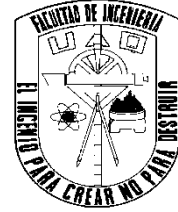


**REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE
PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE
PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

TESIS INDIVIDUAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA: JOSÉ ALEJANDRO OLVERA RESENDIZ

DIRIGE: DR. ALFONSO GUTIERREZ LOPEZ

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Licenciatura en Ingeniería Civil

Regionalización de las Duraciones Típicas e Intensidades de Precipitación en la República Mexicana

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el

Título de Ingeniero Civil

Presenta:

José Alejandro Olvera Resendiz

Dirigido por:

Dr. M. Alfonso Gutiérrez López

SINODALES

Dr. M. Alfonso Gutiérrez López
Presidente

Firma

Dr. Eduardo Álvarez Mendiola
Secretario

Firma

M. en C. Felipe Ortiz Arredondo
Vocal

Firma

M. en I. Guillermo San Román García
Suplente

Firma

Nombre y Firma
Director de la Facultad

Nombre y Firma
Director de Investigación
y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Marzo de 2013

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a mi familia por su gran apoyo y confianza, por su esfuerzo y dedicación para brindarme la mejor herencia que se puede dar a un hijo; mi carrera. Doy gracias a Dios por tenerlos como familia, por estar conmigo hasta el último momento. Agradezco a mi abuela la Sra. María Rodríguez Martínez por su cariño tan especial por su confianza de siempre y por todas sus bendiciones. A mis padres; el Sr. Alejandro Olvera Rodríguez, gracias a ti papá por tu apoyo incondicional y por toda la ayuda que me has brindado para salir adelante, pero sobretodo por demostrarme querer siempre lo mejor para mí. La Sra. Martha Resendiz Martínez gracias a ti mamá por tus palabras que me motivaron a seguir adelante, por tu cariño y comprensión, también agradezco a mis hermanos: Vero, Carlos y Eli, por todo su cariño y apoyo ya que ustedes me sirvieron de motivación para no rendirme y llegar a conseguir este logro.

También agradezco a mi Asesor de tesis, Dr. Alfonso Gutiérrez Lopez, por tenerme la confianza para poder desarrollar el tema, gracias por todos sus consejos y recomendaciones que me ayudaron a poder realizar una tesis de calidad con el fin de contribuir y aportar algo al ramo de la Hidrología.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros de la carrera, por todas las buenas y malas experiencias que pasamos, por esas noches de fiesta pero también de estudio, gracias por todas sus muestras de apoyo, mis respetos para ustedes.

¡Gracias Familia, Gracias Maestros, Gracias Amigos, por fin lo logre!

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

INDICE:

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO	5
3. OBJETIVOS.....	6
4. ESTADO DEL ARTE	6
5. RECOLECCIÓN DE DATOS CLIMATOLÓGICOS	18
5.1 ¿Qué es una Estación Meteorológica Automática (EMA)?	18
5.2 Estaciones Meteorológicas Automáticas utilizadas.....	20
6. SELECCIÓN DE ESTACIONES	24
7. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS I-D-T.....	28
7.1 Método a partir de una correlación múltiple (Gumbel).....	30
8. FUNDAMENTOS DE REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	35
8.1 Introducción.....	35
8.2 Índices de proximidad.....	37
8.3 Reglas de agregación.....	40
8.4 Método de Ward (Momento de orden 2).....	41
8.5 Clasificación Jerárquica	41
9. REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS.....	42
9.1 Introducción.....	42
9.2 Procedimiento para la obtención de las duraciones típicas de las EMAs.....	45
10 REGIONALIZACIÓN DE LAS INTENSIDADES TÍPICAS	50
10.1 Introducción.....	50
10.2 Regionalización aplicada a las regiones A, B Y C.....	50
10.3 Metodología	52
10.4 Aplicación a una EMA	64
10.5 Análisis de Resultados.....	67
11. CONCLUSIONES Y RESULTADOS	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXO 1	78
ANEXO 2	100

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

1. INTRODUCCIÓN

Una de las partes más importantes en cuanto al diseño de obras hidráulicas es la utilización de las curvas Intensidad de precipitación-Duración de tormenta-periodo de retorno (IDT). Sin embargo no siempre se cuenta con información de registros de precipitación que permita elaborar dichas curvas. El objetivo de este trabajo es presentar por medio de registros de precipitación de EMAs (Estación Meteorológica Automática) la construcción de curvas IDT, una vez obtenida esta información se presentará una metodología para que a partir de estas curvas IDT se pueda conocer el comportamiento hidrológico en zonas donde hay información escasa o nula, empleando un proceso de regionalización hidrológica.

La metodología propone relacionar las características fisiográficas y climatológicas de las cuencas hidrológicas de nuestro país, para determinar de manera empírica dichas curvas IDT. Una vez obtenidas estas curvas se realizará un análisis comparativo entre el método convencional es decir obteniendo la intensidad por medio de la ecuación propuesta por Bernard (1932), así como con la metodología propuesta a partir de la obtención de la intensidad por medio de la ubicación geográfica de cualquier punto en la República Mexicana (regionalización) y como último criterio se comparan resultados con las Isoyetas de la SCT.

En cuanto a la regionalización de las duraciones se propone obtener las máximas intensidades de todas las EMAs en estudio, esto con la intención de ubicar que zonas se comportan igual dentro de una región. De este estudio se pueden obtener datos interesantes tales como la máxima duración en cada región, las máximas intensidades y los lugares con mayor intensidad de precipitación, así como los años en donde se registraron los mayores registros de intensidad máxima.

2. MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO

La principal motivación de este trabajo radica en poder analizar de forma detallada los métodos y mecanismos para medir las intensidades máximas y duraciones típicas de precipitación en la República Mexicana. De igual manera se propone utilizar la información de las EMAS para caracterizar las duraciones e intensidades típicas de las tormentas ocurridas en nuestro país en los últimos quince años. Cabe mencionar que con frecuencia la única información a la que se tiene acceso es la lluvia medida cada 24 horas, que si bien, son abundantes estas mediciones; no permiten conocer la distribución temporal de la precipitación en un día. Es por esto que se requiere utilizar información registrada, por ejemplo, cada diez minutos, o analizar los registros históricos de las bandas pluviográficas. Las EMAS, además de localizarse en un terreno favorable, se componen de diversos instrumentos y aparatos, que facilitan el registro de las precipitaciones. La correcta medición de los elementos meteorológicos depende en un alto porcentaje de la instalación de los instrumentos, para que las observaciones efectuadas en diferentes estaciones sean

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

comparables. A la fecha, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) consigna 133 estaciones. Con la información de las EMAS es posible analizar la distribución temporal de la lluvia, situación que es clave en la hidrología de cuencas, especialmente en aquellas de poca superficie y respuesta muy rápida.

3. OBJETIVOS

- Recopilar la información actualizada de las EMAs (Estaciones Meteorológicas Automáticas) de todo el país.
- Formar la base de datos con las duraciones e intensidades típicas de todo el país.
- Obtener los parámetros de las ecuaciones características de las curvas i-d-t en todo el país.
- Efectuar un análisis de regionalización, con base en los parámetros de las ecuaciones características de las curvas i-d-t.
- Caracterizar las duraciones de las tormentas en nuestro país.
- Caracterizar las intensidades de las tormentas en nuestro país.

4. ESTADO DEL ARTE

Antecedentes

La lluvia se define mediante tres variables: magnitud o lámina, duración y periodo de retorno. La magnitud de la lluvia es la precipitación total ocurrida (en milímetros) en la duración de la tormenta; la frecuencia se expresa por el periodo de retorno de la lluvia o su intervalo de recurrencia, que es el tiempo promedio en años en el cual el evento puede ser igualado o superado por lo menos una vez en promedio (Campos, 1987), las curvas precipitación-duración-periodo de retorno forman una gráfica en la que se concentran las características de las tormentas de la zona o región, con respecto a las variables mencionadas (Campos, 1987).

Los estudios sobre precipitaciones fuertes se orientan a la estimación de la intensidad, por medio de las curvas de Intensidad-Duración-Periodo de retorno IDT. Para estudios relacionados a cuencas urbanas, obras viales y obras hidráulicas la característica es el empleo de las curvas IDT. Cuando no existen estas curvas, la solución es el empleo de métodos de regionalización hidrológica. (Bertoni et al, 2004).

Cuando es necesario conocer el gasto de diseño para una obra hidráulica se recurre a modelos de transformación de la lluvia a gasto, Sin embargo a veces, especialmente en cuencas pequeñas y/o urbanas, no se cuenta con la información pluviográfica necesaria para emplear toda la metodología existente.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Los registros temporales son necesarios para la confección de las curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno (IDT) y son los datos de entrada en los modelos de lluvia-escurrimiento. Consecuentemente, cuando esta situación se presenta es común recurrir al empleo de métodos alternativos que permiten obtener la variación temporal de las lluvias sobre la base de información pluviométrica diaria. De la comparación entre las curvas medidas y calculadas, se establece que tipo de metodología ajusta mejor a la distribución temporal real, para su empleo como un patrón regional en cuencas sin datos pluviográficos. (Mattar et al., 2004)

Registros pluviográficos

Tomando en cuenta que los pluviógrafos registran en forma continua la variación de la lámina de la lluvia con respecto al tiempo, sus registros (banda pluviográfica) son los que permiten realizar el análisis más completo de las tormentas de la zona, representado por las curvas intensidad-duración-periodo de retorno. La banda pluviográfica constituye la gráfica sobre la cual la pluma del pluviógrafo registra la lluvia acumulada. De acuerdo con el mecanismo de relojería del pluviógrafo, el reemplazo o cambio de la banda podrá ser diario o semanal, según las necesidades de precisión y lo accesible de la estación pluviográfica (Campos 1987). Esta banda presenta una seria limitación para su uso, pues su amplitud de registro es de 10 milímetros de lluvia acumulada, que corresponde al punto de vaciado del volumen retenido de lluvia para una tormenta real. Debido a esto, para que la banda pluviográfica sea útil, se debe transformar en la llamada curva masa de la tormenta, que es una gráfica de lluvia acumulada en milímetros contra el tiempo, desde el inicio de la tormenta, este último acotado en el eje de las abscisas. A partir de la curva masa se pueden obtener *las curvas I-D-Tr*; el proceso operativo consiste en dibujar en un papel transparente divisiones verticales de las duraciones que se están estudiando, con la misma escala del eje de las abscisas de la curva masa de la tormenta en análisis. En seguida se superpone el papel transparente sobre la curva masa, desplazando el origen para poder determinar los incrementos máximos de lluvia. Terminado el proceso, se dispone de los grupos de alturas de lluvia para duraciones constantes a fin de integrar las series de excedentes anuales necesarias, una para cada duración analizada; integradas éstas, las alturas de lluvia se convierten en intensidades y después se procesan estadísticamente según se requiera, con los criterios de interpolación o extrapolación.

Como resultado del procedimiento estadístico descrito, se obtienen las intensidades correspondientes a los periodos de retorno que tendrán las curvas *I-D-Tr* en las distintas duraciones analizadas.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Uso de los registros pluviométricos

En la República Mexicana se cuenta aproximadamente con 2,682 estaciones pluviométricas y 345 pluviógrafos, es decir, sólo el 13% de las estaciones climatológicas tienen pluviógrafo, de manera que se tendrá una relativa facilidad para disponer de una cuenca pequeña o en sus cercanías, de uno o varios registros de lluvias máximas diarias y obtener a partir de ellos las curvas precipitación-duración-periodo de retorno, básicas en todo análisis hidrológico de avenidas máximas por métodos empíricos e hidrológicos (Campos, 1987).

Oficialmente se clasifica la intensidad de la lluvia según la cantidad registrada en una hora, de tal modo podemos oír hablar de una lluvia débil, moderada o fuerte, e incluso lluvia inapreciable, muy débil, muy fuerte o torrencial. Por ejemplo, la lluvia muy fuerte sería entre 30.1 mm hasta 60 mm, registrados en una hora. Sin embargo, siguiendo este ejemplo podríamos encontrar dos registros de lluvia muy fuerte (p. e. 40 mm en una hora), pero uno podría ser constante (40 mm caídos regularmente durante una hora) y el otro podría ser muy variado (35 mm caídos en 5 minutos, y el resto, repartido hasta completar la hora). (Moncho, 1994)

Definición de las curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno.

Con respecto a las curvas intensidad-Duración-Periodo de retorno (IDT), es importante señalar que estas son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno (Témez, 1978).

Según, Benítez (2002) las curvas IDT son la representación gráfica de la relación existente entre la intensidad, la duración y el periodo de retorno de la precipitación.

Por otro lado, según Mintegui et al (1990), se denomina Curvas intensidad-Duración-Periodo de retorno (IDT) a aquellas que representan duraciones en abscisas y alturas de precipitación en las ordenadas, en la cual, cada curva representada corresponde a una frecuencia (o periodo de retorno), de tal forma que las gráficas de las curvas IDT representan la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondiendo todos los de una misma curva, a un idéntico periodo de retorno.

Junto con la definición de las curvas, surgen otros elementos a considerar, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. Además, es de suma importancia tener claro el concepto de cada una de estas variables, de modo de tener una visión más clara de las curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

En este sentido se debe destacar que la intensidad, según Chow et al (1994), se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la altura de agua de precipitación por unidad de tiempo (mm/hr), y esta se expresa como:

$$i = P/d$$

Donde P es la lámina de precipitación en mm y d es la duración de la lluvia, dada usualmente en horas.

Es importante señalar, que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, es evidente que en general sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información puede inducir a grandes errores por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son en general las más intensas. Es natural entonces que las determinaciones de intensidades de lluvia se hagan a partir de los registros proporcionados por los pluviógrafos (Aros, 1997).

Otro elemento a estudiar en las curvas IDT, es la frecuencia, la cual se expresa en función del periodo de retorno (T), que es el intervalo de tiempo promedio (expresado en años) entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño (Chow et al, 1994).

Por otro lado, según Ulriksen et al (1979), la probabilidad de excedencia se define como la probabilidad de que un cierto valor a asumir por la variable aleatoria se superado. Se define por $1/T$, en donde T es el periodo de retorno; por consiguiente, la probabilidad de excedencia sirve para estimar riesgos en obras civiles en general, y poder tener una aplicación a largo plazo en el sector productivo. Además, dentro de las aplicaciones de la estadística, usadas comúnmente en la hidrología, ésta la determinación de la probabilidad o del periodo de recurrencia de determinado suceso. Es así como, en la hidrología se trata frecuentemente de evaluar la probabilidad de que una variable hidrológica alcance y sobre pase un determinado valor límite (Mintegui y López, 1990).

Aplicación de las curvas IDT

El uso de las curvas IDT se enmarcan en la estimación de crecidas de cuencas hidrográficas que tienen tiempos de concentración pequeños o de pequeña duración, y su utilidad principal es poder estimar la intensidad, duración y periodo de retorno de la precipitación en un lugar que no posea pluviógrafo, solamente pluviómetros totalizadores que entregan precipitaciones diarias o lugares donde no existe información pluviométrica.

Además, es importante señalar que uno de los primeros pasos que deben seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como es el caso del diseño de un drenaje urbano, el aprovechamiento de recursos hídricos en la generación de energía eléctrica, o el diseño de obras de ingeniería de regadíos, es la determinación del evento o eventos de lluvia que

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno. Esta relación se denomina curvas IDT, que son determinadas para cada sitio en particular (Chow et al, 1994).

Aplicación de las curvas IDT en Chile

Es muy importante mencionar, que en este país son muy pocos los estudios relacionados con el diseño de las curvas IDT sin embargo es un país donde se ha realizado una muy importante aportación al campo de la hidrología, siendo esta una relación de vital importancia para la planificación hidrológica. (Pizarro, 2001)

Espíldora, (1981), realizó un análisis de las curvas de Intensidad-Duración-Periodo de retorno elaboradas para algunas ciudades chilenas (Santiago, Chillán, Talcahuano y Valdivia) a partir de cocientes generalizados de duración y frecuencia obtenidos de un estudio realizado por Bell citado por MOP, (1981), que permiten calcular, conocida la lluvia de una hora de duración y 10 años de periodo de retorno. Dichos factores son válidos para duraciones de lluvia entre 5 minutos y 2 horas, y para periodos de retorno entre 2 y 100 años.

Por otro lado, Varas y Sánchez, (1993), proponen una metodología denominada curvas IDT generalizadas que permite estimar el valor de las precipitaciones con distintos intervalos de tiempo y periodos de retorno, a partir de la información de precipitación diaria registrada en las estaciones pluviométricas. Dichos procedimientos consisten en realizar un análisis de frecuencia de la serie anual de lluvias máximas diarias (de 8 AM a 8 AM), información generalmente disponible, con el objeto de calcular el valor con 10 años de periodo de retorno. Este valor se amplifica por el coeficiente de 1,1 de modo de obtener la precipitación máxima en 24 horas con 10 años de periodo de retorno. Además, se plantean que con el uso del coeficiente de duración (C_d) y el coeficiente de frecuencia (C_f) de una estación, con un régimen similar de lluvia, se pueden obtener las curvas IDT para una zona de interés.

Por otro lado, define al coeficiente de duración (C_d) como la razón entre la lluvia caída en un intervalo cualquiera y la lluvia caída en 24 horas, ambas para un periodo de retorno de 10 años. Análogamente, se define al coeficiente de frecuencia (C_f) como la razón entre la lluvia asociada a un cierto periodo de retorno y la lluvia de igual duración, pero de 10 años de periodo de retorno.

Celis, (1993), construyó las curvas IDT para las ciudades de Concepción – Talhuano, en base a la información de la estación meteorológica Bellavista, para lo cual se seleccionaron 428 chubascos diferentes (con un promedio de 33 chubascos por año) observados entre los años 1971 y 1983. El estudio consideró periodos de retorno de 10, 20, 30, 40, 90, ..., 1440

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

minutos, aplicando distintos tipos de análisis de frecuencia para las intensidades registradas.

Aplicación de las curvas IDT en otros países

También existen estudios como éste realizados en otras partes de Sudamérica, algunos de los más importante han sido realizados en Argentina buscando resultados semejantes a los obtenidos en este estudio mediante la obtención de grandes cantidades de información y filtración de la misma para poder calcular algunos de los parámetros más importantes de las curvas IDT y estimar algunos otros, enfocándose en las PMPs (Precipitaciones Máximas Probables).

Argentina es un país con un territorio extenso y poca población lo cual sumado a una generalizada falta de interés por la medición hidrometeorológica, hace que la escasez de datos sea casi una constante a la hora de encarar proyectos de ingeniería civil. Esta situación es particularmente crítica cuando de precipitaciones intensas se trata. (Devoto, 2009)

Se propone aquí un método para la estimación de las curvas Intensidad Frecuencia Duración (I-D-F) en la República Argentina para aquellas localidades sin información que se apoya en 4 mapas con isolíneas de medias y coeficientes de variación para las precipitaciones intensas de 1 y 12 horas de duración y adopta a la función de distribución de Gumbel para la caracterización estocástica de las lluvias extremas. (Devoto, 2009)

El método es de aplicación en el cálculo de las crecidas de diseño de obras de drenaje urbano y el dimensionamiento de alcantarillas y de puentes viales o ferroviarios emplazados sobre cursos fluviales de cuencas pequeñas sin registros de aforos.

Como consecuencia de ello, los valores que resultan son menos dependientes de la localización y de consideraciones climatológicas particulares, lo cual favorece su regionalización. (Devoto, 2009)

La regionalización hidrológica explora al máximo las informaciones existentes, buscando estimar las variables hidrológicas en lugares carentes de datos o bien donde los existentes resultan insuficientes por cantidad o por calidad. Esta técnica permite explorar mejor las muestras puntuales y, en consecuencia, mejorar las estimaciones de las variables; verificar la consistencia de las series hidrológicas; identificar la falta de puestos de observación, etc. (Gananacias, 2009)

La regionalización de caudales en la cuenca alta del Río Cuarto, un sistema hidrológico serrano representativo de la provincia de Córdoba, Argentina. En la zona existen 7 estaciones hidrométricas en un radio de 100 km, las cuales poseen registros de 22 a 43 años

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

de datos. Las características de homogeneidad regional fueron evaluadas siguiendo el procedimiento de los Trazos Multidimensionales propuestos por Andrews en 1972, confirmándose que las regiones son hidrológicamente homogéneas.

Fueron aplicados diferentes métodos de regionalización: Avenida Índice, Estaciones Año, Box-Cox, Regresión y Correlación Lineal y Técnica de Momentos Estandarizados de Probabilidad Pesada. La comparación de resultados entre los caudales correspondientes a distintas recurrencias obtenidos por análisis de frecuencia puntual en cada una de las estaciones y por regionalización mostró comportamientos dispares, dependientes de la calidad de la información básica. En varios casos el error de estimación no superó el 5%, considerado satisfactorio para los fines perseguidos. (Gananacias, 2009)

El uso de las curvas IDF se enmarca en la estimación de crecidas de cuencas hidrográficas que tienen tiempos de concentración pequeños o de pequeña duración, y su utilidad principal es poder estimar la intensidad, duración y frecuencia de la precipitación en un lugar que no posee pluviógrafo, solamente pluviómetros totalizadores que entregan precipitaciones diarias o lugares donde no existe información pluviométrica. (Pizarro, 2001)

Es importante mencionar, que las curvas IDT son importantes en todos los países ya que son de relevancia para el diseño y planificación de estudios hidrológicos. En este sentido, Chen (1983) propone una fórmula general para representar la relación Intensidad-Duración-Periodo de retorno para los *Estados Unidos*. Este método tiene gran potencial para la aplicación en el diseño de drenajes de aguas, lluvias, y es actualmente utilizado en dicho país por la "Federation Highway Administration", siendo necesario para la utilización de este método, las lluvias de 10 años de periodo de retorno y 1 hora de duración, lluvias de 24 horas con 10 años de periodo de retorno y lluvias de 1 hora con 100 años de periodo de retorno. La fórmula propuesta por Chen es la siguiente: (Pizarro, 2001)

$$I_d^T = \frac{aI_d^{10} \log(10^{2-x}T^{x-1})}{(d + b)^c}$$

Dónde:

d: Duración en horas.

I_d^T : Intensidad de lluvia en mm/hr, correspondiendo a un periodo de retorno de T años y una lluvia de d minutos de duración.

R_d^{100} Y R_d^{10} : corresponden a precipitaciones asociadas a una duración de d horas y un periodo de retorno de 100 y 10 años.

X: es la relación de frecuencias, R_d^{100}/R_d^{10} .

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

a, b y c: son los parámetros que dependen del lugar y de la relación R_d^{10}/R_{24}^{10} .

I_d^{10} : Intensidad de lluvia asociada a 10 años de periodo de retorno y una duración de d horas.

Por otro lado, en India, la estimación de la intensidad de precipitación para diferentes duraciones y periodos de retorno son también necesarias para realizar estimaciones de inundaciones (Kothyari y Garde 1992), para lo cual fue necesarios utilizar los registros de lluvia menores a 24 horas de duración y para regiones hidrológicas muy similares. A partir de ellos, se planteó una formula general para describir la relación IDT, la cual es representada por la simple ecuación de Bernard (1932), citado en Kothyari y Garde, (1992): (Pizarro, 2001)

$$I_d^T = \frac{k * T r^m}{d^n}$$

Dónde:

I_d^T : Intensidad de precipitación para una duración d y un periodo de retorno o recurrencia de T años, con k, m, y n como constantes.

Por otro lado, otros estudios se han llevado a cabo en india, y variados son los autores que han propuesto distintas fórmulas para la estimación de la intensidad de lluvia. Es en este sentido, que Bell (1969), propuso la siguiente fórmula:

$$Rd^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)R_1^{10}$$

Dónde:

Rt^T : Intensidad de precipitación para un periodo de retorno de T años y una duración de d horas. Además, R_1^{10} es la lluvia de 1 hora de duración y un periodo de retorno de 10 años.

