

Mapas Intensidad-Duración-Período de Retorno para el estado de Veracruz, México.

Claudio Hoyos Reyes¹; Manuel Jácome Gutiérrez²; Uriel Antonio Filobello Niño¹.

¹ Licenciatura en Ciencias Atmosféricas, Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana; ² Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.
Email: choyos@uv.mx; manjacome@uv.mx; ufilobello@uv.mx.

Resumen

Se presenta la calibración de dos modelos matemáticos no lineales propuestos por Pereyra (2012), los cuales estiman las curvas intensidad-duración-período de retorno de la lluvia. Probabilísticamente se ajustaron con períodos de retorno de 10, 50 y 100 años y datos de eventos de precipitación máxima con duración de cinco días. La base de datos utilizada fue tomada del sistema informático CliCom-2018 pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional, utilizando 67 estaciones climatológicas distribuidas en el estado de Veracruz. De la precipitación se obtuvo la intensidad de la lluvia, la duración y el período de retorno, por lo que se procedió a ajustar los modelos matemáticos no lineales antes mencionados, posteriormente se realizaron mapas de isolíneas. Como resultados el ajuste de los dos modelos propuestos, presentaron un coeficiente de determinación promedio de 89.77%. Se concluye que no hay diferencias significativas en el ajuste de los modelos.

Palabras claves: *Periodo de retorno, Intensidad de lluvia, modelos no-lineales*

Introducción

Por los eventos de precipitación intensos, las inundaciones son una de las problemáticas a que se enfrentan el estado de Veracruz, generalmente en zonas bajas o cercanas al nivel de mar. Por lo que se requiere crear herramientas que nos ayuden a mitigar los efectos, de cierta manera, conocer, interpretar y hasta monitorear zonas en las que tengan efectos negativos en el temporal de lluvias. Uno de los métodos y/o técnicas para comprender y analizar los eventos intensos de las precipitaciones son las isolíneas de las variables intensidad, duración y el periodo de retorno (mejor conocidas por sus siglas IDT), donde la intensidad de la

lluvia se define como la cantidad de agua de lluvia que cae, en un punto y por unidad de tiempo, es decir la cantidad de lluvia en mm por hora; en cuanto a la duración es el tiempo que transcurre desde que inicia la precipitación de la tormenta hasta que ésta cesa (Pereyra *et al.*, 2004), finalmente el periodo de retorno se define como el intervalo de tiempo promedio (expresado en años) entre ocurrencias de un evento de lluvia de una magnitud dada o mayor (Mélize y Reason, 2007). Así que, para obtener una estimación de un evento de precipitación intenso, en 10, 50 o 100 años, el método Intensidad-Duración-Periodo de Retorno (IDT) son las idóneas. La relación probabilística entre la intensidad de la lluvia, su duración y el periodo de retorno, es usualmente presentada en forma de gráficas x , y (Pereyra *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2015; Ybañez, 2013; Alam, 2018; Diwakar, 2017). No obstante los datos IDT se pueden graficar a manera de isolínea de tal forma que describan la intersección de una superficie con uno un plano horizontal. Por lo todo lo anterior el objetivo fue elaborar mapas de isolíneas IDT, para Veracruz, con precipitaciones de duraciones de 5 días, con periodos de retorno de 10, 50 y 100 años, permitiendo, entre mucho usos, mejorar el cálculo de las dimensiones en el diseño de obras hidráulicas de control, tales como: canales, alcantarillado, sistemas de riego, drenaje, pequeños embalses, entre otros, así como también para la gestión del agua, en función de sus usos: agrícola, forestal, energético, doméstico, entre otros.

Zona de estudio

El estado de Veracruz está ubicado norte $22^{\circ} 28' 18''$ al sur $17^{\circ} 08' 13''$ de latitud norte; al este $93^{\circ} 36' 29''$ al oeste $98^{\circ} 40' 54''$ de longitud oeste, se encuentra en la parte central de la vertiente del Golfo de México; éste cuenta con una superficie de $71,820.40 \text{ km}^2$ (3.66% del territorio nacional¹); colinda al norte con los estados de Tamaulipas, al este con el Golfo de México y Tabasco, al sur con Oaxaca y Chiapas, al oeste con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí.

