore	Yucatán, Campeche	4	500,000	870.07
	Huracán Kenna	Nayarit, Jalisco	2	374,500	122.15
	Tornado	Guerrero			
	Tormenta Tropical Julio	Michoacán, Colima, Jalisco y Guerrero			
	Nevada	Zacatecas			
2003	Lluvias de Verano	Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Zacatecas	14	256,301	194.13
	Tornado	Tamaulipas			
	Huracán Erika	Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila	2		
	Tormenta Tropical Carlos	Oaxaca		44 comunidades costeras	
	Huracán Ignacio	Colima, Jalisco, Baja California Sur	2	10 mil personas fueron evacuadas	21
	Huracán Marty	Baja California			
	Huracán Nora	Sinaloa y Baja California Sur			
	Huracán Olaf	Jalisco, Guanajuato, Colima y Guerrero			
	Huracán Claudett	Yucatán y Quintana Roo			
	Tormenta Tropical Larry	Campeche, Tabasco, Veracruz, Chiapa, Guerrero y Oaxaca			
	Granizada	Estado de México			
2004	Tormenta de Bajas Presiones, Frente Frío no. 49	Coahuila	38	6,692	13.6
	Tornado	Aguascalientes			

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
	Frente Frío no. 49	Coahuila	38	6,692	13.6
2005	Granizada	Veracruz			
	Huracán Emily	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León	0	178,682	4388.2
	Huracán Stan	Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Chiapas	98	275,190	21060.5
	Huracán Wilma	Quintana Roo y Yucatán	0	1,444,900	18772.9
	Tornado	Tlaxcala			
	Tornado	Nuevo León			
	Tornado	Chihuahua			
	Tormenta Tropical Dora	Guerrero, Colima, Michoacán y Jalisco			
	Huracán Cindy	Quintana Roo, Yucatán y Campeche			
	Tormenta Tropical Gert	Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León y San Luis Potosí			
	Tormenta Tropical José	Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Distrito Federal			45
	Nevada	Chihuahua			
	Granizada	Tlaxcala e Hidalgo			
2006	Lluvias torrenciales	Chihuahua	4	13,520	216.3
	Huracán John	Baja California Sur	5	13,090	984.7
	Huracán Lane	Sinaloa y Colima	2	154,680	2219.3
	Huracán Paul	Sinaloa	2	65,540	123.4
	Lluvias torrenciales	Tamaulipas	4	76,572	133.6
	Tornado	Toluca y Estado de México			
	Tornado	Puebla			
	Huracán Norman	Baja California Sur, Colima, Jalisco y Michoacán			
	Nevada	Baja California y Chihuahua			
	Granizada	Coahuila e Hidalgo			
2007	Ciclón Tropical Bárbara	Chiapas	0	745,027	3396.8
	Ciclón Tropical Dean	Quintana Roo, Campeche, Veracruz, Hidalgo y Puebla	9	193,249	8962.3
	Lluvias	Tabasco	0	745,027	3396.8

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
	Nevada	Baja California, Chihuahua y Estado de México	1		
	Tornado	Veracruz			
	Tornado	Hidalgo			
	Tornado	Chiapas			
	Huracán Henriette	Baja California Sur, Sonora, Guerrero, Sinaloa y Michoacán	13		25
	Huracán Lorenzo	Veracruz, Puebla y Distrito Federal	5		
2008	Huracán Dolly	Tamaulipas	4	647.3	169.7
	Tormenta Tropical	Sonora	4	902.5	372.1
	Lluvias	Veracruz	8	3,502.20	1413.4
	Lluvias	Tabasco	1	4,596	4598.2
	Huracán Norbert	Baja California Sur	1	438.8	402.9
	Depresión Tropical 5-E	Michoacán			
	Tormenta Tropical Julio	Baja California Sur y Sonora			
	Tormenta Tropical Lowell	Baja California Sur y Sonora			
	Tormenta Tropical Odile	Guerrero y Michoacán			
	Tormenta Tropical Arthur	Quintana Roo, Campeche y Tabasco			
	Tormenta Tropical Marco	Veracruz y San Luís Potosí			
	Nevada	Baja California			
	Granizada	Jalisco	1		
2009	Huracán Jimena	Baja California Sur y Sonora	1	35,090	2312.2
	Huracán Andrés	Guerrero y Colima	1		
	Huracán Rick	Sinaloa y Jalisco			
	Tormenta Tropical Olaf	Baja California Sur			
	Huracán Ida	Yucatán, Quintana Roo			
2010	Lluvias intensas por Frentes Fríos no. 28 y 29	Michoacán	35	349,528 hab.	1611.2
	Lluvias intensas por Baja Presión del Océano Pacífico	Estado de México	0	14,350 viviendas	1000
		Distrito Federal			

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
	Lluvias intensas asociadas a las Tormentas Tropicales Frank, Karl y Matthew, y la Depresión Tropical 11-E	Oaxaca	24	250,000 hab.	4424.03
	Lluvias por la Tormenta Tropical -Matthew Depresiones Tropicales 2 y 11 y la Onda Tropical 23	Chiapas	30	1,723 viviendas	8456
	Lluvias por el Huracán Frank, Onda Tropical 25, Depresión Tropical 11-E y Tormenta Tropical Matthew	Tabasco		230,704 hab.	7392.7
	Lluvias por Huracán Alex	Tamaulipas	6	23 municipios	2000
		Nuevo León	9	37,624 hab.	21500.8
		Coahuila	14	16 mil viviendas	1400
	Lluvias por Ciclones Tropicales Karl y Matthew	Veracruz	23	493,340 hab.	24379
	Tormenta Tropical Hermine	Tamaulipas			
	Huracán Richard	Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Tabasco			
	Huracán Tropical 2E	Oaxaca y Guerrero	0	122 viviendas	
	Tormenta Tropical Agatha	Chiapas	300		1.5
Huracán Darby	Chiapas, Oaxaca y Guerrero				
Tormenta Tropical Georgette	Baja California Sur y Sonora	0			
2011	Lluvias por remanentes de la Tormenta Tropical Arlene	Estado de México	1	8,800 viviendas	509
	Lluvias y desbordamientos de ríos	Tabasco		347,925 hab.	10304.5
	Lluvias por la Tormenta Tropical Arlene	Hidalgo	5	2,146 viviendas	2848.3
	Huracán Jova	Colima	2	2,600 habitantes	16.5
2012	Ciclón Tropical Ernesto	Veracruz	22	71 municipios	6439.9
	Huracán Carlota	Oaxaca	5	12,500 viviendas	2666.2
	Lluvias intensas por Tormenta Tropical Ernesto	Quintana Roo		3 municipios	209.7
		Campeche	0	6 municipios	326.2
		Chiapas	2	16 viviendas	532.3

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
2013	Lluvias severas	Coahuila	1	213,000 hab.	255.4
	Huracán Barbara	Chiapas	0	282,387 hab.	2248.4
	Huracán Barry	Veracruz	29	456,358 hab.	5349
	Ciclón Tropical Manuel	Guerrero	105	282,933 hab.	23520
		Sinaloa	3	444,290 hab.	3048.4
		Durango	0	396,646 hab.	2437.9
Lluvias por Ciclón Tropical Ingrid	Nuevo León	1	55,532 hab.	2445.9	
2014	Lluvias	Sonora	10		1919.3
	Lluvias	Jalisco	9		34.5
	Ciclón Tropical Truddy	Guerrero	8		803.8
	Ciclón Tropical Odile	Baja California Sur	6		24133.2
2015	Lluvias asociadas a Linda	Baja California Sur		7,800 hab.	
	Lluvias puntuales	Estado de México		1,00 viviendas	
	Lluvias intensas acumuladas por evento de "Norte"	Veracruz		más de 4,000 hab.	
	Lluvias fuertes	Chiapas		30 viviendas	
2016	Huracán Earl	Puebla	41		111.12*
		Veracruz	13		
		Campeche			55.62*
	Lluvias	Durango	5		75.57*
	Huracán Newton	Baja California Sur			75.93*
		Sinaloa			71.43*
Sonora				0.87*	
2017	Ciclones Tropicales Beatriz y Calvin	Oaxaca	5	4,350,497	225.33*
	Ciclón Tropical Max	Guerrero	1	1,996	35.67*
	Tormenta Tropical Lidia	Baja California Sur	6	1,400	16.63*
	Huracán Katia	Veracruz	2	2,857,928	11.85*
		Puebla		999,654	2.29*
	Huracán Franklin	Puebla		347,814	0.38*
2018	Huracán Bud	Jalisco		410	0.48*
		Guerrero		98	0.01*
	Tormenta tropical Carlotta	Guerrero		97	0.01*
	Huracán John	Nayarit		250	0.01*
		Sonora		46,200	0.88*
	Depresión Tropical 19-E	Sinaloa	4	184,825	169.08*

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
		Sonora		132,420	54.94*
	Huracán Wilma	Nayarit	7	132,044	105.49*
		Sinaloa	2	103,511	87.15*
	Tormenta Tropical Rosa	Baja California		20,000	1.88*
	Tormenta Tropical Sergio	Baja California Sur		3,884	0.71*
2019	Ciclón Tropical Fernand	Nuevo León	1	3,782,139	45.74*
	Ciclón Tropical Lorena	Jalisco		42,820	39.55*
		Baja California Sur			1.76*
	Ciclón Tropical Narda	Michoacán			0.07*
		Oaxaca	2	266	43.91*
		Guerrero		616	42*
		Sinaloa		329	
		Nayarit		51	
		Jalisco	1	4,981	53.88*
		Colima		194	30.53*
2020	Ciclón Tropical Amanda	Chiapas	1	5,071	0.83*
	Ciclón Tropical Cristóbal	Campeche	1	28,484	31.69*
		Tabasco		8,000	23.86*
		Chiapas		66,941	28.13*
		Yucatán		104,060	29.75*
		Quintana Roo		6,536	19.99*
	Ciclón Tropical Hanna	Durango		1,758	1.64*
		Coahuila	3	7,645	1.15*
		Tamaulipas	1	40,505	9.76*
		Zacatecas		3,890	0.27*
		Nuevo León	2	30,267	28.67*
	Ciclón Tropical Genevieve	Baja California Sur	2	1,336	1.26*
		Oaxaca	4	862	0.1*
	Ciclón Tropical Hernán	Guerrero	1	9,901	33.68*
		Jalisco		19,958	24.98*
	Ciclón Tropical Beta	Veracruz		5,085	0.25*
	Ciclón Tropical Gamma	Yucatán		170	0.02*
		Quintana Roo		98	
		Campeche		123	
Ciclón Tropical Delta	Quintana Roo		20,846	14.07*	
	Yucatán		72,194	15.09*	

* Tipo de cambio al día 26 de enero del 2023

3. Metodología

3.1. Cálculo de la lluvia media en la cuenca

Para calcular el promedio espacial de la lluvia de una tormenta dada, existen varios métodos:

Método de Thiessen.

El método consiste en lo siguiente:

1. Unir, mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí (líneas discontinuas en la figura 3-1). Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
2. Trazar líneas rectas que bisectan los lados de los triángulos (líneas rectas continuas en la figura 3-1). por geometría elemental, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto.
3. Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso 2 que forman los llamados polígonos de Thiessen y, en algunos casos, en parte por los parteaguas de la cuenca (ver figura 3-1).
El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas representa el área de influencia de la estación correspondiente.
4. La lluvia media se calcula como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi} \quad (2)$$

Donde A_i es el área de influencia de la estación i y A_T es el área total de la cuenca. (Aparicio Mijares, 1987)

Método de las isoyetas.

Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.

La precipitación media se calcula en forma similar a la ecuación anterior, pero ahora el peso es el área A_i (m^2) entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca, la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas \bar{h}_{pi} (mm).

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^{n'} (\bar{h}_{pi} A_i) \quad (3)$$

Donde n' es el número de áreas A' , consideradas. (Aparicio Mijares, 1987)

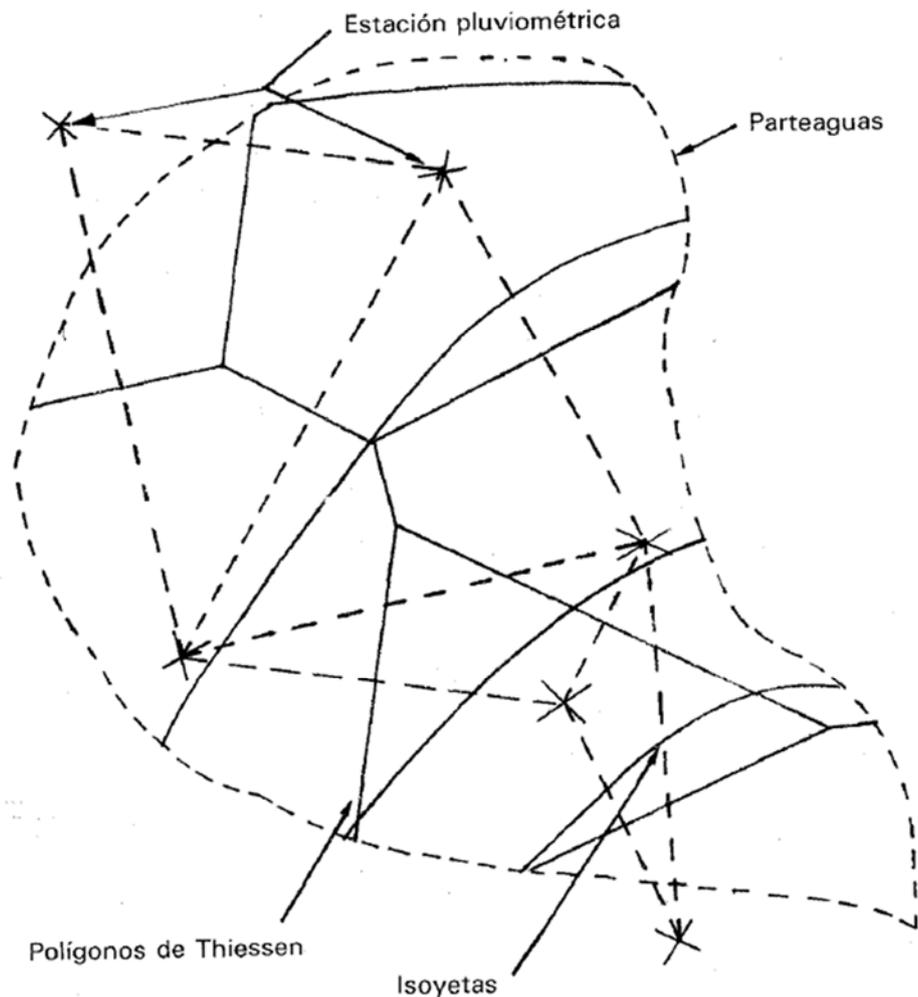


Figura 3-1 Comparación del método polígonos de Thiessen e Isoyetas. Fuente: Aparicio Mijares, 1987

Curva Masa Media.

Los métodos descritos anteriormente se han planteado cuando se requiere conocer la altura total de precipitación que, en promedio, se produce en la cuenca durante una tormenta. Cuando se desea conocer la variación en el tiempo de la precipitación media en la cuenca, es necesario determinar una curva masa media de precipitación. Esta curva se construye aplicando el método aritmético o el de polígonos de Thiessen a las alturas de precipitación acumuladas en cada estación para diferentes tiempos. El resultado será una curva masa media, se puede refinar calculando la precipitación media de toda la tormenta con el método de las isoyetas y multiplicando cada ordenada de la curva masa media por el factor de ajuste:

$$Fa = \frac{\bar{h}_{pis}}{\bar{h}_{p0}} \quad (4)$$

Donde \bar{h}_{pis} es la altura de precipitación media de toda la tormenta calculada con el método de las isoyetas y \bar{h}_{p0} es la misma altura, pero calculada con el método aritmético o el de los polígonos de Thiessen. Con esto se obtiene una curva llamada curva masa media llamada ajustada. (Aparicio Mijares, 1987)

3.2. Curvas altura de precipitación-área-duración (Hp-A-D)

Las curvas altura de precipitación-área-duración sirven para determinar el potencial de precipitación que existe en una zona dada y, además, constituyen uno de los métodos más simples que existen para transponer tormentas de un sitio a otro. Este análisis trata de establecer las cantidades máximas de precipitación que se producen en diferentes áreas y para diferentes duraciones, con base en una red de estaciones que registran simultáneamente la precipitación durante una tormenta dada. Estas curvas se extrapolan a sus valores máximos probables para ser usadas en estudios de avenidas de diseño. El procedimiento para determinar estas curvas es el siguiente.

- a) Dibujar las curvas masa de las estaciones que cuentan con pluviógrafo.
- b) Trazar los polígonos de Thiessen para las estimaciones pluviográficas.
- c) Dibujar las isoyetas correspondientes a la altura de precipitación total de la tormenta, medida tanto con estaciones pluviográficas como pluviométricas.
- d) Calcular el área encerrada entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca, así como la precipitación media en el área. Para isoyetas próximas al parteaguas, el área será la encerrada entre la isoyeta y el parteaguas.
- e) Superponer el plano de isoyetas al de polígonos de Thiessen y calcular la porción del área de influencia de cada estación pluviográfica que queda entre cada dos isoyetas.
- f) Determinar la curva masa media correspondiente al área encerrada por cada isoyeta y el parteaguas, partiendo de la precipitación más grande.
- g) Seleccionar diferentes duraciones de interés, que en general pueden ser múltiplos de 6h, aunque este intervalo varía en función del área de la cuenca.
- h) Para cada duración, seleccionar los máximos incrementos de precipitación de las curvas masa calculadas en el inciso f, de manera que estén situados en intervalos de tiempo contiguos.
- i) Dibujar los datos de área, altura de precipitación y duración. Como se muestra en la figura 3-2.

(Aparicio Mijares, 1987)

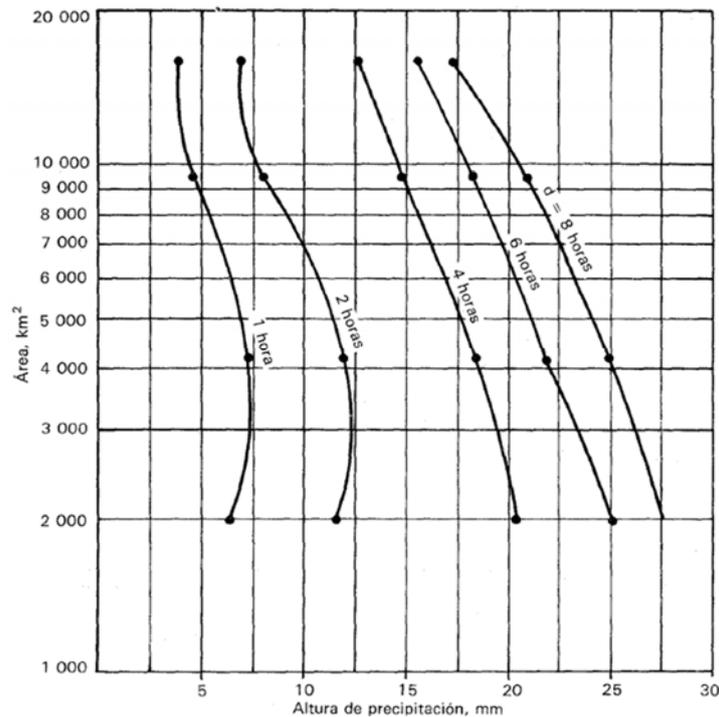


Figura 3-2 Ejemplo de Curvas Hp-A-D. Fuente: Aparicio Mijares, 1987.

En la figura 3-2 es visible que las curvas con una duración más grande, tienen una altura de precipitación más grande que aquellas con una duración más pequeña, esto se debe a que la precipitación se va acumulando conforme va pasando el tiempo.

3.3. Procedimiento utilizado para realizar las curvas altura de precipitación-área-duración (Hp-A-D).

El procedimiento propuesto para obtener las curvas de altura de precipitación-área-duración de este trabajo, se describen a continuación.

Seleccionar el evento meteorológico de interés, con ello obtener la información sobre los días y el sitio en donde se registró el paso más devastador.

Ubicar las estaciones climatológicas que existen en el estado o zona de estudio.

Recolectar toda la información disponible, sobre las estaciones climatológicas en la zona de estudio, en este caso se recolectó la información por estado a partir de la base de datos CLICOM, (CICESE, 2022).

Se obtiene la ubicación de las estaciones, los registros de las precipitaciones que ocurrieron, y se seleccionan aquellas estaciones que tengan registro de precipitaciones en los días que ocurrió el evento meteorológico de estudio.

Partiendo de la premisa que las curvas Hp-A-d para una tormenta son relaciones entre la precipitación y el área en un tiempo determinado, que por lo regular es a cada 6 horas, se propone que, en un evento meteorológico por ejemplo un huracán, puede brindar información a partir de analizar información en periodos de 24 horas.

Con la hipótesis anterior se definieron duraciones 24, 48, 72 y 96 horas para el análisis de los huracanes revisados.

Se puede identificar que para una duración de 24 horas basta con detectar el día y el sitio de donde ocurrió la precipitación máxima en un día.

El método de las isoyetas mencionado en el apartado 3.1, indica que se trazan líneas que unen puntos de igual altura de precipitación a las que se les denomina isoyetas de precipitación; este proceso se llevó a cabo con el software de sistema de información geográfica, ArcMap®.

La altura de precipitación entre isoyetas considerada en este trabajo es a cada 10 mm, con ello, se obtiene el área que existe entre cada intervalo de isoyetas como se muestra en la Figura 3-3.

Ejemplo: Obtener las curvas HP-A-D para un evento hidrometeorológico que ocurrió durante 5 días. Se propone continuar con la tabla 3-1.

Tabla 3-1 Ejemplo de valores de precipitación media, para 24 horas.

Valores de la precipitación media y área para las isoyetas							
(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7) = (6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
260	250	13.0550	13.0550	255	3329.02	3329.02	255.0
250	240	15.2172	28.2721	245	3728.21	7057.22	249.6
240	230	16.2315	44.5036	235	3814.40	10871.62	244.3
230	220	15.9345	60.4381	225	3585.27	14456.89	239.2
220	210	16.4574	76.8956	215	3538.35	17995.24	234.0
210	200	19.3911	96.2866	205	3975.17	21970.41	228.2
200	190	23.4349	119.7215	195	4569.81	26540.21	221.7
190	180	29.4224	149.1440	185	5443.15	31983.36	214.4
180	170	38.8190	187.9630	175	6793.32	38776.68	206.3
170	160	56.0007	243.9637	165	9240.12	48016.80	196.8
160	150	94.3082	338.2719	155	14617.78	62634.58	185.2

Columna 1: Indicará el rango de isoyetas del cual se obtiene el área.

Columna 2: Contiene el área que existe entre isoyetas en km², obtenida de la figura 3-3.

Columna 3: Es el área acumulada hasta la isoyeta analizada.

$$\text{Área Encerrada } (A_E) = \sum_{i=1}^n (A_i) \quad (5)$$

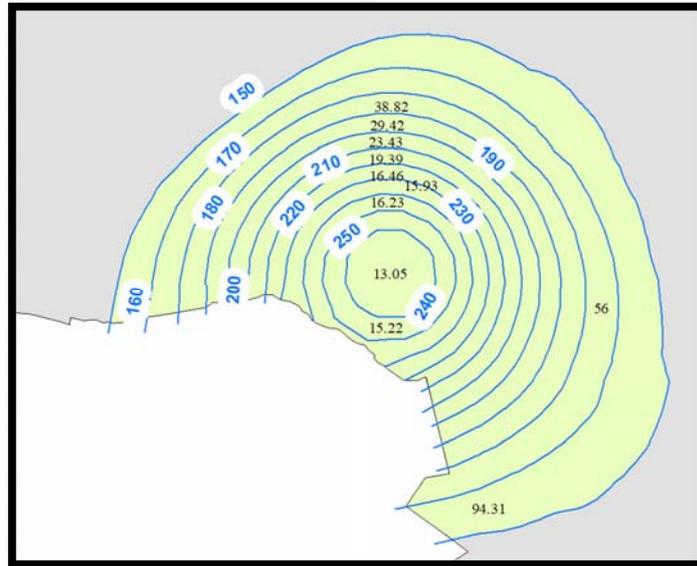


Figura 3-3 Ejemplo área entre Isoyetas a cada 10 mm.

Columna 4: Es el promedio entre la isoyeta mayor (ISO_{mayor} en mm) y la isoyeta menor (ISO_{menor} en mm). (ecuación 6)

$$\text{Altura promedio } (P_i) = \frac{ISO_{mayor} + ISO_{menor}}{2} \quad (6)$$

Columna 5: Representa el producto del área entre isoyetas (A_i en km^2) por su altura de precipitación (P_i en mm). (ecuación 7)

$$\text{Volumen } (V_i) = P_i * A_i \quad (7)$$

Columna 6: Acumula los valores de la columna anterior, n es el número rangos que existe y V_i es el volumen obtenido. (ecuación 8)

$$\text{Volumen Acumulado } (V_A) = \sum_{i=1}^n (V_i) \quad (8)$$

Columna 7: Se obtiene mediante la división del volumen acumulado (V_A) sobre el área encerrada (A_E). (ecuación 9)

$$\text{Precipitación media } (P_m) = \frac{V_A}{A_E} \quad (9)$$

Con las columnas (3) y (7) de la tabla 3-1 se construye la gráfica de las curvas Hp-A-D, para una duración de 24 horas que se muestra en la figura 3-4.

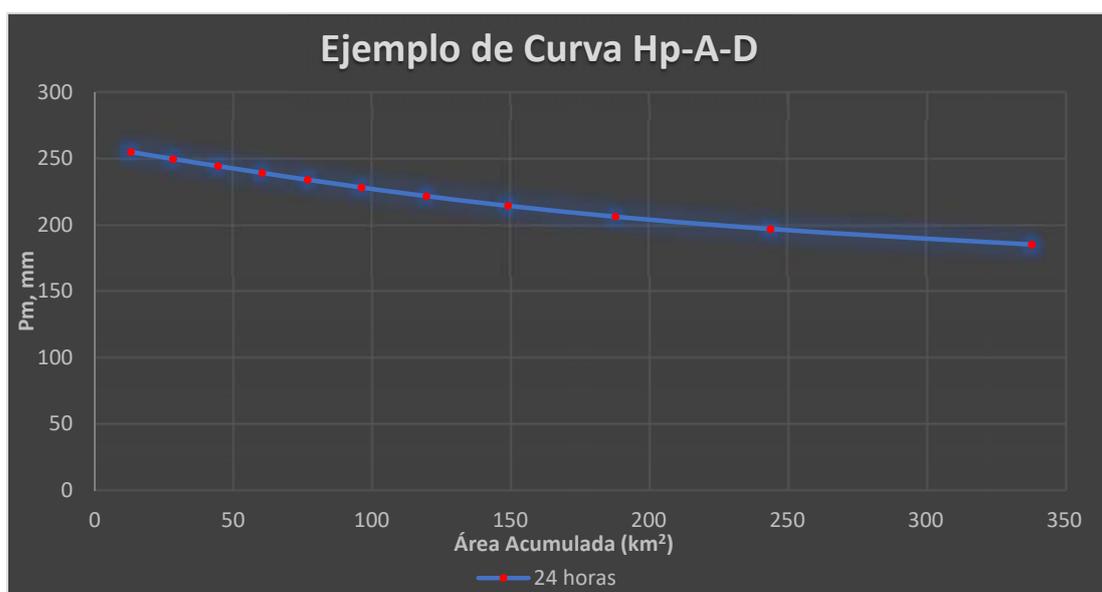


Figura 3-4 Ejemplo de curva Hp-A-24 horas

La relación precipitación área para una duración de 48 horas se obtiene de un análisis similar, pero partiendo de la lluvia acumulada en los 2 días consecutivos para los que esta suma es máxima.

Para definir los dos días consecutivos en los que la precipitación fue máxima, se compararon las combinaciones que se muestran en la tabla 3-2.

Tabla 3-2 Ejemplo de Análisis para 48 horas para un evento hidrometeorológico.

	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4
Día 1	x			
Día 2	x	x		
Día 3		x	x	
Día 4			x	x
Día 5				x

Con el ejemplo anterior se elige la combinación con la lluvia máxima y se construye la tabla 3-3.

Tabla 3-3 Ejemplo de valores de precipitación media, para 48 horas.

Valores de la precipitación media y área para las isoyetas							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7)=(6)/(3)	
Isoyetas	Área entre isoyetas km²	Área encerrada km²	Altura de precipitación mm	$P_i A_i$ (mm)(km²)	Incremento acumulado (mm)(km²)	P_m mm	
500 490	5.6937	5.6937	495	2818.40	2818.40	495.0	
490 480	7.2644	12.9582	485	3523.24	6341.64	489.4	
480 470	7.3965	20.3547	475	3513.35	9854.99	484.2	
470 460	8.3421	28.6968	465	3879.06	13734.05	478.6	
460 450	8.5410	37.2377	455	3886.14	17620.20	473.2	

Valores de la precipitación media y área para las isoyetas							
(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7)=(6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
450	440	8.3826	45.6203	445	3730.24	21350.44	468.0
440	430	8.4784	54.0987	435	3688.09	25038.53	462.8
430	420	8.1998	62.2984	425	3484.90	28523.43	457.9
420	410	8.4561	70.7545	415	3509.29	32032.72	452.7
410	400	8.9866	79.7411	405	3639.56	35672.28	447.4
400	390	9.8959	89.6370	395	3908.88	39581.15	441.6
390	380	10.9396	100.5766	385	4211.74	43792.89	435.4
380	370	12.0090	112.5856	375	4503.37	48296.26	429.0
370	360	13.2723	125.8579	365	4844.40	53140.66	422.2
360	350	15.1168	140.9747	355	5366.46	58507.12	415.0
350	340	17.2593	158.2339	345	5954.45	64461.57	407.4
340	330	19.9538	178.1877	335	6684.51	71146.08	399.3
330	320	22.8720	201.0597	325	7433.40	78579.47	390.8
320	310	28.0685	229.1282	315	8841.59	87421.06	381.5
310	300	35.0651	264.1933	305	10694.86	98115.92	371.4
300	290	45.3772	309.5706	295	13386.29	111502.21	360.2
290	280	63.4289	372.9995	285	18077.25	129579.46	347.4
280	270	206.0638	579.0634	275	56667.55	186247.01	321.6
270	260	165.8990	744.9623	265	43963.23	230210.24	309.0
260	250	155.9253	900.8876	255	39760.95	269971.19	299.7

Para una duración de 72 horas se realizó un análisis similar, pero ahora con las combinaciones de tres días consecutivos, como se muestra en la tabla 3-4.

Tabla 3-4 Ejemplo de Análisis para 72 horas para un evento hidrometeorológico.

	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3
Día 1	x		
Día 2	x	x	
Día 3	x	x	x
Día 4		x	x
Día 5			x

De igual manera, a partir de la combinación con la precipitación máxima, se obtuvo la tabla 3-5.

Tabla 3-5 Ejemplo de valores de precipitación media, para 72 horas.

(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7)=(6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
580	570	5.3213	5.3213	575	3059.76	3059.76	575.0
570	560	6.3732	11.6945	565	3600.86	6660.62	569.6
560	550	6.2747	17.9692	555	3482.44	10143.06	564.5
550	540	7.0513	25.0205	545	3842.96	13986.01	559.0
540	530	6.9978	32.0183	535	3743.83	17729.84	553.7
530	520	7.4727	39.4910	525	3923.16	21653.00	548.3

(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7)=(6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
520	510	7.6254	47.1164	515	3927.10	25580.10	542.9
510	500	7.4234	54.5398	505	3748.84	29328.94	537.8
500	490	7.1511	61.6909	495	3539.78	32868.71	532.8
490	480	7.3627	69.0537	485	3570.93	36439.64	527.7
480	470	7.6688	76.7225	475	3642.69	40082.34	522.4
470	460	8.2896	85.0121	465	3854.66	43937.00	516.8
460	450	9.0531	94.0651	455	4119.14	48056.13	510.9
450	440	9.8644	103.9296	445	4389.67	52445.80	504.6
440	430	10.6950	114.6245	435	4652.30	57098.11	498.1
430	420	11.6777	126.3022	425	4963.04	62061.15	491.4
420	410	13.0647	139.3669	415	5421.83	67482.98	484.2
410	400	14.6419	154.0088	405	5929.96	73412.94	476.7
400	390	16.6767	170.6855	395	6587.31	80000.26	468.7
390	380	18.4821	189.1677	385	7115.62	87115.88	460.5
380	370	21.6605	210.8281	375	8122.67	95238.55	451.7
370	360	25.6107	236.4388	365	9347.89	104586.44	442.3
360	350	31.5215	267.9603	355	11190.15	115776.58	432.1
350	340	39.6912	307.6515	345	13693.46	129470.04	420.8
340	330	99.5176	407.1691	335	33338.39	162808.43	399.9
330	320	105.3351	512.5041	325	34233.90	197042.33	384.5
320	310	166.1027	678.6069	315	52322.36	249364.70	367.5
310	300	142.5337	821.1406	305	43472.78	292837.47	356.6
300	290	141.4849	962.6255	295	41738.05	334575.52	347.6

Para una duración de 96 horas se compararon las combinaciones de la tabla 3-6.

Tabla 3-6 Ejemplo de Análisis para 96 horas para un evento hidrometeorológico.

	Combinación 1	Combinación 2
Día 1	x	
Día 2	x	x
Día 3	x	x
Día 4	x	x
Día 5		x

Con la precipitación máxima para una combinación de 4 días se construyó la tabla 3-7.

Tabla 3-7 Ejemplo de valores de precipitación media, para 96 horas.