Años más tarde, usando los datos de 39 estaciones pluviográficos “Rain Babu”, Teiwani et al, (1969), propusieron diferentes relaciones en distintas localidades geográficas de India. Dichas relaciones produjeron resultados con un error de (+/-) 50%. Posteriormente se fueron incorporando nuevas estaciones de control lo que derivó en una nueva fórmula planteada por Chen (1983), que pudo representar la relación IDT, y obtener a la vez mejores resultados que los arrojados por el estudio anterior. Chow et al (1994), en la ciudad de Denver en Estados Unidos, a partir de una curva Intensidad-Duración-Periodo de retorno, pudieron desarrollar un hietograma de diseño utilizando incrementos de tiempo de 10 minutos para una tormenta de 10 años y 2 horas. (Pizarro, 2001)

Por otra parte, Pilgrim y Cordery (1994), desarrollaron un método de análisis de hietogramas basado en el ordenamiento de los intervalos de tiempo de una tormenta,

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

teniendo en cuenta la profundidad de precipitación que ocurre en cada uno de ellos y repitiendo ese procedimiento en muchas tormentas en la región. Esta metodología es la estándar en el diseño hidrológico en Australia.

Aplicación de las curvas IDT en México

En México, también se han hecho gran cantidad de estudios, no sólo para regionalizar sino también en escalas espaciales mucho menores al territorio nacional, escalas estatales, en donde se buscan las relaciones de las curvas IDT para diseñar obras hidráulicas como diques o drenes a partir de la información de los pluviógrafos del Estado (Campos, 1987).

Se propone la aplicación de las curvas Intensidad–Duración–Periodo de retorno (IDT), las cuales representan las características relevantes de las tormentas que ocurren en la zona teniendo dos objetivos fundamentales, el primero consiste en contrastar en 10 pluviógrafos de la República Mexicana, un procedimiento propuesto recientemente para construir curvas IDF, basado en la fórmula de Chen. Y esto se realiza utilizando la información sobre isoyetas de intensidades y pluviométrica disponible en la República Mexicana. Habiendo verificado la capacidad reproductiva y la aproximación de tal enfoque para representar curvas IDT, el segundo objetivo se desarrolló aplicando tal procedimiento en más de 50 localidades del país, las capitales de los estados y algunas de sus ciudades más importantes para presentar los parámetros de la fórmula de Chen que definen en cada sitio sus curvas IDF, con duraciones que varían de 5 minutos a 24 horas y periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Los resultados dan a entender que el procedimiento utilizado emplea la información de isoyetas de intensidades, disponible en la República Mexicana (SCT, 1990), haciendo uso de los registros pluviométricos para estimar las predicciones necesarias de precipitación máxima en 24 horas. Por lo tanto, puede ser aplicado en cualquier sitio o localidad de la República Mexicana que cuente con una estación pluviométrica, la cual permita obtener con cierta confiabilidad los valores citados.

Análisis estadístico de las variables hidrológicas

Con respecto a las variables hidrológicas en estudio, se sabe que las series de caudales y precipitaciones máximas no se ajustan a distribuciones normales, por lo tanto se toma necesario utilizar distribuciones extremas, como la logarítmica-normal, la función Gamma, la función Pearson y la función Gumbel. Con relación a esto, según Linsley et al (1988), los valores de precipitaciones máximas horarias o diarias, generalmente se ajustan a distribuciones tales como la función de Gumbel.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Por otro lado, entre los métodos utilizados para cuantificar las relaciones entre la intensidad y frecuencia en un punto determinado, cabe citar la función de distribución de probabilidad conocida como Gumbel. Sin embargo, no es la única que se puede utilizar para determinar precipitaciones intensas, aunque es la más conocida y la que ha tenido mayor aplicación en todo el mundo.

En este sentido, es importante señalar que para la estimación de la intensidad de precipitación a diferentes duraciones y periodos de retorno en estudios hidrológicos de India, fue necesario utilizar la distribución Gumbel, confirmando que es la distribución que mejor describe la variación de una serie anual de máxima intensidad de precipitación, señala que la función de Gumbel es la más apropiada para representar lluvias anuales extremas y a la vez discute sobre la aplicación de dicha función para meses extremos.

Construcción de las curvas IDT

Con respecto a la construcción de las curvas Intensidad-Duración-Periodo retorno, diversos autores plantean distintas formas o métodos para su construcción. Según Aparacio (1997) existen dos métodos; el primero, llamado de intensidad-periodo de retorno, relaciona estas dos variables, y para cada duración por separado, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología. El otro método relación simultáneamente la intensidad, la duración y el periodo de retorno en una familia de curvas cuya ecuación es;

$$I = \frac{k * T^m}{(d + c)^n}$$

Dónde:

k, m y n son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple, y en tanto que I y f corresponden a la intensidad de precipitación y la duración, respectivamente.

Por propia recomendación del autor y para facilidad de cálculo se modifica el modelo propuesto, eliminándose la constante c, que corresponde a un parámetro asociado a la duración y que para este caso tomo un valor cero, quedando expresado el modelo de la siguiente forma:

$$I = \frac{k * T^m}{d^n}$$

Por otra parte, Chow et al (1994), plantean dos formas de trabajar con las curvas. La primera, utiliza un análisis de frecuencia de la lluvia, considerando para ello una función de distribución de probabilidad de valor extremo como la función Gumbel.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Otra forma o método para determinar las curvas IDT, que también se utilizó fue el que planteó Témez (1978), el cual relaciona las intensidades de precipitación para distintos periodos de retorno, con el propósito de graficar la relación entre las tres variables (Intensidad-Duración-Periodo de retorno), y cuyo esquema de las curvas IDT, se muestra en la figura:

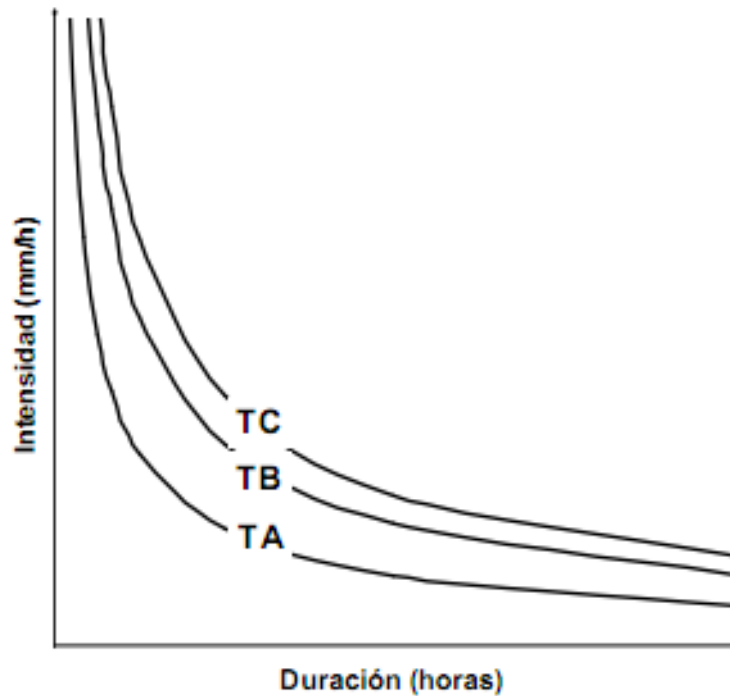


Figura 1 Esquemas de las curvas IDT

De acuerdo con la figura, D = Duración en horas; I = Intensidad de precipitación en mm/hr, A, B y C = representan curvas $I = f(t)$ de diferente periodo de retorno en años.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Finalmente, es importante mencionar que respecto a los estudios de regionalización hidrológica en el país, es de gran importancia los estudios para regionalizar caudales o gastos. En 1997, la Conagua se reorganizó en 13 regiones administrativas por lo que, aprovechando la información recopilada de los años cuando operaba la SARH, se determinaron las envolventes para cada una de estas regiones. Estas envolventes se obtuvieron a partir de lo propuesto por Creager y Lowry; adicionalmente se han estudiado las formulaciones propuestas por Francou-Rodier (1967), Matthai (1969) y Crippen (1982) (Rodríguez R, R, 2013). La idea fundamental de estos métodos regionales de curvas envolventes es relacionar el gasto máximo con un solo parámetro de la cuenca: el área. El valor final del caudal se obtiene como un gasto específico o gasto por unidad de área en $m^3/s/km^2$, el área de la cuenca en km^2 y de un parámetro empírico que define la envolvente. Creager determinó un coeficiente mundial de $C_c = 200$ mientras que para México, Aparicio (1992) consigna que un valor más razonable de dicho coeficiente es $C_c = 100$. Fuentes et al (1981) relacionan los valores de C_c que la SARH determinó para 23 regiones de la República Mexicana. En ese caso, el valor máximo encontrado alcanzó un $C_c = 100$ para algún dato analizado en la entonces definida región Pacífico Centro.

La envolvente de Lowry es muy usada en Latinoamérica, relaciona un parámetro empírico y el área de la cuenca. En 1978, la entonces Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) publicó los valores del coeficiente de Lowry para cada una de las 37 regiones hidrológicas de nuestro país. Para el cálculo de los coeficientes se utilizaron datos observados de gastos máximos hasta 1975. Con esos datos, la envolvente nacional estaba dada por coeficiente de Lowry igual a 5270, valor estimado para la región Costa de Jalisco (SARH, 1978).

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

5. RECOLECCIÓN DE DATOS CLIMATOLÓGICOS

5.1 ¿Qué es una Estación Meteorológica Automática (EMA)?

Es un conjunto de dispositivos eléctricos y mecánicos que realizan mediciones de las variables meteorológicas de forma automática (sobre todo en forma numérica) (*Referencia OMM 182.*).

Una Estación Meteorológica Automática (EMA), está conformada por un grupo de sensores que registran y transmiten información meteorológica de forma automática de los sitios donde están estratégicamente colocadas. Su función principal es la recopilación y monitoreo de algunas variables meteorológicas para generar archivos del promedio de cada 10 minutos de todas las variables, esta información es enviada vía satélite en intervalos de 1 ó 3 horas por estación

El área representativa de las estaciones es de 5 km de radio aproximadamente, en terreno plano, excepto en terreno montañoso. (*Referencia OMM número 100 y 168*)

- **Sensores que integran la Estación:**
 - Velocidad del viento
 - Dirección del viento
 - Presión atmosférica
 - Temperatura y Humedad relativa
 - Radiación solar
 - Precipitación

Con la información de las EMAs es posible analizar la distribución temporal de la lluvia, situación que es clave en la hidrología de cuencas y que a su vez de mayor importancia en aquellas de poca superficie y respuesta muy rápida. (*Referencia OMM número 100 y 168*)

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Existen dos tipos de estructura donde van montadas las estaciones:

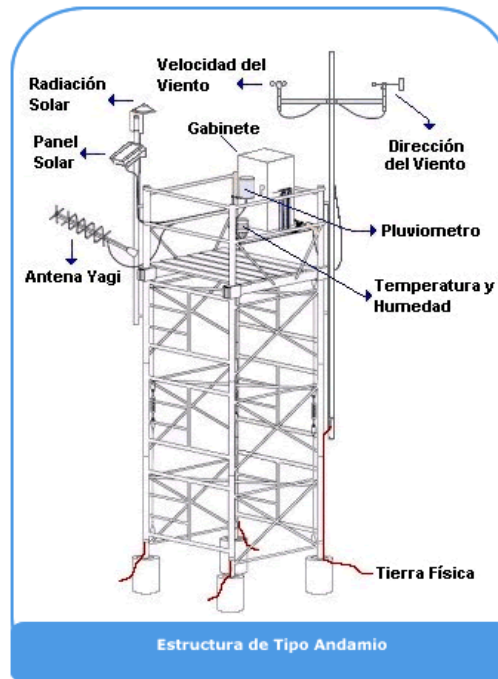


Figura 5.1 Estructura tipo andamio para montaje de EMA.

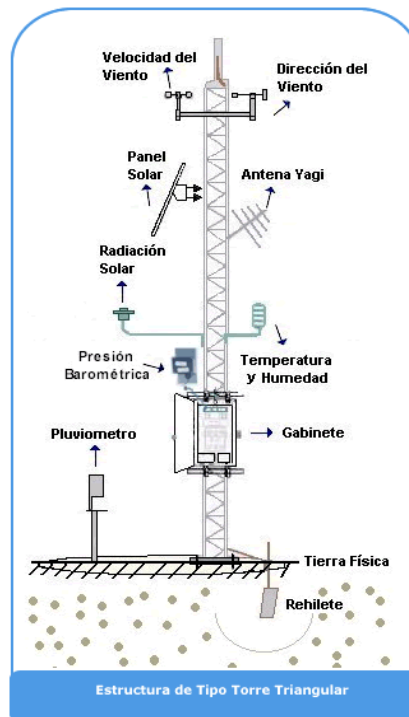


Figura 5.2 Estructura tipo torre triangular para montaje de EMA.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

5.2 Estaciones Meteorológicas Automáticas utilizadas.

A la fecha, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) consigna 135 Estaciones Meteorológicas Automáticas - EMAs y 44 Estaciones Sinópticas Meteorológicas Automáticas - ESIMes. Administradas por la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional – CGSMN.

Para éste estudio se analizaron 97 EMAs las cuales se presentan a continuación, en la siguiente tabla se muestra el estado donde se ubica cada EMA, así como la fecha a partir de la que se tienen registro, la ubicación geográfica y la altitud.

Tabla 5.2.1 EMAs utilizadas para el análisis.

N°	EDO	NOMBRE	DATOS DESDE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
1	AGS	CALVILLO	09-nov-04	21°50'58"	102°42'44"	1618
7	BC	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	06-abr-00	28°53'47"	113°33'37"	10
		CATAVIÑA	09-nov-04	21°50'57"	102°42'44"	1618
		LA RUMOROSA	06-nov-04	21°50'57"	102°42'44"	1618
		MEXICALI	26-mar-00	32°40'1"	115°17'27"	50
		PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	07-may-99	32°26'50"	116°54'30"	156
		PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	02-jul-99	31°53'29"	116°36'12"	32
		S QUINTÍN	01-abr-00	30°31'54"	115°50'15"	32
4	BCS	CABO S LUCAS	26-abr-00	22°52'52"	109°55'35"	224
		CD CONSTITUCIÓN	21-abr-00	25°00'35"	111°39'48"	28
		GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	11-abr-00	27°38'34"	113°27'27"	37
		STA ROSALÍA	16-abr-00	27°20'17"	112°16'10"	53
4	CAMP	CALAKMUL	01-mar-03	18° 21' 54"	89° 53' 33"	28
		CAMPECHE	26-abr-00	19°50'10"	90°30'26"	11
		CD DEL CARMEN	30-abr-00	18°38'53"	91°49'21"	8
		ESCÁRCEGA	29-oct-04	18°36'30"	90°45'14"	60
2	COAH	NVA ROSITA	22-dic-03	27° 55' 12"	101° 19' 48"	366
		STA CECILIA	24-nov-04	28°23'58"	101°12'47"	595
2	CHIS	ESCUINTLA	29-dic-03	15° 17' 51"	92° 40' 34"	42
		PALENQUE	17-dic-02	17° 31' 33"	91° 59' 25"	52
8	CHIH	BASASEACHI	07-may-99	28°11'57"	108°12'32"	1973
		CD DELICIAS	26-dic-03	28° 10' 12"	105° 30' 00"	1188
		CHINATÚ	04-jun-99	26°13'46"	106°46'14"	1982
		CHINIPAS	24-may-99	27°23'34"	108°32'11"	431
		GUACHOCHI	31-may-99	26°48'49"	107°04'23"	2390
		JÍMENEZ	12-nov-04	27°06'39"	104°54'23"	1360
		MAGUARICHI	10-jun-99	27°51'30"	107°59'40"	1663
		URIQUE	15-abr-99	27°12'56"	107°55'1"	577
3	DF	AEROPUERTO	24-feb-00	19°26'25"	99°04'34"	2075
		ESC NAL DE CIEN BIOL	15-abr-99	19°27'13"	99°10'16"	2389
		PIMENTEL	24-feb-00	19°20'42"	99°11'15"	2177
		SMN	15-abr-99	19°24'13"	99°11'49"	2320
		TEZONTLE	24-feb-00	19°23'07"	99°05'59"	2358
2	DGO	AGUSTÍN MELGAR	15-dic-02	25° 15' 48"	104° 03' 58"	1226
		LAS VEGAS	13-dic-02	24° 11' 09"	105° 27' 58"	2398
1	GTO	PSA ALLENDE	13-mar-00	20°50'54"	100°49'29"	1915
4	GRO	ACAPULCO	30-abr-99	16°45'48"	99°44'56"	76
		CD ALTAMIRANO	14-dic-02	18° 21' 02"	100° 39' 30"	251
		IGUALA	22-oct-04	18°21'37"	99°31'27"	780
		PETACALCO	12-dic-02	17° 59' 04"	102° 07' 23"	53

**REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE
PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

N°	EDO	NOMBRE	DATOS DESDE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m)
3	HGO	HUICHAPAN	30-dic-03	20° 23' 19"	99° 39' 50"	2080
		PACHUCA	04-mar-00	20°05'49"	98°42'51"	2423
		HUEJUTLA	26-mar-00	21°09'17"	98°22'07"	115
5	JAL	CHAPALA	10-abr-99	20°17'25"	103°12'06"	1493
		JOCOTEPEC	13-ago-99	20°16'59"	103°24'59"	1506
		LOS COLOMOS	17-mar-00	20°42'24"	103°23'34"	1571
		RÍO TOMATLAN	30-abr-00	19°59'55"	105°08'01"	141
		TIZAPAN	14-ago-99	20°10'10"	103°02'38"	1503
5	MÉX	ATLACOMULCO	01-mar-00	19°47'30"	99°52'11"	2600
		CERRO CATEDRAL	01-abr-99	19°32'31"	99°31'9"	3754
		CEMCAS	09-dic-04	19°28'47"	98°58'25"	2176
		NEVADO DE TOLUCA	09-mar-00	19°07'0"	99°46'0"	4139
		PSA MADÍN	24-abr-00	19°31'28"	99°16'05"	2364
3	MICH	APATZINGAN	09-dic-02	19° 04' 58"	102° 22' 18"	282
		URUAPAN	26-dic-03	19° 22' 51"	102° 01' 44"	1606
		ANGAMACUTIRO	02-may-00	20°07'31"	101°43'21"	1730
2	MOR	INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA	20-abr-99	18°53'02"	99°09'34"	1355
		TEPOZTLÁN	21-oct-04	18°57'03"	99°04'44"	1384
2	NAY	ACAPONETA	21-dic-03	22° 27' 59"	105 23' 07"	29
		IXTLÁN DEL RIO	24-dic-03	21° 02' 20"	104° 17' 53"	1163
1	NL	PSA EL CUCHILLO	11-abr-00	25°43'59"	99°19'15"	134
4	OAX	MATÍAS ROMERO	15-dic-02	16° 52' 58"	95° 02' 11"	186
		NOCHIXTLÁN	27-oct-04	17°26'12"	97°14'57"	2040
		PINOTEPA NACIONAL	16-dic-02	16° 20' 59"	98° 03' 09"	195
		PUERTO ÁNGEL	01-ago-00	15°40'16"	96°29'50"	91
2	PUE	UNIV TECNOL DE TECAMACHALCO	02-jun-99	18°51'59"	97°43'18"	2047
		IZÚCAR DE MATAMOROS	18-mar-00	18°37'0"	98°27'7"	1353
1	QRO	HUIMILPAN	29-feb-00	20°23'25"	100°17'1"	2280
4	Q ROO	CANCÚN	27-abr-00	21°04'30"	86°46'33"	50
		COZUMEL	12-dic-02	20° 28' 37"	86° 54' 25"	5
		CHETUMAL	25-abr-00	18°30'02"	88°19'40"	14
		SIAN KA'AN	03-may-00	20°07'40"	87°27'56"	8
2	SLP	CD VALLES	06-nov-04	21°58'47"	99°01'51"	58
		MATEHUALA	10-dic-02	23° 38' 51"	100° 39' 57"	1627
1	SIN	OBISPO	16-nov-04	24°15'04"	117°11'17"	4
3	SON	ALAMOS	31-may-99	27°01'18"	108°56'16"	409
		HERMOSILLO	29-dic-03	28° 43' 48"	111° 49' 48"	160
		YECORA	10-dic-02	28° 22'	108° 55'	1531
	TAB	PARAÍSO	26-dic-03	18° 25' 24"	93° 09' 20"	4
5	TAMPS	CD MANTE	21-dic-03	22° 44' 40"	98° 58' 59"	85
		MATAMOROS	05-abr-00	25°53'09"	97°31'07"	4
		SAN FERNANDO	08-dic-02	24° 50' 34"	98° 09' 27"	45
		SOTO LA MARINA	03-abr-00	23°45'51"	98°12'28"	21
		ALTAMIRA	08-jun-99	22°23'15"	97°55'32"	61
1	TLAX	HUAMANTLA	17-mar-00	19°23'	97°57'	2222
7	VER	ALVARADO	29-mar-00	18°42'54"	95°37'57"	113
		CITLALTEPEC	21-feb-06	21°20'05"	97°52'43"	211
		CD ALEMAN	28-mar-00	18°11'21"	96°05'51"	107
		CENTRO DE PREVISIÓN DEL GOLFO DE MÉXICO	17-mar-00	19°08'34"	96°06'41"	19
		JALAPA	15-mar-00	19°31'47"	96°55'29"	1439
		PSA LA CANGREJERA	03-abr-00	18°06'21"	94°19'53"	34
		TUXPAN	28-mar-00	20°57'36"	97°25'01"	5
4	YUC	TANTAKIN	14-dic-02	20° 01' 49"	89° 02' 50"	30
		CELESTÚN	13-abr-00	20°51'29"	90°22'59"	10
		MÉRIDA	16-abr-00	20°56'47"	89°39'06"	18
		RÍO LAGARTOS	19-abr-00	21°34'16"	88°09'37"	5
1	ZAC	ZACATECAS	18-abr-00	22°44'48"	102°30'22"	2270

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

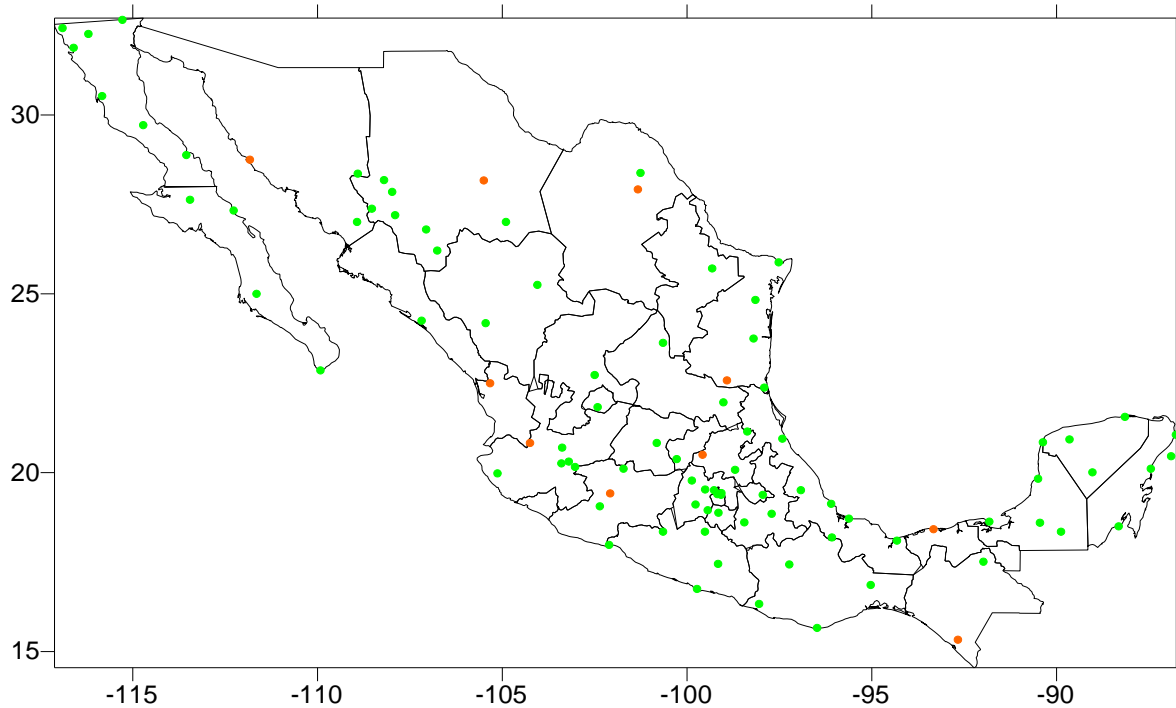


Figura 5.2.2 Distribución geográfica de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs).