¹ <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/default.aspx?tema=me&e=30>

Hidrografía

Según el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas² de la INEGI, el territorio Veracruzano se distribuye en cinco regiones hidrológicas: RH18 Balsas, RH26 Pánuco, RH27 Tuxpan- Nautla, RH28 Papaloapan y RH29 Coatzacoalcos, a su vez pertenecen a dos RHA: IX Golfo Norte y X Golfo Centro. Así como también contienen corrientes de agua que se enlistan en tabla 1.

Tabla 1. Corrientes principales de agua que dominan en el estado de Veracruz.

| Nombre | Nombre |
|----------------|---------------|
| Actopan | Panoaya |
| Acuatempa | Pánuco |
| Amapa | Papaloapan |
| Atoyac | Pedregal |
| Bobos (Nautla) | Río Blanco |
| Calabozo | San Juan |
| Chicayán | Sesecapan |
| Chiflón | Tamacuil |
| Coatzacoalcos | Tamozus |
| Hueyapan | Tamesí |
| Jamapa | Tecolutla |
| La Lana | Tempoal |
| Los Pescados | Tonalá |
| Metlac | Tuxpan |
| Naolinco | Uxpanapa |
| Necaxa | Viñazco |

² http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#

En cuando a la precipitación media anual en el estado de Veracruz es de 1500 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre; en la región colindante con Tabasco se presentan todo el año³.

¿Qué son las curvas IDT?

La precipitación está definida por la intensidad, duración y el período de retorno (Salazar *et al.*, 2008). La altura de la lámina de agua caída en el lugar de la tormenta, incorpora la cantidad de lluvia precipitada y la duración del evento. Mientras que el período de retorno, es la frecuencia o intervalo de recurrencia, es decir, el número de años promedio en el cual el evento puede ser igualado o excedido cuando menos una vez. Uno de los estudios para entender, analizar e interpretar los efectos que deja a su paso las precipitaciones (principalmente las extremas) se orientan a la estimación de la intensidad de ésta, por medio de las curvas IDT (Olvera, 2013). Estas curvas están definidas como la relación que existe entre la intensidad de precipitación media y la frecuencia de ocurrencia (inverso del período de retorno, por lo que las IDT son sinónimo de IDF) y son herramientas ampliamente utilizadas en ingeniería para fines de planeación, diseño y operación de proyectos hidráulicos, así como para la protección de obras de ingeniería contra avenidas máximas (Koutsoyiannis *et al.*, 1998).

Descripción de los modelos numéricos

Los dos modelos que se trabajaron para los mapas de las isólineas son los que propone Pereyra, 2012. Cabe aclarar que las unidades de cada variable de los modelos fueron ajustadas a la necesidad de los datos diarios de precipitación. El modelo I relaciona simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno de la lluvia en una familia de curvas IDT, representada por

$$i = \frac{\lambda T^\psi}{\exp(\eta d)}$$

³ <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30>

donde i es la intensidad de la lluvia en mm/día, d es la duración de la tormenta en días, T es el periodo de retorno en años, λ , ψ y η son coeficientes de regresión no lineal.

El modelo II es una versión modificada del modelo I, donde se añadió un parámetro con el propósito de mejorar la estimación de la intensidad de la lluvia, por lo que la expresión es

$$i = \frac{\lambda T^\psi}{\exp(\eta d) + \theta}$$

donde este nuevo parámetro θ varía de acuerdo a la zona y al periodo de retorno.

Ajuste de ecuaciones no lineales

Se realizaron mapas de isolíneas de las IDT con precipitaciones de duración de cinco días dentro del periodo de 1980 a 2017. Los datos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional con 67 estaciones climatológicas distribuidas en Veracruz. Se ajustaron los dos modelos antes mencionados, para ello se utilizó el software Statistica V12, el cual permite ajustar ecuaciones no lineales por el método de Quasi-Newton, a través del método de aproximaciones sucesivas donde se generan funciones convergentes bajo un esquema iterativo partiendo de la función original. En este caso se utilizó como variable dependiente la intensidad (i) y como variables independientes la duración en horas (D) y el periodo de retorno (T) en años

Resultados

En esta sección se presentan los mapas de isolíneas con duración de un día y con los periodos de retornos de 10, 50 y 100 años con los modelos I y II.