(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7)=(6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
630	620	3.2237	3.2237	625	2014.80	2014.80	625.0
620	610	5.4608	8.6845	615	3358.40	5373.20	618.7
610	600	5.6572	14.3417	605	3422.62	8795.83	613.3
600	590	5.9180	20.2597	595	3521.21	12317.04	608.0
590	580	6.5324	26.7921	585	3821.44	16138.48	602.4

(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7)=(6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
580	570	6.3787	33.1708	575	3667.74	19806.22	597.1
570	560	6.9664	40.1372	565	3936.04	23742.26	591.5
560	550	6.7480	46.8852	555	3745.12	27487.38	586.3
550	540	6.7734	53.6586	545	3691.53	31178.91	581.1
540	530	6.4389	60.0976	535	3444.83	34623.74	576.1
530	520	6.6298	66.7273	525	3480.62	38104.36	571.0
520	510	6.8411	73.5685	515	3523.18	41627.54	565.8
510	500	7.2362	80.8046	505	3654.28	45281.82	560.4
500	490	7.8332	88.6378	495	3877.42	49159.23	554.6
490	480	8.5123	97.1501	485	4128.48	53287.71	548.5
480	470	9.1275	106.2776	475	4335.56	57623.27	542.2
470	460	9.8660	116.1436	465	4587.68	62210.95	535.6
460	450	10.6702	126.8138	455	4854.92	67065.88	528.9
450	440	11.8677	138.6814	445	5281.11	72346.99	521.7
440	430	13.1376	151.8190	435	5714.85	78061.84	514.2
430	420	14.7290	166.5480	425	6259.83	84321.67	506.3
420	410	16.2958	182.8438	415	6762.75	91084.42	498.2
410	400	18.2248	201.0687	405	7381.05	98465.47	489.7
400	390	21.4967	222.5654	395	8491.21	106956.68	480.6
390	380	24.7786	247.3440	385	9539.77	116496.45	471.0
380	370	30.3932	277.7372	375	11397.46	127893.91	460.5
370	360	37.3143	315.0516	365	13619.74	141513.64	449.2
360	350	50.4177	365.4692	355	17898.27	159411.91	436.2

Con los análisis anteriores se obtienen las curvas Hp-A-D del ejemplo, para cada una de sus duraciones se graficó el área encerrada vs la precipitación media, y se muestran en la figura 3-5.

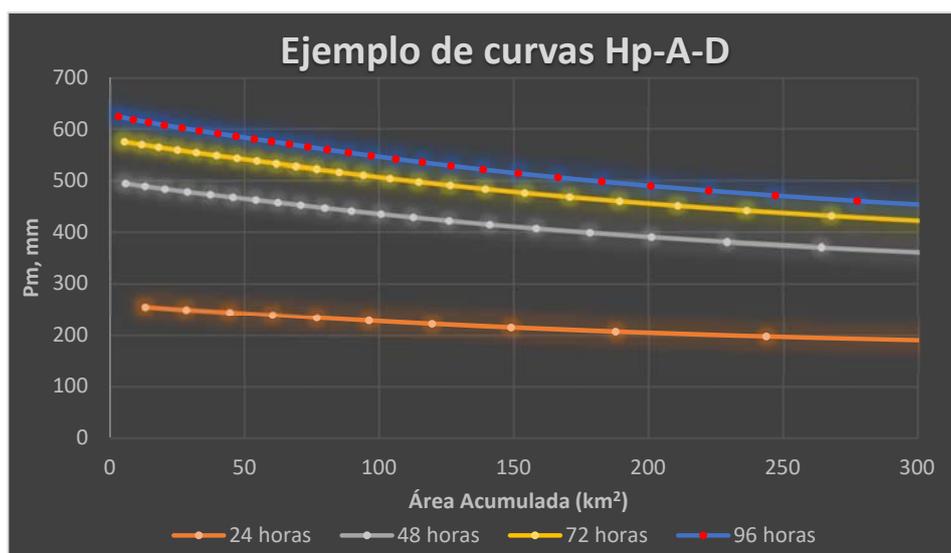


Figura 3-5 Ejemplo de Curvas Hp-A-D para una duración de 24, 48, 72, 96 horas.

4. Área de estudio

4.1. Selección de eventos hidrometeorológicos

De los datos obtenidos del estudio de CENAPRED, (Salas Salinas & Jiménez Espinosa, 2004); (García Arróliga N. M., et al. 2018) (García Arróliga N. M., et al. 2019); (Franco Vargas, et al. 2020); (Méndez Estrada, et al. 2021); (Franco Vargas, et al. 2021); en la tabla 2-2 “Principales eventos de inundaciones” del presente trabajo, se seleccionaron tres eventos hidrometeorológicos debido al gran número de daños totales en millones de dólares ocasionados en su paso y dos por sus pequeños daños totales en millones de dólares, la finalidad de la selección es revisar el comportamiento que tuvieron sus curvas cuando generaron grandes daños. En la tabla 4-1 se muestran los huracanes analizados.

Tabla 4-1 Selección de huracanes para su estudio

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)
2005	Wilma	Quinta Roo, Yucatán	0	1,444,900.00	\$ 18,772.90
2012	Carlotta	Oaxaca	5	12500 viviendas	\$ 2,666.20
2013	Ingrid	Nuevo León	1	55,532.00	\$ 2,445.90
2013	Manuel	Guerrero	105	282,933.00	\$ 23,520.00
2014	Odile	Baja California Sur	6		\$ 24,133.00

4.2. Huracán Wilma

El huracán “Wilma” afectó a la península de Yucatán debido a su intensidad y al tiempo que permaneció en ella, sus efectos fueron severos principalmente en el municipio de Benito Juárez, en el estado de Quintana Roo, donde se localiza la zona turística de Cancún. Además, en el mismo estado causó daños importantes en Playa del Carmen, en las Islas de Mujeres y de Cozumel. (SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL, AGOSTO 2006).

El estado de Yucatán sufrió perjuicios por los vientos y la lluvia, así como por un fuerte oleaje en la costa oriental, los municipios más castigados fueron Valladolid, río Lagartos, Tizimin y Chemax. La depresión tropical que dio origen al huracán “Wilma” se formó el día 15 de octubre, en una zona de fuerte inestabilidad localizada a 93 km al este-sureste de Cancún, Quintana Roo. Ella se intensificó con un movimiento errático hacia el sur. El 17 de octubre pasó a ser la tormenta tropical “Wilma”, con vientos de 65 km/h y una presión de 1000 mb. Al día siguiente era huracán categoría 1 y se desarrolló rápidamente hasta alcanzar la categoría 5 el día 19, con vientos máximos de 270 km/h y rachas de 315 km/h. Presentó una velocidad de desplazamiento de 11 km/h y presión central de 882 mb, situación que no había ocurrido desde 1988 con Gilbert (888 mb), cuando se localizó a 625 km al este-noreste de Cancún, Q. Roo. (SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL, AGOSTO 2006).

En la figura 4-1 se muestra la trayectoria del huracán.



Figura 4-1 Huracán Wilma. Fuente: Sistema Nacional de Protección Civil, 2006

4.3. Huracán Carlotta

El huracán “Carlotta” presentó una trayectoria que permitió el aporte de humedad hacia los estados del Centro, Sur y Sureste del país con importantes registros de lluvia en varios estados del país. Varios de estos registros superaron los 100 mm de lluvia máxima puntual en 24 horas, tal es el caso de Oaxaca con 139 mm y Guerrero con 130 mm. El día 13 de junio por la noche, se originó la depresión tropical no. 3-E de la temporada. Presentó vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y desplazamiento hacia el norte de 15 km/h. (CONAGUA, 2012)

En la madrugada del día 14, se desarrolló a Tormenta Tropical “Carlotta” con vientos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h. Al día siguiente después de las 10:00 horas, se encontraba a 195 km al Sur-Sureste de Puerto Ángel, Oax., Se intensificó a huracán con vientos máximos de 130 km/h y rachas de 155 km/h. Ese mismo día alcanzó la categoría II con vientos sostenidos de 165 km/h y rachas de 205 km/h. después de las 22:00 horas, tocó tierra a 20 km de Puerto Escondido, Oaxaca. (CONAGUA, 2012)

A partir de ese momento, el huracán “Carlotta” aceleró su pérdida de fuerza como consecuencia de la fricción con el terreno montañoso que recorría sobre territorio del Suroeste de Oaxaca. El 16 de junio a las 4:00 de la mañana se encontraba con vientos máximos sostenidos de 120 km/h y rachas de 15 km/h, todavía como huracán categoría I. Finalmente, a las 7:00 de la mañana ya se encontraba como tormenta tropical a 70 km del Noreste de Acapulco, Gro. (CONAGUA, 2012)

En la figura 4-2 se observa la trayectoria que tuvo el huracán Carlotta.



Figura 4-2 Huracán Carlotta. Fuente: Dirección de análisis y gestión de riesgos, 2014

4.4. Huracán Manuel

El huracán Manuel (13 al 20 de septiembre de 2013) impactó en dos ocasiones las costas del Pacífico mexicano, propiciando temporal lluvioso. En su primera inclusión como depresión y tormenta tropical dejó lluvias acumuladas entre el 13 y el 16 de septiembre de hasta 840 mm en Coyuca de Benítez, Guerrero (60% mayor que su promedio anual), también afectó a Michoacán, Colima y Jalisco. Regresó al mar donde se fortaleció como huracán de categoría uno (escala Saffir-Simpson) e impactó el norte de Sinaloa el 19 de septiembre, sus remanentes se desplazaron hacia Chihuahua un día después. (Eslava Morales, Jiménez Espinosa, & Monroy Cruz , 2017)

La fuerte entrada de humedad originada por las bandas nubosas de Manuel durante su trayecto frente a las costas de Guerrero, Michoacán y Colima; la humedad que seguía depositando sobre los estados del sur y occidente de México, dieron lugar a precipitaciones torrenciales que redundaron en la saturación de terreno y más tarde en inundaciones deslaves en la ciudad de Acapulco, Guerrero y la población de La Pintada, del mismo estado en la noche del día 15 de septiembre. (Eslava Morales, Jiménez Espinosa, & Monroy Cruz , 2017)

La trayectoria que tuvo este huracán en ambas ocasiones se muestra en la figura 4-3.

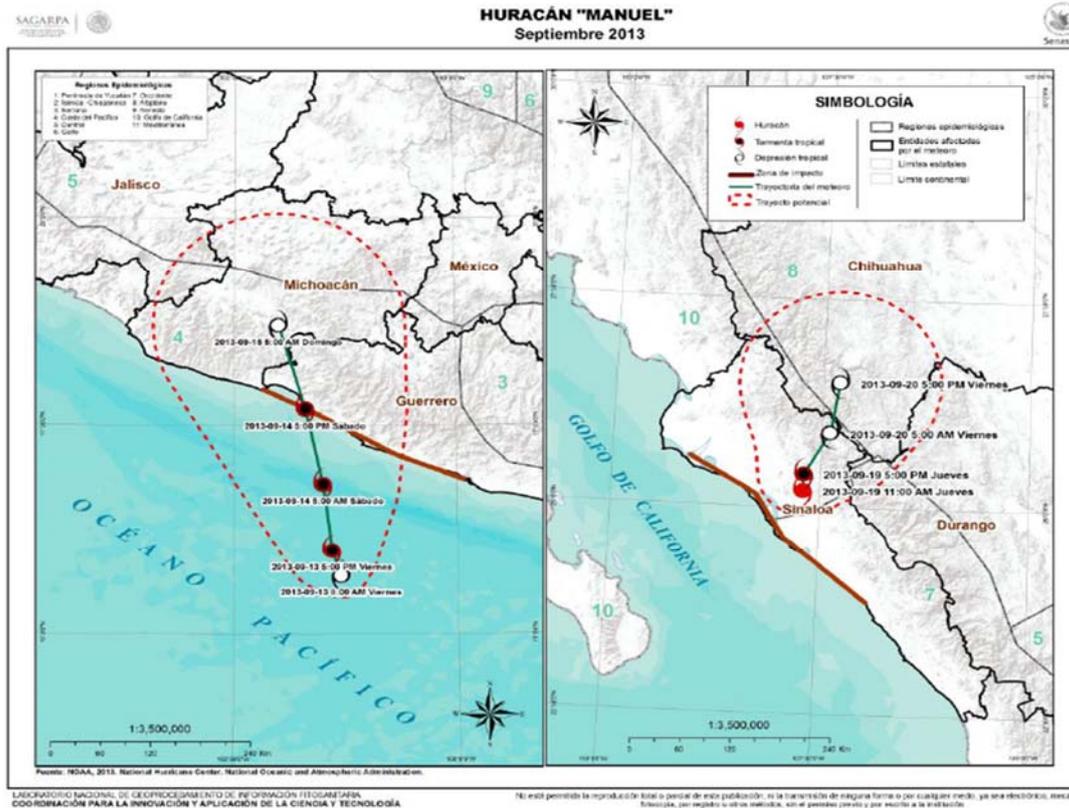


Figura 4-3 Huracán Manuel.
Fuente: SAGARPA, 2013

4.5. Huracán Ingrid

Ingrid se identificó como huracán, el 12 de septiembre, cuando el sistema ya presentaba un centro de circulación y una convección profunda, fue el segundo evento de esa temporada. Poco después aumentó el área de convección y debido a que la intensidad del viento era mayor a 75 km/h, se asignó la categoría de Tormenta tropical (TT) mientras se ubicaba 95 kilómetros al este-noreste de la ciudad de Veracruz. (Quiroz, 2013)

Este sistema provocó lluvias torrenciales, que al combinarse con las bandas nubosas de la TT Manuel, se precipitaron sobre los estados de Chiapas, Guerrero Oaxaca. Durante el 14 de septiembre, la fuerza de *Ingrid* se intensificó hasta llegar a convertirse en un Huracán Categoría 1 ESS. El 15 de septiembre, se desplazó lentamente hacia el noreste con altibajos en su intensidad. A las 12:00 UTC del día siguiente, *Ingrid* tocó tierra cerca de La Pesca (al sur de Laguna Madre) y se debilitó a TT; sin embargo, puesto que esto ocurrió quince horas después que Manuel aterrizara al norte de Manzanillo (Co.), la asociación de los dos meteoros dio lugar a lluvias torrenciales que provocaron inundaciones, deslaves y vientos fuertes en los estados de ambas costas mexicanas. (Quiroz, 2013)

El 16 de septiembre por la tarde, *Ingrid* se degradó a depresión tropical y a las 09:00 UTC del 17 de septiembre, se disipó sobre las montañas del norte de México; a pesar de esto, las lluvias persistieron con acumulaciones máximas de 254 a 381 milímetros. (Quiroz, 2013)

El huracán *Ingrid* se originó en el golfo de México y su trayectoria se muestra en la figura 4-4.



Figura 4-4 Huracán *Ingrid*.
Fuente: CONAGUA, 2013

4.6. Huracán Odile

El 10 de septiembre de 2014 el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) alertaron de la formación de una depresión tropical frente a las costas de los estados de Guerrero y Michoacán, a 391 km al sur de Lázaro Cárdenas y 385 km al suroeste de Acapulco, con velocidades máximas sostenidas de viento (VMS) de 55 km/h y ráfagas de 75 km/h. El SMN informó el 13 de septiembre que la depresión se había convertido en un huracán, de acuerdo con la escala Saffir-Simpson, al superar VMS de 118 km/h y presión central mínima en el ojo de 941 mb; la presión atmosférica se encuentra entre 1009 y 1013 mb. (CHÁVEZ CANO, y otros, OCTUBRE 2015)

La nubosidad llegó a tener un diámetro de 600 km aproximadamente y desplazamiento de 24 km/h en dirección noroeste. El huracán, con categoría III, acorde con un boletín preliminar tocó tierra el 14 de septiembre a las 23:45 horas en las inmediaciones de Cabo San Lucas con VMS de 205 km/h, ráfagas de 240 km/h y presión central mínima en el ojo 930 mb; posteriormente siguió hacia el oeste de la paz y Loreto, se disipó finalmente como tormenta tropical el 17 de septiembre. Por otra parte, acorde con un reporte emitido por el Centro Nacional de huracanes

de Estados Unidos de América (NHC, por sus siglas en inglés, el NHC es una división de la NOAA) y con información de un avión de reconocimiento (caza huracanes), La VMS y la presión central mínima en el ojo del huracán al tocar tierra a las 23:45 horas en Baja California Sur fueron de 203.71 km/h y 941 mb respectivamente. (CHÁVEZ CANO, y otros, OCTUBRE 2015)

Este sistema atmosférico fue acompañado de lluvias que resultaron ser de menor intensidad comparadas con las producidas por otros huracanes que han afectado al estado de BCS, como fue el caso de Juliette en octubre de 2001. (CHÁVEZ CANO, y otros, OCTUBRE 2015)

El paso devastador que tuvo el huracán Odile se muestra en la figura 4-5.



Figura 4-5 Huracán Odile.
 Fuente: Bravo Lujano, 2014

5. Aplicación y resultados

En este capítulo se presenta el paso a paso de la obtención de la relación Hp-A-D, para los huracanes descritos en el capítulo 4. Con ayuda de la información que brinda la base de datos CLICOM (CICESE, 2022), se obtuvo la relación de precipitaciones por estación, durante los días en que se presentaron las precipitaciones máximas.

5.1. Curvas Hp-A-D Huracán Wilma 2005

El Huracán Wilma es considerado uno de los huracanes más devastadores que han tocado tierra mexicana, llegó a ser un huracán de categoría 5, el 21 de octubre del 2005 se adentró en la república mexicana en el estado de Quintana Roo. En la figura 4-1 se presenta la trayectoria que obtuvo este huracán.

Para obtener las curvas Hp-A-D se recolectó la información disponible del estado de Quintana Roo a través de la base de datos CLICOM. (CICESE, 2022)

El estado cuenta con un total de 58 estaciones entre estaciones activas y suspendidas.

En la figura 5-1 se observan todas las estaciones que existen en el estado mencionado, después de revisar dichas estaciones se obtuvo que, sólo 38 estaciones contienen registros del huracán.

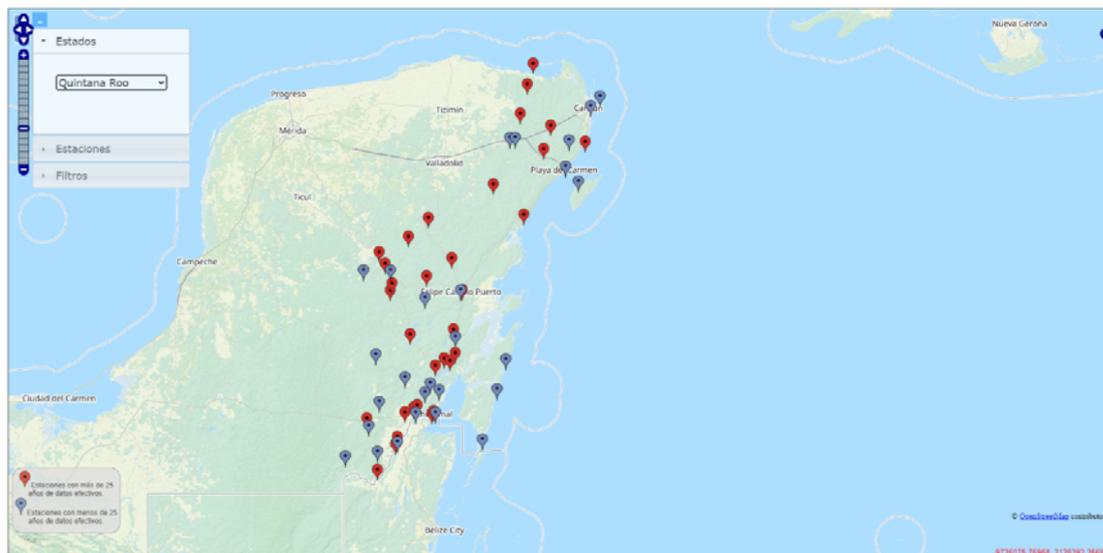


Figura 5-1 Estaciones climatológicas estado de Quintana Roo, base de datos CLICOM. Fuente: CICESE, 2022

En la tabla 5-1, se presenta la relación de estaciones utilizadas para el análisis del huracán Wilma, también se muestran las coordenadas geográficas de cada una de ellas.

Tabla 5-1 Estaciones con información de Huracán Wilma.

ID	Latitud		Longitud		ID	Latitud		Longitud	
23003	19.58	N	-88.03	W	23044	19.63	N	-88.69	W
23011	21.1	N	-87.49	W	23045	19.57	N	-88.05	W
23012	20.49	N	-87.75	W	23049	18.57	N	-88.46	W
23013	19.8	N	-88.76	W	23051	18.95	N	-88.15	W
23014	20.99	N	-87.2	W	23150	20.03	N	-88.54	W
23016	18.46	N	-88.93	W	23152	19.16	N	-88.1	W
23018	18.23	N	-88.66	W	23153	18.52	N	-88.31	W
23022	19.85	N	-88.14	W	23154	18.01	N	-88.83	W
23023	21.35	N	-87.42	W	23155	21.16	N	-86.83	W
23024	20.19	N	-88.36	W	23157	20.88	N	-87.54	W
23025	20.23	N	-87.46	W	23158	18.71	N	-87.71	W
23026	19.19	N	-88.53	W	23159	19.74	N	-88.97	W
23027	20.79	N	-87.27	W	23160	18.81	N	-88.58	W
23031	19.69	N	-88.37	W	23162	19.5	N	-88.39	W
23032	18.5	N	-88.32	W	23163	20.63	N	-87.07	W
23033	18.98	N	-88.2	W	23165	19.74	N	-88.71	W
23040	18.51	N	-88.58	W	23166	20.86	N	-87.03	W
23041	19.9	N	-88.81	W	23169	18.39	N	-88.92	W
23042	19.02	N	-88.1	W	23170	18.5	N	-88.47	W

Las precipitaciones máximas registradas, son el primer medio para ubicar el sitio y el día en donde ocurrió la lluvia más grande, la precipitación promedio es el segundo criterio que tomaremos para continuar con el análisis.

En la tabla 5-2, se identifica que, el día con la precipitación máxima registrada fue el 21 de octubre del 2005, registrando un total de 770 mm, en la estación no. 23155 (CANCUN).

Tabla 5-2 Precipitaciones de Huracán Wilma, octubre 2005

Día Estación no.	Precipitación (mm)						
	19	20	21	22	23	24	Acumulada
23003	6	3.8	30.1	24.9	1	0	65.8
23011	15	50	310	20	0	0	395
23012	12.5	42.3	165.5	20	0	0	240.3
23013	5	4	3.5	8	6	0	26.5
23014	0	16	43	10	90	0	159
23016	0	0.1	0.7	0.9	0	0.3	2
23018	0	27	7	1	0	0	35
23022	0	28.3	45.5	4	0	0	77.8
23023	2	60	300	75	15	0	452
23024	18	22.5	32.5	37	10	7	127
23025	15	50	185.5	35	0	0	285.5
23026	0	8.2	54.7	2.2	0	0	65.1
23027	0	0	0	0	305	0	305

Día Estación no.	Precipitación (mm)						
	19	20	21	22	23	24	Acumulada
23031	0	10	36	6	0	0	52
23032	1.8	24.8	26.2	0	0	0	52.8
23033	12.3	30.7	0	0	0	0	43
23040	0	12	0	16	18	13	59
23041	5.8	11.3	28	5	0	0	50.1
23042	28.3	20	49	0	0	0	97.3
23044	0	30	60	0	2	0	92
23045	8.8	22.6	36.8	1.3	0.8	0	70.3
23049	0	26.1	28	0	0	0	54.1
23051	0	10	0.1	0	0	0	10.1
23150	5	8	40.8	11.8	0	0	65.6
23152	9	19.5	20	25	0	0	73.5
23153	1.3	39.4	21	0	0	0	61.7
23154	5	20	23	10	0	0	58
23155	14	0	770	0	0	0	784
23157	13.5	0	0	0	218.5	0	232
23158	56	40.7	30.3	0	0	0	127
23159	3	20	43	1	2	0.5	69.5
23160	0	31.3	48.3	0	0	0	79.6
23162	0	50	20	20	15	0	105
23163	46	31	240	10	0	0	327
23165	10	12	40	8	0	0	70
23166	0.3	120	140	10	0.9	0	271.2
23169	0	15.1	11.1	3.3	0	0	29.5
23170	0	21.2	20.9	0	0	0	42.1

Con la información del día en que ocurrió la precipitación máxima, se obtuvo la curva de la relación precipitación-área para una duración de 24 horas. La curva para una duración de 48 horas se obtuvo después de comparar la suma de las precipitaciones por estación, de dos días sucesivos, es decir, el día en que ocurrió la precipitación máxima fue el 21 de octubre del 2005, por lo que, para este análisis, se realiza la suma para los casos a) Sumando los días 20 y 21, b) Sumando los días 21 y 22. En la tabla 5-3 se muestra el resultado de este proceso.

Tabla 5-3 Análisis de 48 horas, octubre 2005

Análisis para una duración de 48 horas.					
ID	Suma días 20 y 21	Suma días 21 y 22	ID	Suma días 20 y 21	Suma días 21 y 22
23003	33.9	55	23044	90	60
23011	360	330	23045	59.4	38.1
23012	207.8	185.5	23049	54.1	28
23013	7.5	11.5	23051	10.1	0.1
23014	59	53	23150	48.8	52.6
23016	0.8	1.6	23152	39.5	45
23018	34	8	23153	60.4	21
23022	73.8	49.5	23154	43	33

Análisis para una duración de 48 horas.					
ID	Suma días 20 y 21	Suma días 21 y 22	ID	Suma días 20 y 21	Suma días 21 y 22
23023	360	375	23155	770	770
23024	55	69.5	23157	0	0
23025	235.5	220.5	23158	71	30.3
23026	62.9	56.9	23159	63	44
23027	0	0	23160	79.6	48.3
23031	46	42	23162	70	40
23032	51	26.2	23163	271	250
23033	30.7	0	23165	52	48
23040	12	16	23166	260	150
23041	39.3	33	23169	26.2	14.4
23042	69	49	23170	42.1	20.9
			Máximo	770	770
			Promedio	101.27	86.21

Se seleccionó la combinación de días en la que se presentó la precipitación máxima, en este caso, fueron idénticas, por lo que, se realizaron ambas curvas y se eligió la más grande. Con el mismo procedimiento, se obtuvo la precipitación para las duraciones restantes (72 y 96 horas). En la tabla 5-4, se presenta un resumen de los análisis que se realizaron para este huracán.

Tabla 5-4 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Wilma, octubre 2005

	24 horas	48 horas		72 horas			96 horas
Días	21	20 y 21	21 y 22	19 al 21	20 al 22	21 al 23	19 al 22
Promedios	76.59	101.27	86.21	109	110.9	104.2	118.6
Máximos	770	770	770	784	770	770	784

5.1.1. Duración de 24 horas 21 de octubre del 2005

Como se mencionó anteriormente el día con mayor precipitación en el estado de Quintana Roo a causa del huracán Wilma, fue el 21 de octubre del 2005, por ello, se obtuvo la curva de precipitación-área para una duración de 24 horas de este día. Mediante los datos de la tabla 5-2, se obtuvieron isoyetas de precipitación a cada 10 mm para el estado de Quintana Roo; la precipitación que se consideró para el estudio de las tormentas del presente trabajo solo es la medida en tierra. Se presentan en la figura 5-2.

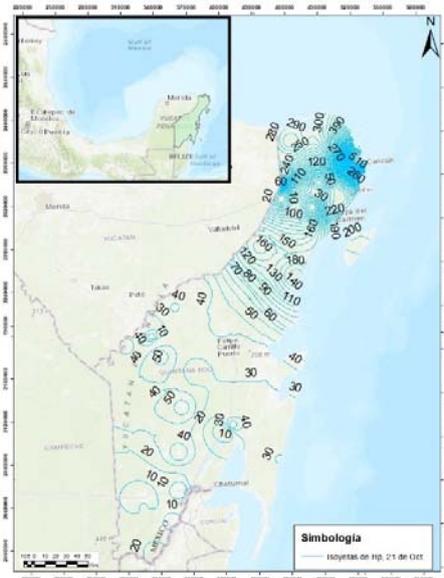


Figura 5-2 Isoyetas de precipitación 21 de octubre 2005, Quintana Roo.

En la figura 5-3, se muestra el sitio en donde se presentó la precipitación máxima, el área que se encuentra entre las isoyetas es la que utiliza para obtener la curva para esta duración.

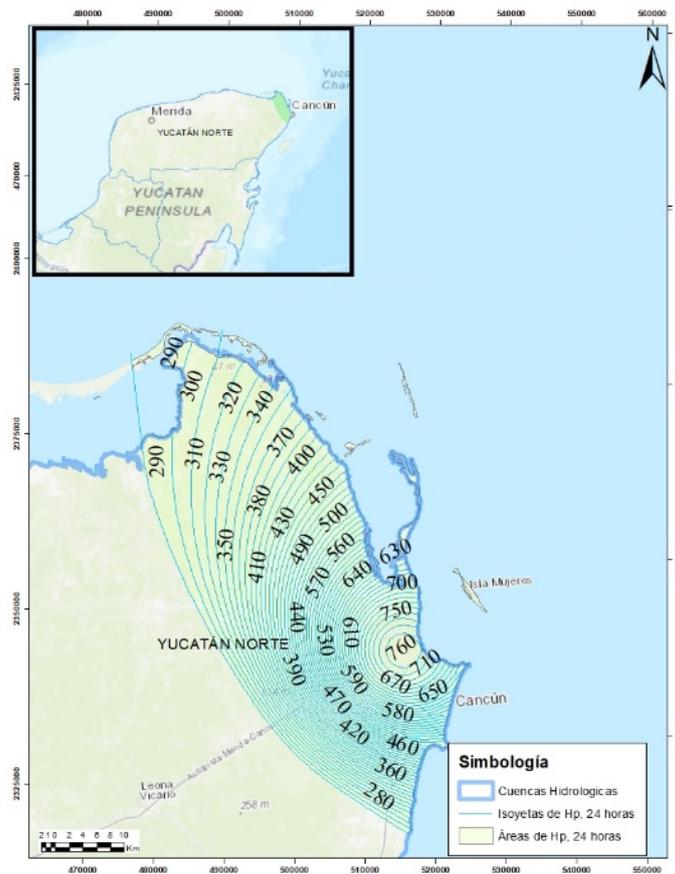


Figura 5-3 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 21 de Oct. 2005

La precipitación media, se obtuvo a partir del procedimiento mencionado en el apartado 3.3 de este trabajo.

En la tabla 5-5 se muestra la obtención de la precipitación media para cada área.

Tabla 5-5 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 21 Oct. 2005

(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
770	760	19.5420	19.5420	765	14949.66	14949.66	765.0
760	750	19.2062	38.7482	755	14500.64	29450.30	760.0
750	740	17.1635	55.9116	745	12786.77	42237.07	755.4
740	730	17.3805	73.2921	735	12774.63	55011.71	750.6
730	720	17.6446	90.9367	725	12792.35	67804.06	745.6
720	710	17.5618	108.4985	715	12556.68	80360.74	740.7
710	700	18.1106	126.6091	705	12767.97	93128.72	735.6
700	690	19.2082	145.8173	695	13349.71	106478.43	730.2
690	680	20.0147	165.8320	685	13710.05	120188.47	724.8
680	670	21.1902	187.0222	675	14303.38	134491.85	719.1
670	660	15.6345	202.6567	665	10396.95	144888.79	714.9
660	650	14.7946	217.4513	655	9690.45	154579.24	710.9
650	640	16.6069	234.0581	645	10711.42	165290.67	706.2
640	630	17.4943	251.5524	635	11108.90	176399.56	701.2
630	620	14.9606	266.5131	625	9350.40	185749.96	697.0
620	610	14.7781	281.2912	615	9088.54	194838.51	692.7
610	600	15.2974	296.5886	605	9254.91	204093.42	688.1
600	590	15.7306	312.3192	595	9359.73	213453.14	683.4
590	580	16.1244	328.4436	585	9432.77	222885.91	678.6
580	570	16.5532	344.9968	575	9518.11	232404.02	673.6
570	560	17.2116	362.2085	565	9724.57	242128.59	668.5
560	550	17.8849	380.0933	555	9926.11	252054.70	663.1
550	540	18.2781	398.3714	545	9961.55	262016.26	657.7
540	530	20.7168	419.0882	535	11083.48	273099.73	651.7
530	520	19.7691	438.8574	525	10378.80	283478.53	645.9
520	510	22.8676	461.7249	515	11776.81	295255.34	639.5
510	500	23.1966	484.9216	505	11714.29	306969.63	633.0
500	490	23.3611	508.2827	495	11563.76	318533.39	626.7
490	480	23.5256	531.8083	485	11409.94	329943.33	620.4
480	470	23.6902	555.4985	475	11252.83	341196.15	614.2
470	460	23.8547	579.3532	465	11092.42	352288.58	608.1
460	450	24.0192	603.3724	455	10928.73	363217.31	602.0
450	440	29.0035	632.3758	445	12906.55	376123.86	594.8
440	430	29.1533	661.5291	435	12681.68	388805.54	587.7
430	420	35.6318	697.1609	425	15143.52	403949.06	579.4
420	410	36.3036	733.4645	415	15065.99	419015.05	571.3
410	400	37.4381	770.9026	405	15162.42	434177.47	563.2
400	390	39.7071	810.6097	395	15684.29	449861.75	555.0
390	380	43.2423	853.8520	385	16648.29	466510.04	546.4
380	370	46.7981	900.6500	375	17549.27	484059.31	537.5

(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
370	360	51.3660	952.0160	365	18748.58	502807.90	528.2
360	350	56.7620	1008.7780	355	20150.53	522958.42	518.4
350	340	64.7321	1073.5101	345	22332.58	545291.00	508.0
340	330	75.3478	1148.8579	335	25241.50	570532.49	496.6
330	320	79.8145	1228.6724	325	25939.70	596472.20	485.5
320	310	92.5950	1321.2673	315	29167.41	625639.61	473.5
310	300	107.8428	1429.1102	305	32892.07	658531.68	460.8
300	290	125.3942	1554.5044	295	36991.28	695522.96	447.4
290	280	105.6377	1660.1421	285	30106.76	725629.72	437.1

Con los valores de la precipitación media (columna 7) y el área encerrada (columna 3) de la tabla 5-5, se obtuvo la curva de relación precipitación-área para una duración de 24 horas, véase la figura 5-4. La figura muestra que se cuenta con una precipitación máxima de 770 mm, lo que representa la lluvia más intensa de este huracán.

