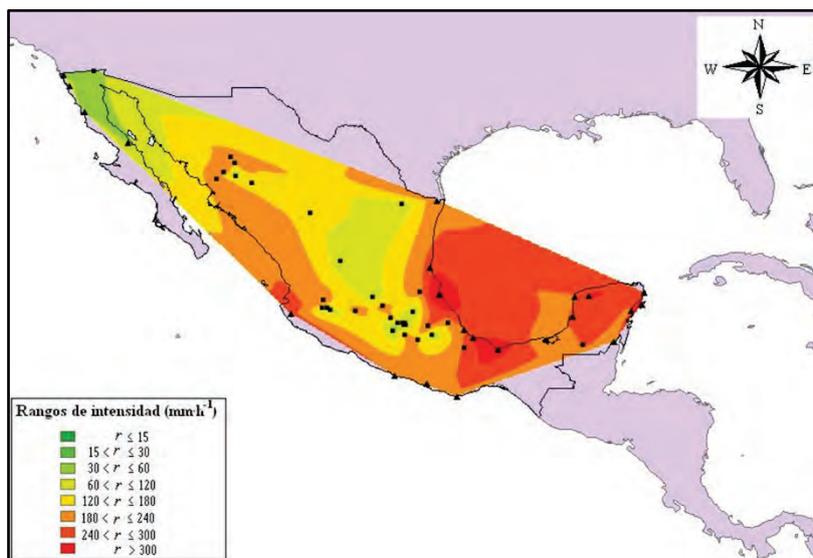


## Capítulo 1.

### Análisis de las precipitación extremas en México



**Autor:**

Juan Francisco Rubí Maldonado

Fecha de lectura: 06/05/2011

Programa de doctorado: TECNOLOGÍA DE INVERNADEROS E INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Dirección:

> Director: ANTONIO JESÚS ZAPATA SIERRA

> Codirector: FRANCISCO ROGELIO MANZANO AGUGLIARO

## Resumen

La presente tesis doctoral analiza las precipitaciones extremas a gran escala regional empleándose para ello el conjunto de las estaciones meteorológicas automáticas administradas por el Servicio Meteorológico Nacional del país de México.

Así, se realiza un análisis regional de frecuencias de las precipitaciones máximas empleando abundantes registros distribuidos en el espacio que puedan sustituir escasos registros temporales. Seguidamente se evalúan varios métodos para la obtención de relaciones intensidad-duración-frecuencia de las precipitaciones y la diferencia entre los resultados obtenidos para periodos de hasta 2 horas y hasta 24 horas. También se estudia la posible diferencia entre los resultados obtenidos para zonas costera y de interior. Asimismo, se realiza una caracterización y regionalización de las relaciones entre la intensidad de precipitación horaria y diaria en todo el país y así poder predecir la intensidad de precipitación en episodios de corta duración a partir de la precipitación diaria, estudiando las posibles estabilidad interanual de esta relación e influencia de la precipitación media máxima diaria y/u horaria sobre la relación.

En cada estudio se han descrito las teorías empleadas, los resultados obtenidos en su aplicación y las conclusiones más notables.

 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



■ Directores:  
Dr. D. Antonio Zapata Sierra  
Dr. D. Francisco Manzano Agugliaro

■ Doctorando:  
D. Juan Francisco Rubí Maldonado

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México

 UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

## Importancia de la precipitación

■ Ciclo hidrológico (Fernández-García, 1995)

■ Régimen pluviométrico de una zona

- Planificación de obras hidráulicas (Casas *et al.*, 2004)
- Diseño de sistemas de drenaje (Svensson *et al.*, 2007)
- Optimización de recursos hídricos (Yu y Chen, 1997)
- Prevención de avenidas (Overeem *et al.*, 2008)

■ Eventos extremos

■ Desastres naturales (Coles *et al.*, 2003)