FABRICANTE		
	Forest Technology Systems (Canada)	84
	Vaisala (Finlandia)	10

Las EMAs seleccionadas tienen registros de precipitaciones diarias cada 10 minutos durante todo el día, los 365 días del año, con un promedio de 9 años de registro; esto constituye una base de datos de aproximadamente 452,563,320 registros de datos de precipitación. Estos datos se ordenan desde la fecha que empezó a operar la estación, hasta la fecha más reciente disponible.

Ya que los datos de cada estación están separados por año y además por meses, se ordenan todos los datos para cada estación por años de registros, es decir cada estación deberá tener un archivo por cada año para después obtener las precipitaciones diarias, por medio de una herramienta de cómputo que está en línea en la página del Centro de Investigaciones del Agua en Querétaro (CIAQ), la cual lleva el nombre de “Analizador de Tormentas TIPO”, y que fue compilada por el Ing. Rafael Porras.

La herramienta de cómputo consiste en cargar un archivo de Excel con extensión .csv (delimitado por comas), la función que realiza el software en línea, es extraer todas las precipitaciones que hay en un año seleccionado, es decir elimina todos los días donde no se registró precipitación.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 5.2.3 Vista previa de software para extracción de datos.

Analizador de Tormentas TIPO			
El archivo ha sido cargado correctamente.			
Nombre del archivo: 2002.csv			
Tamaño del archivo: 1997.5 kb			
1812	13/01/2002	13:40	0.25
		Duració10 min	0.25
1817	13/01/2002	14:30	0.25
1818	13/01/2002	14:40	0.25
		Duració20 min	0.5
1821	13/01/2002	15:10	0.25
		Duració10 min	0.25
1834	13/01/2002	17:20	0.25
1835	13/01/2002	17:30	0.25
		Duració20 min	0.5
1838	13/01/2002	18:00	0.25
1839	13/01/2002	18:10	1.02
1840	13/01/2002	18:20	0.76
1841	13/01/2002	18:30	0.51
1842	13/01/2002	18:40	0.76
		Duració50 min	3.3

Se agrupa en un archivo nuevo todos las celdas donde si hubo precipitación para generar la base de datos de cada EMA.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

6. SELECCIÓN DE ESTACIONES

Una vez obtenidos todos los registros diarios de precipitación de cada EMA, se configura una tabla para los eventos máximos de precipitación para cada duración y duración. Para tener un buen resultado de esta investigación se siguió un criterio de selección, el cual consiste en eliminar a todas las estaciones que tienen menos de 5 años de registros, esto porque al tener mayor cantidad de datos los resultados se asemejan más al comportamiento real de la lluvia.

De las 97 estaciones solo se utilizaron las siguientes para cálculo de parámetros k , m y n :

Tabla 6.1 EMAs utilizadas para obtención de parámetros K, M y N.

Asig.	Estado	Estación	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	AÑOS EFECT.
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	28.896388	113.56027	10	5
2		PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	32.44722	116.9083	156	6
3		PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	31.891388	116.60333	32	9
4		SAN QUINTIN	30.531667	115.8375	32	6
5	BCS	CABO S LUCAS	22.88111	109.92638	224	8
6		CD CONSTITUCIÓN	25.009722	111.66333	28	8
7		GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	27.64277	113.4575	37	8
8		STA ROSALIA	27.338055	112.26944	53	7
9	CAMPECHE	CAMPECHE	19.836111	90.507222	11	8
10		CD DEL CARMEN	18.648055	91.8225	8	6
11	CHIAPAS	PALENQUE	17.525833	91.990277	52	5
12	CHIHUAHUA	CHINATÚ	26.22944	106.77056	1982	7
13		CHINIPAS	27.392777	108.53639	431	6
14		GUACHOCHI	26.813611	107.07306	2390	8
15		MAGUARICHI	27.858333	107.99444	1663	8
16		URIQUE	27.265555	107.91694	577	8
17		BASASEACHI	28.199166	108.20889	1973	10
18	D.F.	ENCB	19.453611	99.171111	2389	8
19		SMN	19.403611	99.196944	2320	7
20		TEZONTLE	19.385277	99.099722	2358	8
21		AEROPUERTO	19.440278	99.076111	2075	5
22	DURANGO	LAS VEGAS	24.185833	105.46611	2398	6
23	GUANAJUATO	PSA ALLENDE	20.848333	100.82472	1915	7
24	GUERRERO	ACAPULCO	16.763333	99.748889	76	7
25	HIDALGO	HUEJUTLA	21.154722	98.368611	115	8
26		PACHUCA	20.096944	98.714167	2423	7
27	JALISCO	CHAPALA	20.290277	103.20167	1493	7
28		JOCOTEPEC	20.283055	103.41639	1506	6
29		RÍO TOMATLAN	19.998611	105.13361	141	6
30		TIZAPAN	20.169444	103.04389	1503	8
31		LOS COLOMOS	20.706666	103.39278	1571	8

**REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE
PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

Asig.	Estado	Estación	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	AÑOS EFECT.
32	MÉXICO	CERRO CATEDRAL	19.541944	99.519167	3754	8
33		NEVADO DE TOLUCA	19.116666	99.766667	4139	8
34		PSA MANDIN	19.524444	99.268056	2364	7
35		ATLACOMULCO	19.791666	99.869722	2600	7
36	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	20.125277	101.7225	1730	7
37	MORELOS	IMTA	18.883888	99.159444	1355	8
38	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	25.733055	99.320833	134	6
39	OAXACA	PTO ANGEL	15.671111	96.497222	91	7
40		PINOTEPA NACIONAL	16.349722	98.0525	195	5
41	PUEBLA	UTT	18.866388	97.721667	2047	9
42		IZÚCAR DE MATAMOROS	18.616666	98.451944	1353	6
43	Q ROO	SIAN KA'AN	20.127778	87.465556	8	7
44		CHETUMAL	18.500556	88.327778	14	8
45		CANCUN	21.075	86.775833	50	7
46	QUERÉTARO	HUIMILPAN	20.390278	100.28361	2280	7
47	SONORA	ALAMOS	27.021667	108.93778	409	8
48	TAMAULIPAS	MATAMOROS	25.885833	97.518611	4	8
49		ALTAMIRA	22.3875	97.925556	61	7
50		SAN FERNANDO	24.842778	98.1575	45	5
51	TLAXCALA	HUAMANTLA	19.383333	97.95	2222	7
52	VERACRUZ	TUXPAN	20.96	97.416944	5	6
53		PSA LA CANGREJERA	18.105833	94.331389	34	7
54		CPGM	19.142778	96.111389	19	7
55		CD ALEMAN	18.189166	96.0975	107	8
56		ALVARADO	18.715	95.6325	113	7
57		JALAPA	19.529722	96.924722	1439	7
58	YUCATAN	CELESTÚN	20.858056	90.383056	10	8
59		RIO LAGARTOS	21.571111	88.160278	5	6
60		MERIDA	20.946389	89.651667	18	6
61	ZACATECAS	ZACATECAS	22.746667	102.50611	2270	6

Para cada una de estas 61 estaciones se seleccionan un conjunto de eventos para duraciones típicas de: 10, 20, 30, 40, 50, 60, ..., n, etc.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Se configura una tabla con los mayores eventos de precipitación para cada duración y para cada año, tal como la siguiente:

Tabla 6.2 Formato para datos de precipitación extraídos del Software en línea.

Precipitación mm/hr											
año	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	n
2000											
2001											
2002											
2003											
2004											
2005											
2006											
2007											
2008											

A continuación se muestra un ejemplo con la EMA Huimilpan, Querétaro.

En esta tabla se muestran los eventos máximos de precipitación que ocurrieron, para cada duración (minutos).

Tabla 6.3 Precipitaciones máximas para la EMA de Huimilpan con duraciones de 10 a 120 minutos.

Precipitación (mm)												
año	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2000	4.83	6.35	8.89	9.14	10.66	14.21	45.46	36.33	30.99	14.71	3.79	8.62
2001	2.29	8.89	12.45	4.83	3.81	18.3	9.38	8.88	3.54	42.4	9.14	13.73
2002	4.57	4.57	13.21	17.78	7.11	10.41	14.21	15.24	8.37	16.25	8.88	0
2003	2.03	2.79	9.39	14.74	17.77	27.68	23.11	10.66	27.94	8.87	20.84	22.86
2004	2.29	4.32	11.68	24.63	6.85	5.32	22.34	22.61	0	6.1	11.67	8.65
2005	5.84	7.37	4.32	16.25	47.24	11.17	9.89	35.06	10.92	8.37	6.33	26.66
2006	1.52	8.89	5.33	26.68	8.89	10.92	37.34	33.3	6.6	5.08	23.35	18.54
2007	0.76	1.01	4.82	25.91	4.31	5.58	6.86	0	0	0	0	6.84

Se requieren datos de *intensidad (i)*, *duración (d)* y *periodo de retorno (Tr)*, como datos solo tenemos duración y precipitación.

Pero sabemos que con “*p*” y “*d*” obtenemos “*i*”.

$$i = p/d$$

Por lo que se obtiene la intensidad de la tabla de precipitación, la intensidad está dada en unidades de mm/hr y las duraciones están en minutos, por lo que se deberá multiplicar por 60 para tener las unidades correctas.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 6.4 Intensidades máximas para la EMA de Huimilpan con duraciones de 10 a 120 minutos.

año	Intensidad (mm/hr)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2000	28.98	19.05	17.78	13.71	12.79	14.21	38.97	27.25	20.66	8.83	2.07	4.31
2001	13.74	26.67	24.90	7.25	4.57	18.30	8.04	6.66	2.66	25.44	4.99	6.87
2002	27.42	13.71	26.42	26.67	8.53	10.41	12.18	11.43	6.28	9.75	4.84	-
2003	12.18	8.37	18.78	22.11	21.32	27.68	19.81	8.00	20.96	5.32	11.37	11.43
2004	13.74	12.96	23.36	36.95	8.22	5.32	19.15	16.96	-	3.66	6.37	4.33
2005	35.04	22.11	8.64	24.38	56.69	11.17	8.48	26.30	8.19	5.02	3.45	13.33
2006	9.12	26.67	10.66	40.02	10.67	10.92	32.01	24.98	4.95	3.05	12.74	9.27
2007	4.56	3.03	9.64	38.87	5.17	5.58	5.88	-	-	-	-	3.42

Ahora hay que determinar para cada duración los periodos de retorno.

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

dónde:

n = Es el número de años.

m = Orden de mayor a menor.

Como se puede ver en la ecuación del periodo de retorno, los datos deben estar ordenados de mayor a menor, en este caso particularmente se observa que en el año 2007 en las duraciones de 80, 90, 100 y 110 minutos existen valores de cero, así como en el año 2004 no existe duración de 90 minutos y en el año 2002 no hay duración de 120 minutos, esto significa que no hubo precipitación en esas fechas y duraciones específicamente.

En un análisis de correlación lineal no es recomendable usar valores nulos (ceros), porque sesgan la muestra y hacen que la mayoría de los datos se inclinen a un lado.

Tabla 6.5 Tabla de frecuencias para la EMA de Huimilpan con duraciones de 10 a 120 minutos.

m	Tr	Duración (min)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	100	110	120
1	8.00	35.04	26.67	26.42	40.02	56.69	27.68	38.97	27.25	25.44	12.74	13.33
2	4.00	28.98	26.67	24.90	38.87	21.32	18.30	32.01	26.30	9.75	11.37	11.43
3	2.67	27.42	22.11	23.36	36.95	12.79	14.21	19.81	24.98	8.83	6.37	9.27
4	2.00	13.74	19.05	18.78	26.67	10.67	11.17	19.15	16.96	5.32	4.99	6.865
5	1.60	13.74	13.71	17.78	24.38	8.53	10.92	12.18	11.43	5.02	4.84	4.325
6	1.33	12.18	12.96	10.66	22.11	8.22	10.41	8.48	8.00	3.66	3.45	4.31
7	1.14	9.12	8.37	9.64	13.71	5.17	5.58	8.04	6.66	3.05	2.07	3.42

La tabla de frecuencias (Tabla 6.5) muestra las intensidades (mm/hr) ordenadas de mayor a menor, también fueron omitidas las columnas y filas que contenían valores de cero, con esto se obtuvo el periodo de retorno, que para esta estación tiene un valor máximo de 8 años.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

7. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS I-D-T.

Las curvas intensidad (i) –duración (d) –periodo de retorno (t) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de una intensidad de precipitación, para diferentes duraciones de tormenta, asociadas a una misma frecuencia o período de retorno. En general una curva i-d-t tiene la forma propuesta por Bernard (1932), en donde los parámetros k, m y n son parámetros constantes característicos de cada registro de datos.

A partir de muchas investigaciones se ha encontrado que:

$$i = f(d, Tr, k, m, n)$$

$k, m, n \Rightarrow$ *Parametros de ajuste.*

La función f se puede presentar:

$$i = \frac{k * Tr^m}{d^n} \quad 7.1)$$

Para encontrar los valores de k, m y n, hay que hacer un análisis de correlación lineal múltiple.

Tomando logaritmos en la ecuación 7.1).

$$\log i = \log k + m \log Tr - n \log d \quad 7.2)$$

Haciendo un cambio de variables:

$$y = \log i \quad ; \quad x_1 = \log Tr$$

$$x_2 = \log d \quad ; \quad a_0 = \log k$$

$$a_1 = m \quad ; \quad a_2 = -n$$

Por lo tanto la ecuación 7.2) queda:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad 7.3)$$

A la ecuación 7.3) hay que aplicarle todos los datos (todos los eventos), Si n, es el número total de eventos, entonces:

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n a_0 + \sum_{i=1}^n (a_1 x_{1i}) + \sum_{i=1}^n (a_2 x_{2i}) \quad 7.4)$$

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

$$\sum_{i=1}^n y_i = n a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} + a_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} \quad 7.5)$$

Tenemos una ecuación con 3 incógnitas a_0 , a_1 y a_2 , en ellas están los parámetros que queremos determinar k , m y n .

Los datos sirven para los valores de:

$$y = i$$

$$x_1 = Tr$$

$$x_2 = d$$

Para cerrar el sistema a 3 ecuaciones con 3 incógnitas.

Multiplicamos la ecuación 7.5) por x_1 .

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{1i} = a_0 \sum_{i=1}^n x_{1i} + a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_{2i} x_{1i} \quad 7.6)$$

Multiplicamos la ecuación 7.5) por x_2 .

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{2i} = a_0 \sum_{i=1}^n x_{2i} + a_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + a_2 \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 \quad 7.7)$$

Las ecuaciones 7.5), 7.6) y 7.7) forman un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas, cuya solución determina los valores de a_0 , a_1 y a_2 y posteriormente de k , m y n .

A continuación se muestra un ejemplo con la EMA Huimilpan, Querétaro, misma de la que se obtuvo en el capítulo pasado su tabla de frecuencias.

Tabla 7.1 Tabla de frecuencias para la EMA de Huimilpan con duraciones de 10 a 120 minutos.

m	Tr	Duración (min)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	100	110	120
1	8.00	35.04	26.67	26.42	40.02	56.69	27.68	38.97	27.25	25.44	12.74	13.33
2	4.00	28.98	26.67	24.90	38.87	21.32	18.30	32.01	26.30	9.75	11.37	11.43
3	2.67	27.42	22.11	23.36	36.95	12.79	14.21	19.81	24.98	8.83	6.37	9.27
4	2.00	13.74	19.05	18.78	26.67	10.67	11.17	19.15	16.96	5.32	4.99	6.865
5	1.60	13.74	13.71	17.78	24.38	8.53	10.92	12.18	11.43	5.02	4.84	4.325
6	1.33	12.18	12.96	10.66	22.11	8.22	10.41	8.48	8.00	3.66	3.45	4.31
7	1.14	9.12	8.37	9.64	13.71	5.17	5.58	8.04	6.66	3.05	2.07	3.42

Con la tabla de frecuencias se continúa con el cálculo de los parámetros a_0 , a_1 y a_2 , para esto se configura una tabla donde estarán implícitas las ecuaciones 7.5), 7.6) y 7.7).

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

7.1 Método a partir de una correlación múltiple (Gumbel).

Tabla 7.1.1 Variables I-D-Tr implícitas para obtención de variables a0, a1, a2.

n	Duración (min)	Intensidad	Tr	y	x ₁	x ₂	x ₁ (y)	x ₂ (y)	(x ₁ x ₂)	x ₁ ²	x ₂ ²
1	10	35.04	8	1.544564	0.90309	1	1.39488	1.544564	0.90309	0.815572	1
2		28.98	4	1.462098	0.60206	1	0.880271	1.462098	0.60206	0.362476	1
3		27.42	2.666667	1.438067	0.425969	1	0.612572	1.438067	0.425969	0.181449	1
4		13.74	2	1.137987	0.30103	1	0.342568	1.137987	0.30103	0.090619	1
5		13.74	1.6	1.137987	0.20412	1	0.232286	1.137987	0.20412	0.041665	1
6		12.18	1.333333	1.085647	0.124939	1	0.135639	1.085647	0.124939	0.01561	1
7		9.12	1.142857	0.959995	0.057992	1	0.055672	0.959995	0.057992	0.003363	1
8	20	26.67	8	1.426023	0.90309	1.30103	1.287827	1.855299	1.174947	0.815572	1.692679
9		26.67	4	1.426023	0.60206	1.30103	0.858551	1.855299	0.783298	0.362476	1.692679
10		22.11	2.666667	1.344589	0.425969	1.30103	0.572753	1.74935	0.554198	0.181449	1.692679
11		19.05	2	1.279895	0.30103	1.30103	0.385287	1.665182	0.391649	0.090619	1.692679
12		13.71	1.6	1.137037	0.20412	1.30103	0.232092	1.47932	0.265566	0.041665	1.692679
13		12.96	1.333333	1.112605	0.124939	1.30103	0.139007	1.447532	0.162549	0.01561	1.692679
14		8.37	1.142857	0.922725	0.057992	1.30103	0.053511	1.200493	0.075449	0.003363	1.692679
15	30	26.42	8	1.421933	0.90309	1.477121	1.284133	2.100367	1.333973	0.815572	2.181887
16		24.90	4	1.396199	0.60206	1.477121	0.840596	2.062356	0.889316	0.362476	2.181887
17		23.36	2.666667	1.368473	0.425969	1.477121	0.582927	2.0214	0.629207	0.181449	2.181887
18		18.78	2	1.273696	0.30103	1.477121	0.383421	1.881403	0.444658	0.090619	2.181887
19		17.78	1.6	1.249932	0.20412	1.477121	0.255136	1.846301	0.30151	0.041665	2.181887
20		10.66	1.333333	1.027757	0.124939	1.477121	0.128407	1.518122	0.18455	0.01561	2.181887
21		9.64	1.142857	0.984077	0.057992	1.477121	0.057069	1.453601	0.085661	0.003363	2.181887
22	40	40.02	8	1.602277	0.90309	1.60206	1.447	2.566944	1.446804	0.815572	2.566596
23		38.87	4	1.589559	0.60206	1.60206	0.95701	2.546568	0.964536	0.362476	2.566596
24		36.95	2.666667	1.567556	0.425969	1.60206	0.66773	2.511318	0.682427	0.181449	2.566596
25		26.67	2	1.426023	0.30103	1.60206	0.429276	2.284574	0.482268	0.090619	2.566596
26		24.38	1.6	1.386945	0.20412	1.60206	0.283103	2.221968	0.327012	0.041665	2.566596
27		22.11	1.333333	1.344589	0.124939	1.60206	0.167991	2.154112	0.200159	0.01561	2.566596
28		13.71	1.142857	1.137037	0.057992	1.60206	0.065939	1.821602	0.092907	0.003363	2.566596
29	50	56.69	8	1.753491	0.90309	1.69897	1.58356	2.979129	1.534323	0.815572	2.886499
30		21.32	4	1.328869	0.60206	1.69897	0.800059	2.257708	1.022882	0.362476	2.886499
31		12.79	2.666667	1.106938	0.425969	1.69897	0.471521	1.880655	0.723708	0.181449	2.886499
32		10.67	2	1.028083	0.30103	1.69897	0.309484	1.746682	0.511441	0.090619	2.886499
33		8.53	1.6	0.931051	0.20412	1.69897	0.190046	1.581827	0.346794	0.041665	2.886499
34		8.22	1.333333	0.914872	0.124939	1.69897	0.114303	1.55434	0.212267	0.01561	2.886499
35		5.17	1.142857	0.713659	0.057992	1.69897	0.041386	1.212484	0.098527	0.003363	2.886499
36	60	27.68	8	1.442166	0.90309	1.778151	1.302406	2.564389	1.605831	0.815572	3.161822
37		18.30	4	1.262451	0.60206	1.778151	0.760071	2.244829	1.070554	0.362476	3.161822
38		14.21	2.666667	1.152594	0.425969	1.778151	0.490969	2.049487	0.757437	0.181449	3.161822
39		11.17	2	1.048053	0.30103	1.778151	0.315495	1.863597	0.535277	0.090619	3.161822
40		10.92	1.6	1.038223	0.20412	1.778151	0.211922	1.846117	0.362956	0.041665	3.161822
41		10.41	1.333333	1.017451	0.124939	1.778151	0.127119	1.809181	0.22216	0.01561	3.161822
42		5.58	1.142857	0.746634	0.057992	1.778151	0.043299	1.327629	0.103118	0.003363	3.161822
43	70	38.97	8	1.590683	0.90309	1.845098	1.43653	2.934965	1.66629	0.815572	3.404387
44		32.01	4	1.505228	0.60206	1.845098	0.906237	2.777292	1.11086	0.362476	3.404387
45		19.81	2.666667	1.296853	0.425969	1.845098	0.552419	2.392821	0.785954	0.181449	3.404387
46		19.15	2	1.282136	0.30103	1.845098	0.385962	2.365667	0.55543	0.090619	3.404387
47		12.18	1.6	1.085647	0.20412	1.845098	0.221602	2.003126	0.376621	0.041665	3.404387
48		8.48	1.333333	0.92825	0.124939	1.845098	0.115974	1.712711	0.230524	0.01561	3.404387
49		8.04	1.142857	0.905256	0.057992	1.845098	0.052498	1.670286	0.107001	0.003363	3.404387

**REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE
PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

n	Duración (min)	Intensidad	Tr	y	x ₁	x ₂	x ₁ (y)	x ₂ (y)	(x ₁ x ₂)	x ₁ ²	x ₂ ²
50	80	27.25	8	1.435327	0.90309	1.90309	1.296229	2.731556	1.718662	0.815572	3.621751
51		26.30	4	1.419873	0.60206	1.90309	0.854849	2.702146	1.145774	0.362476	3.621751
52		24.98	2.666667	1.397505	0.425969	1.90309	0.595294	2.659579	0.810657	0.181449	3.621751
53		16.96	2	1.229362	0.30103	1.90309	0.370075	2.339586	0.572887	0.090619	3.621751
54		11.43	1.6	1.058046	0.20412	1.90309	0.215968	2.013557	0.388459	0.041665	3.621751
55		8.00	1.333333	0.902818	0.124939	1.90309	0.112797	1.718145	0.23777	0.01561	3.621751
56		6.66	1.142857	0.823474	0.057992	1.90309	0.047755	1.567146	0.110364	0.003363	3.621751
57		100	25.44	8	1.405517	0.90309	2	1.269308	2.811034	1.80618	0.815572
58	9.75		4	0.989005	0.60206	2	0.59544	1.978009	1.20412	0.362476	4
59	8.83		2.666667	0.945764	0.425969	2	0.402866	1.891528	0.851937	0.181449	4
60	5.32		2	0.726075	0.30103	2	0.21857	1.45215	0.60206	0.090619	4
61	5.02		1.6	0.700877	0.20412	2	0.143063	1.401753	0.40824	0.041665	4
62	3.66		1.333333	0.563481	0.124939	2	0.070401	1.126962	0.249877	0.01561	4
63	3.05		1.142857	0.484015	0.057992	2	0.028069	0.96803	0.115984	0.003363	4
64	110	12.74	8	1.105045	0.90309	2.041393	0.997955	2.255832	1.843561	0.815572	4.167284
65		11.37	4	1.055656	0.60206	2.041393	0.635568	2.155009	1.229041	0.362476	4.167284
66		6.37	2.666667	0.803829	0.425969	2.041393	0.342406	1.640932	0.869569	0.181449	4.167284
67		4.99	2	0.697705	0.30103	2.041393	0.21003	1.424289	0.61452	0.090619	4.167284
68		4.84	1.6	0.685172	0.20412	2.041393	0.139857	1.398704	0.416689	0.041665	4.167284
69		3.45	1.333333	0.538162	0.124939	2.041393	0.067237	1.098601	0.255049	0.01561	4.167284
70		2.07	1.142857	0.315398	0.057992	2.041393	0.018291	0.643851	0.118384	0.003363	4.167284
71	120	13.33	8	1.12483	0.90309	2.079181	1.015823	2.338726	1.877688	0.815572	4.322995
72		11.43	4	1.058046	0.60206	2.079181	0.637007	2.19987	1.251792	0.362476	4.322995
73		9.27	2.666667	0.96708	0.425969	2.079181	0.411946	2.010734	0.885666	0.181449	4.322995
74		6.865	2	0.836641	0.30103	2.079181	0.251854	1.739527	0.625896	0.090619	4.322995
75		4.325	1.6	0.635986	0.20412	2.079181	0.129817	1.32233	0.424402	0.041665	4.322995
76		4.31	1.333333	0.634477	0.124939	2.079181	0.079271	1.319193	0.25977	0.01561	4.322995
77		3.42	1.142857	0.534026	0.057992	2.079181	0.030969	1.110337	0.120576	0.003363	4.322995
Σ		1245.68	228.17	85.34	28.81	131.08	36.35	141.80	49.05	16.62	231.04

Con los resultados de las sumatorias de los productos, se sustituyen en las ecuaciones 7.5), 7.6) y 7.7), de la siguiente manera.

$$85.34 = 77a_0 + 28.81a_1 + 131.08a_2 \quad 7.5)$$

$$36.35 = 28.81a_0 + 16.62a_1 + 49.05a_2 \quad 7.6)$$

$$141.80 = 131.08a_0 + 49.05a_1 + 231.04a_2 \quad 7.7)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, los valores obtenidos para a_0 , a_1 y a_2 son:

$$a_0 = 1.575$$

$$a_1 = 0.757$$

$$a_2 = -0.440$$

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

dónde:

$$k = 10^{1.575} = 37.583$$

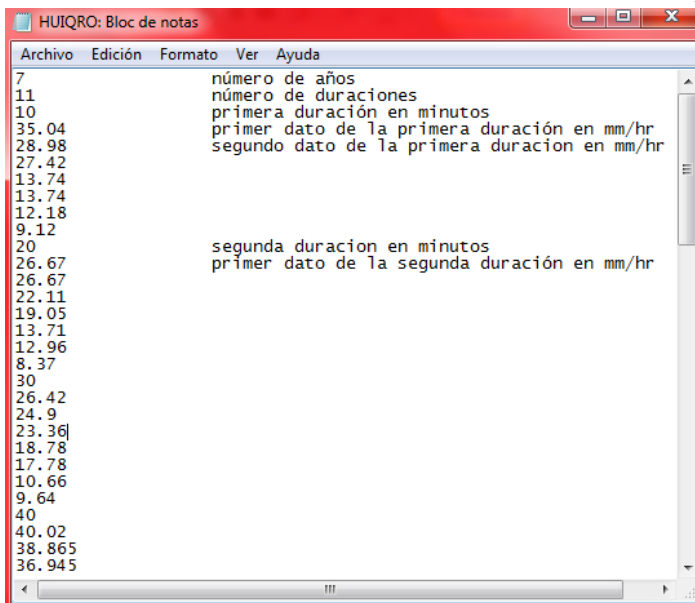
$$m = .757$$

$$n = -0.440$$

Este procedimiento es muy largo por lo que se optó por usar un programa compilado en Visual Basic, para obtener de una manera más rápida, los parámetros k, m y n de las EMAs restantes.

Se mostraran los pasos con los mismos datos de la EMA Huimilpan; para utilizar este programa se necesita llegar al paso de la tabla de frecuencias,

1. crear en un bloc de notas, un archivo de texto que contiene la siguiente información.

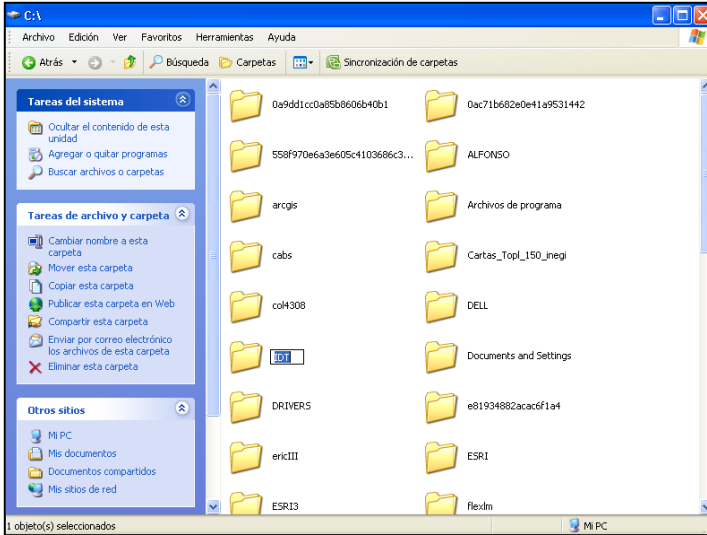


```
HUIQRO: Bloc de notas
Archivo  Edición  Formato  Ver  Ayuda
7         número de años
11        número de duraciones
10        primera duración en minutos
35.04     primer dato de la primera duración en mm/hr
28.98     segundo dato de la primera duracion en mm/hr
27.42
13.74
13.74
12.18
9.12
20        segunda duracion en minutos
26.67     primer dato de la segunda duración en mm/hr
26.67
22.11
19.05
13.71
12.96
8.37
30
26.42
24.9
23.36]
18.78
17.78
10.66
9.64
40
40.02
38.865
36.945
```

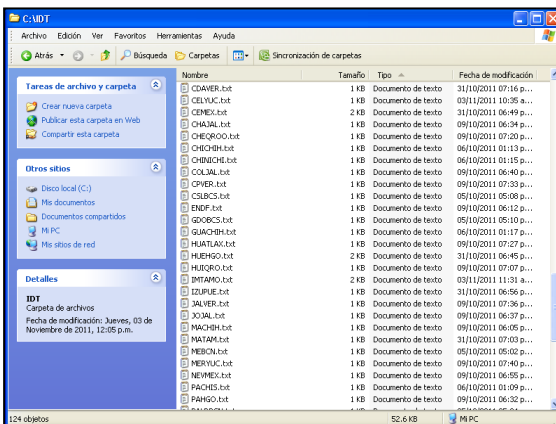
Nota: El texto no se debe de poner en el bloc de notas solo es para indicar el orden de los valores.

2. Se guarda este archivo con un nombre en mayúsculas en este caso “HUIQRO”.
3. Se crea una carpeta con el nombre de “IDT” en el disco local.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA



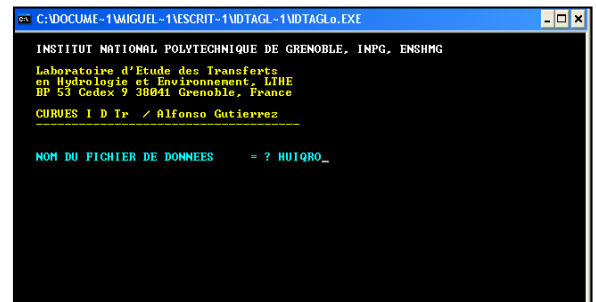
4. En la carpeta “IDT”, se guarda el archivo HUIQRO.txt, para que después el programa IDTAGLo.exe tome los valores dados.



5. Se ejecuta el programa IDTAGLo.exe



Se escribe el nombre del archivo “HUIQRO.txt”



6. Ya realizado el paso anterior se obtiene los parámetros a_0 , a_1 y a_2

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

```

C:\DOCUME~1\MIGUEL~1\ESCRIT~1\DTAGL~1\DTAGLo.EXE
INTENSIDAD ? < mm/h > = 3.42
X(K) = 1.12483
T(K) = .90309
X(K) = 1.058046
T(K) = .60206
X(K) = .9670798
T(K) = .4259687
X(K) = .8366405
T(K) = .30103
X(K) = .6359861
T(K) = .20412
X(K) = .6344773
T(K) = .1249387
X(K) = .5340261
T(K) = 5.799197E-02
A(1, 1) = 77 A(1, 2) = 28.81119 A(1, 3) = 130.2081 A(1, 4) = 85.34308
A(2, 1) = 28.81119 A(2, 2) = 16.61829 A(2, 3) = 48.72014 A(2, 4) = 36.35423
A(3, 1) = 130.2081 A(3, 2) = 48.72014 A(3, 3) = 227.5137 A(3, 4) = 141.1033
?
A0 = 1.566218
A1 = .7573368
A2 = -.4383405
?
_

```

7. Posteriormente se obtienen los valores de k, m y n.

```

C:\DOCUME~1\MIGUEL~1\ESCRIT~1\DTAGL~1\DTAGLo.EXE
***** RESULTADOS *****
***** CURVAS I-D-TR *****
ECUACION AJUSTADA : I = K * < TR ^ M > / < D ^ N >
K = 36.83138
M = .7573368
N = .4383405
COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL MULTIPLE = .80456
ERROR ESTANDAR DE LA ESTIMACION = .1871442
INTERPOLACION : < 0 PARA TERMINAR >
PERIODO DE RETORNO < AÑOS > = ? _

```

Como se puede observar la diferencia entre métodos es muy pequeña ya que el hecho de utilizar el software implica tener más precisión en los resultados, solo realice el método de forma manual para explicar las operaciones que se tienen que realizar para llegar al mismo resultado.

Este software es una herramienta muy útil ya que se evitó hacer un sin número de cálculos, a continuación se presenta la tabla de frecuencias por cada EMA la cual contiene además la información relevante sobre esta, como ubicación, precipitación máxima, duración máxima y los parámetros k, m y n.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

8. FUNDAMENTOS DE REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA.

8.1 Introducción

La heterogeneidad de regiones climáticas representa un problema cuando se trata de estudiar la distribución espacio-temporal de la precipitación. Los errores que pueden generarse al transferir información hidroclimatológica entre regiones no homogéneas, pudieran, en magnitud, ser del orden de un evento aislado o hasta del valor anual de un evento analizado. Normalmente se intenta disminuir la incertidumbre en esta transferencia de información, dividiendo una región en subregiones hidrológicamente homogéneas. En este sentido, las técnicas de regionalización hidrológica han sido desarrolladas principalmente para estimar escurrimientos puntuales en sitios en donde no existen estaciones hidrométricas o que la información hidrométrica es limitada o escasa (Taffa, 1991). En América Latina, en donde las estaciones climatológicas son en general, más abundantes que las estaciones hidrométricas; el concepto de *regionalización de la precipitación* adquiere un valor particularmente importante en un estudio de aprovechamientos hidráulicos (Rasmussen et al., 1994; Loukas, 2002). Gracias a la robustez de los procedimientos regionales, éstos son una excelente herramienta para estimar eventos extremos en países en donde las redes de medición aún no se encuentran muy desarrolladas (Koutsoyiannis et al, 1998; Ouarda et al., 2001). Existen numerosas ventajas al utilizar un procedimiento regional sobre un grupo de cuencas hidrológicamente homogéneas, comparado por ejemplo, con un análisis de frecuencias sobre un solo sitio de medición. Lo anterior ha sido ya probado desde hace algunos años (Beran et al., 1990; Smithers y Schulze, 2001). En general se puede afirmar que estas técnicas de regionalización comprenden tres etapas fundamentales:

- a) La delimitación de regiones hidrológicamente homogéneas. Ésta es la etapa más difícil de un proceso de regionalización hidrológica (Smithers y Schulze, 2001). La desagregación de una gran región en subregiones similares, permitirá por ejemplo, disminuir los errores que se generan al transferir tormentas o datos hidrológicos en general de una cuenca a otra.
- b) Un análisis de frecuencias en cada punto de medición (Krzysztofowicz, 2001). Ésta sigue siendo una etapa primordial debido a que los eventos deben asociarse con los períodos de retorno específicos de cada región (Wiltshire, 1985 y 1986; Burn, 1989 y 1997; Castellarin et al., 2001). En regiones afectadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos, la distribución de probabilidad de Gumbel continúa siendo la más utilizada (Heo et al., 2001a, 2001b). Sin embargo, actualmente, los modelos no paramétricos representan también una buena opción de análisis (Adamowski, 1989; 2000).

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

- c) Desarrollar relaciones regionales. El procedimiento más utilizado para identificar estas relaciones es la correlación múltiple. Normalmente se correlacionan los gastos asociados a diferentes períodos de retorno con las características fisiográficas de la cuenca (Zolt y Burn, 1994; Varas y Lara, 1998). Incluso una práctica común consiste en asociar los parámetros de la distribución de ajuste con las características fisiográficas (Prabhata et al, 1995).

Entre las técnicas empleadas para determinar regiones homogéneas, se pueden mencionar el análisis de residuales (Bhaskar y O'Connor, 1989; Hall et al., 2002), el análisis de los estadísticos de las series históricas (Lu y Stedinger, 1992; Kachroo et al., 2000; Leviandier et al., 2000) o utilizando técnicas multivariadas (Gingras et Adamowski, 1993). Cualquiera que sea el procedimiento empleado, se requiere siempre de una identificación previa de las variables o características significativas de la región en estudio (Gutiérrez, 1996; Berger et Entekhabi, 2001; Burn et Elnur, 2002). En este aspecto, cada autor propone, casi siempre, las características fisiográficas, climatológicas y geográficas que serán utilizadas en el proceso de regionalización. Una guía recomendable para dicha selección fue presentada por Acreman y Sinclair (1986), por Nathan y McMahon (1990), por el grupo GREHYS (1996a y b) y por Kryzstofowicz (2001). A manera de resumen los dos aspectos más importantes a tomar en cuenta en esta selección de características se resumen a continuación:

- El primero consiste en incluir las características ligadas a un sitio como la temperatura, la geología, el área de la cuenca, la topografía, la pendiente media del cauce principal e incluso el uso del suelo combinada con medidas de infiltración; contribuyen como características significativas de una cuenca (Douguédroit y De Saintignon, 1981; Pilgrim et al., 1982; Schauer y Jenkins, 1996; Dunn y Lilly, 2001; Naef et al., 2002). El «índice pluviométrico» (lluvia máxima en dos días consecutivos y lluvia para un periodo de retorno de 5 años) es también muy utilizado para clasificar y agrupar cuencas con un comportamiento similar (Acreman y Sinclair, 1986).
- Los aspectos geográficos como la latitud, longitud o distancia al océano determinan fuertemente el régimen de precipitación de una región (Smithers y Schulze, 2001).

Para formar grupos de series o cuencas hidrológicamente homogéneas existen dentro de la literatura especializada varios procedimientos en donde la distancia Euclidiana sigue siendo la más empleada. También es recomendable llevar a cabo una transformación (estandarización) de las características fisiográficas, con el objeto de quitarle el peso debido a la magnitud de las mediciones. Además en el campo de la hidrología se recomienda como

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

algoritmo de agrupación el de Ward (Smithers y Schulze, 2001). Jain y Dubes presentaron (1987) una revisión de las diferentes medidas matemáticas asociadas al agrupamiento de elementos similares (índices de proximidad); sin embargo, su aplicación en el campo de la hidrología no está aún muy desarrollado. Incluso la disciplina de Clasificación de elementos es relativamente nueva, basta mencionar que el primer ejemplar del *Journal of Classification*, apareció apenas en 1984.

En este capítulo se presenta un resumen de la aplicación de diferentes técnicas de agrupación, diferentes índices de proximidad y representaciones gráficas de dicha Clasificación. Se utilizaron registros de 93 estaciones pluviométricas en la región hidrológica 10, al noroeste de la República Mexicana. Se utilizó como índice de proximidad la distancia Euclidiana y como regla de agregación, el algoritmo de Ward (Smithers y Schulze, 2001). Para agrupar se utiliza la Clasificación Hiper-Jerárquica (dendrograma) (Hayward y Clarke, 1996) y la Clasificación no Jerárquica (K-means) que ha mostrado buenos resultados para representar grupos de igual régimen pluviométrico en África occidental (Tapsoba, 1997).

8.2 Índices de proximidad

Para dividir un área de estudio en subregiones homogéneas es necesario considerar que tendrán un comportamiento similar, de esta manera, los datos requeridos serán inferidos con gran precisión, ya que las ecuaciones de regresión, normalmente empleadas en la transferencia de información hidrológica, se basan en las características de la cuenca. El estudio de los problemas relacionados con la regionalización ha recibido la atención de muchos investigadores, sin embargo no se ha logrado obtener una metodología general para identificar regiones que pueden ser utilizadas en los análisis hidrológicos. La mayor parte de las veces se emplea la técnica de ubicación geográfica, que se basa simplemente en trazar radios entre 70 y 80 km en cada sitio (estación) y considerar como cuencas homogéneas a las estaciones que se ubiquen dentro de estos círculos. Esta idea proviene del concepto del “variograma” utilizado en geohidrología para mostrar la variabilidad de las mediciones piezométricas respecto a la distancia que las separa. Sin embargo, las subregiones deben dividirse con ayuda de otros métodos para tomar en cuenta las similitudes hidrológicas o a las características de la cuenca, las cuales no siempre tienen un significado geográfico (Gutiérrez, 1995), como por ejemplo las curvas de Andrews, la prueba de homogeneidad de Langbein, los índices de proximidad, etc.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Anderberg presentó en 1973 una minuciosa revisión de las diferentes medidas matemáticas de asociación y sus interrelaciones, sin embargo, no quedó del todo clara su aplicación en los campos de la ciencia; a no ser la de agrupar datos numéricos en grupos y subgrupos semejantes. A estas medidas se les conoce con el nombre de índices de proximidad y representan en forma matemática, la semejanza o desigualdad entre dos configuraciones, es decir, entre dos datos o puntos. Su aplicación en hidrología consiste en obtener dichos índices a partir de configuraciones específicas, formadas por características hidrológicas *medibles* y continuas en una proporción de escala conocida. El índice de proximidad entre dos puntos (configuración) "i" y "k" se denota como: $d(i,k)$ y debe satisfacer las propiedades siguientes:

1. a) $d(i,i) = 0$ para todos los i-ésimos puntos (no semejanza)
- b) $d(i,i) \geq \max d(i,k)$ para todos los i-ésimos puntos
 (semejanza)
2. $d(i,k) = d(k,i)$ para todos los (i,k)
3. $d(i,k) \geq 0$ para todos los (i,k)

Un índice de proximidad puede ser determinado de varias formas. Si se supone que se tiene una matriz $[x_{i,j}]$

donde:

$x_{i,k}$ es la j-ésima característica de la i-ésima configuración

La i-ésima configuración, representada por la i-ésima fila de la matriz de configuraciones, se denota por el vector columna x_i

$$x_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,d})^T$$

donde

- d número de características
- i varia como 1,2,3,...,n
- n número de configuraciones

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

T denota transpuesta

El índice de proximidad más común es el *índice métrico de Minkowski*, el cual mide no semejanzas (desigualdad) y se define como:

$$d(i, k) = \left[\sum_{j=1}^d |x_{i,j} - x_{k,j}|^r \right]^{1/r}$$

donde $r \geq 1$

Este índice satisface además, las propiedades siguientes:

4. $d(i, k) = 0$ solo si $x_i = x_k$
5. $d(i, k) \leq d(i, m) + d(m, k)$ para todos (i, k, m)

A esta quinta propiedad se le conoce con el nombre de *triángulo dispar*. Gower y Legendre, en 1986 demostraron que para una matriz de desigualdad métrica, el valor absoluto del índice de proximidad sólo requiere de las propiedades 1 y 4; las otras propiedades se derivan de ésta. Los tres tipos más comunes del índice métrico de Minkowski son:

a) La distancia Euclidiana ($r=2$)

$$d(i, k) = \left[\sum_{j=1}^d |x_{i,j} - x_{k,j}|^2 \right]^{1/2}$$

Esta distancia tiene también la variante de la distancia Euclidiana al cuadrado. Estas dos distancias son calculadas a partir de datos brutos y no de datos estandarizados (Gower y Legendre, 1986). Esta distancia tiene ciertas ventajas, por ejemplo, la distancia entre dos objetos no se afecta si se introduce un nuevo elemento al análisis. Sin embargo, esta distancia se ve afectada por la magnitud de las unidades de medición. Para corregir esto se puede intentar una estandarización antes de calcular las distancias (Jain y Dubes, 1987; Saporta, 1990).

b) La distancia Manhattan o taxicab ($r=1$)

$$d(i, k) = \sum_{j=1}^d |x_{i,j} - x_{k,j}|$$

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Esta distancia es la diferencia media entre las magnitudes de las mediciones. En la mayoría de los casos esta distancia arroja resultados similares a la de la distancia Euclidiana. Sin embargo, es importante señalar que con esta distancia las diferencias entre mediciones es muy importante ya que la distancia no está elevada al cuadrado (Jain y Dubes, 1987).

c) La sup-distancia o de Tchebychev ($r \rightarrow \infty$) $d(i, k) = \max |x_{i,j} - x_{k,j}| \quad 1 \leq j \leq d$

Esta distancia es empleada cuando se consideran dos objetos “diferentes” a partir de que alguna de sus magnitudes fue medida en una escala diferente (Jain y Dubes, 1987; Saporta, 1990). Como se mencionó anteriormente, en este trabajo se emplea la distancia Euclidiana que es el índice métrico de Minkowski más común y más aceptado en el trabajo de la ingeniería (Smithers y Schulze, 2001).

8.3 Reglas de agregación

La primera etapa luego que cada objeto individualmente forma una clase, es definir las distancias entre ellos utilizando alguna de las anteriormente analizadas. De esta forma se podrá tener una primera agrupación seleccionando los elementos más cercanos entre sí. Pero la pregunta ahora es: ¿cómo determinar la distancia entre estos nuevos grupos? En otras palabras, es necesario una regla de agregación para determinar en qué momento dos grupos son lo suficientemente similares para fusionarse en uno solo. Se pueden ligar dos clases o elementos cuando sus distancias son próximas respecto a su algoritmo de agregación correspondiente. También se pueden utilizar criterios de “vecinos próximos” esto es una mínima distancia entre los elementos de un grupo (ligado simple). Esta regla produce sucesiones de clases que van encadenándose una con otra por el solo hecho de tener un elemento próximo a una distancia mínima. También suele utilizarse un razonamiento inverso, es decir medir o separa a los objetos más alejados, este método se conoce como “método del diámetro” o “ligado completo” (Saporta, 1990).

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

8.4 Método de Ward (Momento de orden 2)

Esta regla de agregación consiste en utilizar un análisis de varianza para evaluar cada una de las distancias entre los elementos. Se intenta minimizar iterativamente la suma de los cuadrados entre las “hipotéticas” distancias de las parejas que se pueden formar en cada etapa. Es decir, se busca obtener en cada etapa un mínimo local de inercia inter-grupo y un máximo de inercia inter-clase (Saporta, 1990). En general, este procedimiento es muy eficaz aun cuando los grupos que forma generalmente son muy pequeños.