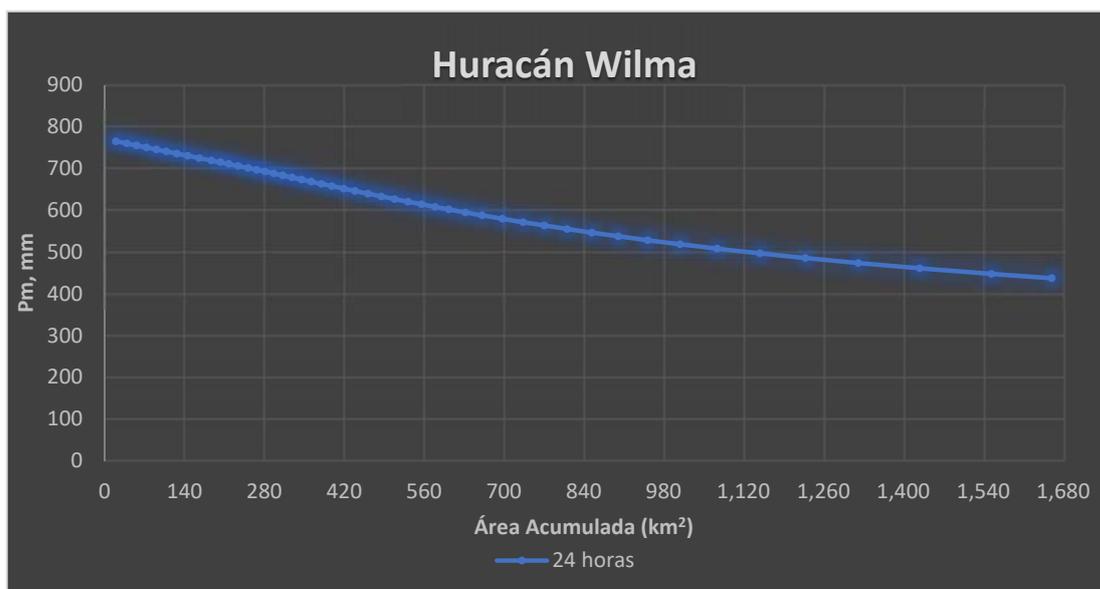


Figura 5-4 Curva Hp-A-D 24 horas, 21 Oct. 2005

5.1.2. Duración de 48 horas

En la tabla 5-4, se presenta que existen dos análisis para 48 horas en las que se obtuvo un registro de precipitación máxima de 770 mm, por ello se realizó la curva de ambas situaciones.

20 y 21 de octubre del 2005

El mapa de isoyetas de precipitación para una duración de 48 horas, se muestra en la figura 5-5, se presenta el área que se tomó en cuenta para este proceso.

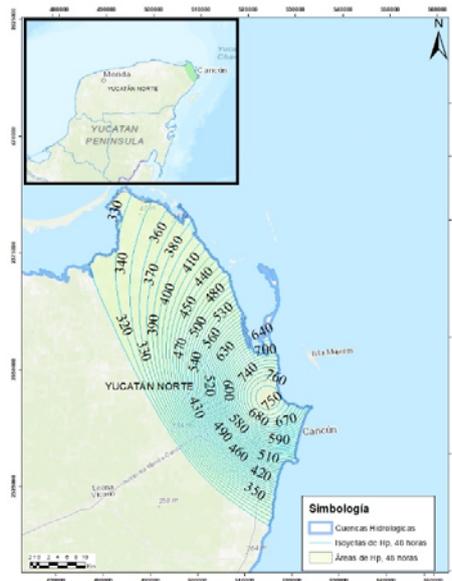


Figura 5-5 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 20 y 21 de Oct. 2005

En la figura 5-6 se presentan 2 curvas, que son los resultados de los análisis mencionados en la tabla 5-4, se observa que la curva más grande, es la identificada de color gris que representa la suma de los días 20 y 21 de octubre del 2005, por ello se selecciona como la curva para una duración de 48 horas.

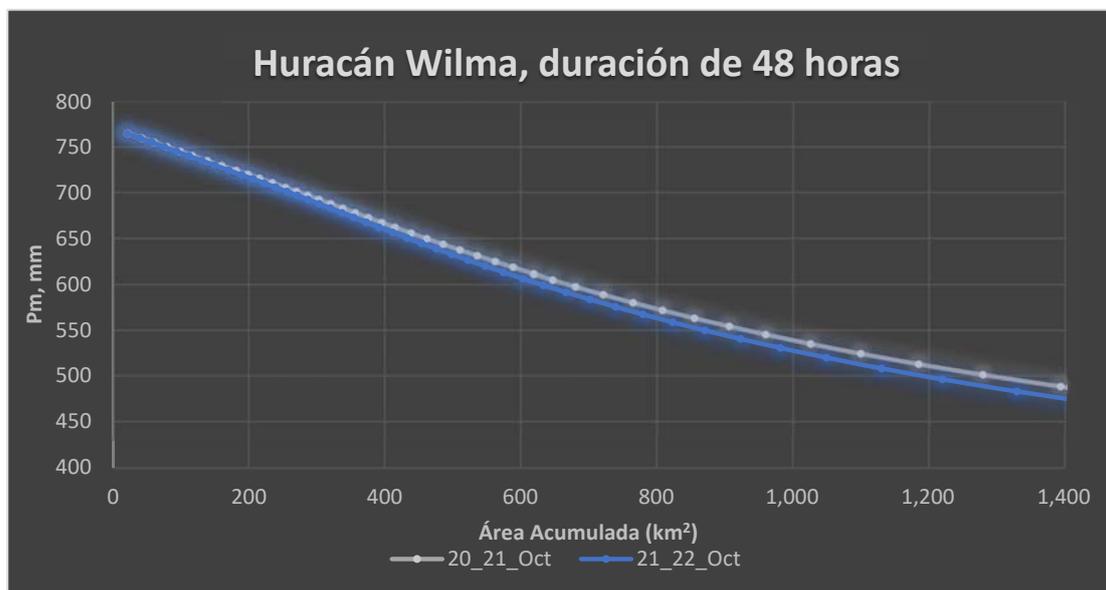


Figura 5-6 Comparativa entre 2 análisis para una duración de 48 horas, Huracán Wilma 2005

En la figura 5-7, se presenta la curva de 24 horas y la de 48 horas, se muestra que en su precipitación media máxima ambos análisis cuentan con 765 mm, sin embargo, conforme el área crece se observa que la precipitación acumulada también incrementa.

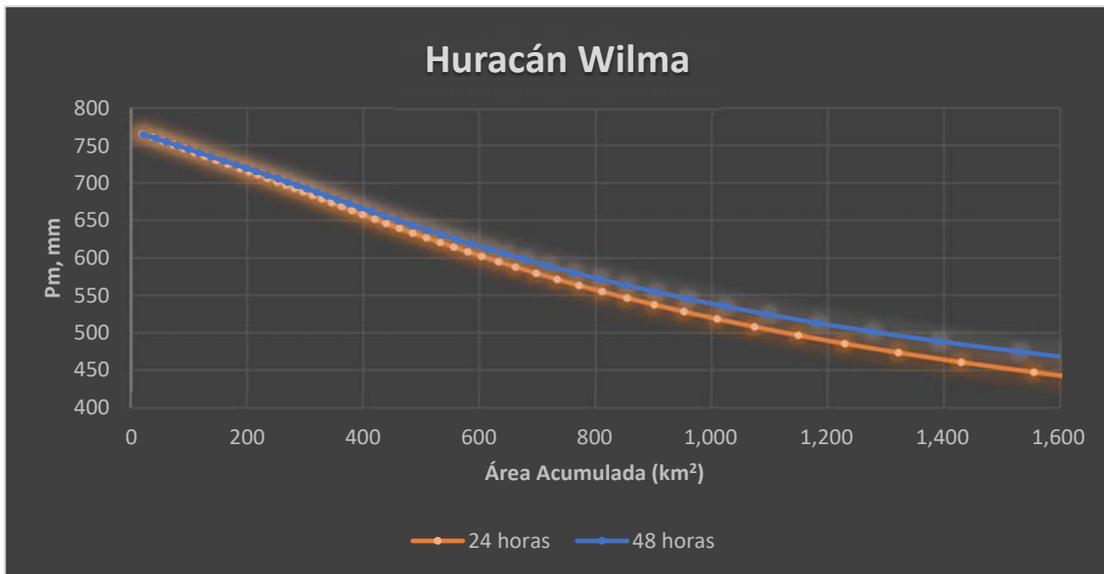


Figura 5-7 Curvas Hp-A-D huracán Wilma 2005, de 24 y 48 horas.

5.1.3. Duración de 72 horas

La curva relación de precipitación-área de 72 horas, se eligió después de 3 análisis como se muestra en la tabla 5-4, por ello, se presentan las curvas de los 3 diferentes casos, en la figura 5-8 se muestran.

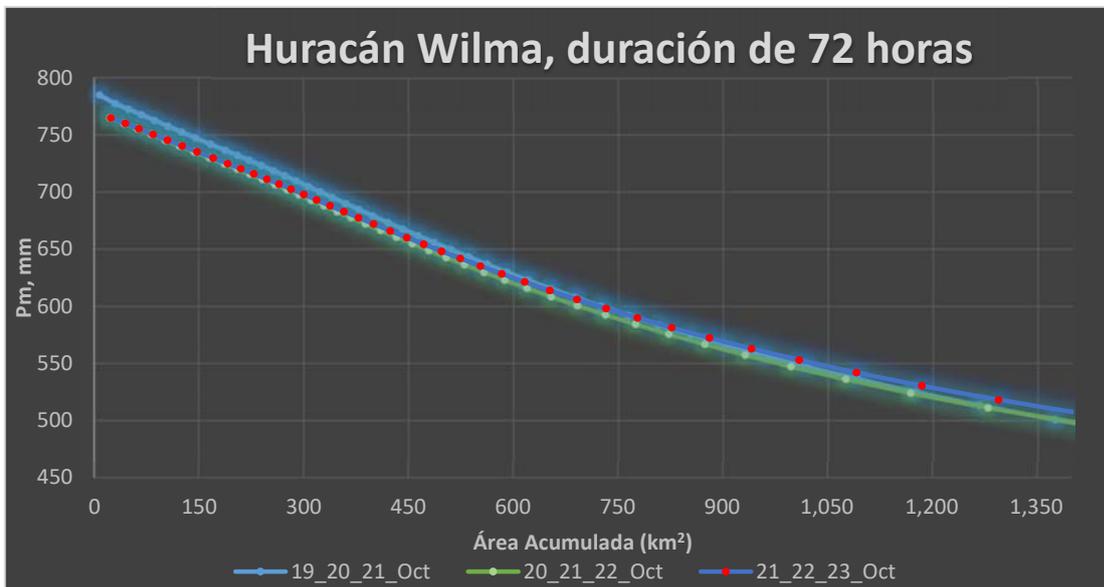
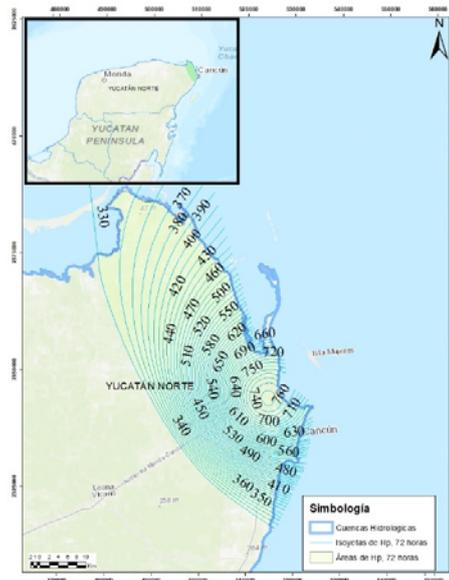


Figura 5-8 Comparativa de diferentes casos para una duración de 72 horas, huracán Wilma 2005

Se observa en la gráfica anterior que el análisis de los días 19, 20 y 21 es la curva más grande, debido a que, en la parte superior izquierda esta curva, llega al punto más desfavorable de todas y aunque después desciende más allá que la curva de los días 21, 22 y 23 se puede definir que la curva más desfavorable es la primera, por la cantidad de puntos que quedan por encima de las otras curvas. En la figura

5-9, se muestra el área entre isoyetas para una duración de 72 horas para los días 19, 20 y 21.

Figura 5-9 Área entre isoyetas a cada 72 hrs; 19, 20 y 21 de Oct. 2005



Las curvas de la relación precipitación-área para las duraciones de 24, 48 y 72 horas, son presentadas la figura 5-10.

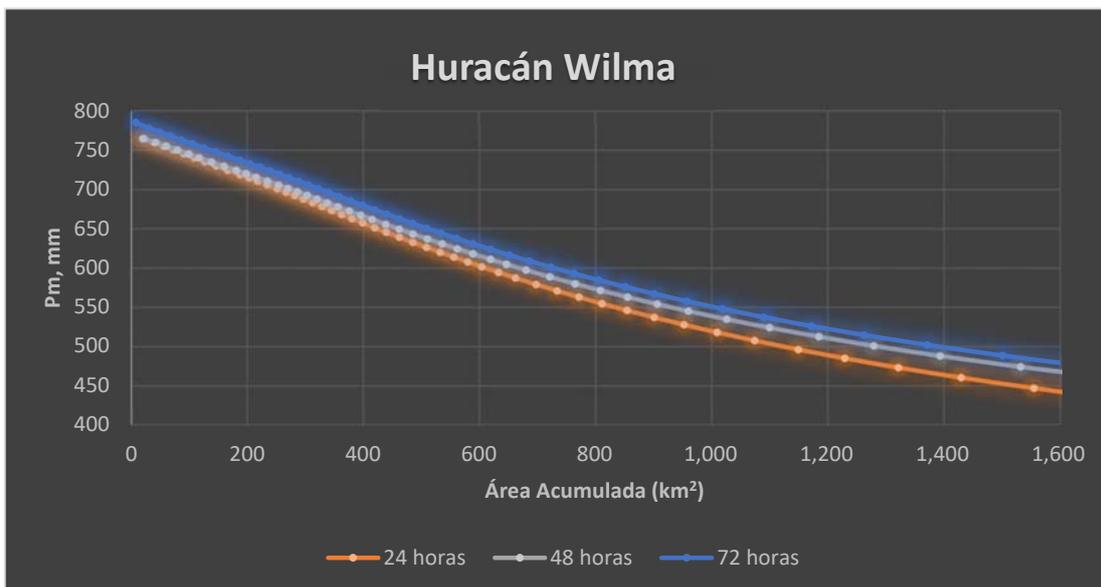


Figura 5-10 Curvas Hp-A-D huracán Wilma 2005, de 24, 48 y 72 horas

5.1.4. Duración de 96 horas 19, 20, 21 y 22 de octubre del 2005

Para obtener la curva de 96 horas, se tomaron los días más lluviosos, obteniendo la figura 5-11, que encierra de color verde el área entre isoyetas que se tomó en el análisis.

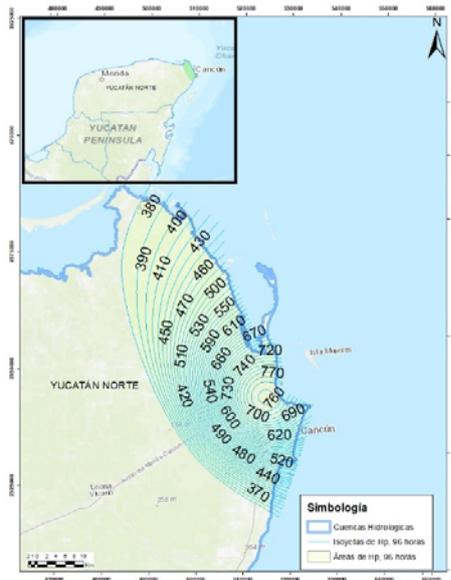


Figura 5-11 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 19, 20, 21 y 22 de Oct. 2005

En la figura 5-12, se presentan las 4 curvas Hp-A-D del huracán Wilma, se observa que las curvas son muy cerradas y con una forma muy similar entre ellas, después de todos los análisis posibles para esta tormenta, se puede asegurar que las curvas mostradas son las más desfavorables.

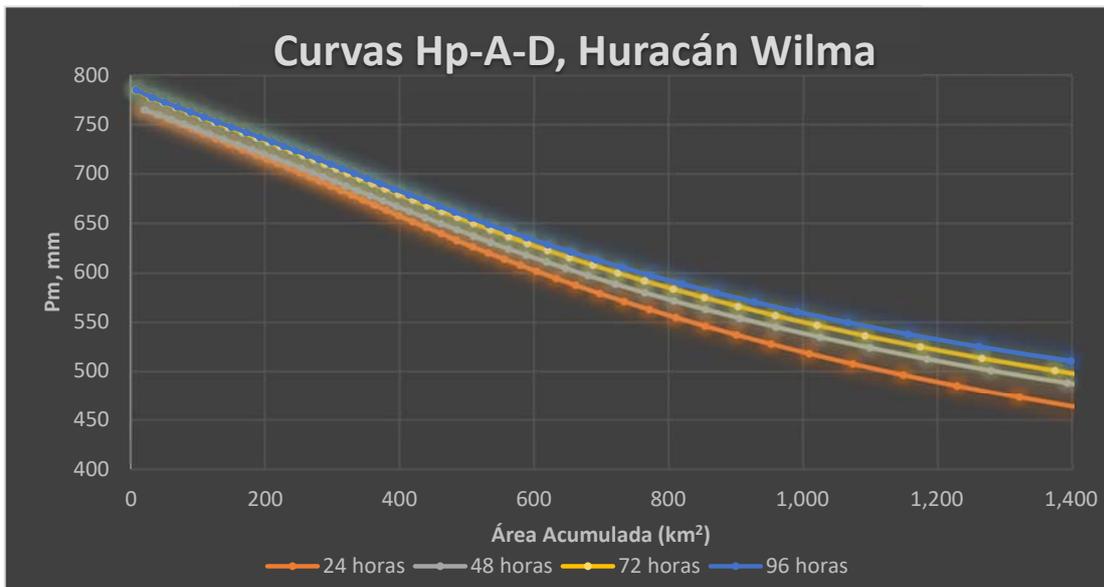


Figura 5-12 Curvas Hp-A-D huracán Wilma 2005, de 24, 48, 72 y 96 horas

5.2. Curvas Hp-A-D Huracán Carlotta 2012

Carlotta fue un huracán que se presentó en junio del 2012, tocó tierra mexicana en el estado de Oaxaca siendo de categoría 1 cuando obtuvo su efecto más devastador, después continuo hasta el estado de Guerrero. En la figura 4-2, se presenta la trayectoria que siguió este huracán desde su formación.

En el estado de Oaxaca hay 336 estaciones climatológicas según la base datos CLICOM (CICESE, 2022), tomando en cuenta las estaciones suspendidas. Para el análisis de la relación precipitación-área se revisó cada una de sus estaciones.

En la figura 5-13, se presenta la distribución de las 336 estaciones que se encuentran en el estado de Oaxaca.

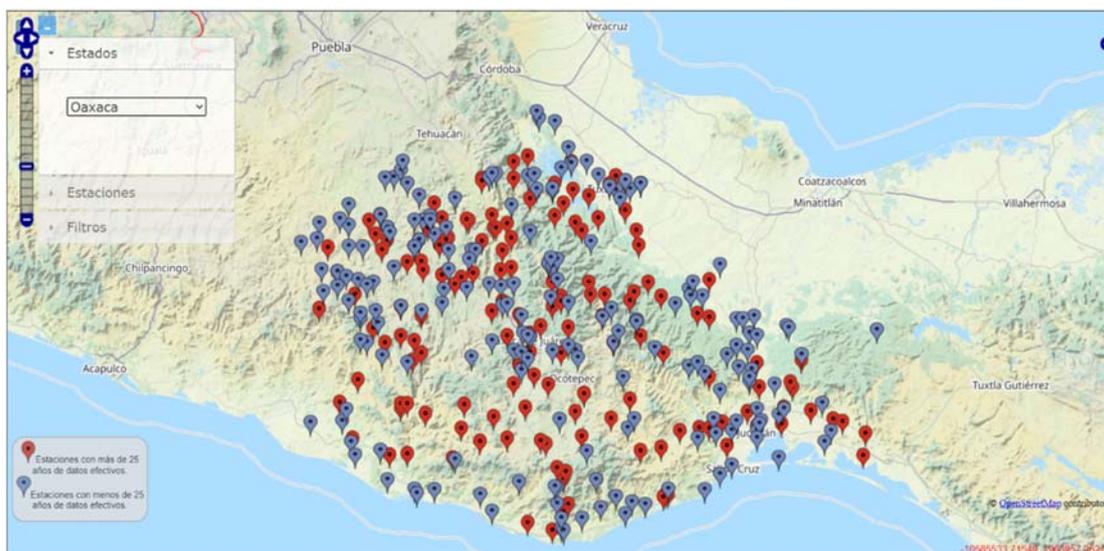


Figura 5-13 Estaciones climatológicas estado de Oaxaca, base de datos CLICOM. Fuente: CICESE, 2022

En total 59 estaciones recolectaron datos los días en que el huracán Carlotta pasó por el estado, en la tabla 5-6, se presentan las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones.

Tabla 5-6 Estaciones con información de Huracán Carlotta. Sólo estado de Oaxaca.

ID	Latitud	Longitud	ID	Latitud	Longitud
20003	17.97 N	-97.42 W	20157	17.87 N	-97.37 W
20004	17.43 N	-96.54 W	20158	17.73 N	-96.85 W
20014	18.02 N	-96.27 W	20161	18 N	-96.71 W
20017	17.45 N	-95.37 W	20174	17.88 N	-96.53 W
20020	17.83 N	-96.88 W	20175	17.78 N	-96.32 W
20025	17.8 N	-96.97 W	20177	17.35 N	-96.15 W
20029	18.25 N	-96.83 W	20189	17.68 N	-95.9 W
20038	16.57 N	-97.68 W	20233	16.67 N	-96.31 W
20040	17.27 N	-96.54 W	20245	17.39 N	-97.19 W
20041	17.33 N	-96.47 W	20256	15.97 N	-96.07 W
20042	17.87 N	-96.2 W	20258	17.2 N	-96.78 W
20049	17.71 N	-97.07 W	20266	16.83 N	-96.78 W
20073	17.52 N	-96.93 W	20271	17.4 N	-96.93 W
20076	17.47 N	-97.22 W	20294	18.08 N	-96.12 W
20084	18.15 N	-96.07 W	20302	17.15 N	-97.85 W
20096	17.89 N	-97 W	20333	15.82 N	-96.32 W

ID	Latitud		Longitud		ID	Latitud		Longitud	
20103	17.57	N	-97.53	W	20350	16.28	N	-97.83	W
20112	18.15	N	-96.73	W	20353	16.3	N	-95.73	W
20113	17.43	N	-95.83	W	20354	16.95	N	-96.78	W
20114	17.84	N	-96.37	W	20364	17.28	N	-96.88	W
20118	16.58	N	-96.75	W	20367	17.14	N	-96.63	W
20121	17.5	N	-97.14	W	20379	17.38	N	-97.36	W
20129	17.85	N	-97.17	W	20385	17.25	N	-96.1	W
20134	16.72	N	-95	W	20387	17.16	N	-95.92	W
20143	17.69	N	-97.39	W	20500	17.29	N	-97.37	W
20149	16.32	N	-95.24	W	20504	17.09	N	-96.05	W
20150	17.23	N	-97	W	20505	16.07	N	-96.8	W
20151	17.3	N	-96.92	W	20506	17.43	N	-95.49	W
20152	18.25	N	-96.41	W	20507	17	N	-96.42	W
20153	16.6	N	-97.2	W					

El huracán Carlotta, registró en total 7 días con lluvias intensas, por lo que se presentan los datos de precipitación en cada estación durante los días mencionados, en la tabla 5-7 se anexa el registro.

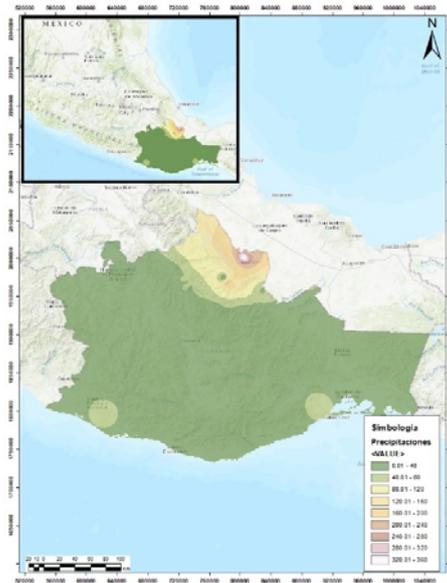
Tabla 5-7 Precipitaciones de Huracán Carlotta. Sólo estado de Oaxaca, junio 2012.

Estación no. \ Día	Precipitación (mm)							
	13	14	15	16	17	18	19	Hp Acumulada
20003	0	8	16	15	2	2	15	58
20004	1	6	12.5	10.5	9.5	2.5	39	81
20014	6.9	2	89	167.5	125.8	0.5	38.2	429.9
20017	12.1	4	16.2	16.3	20	34.5	80	183.1
20020	3.8	6.5	18.6	41.5	10.5	0	29.1	110
20025	0	3.2	12.3	6.5	3.8	0	31.3	57.1
20029	0	135	190	109	10.5	19	23.4	486.9
20038	25	0	193	31	6.5	43	35	333.5
20040	6	14.5	6	2	2	1	15	46.5
20041	5	12	13.1	13	18	2.1	24.1	87.3
20042	46	4.5	74.5	162.5	139	0	16	442.5
20049	6.1	10.3	20.2	24.1	0	0	65.2	125.9
20073	1.2	0.5	40.2	8.3	0	39.5	0	89.7
20076	0	0	15	5	17	0	0	37
20084	39.7	2	80.5	201	93.4	0	3.2	419.8
20096	0.2	8.4	17.3	9.2	0.6	0	22.6	58.3
20103	0	0	12	8	0	0	40	60
20112	3	178	134	100.5	35	23	11	484.5
20113	80.2	40.3	80.2	30.2	0	0	80.4	311.3
20114	4.6	3.3	2.5	3.4	4.3	2.5	1.5	22.1
20118	0	0.7	2	22	4.5	0	0	29.2
20121	15	0	0	0	0	0	0	15

Estación no. / Día	Precipitación (mm)							
	13	14	15	16	17	18	19	Hp Acumulada
20129	0	5.3	30	20	5.3	0	17.9	78.5
20134	0	3.5	0	5.5	6.8	27	0	42.8
20143	0	0	0	20	0	0	17	37
20149	0	3.5	131.5	50.5	37	36	74	332.5
20150	70.1	2.5	14.4	8.8	4.4	3	9.6	112.8
20151	12	1	8	22	1	0	38	82
20152	1	0	23.5	173.5	21	0	16	235
20153	72	0	6.5	22	10	18.5	0	129
20157	0	0	5	10	0	0	42	57
20158	0	4	20	42	8	18	0	92
20161	2	23.5	128	86	20	3	40	302.5
20174	10	38	131	84	36	9	8	316
20175	38.5	7.3	80	201	53	14.5	64.5	458.8
20177	31.5	6.5	11.5	13.5	65	0	0	128
20189	29.3	19.5	63	35.2	46	0	0	193
20233	0	6.5	26	10	12.5	0	2.5	57.5
20245	0	0	18.4	32.6	28.3	6.8	11.2	97.3
20256	18.4	5.4	135.6	23.4	72.6	5.8	2.3	263.5
20258	0.2	1	8	33	0.2	0	11	53.4
20266	10.4	2.8	18.2	1.2	15.4	10.2	0.5	58.7
20271	0	0	3	36	7	0	35	81
20294	13.2	1.5	36.2	350	285.4	0	40	726.3
20302	0	6.3	12.9	22.8	41.3	20.7	75.2	179.2
20333	0	126	0	0	0	11	3	140
20350	10.5	8	86	46	18	14	15	197.5
20353	0	4	2	23	0	0	1	30
20354	1	3	4	6	5	4	5	28
20364	3.5	0	19.5	0	0	0	20.3	43.3
20367	30	9	8	7	20	30	30	134
20379	0	0	27	6	13	0.5	3	49.5
20385	2.3	50.9	22.1	18	35.3	38	27	193.6
20387	0	129	57	11	30	25	56	308
20500	0	0	53	8	32	2	3	98
20504	0	0	0	0	0	0	0	0
20505	25	37	120	32	82	9	0	305
20506	5.6	10.6	45.5	3.9	57.6	12	65.1	200.3
20507	0	2.5	8	6.5	29.5	6	4.5	57

El análisis de las precipitaciones máximas que se realizó para el huracán Carlotta, se muestra en la figura 5-14 el sitio en donde se presentó la lluvia máxima, se encuentra en los límites del estado de Oaxaca, por lo que, consideró la información de los estados vecinos, Veracruz y Puebla.

Figura 5-14 Precipitación máxima huracán Carlotta, en el estado de Oaxaca.



Se agregaron 104 estaciones del estado de Veracruz y 44 estaciones del estado de Puebla, debido a la cercanía del punto de interés, quedando un total de 484 estaciones para el análisis. En la figura 5-15, se muestra su ubicación.



Figura 5-15 Estaciones climatológicas estado de Oaxaca, Veracruz y Puebla, base de datos CLICOM. Fuente: Google Earth, 2022.

El análisis de las precipitaciones indicó que sólo 112 estaciones cuentan con datos en los días en que se presentó el huracán. En la tabla 5-8, se muestran las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones.

Tabla 5-8 Estaciones con información de Huracán Carlotta. Estados de Puebla, Veracruz, y Oaxaca.

ID	Latitud	Longitud	ID	Latitud	Longitud
20003	17.97 N	-97.42 W	20505	16.07 N	-96.8 W
20004	17.43 N	-96.54 W	20506	17.43 N	-95.49 W
20014	18.02 N	-96.27 W	20507	17 N	-96.42 W

ID	Latitud		Longitud		ID	Latitud		Longitud	
20017	17.45	N	-95.37	W	30011	18.6	N	-95.44	W
20020	17.83	N	-96.88	W	30013	18.07	N	-95.71	W
20025	17.8	N	-96.97	W	30025	18.19	N	-96.08	W
20029	18.25	N	-96.83	W	30033	18.44	N	-95.02	W
20038	16.57	N	-97.68	W	30035	18.14	N	-95.29	W
20040	17.27	N	-96.54	W	30048	18.97	N	-96.2	W
20041	17.33	N	-96.47	W	30056	19.07	N	-96.15	W
20042	17.87	N	-96.2	W	30081	17.57	N	-95.17	W
20049	17.71	N	-97.07	W	30107	17.99	N	-94.56	W
20073	17.52	N	-96.93	W	30117	18.26	N	-95.95	W
20076	17.47	N	-97.22	W	30143	17.99	N	-95.41	W
20084	18.15	N	-96.07	W	3147	17.88	N	-95.14	W
20096	17.89	N	-97	W	30148	18.07	N	-95.14	W
20103	17.57	N	-97.53	W	30152	18.27	N	-95.56	W
20112	18.15	N	-96.73	W	30185	18.25	N	-95.36	W
20113	17.43	N	-95.83	W	30189	18.47	N	-95.44	W
20114	17.84	N	-96.37	W	30201	18.77	N	-95.76	W
20118	16.58	N	-96.75	W	30216	18.65	N	-95.53	W
20121	17.5	N	-97.14	W	30294	18.5	N	-95.03	W
20129	17.85	N	-97.17	W	30302	18.44	N	-95.17	W
20134	16.72	N	-95	W	30456	18.13	N	-94.36	W
20143	17.69	N	-97.39	W	30457	18.23	N	-95.44	W
20149	16.32	N	-95.24	W	30458	18.14	N	-94.78	W
20150	17.23	N	-97	W	30464	18.3	N	-95.85	W
20151	17.3	N	-96.92	W	34068	19.04	N	-96.14	W
20152	18.25	N	-96.41	W	30037	18.81	N	-96.73	W
20153	16.6	N	-97.2	W	30093	19.26	N	-96.39	W
20157	17.87	N	-97.37	W	30193	19.36	N	-96.37	W
20158	17.73	N	-96.85	W	30364	19.02	N	-96.61	W
20161	18	N	-96.71	W	21002	18.23	N	-97.58	W
20174	17.88	N	-96.53	W	21009	18.43	N	-97.02	W
20175	17.78	N	-96.32	W	21018	18.3	N	-97.15	W
20177	17.35	N	-96.15	W	21019	18.2	N	-97.46	W
20189	17.68	N	-95.9	W	21023	18.62	N	-97.41	W
20233	16.67	N	-96.31	W	21026	18.98	N	-97.44	W
20245	17.39	N	-97.19	W	21031	18.86	N	-97.46	W
20256	15.97	N	-96.07	W	21053	18.6	N	-97.27	W
20258	17.2	N	-96.78	W	21060	18.84	N	-97.54	W
20266	16.83	N	-96.78	W	21072	19.02	N	-97.46	W
20271	17.4	N	-96.93	W	21073	18.98	N	-97.36	W
20294	18.08	N	-96.12	W	21079	18.93	N	-97.51	W
20302	17.15	N	-97.85	W	21081	19.02	N	-97.58	W
20333	15.82	N	-96.32	W	21083	18.46	N	-97.39	W
20350	16.28	N	-97.83	W	21084	18.53	N	-97.14	W
20353	16.3	N	-95.73	W	21087	18.6	N	-97.93	W
20354	16.95	N	-96.78	W	21094	18.46	N	-96.8	W
20364	17.28	N	-96.88	W	21102	18.72	N	-97.8	W
20367	17.14	N	-96.63	W	21109	18.33	N	-97.47	W
20379	17.38	N	-97.36	W	21114	18.35	N	-97.02	W

ID	Latitud		Longitud		ID	Latitud		Longitud	
20385	17.25	N	-96.1	W	21158	18.92	N	-97.25	W
20387	17.16	N	-95.92	W	21176	18.19	N	-97.93	W
20500	17.29	N	-97.37	W	21203	18.74	N	-97.92	W
20504	17.09	N	-96.05	W	21221	19.09	N	-97.54	W

El huracán Carlotta registro en total 7 días con lluvias, en la tabla 5-9 se anexa el registro de precipitaciones de acuerdo a cada estación.

Tabla 5-9 Precipitaciones de Huracán Carlotta. Estados de Puebla, Veracruz, y Oaxaca, junio 2012.