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

## Objetivos del análisis de las precipitaciones extremas en México

- Análisis regional de las precipitaciones máximas
- Evaluación de relaciones IDF
- Caracterización y regionalización de las relaciones entre intensidad de precipitación máxima para 1 hora y para 24 horas ( $k$ )

$$k = \frac{r_1}{r_{24}}$$

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

## Análisis regional de precipitaciones extremas

- Periodos de retorno superiores a la longitud de la serie de observaciones disponibles (Sáenz de Ormijana *et al.*, 1991)
- No existe una distribución teórica considerada como la más adecuada (Greenwood *et al.*, 1979)
- Análisis regional de frecuencias: datos distribuidos en el espacio, sustituyen a los distribuidos en el tiempo (Hosking y Wallis, 1997, Álvarez *et al.*, 1999).

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### **Evaluación IDF: relaciones intensidad-duración-frecuencia de lluvias**

- Mapas IDF de isolíneas (Pitman, 1980; Canterford *et al.*, 1987; Pagliara y Viti, 1993).
- Expresiones matemáticas eliminan necesidad de mapas de isolíneas (Alila, 2000).
- Existen localidades donde faltan fragmentos de los registros pluviométricos (Svenson *et al.* 2007) o no se dispone de resolución
- Es posible obtener relaciones IDF generalizadas a partir de las relaciones obtenidas para grandes regiones geográficas (Zapata *et al.*, 2009).
- Evaluar expresiones para una región (Alila, 2000; Di Baldassarre *et al.*, 2006; Ben-Zvi, 2009; Zapata *et al.*, 2009).