8.5 Clasificación Jerárquica

La Clasificación Jerárquica Ascendente (CJA) es un método que parte de individuos aislados y en cada etapa los dos individuos más cercanos se fusionan formando un grupo, hasta que no existen más individuos solos y se procede a fusionar grupos de la misma manera. El procedimiento continúa hasta que sólo queda un gran grupo con todos los elementos incluidos. 1996). Aunque un algoritmo de CJA no toma en cuenta la naturaleza de las distancias, un árbol jerárquico (dendrograma) permite describir de manera explícita la estructura final de la clasificación obtenida: «entre más individuos son agrupados en una rama, más similares son entre sí». De esta forma, cada nivel jerárquico representará una clase (Mosley, 1981; Saporta, 1990). En estos trazos el eje vertical representa la distancia de agregación. De esta forma en cada nudo de la gráfica se puede leer rápidamente la distancia del criterio con la cual los elementos fueron agregados en un mismo grupo. Es importante aclarar que este procedimiento no da ninguna regla para decidir el número de grupos; la decisión es normalmente subjetiva. Por el contrario, este algoritmo permite obtener una regla para decidir el número de grupos a escoger (Maharaj, 2000).

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

9. REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS.

9.1 Introducción

Debido a los diferentes comportamientos en lo que respecta a las lluvias, es necesario agrupar regiones hidrológicas que tengan un comportamiento similar, esto para conocer el comportamiento de la lluvia en zonas donde no se tengan datos de precipitación o se tenga información hidrométrica limitada (Mkhandi y Parida, 200; Fill y Stedinger, 1995), Para el estudio de la regionalización, es necesario el recopilar datos de variables hidrológicas, y relacionarlas, de tal manera de encontrar una regionalización óptima.

Después de una serie de combinaciones entre las variables hidrológicas recopiladas para regionalizar a la República Mexicana y utilizando diferentes métodos de regionalización y distancias de agregación, se llegó a una muy buena regionalización, obtenida con la combinación de 6 variables las cuales son intensidades para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia obtenidas por Ramírez, (2011), mediante el método Ward.

- D=30min T= 2 y 10 años
- D= 60 min T= 2 y 10 años
- D= 24 h. T= 2 y 10 años

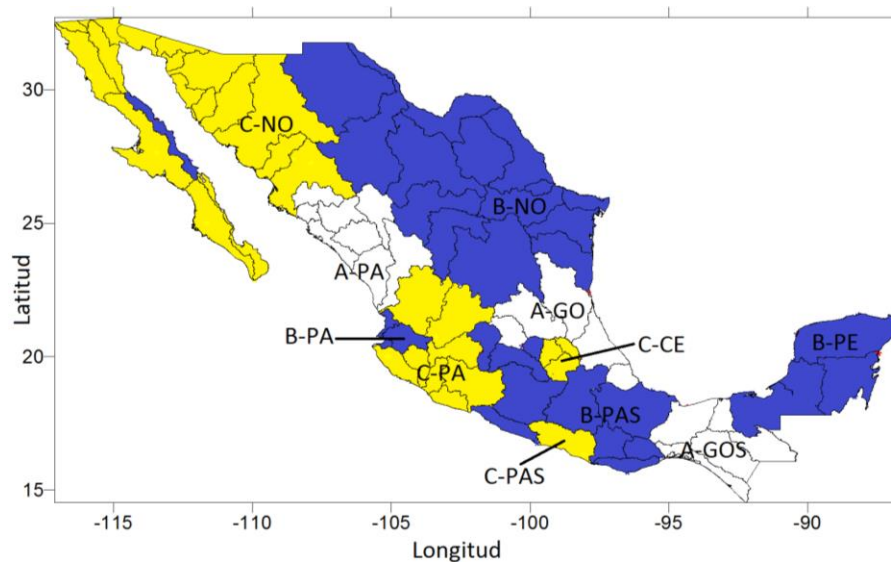


Figura 9.1.1 Mapa de la regionalización óptima, obtenida por el método Ward con la distancia de agregación Manhattan.

En la figura 9.1.1 se muestran los 3 grandes grupos homogéneos que se generaron con el estudio de regionalización mencionado anteriormente, estos grupos, aunque no sean contiguos presentan un mismo comportamiento hidrológico (Rodríguez, 2013)

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 9.1.2 Regiones homogéneas

REGIÓN	NOMENCLATURA
REGIÓN A	A-PA
	A-GO
	A-GOS
REGIÓN B	B-NO
	B-PA
	B-PAS
	B-PE
REGIÓN C	C-NO
	C-PA
	C-PAS
	C-CE

Con base a las regiones de la tabla 9.1.2, se ordenaron las EMAs seleccionadas dependiendo su ubicación geográfica dentro del mapa, para proceder con la regionalización de las duraciones típicas para cada región.

Las regiones A, B y C se presentan a continuación con las EMAs que las componen, así como la ubicación geográfica de cada una.

Región A (Blanca).

Tabla 9.1.3 Region Blanca, compuesta por EMAs en los estados de Durango, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, Veracruz y Tamaulipas.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud
18	DURANGO	LAS VEGAS	24.185833	105.46611	2398
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE	20.848333	100.82472	1915
21	HIDALGO	HUEJUTLA	21.154722	98.368611	115
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN	20.390278	100.28361	2280
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA	22.3875	97.925556	61
44	VERACRUZ	TUXPAN	20.96	97.416944	5
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	18.105833	94.331389	34
46	VERACRUZ	CPGM	19.142778	96.111389	19
49	VERACRUZ	JALAPA	19.529722	96.924722	1439

**REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE
PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

Región B (Azul).

Tabla9.1.4 Región Azul, compuesta por EMAs de los estados de Baja California Norte, Campeche, Guerrero, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	28.896388	113.56027	10
7	CAMPECHE	CAMPECHE	19.836111	90.507222	11
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN	18.648055	91.8225	8
20	GUERRERO	ACAPULCO	16.763333	99.748889	76
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL	19.541944	99.519167	3754
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	19.116666	99.766667	4139
29	MÉXICO	ATLACOMULCO	19.791666	99.869722	2600
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	20.125277	101.7225	1730
31	MORELOS	IMTA	18.883888	99.159444	1355
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	25.733055	99.320833	134
33	OAXACA	PTO ANGEL	15.671111	96.497222	91
34	PUEBLA	UTT	18.866388	97.721667	2047
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	18.616666	98.451944	1353
36	Q ROO	SIAN KA'AN	20.127778	87.465556	8
37	Q ROO	CHETUMAL	18.500556	88.327778	14
38	Q ROO	CANCUN	21.075	86.775833	50
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS	25.885833	97.518611	4
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO	24.842778	98.1575	45
43	TLAXCALA	HUAMANTLA	19.383333	97.95	2222
47	VERACRUZ	CD ALEMAN	18.189166	96.0975	107
48	VERACRUZ	ALVARADO	18.715	95.6325	113
50	YUCATAN	CELESTÚN	20.858056	90.383056	10
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS	21.571111	88.160278	5
52	YUCATAN	MERIDA	20.946389	89.651667	18
53	ZACATECAS	ZACATECAS	22.746667	102.50611	2270

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Región C (Amarilla).

Tabla 9.1.5 Región Amarilla, compuesta por EMAs de los estados de Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, D.F., Hidalgo, Jalisco y Estado de México.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	32.44722	116.9083	156
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	31.891388	116.60333	32
4	BCN	SAN QUINTIN	30.531667	115.8375	32
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	27.64277	113.4575	37
6	BCS	STA ROSALIA	27.338055	112.26944	53
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ	26.22944	106.77056	1982
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	27.392777	108.53639	431
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	26.813611	107.07306	2390
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	27.858333	107.99444	1663
13	CHIHUAHUA	URIQUE	27.265555	107.91694	577
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	28.199166	108.20889	1973
15	D.F.	ENCB	19.453611	99.171111	2389
16	D.F.	SMN	19.403611	99.196944	2320
17	D.F.	TEZONTLE	19.385277	99.099722	2358
22	HIDALGO	PACHUCA	20.096944	98.714167	2423
23	JALISCO	JOCOTEPEC	20.283055	103.41639	1506
24	JALISCO	TIZAPAN	20.169444	103.04389	1503
25	JALISCO	LOS COLOMOS	20.706666	103.39278	1571
28	MÉXICO	PSA MANDIN	19.524444	99.268056	2364

9.2 Procedimiento para la obtención de las duraciones típicas de las EMAs.

Una vez ordenadas las EMAs a su respectiva región homogénea, se configura para cada región una tabla compuesta por las máximas precipitaciones de cada duración (10, 20, 30, 40... 1000, etc.), para cada año, una vez llena la tabla se procede a la obtención de la intensidad para cada valor de precipitación. Se obtiene el máximo valor de intensidad de todos los años de registro de la EMA para cada duración.

La finalidad de este procedimiento es la obtención de una tabla resumen que muestre para cada región las máximas intensidades para cada duración así como al año en que sucedieron y el lugar donde se presentaron, esto con el fin de poder encontrar una relación entre los años en que sucedieron, así como los lugares donde se presentaron estos eventos.

Se presenta un ejemplo con la Región A (Blanca), donde se muestra el procedimiento a partir de tablas para encontrar los años más intensos, así como las EMAs donde se registran mayores eventos de intensidad.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 9.2.1 Tablas de resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región A (Blanca).

Asig.	Estado	Estación	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	106.68	68.58	91.12	44.58	56.99	76.96	46.37	93.72	38.79	40.84	30.20	33.78	33.40	55.30	31.71	18.95	32.54	35.22	17.49	23.01
46	VERACRUZ	CPGM	59.46	57.90	44.70	48.00	46.64	39.89	38.74	49.91	41.48	32.30	41.71	24.00	15.48	31.23	17.37	9.52	9.24	10.16	19.97	17.60
49	VERACRUZ	JALAPA	28.98	30.48	30.46	40.38	33.53	38.88	41.14	28.00	29.30	36.28	23.27	12.95	20.75	12.29	12.90	17.62	17.12	19.98	22.77	7.61
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN	35.04	26.67	26.42	40.02	56.69	27.68	38.97	27.25	20.66	25.44	12.74	13.33	13.25	9.25	13.92	5.43	19.80	6.09	16.76	3.95
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE	45.72	40.38	60.44	29.72	33.23	35.04	24.59	19.25	16.59	17.52	9.14	11.43	19.69	5.76	16.05	4.95	6.45	9.48	8.17	11.36
44	VERACRUZ	TUXPAN	51.84	74.67	60.96	54.11	49.38	71.63	43.77	49.73	19.48	57.90	62.48	46.99	105.74	51.71	63.70	36.76	16.76	15.92	10.11	13.26
21	HIDALGO	HUEJUTLA	45.72	44.94	47.24	44.96	39.02	32.77	27.44	41.72	20.83	65.69	27.71	16.89	14.77	36.25	8.02	21.71	15.78	22.00	15.47	18.13
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA	50.28	38.10	58.42	33.92	49.99	26.17	28.07	35.24	36.24	43.74	18.42	51.06	16.05	15.34	16.45	29.91	26.26	3.04	3.28	12.80
18	DURANGO	LAS VEGAS	36.60	50.28	39.12	32.39	35.98	32.52	29.61	14.67	11.68	8.07	18.56	14.98	6.80	9.04	8.02	8.96	6.18	2.87	4.89	13.26

Asig.	Estado	Estación	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	27.07	30.82	34.58	13.77	13.83	5.97	15.63	14.37	10.20	14.43	49.85	16.10	4.61	19.72	-	8.97	8.73	-	-	-
46	VERACRUZ	CPGM	13.80	11.63	24.65	3.68	16.34	5.26	21.11	-	11.72	15.55	-	5.29	12.60	21.60	-	8.98	4.49	12.95	-	-
49	VERACRUZ	JALAPA	11.46	11.43	7.76	6.73	10.60	3.93	13.54	-	-	3.81	-	-	7.89	-	4.66	-	-	-	-	-
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN	6.97	-	6.68	3.36	7.68	15.17	-	-	17.24	-	-	11.29	-	-	-	-	-	-	3.32	-
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE	6.10	13.58	5.90	-	3.71	-	5.42	4.52	-	7.92	-	12.48	-	5.20	4.48	-	-	-	-	-
44	VERACRUZ	TUXPAN	35.41	25.08	37.90	-	14.50	10.73	-	-	10.35	9.80	10.03	-	-	-	29.13	-	-	4.85	-	12.88
21	HIDALGO	HUEJUTLA	32.81	25.55	13.18	6.73	19.75	29.19	14.28	-	-	3.25	-	-	2.25	3.31	9.32	-	-	-	4.93	-
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA	2.53	26.32	-	17.01	15.48	10.55	3.50	11.04	-	9.19	4.07	17.76	6.18	4.97	11.14	-	-	-	-	-
18	DURANGO	LAS VEGAS	5.52	2.90	5.96	-	3.84	3.63	7.57	2.71	-	2.02	3.39	-	2.30	4.57	-	-	3.46	-	-	-

Asig.	Estado	Estación	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	550	570	590	600	650	760	850	880	930
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	-	9.29	-	29.03	-	6.36	12.94	-	4.97	8.23	-	8.78	-	11.56	14.55	-	26.81	-	23.22	23.35
46	VERACRUZ	CPGM	10.15	4.93	5.92	-	8.84	-	5.22	-	-	-	-	-	-	-	-	9.47	-	-	-	-
49	VERACRUZ	JALAPA	-	-	4.75	-	6.40	-	-	-	-	-	-	-	-	7.65	-	-	-	-	-	-
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN	3.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE	-	-	-	-	-	2.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	VERACRUZ	TUXPAN	-	-	19.56	-	-	-	-	10.64	-	12.61	9.26	-	-	-	-	-	-	-	4.53	-
21	HIDALGO	HUEJUTLA	-	-	-	9.35	-	-	2.36	-	-	-	3.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA	-	-	-	15.66	-	-	-	11.56	-	-	-	-	2.67	-	-	-	-	-	-	-
18	DURANGO	LAS VEGAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 9.2.2 Tablas resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región A (Blanca).

Año	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
2000	Psa la Cangrejera Veracruz			Tuxpan Veracruz		Psa la Cangrejera Veracruz																
2001							Psa la Cangrejera Veracruz								Tuxpan Veracruz							
2002		Tuxpan Veracruz														Tuxpan Veracruz						
2003																				Jalapa Veracruz		
2004									CPGM Veracruz			Altamira Tamaulipas		Psa la Cangrejera Veracruz							Psa la Cangrejera Veracruz	
2005										Tuxpan Veracruz									Psa la Cangrejera Veracruz			
2006													Tuxpan Veracruz									
2007			Psa la Cangrejera Veracruz		Psa la Cangrejera Veracruz			Psa la Cangrejera Veracruz		Huejutla Hidalgo								Psa la Cangrejera Veracruz				Tuxpan Veracruz
2008																						

Año	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	
2000									CPGM Veracruz							Psa la Cangrejera Veracruz						
2001						CPGM Veracruz				Psa la Cangrejera Veracruz				Tuxpan Veracruz	CPGM Veracruz							
2002																						
2003										Psa la Cangrejera Veracruz			CPGM Veracruz									
2004				Huejutla Hidalgo	Huejutla Hidalgo			Huimilpan Queretaro													CPGM Veracruz	Psa la Cangrejera Veracruz
2005	Psa la Cangrejera Veracruz	Tuxpan Veracruz											CPGM Veracruz								Tuxpan Veracruz	
2006																CPGM Veracruz						
2007			Altamira Tamaulipas								Altamira Tamaulipas											Huejutla Hidalgo
2008																						

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Año	430	440	450	460	470	480	490	500	510	550	570	590	600	650	760	850	880	930
2000		Psa la Cangrejera Veracruz															Psa la Cangrejera Veracruz	Psa la Cangrejera Veracruz
2001				Psa la Cangrejera Veracruz		Altamira Tamaulipas		Tuxpan Veracruz		Psa la Cangrejera Veracruz								
2002	Tuxpan Veracruz				Psa la Cangrejera Veracruz													
2003			CPGM Veracruz													Tuxpan Veracruz		
2004									Tuxpan Veracruz						Psa la Cangrejera Veracruz			
2005											Psa la Cangrejera Veracruz		CPGM Veracruz					
2006													Psa la Cangrejera Veracruz					
2007							Psa la Cangrejera Veracruz				Altamira Tamaulipas							
2008																		

Tabla 9.2.3 Tabla final de las EMAs con mayores eventos de intensidad máxima por año en la Región Blanca.

Año	Intensidad es por año	Estado	EMA	# de intensidades	%
2000	8	Veracruz	Psa la Cangrejera	6	75.00
2001	10	Veracruz	Psa la Cangrejera	4	40.00
2002	4	Veracruz	Tuxpan	3	75.00
2003	5	Veracruz	CPGM	2	40.00
2004	11	Veracruz	Psa la Cangrejera	4	36.36
2005	8	Veracruz	CPGM	3	37.50
2006	3	Veracruz	Psa la Cangrejera	1	33.33
2007	11	Veracruz	Psa la Cangrejera	5	45.45
2008	0	N/A	N/A	N/A	N/A

En las tablas anteriores se muestra el procedimiento para la obtención de las EMAs más intensas para la región A (Blanca). En la tablas 9.2.1. Se presentan los mayores eventos de intensidad para cada duración de cada EMA, de la cual se observa que la máxima duración con intensidad fue de 930 minutos y se registró en Psa la Cangrejera Veracruz en el año 2000. Con base a selección de intensidades se llegó a la tabla final (9.2.3), de la cual se pueden obtener datos interesantes.

El estado con mayores eventos de intensidad en la Región A (Blanca), fue Veracruz ya que ahí se registraron las mayores intensidades para cada EMA, siendo Psa la Cangrejera la que tuvo mayor frecuencia por año, teniendo mayor número de máximas intensidades en los años 2000, 2001, 2004, 2006 y 2007.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

A continuación se presentan las tablas finales para cada región de la EMAs con mayores eventos de intensidad máxima por año, las tablas de resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración y las tablas resumen de ubicación de mayores eventos por año se presentan en el **Anexo 2**.

Tabla 9.2.4 Tabla final de las EMAs con mayores eventos de intensidad máxima por año en la Región Azul.

Año	Intensidad es por año	Estado	EMA	# de intensidades	%
1999	1	Guerrero	Acapulco	1	100.00
2000	6	Quintana Roo	Sian Ka'an	2	33.33
2001	11	Quintana Roo	Mas de 2 EMAs	3	27.27
2002	8	Mexico y Yucatan	Mas de 2 EMAs	4	50.00
2003	12	Quintana Roo	Cancún	3	25.00
2004	10	Yucatan y Quintana Roo	Mas de 2 EMAs	3	30.00
2005	13	Veracruz y Quintana Roo	Alvarado y Cancún	6	46.15
2006	6	Veracruz	Cd. Aleman y Alvarado	3	50.00
2007	9	Guerrero	Acapulco	3	33.33
2008	2	Veracruz	Alvarado	1	50.00

Tabla 9.2.5 Tabla final de las EMAs con mayores eventos de intensidad máxima por año en la Región Amarilla.

Año	Intensidades por año	Estado	EMA	# de intensidades	%
1999	3	Jalisco	Jocotepec	2	66.67
2000	4	Chihuahua	Basaseachi y Urique	2	50.00
2001	3	Chihuahua	Chinipas y Basaseachi	2	66.67
2002	9	Chihuahua	Urique	3	33.33
2003	4	Jalisco	Los Colomos y Tizapan	2	50.00
2004	7	Chihuahua	Guachochi y Chinatu	4	57.14
2005	6	Chihuahua	Mas de 2 EMAs	4	66.67
2006	14	Chihuahua	Mas de 2 EMAs	7	50.00
2007	8	Chihuahua	Mas de 2 EMAs	7	87.50
2008	1	Chihuahua	Basaseachi	1	100.00

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

10 REGIONALIZACIÓN DE LAS INTENSIDADES TÍPICAS

10.1 Introducción

Para obtener las ecuaciones de intensidad es necesario tener datos de lluvia, pero que pasaría si no contáramos con estos, si se pudiera obtener la intensidad con solo conocer la ubicación geográfica del lugar donde se desea construir una obra hidráulica.

Como hipótesis planteada se cree que se puede delimitar regiones. Como estudio previo se obtuvieron las ecuaciones de intensidad de 53 estaciones en 23 estados de la República Mexicana, todas estas al menos tenían 5 años de registros diarios, una vez obtenidas las ecuaciones de intensidad y después de correlacionar los parámetros k , m y n de las ecuaciones de intensidad con parámetros de ubicación como lo son la latitud, longitud y altura se encontró que existe una relación entre la división de la latitud entre la longitud ($Lat / Long$) con la variable k . Es decir con solo conocer la ubicación de un punto se obtendría el valor de k de la ecuación de intensidad, una vez obtenido el valor de k , se podría obtener el valor de n , ya que la correlación que existe entre estas dos variables es muy alta.

10.2 Regionalización aplicada a las regiones A, B Y C.

Al hablar de regionalización lo que todos esperamos es que en el país se conozca totalmente el comportamiento de la lluvia, pero esto es muy difícil ya que factores como la latitud, la longitud, la altura, la temperatura, la presión hidrostática actúan de una manera directa, es decir no se puede afirmar que el norte del país se comporta de manera similar que el sur, ni que el pacifico mexicano se comporta igual que la parte que está en el golfo de México. En el capítulo anterior se dividió al país en 3 regiones para que se obtuvieran resultados que fueran más afín con la realidad. En este capítulo se aplicara la metodología a dichas regiones; para la obtención de los parámetros k , m y n .

Región A (Blanca).

Tabla 10.2.1 Región Blanca, compuesta por EMAs de los estados de Durango, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro Tamaulipas y Veracruz.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	K	M	N	Lat/Long
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	18.11	94.33	34	159.393	0.626	0.557	0.192
46	VERACRUZ	CPGM	19.14	96.11	19	97.424	0.656	0.504	0.199
49	VERACRUZ	JALAPA	19.53	96.92	1439	46.409	0.541	0.377	0.201
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN	20.39	100.28	2280	36.831	0.757	0.438	0.203
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE	20.85	100.82	1915	77.679	0.691	0.611	0.207
44	VERACRUZ	TUXPAN	20.96	97.42	5	127.156	0.882	0.604	0.215
21	HIDALGO	HUEJUTLA	21.15	98.37	115	86.089	0.725	0.561	0.215
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA	22.39	97.93	61	69.391	0.574	0.442	0.229
18	DURANGO	LAS VEGAS	24.19	105.47	2398	77.663	0.690	0.609	0.229

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Región B (Azul).

Tabla 10.2.2 Región Azul, compuesta por EMAs de los estados de Durango, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro Tamaulipas y Veracruz.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	K	M	N	Lat/Long
33	OAXACA	PTO ANGEL	15.67	96.50	91	19.178	0.823	0.238	0.162
20	GUERRERO	ACAPULCO	16.76	99.75	76	26.849	0.762	0.326	0.168
47	VERACRUZ	CD ALEMAN	18.19	96.10	107	56.797	0.647	0.372	0.189
37	Q ROO	CHETUMAL	18.50	88.33	14	52.819	0.667	0.421	0.209
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	18.62	98.45	1353	33.635	0.833	0.388	0.189
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN	18.65	91.82	8	20.015	0.908	0.256	0.203
48	VERACRUZ	ALVARADO	18.72	95.63	113	88.098	0.525	0.432	0.196
34	PUEBLA	UTT	18.87	97.72	2047	20.230	0.752	0.297	0.193
31	MORELOS	JIMTA	18.88	99.16	1355	44.541	0.708	0.442	0.190
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	19.12	99.77	4139	13.849	0.372	0.233	0.192
43	TLAXCALA	HUAMANTLA	19.38	97.95	2222	63.311	0.706	0.462	0.198
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL	19.54	99.52	3754	33.419	0.411	0.369	0.196
29	MÉXICO	ATLACOMULCO	19.79	99.87	2600	70.196	0.630	0.561	0.198
7	CAMPECHE	CAMPECHE	19.84	90.51	11	70.869	0.608	0.442	0.219
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	20.13	101.72	1730	35.994	0.614	0.378	0.198
36	Q ROO	SIAN KA'AN	20.13	87.47	8	116.138	0.507	0.564	0.230
50	YUCATAN	CELESTÚN	20.86	90.38	10.00	48.495	0.655	0.405	0.231
52	YUCATAN	MERIDA	20.95	89.65	18.00	47.817	0.621	0.388	0.234
38	Q ROO	CANCUN	21.08	86.78	50.00	45.295	0.795	0.400	0.243
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS	21.57	88.16	5.00	40.135	0.717	0.342	0.245
53	ZACATECAS	ZACATECAS	22.75	102.51	2270.00	29.227	0.593	0.326	0.222
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO	24.84	98.16	45.00	39.738	0.829	0.392	0.253
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	25.73	99.32	134.00	33.071	0.978	0.454	0.259
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS	25.89	97.52	4.00	15.929	0.973	0.286	0.265
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	28.90	113.56	10.00	23.324	1.110	0.702	0.254

Región C (Amarilla).