Estación no.	Precipitación (mm)								
	Día	13	14	15	16	17	18	19	Hp Acumulada
20003		0	8	16	15	2	2	15	58
20004		1	6	12.5	10.5	9.5	2.5	39	81
20014		6.9	2	89	167.5	125.8	0.5	38.2	429.9
20017		12.1	4	16.2	16.3	20	34.5	80	183.1
20020		3.8	6.5	18.6	41.5	10.5	0	29.1	110
20025		0	3.2	12.3	6.5	3.8	0	31.3	57.1
20029		0	135	190	109	10.5	19	23.4	486.9
20038		25	0	193	31	6.5	43	35	333.5
20040		6	14.5	6	2	2	1	15	46.5
20041		5	12	13.1	13	18	2.1	24.1	87.3
20042		46	4.5	74.5	162.5	139	0	16	442.5
20049		6.1	10.3	20.2	24.1	0	0	65.2	125.9
20073		1.2	0.5	40.2	8.3	0	39.5	0	89.7
20076		0	0	15	5	17	0	0	37
20084		39.7	2	80.5	201	93.4	0	3.2	419.8
20096		0.2	8.4	17.3	9.2	0.6	0	22.6	58.3
20103		0	0	12	8	0	0	40	60
20112		3	178	134	100.5	35	23	11	484.5
20113		80.2	40.3	80.2	30.2	0	0	80.4	311.3
20114		4.6	3.3	2.5	3.4	4.3	2.5	1.5	22.1
20118		0	0.7	2	22	4.5	0	0	29.2
20121		15	0	0	0	0	0	0	15
20129		0	5.3	30	20	5.3	0	17.9	78.5
20134		0	3.5	0	5.5	6.8	27	0	42.8
20143		0	0	0	20	0	0	17	37
20149		0	3.5	131.5	50.5	37	36	74	332.5
20150		70.1	2.5	14.4	8.8	4.4	3	9.6	112.8
20151		12	1	8	22	1	0	38	82
20152		1	0	23.5	173.5	21	0	16	235
20153		72	0	6.5	22	10	18.5	0	129
20157		0	0	5	10	0	0	42	57
20158		0	4	20	42	8	18	0	92
20161		2	23.5	128	86	20	3	40	302.5
20174		10	38	131	84	36	9	8	316
20175		38.5	7.3	80	201	53	14.5	64.5	458.8
20177		31.5	6.5	11.5	13.5	65	0	0	128
20189		29.3	19.5	63	35.2	46	0	0	193

Estación no.	Precipitación (mm)							
	Día	13	14	15	16	17	18	19
20233	0	6.5	26	10	12.5	0	2.5	57.5
20245	0	0	18.4	32.6	28.3	6.8	11.2	97.3
20256	18.4	5.4	135.6	23.4	72.6	5.8	2.3	263.5
20258	0.2	1	8	33	0.2	0	11	53.4
20266	10.4	2.8	18.2	1.2	15.4	10.2	0.5	58.7
20271	0	0	3	36	7	0	35	81
20294	13.2	1.5	36.2	350	285.4	0	40	726.3
20302	0	6.3	12.9	22.8	41.3	20.7	75.2	179.2
20333	0	126	0	0	0	11	3	140
20350	10.5	8	86	46	18	14	15	197.5
20353	0	4	2	23	0	0	1	30
20354	1	3	4	6	5	4	5	28
20364	3.5	0	19.5	0	0	0	20.3	43.3
20367	30	9	8	7	20	30	30	134
20379	0	0	27	6	13	0.5	3	49.5
20385	2.3	50.9	22.1	18	35.3	38	27	193.6
20387	0	129	57	11	30	25	56	308
20500	0	0	53	8	32	2	3	98
20504	0	0	0	0	0	0	0	0
20505	25	37	120	32	82	9	0	305
20506	5.6	10.6	45.5	3.9	57.6	12	65.1	200.3
20507	0	2.5	8	6.5	29.5	6	4.5	57

En la tabla 5-10, se muestran los análisis para las duraciones de 24, 48, 72 y 96 horas. Se da énfasis en las precipitaciones máximas y las promedio para cada duración.

Tabla 5-10 Análisis de precipitaciones máximas. Huracán Carlotta, junio 2012

	24 horas	48 horas		72 horas			96 horas			
Días	16	15 y 16	16 y 17	14 al 16	15 al 17	16 al 18	13 al 16	14 al 17	15 al 18	16 al 19
Promedios	43.55	76.83	66.3	87.58	99.58	71.64	94.66	110.34	104.92	92
Máximos	350	386.2	635.4	434	671.6	635.4	434	673.1	671.6	675.4

Con este proceso se observó que, el día base de lluvia para este huracán es el 16 de junio del 2012, en el que se registró 350 mm en la estación no. 20294 (San Juan Bautista Tuxtepec II).

5.2.1. Duración de 24 horas

16 de junio del 2012

La curva de 24 horas, se realizó a partir del análisis de la tabla 5-10, se obtuvieron las isoyetas de precipitación para el 16 de junio del 2012. Con ello se encontró el sitio de la precipitación máxima que se muestra la figura 5-16.

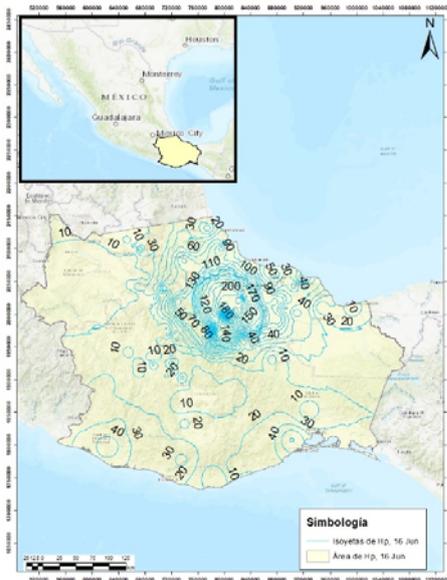


Figura 5-16 Isoyetas de precipitación 16 de junio 2012, Oaxaca, Veracruz y Puebla.

En la figura 5-17 se muestra el territorio general del estado de Oaxaca y el área entre isoyetas que se ocupó para el análisis en este sitio se representa de color amarillo.

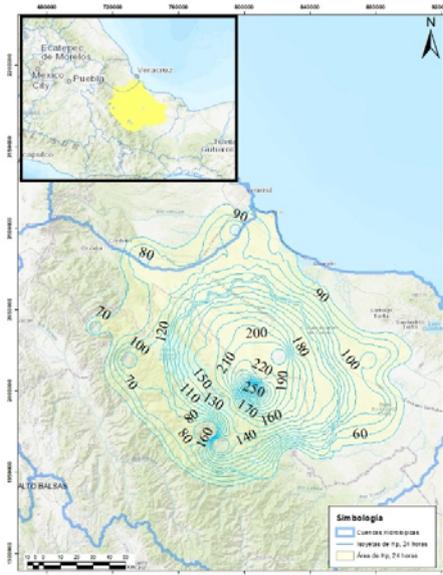


Figura 5-17 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 16 de Jun. 2012

La precipitación media y el área media entre isoyetas, se desglosa en la tabla 5-11, en la que se señala la precipitación media máxima es de 345 mm.

Tabla 5-11 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 16 Jun. 2012

(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7) = (6)/(3)
Isoyetas	Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	PiAi (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	Pm mm
350 340	4.4219	4.4219	345	1525.56	1525.56	345.0
340 330	8.8682	13.2901	335	2970.85	4496.41	338.3
330 320	9.9758	23.2659	325	3242.13	7738.54	332.6
320 310	11.5407	34.8066	315	3635.33	11373.87	326.8

(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7) = (6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	PiAi (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	Pm mm
310	300	13.3133	48.1199	305	4060.56	15434.42	320.7
300	290	15.7310	63.8509	295	4640.64	20075.06	314.4
290	280	18.4071	82.2580	285	5246.02	25321.09	307.8
280	270	22.7722	105.0302	275	6262.35	31583.44	300.7
270	260	27.8850	132.9152	265	7389.53	38972.97	293.2
260	250	35.6852	168.6004	255	9099.72	48072.69	285.1
250	240	47.9634	216.5638	245	11751.03	59823.71	276.2
240	230	68.1912	284.7550	235	16024.94	75848.65	266.4
230	220	106.7977	391.5527	225	24029.49	99878.15	255.1
220	210	209.3579	600.9107	215	45011.96	144890.11	241.1
210	200	643.5066	1244.4173	205	131918.85	276808.96	222.4
200	190	546.2848	1790.7021	195	106525.53	383334.49	214.1
190	180	630.5275	2421.2296	185	116647.59	499982.09	206.5
180	170	886.7887	3308.0183	175	155188.01	655170.10	198.1
170	160	1034.8807	4342.8990	165	170755.32	825925.42	190.2
160	150	1170.0428	5512.9418	155	181356.64	1007282.06	182.7
150	140	910.2759	6423.2177	145	131990.00	1139272.06	177.4
140	130	746.4086	7169.6263	135	100765.16	1240037.22	173.0
130	120	697.8130	7867.4393	125	87226.62	1327263.85	168.7
120	110	799.0974	8666.5367	115	91896.20	1419160.05	163.8
110	100	887.5077	9554.0444	105	93188.31	1512348.36	158.3
100	90	2036.2912	11590.3356	95	193447.66	1705796.02	147.2
90	80	2694.9447	14285.2804	85	229070.30	1934866.33	135.4
80	70	3101.4496	17386.7300	75	232608.72	2167475.05	124.7
70	60	3090.8021	20477.5321	65	200902.14	2368377.19	115.7

La curva Hp-A-24 horas, se muestra en la figura 5-18, la precipitación media en esta curva tiene una diferencia de 180 mm entre el máximo y el mínimo.

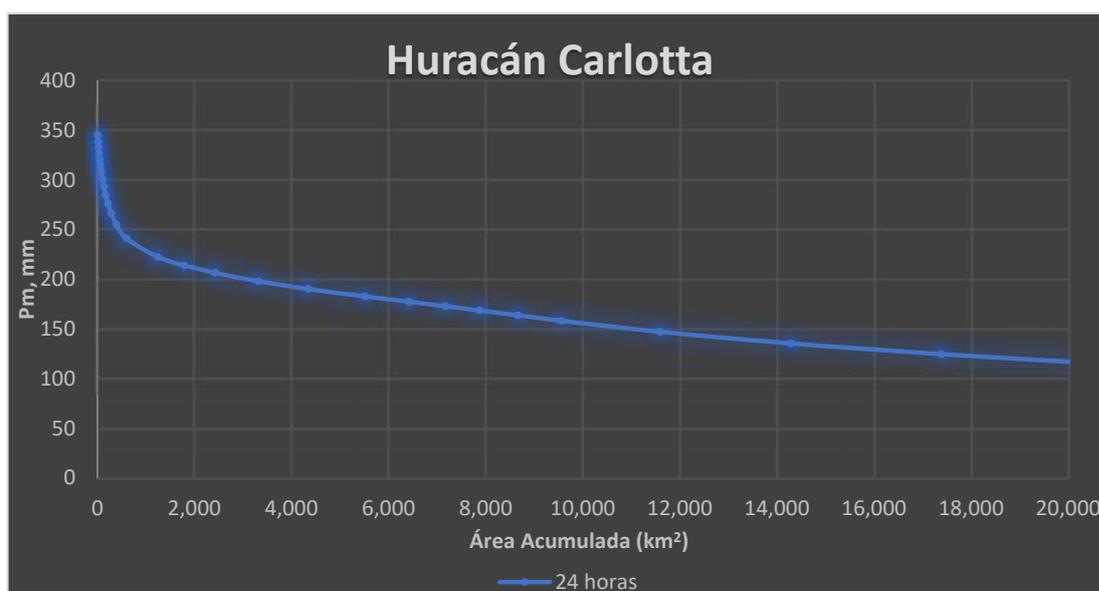


Figura 5-18 Curva Hp-A-D 24 horas, 16 de Jun. 2012

5.2.2. Duración de 48 horas 16 y 17 de junio del 2012

Las isoyetas de precipitación de 48 horas mostradas en la figura 5-19, muestran el área de interés que es muy similar a los casos anteriores, se distingue por la manera de que las isoyetas se van cerrando cada vez más.

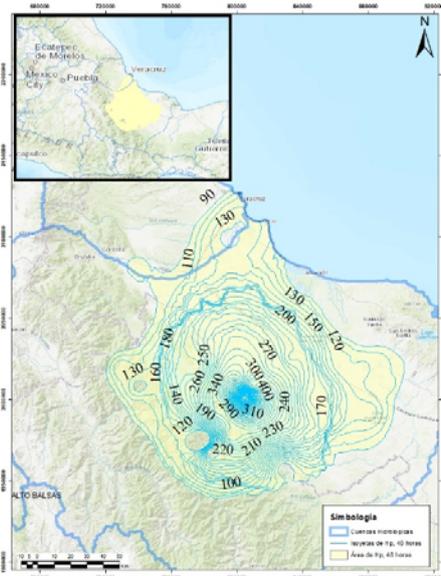


Figura 5-19 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 16 y 17 de Jun. 2012

Las precipitaciones máximas registradas en la tabla 5-10, son los días 16 y 17, por lo que al presentar un análisis sumando ambos días, da como resultado una curva de 48 horas muy por encima de la de 24 horas, esto indica que la precipitación que se presentó en ambos días fue muy similar. Se observó que la precipitación máxima para 24 horas fue de 350 mm mientras que para 48 horas incremento 285.4 mm de lluvia, se puede ver en la figura 5-20 que la lluvia después de 48 horas ocurrió de una manera significativa.

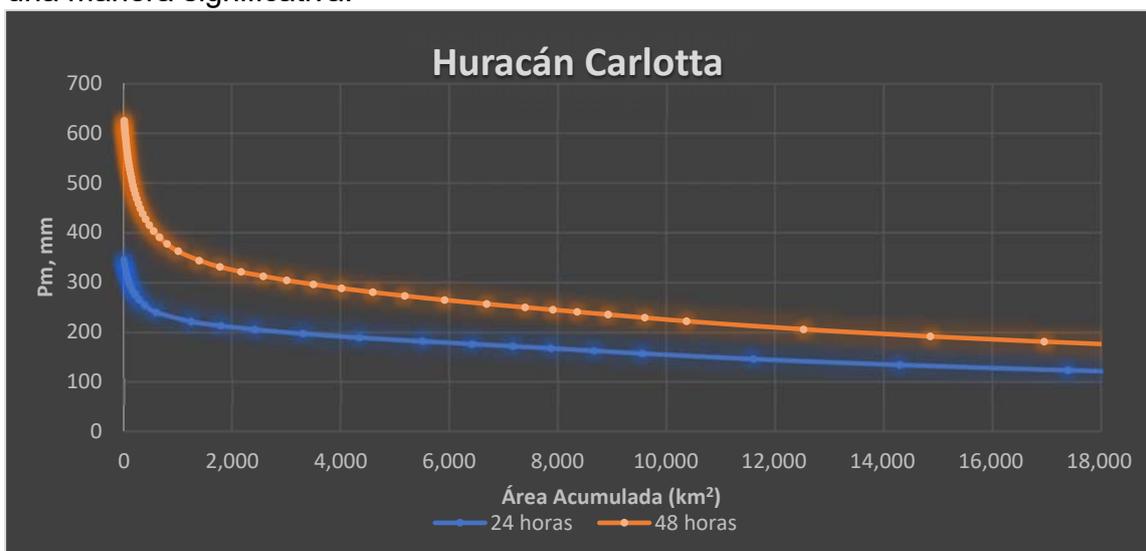


Figura 5-20 Curvas Hp-A-D huracán Carlotta 2012, de 24 y 48 horas.

5.2.3. Duración de 72 horas

En la tabla 5-10, se observó que hay tres análisis para obtener la curva más desfavorable, al desarrollarlas, se obtuvo que la curva correspondiente a 72 horas es la seleccionada de los días 15, 16 y 17 de junio.

15, 16 y 17 de junio del 2012

Las isoyetas de precipitación se realizaron a cada 10 mm y en la figura 5-21, se muestra de color amarillo el área correspondiente para el análisis de la curva.

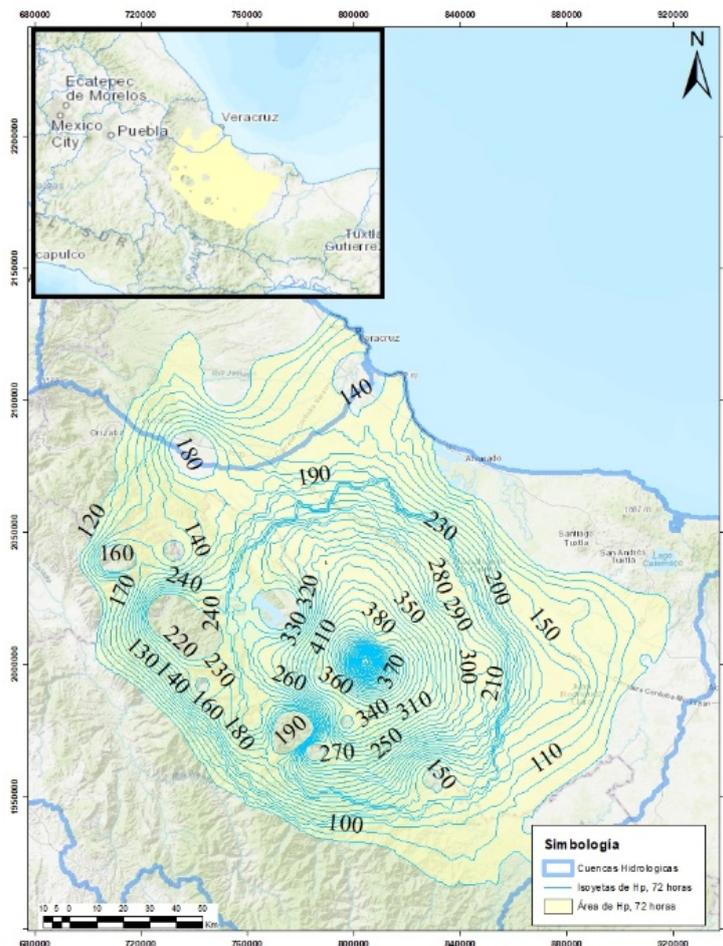


Figura 5-21 Área entre isoyetas a cada 72 hrs;
15, 16 y 17 de Jun. 2012

En la figura 5-22, entre las curvas de 48 y 72 horas no presenta un incremento considerable a diferencia del que existe entre 24 y 48 horas. Lo que indica que la tormenta fue más grande durante los primeros 2 días.

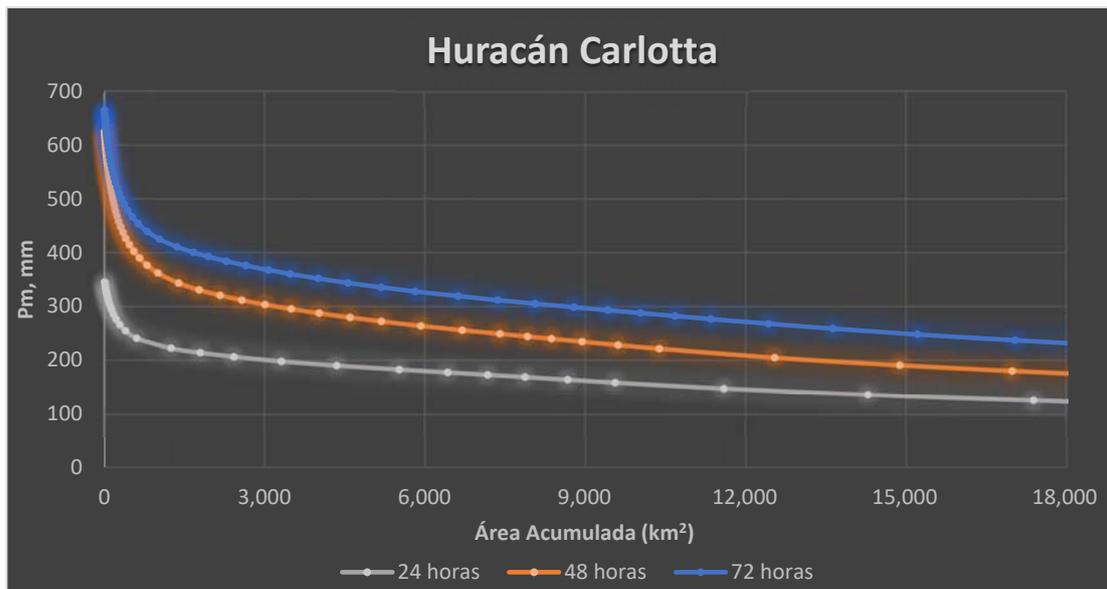


Figura 5-22 Curvas Hp-A-D huracán Carlotta 2012, de 24, 48 y 72 horas.

5.2.4. Duración de 96 horas 14, 15, 16 y 17 de junio del 2012

El área entre isoyetas para una duración de 96 horas resultó ser similar al área entre curvas de una duración de 72 horas, debido a que, el huracán después de 4 días ya no representaba grandes precipitaciones en el estado. Véase en la figura 5-23.

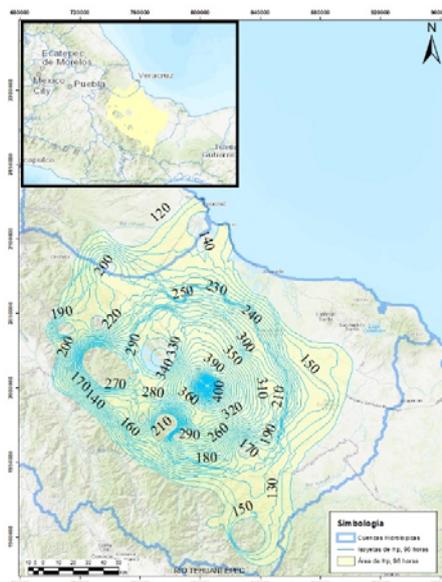


Figura 5-23 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 14, 15, 16 y 17 de Jun. 2012

En la figura 5-24 se observa que entre más grande es la duración, las curvas se cierran cada vez más, de manera que puede deducirse que la tormenta se concentró en 3 días.

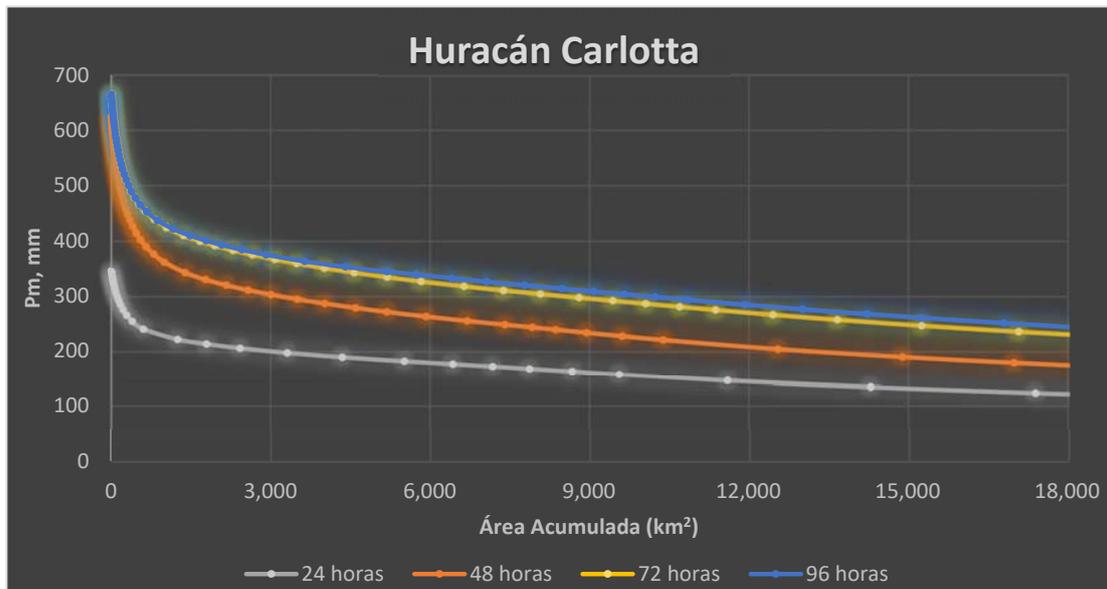


Figura 5-24 Curvas Hp-A-D huracán Carlotta 2012, de 24, 48, 72 y 96 horas.

5.3. Curvas Hp-A-D Huracán Manuel 2013.

El Huracán Manuel tuvo un paso devastador entre los días 13 y 16 de septiembre del 2013 en el estado de Guerrero, en la figura 4-3, se observa la trayectoria que tomó durante su paso en costas mexicanas. Para ubicar el sitio en donde se presentó una mayor precipitación, fue necesario obtener la mayor información disponible de las estaciones climatológicas del estado.

El estado de Guerrero cuenta con 233 estaciones entre estaciones activas y estaciones suspendidas, (Véase en la figura 5-25). Mediante la base de datos CLICOM (CICESE, 2022), se obtuvo las precipitaciones que ocurrieron durante el paso del huracán. Sin embargo, al realizar el análisis de las precipitaciones, se obtuvo que sólo 123 estaciones registraron las lluvias ocurridas en estos días.

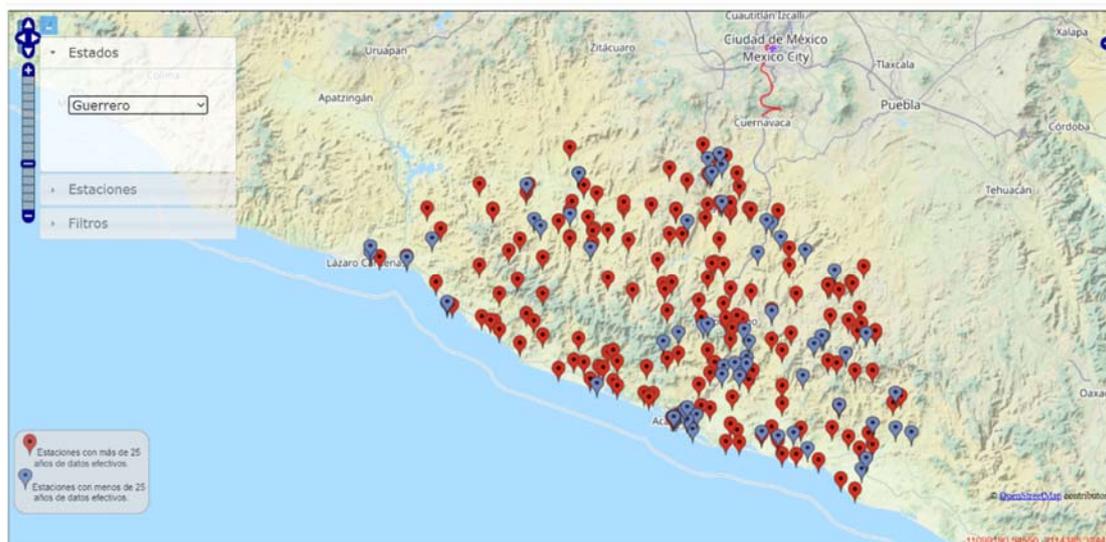


Figura 5-25 Estaciones Edo. Guerrero, Base de datos CLICOM, Fuente: CICESE, 2022

Las estaciones y sus coordenadas geográficas se pueden ver en la tabla 5-12.

Tabla 5-12 Estaciones con información de Huracán Manuel

No. De estación	Latitud		Longitud		No. De estación	Latitud		Longitud	
12001	18.34	N	-100.07	W	12140	17.72	N	-100.88	W
12004	18.34	N	-99.64	W	12141	18.25	N	-100.54	W
12007	18.48	N	-101.36	W	12142	16.87	N	-99.92	W
12008	18.32	N	-100.27	W	12150	17.56	N	-99.69	W
12009	17.41	N	-100.61	W	12154	17.92	N	-99.03	W
12013	16.73	N	-98.59	W	12156	17.25	N	-99.59	W
12014	18.46	N	-99.41	W	12158	17.25	N	-100.32	W
12015	18.55	N	-99.64	W	12160	18.48	N	-100.98	W
12016	17.04	N	-100.12	W	12161	17.21	N	-100.42	W
12017	17.58	N	-101	W	12163	18.47	N	-100.58	W
12018	18.59	N	-99.93	W	12164	18.25	N	-99.66	W
12019	18.36	N	-100.66	W	12165	17.54	N	-101.27	W
12021	18.31	N	-101.75	W	12166	18.16	N	-100.39	W
12022	16.61	N	-98.98	W	12171	18.65	N	-99.58	W
12025	17.38	N	-101.05	W	12172	16.95	N	-99.69	W
12027	18.02	N	-101.14	W	12173	16.58	N	-98.81	W
12029	16.7	N	-99.51	W	12174	17.47	N	-101.2	W
12030	18.3	N	-99.12	W	12177	18.13	N	-99.83	W
12031	17.67	N	-99.71	W	12178	17.57	N	-98.73	W
12034	17.72	N	-101.2	W	12183	16.89	N	-99.86	W
12037	18.1	N	-101.05	W	12184	18.13	N	-99.93	W
12041	17.13	N	-100.36	W	12185	17.75	N	-98.66	W
12042	17.44	N	-100.88	W	12186	17.76	N	-99.47	W
12046	18.31	N	-99.34	W	12188	16.77	N	-99.24	W
12048	17.62	N	-98.51	W	12191	17.09	N	-100.32	W
12052	17.98	N	-101.9	W	12195	17.19	N	-98.41	W
12054	17.82	N	-101.07	W	12198	17.49	N	-99.46	W
12060	17.78	N	-98.73	W	12199	17.91	N	-98.47	W
12061	16.68	N	-98.41	W	12200	17.47	N	-98.53	W
12063	18.36	N	-100.27	W	12204	17.6	N	-99.95	W
12066	16.66	N	-98.51	W	12205	16.95	N	-98.66	W
12068	16.8	N	-98.71	W	12206	17.72	N	-98.98	W
12069	17.32	N	-100.39	W	12207	18.6	N	-99.54	W
12071	16.78	N	-99.42	W	12208	16.37	N	-98.54	W
12072	16.97	N	-98.25	W	12210	18.55	N	-100.61	W
12077	18.1	N	-100.68	W	12211	17.75	N	-100.2	W
12078	18.17	N	-101.64	W	12212	18.2	N	-99.17	W
12082	18.22	N	-100.76	W	12215	18.67	N	-99.51	W
12083	17.83	N	-100.39	W	12219	17.01	N	-100.08	W
12086	17.22	N	-100.1	W	12220	16.62	N	-99.08	W
12089	17.79	N	-99.98	W	12221	17.21	N	-100.76	W
12090	18.42	N	-100.47	W	12223	16.83	N	-99.78	W

No. De estación	Latitud		Longitud		No. De estación	Latitud		Longitud	
12091	17.54	N	-98.59	W	12226	16.45	N	-98.64	W
12092	18.1	N	-99.56	W	12228	17.37	N	-98.85	W
12093	18.3	N	-99.47	W	12229	17.55	N	-99.51	W
12099	17.13	N	-100.53	W	12231	17.02	N	-98.2	W
12104	17.19	N	-98.54	W	12232	16.7	N	-99.41	W
12105	17.66	N	-99.53	W	12233	17.25	N	-100.58	W
12106	17.47	N	-98.39	W	12234	16.75	N	-99.24	W
12107	17.09	N	-99.08	W	12236	16.71	N	-99.12	W
12110	17.61	N	-99.17	W	12238	18.22	N	-99.2	W
12112	16.82	N	-99.47	W	12240	17.98	N	-102.1	W
12113	18.3	N	-101.25	W	12241	17.8	N	-101.68	W
12114	17.8	N	-98.56	W	12242	16.8	N	-99.17	W
12115	18.3	N	-99.32	W	12243	18.75	N	-99.68	W
12116	18.35	N	-99.56	W	12244	16.76	N	-98.44	W
12117	18.5	N	-99.8	W	12248	17.44	N	-98.46	W
12125	17.57	N	-99.42	W	12249	18	N	-99.27	W
12127	17.64	N	-101.56	W	12259	18.1	N	-101.71	W
12128	18.65	N	-99.64	W	12260	17.47	N	-99.37	W
12138	18.15	N	-100.51	W	12261	17.16	N	-99.54	W
12139	18.29	N	-100.68	W	12263	16.75	N	-99	W

Se obtuvieron los registros de precipitación en el periodo del 10 septiembre al 19 de septiembre del año 2013, se muestran en la tabla 5-13.

Tabla 5-13 Precipitaciones de Huracán Manuel, septiembre 2013.