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México

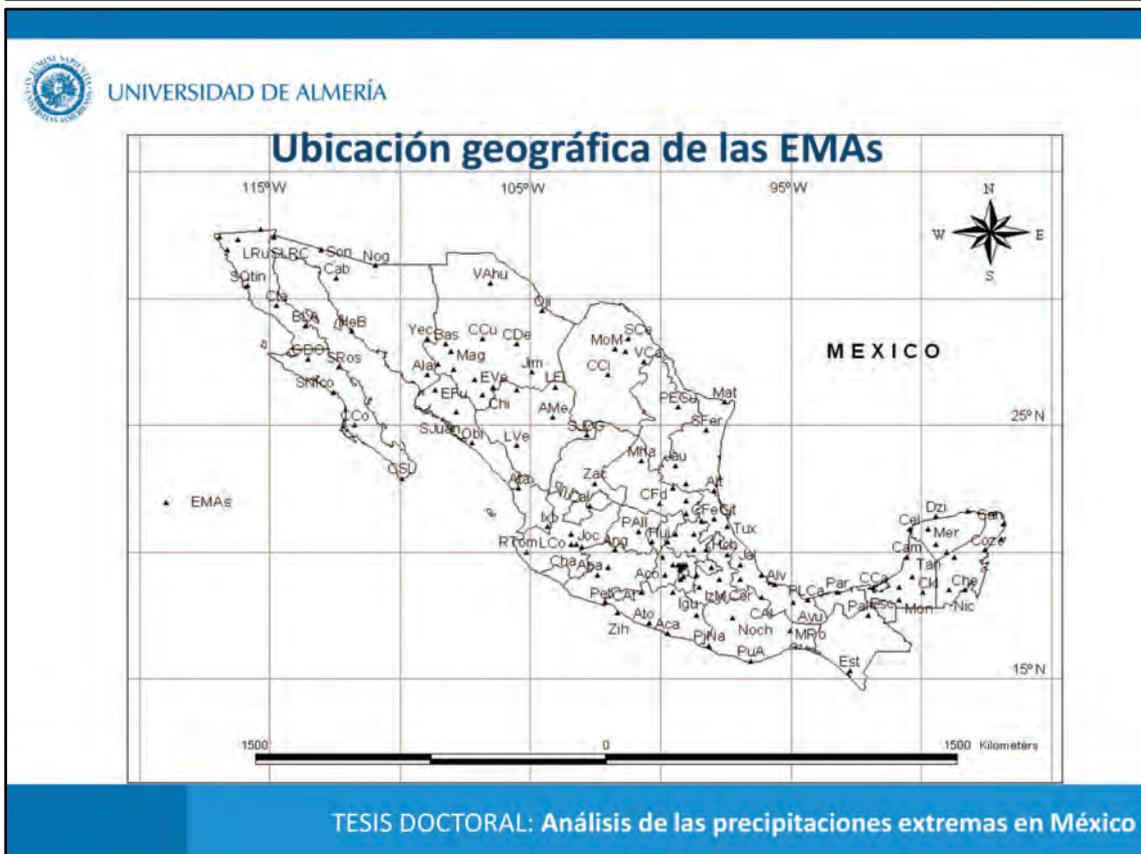
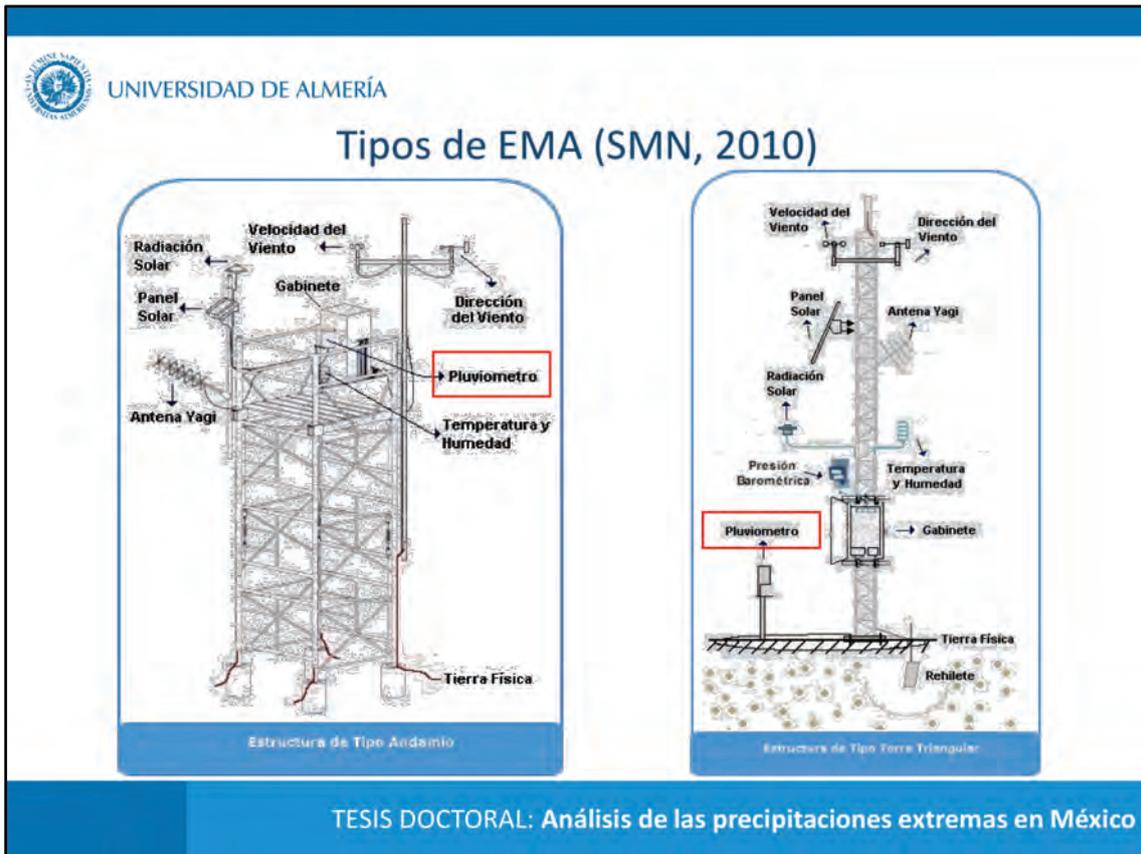