Tabla 10.2.3 Región Amarilla, compuesta por EMAs de los estados de Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, D.F., Hidalgo, Jalisco y Estado de México.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	K	M	N	Lat/Long
17	D.F.	TEZONTLE	19.39	99.10	2358	47.431	0.617	0.489	0.196
16	D.F.	SMN	19.40	99.20	2320	128.947	0.493	0.677	0.196
15	D.F.	ENCB	19.45	99.17	2389	26.743	0.675	0.370	0.196
28	MÉXICO	PSA MANDIN	19.52	99.27	2364	24.937	0.531	0.264	0.197
22	HIDALGO	PACHUCA	20.10	98.71	2423	14.939	0.600	0.238	0.204
24	JALISCO	TIZAPAN	20.17	103.04	1503	18.120	0.755	0.267	0.196
23	JALISCO	JOCOTEPEC	20.28	103.42	1506	38.072	0.902	0.513	0.196
25	JALISCO	LOS COLOMOS	20.71	103.39	1571	20.621	0.605	0.150	0.200
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ	26.23	106.77	1982	110.770	0.665	0.704	0.246
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	26.81	107.07	2390	39.477	0.653	0.439	0.250
13	CHIHUAHUA	URIQUE	27.27	107.92	577	14.374	0.708	0.170	0.253
6	BCS	STA ROSALIA	27.34	112.27	53	15.308	1.113	0.486	0.244
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	27.39	108.54	431	19.497	0.725	0.223	0.252
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	27.64	113.46	37	6.547	1.143	0.421	0.244
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	27.86	107.99	1663	29.370	0.657	0.368	0.258
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	28.20	108.21	1973	10.420	0.929	0.193	0.261
4	BCN	SAN QUINTIN	30.53	115.84	32	18.926	0.716	0.572	0.264
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	31.89	116.60	32	11.914	0.596	0.343	0.274
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	32.45	116.91	156	18.431	0.549	0.492	0.278

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

En la tabla 10.2.1, 10.2.2 y 10.2.3 se muestran los valores de los coeficientes k , m y n de la ecuación de intensidad obtenida a partir de registros de lluvia diarios, así como la relación que existe entre la latitud y la longitud. Cabe señalar que para que se pudiera establecer una relación entre las variables, se ordenaron las EMAs de la menor a la mayor Longitud, y así se formaron 2 grupos por región, excepto en la región Blanca que por estar compuesta por pocas EMAs comprende un solo grupo, entonces el primer grupo de la Región Azul comprende EMAs con latitudes entre 15.67 y 20.13, el segundo grupo comprende EMAs con latitudes entre 20.86 y 28.90.

El primer grupo de la Región Amarilla comprende de las longitudes 19.39 a la longitud 20.71. El segundo grupo abarca de la longitud 26.23 a la longitud 32.45.

Se realizó un análisis de correlación cruzada para determinar la reciprocidad que existe entre las variables de la tabla 10.2.3, esto con la finalidad de poder determinar si los coeficientes de la ecuación de intensidad dependen de la ubicación geográfica (tabla 10.2.4.).

Tabla 10.2.4 Coeficientes de correlación de las variables en estudio.

	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Altitud</i>	<i>k</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>Lat/Long</i>
Latitud	1						
Longitud	0.6699	1					
Altitud	-0.0732	-0.6439	1				
k	0.5363	0.0642	0.2691	1			
m	-0.6232	-0.0881	-0.2241	-0.4566	1		
n	0.6671	0.4139	-0.0156	0.7452	-0.2641	1	
Lat/Long	0.9493	0.4028	0.1823	0.6367	-0.7215	0.6513	1

Como se observa existe una clara relación entre la relación Lat/Long con los coeficientes k , m y n , de estos resultados se partió para proponer una gráfica y obtener k . Se propuso primeramente obtener k ya que existe una buena relación entre k y n , entonces una vez que se obtenga la k se prosigue obteniendo n y posteriormente m .

10.3 Metodología

Obtención de k

Primeramente una vez identificados como estarían compuestas las Regiones A, B y C, con la ayuda del software KURV se determinó que para los parámetros k y Lat/Long, la ecuación que se ajustaba mejor a los puntos fue la siguiente:

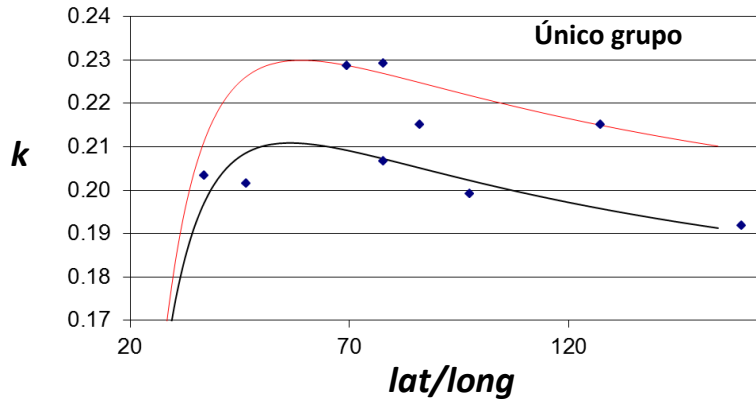
$$y = a + \frac{b}{x} + \frac{c}{x^2} \quad (10.3.1)$$

Donde y representa a la *Lat/Long*, x a la variable k y a , b y c son parámetros de ajuste.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

A continuación se muestra las gráficas donde se muestran los puntos de las variables $lat/long$ y k para cada región.

Región A (Blanca)



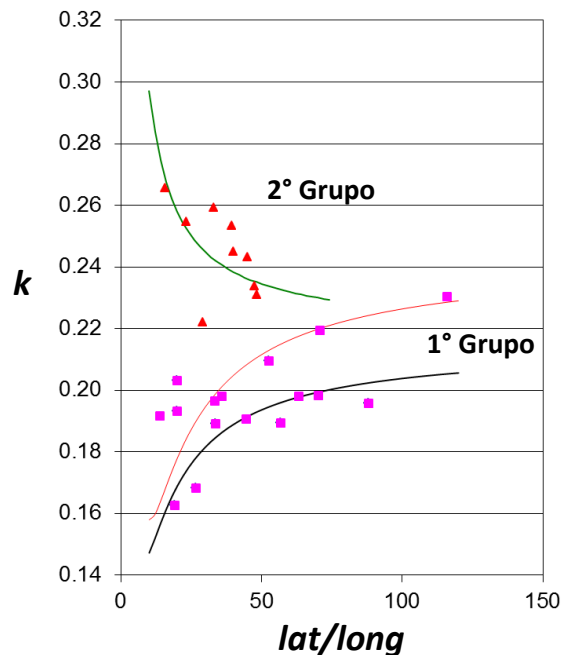
Gráfica 10.3.1 1° Grupo único (puntos azules) con valores de k y $lat/long$ para la Región A (Blanca).

Donde los parámetros de ajuste de la ecuación de cada línea son los siguientes:

Único grupo: Línea roja (Condición máxima): $a=0.178$, $b=6.124$, $c=-180.543$

Único grupo: Línea negra (Condición mínima): $a=0.162$, $b=5.523$, $c=-155.925$

Región B (Azul)



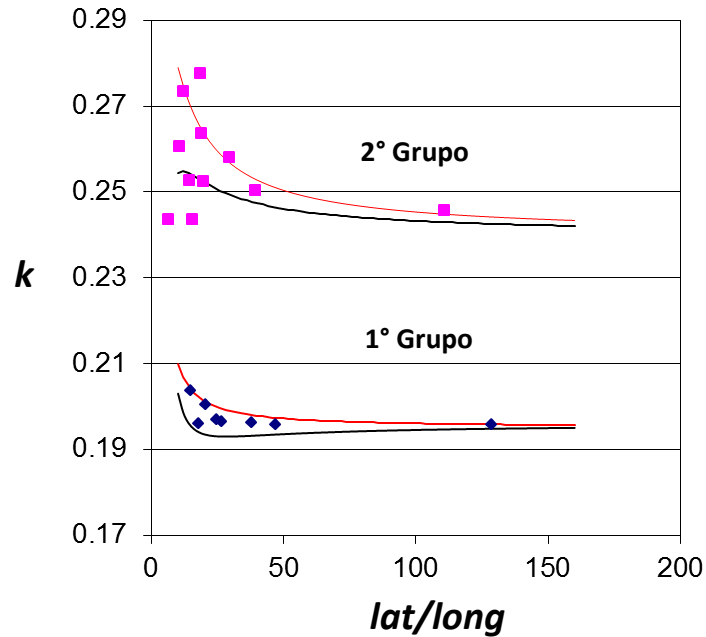
Gráfica 10.3.2 1° Grupo (puntos rosas) y 2° Grupo (puntos rojos) con valores de k y $lat/long$ para la Región B (Azul).

Donde los parámetros de ajuste de la ecuación de cada línea son los siguientes:

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

1° Grupo; Línea roja (Condición máxima): $a= 0.243, b= -1.75, c= 9$
 1° Grupo; Línea negra (Condición mínima): $a= 0.215, b= -1.164, c= 4.868$
 2° Grupo; Línea verde (Condición única): $a= 0.219, b= 0.771, c= 0.1$

Región C (Amarilla)



Gráfica 10.3.3 1° Grupo (puntos azules) y 2° Grupo (puntos rosas) con valores de k y $lat/long$ para la Región C (Amarilla).

Donde los parámetros de ajuste de la ecuación de cada línea son los siguientes:

1° Grupo; Línea roja (Condición máxima): $a= 0.195, b= 0.1, c= 0.5$
 1° Grupo; Línea negra (Condición mínima): $a= 0.196, b= -0.17, c= 2.4$
 2° Grupo; Línea roja (Condición máxima): $a= 0.24, b= 0.55, c= -1.6$
 2° Grupo; Línea negra (Condición mínima): $a= 0.24, b= 0.345, c= -2$

Cada grupo contiene 2 líneas de tendencia; condición mínima (línea inferior) y condición máxima (línea superior). Es decir la mayor parte de los puntos quedan envueltos por estas líneas, esto para cuando se desee obtener el valor de k se tenga un valor que sea lo más aproximado al real y no se salga de la muestra de puntos.

Las ecuaciones de las líneas de tendencia de cada grupo (condición mínima y máxima) tienen una estructura como la de la ecuación (10.3.1).

En la Región Blanca solo existe un grupo el cual está dividido con sus respectivas líneas de tendencia (Gráfica 10.3.1). La Región Azul está conformada por dos grupos pero únicamente el primer grupo tiene condición mínima y máxima. Para la Región Amarilla los dos grupos tienen la condición mínima y máxima.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Para obtener el valor de k con esta metodología se utilizó la ecuación (1), el método que se utilizó para obtener esta variable fue el del tanteo, es decir ya conocido el valor de la $lat/long$ se despeja a la variable k .

Se presentan a continuación las tablas donde se obtienen los valores de k de cada grupo para cada condición de las Regiones Blanca, Azul y Amarilla.

Tabla 10.3.4 Valor de k para la condición mínima de la Región Blanca.

Asig.	Estado	Estación	Grupos	Condición Mínima (Línea Negra)						
				Lat/long	k	a	b/k	c/k2	a+(b/k)+(c/k2)	
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	Único Grupo	0.1919	150	0.162	0.0368	-0.0069	0.1919	
46	VERACRUZ	CPGM		0.1992	110.5	0.162	0.0500	-0.0128	0.1992	
49	VERACRUZ	JALAPA		0.2015	100.5	0.162	0.0550	-0.0154	0.2015	
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN		0.2033	93.1	0.162	0.0593	-0.0180	0.2033	
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE		0.2068	79.7	0.162	0.0693	-0.0245	0.2068	
44	VERACRUZ	TUXPAN		0.2152	58	0.162	0.0952	-0.0464	0.2109	
21	HIDALGO	HUEJUTLA		0.2151	58	0.162	0.0952	-0.0464	0.2109	
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA		0.2286	58	0.162	0.0952	-0.0464	0.2109	
18	DURANGO	LAS VEGAS		0.2293	58	0.162	0.0952	-0.0464	0.2109	

Tabla 10.3.5 Valor de k para la condición máxima de la Región Blanca.

Asig.	Estado	Estación	Grupos	Condición Máxima (Línea Roja)					
				Lat/long	k	a	b/k	c/k2	a+(b/k)+(c/k2)
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	Único Grupo	0.1919	31.78	0.178	0.1927	-0.1788	0.1919
46	VERACRUZ	CPGM		0.1992	33.32	0.178	0.1838	-0.1626	0.1992
49	VERACRUZ	JALAPA		0.2015	33.88	0.178	0.1808	-0.1573	0.2015
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN		0.2033	34.35	0.178	0.1783	-0.1530	0.2033
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE		0.2068	35.35	0.178	0.1732	-0.1445	0.2068
44	VERACRUZ	TUXPAN		0.2152	38.45	0.178	0.1593	-0.1221	0.2152
21	HIDALGO	HUEJUTLA		0.2151	38.44	0.178	0.1593	-0.1222	0.2151
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA		0.2286	50.9	0.178	0.1203	-0.0697	0.2286
18	DURANGO	LAS VEGAS		0.2293	53	0.178	0.1155	-0.0643	0.2293

Tabla 10.3.6 Valor de k para la condición mínima del primer grupo de la Región Azul.

Asig.	Estado	Estación	Grupos	Condición Mínima (Línea Negra)						
				Lat/long	k	a	b/k	c/k2	a+(b/k)+(c/k2)	
33	OAXACA	PTO ANGEL	1° Grupo	0.1624	16.55	0.215	-0.0703	0.0178	0.1624	
20	GUERRERO	ACAPULCO		0.1681	19.5	0.215	-0.0597	0.0128	0.1681	
47	VERACRUZ	CD ALEMAN		0.1893	40.55	0.215	-0.0287	0.0030	0.1893	
37	Q ROO	CHETUMAL		0.2095	150	0.215	-0.0078	0.0002	0.2075	
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS		0.1891	40.2	0.215	-0.0290	0.0030	0.1891	
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN		0.2031	93.7	0.215	-0.0124	0.0006	0.2031	
48	VERACRUZ	ALVARADO		0.1957	55.8	0.215	-0.0209	0.0016	0.1957	
34	PUEBLA	UTT		0.1931	48.5	0.215	-0.0240	0.0021	0.1931	
31	MORELOS	IMTA		0.1904	42.6	0.215	-0.0273	0.0027	0.1904	
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA		0.1916	45.2	0.215	-0.0258	0.0024	0.1916	
43	TLAXCALA	HUAMANTLA		0.1979	63.6	0.215	-0.0183	0.0012	0.1979	
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL		0.1964	58	0.215	-0.0201	0.0014	0.1964	
29	MÉXICO	ATLACOMULCO		0.1982	64.7	0.215	-0.0180	0.0012	0.1982	
7	CAMPECHE	CAMPECHE		0.2192	150	0.215	-0.0078	0.0002	0.2075	
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO		0.1978	63	0.215	-0.0185	0.0012	0.1978	
36	Q ROO	SIAN KA'AN		0.2301	150	0.215	-0.0078	0.0002	0.2075	

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 10.3.7 Valor de k para la condición máxima del primer grupo de la Región Azul.

Asig.	Estado	Estación	Condición Máxima (Línea Roja)						
			Grupos	Lat/long	k	a	b/k	c/k^2	$a+(b/k)+(c/k^2)$
33	OAXACA	PTO ANGEL	1° Grupo	0.1624	13.35	0.243	-0.1311	0.0505	0.1624
20	GUERRERO	ACAPULCO		0.1681	15.74	0.243	-0.1112	0.0363	0.1681
47	VERACRUZ	CD ALEMAN		0.1893	26.2	0.243	-0.0668	0.0131	0.1893
37	Q ROO	CHETUMAL		0.2095	46.4	0.243	-0.0377	0.0042	0.2095
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS		0.1891	26.05	0.243	-0.0672	0.0133	0.1891
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN		0.2031	37.9	0.243	-0.0462	0.0063	0.2031
48	VERACRUZ	ALVARADO		0.1957	30.8	0.243	-0.0568	0.0095	0.1957
34	PUEBLA	UTT		0.1931	28.8	0.243	-0.0608	0.0109	0.1931
31	MORELOS	IMTA		0.1904	26.9	0.243	-0.0651	0.0124	0.1904
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA		0.1916	27.7	0.243	-0.0632	0.0117	0.1916
43	TLAXCALA	HUAMANTLA		0.1979	32.7	0.243	-0.0535	0.0084	0.1979
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL		0.1964	31.4	0.243	-0.0557	0.0091	0.1964
29	MÉXICO	ATLACOMULCO		0.1982	33	0.243	-0.0530	0.0083	0.1982
7	CAMPECHE	CAMPECHE		0.2192	68	0.243	-0.0257	0.0019	0.2192
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO		0.1978	32.6	0.243	-0.0537	0.0085	0.1978
36	Q ROO	SIAN KA'AN		0.2301	130	0.243	-0.0135	0.0005	0.2301

Tabla 10.3.8 Valor de k para la condición única del segundo grupo de la Región Azul.

Asig.	Estado	Estación	Condición Unica (Línea Verde)						
			Grupos	Lat/long	k	a	b/k	c/k^2	$a+(b/k)+(c/k^2)$
50	YUCATAN	CELESTÚN	2° Grupo	0.2308	65.7	0.219	0.0117	0.0000	0.2308
52	YUCATAN	MERIDA		0.2336	53	0.219	0.0145	0.0000	0.2336
38	Q ROO	CANCUN		0.2429	32.4	0.219	0.0238	0.0001	0.2429
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS		0.2447	30.1	0.219	0.0256	0.0001	0.2447
53	ZACATECAS	ZACATECAS		0.2219	120	0.219	0.0064	0.0000	0.2254
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO		0.2531	22.75	0.219	0.0339	0.0002	0.2531
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO		0.2591	19.35	0.219	0.0398	0.0003	0.2591
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS		0.2654	16.73	0.219	0.0461	0.0004	0.2654
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES		0.2545	21.85	0.219	0.0353	0.0002	0.2545

Tabla 10.3.9 Valor de k para la condición mínima del primer y segundo grupo de la Región Amarilla.

Asig.	Estado	Estación	Condición Mínima (Línea Negra)						
			Grupos	Lat/long	k	a	b/k	c/k^2	$a+(b/k)+(c/k^2)$
17	D.F.	TEZONTLE	1° Grupo	0.1956	150	0.196	-0.0011	0.0001	0.1950
16	D.F.	SMN		0.1956	150	0.196	-0.0011	0.0001	0.1950
15	D.F.	ENCB		0.1962	150	0.196	-0.0011	0.0001	0.1950
28	MÉXICO	PSA MANDIN		0.1967	150	0.196	-0.0011	0.0001	0.1950
22	HIDALGO	PACHUCA		0.2036	9.8	0.196	-0.0173	0.0250	0.2036
24	JALISCO	TIZAPAN		0.1957	150	0.196	-0.0011	0.0001	0.1950
23	JALISCO	JOCOTEPEC		0.1961	150	0.196	-0.0011	0.0001	0.1950
25	JALISCO	LOS COLOMOS		0.2003	11.05	0.196	-0.0154	0.0197	0.2003
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ		0.2457	54.5	0.240	0.0063	-0.0007	0.2457
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	0.2504	25.6	0.240	0.0135	-0.0031	0.2504	
13	CHIHUAHUA	URIQUE	0.2527	18.8	0.240	0.0184	-0.0057	0.2527	
6	BCS	STA ROSALIA	0.2435	92	0.240	0.0038	-0.0002	0.2435	
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	0.2524	19.6	0.240	0.0176	-0.0052	0.2524	
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	0.2436	90	0.240	0.0038	-0.0002	0.2436	
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	0.2580	12	0.240	0.0288	-0.0139	0.2549	
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	0.2606	12	0.240	0.0288	-0.0139	0.2549	
4	BCN	SAN QUINTIN	0.2636	12	0.240	0.0288	-0.0139	0.2549	
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	0.2735	12	0.240	0.0288	-0.0139	0.2549	
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	0.2775	12	0.240	0.0288	-0.0139	0.2549	

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 10.3.10 Valor de k para la condición máxima del primer y segundo grupo de la Región Amarilla.

Asig.	Estado	Estación	Grupos	Condición Máxima (Línea Roja)					
				Lat/long	k	a	b/k	c/k2	a+(b/k)+(c/k2)
17	D.F.	TEZONTLE	1° Grupo	0.1956	159	0.195	0.00062893	1.9778E-05	0.1956
16	D.F.	SMN		0.1956	159	0.195	0.00062893	1.9778E-05	0.1956
15	D.F.	ENCB		0.1962	91	0.195	0.0010989	6.0379E-05	0.1962
28	MÉXICO	PSA MANDIN		0.1967	62	0.195	0.0016129	0.00013007	0.1967
22	HIDALGO	PACHUCA		0.2036	15.4	0.195	0.00649351	0.00210828	0.2036
24	JALISCO	TIZAPAN		0.1957	139	0.195	0.00071942	2.5879E-05	0.1957
23	JALISCO	JOCOTEPEC		0.1961	92	0.195	0.00108696	5.9074E-05	0.1961
25	JALISCO	LOS COLOMOS		0.2003	22.9	0.195	0.00436681	0.00095345	0.2003
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ		2° Grupo	0.2457	93	0.240	0.00591398	-0.00018499
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	0.2504		50	0.240	0.011	-0.00064	0.2504
13	CHIHUAHUA	URIQUE	0.2527		40.1	0.240	0.01371571	-0.00099502	0.2527
6	BCS	STA ROSALIA	0.2435		152	0.240	0.00361842	-6.9252E-05	0.2435
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	0.2524		41.1	0.240	0.013382	-0.00094719	0.2524
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	0.2436		151.8	0.240	0.00362319	-6.9435E-05	0.2436
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	0.2580		27.3	0.240	0.02014652	-0.00214682	0.2580
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	0.2606		23.4	0.240	0.02350427	-0.00292205	0.2606
4	BCN	SAN QUINTIN	0.2636		19.9	0.240	0.02763819	-0.0040403	0.2636
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	0.2735		12.65	0.240	0.04347826	-0.00999859	0.2735
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	0.2775		10.65	0.240	0.05164319	-0.01410655	0.2775

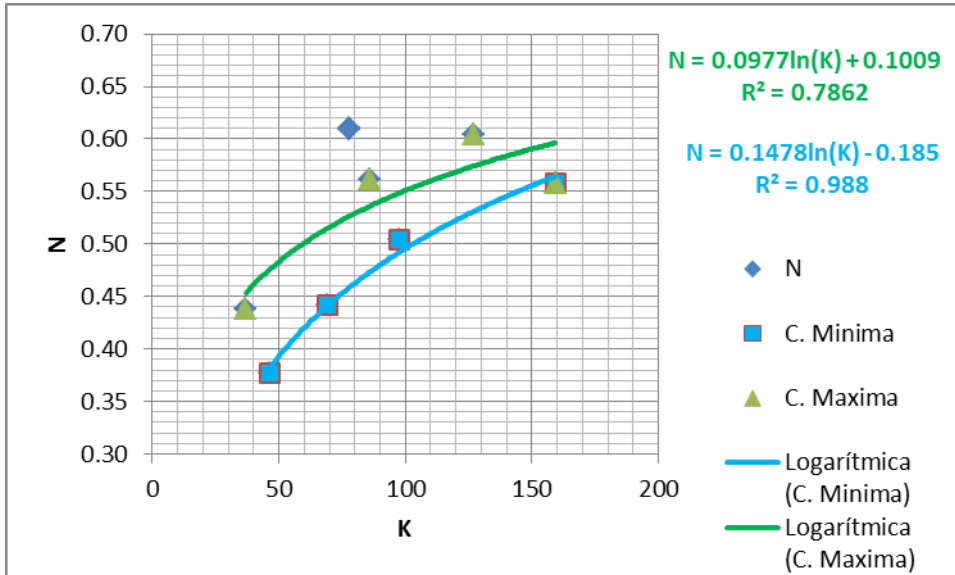
La obtención de k es relativamente sencilla consiste en obtener un valor de k para el cual el primer miembro sea igual al segundo miembro. Como se muestra en las tablas anteriores no en todas las EMAs se cumple esta condición ya que como se observa en la tabla 10.3.9 cuando aumenta o disminuye de manera exponencial el valor de la $lat/long$, el valor de k va tendiendo a un valor el cual ya no cambia, es por eso que el valor máximo de k es 150. Mientras que el valor mínimo es de 12; en la tabla 10.3.10 no existe este problema ya que en todas las EMAs se cumple que el primer y segundo miembro de la ecuación tengan el mismo valor.