De la figura 1 a la 3 representa la solución del modelo I

$$i = \frac{\lambda T^\psi}{\exp(\eta d)}$$

con una duración de la precipitación de un día y con un periodo de retorno para 10 años (Figura 1), 50 años (Figura 2) y 100 años (Figura 3). Cabe mencionar que, en la zona norte de Veracruz no se cuenta con estaciones climatológicas, por tanto los valores son inapreciables.

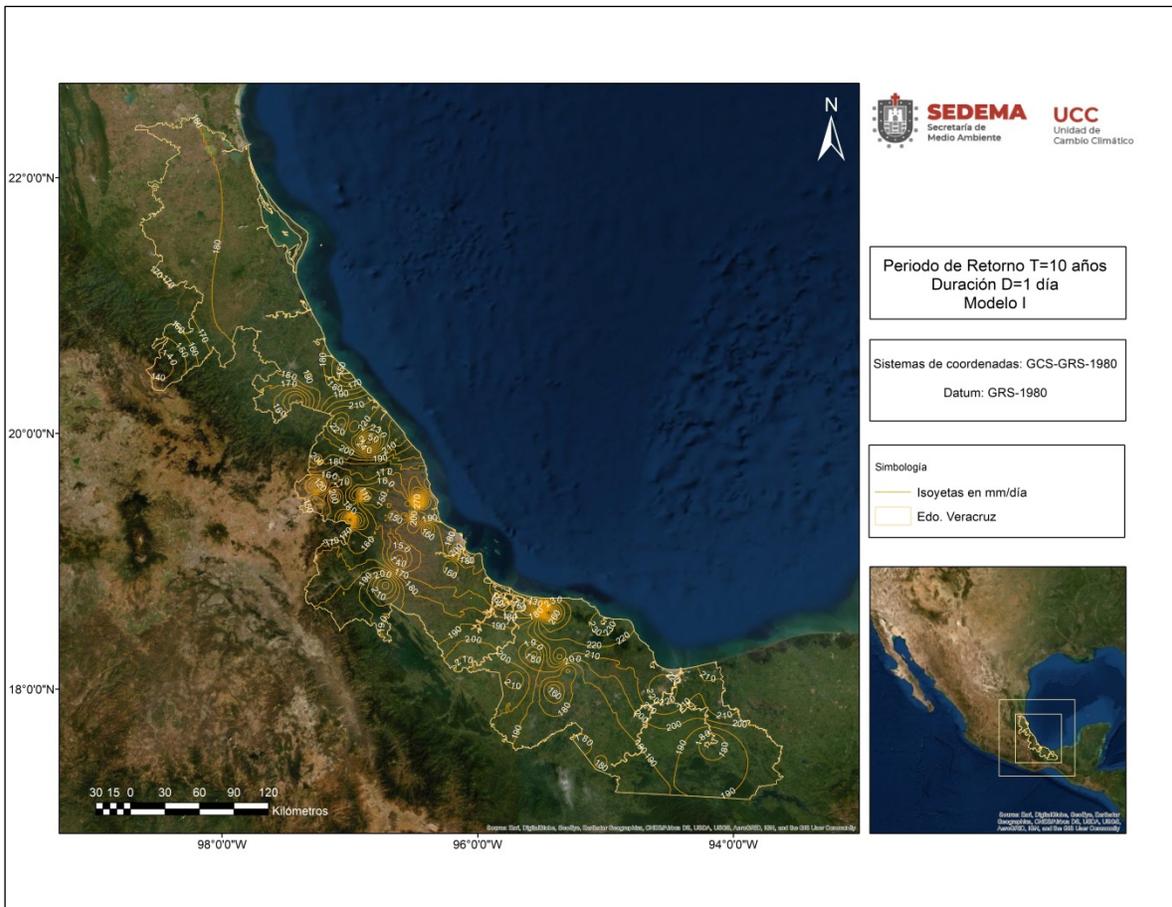


Figura 1. Isolíneas de precipitación (isoyetas) en mm/día y con un periodo de retorno de 10 años. Intervalos entre isolínea e isolínea de 10 mm/día. Modelos I.