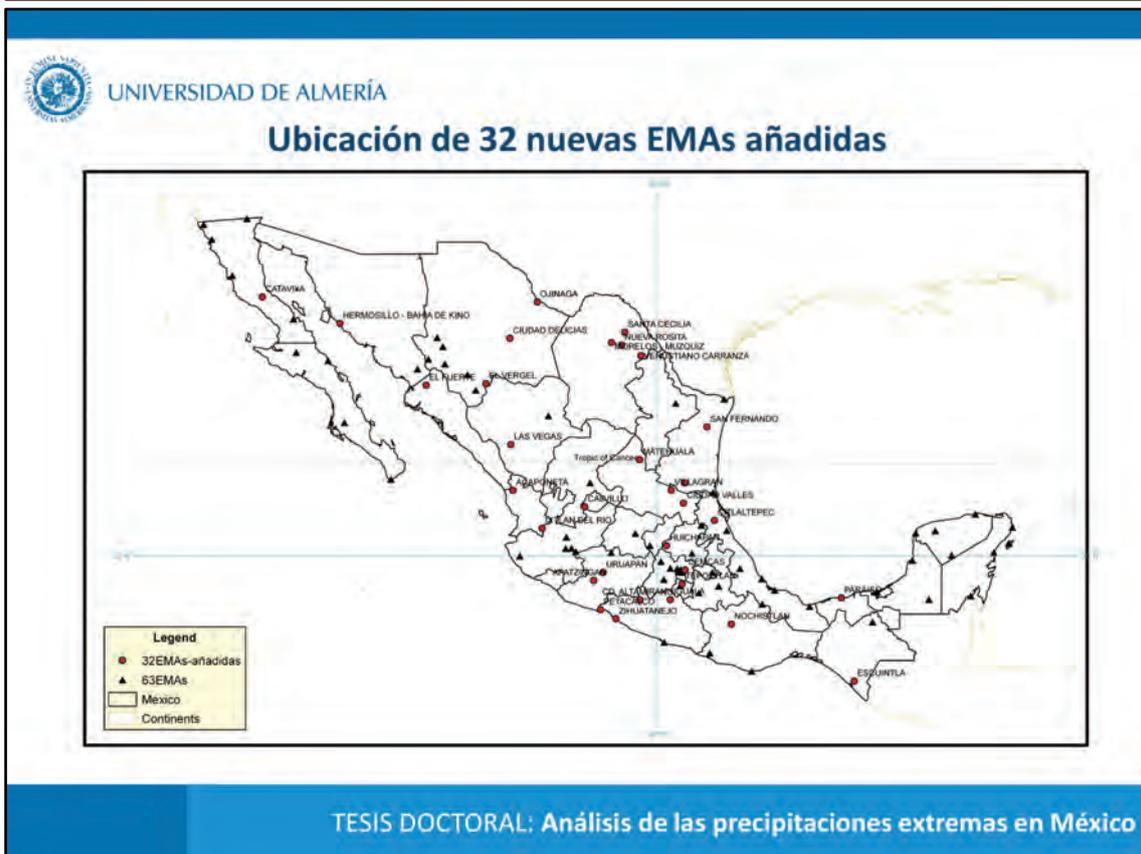
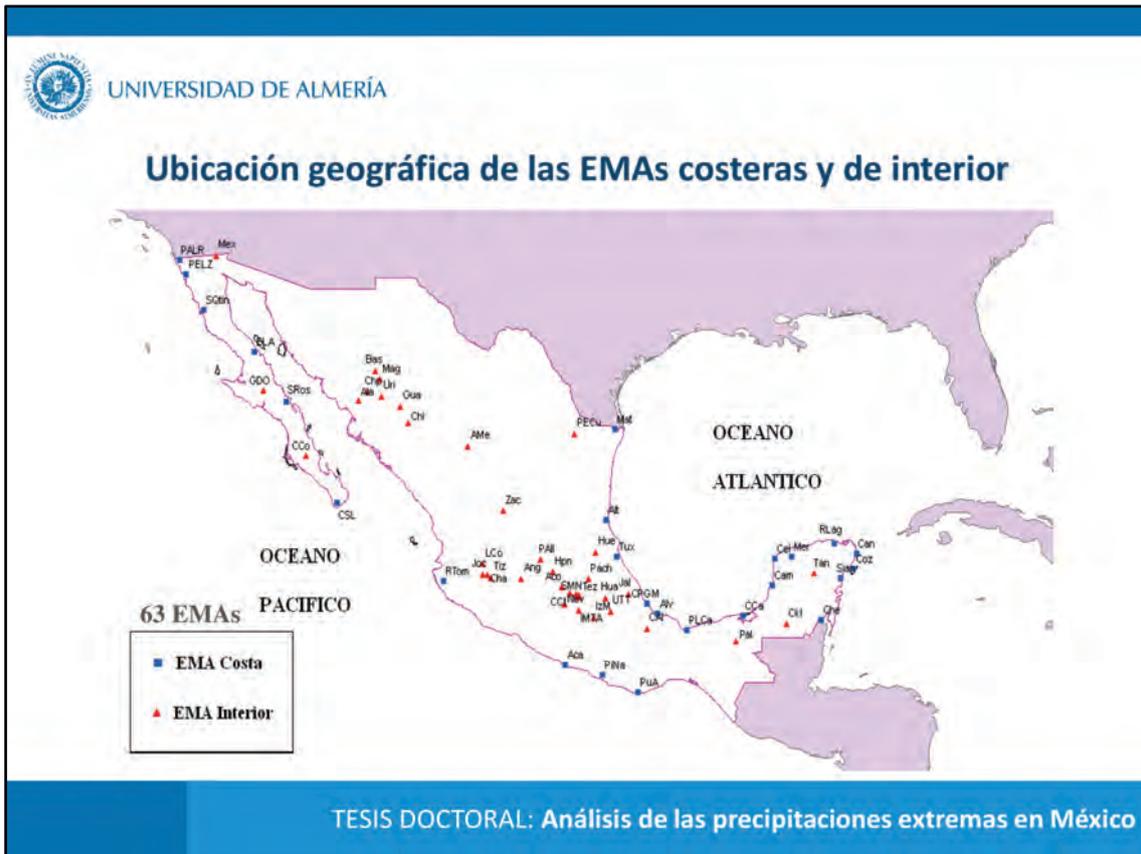
UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### **Parámetro *k*: precipitaciones de corta duración**