Día Estación no.	Precipitación (mm)										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Hp Acumulada
12001	20	20	0.6	5.2	20	20	5.5	40	0	0	131.3
12004	20	0	0	6	47	55	10	0	16.5	11.3	165.8
12007	3	10	4	13	62	104	5	0	3	11	215
12008	10.1	6.5	0	3.5	20.5	5.6	69.2	0	0	33.8	149.2
12009	0	35	30	0	15	25	80	40	20	0	245
12013	0	140	110	185	55.5	25	5	0	15	0	535.5
12014	32	0	1	5	28	96	27	0	24	16	229
12015	0	0	0	5	15.8	28.9	32.8	28.9	23.5	29.8	164.7
12016	5.9	26.4	4.7	3.7	191						231.7
12017	16.5	3.5	14.5	19.5	7.5	16.5	69.5	83.5	39.5	16.5	287
12018	15.5	31.5	15.5	7	28.5	32.5	5.5	0	20.5	12	168.5
12019	34.8	1.5	0.7	2.3	29.8	48.7	26.9	0	5	8.4	158.1
12021	0	0	0	0	0	0	13	15	0	0	28
12022	15	22.5	44	183	287	20.3	106	18	77	36.5	809.3
12025	0	4	0	0	147.5	94	32	0	97.5	36.5	411.5
12027	8	33	0	0	0	7	13	12	5	10	88
12029	28.4	38.2	0	83.3	32	241.1	38.1	12.3	8.2	23.2	504.8
12030	11.5	3.2	0.5	15.5	40	45	5.5	0	3.4	6	130.6
12031	7	0	10	40	11	131	17	4	13	12	245

Día Estación no.	Precipitación (mm)										Hp Acumulada
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
12034	8	24	0	3	150	217	36	0	4	31.5	473.5
12037	22	20	15	20	130	65	120	20	30	25	467
12041	3.5	23	0	115.3	190.3	75.5	32	0	0	0	439.6
12042	3	19.6	6.2	168.5	115.6	98.2	20.5	36.5	42.1	32.3	542.5
12046	10.7	0	0	2	2.7	57.8	15	0	67.9	10.5	166.6
12048	11	0	0	12.8	47.2	29.5	5	0	0	0	105.5
12052	2	4.8	1	0	260	311.8	1	0	0	95	675.6
12054	12	15	25	12	160	220	60	12	20	40	576
12060	11	0	0	5.5	40	41	12	0	3.5	4.5	117.5
12061	34.5	2	20	82	322	122	21	0	20	42	665.5
12063	26.4	9.1	1.5	3.5	11.5	28.2	24.5	0	4	45	153.7
12066	65	3	16.5	88	161	184	14.5	2	5	2	541
12068	20	10	0	15	10	10	11	12.5	13.5	80	182
12069	7.7	13.5	3	19	263	273	296.5	3.7	1.8	89	970.2
12071	53.5	34	84.5	92	120	100	15.5	0	16	0	515.5
12072	0	0	1.3	100	100	100	40	40	20	20	421.3
12077	0	0	0	50.8	80.6	55.4	20.5	10	4.5	0	221.8
12078	10	0	10	0	40	16	10	0	10	20	116
12082	0	0	15	30.5	25.5	30.5	17.5	20.5	15.5	10.5	165.5
12083	2.3	26.6	20.7	30.4	40.9	60.7	65	50.6	45	20.8	363
12086	0	0	110	120	140	150	40	0	0	0	560
12089	13.6	6.8	29.2	12.6	98.5	223.9	80.4	0	23.7	14.7	503.4
12090	45.7	2	3.5	3	6	28.5	13.6	0	2	13	117.3
12091	9.4	0	0	29	35.3	45.2	12.5	0	0	0	131.4
12092	0	0.9	11.7	16.5	22.8	26.4	14.3	0	0.9	0	93.5
12093	25.3	0.3	0	10	45	74.7	3.5	0	25.6	45.5	229.9
12099	1	7	0	12.5	100.5	50	59	1	42	10	283
12104	10	1	10	16	210	205	3	2	13	64	534
12105	21.5	10.5	0	14	70.2	60.5	17	0	6	3	202.7
12106	11.5	0	1	25	30	25	20	0	1.5	3.5	117.5
12107	17.5	3.5	28.5	6.3	265	298.5	13	2	5.6	7	646.9
12110	13	0	0	23	25	33.5	12	0	3	10	119.5
12112	0	0	0	25	11	45	16	0	0	35	132
12113	35	0	15	35	25	45	15	0	0	5	175
12114	15	0	0	6.5	9	32	0	1	4	6.5	74
12115	10.7	0	0	2	2.7	57.8	15	0	67.9	10.5	166.6
12116	8.1	0	0	3.8	45.9	63.5	26.9	0	23.9	10.6	182.7
12117	22.3	24.5	0	5.6	15.9	34.9	16.5	0	21.2	16.9	157.8
12125	11	28.8	0	34	165	167.5	16.5	0	30	1	453.8
12127	2	1.8	0.8	0	138	191.2	20	5.5	1	34	394.3
12128	20	19.8	12	75	110	96.8	70	0	20.2	14	437.8
12138	12	2	0	2	31	57					104
12139	24.9	2.1	3.5	0	24.9	58.1	16	0	42	3	174.5
12140	0	0	0	0	30	65	48	32	26	16	217
12141	0	0	30	40	60	10	100	80	40	0	360
12142	2.9	51	21	63.2	226.5	206.1	70.1	0	40	4	684.8
12150	16.8	15.6	8.3	176.5	298.1	162.5	84.3	66.3	54.9	26.3	909.6
12154	35	0	35	60	40	17	0	0	0	27	214
12156	12.2	60.8	0	18	27.7	30	64.4	0.6	16.6	5.8	236.1

Día Estación no.	Precipitación (mm)										Hp Acumulada
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
12158	35	20	39	57	54	56	49	61	0	30	401
12160	10.5	1.3	18.5	41.8	20	26.4	0	0	0	0	118.5
12161	29	10.2	3.5	7.5	224.5	127.8	342	0.9	0.5	188	933.9
12163	25.5	0	5	14	15.5	45	0	0	16	12	133
12164	64	0	0	6.2	37.9	91.2	18.2	0	36.4	10.6	264.5
12165	1.6	4.7	1.6	3.4	158.2	212.5	58.4	9.8	0.6	49.9	500.7
12166	0	0	3.5	12.3	39.8	58.7	36.9	20.6	15	9.5	196.3
12171	28.9	10.2	2.2	6.1	101.2	84.1	9.1	0	33.8	24.3	299.9
12172	2	0	40	80.5	350	350	300	0	13	8	1143.5
12173	37	58	96	34	34	34	32	0	0	34	359
12174	1	4	0	10	100.2	150.4	210.5	60.7	0	40	576.8
12177	0	3.5	14.8	9.9	10.8	8.9	6.7	5.8	2.9	0	63.3
12178	10.5	0	0	34	72.6	55.3	3.7	3.5	0	0	179.6
12183	0	9.8	18.9	23.3	40.8	35.9	22.5	10.8	15.5	0	177.5
12184	28.9	10.2	2.2	6.1	101.2	84.1	9.1	0	33.8	24.3	299.9
12185	1.9	0	0	21	36	14	6.5	0	0	0	79.4
12186	24.8	4.2	1	5.3	103	122	15.2	0	6.2	20	301.7
12188	0	35	20	30	12	25	30	25	25	0	202
12191	0	4	0	88	100	100	100	0	1	0	393
12195	20	28	25	20	21	26	20	10	14	23	207
12198	15.5	50	0	50	13	18	24	0	3.5	1	175
12199	25.5	0	0	4.5	13	21.5	2.8	0	0	11.5	78.8
12200	6.5	0	0	23	70	46	1	0	0	8	154.5
12204	5.6	12	9.4	9.3	40	40.3	3.1	0	7.1	5.2	132
12205	0	0	46.5	36	58.9	9.8	6.5	0	0	0	157.7
12206	10.4	0	0	13.4	15.4	8.3	8.7	0	0	4.7	60.9
12207	38	2	0	10	0	10.8	8	0	42	9	119.8
12208	7.5	61.9	4	108.5	167.7	64.9	0	0	18	1.8	434.3
12210	44	4	11	2	17	35	1.1	4	0	12	130.1
12211	16.5	0	5.7	20	40.2	25.5	12.2	0	0	40.5	160.6
12212	10	2	20.5	20	40	19	3	10	0	0	124.5
12215	0	13	3	98	66	42.5	21	12	32	10	297.5
12219	10.2	20.3	30.2	16.4	28.3	2.2	18	0	10.3	0	135.9
12220	16.1	12.1	3.5	116.3	289.8	254.1	24.5	0	46.1	0	762.5
12221	0	1	0	41	160	60	73.5	5	0	22.5	363
12223	9.3	18.6	12.4	111.3	195.2	136.8	99.7	0	0	0	583.3
12226	0.9	7.5	9.6	90	178.7	93	0	0	78	3	460.7
12228	5	0	0	45	50	24	5	0	0	5	134
12229	8	33	0	30.8	169.4	126.5	2.8	0	3.8	1.5	375.8
12231	30	20	15	30	30	0	30	20	30	10	215
12232	0	0	0	60	50	51	0	0	0	0	161
12233	1	0	3.3	5.5	18.9	86	167.2	0	0.5	53	335.4
12234	3.5	7.5	24.5	80	181	188	11.2	0	25	5	525.7
12236	0	6	20	100	22.5	25	0	0	33	13	219.5
12238	16.8	15.6	8.3	176.5	298.1	162.5	84.3	66.3	54.9	26.3	909.6
12241	0.7	6.2	0.8	1.4	294	158	39.5	3	1	66.5	571.1
12242	0.5	0	1.6	41	60.3	70.8	0	0	1.8	1.8	177.8
12243	5.5	2.5	0	22	0	30	6.5	1	16	6.5	90
12244	15	10	60	160	110	80	60	90	60	40	685

Día Estación no.	Precipitación (mm)										Hp Acumulada
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
12248	0	0	0	4	2	196	1	10	20	7	240
12249	65	0	0	10	125	123	15	0	58.5	7	403.5
12259	35	0	36	0	35	35	35	35	0	35	246
12260	12.3	27.4	0	32.4	122.4	144.2	126.4	2.3	42.4	1.3	511.1
12261	16	66	12.5	90.5	190.5	337	166	0	18	12	908.5
12263	18	24	47	180	279	209	110	20	80	40	1007

En la tabla anterior se observó que los días en que se presentaron los registros con mayor precipitación fueron los días 14 y 15, en la estación 12172 (ACAPULCO KM. 21). Por este motivo se revisaron las curvas de ambos días. Se obtuvieron las precipitaciones máximas y promedios de cada día a partir de los datos de la tabla 5-13, se tomó el día en que se presentó la precipitación más grande.

Para la curva de 48 horas, se tomó el día con mayor lluvia registrada y se realizó la suma de las precipitaciones de dos días de cada para encontrar la precipitación máxima acumulada, es decir, el 15 de junio se presentó la precipitación máxima para 24 horas, por esto se sumaron los días 14 y 15, también la suma del día 15 y 16.

Se elaboró el mismo procedimiento para las duraciones de 72 y 96 horas. Lo anterior se resume en la tabla 5-14.

Tabla 5-14 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Manuel, septiembre 2013.

Días	24 horas		48 horas		72 horas		96 horas	
	14	15	14 y 15	15 y 16	13 al 15	14 al 16	13 al 16	14 al 17
Promedios	86.84	84.36	170.5	121.9	208	208.8	246.2	218
Máximos	350	350	700	650	780.5	1000	1080.5	1000

Con el análisis de la tabla anterior no fue suficiente para saber qué día se presentó la curva más desfavorable para una duración de 24 horas, por ello se realizaron las curvas de ambos días. El procedimiento se muestra a continuación.

5.3.1. Duración de 24 horas

14 de septiembre del 2013

Con los registros de precipitaciones de la tabla 5-13, se obtuvieron las isoyetas de precipitación del estado de guerrero a cada 10 mm del día 14 de septiembre del 2013, se muestran en la figura 5-26.

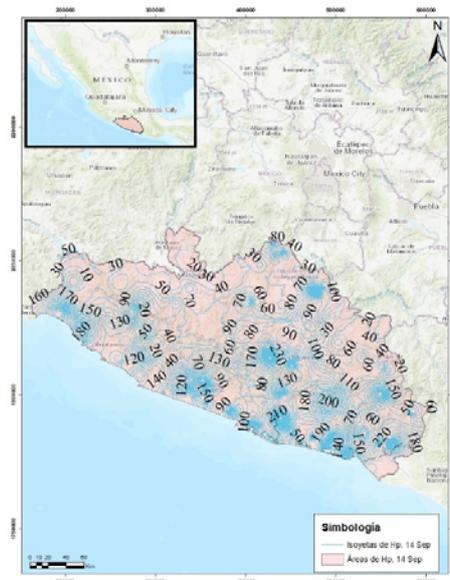


Figura 5-26 Isoyetas de precipitación 14 de septiembre 2013, Guerrero.

En la figura 5-27 se muestra el área que se utilizó en el desarrollo de la curva Hp-A-24 horas para el huracán Manuel, se tomó el área entre cada isoyeta que involucro el sitio en donde se presentó la precipitación máxima, es decir, si se presenta otro incremento de precipitación dentro de la misma zona se desechará el área correspondiente.

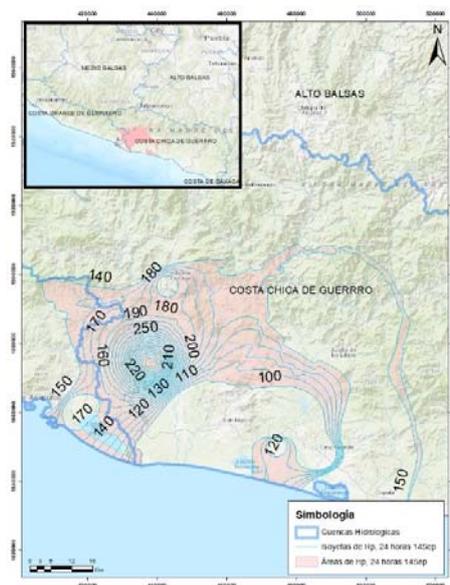


Figura 5-27 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 14 de sep. 2013

La clasificación de áreas entre cada isoyeta se resume en la tabla 5-15, se desglosa cada rango entre ellas.

Tabla 5-15 Área entre isoyetas.

Isoyeta Inferior	Isoyeta Superior	Áreas entre isoyetas (km ²)	Isoyeta Inferior	Isoyeta Superior	Áreas entre isoyetas (km ²)
80	90	0.00	220	230	33.12
90	100	0.00	230	240	28.56
100	110	230.30	240	250	24.18
110	120	252.45	250	260	21.27
120	130	19.83	260	270	18.48
130	140	346.55	270	280	16.80
140	150	843.04	280	290	15.37
150	160	649.25	290	300	13.93
160	170	423.11	300	310	13.05
170	180	132.41	310	320	12.00
180	190	423.63	320	330	10.84
190	200	162.59	330	340	10.12
200	210	48.11	340	350	7.96
210	220	41.03	Área total (km ²)		3,797.98

Con los valores de la tabla anterior, se obtuvo la precipitación media y el área encerrada entre isoyetas calculadas en la tabla 5-16.

Tabla 5-16 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 14 sept. 2013

(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7) = (6)/(3)
Isoyetas	Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
350 340	7.9648	7.9648	345	2747.84	2747.84	345.0
340 330	10.1243	18.0891	335	3391.65	6139.49	339.4
330 320	10.8443	28.9334	325	3524.40	9663.89	334.0
320 310	12.0033	40.9367	315	3781.04	13444.93	328.4
310 300	13.0532	53.9899	305	3981.22	17426.15	322.8
300 290	13.9262	67.9161	295	4108.24	21534.39	317.1
290 280	15.3707	83.2868	285	4380.64	25915.03	311.2
280 270	16.8010	100.0878	275	4620.29	30535.32	305.1
270 260	18.4753	118.5632	265	4895.97	35431.28	298.8
260 250	21.2654	139.8285	255	5422.67	40853.95	292.2
250 240	24.1759	164.0044	245	5923.10	46777.05	285.2
240 230	28.5575	192.5620	235	6711.02	53488.07	277.8
230 220	33.1186	225.6805	225	7451.68	60939.75	270.0
220 210	41.0272	266.7077	215	8820.84	69760.59	261.6
210 200	48.1064	314.8141	205	9861.82	79622.40	252.9
200 190	162.5931	477.4072	195	31705.66	111328.06	233.2
190 180	423.6253	901.0325	185	78370.68	189698.74	210.5

(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7) = (6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	P _i A _i (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	P _m mm
180	170	132.4098	1033.4423	175	23171.71	212870.45	206.0
170	160	423.1090	1456.5513	165	69812.98	282683.43	194.1
160	150	649.2478	2105.7991	155	100633.41	383316.84	182.0
150	140	843.0447	2948.8438	145	122241.48	505558.33	171.4
140	130	346.5519	3295.3957	135	46784.50	552342.83	167.6
130	120	19.8326	3315.2283	125	2479.08	554821.91	167.4
120	110	252.4472	3567.6755	115	29031.42	583853.33	163.7
110	100	230.2981	3797.9735	105	24181.30	608034.63	160.1
100	90	0.0044	3797.9779	95	0.42	608035.05	160.1
90	80	0.0000	3797.9779	85	0.00	608035.05	160.1

Mediante la tabla anterior se obtuvo la figura 5-28.

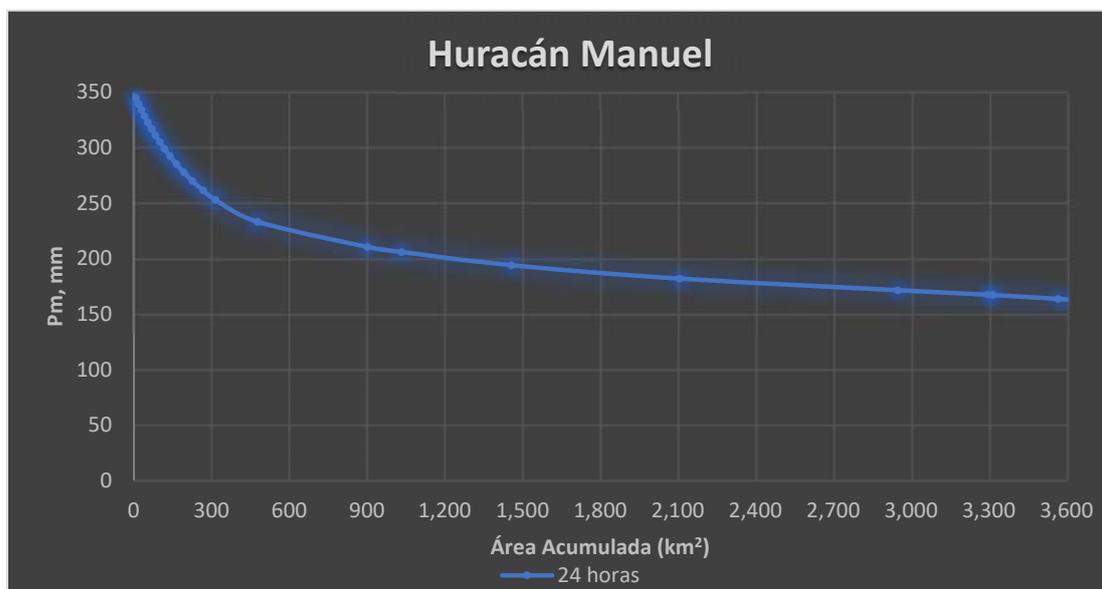


Figura 5-28 Curva Hp-A-D 24 horas, 14 sep. 2013

15 de septiembre del 2013

También se revisó el día 15 de septiembre para rectificar la curva más desfavorable. En la figura 5-29 se muestran las isoyetas de precipitación que se usaron para la obtención de la curva Hp-A-D, en color rosa se encuentra el área que se tomó en cuenta para el análisis; las áreas entre isoyetas que se encuentran vacías representaron otros puntos de precipitación que no se tomaron en cuenta para esta investigación.

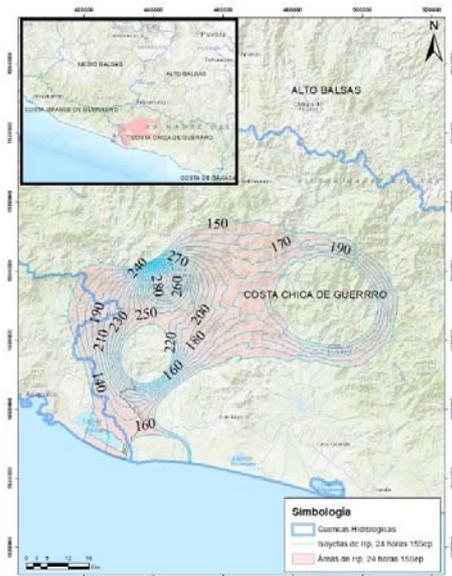


Figura 5-29 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 15 de sep. 2013

En la tabla 5-17, se detalla el cálculo de la precipitación media del día 15 de septiembre con ella se obtuvo la curva Hp-A-D que fue la más desfavorable.

Tabla 5-17 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 15 sept. 2013

Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	PiAi (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	Pm mm
350	340	9.4324	9.4324	345	3254.17	3254.17	345.0
340	330	17.1518	26.5842	335	5745.85	9000.02	338.5
330	320	23.7006	50.2847	325	7702.68	16702.70	332.2
320	310	26.7384	77.0231	315	8422.58	25125.29	326.2
310	300	29.7256	106.7487	305	9066.31	34191.59	320.3
300	290	49.7764	156.5251	295	14684.04	48875.63	312.3
290	280	23.4539	179.9790	285	6684.36	55560.00	308.7
280	270	45.4360	225.4150	275	12494.91	68054.90	301.9
270	260	56.0321	281.4471	265	14848.50	82903.40	294.6
260	250	74.4500	355.8971	255	18984.75	101888.15	286.3
250	240	102.8152	458.7122	245	25189.71	127077.86	277.0
240	230	88.0256	546.7378	235	20686.01	147763.87	270.3
230	220	91.5745	638.3123	225	20604.26	168368.13	263.8
220	210	104.2289	742.5412	215	22409.21	190777.34	256.9
210	200	118.4367	860.9779	205	24279.52	215056.86	249.8
200	190	142.1860	1003.1639	195	27726.28	242783.14	242.0
190	180	338.1281	1341.2920	185	62553.70	305336.84	227.6
180	170	375.8806	1717.1726	175	65779.10	371115.94	216.1
170	160	373.3368	2090.5094	165	61600.57	432716.51	207.0
160	150	486.6774	2577.1868	155	75435.00	508151.51	197.2
150	140	476.6431	3053.8299	145	69113.26	577264.77	189.0

La curva de 24 horas del día 15 de septiembre del 2013, presentó una precipitación máxima igual que la del 14 de septiembre del mismo año; en la figura 5-30, se observa que el día 15 de septiembre se presentó la curva más desfavorable.

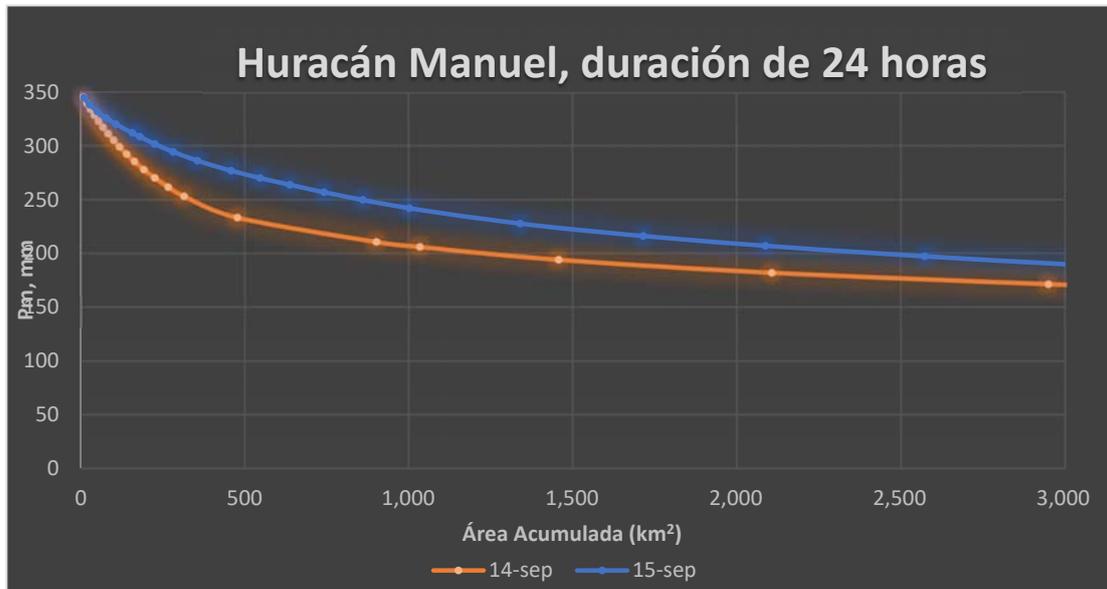


Figura 5-30 Comparativa de Curvas Hp-A-D de 24 horas, 14 sep. y 15 de sep. 2013

5.3.2. Duración de 48 horas 14 y 15 de septiembre del 2013

La tabla 5-14 muestra la posibilidad de dos análisis para 48 horas, el de los días 14-15 y 15-16, las precipitaciones máximas indicaron que la curva de los días 14 y 15 es la más grande, por ello se realizó el análisis correspondiente.

En la figura 5-31, se representaron las isoyetas de precipitación de la suma de los días 14 y 15, de color rosa el área entre isoyetas que se usaron para esta curva.

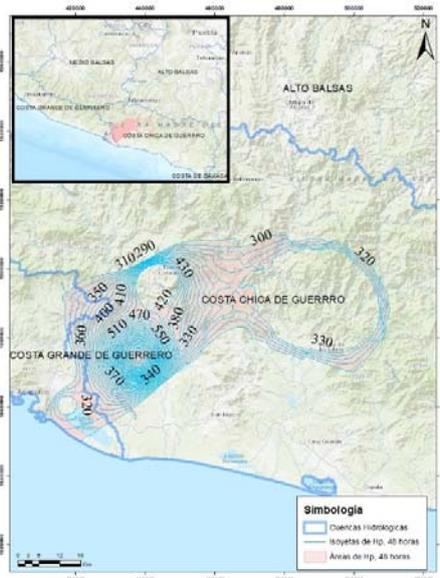


Figura 5-31 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 14 y 15 de sep. 2013

La tabla 5-18, presenta el cálculo de la precipitación media, realizado para obtener la curva de 48 horas.

Tabla 5-18 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 14 y 15 sept. 2013

Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	PiAi (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	Pm mm
700	690	3.5694	3.5694	695	2480.77	2480.77	695.0
690	680	5.0664	8.6358	685	3470.45	5951.22	689.1
680	670	5.3501	13.9859	675	3611.35	9562.57	683.7
670	660	5.6961	19.6821	665	3787.92	13350.49	678.3
660	650	5.7649	25.4470	655	3776.01	17126.50	673.0
650	640	6.1048	31.5518	645	3937.59	21064.09	667.6
640	630	6.4352	37.9869	635	4086.33	25150.43	662.1
630	620	6.8624	44.8494	625	4289.03	29439.46	656.4
620	610	7.0832	51.9325	615	4356.14	33795.59	650.8
610	600	7.4121	59.3446	605	4484.30	38279.90	645.0
600	590	7.4637	66.8083	595	4440.91	42720.81	639.5
590	580	8.1233	74.9317	585	4752.15	47472.96	633.6
580	570	8.3933	83.3250	575	4826.16	52299.12	627.7
570	560	9.2034	92.5284	565	5199.94	57499.06	621.4
560	550	9.3943	101.9227	555	5213.85	62712.91	615.3
550	540	9.4230	111.3457	545	5135.51	67848.42	609.3
540	530	13.1059	124.4516	535	7011.66	74860.08	601.5
530	520	9.3668	133.8184	525	4917.55	79777.63	596.2
520	510	12.3768	146.1951	515	6374.04	86151.67	589.3
510	500	13.5513	159.7465	505	6843.43	92995.10	582.1
500	490	14.5127	174.2592	495	7183.78	100178.88	574.9
490	480	15.9542	190.2134	485	7737.81	107916.69	567.3
480	470	17.7825	207.9959	475	8446.70	116363.38	559.5
470	460	19.7167	227.7126	465	9168.24	125531.63	551.3
460	450	22.5296	250.2422	455	10250.99	135782.61	542.6
450	440	25.5429	275.7851	445	11366.60	147149.21	533.6
440	430	31.6223	307.4074	435	13755.69	160904.90	523.4
430	420	67.3542	374.7616	425	28625.54	189530.45	505.7
420	410	55.6995	430.4612	415	23115.30	212645.75	494.0
410	400	56.4673	486.9285	405	22869.26	235515.01	483.7
400	390	58.7392	545.6677	395	23201.99	258717.00	474.1
390	380	58.8882	604.5558	385	22671.94	281388.94	465.4
380	370	68.6918	673.2476	375	25759.41	307148.35	456.2
370	360	74.2744	747.5220	365	27110.16	334258.52	447.2
360	350	81.5915	829.1135	355	28964.98	363223.50	438.1
350	340	92.4305	921.5440	345	31888.52	395112.02	428.8
340	330	112.7061	1034.2501	335	37756.55	432868.57	418.5
330	320	268.2164	1302.4666	325	87170.33	520038.90	399.3
320	310	293.9078	1596.3744	315	92580.96	612619.86	383.8
310	300	277.3597	1873.7341	305	84594.71	697214.57	372.1
300	290	284.6838	2158.4179	295	83981.73	781196.30	361.9

Con las curvas de 24 y 48 horas mostradas en la figura 5-32, se concluyó que la hipótesis que se refiere a que “las curvas deberán ser más grandes conforme incremente su duración”, es cierta.

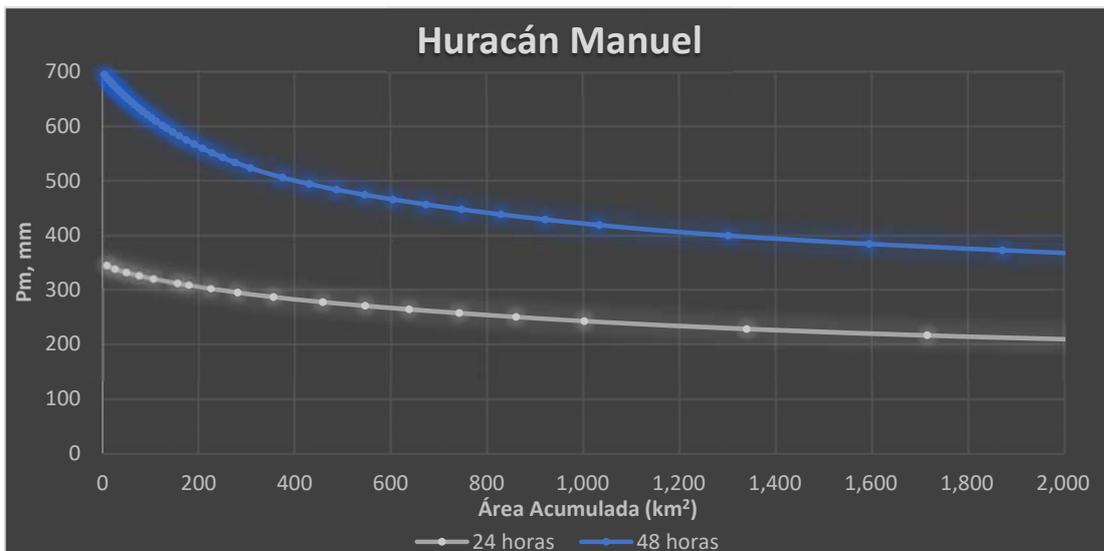


Figura 5-32 Curvas Hp-A-D huracán Manuel 2013, de 24 y 48 horas.

5.3.3. Duración de 72 horas 14, 15 y 16 de septiembre del 2013

En la figura 5-33, se observaron 3 concentraciones de lluvia que son precipitaciones pequeñas, por ello no se consideraron para este trabajo debido a que se analizó la precipitación máxima, el área de color rosa fue el área utilizada para este análisis.

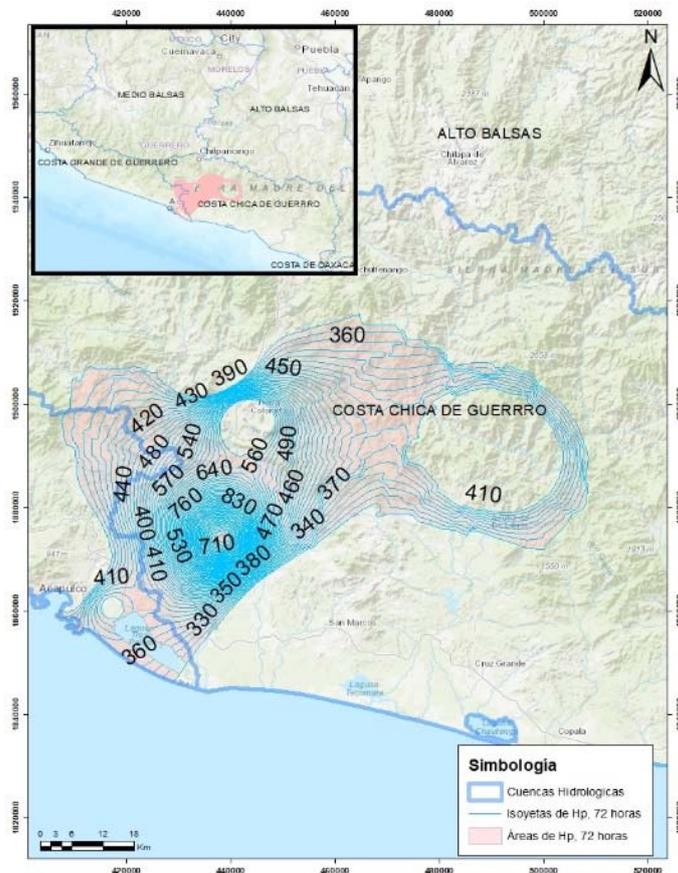


Figura 5-33 Área entre isoyetas a cada 72 hrs; 14, 15 y 16 de sep. 2013

En la figura 5-34 se mostró que durante los 3 primeros días se mantuvo la precipitación en esta zona, por ello la curva de 72 horas se separa sensiblemente a la de 48 horas.

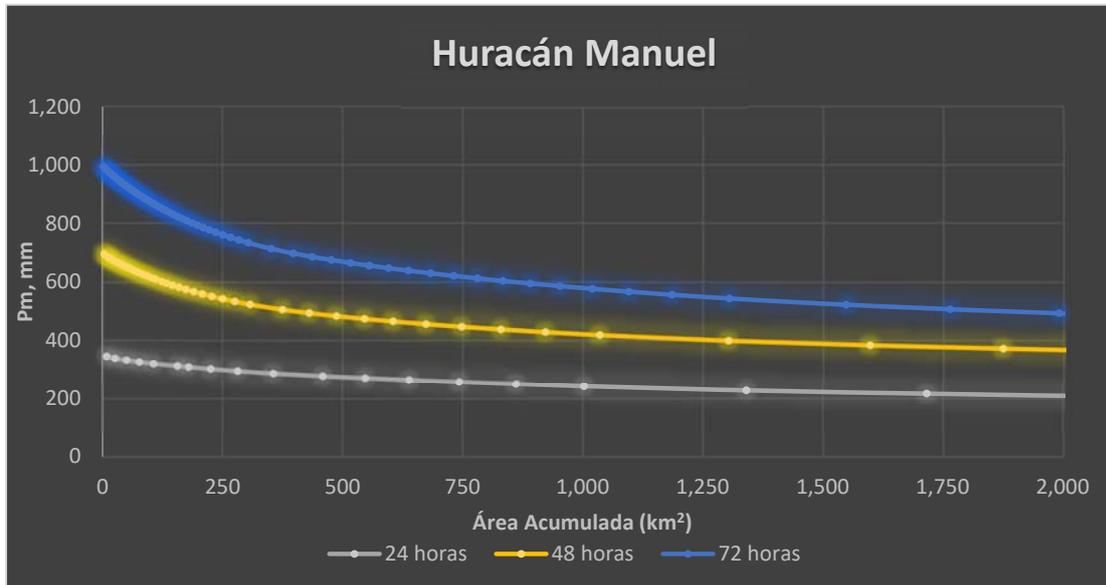


Figura 5-34 Curvas Hp-A-D huracán Manuel 2013, de 24, 48 y 72 horas

5.3.4. Duración de 96 horas 13, 14, 15 y 16 de septiembre del 2013

La tabla 5-14 presenta 2 análisis para una duración de 96 horas, que fueron similares en su precipitación máxima; en el presente trabajo se muestra la curva Hp-A-96 horas más desfavorable. En la figura 5-35, se muestran las isoyetas de precipitación a cada 10 mm.