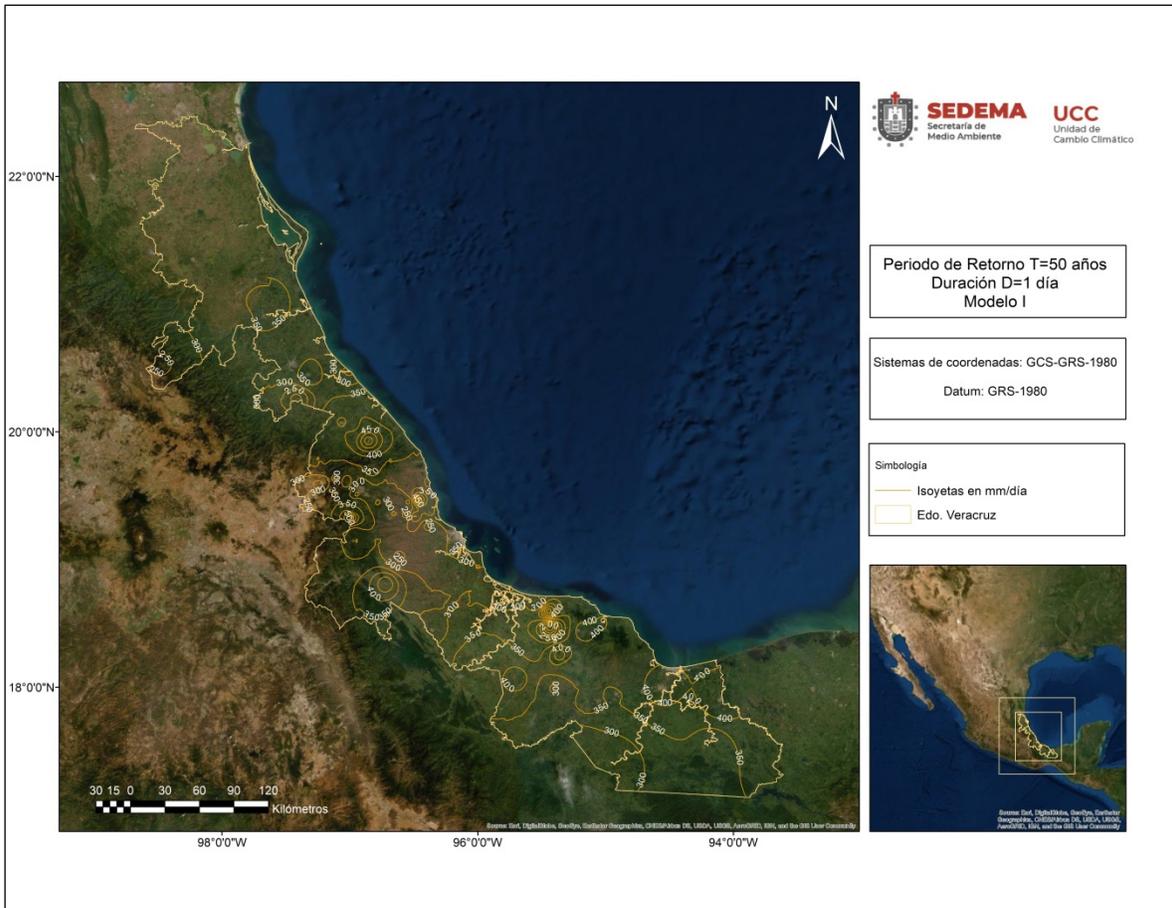


Figura 2. Isolíneas de precipitación (isoyetas) en mm/día y con un periodo de retorno de 50 años. Intervalos entre isolínea e isolínea de 50 mm/día. Modelos I.