- Muchas zonas carecen de datos de precipitaciones de corta duración (Bell, 1969)
- Las precipitaciones de menor duración son más intensas que aquellas de mayor duración (Pathirana *et al.*, 2003).
- Las precipitaciones de alta intensidad pueden provocar inundaciones debido a las limitaciones en los sistemas de drenaje urbano (Olsson *et al.*, 2009)
- Relaciones entre la precipitación de 24 horas y precipitaciones de menores duraciones (Bell, 1969; Chen, 1983; Adhikari y Goyal, 1989; Froehlich, 1993 y 1995; Faiers *et al.*, 1997; Gerold y Watkins, 2005; Wu *et al.*, 2009).
- Obtención de precipitaciones de corta duración mediante datos de precipitación diaria y localización geográfica (Témez, 1987).

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México





UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### Método del Índice de Avenida

Índice de avenida

$$X_k = \mu_k \cdot \eta_T$$

Factor de escala

- **MMP**  $M_{ijk} = E[x^i F^j (1-F)^k]$
- **L-momentos:**

$$M_{1j0} = \beta_r = n^{-1} \cdot \binom{n-1}{r}^{-1} \cdot \sum_{j=r+1}^n \binom{j-1}{r} \cdot x_j$$

$$\lambda_1 = \beta_0$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0$$
- **Coefficientes de variación, asimetría y curtosis:**

$$LC_V = \tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad LC_S = \tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \quad LC_K = \tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2}$$