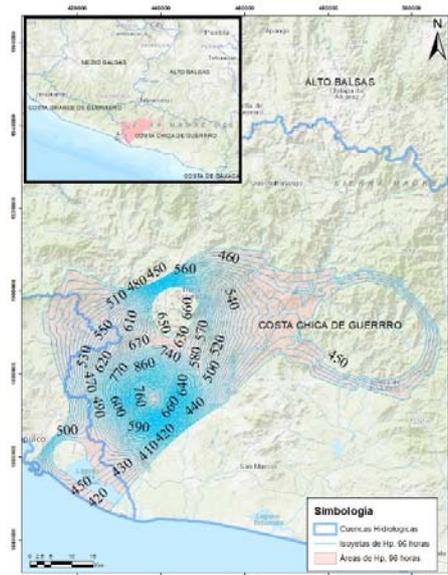


Figura 5-35 Área entre isoyetas a cada 96 hrs;
13, 14, 15 y 16 de sep. 2013

La relación precipitación-área para una duración de 96 horas, fue más grande que las duraciones de 24, 48, y 72 horas, debido a que, resulta ser la acumulación de la lluvia presentada en los días del paso del huracán. Las lluvias no se presentan de manera proporcional en el espacio tiempo, el incremento entre ellas suele ser diferente para cada duración, en la figura 5-36, se observa que el incremento en la precipitación se concentra los primeros dos días.

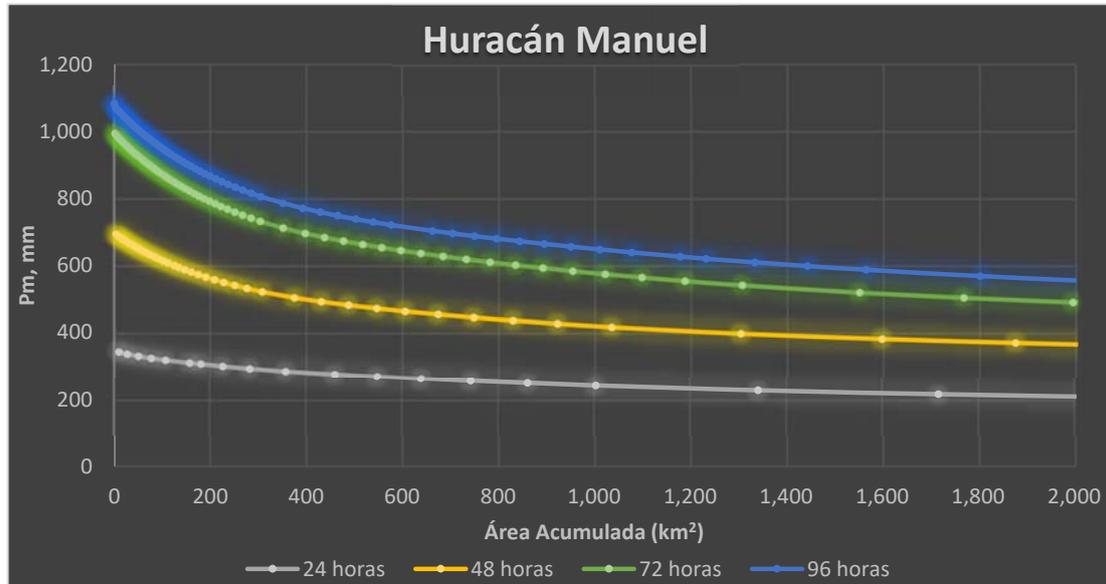


Figura 5-36 Curvas Hp-A-D huracán Manuel 2013, de 24, 48, 72 y 96 horas

5.4. Curvas Hp-A-D Huracán Ingrid 2013.

El huracán Ingrid se presentó en las costas de Tamaulipas, sin embargo, el efecto más devastador se presentó en el estado de Nuevo León, siendo el 16 de septiembre el día que registró una precipitación máxima en el estado. En la figura 4-4 se observa la trayectoria que tuvo mediante su aparición en la república.

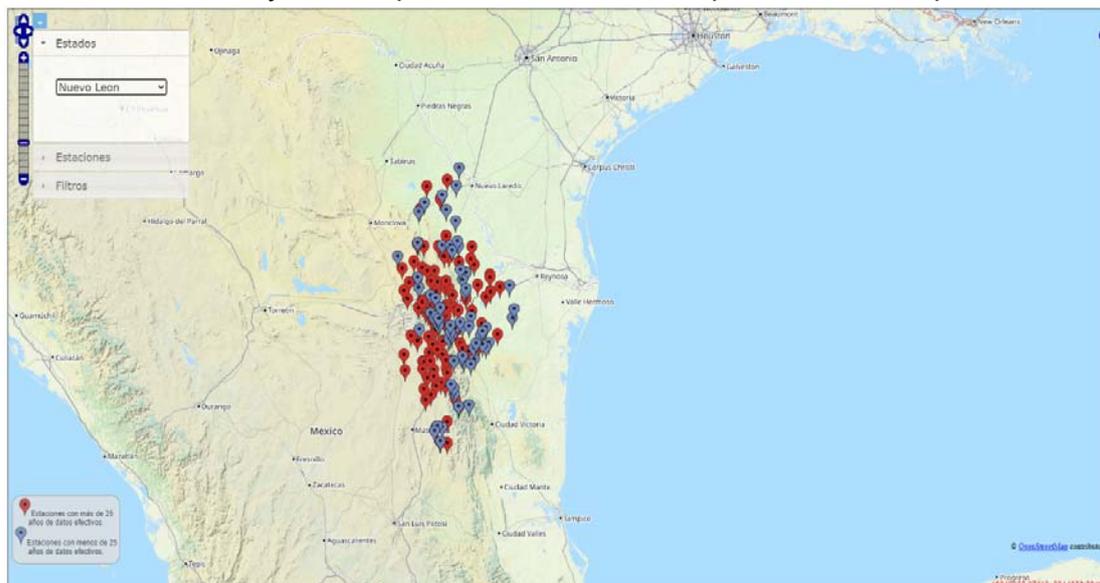


Figura 5-37 Estaciones climáticas estado de Nuevo León, base de datos CLICOM, Fuente: CICESE, 2022

Nuevo León consta con un total de 165 estaciones climatológicas según la base de datos CLICOM (CICESE, 2022), incluyendo las estaciones que se encuentran temporalmente fuera de servicio. En la figura 5-37 se observan las estaciones mencionadas.

El número de estaciones en nuevo León que registraron las precipitaciones ocasionadas por el huracán Ingrid fueron 101. Las estaciones y sus coordenadas geográficas se pueden ver en la tabla 5-19.

Tabla 5-19 Estaciones con información de Huracán Ingrid

ID	Latitud	Longitud	ID	Latitud	Longitud
19003	25.28 N	-100.02 W	19105	25.85 N	-99.95 W
19005	24.1 N	-99.83 W	19106	24.99 N	-99.2 W
19007	24.99 N	-99.75 W	19107	27.53 N	-99.98 W
19008	25.59 N	-99.98 W	19108	24.92 N	-99.25 W
19009	25.2 N	-100.2 W	19111	24.32 N	-99.92 W
19011	24.94 N	-99.39 W	19112	24.73 N	-99.47 W
19012	25.95 N	-100.17 W	19114	25.89 N	-98.81 W
19013	25.08 N	-100.34 W	19115	25.11 N	-100.66 W
19015	25.51 N	-100.19 W	19117	25.86 N	-100.02 W
19016	25.72 N	-99.25 W	19119	26.27 N	-100.61 W
19018	25.49 N	-100.39 W	19121	25.1 N	-99.36 W
19019	25.3 N	-99.34 W	19123	25.85 N	-100.53 W
19020	24.84 N	-100.32 W	19124	25.96 N	-100 W
19021	26.49 N	-100.05 W	19126	24.91 N	-99.69 W
19022	25.8 N	-99.17 W	19128	24.7 N	-100.41 W
19024	27.24 N	-100.12 W	19131	26.35 N	-100.03 W
19026	25.94 N	-100.69 W	19134	25.96 N	-100.29 W
19028	27.08 N	-100.49 W	19136	24.96 N	-99.32 W
19032	24.81 N	-100.8 W	19137	24.58 N	-100.44 W
19033	25.35 N	-100.27 W	19138	24.09 N	-100.39 W
19035	24.87 N	-99.58 W	19141	26.5 N	-100.42 W
19036	26.16 N	-100.83 W	19142	26.31 N	-99.54 W
19037	24.31 N	-100.02 W	19143	23.41 N	-99.98 W
19039	25.5 N	-99.53 W	19144	24.52 N	-99.98 W
19042	25.69 N	-99.63 W	19147	24.78 N	-99.69 W
19043	26.02 N	-99.19 W	19148	24.89 N	-100.17 W
19044	26.12 N	-100.22 W	19151	24.26 N	-100.42 W
19045	26 N	-100.54 W	19154	24.9 N	-99.49 W
19046	23.42 N	-100.12 W	19155	24.72 N	-100 W
19047	24.97 N	-100.25 W	19158	26.17 N	-100.46 W
19048	25.18 N	-99.83 W	19159	23.75 N	-99.98 W
19050	24.57 N	-100.24 W	19160	24.31 N	-100.19 W
19052	25.73 N	-100.31 W	19162	25.77 N	-99.64 W
19053	25.02 N	-100.07 W	19163	25.4 N	-99.54 W
19054	25.68 N	-100.73 W	19165	25.81 N	-100.8 W
19055	27.43 N	-100.37 W	19166	27.17 N	-100.41 W
19057	25.03 N	-100.54 W	19169	25.83 N	-99.63 W
19059	24.17 N	-100.29 W	19170	26.12 N	-100.36 W
19064	25.13 N	-99.03 W	19172	26.13 N	-99.75 W

ID	Latitud	Longitud	ID	Latitud	Longitud
19066	23.98 N	-99.76 W	19173	25.42 N	-100 W
19067	24.7 N	-100.44 W	19174	25.54 N	-100 W
19068	23.65 N	-100.19 W	19178	26.54 N	-100.54 W
19069	25.43 N	-100.12 W	19180	24.46 N	-100.24 W
19071	26.49 N	-99.53 W	19182	24.71 N	-100.31 W
19079	24.44 N	-100.36 W	19187	25.31 N	-99.75 W
19085	24.81 N	-100.07 W	19188	24.98 N	-99.44 W
19091	24.59 N	-100 W	19189	25.15 N	-99.93 W
19096	25.64 N	-100.46 W	19190	25.17 N	-99.32 W
19098	26.22 N	-99.47 W	19192	25.25 N	-99.58 W
19100	24.69 N	-99.68 W	19193	24.7 N	-99.86 W
19101	25.23 N	-99.25 W			

Los días en que más precipitación se presentó fueron del 13 al 19 de septiembre del 2013, el resumen de las precipitaciones se muestra en la tabla 5-20, registrando el 16 de septiembre la precipitación máxima de 261 mm en la estación no. 19033 (ALLENDE).

Tabla 5-20 Precipitaciones de Huracán Ingrid, septiembre 2013

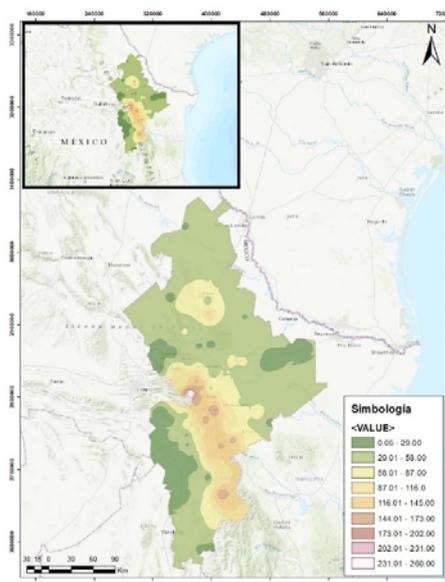
Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	13	14	15	16	17	18	19	
19003	3	20	60	142	154	17	5	401
19005	24	57	45.5	173	6	1	0	306.5
19007	13.2	38.2	139	110	11	0	17.8	329.2
19008	3.9	39.9	77.8	37.3	39.5		0	198.4
19009	12.8	41.5	133.8	144.8	16.6	0	0	349.5
19011	12.5	70	50.5	56	20	0	0	209
19012	3	43	44	26	14		6	136
19013	20	30	32	40	8	0	0	130
19015	19	67	128	149	36	13.7	4.3	417
19016	6	39.5	29	19.3	40.5		0	134.3
19018	17	33	92	89	10	0	0	241
19019	9	35.5	52.5	56.5	11	1	0	165.5
19020	2	3	13	26	4	0	0	48
19021	0	5	109	52.5	13.5	0	0	180
19022	3	25	15.5	16	25	0	0	84.5
19024	0	2.5	34	48	9.5		0	94
19026	0.2	11.5	70.3	18.5	8.5	0.1	0	109.1
19028	0	0	132	46	17	10	0	205
19032	1	2.5	13	11.5	2	2	0	32
19033	47	81	240	261	37.5	7	0	673.5
19035	13.5	72	55.5	88	12.5	0	0	241.5
19036	1	0	3	47	28	5	0	84
19037	8.5	7.2	45.5	7.8	0	0	0	69
19039	4.5	45	107	48	32	0	0	236.5
19042	9	52	58	44	56			219
19043	4.7	5.5	45	33.5	41.7	0.5		130.9
19044	0	30.5	60.9	30.5	38.9	4.5	0	165.3

Estación no.	Precipitación (mm)								
	Día	13	14	15	16	17	18	19	Hp Acumulada
19045		0	18	62.5	30	23.5	2.5	11.5	148
19046				5	27	31.5			63.5
19047		12	40	55	91.5	11	1.5	0	211
19048		8	68	81	101.2	26.2	0	0	284.4
19050		3	6	20	28	2		0	59
19052		0.8	41.8	119.4	48.9	0	2.9	10.5	224.3
19053		20	65	100	157	5	0	0	347
19054		0	20	51					71
19055		0	0	44	27	8	0	0	79
19057		5	5	6	18	1.5		0	35.5
19059		0	2	9	29	0	0	4.5	44.5
19064		21	32	34	38	9.5	1	0	135.5
19066		41	71	59	132	7	0	0	310
19067			2.5	5.5	17.5	1.5	0	0	27
19068		16	0	10.2	33	1	0	1	61.2
19069		18.5	35.2	126.3	150.9	30.2	20	3	384.1
19071		8.8		14.3	36.8	48.5	0	0	108.4
19079		0	1	5	10	23	3	0	42
19085		15.7	44.8	82.5	126.5	12.5	0	0	282
19091		28.5	68	67.5	143	7		0	314
19096		15.5	64	149	100	7	0	0	335.5
19098		5.7	7.5	24.5	32.9	39.4		0	110
19100		17	103	57	134	25	1.5	4	341.5
19101		25	44	50	29	30	0	0	178
19105		3.5	25.5	37.2	35.5	22.3	0	0	124
19106		20	73	86			0	0	179
19107		0	15	30	30	19	7	0	101
19108		23.6	79	62.6	50.3	14.8	0	0	230.3
19111		5	32	37	118	8	2	0	202
19112		16	106	36	66	9	0	0	233
19114		13.5	50	25.5	25	23	0	0	137
19115		4.2	3	12.8	10.7	2.4	0	0	33.1
19117		5	16	29	40	15.5	0	0	105.5
19119		0	4.5	32	37	12	0	12	97.5
19121		13	60	63	72	32	0	0	240
19123		29.7	43.2	23.5	17.9	0	0	27.6	141.9
19124		5	36	33	20	35	2	0	131
19126		19	51.4	64.4	74.9	7.3	0	10	227
19128		1	0.5	12	45	3.5	0.5	0	62.5
19131		0	27	68	125	0	0	0	220
19134		0	34	54	35.3	59	3.5	0	185.8
19136		21	75	57.5	57.8	12	2	0	225.3
19137		0	2.5	8.5	12.5	3.5	0	0	27
19138		0	0	6	10	9	0	0	25
19141		1.6	15.4	137.9	97.4	19.5	9.2		281
19142		2.5	5.3	25.2	27		5.5		65.5
19143		0	2	1.5	20	1.4	0	0	24.9

Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	13	14	15	16	17	18	19	
19144	22.7	79.4	63.8	109.5	0	0	0	275.4
19147	20	158	13.7	168	10.8	0.5	2.6	373.6
19148	9	21	67	90	18	1	0	206
19151	0	0	20	20	0	0	0	40
19154	12	91	38	60	29	0	0	230
19155	25	35	68	127	11	0	0	266
19158	0	8	76	49	34	0	46	213
19159	0	0	40	62	20	0	0	122
19160	0	6.3	10.5	39.4	3	0	0	59.2
19162	18.5	127.5	35.5	116.5	11.5	0	9.5	319
19163	38.8	53.3	64.6	50	5.9	0	0	212.6
19165	20.4	40	40	24	4.3	0	0	128.7
19166		7	60	54	7.5	1.5	0	130
19169	2.2	19	31.5	32.4	51.5	0.7	1	138.3
19170		22.5	83	65	34	4	1	209.5
19172	3	23	74.5	37.5	3	2	0	143
19173	8.8	26.2	79.2	49.8	36.7	0	0	200.7
19174	7.9	47.1	107.8	62.5	26.3		0	251.6
19178	1.5	10	14.3	11.2	27	4	1	69
19180	4	10	40	0	0	0	5	59
19182	1.5	1.2	11.1	27	3	1	0	44.8
19187	20	54.2	72.2	63.4	37.2	0	0	247
19188	12.2	60	68.5	47.8	17.5		1.2	207.2
19189	21.3	28.2	143.2	179.3	22.4	1.3	20.4	416.1
19190	20	38	42	73	6.8	0.1	0	179.9
19192	27.7	38	58	52.8	9.6	0	0	186.1
19193	40	60	100	152	13	3	0.5	368.5

El análisis de las precipitaciones máximas que se realizó para el huracán Ingrid, se muestra en la figura 5-38, que el sitio en donde se presentó la lluvia máxima se fue en los límites del estado de Nuevo León, por lo que, fue necesario considerar la información del estado de Coahuila.

Figura 5-38 Precipitación máxima huracán Ingrid, en el estado de Nuevo León.



Se agregaron 16 estaciones del estado de Coahuila, debido a su cercanía del punto de interés, en total 117 estaciones para el nuevo análisis. En la figura 5-39, se muestra la ubicación de estas.

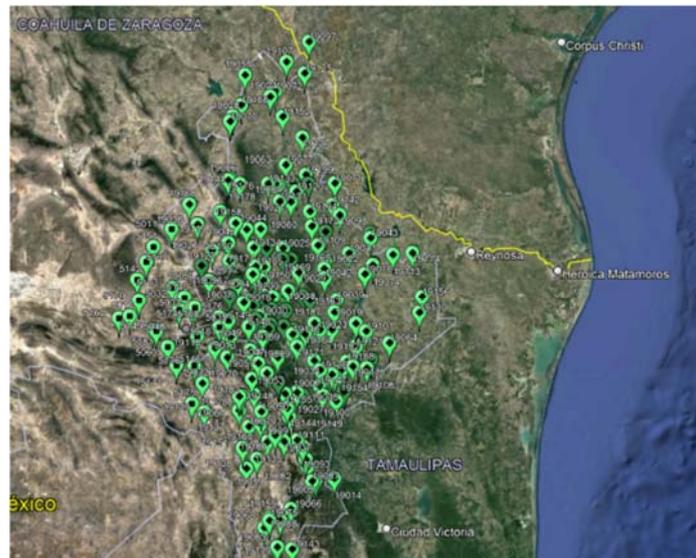


Figura 5-39 Estaciones climatológicas estado de Nuevo León y Coahuila, base de datos CLICOM, Fuente: Google Earth, 2022

El análisis de las precipitaciones indicó que las 117 estaciones registraron datos en los días en que se presentó el huracán, las estaciones y sus coordenadas geográficas se pueden ver en la tabla 5-21.

Tabla 5-21 Estaciones con información de Huracán Ingrid, estados de Nuevo León y Coahuila.

ID	Latitud		Longitud		ID	Latitud		Longitud	
19003	25.28	N	-100.02	W	19117	25.86	N	-100.02	W
19005	24.1	N	-99.83	W	19119	26.27	N	-100.61	W
19007	24.99	N	-99.75	W	19121	25.1	N	-99.36	W
19008	25.59	N	-99.98	W	19123	25.85	N	-100.53	W
19009	25.2	N	-100.2	W	19124	25.96	N	-100	W
19011	24.94	N	-99.39	W	19126	24.91	N	-99.69	W
19012	25.95	N	-100.17	W	19128	24.7	N	-100.41	W
19013	25.08	N	-100.34	W	19131	26.35	N	-100.03	W
19015	25.51	N	-100.19	W	19134	25.96	N	-100.29	W
19016	25.72	N	-99.25	W	19136	24.96	N	-99.32	W
19018	25.49	N	-100.39	W	19137	24.58	N	-100.44	W
19019	25.3	N	-99.34	W	19138	24.09	N	-100.39	W
19020	24.84	N	-100.32	W	19141	26.5	N	-100.42	W
19021	26.49	N	-100.05	W	19142	26.31	N	-99.54	W
19022	25.8	N	-99.17	W	19143	23.41	N	-99.98	W
19024	27.24	N	-100.12	W	19144	24.52	N	-99.98	W
19026	25.94	N	-100.69	W	19147	24.78	N	-99.69	W
19028	27.08	N	-100.49	W	19148	24.89	N	-100.17	W

ID	Latitud		Longitud		ID	Latitud		Longitud	
19032	24.81	N	-100.8	W	19151	24.26	N	-100.42	W
19033	25.35	N	-100.27	W	19154	24.9	N	-99.49	W
19035	24.87	N	-99.58	W	19155	24.72	N	-100	W
19036	26.16	N	-100.83	W	19158	26.17	N	-100.46	W
19037	24.31	N	-100.02	W	19159	23.75	N	-99.98	W
19039	25.5	N	-99.53	W	19160	24.31	N	-100.19	W
19042	25.69	N	-99.63	W	19162	25.77	N	-99.64	W
19043	26.02	N	-99.19	W	19163	25.4	N	-99.54	W
19044	26.12	N	-100.22	W	19165	25.81	N	-100.8	W
19045	26	N	-100.54	W	19166	27.17	N	-100.41	W
19046	23.42	N	-100.12	W	19169	25.83	N	-99.63	W
19047	24.97	N	-100.25	W	19170	26.12	N	-100.36	W
19048	25.18	N	-99.83	W	19172	26.13	N	-99.75	W
19050	24.57	N	-100.24	W	19173	25.42	N	-100	W
19052	25.73	N	-100.31	W	19174	25.54	N	-100	W
19053	25.02	N	-100.07	W	19178	26.54	N	-100.54	W
19054	25.68	N	-100.73	W	19180	24.46	N	-100.24	W
19055	27.43	N	-100.37	W	19182	24.71	N	-100.31	W
19057	25.03	N	-100.54	W	19187	25.31	N	-99.75	W
19059	24.17	N	-100.29	W	19188	24.98	N	-99.44	W
19064	25.13	N	-99.03	W	19189	25.15	N	-99.93	W
19066	23.98	N	-99.76	W	19190	25.17	N	-99.32	W
19067	24.7	N	-100.44	W	19192	25.25	N	-99.58	W
19068	23.65	N	-100.19	W	19193	24.7	N	-99.86	W
19069	25.43	N	-100.12	W	5003	25.45	N	-100.86	W
19071	26.49	N	-99.53	W	5011	26.13	N	-101.07	W
19079	24.44	N	-100.36	W	5048	25.43	N	-101	W
19085	24.81	N	-100.07	W	5081	25.12	N	-101.1	W
19091	24.59	N	-100	W	5136	24.96	N	-100.86	W
19096	25.64	N	-100.46	W	5140	25.54	N	-100.97	W
19098	26.22	N	-99.47	W	5141	24.96	N	-101.02	W
19100	24.69	N	-99.68	W	5145	25.25	N	-101.22	W
19101	25.23	N	-99.25	W	5146	25.21	N	-100.83	W
19105	25.85	N	-99.95	W	5148	25.28	N	-100.34	W
19106	24.99	N	-99.2	W	5149	25.34	N	-100.53	W
19107	27.53	N	-99.98	W	5151	25.98	N	-101.24	W
19108	24.92	N	-99.25	W	5162	25.36	N	-101.58	W
19111	24.32	N	-99.92	W	5170	25.52	N	-101.39	W
19112	24.73	N	-99.47	W	5175	24.64	N	-100.9	W
19114	25.89	N	-98.81	W	5176	25.37	N	-100.63	W
19115	25.11	N	-100.66	W					

Para el huracán Ingrid se revisó la precipitación de 7 días, el resumen de información para cada estación se presenta en la tabla 5-22.

Tabla 5-22 Precipitaciones de Huracán Ingrid, estados de Nuevo León y Coahuila, septiembre 2013.

Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	13	14	15	16	17	18	19	
19003	3	20	60	142	154	17	5	401
19005	24	57	45.5	173	6	1	0	306.5
19007	13.2	38.2	139	110	11	0	17.8	329.2
19008	3.9	39.9	77.8	37.3	39.5		0	198.4
19009	12.8	41.5	133.8	144.8	16.6	0	0	349.5
19011	12.5	70	50.5	56	20	0	0	209
19012	3	43	44	26	14		6	136
19013	20	30	32	40	8	0	0	130
19015	19	67	128	149	36	13.7	4.3	417
19016	6	39.5	29	19.3	40.5		0	134.3
19018	17	33	92	89	10	0	0	241
19019	9	35.5	52.5	56.5	11	1	0	165.5
19020	2	3	13	26	4	0	0	48
19021	0	5	109	52.5	13.5	0	0	180
19022	3	25	15.5	16	25	0	0	84.5
19024	0	2.5	34	48	9.5		0	94
19026	0.2	11.5	70.3	18.5	8.5	0.1	0	109.1
19028	0	0	132	46	17	10	0	205
19032	1	2.5	13	11.5	2	2	0	32
19033	47	81	240	261	37.5	7	0	673.5
19035	13.5	72	55.5	88	12.5	0	0	241.5
19036	1	0	3	47	28	5	0	84
19037	8.5	7.2	45.5	7.8	0	0	0	69
19039	4.5	45	107	48	32	0	0	236.5
19042	9	52	58	44	56			219
19043	4.7	5.5	45	33.5	41.7	0.5		130.9
19044	0	30.5	60.9	30.5	38.9	4.5	0	165.3
19045	0	18	62.5	30	23.5	2.5	11.5	148
19046			5	27	31.5			63.5
19047	12	40	55	91.5	11	1.5	0	211
19048	8	68	81	101.2	26.2	0	0	284.4
19050	3	6	20	28	2		0	59
19052	0.8	41.8	119.4	48.9	0	2.9	10.5	224.3
19053	20	65	100	157	5	0	0	347
19054	0	20	51					71
19055	0	0	44	27	8	0	0	79
19057	5	5	6	18	1.5		0	35.5
19059	0	2	9	29	0	0	4.5	44.5
19064	21	32	34	38	9.5	1	0	135.5
19066	41	71	59	132	7	0	0	310
19067		2.5	5.5	17.5	1.5	0	0	27
19068	16	0	10.2	33	1	0	1	61.2
19069	18.5	35.2	126.3	150.9	30.2	20	3	384.1
19071	8.8		14.3	36.8	48.5	0	0	108.4
19079	0	1	5	10	23	3	0	42
19085	15.7	44.8	82.5	126.5	12.5	0	0	282
19091	28.5	68	67.5	143	7		0	314

Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	13	14	15	16	17	18	19	
19096	15.5	64	149	100	7	0	0	335.5
19098	5.7	7.5	24.5	32.9	39.4		0	110
19100	17	103	57	134	25	1.5	4	341.5
19101	25	44	50	29	30	0	0	178
19105	3.5	25.5	37.2	35.5	22.3	0	0	124
19106	20	73	86			0	0	179
19107	0	15	30	30	19	7	0	101
19108	23.6	79	62.6	50.3	14.8	0	0	230.3
19111	5	32	37	118	8	2	0	202
19112	16	106	36	66	9	0	0	233
19114	13.5	50	25.5	25	23	0	0	137
19115	4.2	3	12.8	10.7	2.4	0	0	33.1
19117	5	16	29	40	15.5	0	0	105.5
19119	0	4.5	32	37	12	0	12	97.5
19121	13	60	63	72	32	0	0	240
19123	29.7	43.2	23.5	17.9	0	0	27.6	141.9
19124	5	36	33	20	35	2	0	131
19126	19	51.4	64.4	74.9	7.3	0	10	227
19128	1	0.5	12	45	3.5	0.5	0	62.5
19131	0	27	68	125	0	0	0	220
19134	0	34	54	35.3	59	3.5	0	185.8
19136	21	75	57.5	57.8	12	2	0	225.3
19137	0	2.5	8.5	12.5	3.5	0	0	27
19138	0	0	6	10	9	0	0	25
19141	1.6	15.4	137.9	97.4	19.5	9.2		281
19142	2.5	5.3	25.2	27		5.5		65.5
19143	0	2	1.5	20	1.4	0	0	24.9
19144	22.7	79.4	63.8	109.5	0	0	0	275.4
19147	20	158	13.7	168	10.8	0.5	2.6	373.6
19148	9	21	67	90	18	1	0	206
19151	0	0	20	20	0	0	0	40
19154	12	91	38	60	29	0	0	230
19155	25	35	68	127	11	0	0	266
19158	0	8	76	49	34	0	46	213
19159	0	0	40	62	20	0	0	122
19160	0	6.3	10.5	39.4	3	0	0	59.2
19162	18.5	127.5	35.5	116.5	11.5	0	9.5	319
19163	38.8	53.3	64.6	50	5.9	0	0	212.6
19165	20.4	40	40	24	4.3	0	0	128.7
19166		7	60	54	7.5	1.5	0	130
19169	2.2	19	31.5	32.4	51.5	0.7	1	138.3
19170		22.5	83	65	34	4	1	209.5
19172	3	23	74.5	37.5	3	2	0	143
19173	8.8	26.2	79.2	49.8	36.7	0	0	200.7
19174	7.9	47.1	107.8	62.5	26.3		0	251.6
19178	1.5	10	14.3	11.2	27	4	1	69
19180	4	10	40	0	0	0	5	59
19182	1.5	1.2	11.1	27	3	1	0	44.8

Día Estación no.	Precipitación (mm)							
	13	14	15	16	17	18	19	Hp Acumulada
19187	20	54.2	72.2	63.4	37.2	0	0	247
19188	12.2	60	68.5	47.8	17.5		1.2	207.2
19189	21.3	28.2	143.2	179.3	22.4	1.3	20.4	416.1
19190	20	38	42	73	6.8	0.1	0	179.9
19192	27.7	38	58	52.8	9.6	0	0	186.1
19193	40	60	100	152	13	3	0.5	368.5
5003	2	3	3	5	7	4	6	30
5011	0	3	48	30	4	0	0	85
5048	7	6.8	17	3.7	9	0	0	43.5
5081	7	11	20	4	6	0	0	48
5136	0	0	0	11	0	0	0	11
5140	5.6	8	7.1	9	2.5	0	0	32.2
5141	0	0	13	0	19	37	0	69
5145	5	7	10	10	2	6	0	40
5146	0	0	0	52	8.5	27	20	107.5
5148	24.3	17.3	59.3	87.3	25.4	2.3	0	215.9
5149	0	0	0	0	0	0	0	0
5151	0.5	2.5	30	11	1.5	0	0	45.5
5162	13	0	7	14	5	0	4	43
5170	2	2	3	9	2	0	0	18
5175	0	0	18	10	7	0	0	35
5176	6	8	14	16	2	0	0	46

La tabla 5-23, muestra el análisis de las precipitaciones más grandes de este huracán en una duración de 24, 48 72 y 96 horas. El 16 de septiembre se presentó la lluvia más grande para 24 horas.

Tabla 5-23 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Ingrid, septiembre 2013.

	24 horas		48 horas		72 horas			96 horas			
Días	15	16	15 y 16	16 y 17	14 al 16	15 al 17	16 al 18	13 al 16	14 al 17	15 al 18	16 al 19
Promedios	49.89	56.38	105.32	71.62	135.1	121.51	73.51	144.43	151.3	123.41	75.52
Máximos	240	261	501	298.5	582	538.5	313	629	619.5	545.5	318

5.4.1. Duración de 24 horas

16 de septiembre del 2013

Las isoyetas de precipitación en el área de estudio, que incluyen el estado de Nuevo León y el estado de Coahuila de Zaragoza se realizaron a cada 10 mm, en la figura 5-40, se presenta la distribución de las isoyetas para el día 16 de septiembre del 2013.

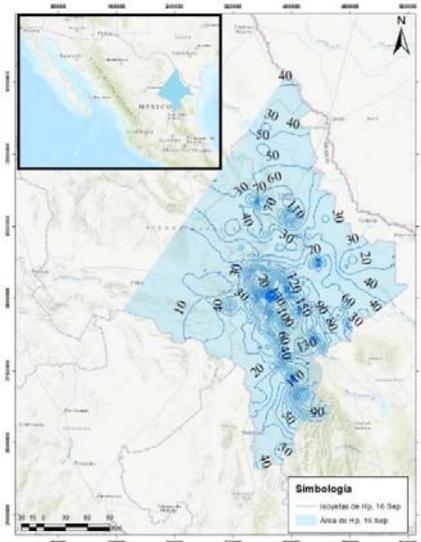
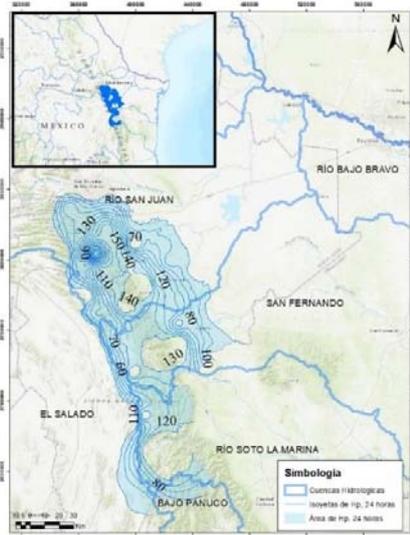


Figura 5-40 Isoyetas de precipitación 16 de septiembre 2013, Nuevo León y Coahuila.

La figura 5-41, muestra de color azul el área entre isoyetas con el que se realizó el análisis de esta curva. En la misma figura se muestran 7 centros de precipitación que no se consideraron debido a que se busca obtener la curva más desfavorable de Precipitación-Área-para una duración de 24 horas, por lo que, el centro de lluvia que se seleccionó fue el de la precipitación máxima.

Figura 5-41 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 16 de septiembre 2013



La precipitación promedio se obtuvo mediante al desglose del área entre isoyetas, como se muestra en la tabla 5-24.