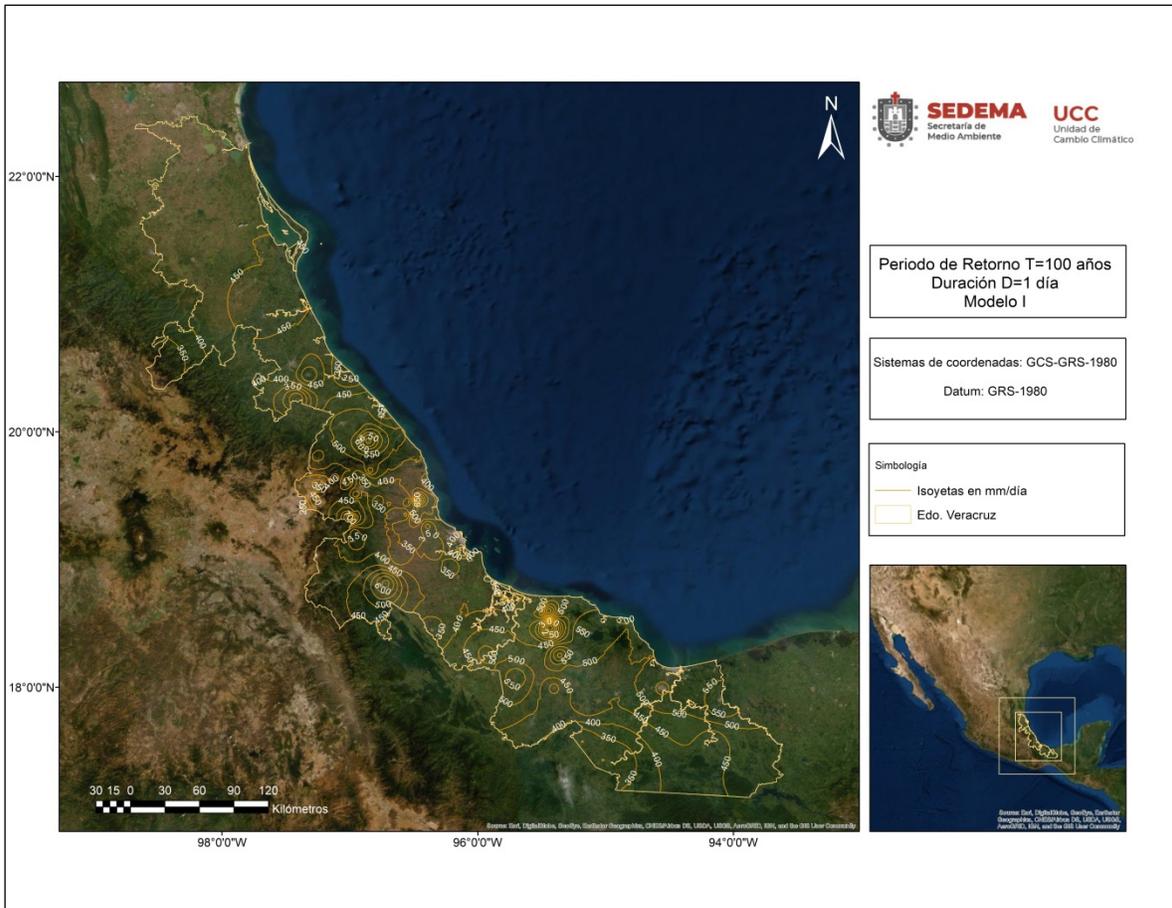


Figura 3. Isolíneas de precipitación (isoyetas) en mm/día y con un periodo de retorno de 100 años. Intervalos entre isolínea e isolínea de 50 mm/día. Modelos I.

De la figura 4 a la 6 representa la solución del modelo II

$$i = \frac{\lambda T^\psi}{\exp(\eta d) + \theta}$$

con una duración de la precipitación de un día y con un periodo de retorno para 10 años (Figura 4), 50 años (Figura 5) y 100 años (Figura 6).