Obtención de n .

Una vez obtenida la variable k y debido a la gran relación que tiene con n , se realizó de manera similar la creación de la gráfica por medio de la cual se obtuvo esta variable; formada en abscisas por los valores de la variable k y en las ordenas los valores de n , asimismo existen dos líneas auxiliares (máxima y mínima) ya que con estas se asegura cubrir totalmente la muestra de puntos. Se realizaron estas gráficas para cada grupo de las regiones.

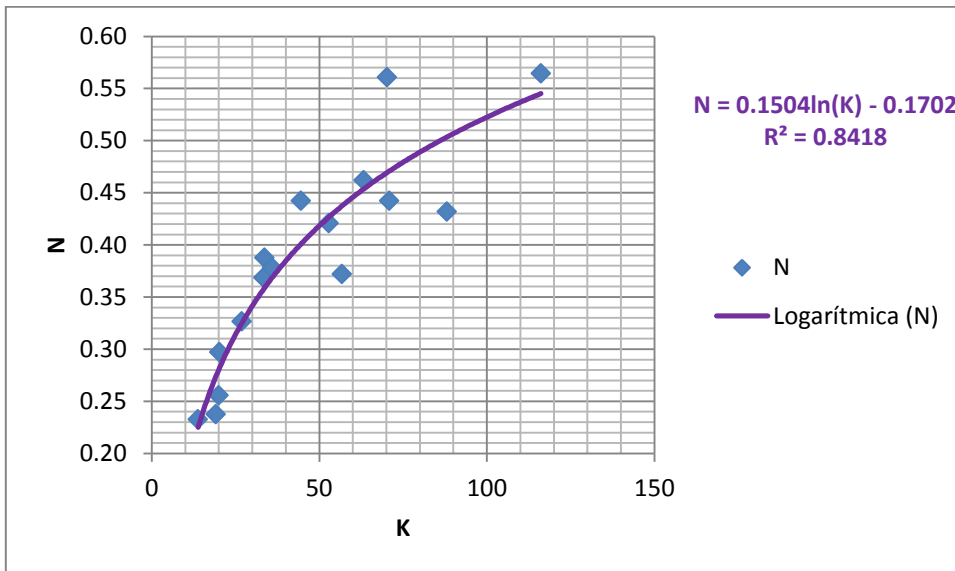
REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Valores propuestos de n para la Región Blanca.



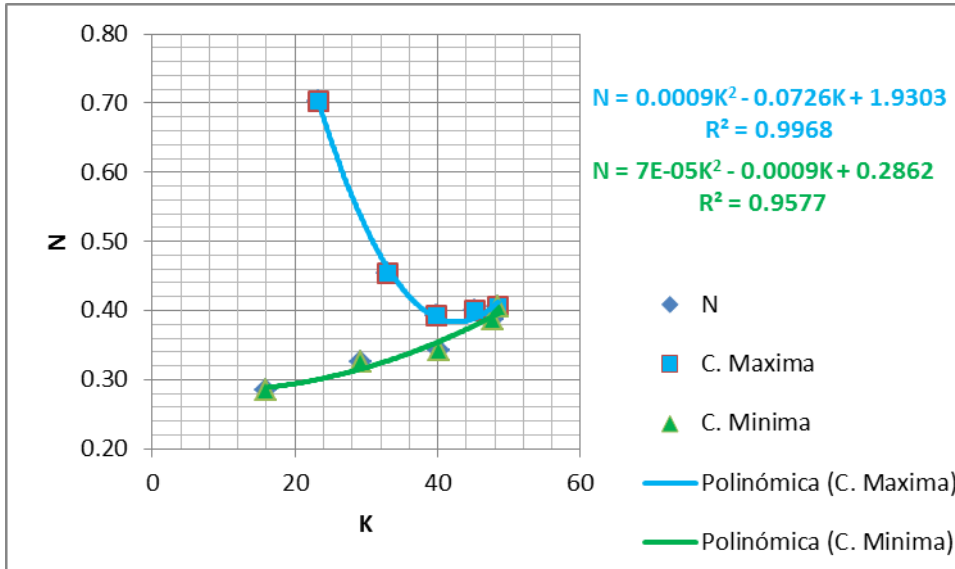
Gráfica 10.3.11 Variación de n con respecto de k para el único grupo de la Región Blanca.

Valores propuestos de n para la Región Azul.



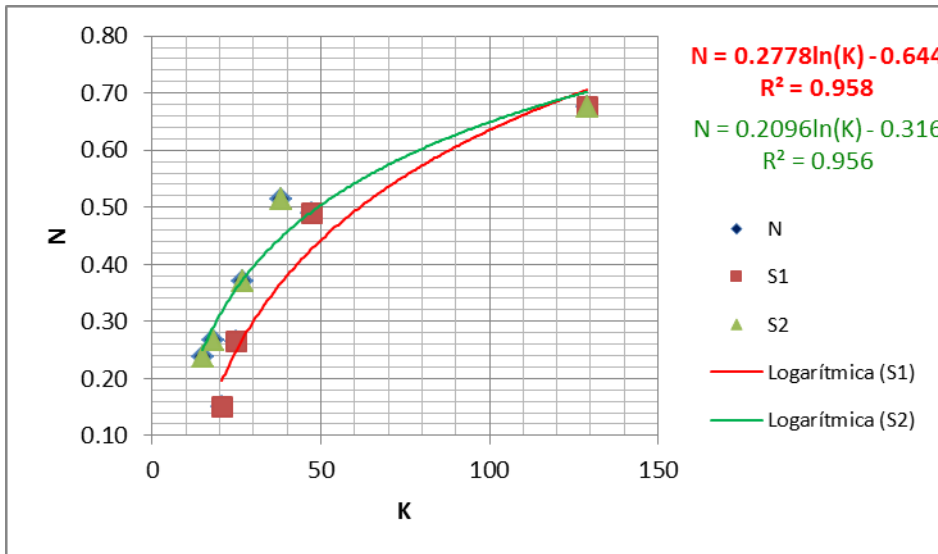
Gráfica 10.3.12 Variación de n con respecto de k para el primer grupo de la Región Azul.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA



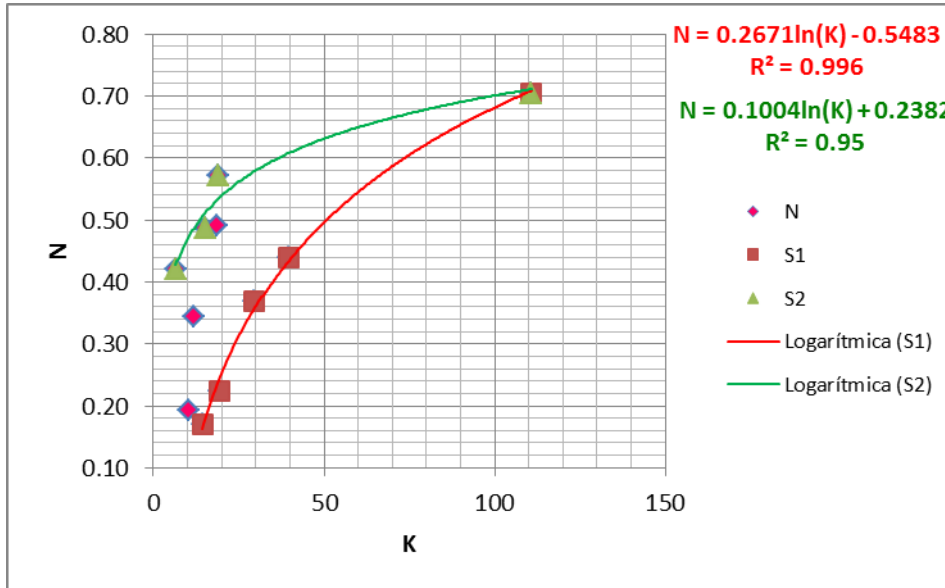
Gráfica 10.3.13 Variación de n con respecto de k para el segundo grupo de la Región Azul.

Valores propuestos de n para la Región Amarilla.



Gráfica 10.3.14 Variación de n con respecto de k para el primer grupo de la Región Amarilla.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA



Gráfica 10.3.14 Variación de n con respecto de k para el segundo grupo de la Región Amarilla.

En la metodología se propone el cálculo de n para cada valor de k , es decir para la región blanca que solamente cuenta con un grupo se calculó el valor de n para la k de la condición máxima y mínima (Gráfica 10.3.11). Para el caso de la Región Azul, la cual cuenta con dos grupos; se proponen 2 gráficas; una para cada grupo. Para el primer grupo de la Región Azul solo existe una condición, ya que la mayoría de los puntos se ajustó a la línea de tendencia de la ecuación propuesta y no fueron necesarias las 2 líneas de tendencia (Gráfica 10.3.12), caso contrario del segundo grupo donde si fueron necesarias las 2 líneas de tendencia (condición máxima y mínima). Para la Región Amarilla los dos grupos tienen condiciones máxima y mínima, en este caso se obtendrán 2 valores de n para cada valor de k .

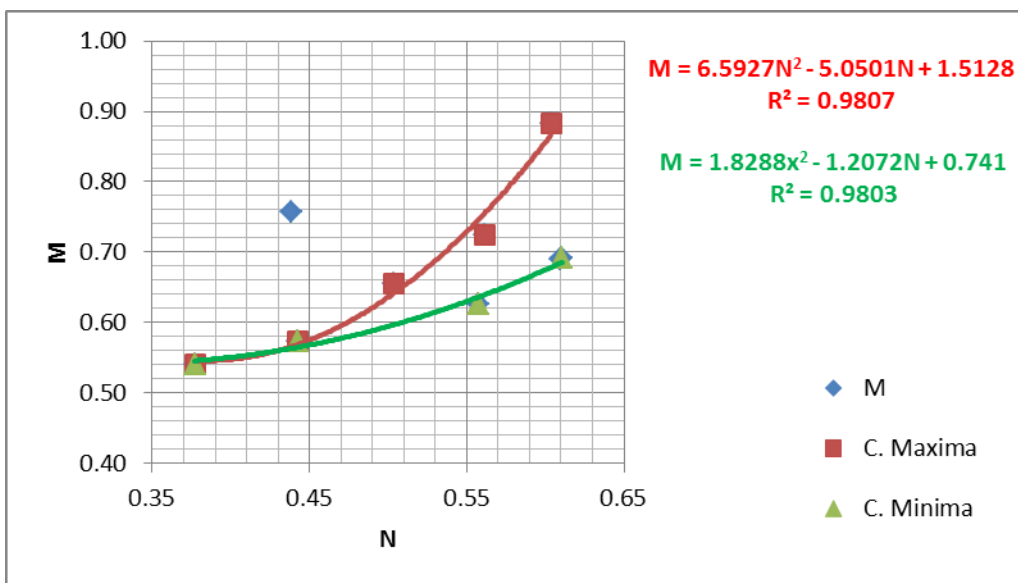
Obtención de m .

Es importante señalar que la intensidad y duración de una tormenta están inversamente relacionadas y que “ m ” es un parámetro adimensional constante e independiente de la duración. Para la obtención del parámetro m resulta complicado unificar el procedimiento para las 3 regiones propuestas en este capítulo, por lo que se optó en utilizar procedimientos diferentes para cada región, encontrando que combinación de variables o parámetros resultaban tener una mejor correlación con dicho parámetro.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Obtención del parámetro m para la Región Blanca

En la Región blanca se encontró que había una muy buena correlación entre m con el parámetro n . Para esto se graficaron estos dos parámetros de lo cual se obtuvieron 2 condiciones lo que significa que específicamente en esta región y siguiendo el procedimiento propuesto se tendría que obtener primero 2 valores para el parámetro k (Gráfica 10.3.1), posteriormente para cada valor de k (condición máxima y mínima) se obtienen 2 valores del parámetro n , esto significa que para la región blanca se obtendrían cuatro valores de m . Particularmente para esta región se propone que se realice un promedio de los dos valores de m (condición máxima y mínima), ya que no se observa que se modifique demasiado el comportamiento de las líneas de tendencia de estas condiciones.



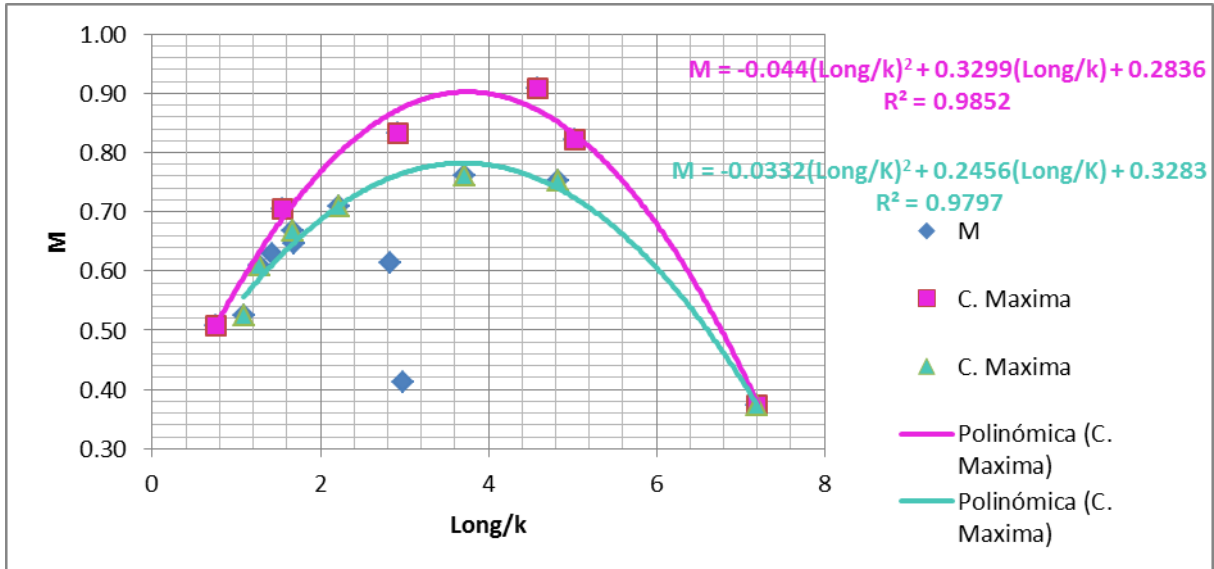
Gráfica 10.3.15 Variación del parámetro m con respecto al parámetro n

Obtención del parámetro m para la Región Azul

Para la Región Azul se optó por realizar una gráfica para cada grupo por razones de correlación, para el primer grupo se encontró que el parámetro m tiene factores de correlación altos con la variable $long/k$ (Gráfica 10.3.16). Para el segundo grupo se encontró que el parámetro n es el que mejor se relaciona con el parámetro m (Gráfica 10.3.17).

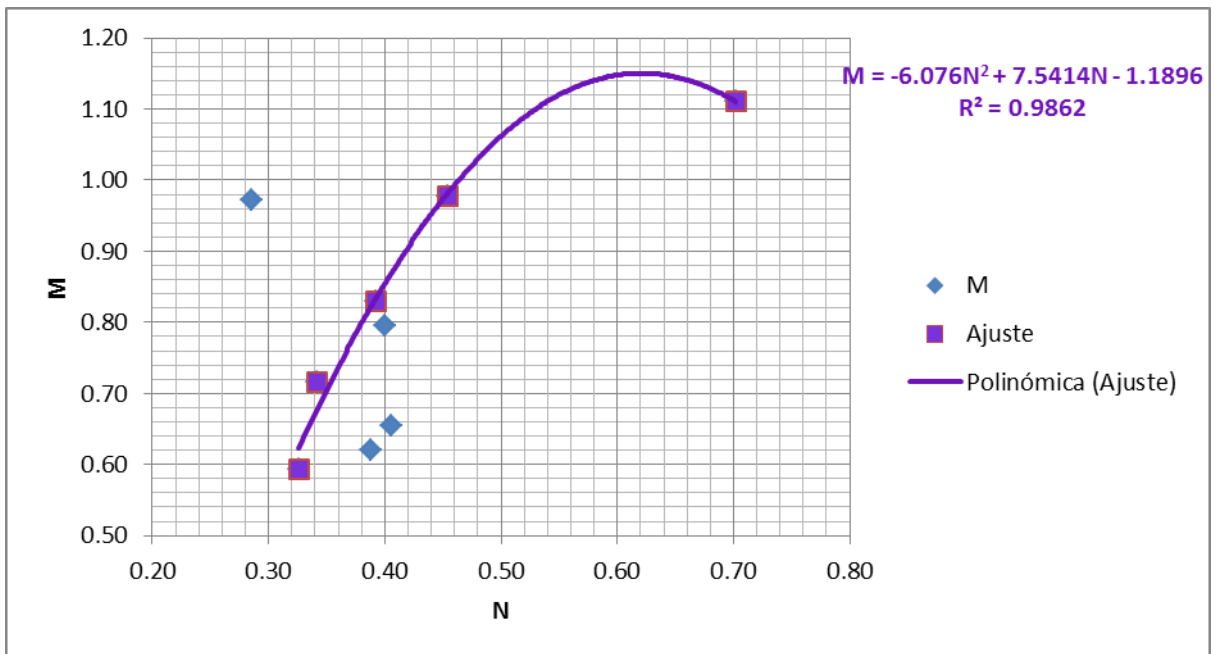
Para el primer grupo; previamente se obtienen 2 valores del parámetro k (Gráfica 10.3.2), y se realiza el cociente de las longitudes de las EMAs que integran a este grupo entre cada valor de k obtenido (condición máxima y mínima), con los valores obtenidos se calcula la m , de igual manera esta contempla 2 condiciones (Gráfica 10.3.16).

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA



Gráfica 10.3.16 Variación del parámetro m con respecto a la variable $long/k$.

En cuanto al segundo grupo de la Región Azul se realizó una gráfica relacionando a m con el parámetro n obtenido con la metodología propuesta. Particularmente en este grupo solo se calcula un valor de k (Gráfica 10.3.2), para este valor de k se obtienen 2 valores del parámetro n (Gráfica 10.3.13), por lo tanto se obtienen 2 valores del parámetro m .

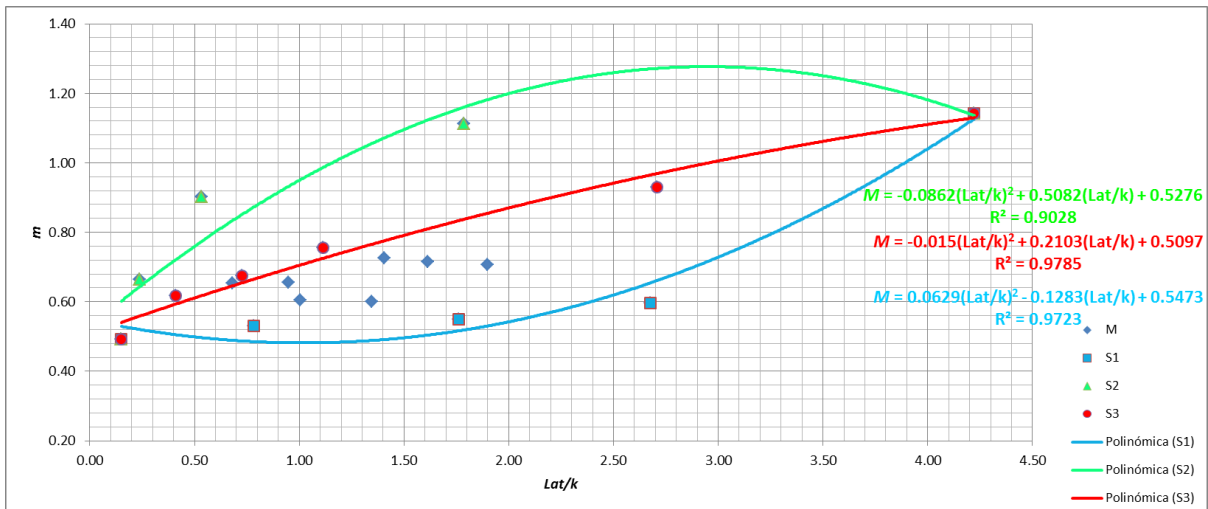


Gráfica 10.3.17 Variación del parámetro m con respecto a el parámetro n .

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Obtención del parámetro m para la Región Amarilla

Para la Región Amarilla se propuso utilizar una gráfica tomando en cuenta las 19 EMAs que integran esta región, de lo cual se dedujo que de los valores de m obtenidos por datos de precipitación; m_{\min} tiene un valor de 0.493 y la m_{\max} de 1.143 es decir la variable m no tiene una gran variación ya que la diferencia entre mínimo y máximo es apenas de 0.650. para este parámetro se realizó una gráfica relacionándolo con la variable Lat/k , la cual está formada por 3 condiciones (Gráfica 10.3.18) esto para cubrir la mayor cantidad de puntos de la región. Se divide el valor de la Latitud entre el valor de k posteriormente se calcula m para cada línea de tendencia, como se observa en la gráfica la mayoría de los puntos se sitúan en la parte de en medio (línea roja) por lo que se propone obtener un promedio de las 3 ecuaciones propuestas.



Gráfica 10.3.18. Variación de m con respecto a la variable lat/k .

Es claro señalar que estos valores pueden influir o no de manera trascendente en el cálculo de la intensidad, ya que aunque sea pequeño el rango de error, en la fórmula de intensidad el periodo de retorno (Tr) está afectado exponencialmente por m , por lo que cualquier variación cambia de manera significativa el valor de i (ecuación 10.3.2).

$$i = \frac{k * Tr^m}{d^n} \quad (10.3.2)$$

Una vez obtenidas las tres variables (k , m y n), se calcula la intensidad para diferentes periodos de retorno y duraciones. La intención es conocer cual curva utilizar, es decir cual se asemeja más a los datos reales.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

10.4 Aplicación a una EMA

A continuación se describe un ejemplo para la estación Tezontle del D.F., perteneciente al 1° Grupo de la Región Amarilla. En la siguiente tabla se muestran los parámetros originales k , m y n además de la ubicación de la estación.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	k	m	n
17	D.F.	TEZONTLE	19.3853	99.0997	2358	47.431	0.617	0.489

El primer paso consiste en obtener la relación que existe entre la longitud y la latitud.

$$\frac{\text{Latitud}}{\text{Longitud}} = \frac{19.3853}{113.5603} = 0.1956$$

Una vez obtenida esta relación se continúa calculando los posibles valores de k . Se puede obtener con la ayuda de la Gráfica 10.3.3 entrando a esta y obteniendo el valor que le corresponde pero para tener más exactitud se despeja a la variable k de la ecuación (10.3.1)

Para la condición mínima (Línea Negra).

$$0.1956 = 0.196 - \frac{0.17}{k} + \frac{2.4}{k^2} \quad (10.4.1)$$

Donde k la satisface con un valor de **150**.