Tabla 5-24 Valores de la precipitación media y área para las isoyetas, 16 Sep. 2013

(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7) = (6)/(3)
Isoyetas	Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	PiAi (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	Pm mm
260 250	6.0606	6.0606	255	1545.44	1545.44	255.0
250 240	8.7667	14.8273	245	2147.85	3693.30	249.1
240 230	10.4581	25.2854	235	2457.66	6150.96	243.3
230 220	11.5349	36.8203	225	2595.35	8746.31	237.5

(1)		(2)	(3)	(4)	(5) = (2)(4)	(6)	(7) = (6)/(3)
Isoyetas		Área entre isoyetas km ²	Área encerrada km ²	Altura de precipitación mm	PiAi (mm)(km ²)	Incremento acumulado (mm)(km ²)	Pm mm
220	210	13.7473	50.5676	215	2955.66	11701.97	231.4
210	200	16.2678	66.8354	205	3334.89	15036.86	225.0
200	190	19.9680	86.8034	195	3893.76	18930.62	218.1
190	180	25.1942	111.9975	185	4660.92	23591.55	210.6
180	170	33.1324	145.1299	175	5798.17	29389.72	202.5
170	160	48.7115	193.8414	165	8037.39	37427.11	193.1
160	150	79.0760	272.9174	155	12256.78	49683.89	182.0
150	140	384.2277	657.1451	145	55713.01	105396.90	160.4
140	130	639.1834	1296.3285	135	86289.76	191686.66	147.9
130	120	1303.9047	2600.2332	125	162988.09	354674.75	136.4
120	110	1625.5943	4225.8275	115	186943.35	541618.09	128.2
110	100	1555.3513	5781.1788	105	163311.89	704929.98	121.9
100	90	1455.7454	7236.9242	95	138295.81	843225.79	116.5
90	80	1367.2421	8604.1663	85	116215.58	959441.37	111.5
80	70	1323.1886	9927.3548	75	99239.14	1058680.51	106.6
70	60	2057.0351	11984.3900	65	133707.28	1192387.80	99.5

Con la tabla anterior se obtuvo la curva Hp-A-D de 24 horas, la figura 5-42, muestra el punto más alto es sólo de 250 mm.

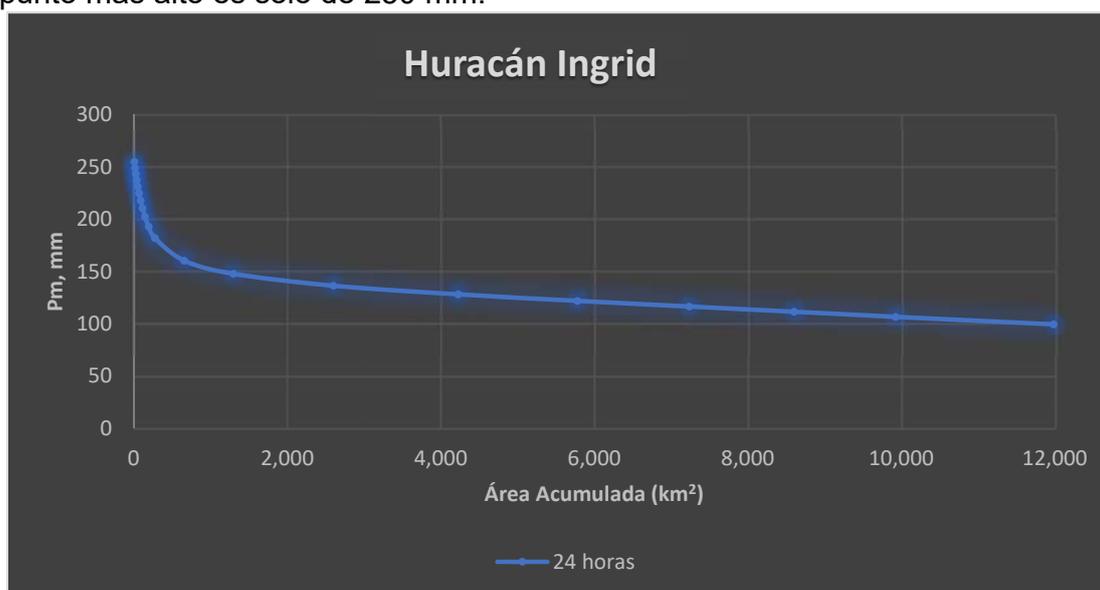


Figura 5-42 Curva Hp-A-D 24 horas, 16 Sep. 2013

5.4.2. Duración de 48 horas 15 y 16 de septiembre del 2013

Al igual que el análisis del día anterior se eliminaron los centros de lluvia que son más pequeños que la precipitación de estudio, en este caso la precipitación máxima fue de 501 mm y en la figura 5-43, se presenta el área tributaria para el estudio de esta curva, de color azul se muestra el área que se tomó en cuenta para obtener la curva Hp-A-48 horas de este evento hidrometeorológico.

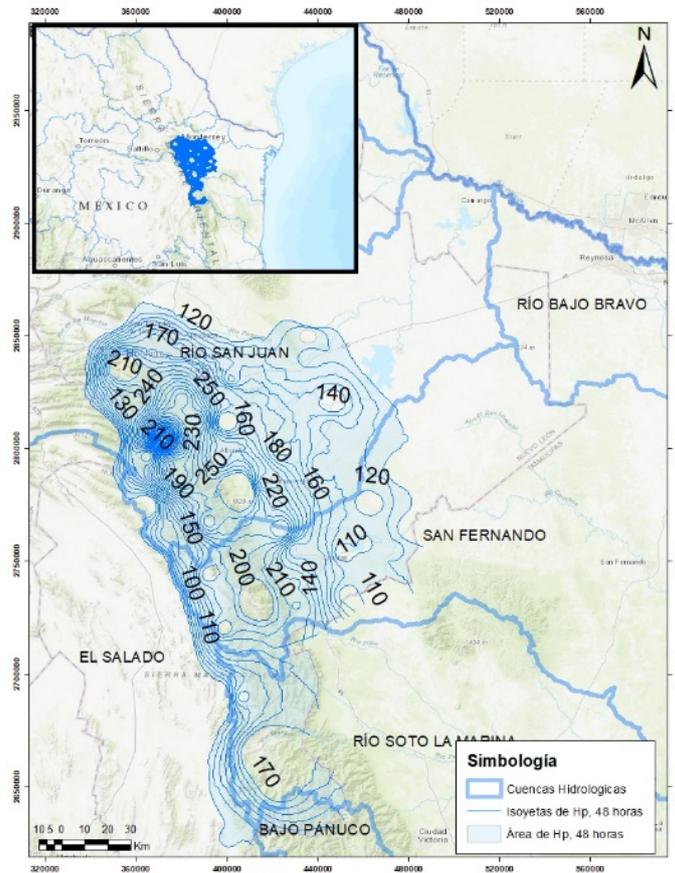


Figura 5-43 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 15 y 16 de septiembre 2013

Las curvas de 24 y 48 horas se encuentran muy separadas entre sí, lo que nos quiere decir que las precipitaciones en ambos días fueron grandes. Véase en la figura 5-44.

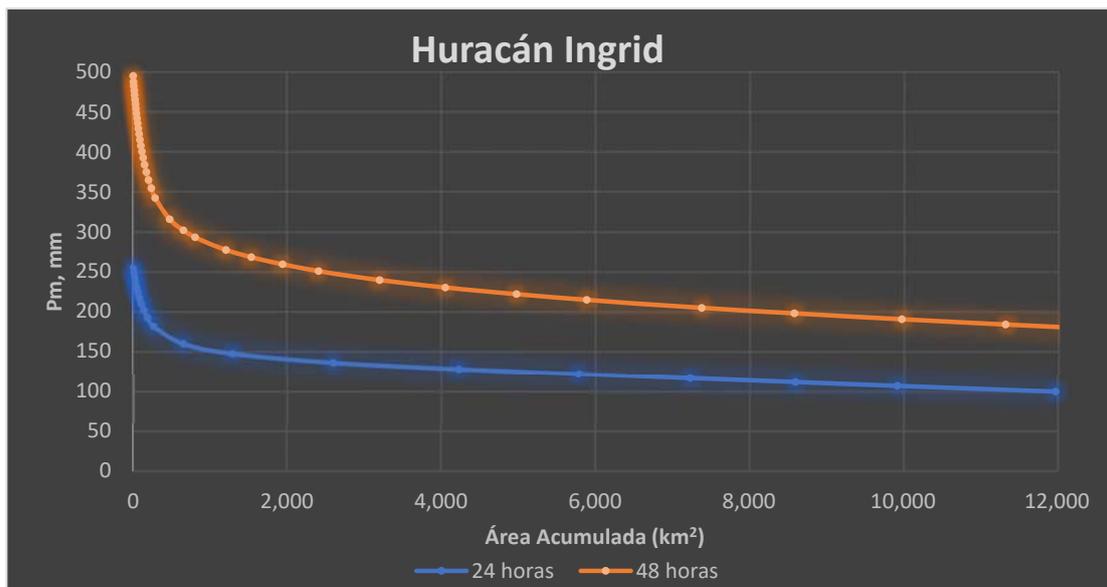


Figura 5-44 Curvas Hp-A-D huracán Ingrid 2013, de 24 y 48 horas.

5.4.3. Duración de 72 horas 14, 15 y 16 de septiembre del 2013

Para una duración de 72 horas se muestran las isoyetas de precipitación a cada 10 mm en la figura 5-45. El procedimiento de eliminar los centros de precipitaciones más pequeñas se aplicó también en este análisis.

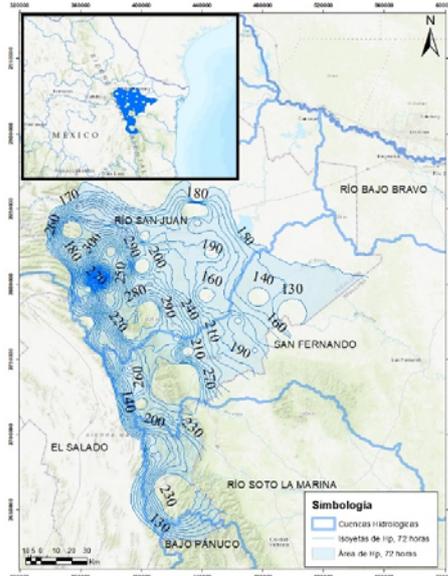


Figura 5-45 Área entre isoyetas a cada 72 hrs; 14, 15 y 16 de septiembre 2013

El incremento de las curvas precipitación-área con respecto a la duración mostró, que en las primeras 48 horas ocurrieron grandes lluvias, después de ese tiempo se fueron presentando de manera más moderada, como se muestra en la figura 5-46.

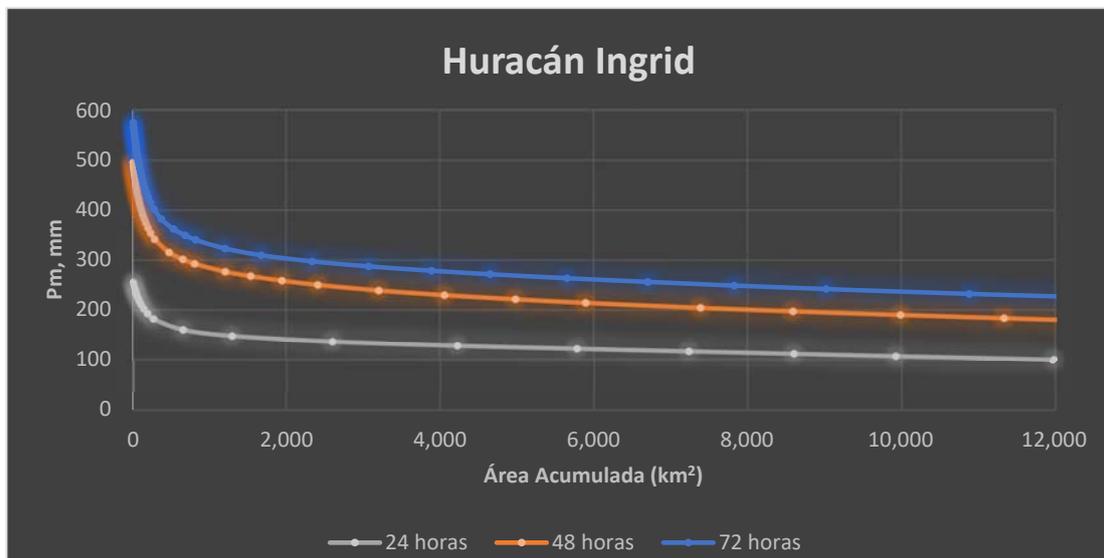


Figura 5-46 Curvas Hp-A-D huracán Ingrid 2013, de 24, 48 y 72 horas.

5.4.4. Duración de 96 horas

En el caso particular de este análisis, 2 análisis indicaron una precipitación máxima y una precipitación promedio muy similares para una duración de 96 horas, por ello se desarrollaron ambos análisis, se presentan en la figura 5-47.

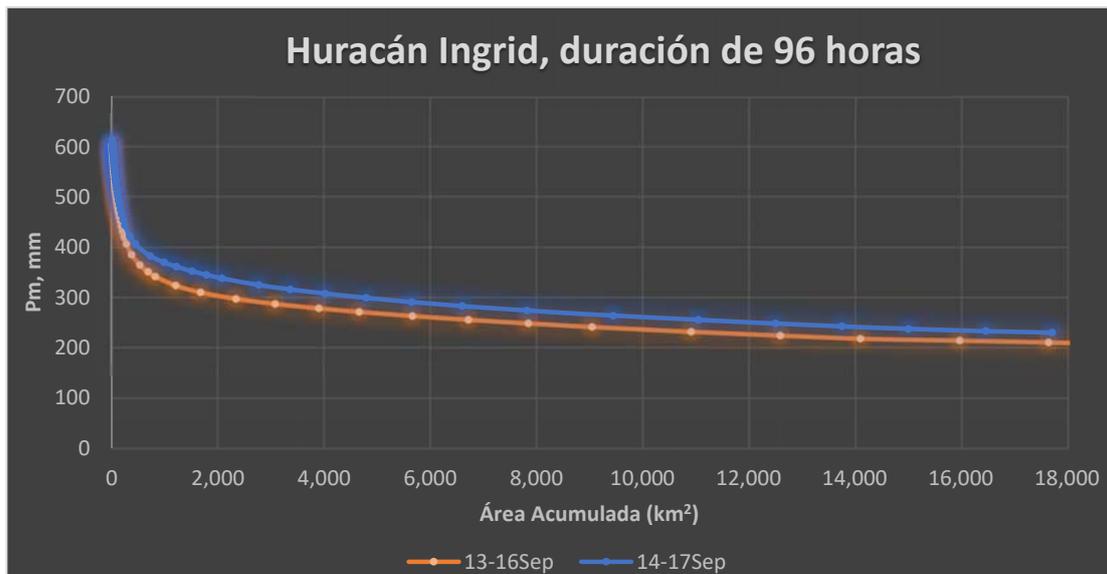


Figura 5-47 Comparativa de curvas entre 2 análisis para una duración de 96 horas, Huracán Ingrid 2013

Con los resultados de la figura anterior se obtuvo que la curva más desfavorable fue la curva que comprende los días 14, 15, 16 y 17 de septiembre del 2013. Por esa razón sólo se describe la curva mencionada.

13, 14, 15 y 16 de septiembre del 2013

Las isoyetas de precipitación para una duración de 96 horas se tomaron a cada 10 mm como se muestra en la figura 5-48. El área entre isoyetas que se tomó para el análisis es la de color azul, se muestra la división de las cuencas hidrológicas mediante un contorno azul claro.

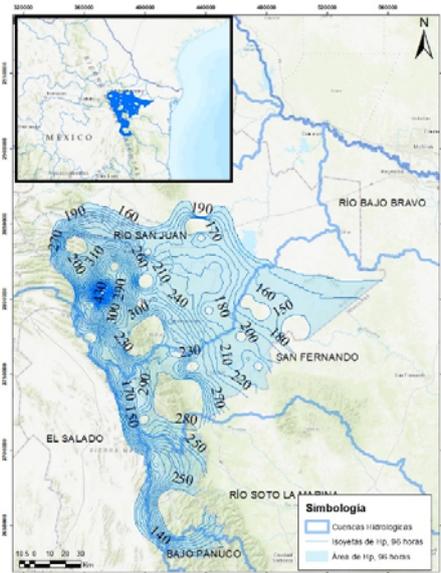


Figura 5-48 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 13, 14, 15 y 16 de septiembre 2013

En la figura 5-49, se muestran las 4 relaciones precipitación-área para una duración de 24, 48, 72 y 96 horas que ocurrieron por el huracán Ingrid, son las curvas más desfavorables, representan las precipitaciones máximas que ocurrieron durante su paso por el estado de Nuevo León.

El incremento que se presentó entre la duración de 72 y 96 horas fue el más pequeño, lo que indica que en el último día de análisis ocurrió una lluvia muy ligera que casi no incrementó la precipitación acumulada.

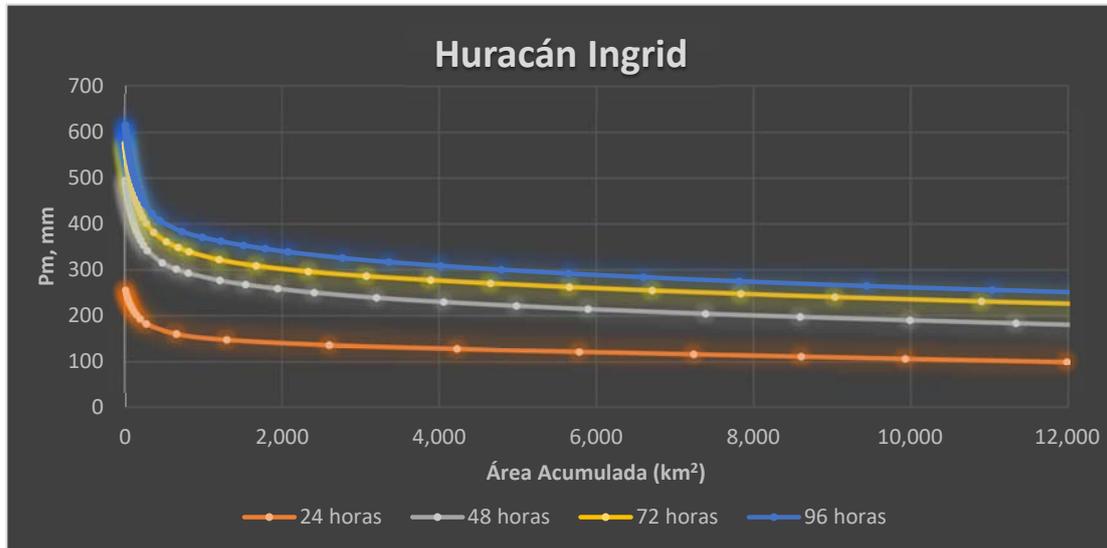


Figura 5-49 Curvas Hp-A-D huracán Ingrid 2013, de 24, 48, 72 y 96 horas.

5.5. Curvas Hp-A-D Huracán Odile 2014.

Odile fue un huracán que llegó a ser de categoría no III según la escala de Saffir-Simpson, el estado que más afectó durante su paso fue Baja California Sur, el 14 de septiembre del 2014 a las 23:45, tocó tierra; en la figura 4-5 se observa el camino que tuvo desde su aparición.

Para ubicar el sitio donde se presentaron las precipitaciones máximas se obtuvo información de las estaciones climatológicas en la base de datos CLICOM. (CICESE, 2022); el estado cuenta con un total de 162 estaciones climatológicas, tomando las estaciones que se encuentran suspendidas. Véase en la figura 5-50.

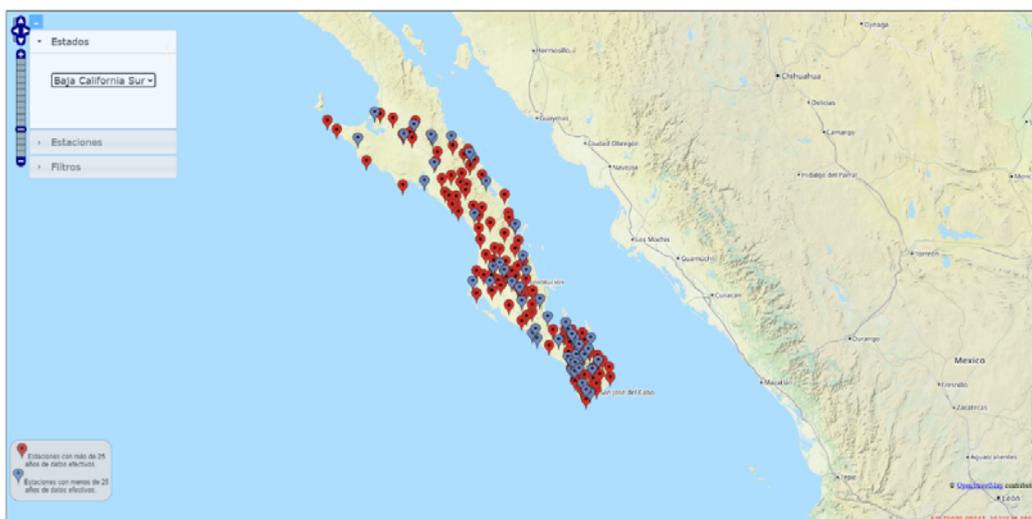


Figura 5-50 Estaciones climatológicas estado de Baja California Sur, base de datos CLICOM, Fuente: CICESE,

El número de estaciones que registraron las precipitaciones durante el paso del huracán Odile en el estado de Baja California Sur, fueron 128, Las estaciones y sus coordenadas geográficas se pueden ver en la tabla 5-25.

Tabla 5-25 Estaciones con información de Huracán Odile.

No. de estación	Latitud		Longitud		No. De estación	Latitud		Longitud	
3003	23.29	N	-109.44	W	3098	26.53	N	-112.66	W
3004	25.12	N	-111.81	W	3099	26.22	N	-111.47	W
3005	22.88	N	-109.92	W	3101	24.93	N	-111.63	W
3006	26.38	N	-112.51	W	3102	27.55	N	-113.39	W
3007	23.33	N	-109.95	W	3103	27.06	N	-112.24	W
3008	26.06	N	-111.83	W	3104	24.04	N	-110.12	W
3009	24.84	N	-111.12	W	3105	25.59	N	-111.64	W
3011	24.15	N	-110.2	W	3107	27.26	N	-112.36	W
3012	24.78	N	-111.15	W	3108	25.6	N	-111.34	W
3013	24.47	N	-111	W	3109	25.36	N	-111.17	W
3014	24.84	N	-111.8	W	3110	24.15	N	-110.58	W
3015	23.86	N	-110.66	W	3116	25.19	N	-111.41	W
3016	26.76	N	-112.42	W	3117	27.14	N	-114.31	W
3018	23.8	N	-110.1	W	3119	27.88	N	-113.78	W
3019	26.92	N	-112.41	W	3120	23.22	N	-110.14	W
3020	24.83	N	-111.22	W	3121	26.89	N	-112.61	W
3022	25.05	N	-111.12	W	3122	27.84	N	-113.32	W
3023	24.02	N	-110.36	W	3123	27.85	N	-115.08	W
3027	25.76	N	-112.03	W	3124	25.12	N	-111.97	W
3028	25.37	N	-111.53	W	3126	26.52	N	-112.51	W
3029	26.18	N	-112.07	W	3128	24.91	N	-111.29	W
3030	23.6	N	-109.59	W	3129	26.54	N	-111.54	W
3031	24.81	N	-110.98	W	3130	25.28	N	-111.29	W
3032	23.47	N	-109.46	W	3131	24.3	N	-111.2	W
3033	25.4	N	-111.76	W	3133	26.14	N	-111.46	W
3035	26.01	N	-111.34	W	3134	24.59	N	-111	W
3036	23.89	N	-110.14	W	3135	23.07	N	-110.02	W
3037	23.97	N	-109.95	W	3137	23.14	N	-110	W
3038	26.89	N	-112	W	3138	25.73	N	-111.27	W
3039	26.32	N	-112	W	3141	25.61	N	-111.75	W
3040	23.88	N	-110.1	W	3143	23.68	N	-109.69	W
3041	26.82	N	-112.8	W	3144	23.35	N	-109.64	W
3042	24.39	N	-111.1	W	3146	24.59	N	-111.46	W
3043	25.2	N	-112.1	W	3148	27.41	N	-112.58	W
3044	27.22	N	-112.22	W	3154	25.09	N	-111.51	W
3045	24.79	N	-112.1	W	3155	26.38	N	-112.59	W
3047	26.72	N	-113.58	W	3156	26.72	N	-112.31	W
3049	23.81	N	-110.05	W	3158	26.63	N	-112.32	W
3050	23.74	N	-109.85	W	3163	23.44	N	-109.8	W
3051	23.11	N	-109.86	W	3166	25.96	N	-112.07	W
3052	27.3	N	-112.88	W	3167	24.08	N	-110	W
3053	23.24	N	-110.07	W	3172	26.35	N	-112.17	W

No. de estación	Latitud		Longitud		No. De estación	Latitud		Longitud	
3054	25.87	N	-111.54	W	3174	27.97	N	-114.03	W
3055	26.59	N	-112.73	W	3175	23.58	N	-110.22	W
3056	23.07	N	-109.71	W	3176	24.65	N	-111.2	W
3057	26.26	N	-112.47	W	3177	23.7	N	-110.12	W
3058	23.93	N	-110.25	W	3178	23.54	N	-110.14	W
3060	23.53	N	-110.07	W	3179	25.2	N	-111.56	W
3061	27.34	N	-112.27	W	3180	25.34	N	-111.64	W
3062	23.48	N	-109.73	W	3182	23.44	N	-110.07	W
3063	25.49	N	-111.92	W	3183	23.17	N	-110	W
3065	25.09	N	-111.32	W	3184	25	N	-111.85	W
3066	23.45	N	-110.22	W	3185	27.55	N	-112.98	W
3067	23.27	N	-109.78	W	3186	23.69	N	-109.95	W
3068	25.03	N	-111.68	W	3187	24.99	N	-111.41	W
3069	25.26	N	-111.78	W	3188	23	N	-109.85	W
3073	27.65	N	-113.44	W	3189	23.05	N	-109.92	W
3074	24.13	N	-110.34	W	3190	23.59	N	-109.68	W
3075	24.84	N	-110.98	W	3191	27.6	N	-113.02	W
3077	23.76	N	-110.27	W	3194	23.98	N	-110.15	W
3093	27.15	N	-112.15	W	3195	24.05	N	-110.2	W
3094	23.18	N	-109.71	W	3196	23.87	N	-110.07	W
3096	23.54	N	-109.68	W	3197	23.79	N	-109.88	W
3097	23.36	N	-110.15	W	3198	24.68	N	-110.85	W

El huracán Odile, registró sus precipitaciones más grandes del 11 al 17 de septiembre del 2014, por lo que se presentan en la tabla 5-26, los datos de precipitación en cada estación durante los días mencionados.

Tabla 5-26 Precipitaciones de Huracán Odile, septiembre 2014

Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	11	12	13	14	15	16	17	
3003	0	0	0	100	6	0	0	106
3004	0	0	0	116	0	0	0	116
3005	0	0	20	0				20
3006	0	0	0	90	0	0	0	90
3007	30	30	0	0	280	20.5	0	360.5
3008	0	0	0	272	0	0	0	272
3009	0	2	0	198	32	0	0	232
3011	0	0	0	98	4	0	0	102
3012	0	8	0	120	3	0	0	131
3013	0	0	0	95	0	0	0	95
3014	0	0	0	40	0	0	0	40
3015	0	0	0	99	26	0	0	125
3016	0	0	0	0	180	0	0	180
3018	0	0	0	216	32	0	0	248
3019	0	0	0	31	480	37	0	548

Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	11	12	13	14	15	16	17	
3020	0	0	0	84	48	0	0	132
3022	0	6	0	0	296	0	0	302
3023	0	0	0	127	0	0	0	127
3027	0	0	0	0	0	120	0	120
3028	0	0	0	212	0	0	0	212
3029	0	0	0	4	160	0	0	164
3030	0	1	0	98	13	0	0	112
3031	0	0	0	0	250	0	0	250
3032	28	0	114	29	0	0	0	171
3033	0	0	0	4.5	99.5	0	0	104
3035	0	0	0	8.4	158	0	0	166.4
3036	0	0	0	130	23	0	0	153
3037	0	11	0	106	0	0	0	117
3038	0	0	0	0	184	0	0	184
3039	0	0	0	8	200	0	0	208
3040	0	0	0	97	41.5	0	0	138.5
3041	0	0	0	0	162.5	0	0	162.5
3042	0	0	180	3	0	2.5	0	185.5
3043	0	0	0	68.5	0	0	0	68.5
3044	0	0	0	19	2	0	0	21
3045	0	0	0	0	0	0	0	0
3047	0	0	0	0	12	32	0	44
3049	0	0	0	123.8	57.4	0	0	181.2
3050	0	0	0	190	17	0	3	210
3051	0	0	0	360	0	0	0	360
3052	0	0	0	0	0	113	60	173
3053	0	0	0	200	5	0	0	205
3054	0	0	0	490	29	0	0	519
3055	0	3	0	1	37	4	0	45
3056	0	0	0	240	25	0	0	265
3057	0	0	0	10.5	25	0	0	35.5
3058	1	0	8	172	8	0	0	189
3060	0	8	0	240	0	0	0	248
3061	0	0	0	0	128.5	0	0	128.5
3062	0	0	0	163.4	26.7	0	30	220.1
3063	0	0	0	81	0	0	0	81
3065	0	0	0	37	84	0	0	121
3066	0	0	0	0	100	0	0	100
3067	0	0	0	230	36	15	0	281
3068	0	0	0	7.8	76.8	0	0	84.6
3069	0	0	0	10.5	54	0	0	64.5
3073	0	0	0	0	29.5	10	0	39.5
3074	0	0	9.8	98.4	0	0	0	108.2
3075	0	0	0	120	0	0	0	120
3077				130	0	0	0	130
3093	0	0	0	110	19	0	0	129
3094	0	0	0	303	17	0	0	320

Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	11	12	13	14	15	16	17	
3096	0	0	0	100	12.2	3.2	0	115.4
3097	0	0	0	80	0	0	0	80
3098	0	0	0	0	39	0	0	39
3099	0	0	0	150	0	0	0	150
3101	0	0	0	10.9	86	0	0	96.9
3102	0	0	0	0	23.5	22.8	0	46.3
3103	0	0	0	8	350	0	0	358
3104	0	11	0	86	21.3	0	0	118.3
3105	0	19	0	26.8	139.7	0	0	185.5
3107	0	0	0	0	283	0	0	283
3108	0	0	0	114	301.5	0	0	415.5
3109	0	0	0	0	0	336	0	336
3110	0	0	0	144	34	0	0	178
3116	0	0	6	0	10	120	0	136
3117	0	0	0	65	0	0	0	65
3119	0	0	0	0	29.5	5.5	0	35
3120	0	0	0	118	2	0	0	120
3121	0	0	10.5	0	0	260	0	270.5
3122	0	0	0	0	28	15	0	43
3123	0	0	0	0	0	2	0	2
3124	0	0	0	51	0	0	0	51
3126	0	0	0	2	74	3.5	0	79.5
3128	0	0	0	0	144.5	0	0	144.5
3129	0	0	0	0	136	0	0	136
3130	0	0	0	0	120	154	0	274
3131	0	0	0	84	15	0	0	99
3133	0	0	0	0	266	0	0	266
3134	0	0	0	208	30	0	0	238
3135	0	0	6.5	0	150	28	0	184.5
3137	9	0	0	300	9.3	0	0	318.3
3138	0	0	0	98	108	0	0	206
3141	0	11	0	130	0	0	0	141
3143	0	0	95	0	0	0	0	95
3144	0	0	0	290	27.5	0	0	317.5
3146	0	0	0	0	84	8	0	92
3148	0	0	0	0	200	40	0	240
3154	0	0	0	0	94.5	0	0	94.5
3155	0	0	0	1.5	49	0	0	50.5
3156	0	0	0	0	20	420	12	452
3158	0	0	0	14	17.7	4.5	0	36.2
3163	0	0	0	245	0	0	0	245
3166	0	0	0	0.4	267	0.1	0	267.5
3167	0	0	5	0	7	0	0	12
3172	0	0	0	0	245	0	0	245
3174	0	0	0	0	11	6	0	17
3175	0	0	0	185	6	0	0	191
3176	0	14	0	0	180	0	0	194

Día Estación no.	Precipitación (mm)							Hp Acumulada
	11	12	13	14	15	16	17	
3177	4.5	0	0	224	15	0	0	243.5
3178	0	3	0	148	0	0	0	151
3179	0	0	0	0	94.5	0	0	94.5
3180	0	0	0	101.4	0	0	0	101.4
3182	0	0	0	354.4	0	0	0	354.4
3183	0	0	0	400	0	0	0	400
3184	0	0	0	77	0	0	0	77
3185	0	0	0	100	145	2	0	247
3186	0	0	0	407	31	0	8	446
3187	0	0	0	123	0	0	0	123
3188	0	0	0	360	0			360
3189	0	0	0	132.6	32.6	0	0	165.2
3190	0	0	0	360	0			360
3191	0	0	0	340	200	0	0	540
3194	2.6	0	2.5	110	0	0	0	115.1
3195	0	9	0	96	15.7	0	0	120.7
3196	0	0	0	130	45	0	0	175
3197	0	0	0	125	0	0	0	125
3198	0	0	0	288	0	0	0	288

En la tabla anterior se observó que el día con la precipitación máxima fue el 14 de septiembre del mismo año con un total de 490 mm, registrada por la estación no. 3054 (SAN JAVIER).

La tabla 5-27, presenta el resumen de los análisis que se realizaron para obtener la relación precipitación-área en diferentes duraciones.

Tabla 5-27 Análisis de precipitaciones máximas, Huracán Odile, septiembre 2014

	24 horas	48 horas		72 horas		96 horas
Días	14	13y14	14y15	13 al 15	14 al 16	13 al 16
Promedios	95.15	98.73	155.06	158.63	169	172.57
Máximos	490	490	540	540	548	548

5.5.1. Duración de 24 horas

14 de septiembre del 2014

La relación precipitación-área para una duración de 24 horas se obtuvo del día 14 de septiembre como se muestra en la tabla 5-27; las isoyetas de precipitación se obtuvieron a cada 10 mm como se muestra en la figura 5-51.



Figura 5-51 Isoyetas de precipitación 14 de septiembre del 2014, Baja California Sur.

El sitio de precipitación máxima ocurrió en la estación no. 3054 (SAN JAVIER), ubicada en el municipio de Loreto; en la figura 5-32, se muestra el área que se tomó en cuenta para obtener su curva.