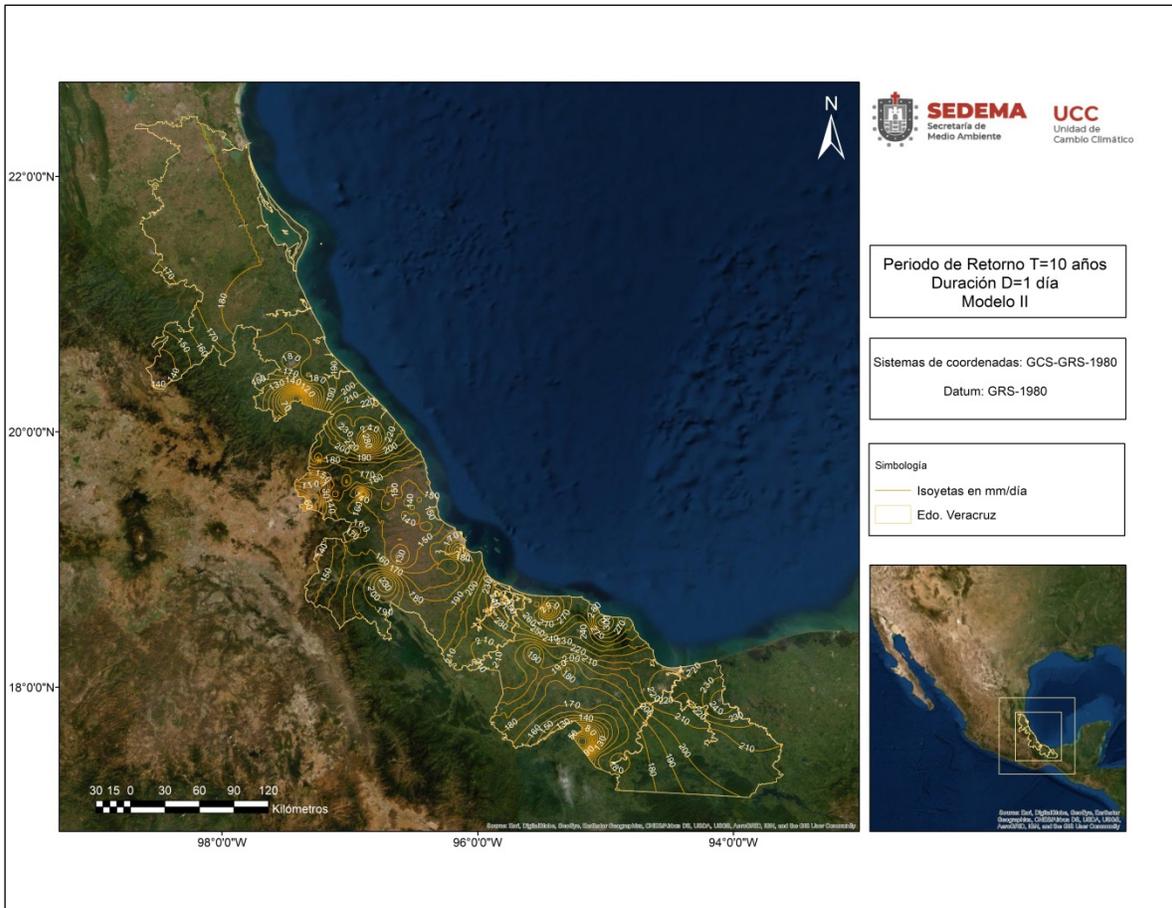


Figura 4. Isolíneas de precipitación (isoyetas) en mm/día y con un periodo de retorno de 10 años. Intervalos entre isolínea e isolínea de 10 mm/día. Modelos II.