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### Discordancia de estaciones

$$Di = \frac{N}{3} \cdot (u_i - \bar{u})^T \cdot S^{-1} \cdot (u_i - \bar{u})$$

$$u_i(\tau_2, \tau_3, \tau_4)$$

$$S^{-1} = \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u}) \cdot (u_i - \bar{u})^T$$

Nº estaciones	Valor crítico
5	1,333
6	1,648
7	1,917
8	2,140
9	2,329
10	2,491
11	2,632
12	2,757
13	2,869
14	2,971
≥ 15	3,000

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### Homogeneidad de estaciones

Varianza ponderada

$$V = \left( \frac{\sum_{i=1}^N n_i \cdot (\tau_2^{(i)} - \tau_2^{(R)})^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \right)^{1/2}$$

$$H = \frac{V - \mu_V}{\sigma_V}$$

- $H < 1$  , región homogénea
- $1 \leq H < 2$  , región posiblemente heterog.
- $H \geq 2$  , región heterogénea



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### Funciones de distribución y bondad de ajuste

- General de valores extremos (GEV)
- Logística Generalizada (GLO)
- Pareto generalizada (PARGEN)
- Lognormal de tres parámetros (LOGNORM)

$$Z^{DIST} = \frac{\tau_4^{DIST} - \bar{t}_4 + \beta_4}{\sigma_4}$$

$$|Z^{DIST}| \leq 1,64 \quad (90\%)$$

Grado de significación

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{iE} - x_{iO})^2}{n}}$$



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### Análisis regional de precipitaciones extremas

- Discordancia de estaciones
- Homogeneidad de la región (H)

COSTA									
	10min	20min	30min	1h	2h	3h	6h	12h	24h
<b>H</b>	0,4303	0,6851	0,1520	-0,5984	-1,0164	-0,8935	0,4625	0,7722	1,3155

INTERIOR									
	10min	20min	30min	1h	2h	3h	6h	12h	24h
<b>H</b>	1,3826	1,6022	1,7167	1,4077	0,9455	1,1605	1,0701	0,6675	0,2727

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

$|Z^{DIST}| \leq 1,64$

### Bondad de ajuste en región costera

$ Z^{DIST} $	10min	20min	30min	1h	2h	3h	6h	12h	24h
GEV	1,33	1,283	1,777	1,582	1,03	1,01	1,201	1,284	1,284
GLO	0,781	1,042	1,508	1,326	0,808	0,783	1,029	1,167	1,173
PARGEN	1,777	0,178	0,154	2,111	1,482	1,478	1,607	1,598	0,526
LOGNORM	1,082	1,79	0,8	3,473	5,399	5,634	3,798	0,391	1,576

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

$|Z^{DIST}| \leq 1,64$

### Bondad de ajuste en región interior

$ Z^{DIST} $	10min	20min	30min	1h	2h	3h	6h	12h	24h
GEV	1,047	1,255	0,703	0,721	0,412	0,508	0,793	0,638	0,598
GLO	0,835	0,983	0,48	0,499	0,157	0,243	0,561	0,45	0,411
PARGEN	1,483	1,813	1,164	1,186	0,93	1,036	1,267	1,041	1,007
LOGNORM	1,37	0,27	3,228	1,061	0,818	2,557	1,339	1,614	1,52

RMSE	10min	20min	30min	1h	2h	3h	6h	12h	24h
GEV	0,3331	0,4097	0,3816	0,3441	0,4018	0,4252	0,3928	0,3499	0,2942
GLO	0,5107	0,5226	0,4896	0,4353	0,5021	0,5257	0,4962	0,4395	0,3624

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

### Obtención de cuantiles

$$X_k = \mu_k \eta_T$$

- Índice de avenida de la región,  $\eta_T$
- Factor de escala de cada EMA,  $\mu_k$
- Altura de lluvia máxima,  $X_k$
- Intensidad de precipitación

TESIS DOCTORAL: Análisis de las precipitaciones extremas en México