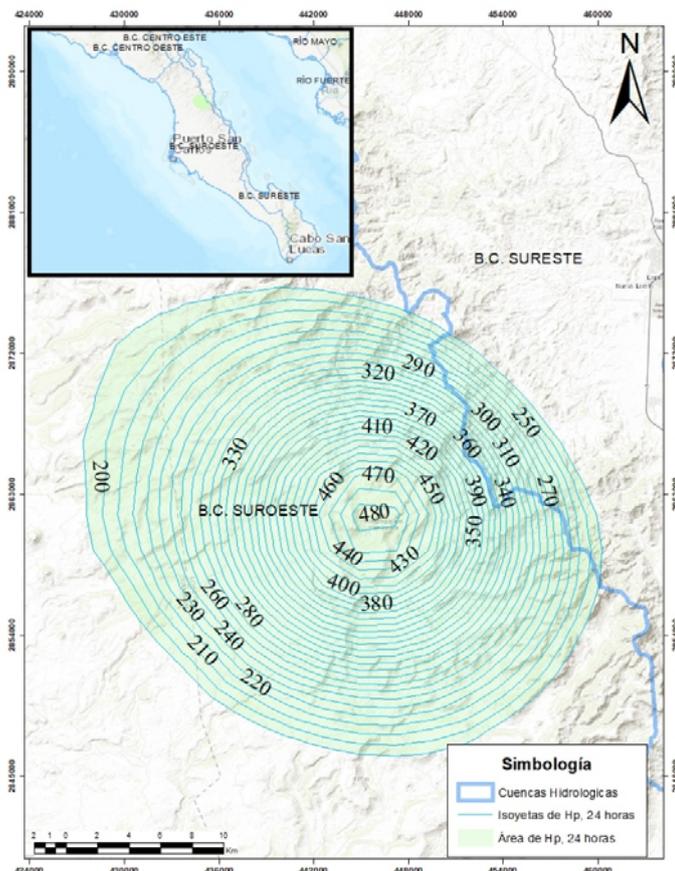


Figura 5-52 Área entre isoyetas a cada 24 hrs; 14 de Sep. 2014

La curva Hp-A-24 horas es la que se muestra en la figura 5-53, en la que se muestra que su precipitación máxima es de 490 mm.

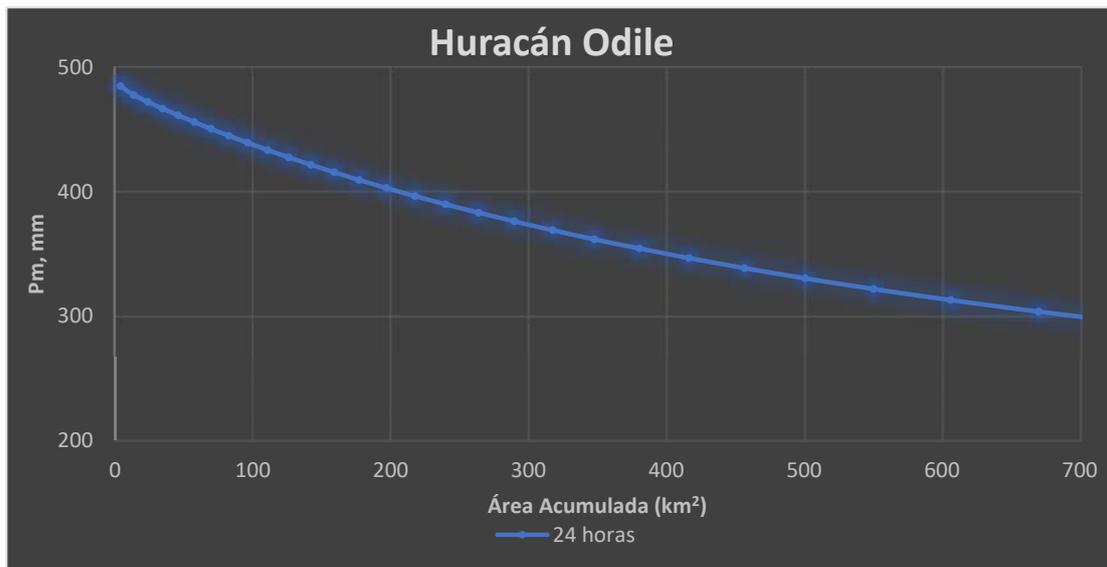


Figura 5-53 Curva Hp-A-D 24 horas, 14 de Sep. 2014

5.5.2. Duración de 48 horas 14 y 15 de septiembre del 2014

Las lluvias para una duración de 48 horas, se presentaron en la estación no. 3191 (SAN FRANCISCO DE LA SIERRA) ubicada en el municipio de Mulege. En esta ocasión el sitio de análisis es diferente al de la curva de 24 horas, por el recorrido del huracán. El área que se tomó para la curva correspondiente se muestra en la figura 5-54.

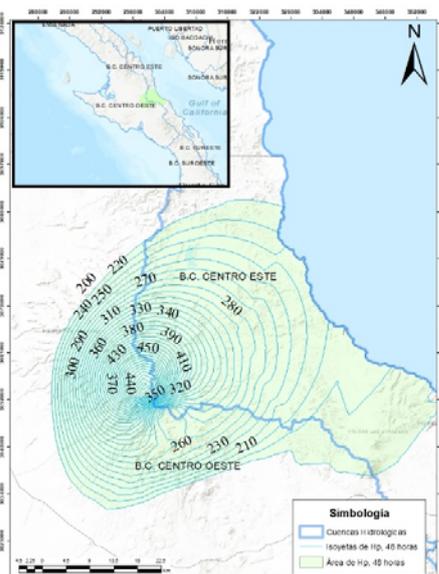


Figura 5-54 Área entre isoyetas a cada 48 hrs; 14 y 15 de Sep. 2014

En la figura 5-55, se muestran las curvas de 24 y 48 horas, el incremento entre una y otra no es tan grande como en los huracanes anteriores, el sitio que se presentó en cada análisis fue distinto, lo que provocó que las precipitaciones se distribuyeran de manera más equitativa.

El análisis de la curva de 24 horas se ubicó en el municipio de Loreto mientras que la curva de 48 horas se presentó en el municipio de Mulege.

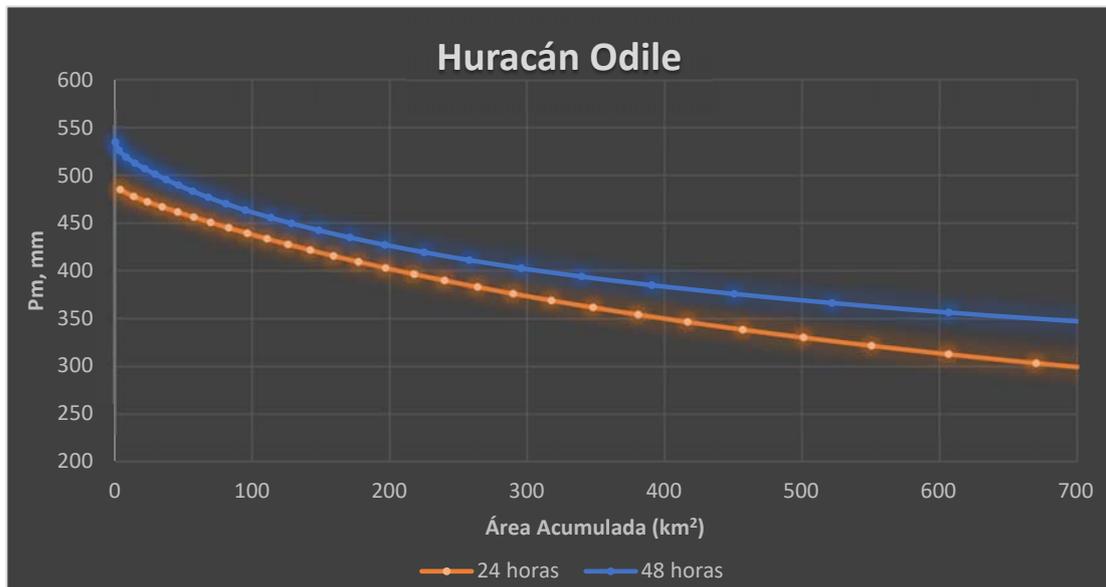


Figura 5-55 Curvas Hp-A-D huracán Odile 2014, de 24 y 48 horas.

5.5.3. Duración de 72 horas 14, 15 y 16 de septiembre del 2014

Por segunda ocasión el sitio de precipitación máxima después de 72 horas se presentó en lugar distinto de las duraciones anteriores. Ocurrió en la estación no. 3019 (GUADALUPE) ubicada en el municipio de Mulege, en la figura 5-56 se muestran las estaciones con precipitaciones máximas de los diferentes análisis para este huracán.

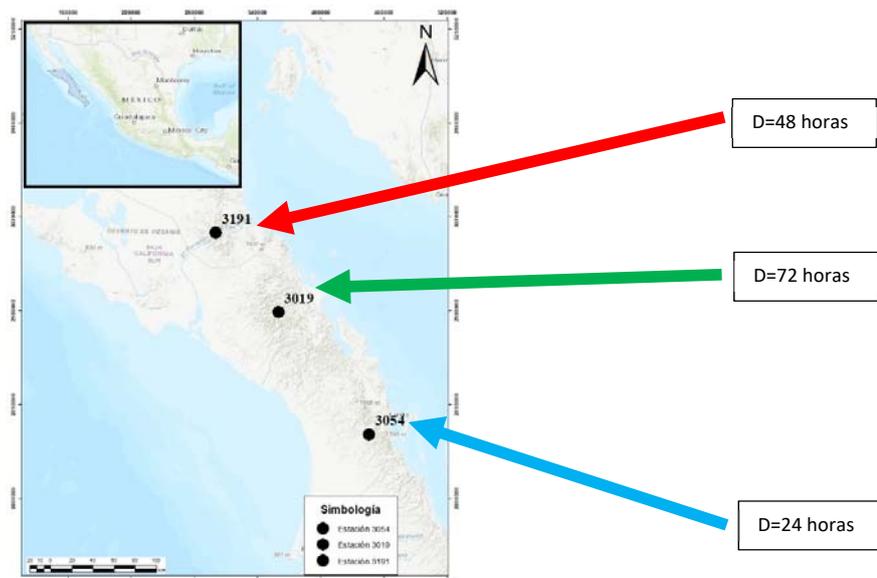


Figura 5-56 Sitio de registro de precipitación máxima de 24, 48 y 72 horas.

En la figura 5-57, se muestran las relaciones precipitación-área para las duraciones 24, 48 y 72 horas, se observó que, el incremento no es tan grande entre cada curva.

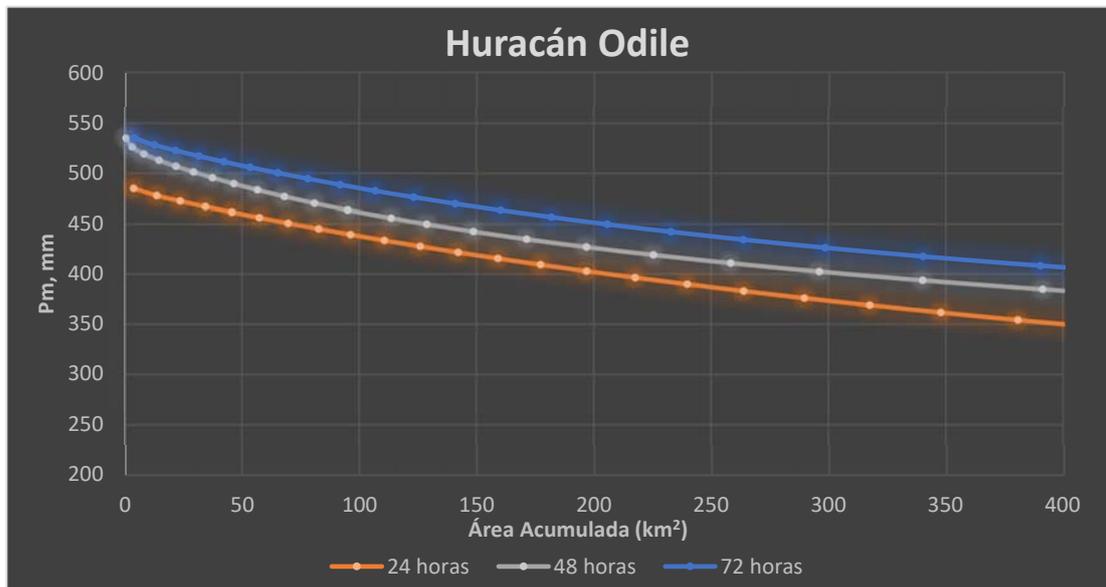


Figura 5-57 Curvas Hp-A-D huracán Odile 2014, de 24, 48 y 72 horas.

Debido a que la curva de 24 horas se presentó en un sitio distinto a la curva de 48 horas y a su vez ambas se ocurrieron en un sitio diferente a la de 72 horas, las precipitaciones que se presentaron no lograron acumularse en un solo sitio, por ello, las curvas Hp-A-D presentaron un incremento muy bajo entre cada una de ellas.

5.5.4. Duración de 96 horas

13, 14, 15 y 16 de septiembre del 2014

Para una duración de 96 horas la precipitación máxima ocurrió en la estación no. 3019 (GUADALUPE), ubicada en el municipio de Mulege, el área que se utilizó para realizar su curva es la que se muestra en figura 5-58.

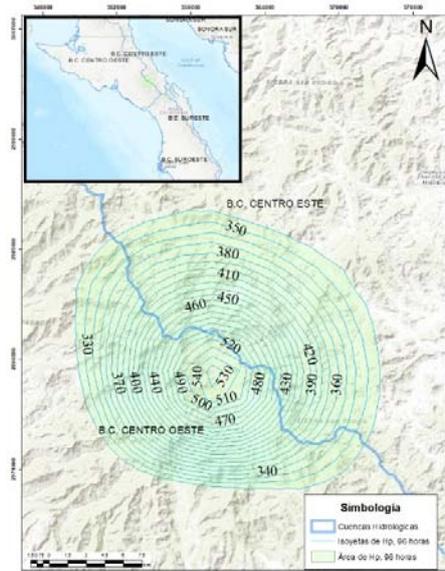


Figura 5-58 Área entre isoyetas a cada 96 hrs; 13, 14, 15 y 16 de Sep. 2014

En la figura 5-59, se muestra que el incremento en la precipitación para las duraciones de 72 y 96 horas es mínimo lo que nos indica que las lluvias después de 4 días fueron desapareciendo.

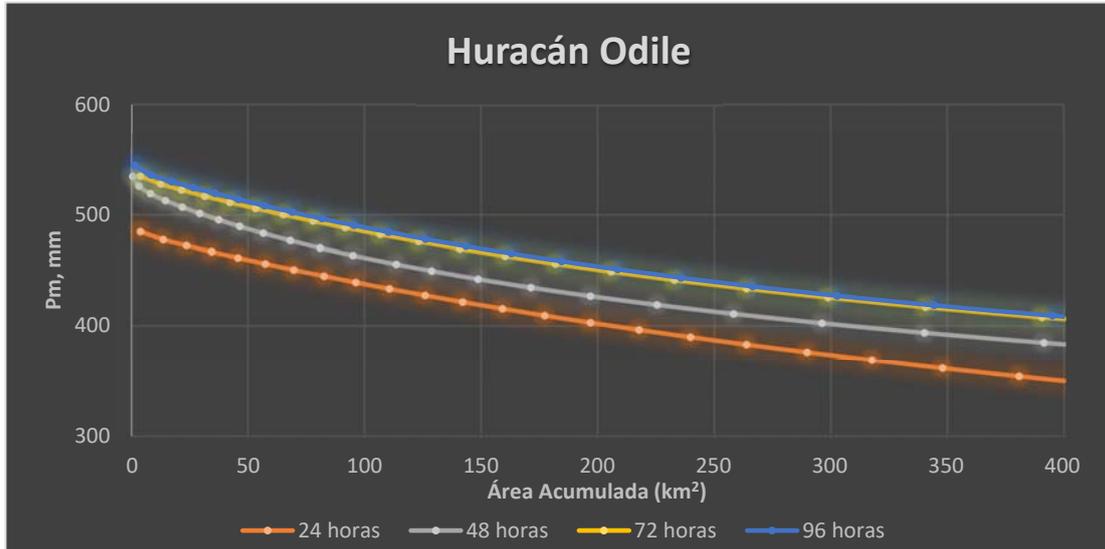


Figura 5-59 Curvas Hp-A-D huracán Odile 2014, de 24, 48, 72 y 96 horas.

6. Conclusiones

En este estudio se cumplió el objetivo de obtener curvas Hp-A-D de tormentas históricas extremas ocurridas en distintos puntos de la República Mexicana; dichas curvas son herramientas de utilidad para futuras investigaciones sobre el potencial de precipitación que puede suceder en un área específica.

Como se mostró a lo largo de este trabajo para el desarrollo de las curvas Hp-A-D de un huracán se utilizaron ligeras variantes para su cálculo, con respecto al método tradicionalmente utilizado; por ejemplo, las duraciones para el análisis de cada tormenta son a cada 24 horas, también en el cálculo de las áreas se tomó el área entre cada isoyeta que involucro el sitio en donde se presentó la precipitación máxima, es decir, cuando se presento otro incremento de precipitación dentro de la misma zona se desechó el área correspondiente; en el capítulo 3 se desglosa el procedimiento tradicionalmente usado y también se señalan los cambios propuestos.

Para analizar el comportamiento de los huracanes presentados se obtuvo la relación precipitación-área para diferentes duraciones y se presentaron como curvas, una curva por duración de cada huracán; en la figura. 6-1 se muestran las curvas de los 5 huracanes para una duración de 24 horas, cuyos datos fueron analizados en este estudio.

La presencia que tuvo cada evento hidrometeorológico dentro de la República Mexicana fue de manera distinta, por ello las relaciones entre precipitación-área no crecen de manera constante.

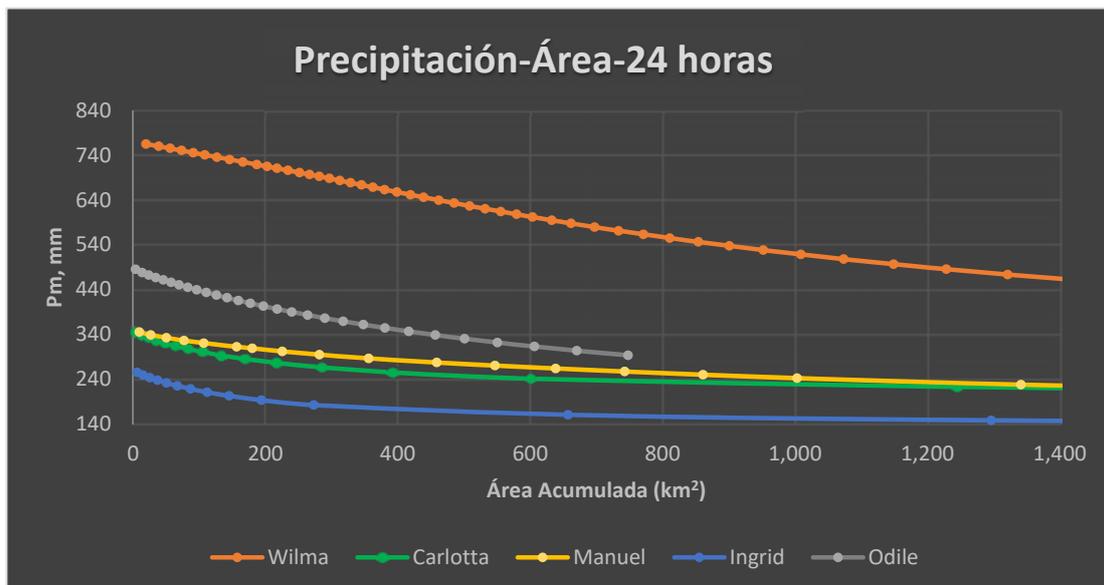


Figura 6-1 Curvas Hp-A-24 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.

En la figura 6-2, que corresponde a una duración de 48 horas, el huracán Odile se encuentra en la posición número 4 de 5 en cuanto a la curva más grande. Mientras que, en las curvas de 24 horas, presentadas en la figura 6-1 se encontraba en el sitio número 2.

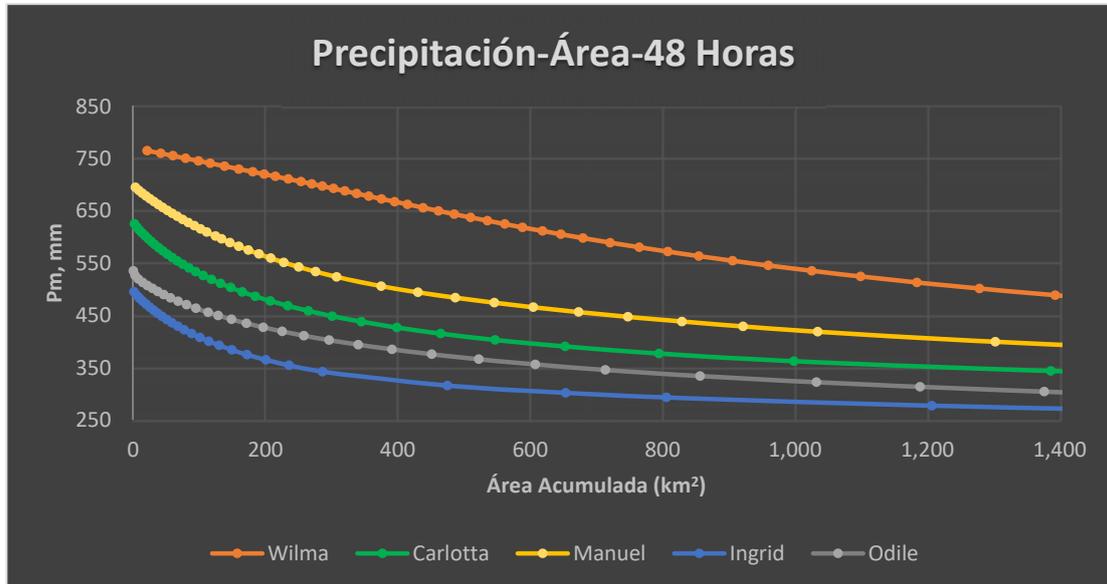


Figura 6-2 Curvas Hp-A-48 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.

El huracán Wilma era el huracán con la curva más grande de los 5 huracanes en las duraciones de 24 y 48 horas, pero, después de 72 horas no presentó una precipitación grande, como lo hizo, el huracán Manuel en este tercer día, como se muestra en la figura 6-3.

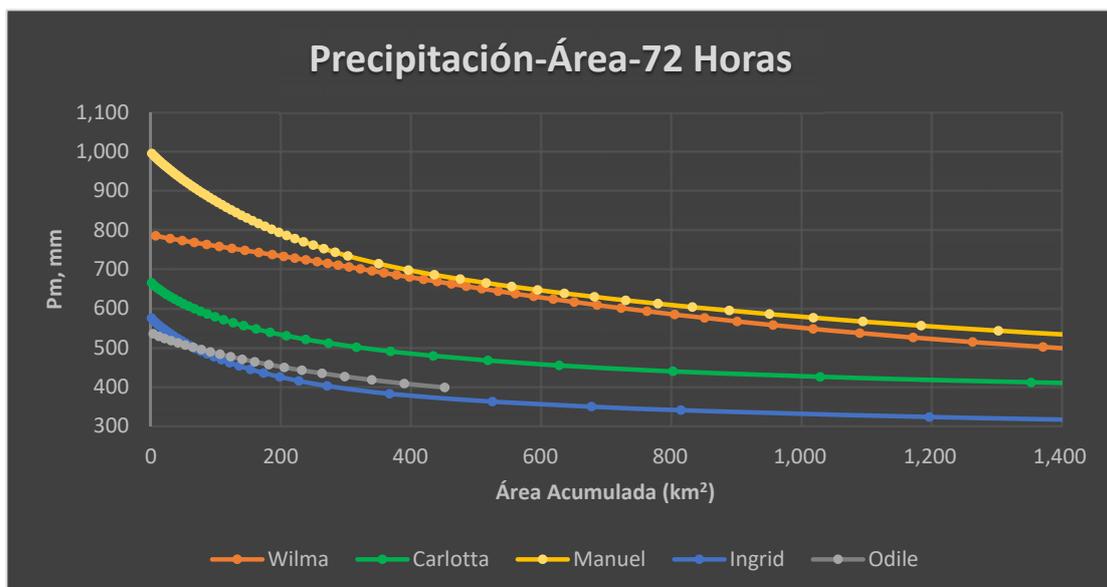


Figura 6-3 Curvas Hp-A-72 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.

En la figura 6-4 se presentan las curvas de precipitación área después de 96 horas. Se observa que el huracán Manuel es el evento hidrometeorológico que en 4 días presento una mayor lluvia acumulada sobre su área de estudio.

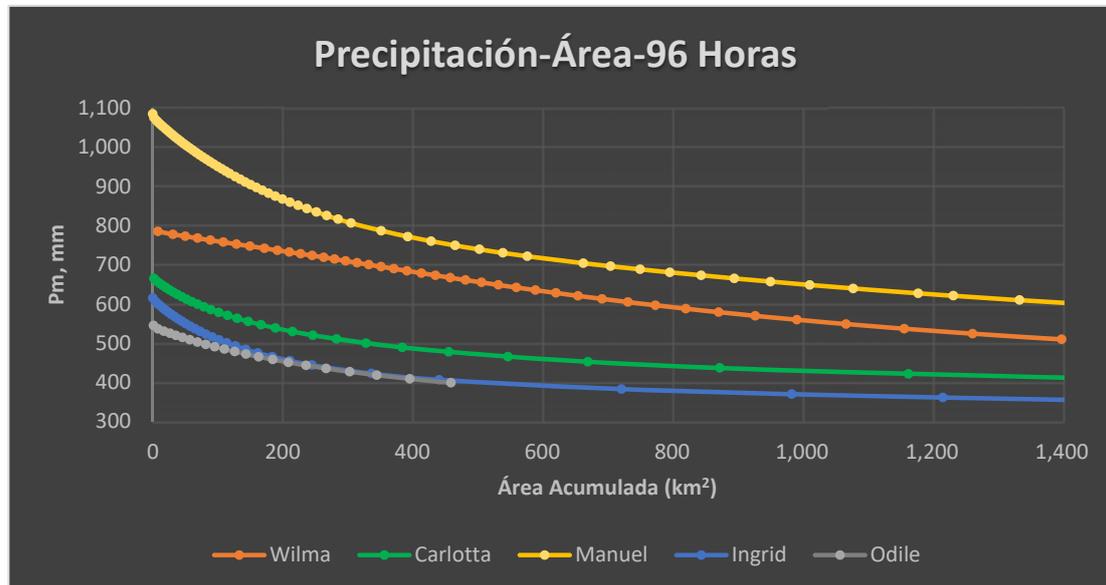


Figura 6-4 Curvas Hp-A-96 horas, de los 5 huracanes de estudio de este trabajo.

El método utilizado, permite valorar la relación Precipitación-Área de cada huracán analizado, en la tabla 6-1 se muestra la clasificación de cada curva por cada periodo de duración.

El evento hidrometeorológico que causó mayores pérdidas monetarias fue el huracán Odile, sin embargo, no por ello quiere decir que fue la curva Hp-A-D más grande de las 5 en estudio. La causa de que el estado de Baja California Sur, afectado por el huracán Odile, presentara grandes pérdidas se atribuye a que, el sitio de precipitaciones máximas fue variable es decir cada duración presento lluvias por encima de 480 mm, pero en diferentes sitios, es decir se presentó un desplazamiento de la tormenta; si las precipitaciones se hubieran presentados sobre la misma área probablemente se tendría una precipitación acumulada más grande que la del huracán Manuel.

Mientras que el huracán con mayor número de muertes fue el huracán Manuel que como se muestra en la tabla 6-1 sus curvas Hp-A-D después de 72 horas se convirtió en la relación más grande, se puede generar la hipótesis de que al ser un evento hidrometeorológico de poca magnitud en las primeras 24 horas, no se tomaron las medidas necesarias llevando al deceso de cientos de personas.

Tabla 6-1 Desarrollo de huracanes

Año	Evento	Estado	Muertes	Población Afectada	Daños Totales (Millones de dólares)	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
2005	Wilma	Quinta Roo, Yucatán	0	1,444,900.00	\$18,772.90	1	1	2	2
2012	Carlotta	Oaxaca	5	12500 viviendas	\$2,666.20	4	3	3	3
2013	Ingrid	Nuevo León	1	55,532.00	\$2,445.90	5	5	5	4
2013	Manuel	Guerrero	105	282,933.00	\$23,520.00	3	2	1	1
2014	Odile	Baja California Sur	6		\$24,133.00	2	4	4	5

Las curvas Hp-A-D obtenidas pueden tomarse como base para determinar el potencial de precipitación en una región, además muestran la forma en que se presentan los huracanes en zonas específicas del país. Por ejemplo, en Baja California Sur se observó que las lluvias recorren todo el estado con precipitaciones grandes; mientras que en sitios en donde se encuentran conectados a grandes extensiones de tierra, las lluvias tienden a presentarse de forma estacionaria.

Con estos resultados se puede concluir que los eventos hidrometeorológicos por más pequeños que sean, se les debe de dar seguimiento, ya que debido a diversos factores pueden terminar catástrofes que son situaciones no deseadas.

Bibliografía

- Aparicio Mijares, F. J. (1987). *FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE*. CUERNAVACA, MORELOS: LIMUSA.
- Bravo Lujano, C. (2014). *Reseña del huracán "Odile" del Océano Pacífico*. Comision Nacional del Agua.
- Castro Castro, L. J. (1971). *Calculo de curvas Altura-Área-Duración para tormentas*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- CENAPRED. (2001). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en Méxcio*. Ciudad de México.
- CHÁVEZ CANO, M. M., GARCÍA ARRÓLIGA, N. M., JAIMES TÉLLEZ, M. Á., LÓPEZ LÓPEZ, A., MURIÁ VILA, D., NAVA SÁNCHEZ, S., . . . SÁNCHEZ SESMA, J. (OCTUBRE 2015). *EL HURACÁN ODILE Y SUS EFECTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DEL SUR DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA*. CIUDAD DE MÉXICO: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Chow, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. Mc.Graw-Hill.
- CICESE. (17 de 05 de 2022). *CLICOM*. Obtenido de <http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html>
- CONAGUA. (2012). *Reseña del Huracán " Carlotta" del Océano Pacífico*. CONAGUA.
- CONAGUA. (2013). *Reseña del huracán "Ingrid" del Oceano Atlantico*. CONAGUA.
- DIRECCIÓN DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS. (MAYO 2014). *CARACTERÍSTICAS E IMPACTO SOCIOECONÓMCO DE LOS PRINCIPALES DESASTRES OCURRIDOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA EN EL AÑO 2012*. CIUDAD DE MÉXICO: SECRETARIA DE GOBERNACIÓN.
- Domínguez Mora , R., Carrizosa Elizondo, E., Esquivel Garduño, G., González Correa, C., Martínez de la Cruz, E., & Hincapié López, C. (Febrero, 2016). *ESTUDIO PARA REGIONALIZAR LOS GASTOS GENERADOS POR AVENIDAS MÁXIMAS, COMO BASE PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE PELIGRO POR INUNDACIONES FLUVIALES EN TODAS LAS CUENCAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA* (Vols. TOMO I. Diagnóstico de las inundaciones en México, así como de la disponibilidad y confiabilidad de la información hidrométrica y pluviométrica.). Ciudad De México.

- Eslava Morales, H., Jiménez Espinosa, M., & Monroy Cruz, V. (2017). *ESCENARIOS DE ALERTAMIENTO POR INESTABILIDAD DE LADERAS, CASO DE ESTUDIO HURACAN MANUEL, LA PINTADA, GUERRERO, 2013*. CIUDAD DE MÉXICO: CENAPRED.
- Franco Vargas, E., Méndez Estrada, K. M., & Olmedo Santiago, C. (2020). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2018*. Ciudad de México.
- García Arróliga, N. M., Méndez Estrada, K. M., & Vázquez Bravo, F. (2018). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2016*. Ciudad de México.
- García Arróliga, N. M., Méndez Estrada, K. M., Franco Vargas, E., & Olmedo Santiago, C. (2019). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2017*. Ciudad de México.
- Guevara Pérez, E. (Abril de 2003). Un Muestreo de Altura-Área-Duración (ADD) de tormentas en Venezuela. (U. d. Carabobo, Ed.) *Ingeniería UC.*, 10(1), 47-51.
- Lujano, M. e. (s.f.). *Reseña del huracán "Odile" del Océano Pacífico*. CONAGUA.
- Méndez Estrada, K. M., Franco Vargas, E., Olmedo Santiago, C., & García Vega, A. (2021). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México, 2019*. Ciudad de México.
- Méndez Estrada, K. M., Franco Vargas, E., Olmedo Santiago, C., García Vega, A., & Nolasco Mata, J. (2021). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México, 2020*. Ciudad de México.
- Ortega Acacio, A. B., Perozo Ynestroza, M. Á., & Marerro De León, N. (2014). Análisis espacial y temporal de la precipitación máxima en una cuenca hidrográfica de Venezuela. *Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*. Palacio de convenciones de la Habana.
- Quiroz, M. d. (2013). *TEMPORADA DE HURACANES 2013*. INSTITUTO NACIONAL DE PESCA.
- ROSENGUS MOSHINSKY, M., JÍMENEZ ESPINOSA, M., & VÁZQUEZ CONDE, M. T. (2002). *ATLAS CLIMATOLÓGICO DE CICLONES TROPICALES EN MÉXICO*. CIUDAD DE MÉXICO: CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES.
- SAGARPA. (2013). *TEMPORADA DE HURACANES 2013*.

Salas Salinas, M. A., & Jiménez Espinosa, M. (2004). *inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. CIUDAD DE MÉXICO: CENAPRED.*

Salas Salinas, M. A., & Jiménez Espinosa, M. (2004). *Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. CIUDAD DE MÉXICO: CENAPRED.*

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL. (AGOSTO 2006).
CARACTERÍSTICAS E IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LOS PRINCIPALES DESASTRES OCURRIDOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA EN EL AÑO 2005. CIUDAD DE MÉXICO.

World Meteorological Organization. (1969). *Manual for Depth-Area-Duration analysis of storm precipitation. Geneva, Switzerland.*

Zimmermann, E., Riccerdi, G., Pieroni, H., & Arraigada, M. (2000). *CURVAS DE ABATIMIENTO AREAL DE TORMENTAS. REGIÓN PAMPA ONDULADA (SANTA FE, ARGENTINA). CUADERNOS DEL CURIHAM, 6.*