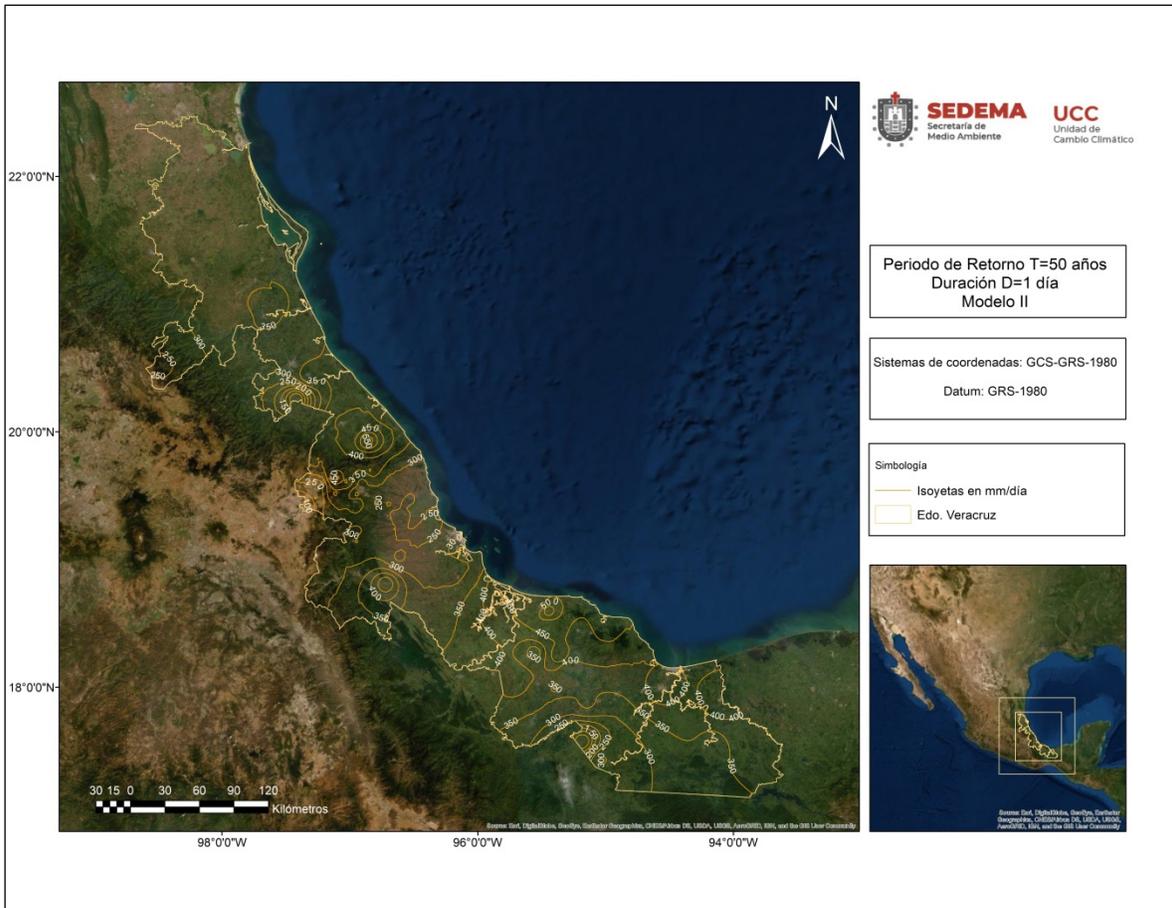


Figura 5. Isolíneas de precipitación (isoyetas) en mm/día y con un periodo de retorno de 50 años. Intervalos entre isolínea e isolínea de 50 mm/día. Modelos II.

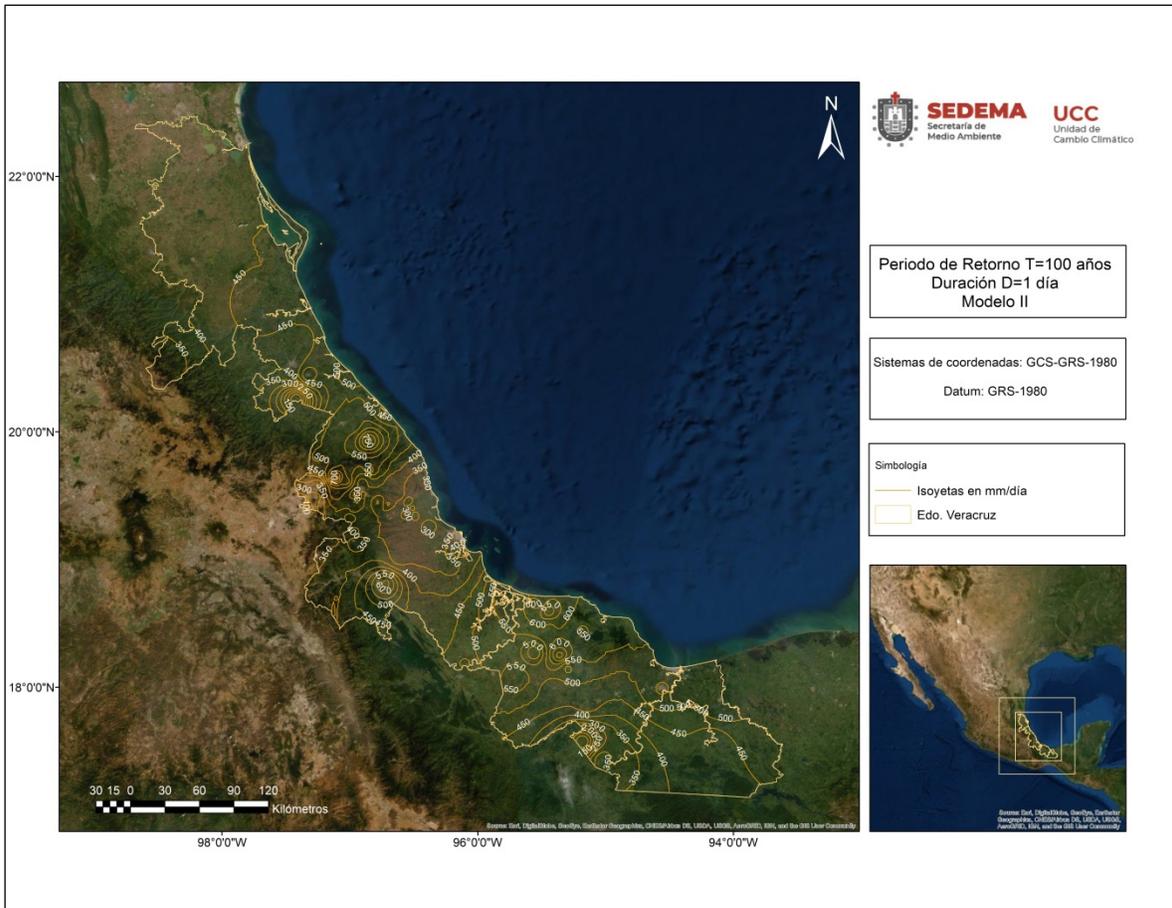


Figura 3. Isolíneas de precipitación (isoyetas) en mm/día y con un periodo de retorno de 100 años. Intervalos entre isolínea e isolínea de 50 mm/día. Modelos II.

Conclusiones

Los modelos propuestos por Pereyra (2012) se ajustaron sin inconvenientes a los datos diarios de precipitación, asimismo, se puede apreciar que después de hacer el ajuste de las 67 estaciones climatológicas utilizadas, el coeficiente de determinación es 89.67% en el modelo I y para el modelo II fue de 89.86%, considerados altos y congruentes en ambos modelos. Por lo anterior los modelos pueden ser utilizados para el diseño hidráulico urbano y/o gestión del agua para cualquier región del estado de Veracruz utilizando las isolíneas. En tal estudio se demuestra que la metodología utilizada para la elaboración de los mapas de intensidad-duración-periodo de retorno, nos permita ver qué zonas son las más

afectadas por las precipitaciones extremas causadas por eventos hidrometeorológicos.

Referencias Bibliográficas

Alam, Md Ashraful & Emura, Kazuo & Farnham, Craig & Yuan, Jihui. (2018). Best-Fit Probability Distributions and Return Periods for Maximum Monthly Rainfall in Bangladesh. 6. 9. 10.3390/cli6010009.

Diwakar, Sumant & Kaur, Surinder & Kumar Das, Ashok. (2017). Long Term Rainfall Trend over Meteorological Sub Divisions and Districts of India. 10.13140/RG.2.1.3908.4409.

Mélice, J. L. and C. J. C. Reason. (2007). "Return period of extreme rainfall at George, South Africa", South African Journal of Science. Vol.103, No. 11–12, pp. 499–501.

Pereyra D., Pérez S., Gómez L. (2004). Ecuaciones que estiman las curvas intensidad duración-período de retorno de la lluvia. Geos. Vol.24, No. 1, pp 46-56.

Pereyra Díaz D. (2012). Two nonlinear mathematical models to estimate the intensity-duration-return period of rainfall events. Universidad y Ciencia. UJAT. Vol.28, No. 3, pp. 271-277.

Ramírez Cruz, Hilario; López Velasco, Osiel y Ibañez Castillo, Laura Alicia (2015) Estimación mensual de intensidad de la lluvia en 30 minutos a partir de datos pluviométricos. Terra Latinoam [online]. vol.33, n.2, pp.151-159. ISSN 2395-8030.

Ybañez, Richard. (2013). Understanding Rainfall Return Periods. Project NOAA Open-File Reports. Vol.1, No. 2, pp. 3-4. ISSN 2362-7409.

Páginas web consultadas

http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siat/

<http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30>. Consultado abril 2018.