Para la condición máxima (Línea Roja).

$$0.1956 = 0.195 + \frac{0.1}{k} + \frac{0.5}{k^2} \quad (10.4.2)$$

Donde k la satisface con un valor de **159**.

Una vez obtenidos estos valores, se puede obtener n , pero en teoría no sabemos cuál es la k correcta entonces se calcula n para cada k . Cabe señalar que hay 2 ecuaciones para n para este grupo en particular:

$$n = 0.2778 \ln(k) - 0.644 \quad (10.4.3)$$

$$n = 0.2096 \ln(k) - 0.316 \quad (10.4.4)$$

Para k igual a 150;

$$n = 0.2778 \ln(150) - 0.644 = 0.7480$$

$$n = 0.2096 \ln(150) - 0.316 = 0.7342$$

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Para k igual a 159;

$$n = 0.2778 \ln(159) - 0.644 = 0.7641$$

$$n = 0.2096 \ln(159) - 0.316 = 0.7464$$

Una vez calculados los probables valores de n , se continúa con el cálculo de m , que de igual forma se calcula con base a la gráfica 10.3.18.

Las ecuaciones que componen a esta gráfica son las siguientes:

$$m_{max} = -0.0862(Lat/k)^2 + 0.5082(Lat/k) + 0.5276 \quad (10.4.5)$$

$$m_{med} = -0.0150(Lat/k)^2 + 0.2103(Lat/k) + 0.5097 \quad (10.4.6)$$

$$m_{min} = -0.0629(Lat/k)^2 - 0.1283(Lat/k) + 0.5473 \quad (10.4.7)$$

Antes de obtener los valores de m es necesario conocer el valor del cociente de la latitud entre el valor del parámetro k . Es decir se tiene que calcular estas 3 ecuaciones para cada k obtenida anteriormente.

Para k igual a 150;

$$\frac{Latitud}{k} = \frac{19.3853}{150} = 0.1292$$

$$m_{max} = -0.0862(0.1292)^2 + 0.5082(0.1292) + 0.5276 = 0.5918$$

$$m_{med} = -0.0150(0.1292)^2 + 0.2103(0.1292) + 0.5097 = 0.5366$$

$$m_{min} = -0.0629(0.1292)^2 - 0.1283(0.1292) + 0.5473 = 0.5318$$

Para k igual a 159;

$$\frac{Latitud}{k} = \frac{19.3853}{159} = 0.1219$$

$$m_{max} = -0.0862(0.1219)^2 + 0.5082(0.1219) + 0.5276 = 0.5883$$

$$m_{med} = -0.0150(0.1219)^2 + 0.2103(0.1219) + 0.5097 = 0.5351$$

$$m_{min} = -0.0629(0.1219)^2 - 0.1283(0.1219) + 0.5473 = 0.5326$$

Debido a la poca diferencia entre los valores calculados de m para ambos casos de k , se optó por calcular una m promedio ya que no tiene caso divagar en cuál será la m más cercana a los valores reales.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

m promedio para *k* igual a 150.

$$m \text{ promedio} = 0.5918 + 0.5366 + 0.5318 = 0.5534$$

m promedio para *k* igual a 159.

$$m \text{ promedio} = 0.5883 + 0.5351 + 0.5326 = 0.5520$$

Una vez obtenidos todos los valores se ordenan en una tabla, para poder obtener las intensidades correspondientes y comparar resultados entre las Isoyetas de la SCT y ambos métodos.

Tabla 10.4.1 Resultados obtenidos por el método propuesto.

<i>k</i>	<i>n</i>	<i>m</i>
150	0.7480	0.5534
	0.7342	
159	0.7641	0.5520
	0.7464	

Para el cálculo de la intensidad se usara una Duración de 60 minutos y un Periodo de Retorno (*Tr*) de 10 años.

Se calculó la intensidad para los parámetros de la tabla 10.4.1 para conocer que intensidad se asemeja más a la intensidad calculada con datos de lluvia. Para esto se utilizó la ecuación (1).

$$i = \frac{k * Tr^m}{d^n}$$

Intensidades para estos parámetros.

$$i_1 = \frac{150 * 10^{0.5534}}{60^{0.7480}} = 25.092 \text{ mm/hr}$$

$$i_2 = \frac{150 * 10^{0.5534}}{60^{0.7342}} = 26.542 \text{ mm/hr}$$

$$i_3 = \frac{159 * 10^{0.5520}}{60^{0.7641}} = 24.810 \text{ mm/hr}$$

$$i_4 = \frac{159 * 10^{0.5520}}{60^{0.7464}} = 26.671 \text{ mm/hr}$$

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Intensidad para datos de lluvia.

$$i_1 = \frac{47.43 * 10^{0.617}}{60^{0.489}} = 26.527 \text{ mm/hr}$$

Una vez calculados todos los valores de intensidad, se realizó una tabla para comparar valores por cada método.

Tabla 10. 4.2. Intensidades en mm/hr para cada método.

C/R Localizac	C/R Prec.	Isoyetas SCT
25.092	26.527	30
26.542		
24.810		
26.675		

Como se observa en la tabla 10.4.2 existe muy poca variación entre ambos métodos, con respecto al valor tomando en cuenta isoyetas cabe señalar que no tengo el dato de cuando se realizó algún cálculo para poder generar estas curvas de precipitación, además de que el valor de 30 se obtuvo por medio de una apreciación en el mapa de isoyetas del estado de Jalisco.

10.5 Análisis de Resultados

Una vez obtenido valores aproximados de intensidad muy cercanos a la intensidad con respecto a datos de precipitación, queda la pregunta; ¿Qué curvas utilizar de toda la metodología propuesta? Para eso se realizó una tabla comparativa, por medio de colores para poder determinar que curvas fueran las predominantes en la obtención de las intensidades de todas las EMAs.

En la siguiente tabla se muestra por color, las curvas utilizadas para el cálculo de todas las intensidades de las EMAs de la región “Amarilla”, de donde se puede obtener muchos rasgos del comportamiento de esta región para que en el cálculo de una intensidad que este dentro de la región se tome en cuenta las siguientes consideraciones.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

11. CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Capítulo 10. Regionalización de las Intensidades Típicas

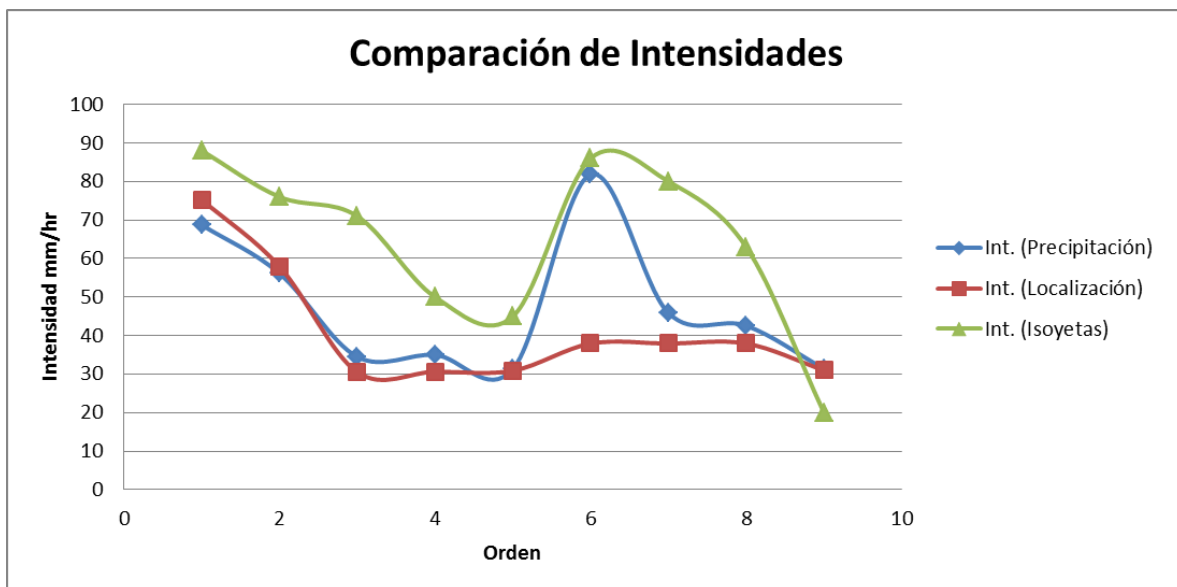
Una vez mostrado el procedimiento se calcularon los parámetros k , m y n , por el método propuesto en este capítulo, comparando las Intensidades para una duración de 60 min y un periodo de retorno de 10 años para todas las regiones, donde por medio de una gráfica se establecieron las comparaciones entre Intensidades obtenidas con datos de precipitación (método de correlación múltiple – Gumbel), Método propuesto (datos localización – regionalización) y con las Isoyetas de la SCT.

A continuación las tablas resumen con su respectiva gráfica de comparación para cada región.

Región Blanca

Tabla 11.10.1 Comparación de intensidades con parámetros k , m y n obtenidos por ambos métodos para la Región Blanca.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Datos de precipitación			Localización			Int. (Precipitación)	Int. (Localización)	Int. (Isoyetas)
						K	M	N	K	M	N			
45	VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	18.106	94.331	34	159.39	0.63	0.56	150.00	0.69	0.56	68.7	74.2	88.0
46	VERACRUZ	CPGM	19.143	96.111	19	97.42	0.66	0.50	110.50	0.63	0.51	57.5	58.4	76.0
49	VERACRUZ	JALAPA	19.530	96.925	1439	46.41	0.54	0.38	33.88	0.55	0.34	34.0	29.9	71.0
39	QUERÉTARO	HUIMILPAN	20.390	100.284	2280	36.83	0.76	0.44	34.35	0.55	0.34	35.0	30.3	50.0
19	GUANAJUATO	PSA ALLENDE	20.848	100.825	1915	77.68	0.69	0.61	35.35	0.55	0.34	31.3	31.2	45.0
44	VERACRUZ	TUXPAN	20.960	97.417	5	127.16	0.88	0.60	58.00	0.55	0.42	82.7	36.9	86.0
21	HIDALGO	HUEJUTLA	21.155	98.369	115	86.09	0.72	0.56	58.00	0.55	0.42	45.6	36.9	80.0
41	TAMAULIPAS	ALTAMIRA	22.388	97.926	61	69.39	0.57	0.44	58.00	0.55	0.42	42.6	36.9	63.0
18	DURANGO	LAS VEGAS	24.186	105.466	2398	77.66	0.69	0.61	58.00	0.61	0.50	31.3	30.5	20.0



Gráfica 11.10.2 Comparación de intensidades por métodos de precipitación, localización e Isoyetas para la Región Blanca.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 11.10.3 Tabla resumen de intensidades para la Región Blanca

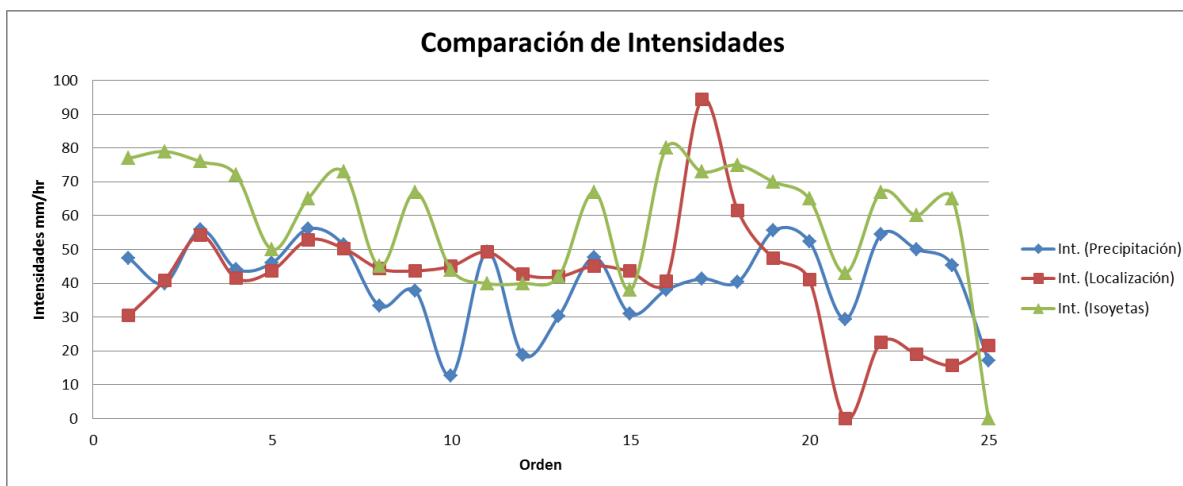
Estado	Estación	Orden	Int. (Precipitación)	Int. (Localización)	Int. (Isoyetas)
VERACRUZ	PSA LA CANGREJERA	1	68.7	74.2	88.0
VERACRUZ	CPGM	2	57.5	58.4	76.0
VERACRUZ	JALAPA	3	34.0	29.9	71.0
QUERÉTARO	HUIMILPAN	4	35.0	30.3	50.0
GUANAJUATO	PSA ALLENDE	5	31.3	31.2	45.0
VERACRUZ	TUXPAN	6	82.7	36.9	86.0
HIDALGO	HUEJUTLA	7	45.6	36.9	80.0
TAMAULIPAS	ALTAMIRA	8	42.6	36.9	63.0
DURANGO	LAS VEGAS	9	31.3	30.5	20.0

Región Azul

Tabla 11.10.4 Comparación de intensidades con parámetros *k*, *m* y *n* obtenidos por ambos métodos para la Región Azul.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Datos de precipitación			Localización			Int. (Precipitación)	Int. (Localización)	Int. (Isoyetas)
						K	M	N	K	M	N			
33	OAXACA	PTO ANGEL	15.67	96.50	91	19.18	0.82	0.24	16.55	0.71	0.25	47.4	30.5	77.0
20	GUERRERO	ACAPULCO	16.76	99.75	76	26.85	0.76	0.33	19.50	0.82	0.28	40.0	40.9	79.0
47	VERACRUZ	CD ALEMAN	18.19	96.10	107	56.80	0.65	0.37	40.55	0.82	0.39	55.8	54.3	76.0
37	Q.ROO	CHETUMAL	18.50	88.33	14	52.82	0.67	0.42	46.40	0.68	0.41	44.3	41.5	72.0
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	18.62	98.45	1353	33.63	0.83	0.39	40.20	0.73	0.39	46.1	43.7	50.0
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN	18.65	91.82	8	20.01	0.91	0.26	37.90	0.82	0.38	56.1	52.8	65.0
48	VERACRUZ	ALVARADO	18.72	95.63	113	88.10	0.53	0.43	55.80	0.72	0.43	51.3	50.4	73.0
34	PUEBLA	UTT	18.87	97.72	2047	20.23	0.75	0.30	48.50	0.69	0.41	33.3	44.3	45.0
31	MORELOS	IMTA	18.88	99.16	1355	44.54	0.71	0.44	26.90	0.78	0.32	37.7	43.7	67.0
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	19.12	99.77	4139	13.85	0.37	0.23	45.20	0.71	0.40	12.7	45.1	44.0
43	TLAXCALA	HUAMANTLA	19.38	97.95	2222	63.31	0.71	0.46	63.60	0.69	0.45	49.4	49.4	40.0
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL	19.54	99.52	3754	33.42	0.41	0.37	58.00	0.65	0.44	18.9	42.8	40.0
29	MÉXICO	ATLACOMULCO	19.79	99.87	2600	70.20	0.63	0.56	64.70	0.63	0.46	30.2	42.0	42.0
7	CAMPECHE	CAMPECHE	19.84	90.51	11	70.87	0.61	0.44	68.00	0.64	0.46	47.7	45.1	67.0
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	20.13	101.72	1730	35.99	0.61	0.38	63.00	0.64	0.45	30.9	43.6	38.0
36	Q.ROO	SIAN KA'AN	20.13	87.47	8	116.40	0.51	0.56	130.00	0.49	0.56	38.0	40.6	80.0
50	YUCATAN	CELESTÚN	20.86	90.38	10	48.49	0.66	0.41	65.70	1.10	0.53	41.4	94.4	73.0
52	YUCATAN	MERIDA	20.95	89.65	18	47.82	0.62	0.39	53.00	1.15	0.61	40.4	61.6	75.0
38	Q.ROO	CANCUN	21.08	86.78	50	45.29	0.80	0.40	32.40	1.09	0.52	55.6	47.4	70.0
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS	21.57	88.16	5	40.13	0.72	0.34	30.10	1.13	0.56	52.4	41.0	65.0
53	ZACATECAS	ZACATECAS	22.75	102.51	2270	29.23	0.59	0.33	NA	NA	NA	29.5	NA	43.0
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO	24.84	98.16	45	39.74	0.83	0.39	22.75	0.53	0.30	54.4	22.6	67.0
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	25.73	99.32	134	33.07	0.98	0.45	19.35	0.51	0.29	50.0	19.1	60.0
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS	25.89	97.52	4	15.93	0.97	0.29	16.73	0.49	0.29	45.4	15.8	65.0
1	BCN	BAHÍA DE LOS ANGELES	28.90	113.56	10	23.32	1.11	0.70	21.85	0.53	0.30	17.1	21.7	ND

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA



Gráfica 11.10.5 Comparación de intensidades por métodos de precipitación, localización e Isoyetas para la Región Azul.

Tabla 11.10.6 Tabla resumen de intensidades para la Región Azul.

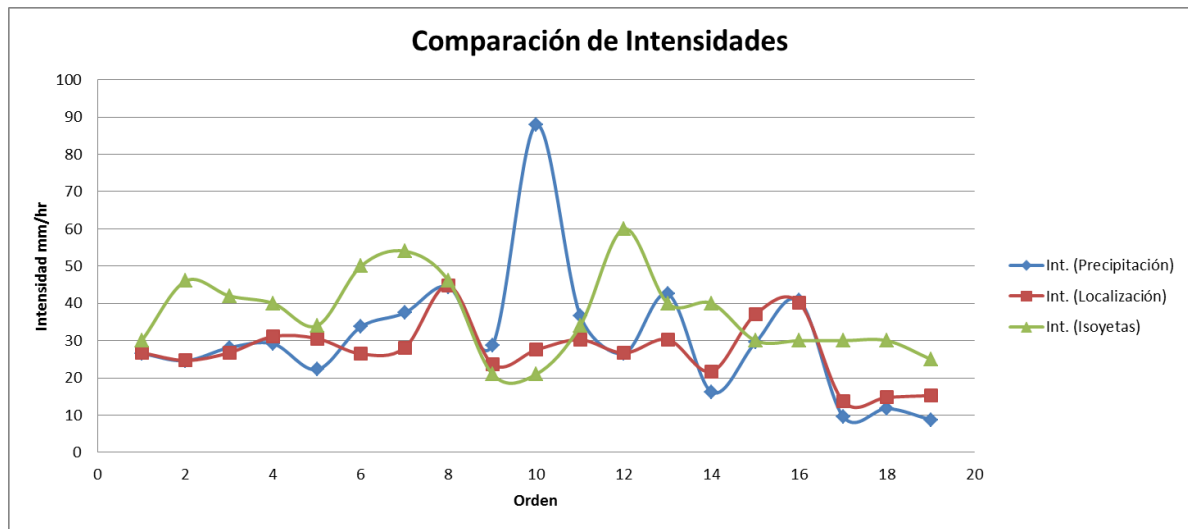
Estado	Estación	Orden	Int. (Precipitación)	Int. (Localización)	Int. (Isoyetas)
OAXACA	PTO ANGEL	1	47.4	30.5	77.0
GUERRERO	ACAPULCO	2	40.0	40.9	79.0
VERACRUZ	CD ALEMAN	3	55.8	54.3	76.0
Q ROO	CHETUMAL	4	44.3	41.5	72.0
PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	5	46.1	43.7	50.0
CAMPECHE	CD DEL CARMEN	6	56.1	52.8	65.0
VERACRUZ	ALVARADO	7	51.3	50.4	73.0
PUEBLA	UTT	8	33.3	44.3	45.0
MORELOS	IMTA	9	37.7	43.7	67.0
MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	10	12.7	45.1	44.0
TLAXCALA	HUAMANTLA	11	49.4	49.4	40.0
MÉXICO	CERRO CATEDRAL	12	18.9	42.8	40.0
MÉXICO	ATLACOMULCO	13	30.2	42.0	42.0
CAMPECHE	CAMPECHE	14	47.7	45.1	67.0
MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	15	30.9	43.6	38.0
Q ROO	SIAN KA'AN	16	38.0	40.6	80.0
YUCATAN	CELESTÚN	17	41.4	94.4	73.0
YUCATAN	MERIDA	18	40.4	61.6	75.0
Q ROO	CANCUN	19	55.6	47.4	70.0
YUCATAN	RIO LAGARTOS	20	52.4	41.0	65.0
ZACATECAS	ZACATECAS	21	29.5	NA	43.0
TAMAULIPAS	SAN FERNANDO	22	54.4	22.6	67.0
NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	23	50.0	19.1	60.0
TAMAULIPAS	MATAMOROS	24	45.4	15.8	65.0
BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	25	17.1	21.7	ND

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Región Amarilla

Tabla 11.10.7 Comparación de intensidades con parámetros *k*, *m* y *n* obtenidos por ambos métodos para la Región Amarilla.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Datos de precipitación			Localización			Int. (Precipitación)	Int. (Localización)	Int. (Isoyetas)
						K	M	N	K	M	N			
17	D.F.	TEZONTLE	19.39	99.10	2358	47.43	0.62	0.49	150.00	0.55	0.73	26.6	26.8	30.0
16	D.F.	SMN	19.40	99.20	2320	128.94	0.49	0.68	150.00	0.55	0.75	24.6	24.7	46.0
15	D.F.	ENCB	19.45	99.17	2389	26.74	0.68	0.37	150.00	0.55	0.73	28.1	26.8	42.0
28	MÉXICO	PSA MANDIN	19.52	99.27	2364	24.94	0.53	0.26	62.00	0.59	0.50	29.2	31.1	40.0
22	HIDALGO	PACHUCA	20.10	98.71	2423	14.94	0.60	0.24	15.40	0.76	0.26	22.3	30.6	34.0
24	JALISCO	TIZAPAN	20.17	103.04	1503	18.12	0.75	0.27	139.00	0.56	0.72	33.7	26.5	50.0
23	JALISCO	JOCOTEPEC	20.28	103.42	1506	38.07	0.90	0.51	92.00	0.57	0.61	37.5	28.1	54.0
25	JALISCO	LOS COLOMOS	20.71	103.39	1571	20.62	0.60	0.15	22.90	0.70	0.23	44.4	44.8	46.0
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ	26.23	106.77	1982	110.77	0.66	0.70	93.00	0.58	0.66	28.8	23.7	21.0
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	26.81	107.07	2390	39.48	0.65	0.17	50.00	0.63	0.50	87.9	27.5	21.0
13	CHIHUAHUA	URIQUE	27.27	107.92	577	14.37	0.71	0.17	40.10	0.66	0.44	36.7	30.3	34.0
6	BCS	STA ROSALIA	27.34	112.27	53	15.31	1.11	0.49	152.00	0.56	0.74	26.5	26.7	60.0
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	27.39	108.54	431	19.50	0.73	0.22	41.10	0.65	0.44	42.5	30.3	40.0
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	27.64	113.46	37	6.55	1.14	0.42	151.80	0.56	0.79	16.2	21.7	40.0
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	27.86	107.99	1663	29.37	0.66	0.37	27.30	0.72	0.33	29.5	37.1	30.0
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	28.20	108.21	1973	10.42	0.93	0.19	23.40	0.75	0.29	40.7	40.1	30.0
4	BCN	SAN QUINTIN	30.53	115.84	32	18.93	0.72	0.57	19.90	0.80	0.54	9.6	13.8	30.0
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	31.89	116.60	32	11.91	0.60	0.34	12.65	0.94	0.49	11.8	14.8	30.0
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	32.45	116.91	156	18.43	0.55	0.49	10.65	1.01	0.48	8.8	15.3	25.0



Gráfica 11.10.8 Comparación de intensidades por métodos de precipitación, localización e Isoyetas para la Región Amarilla.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 11.10.9 Tabla resumen de intensidades para la Región Amarilla.

Estado	Estación	Orden	Int. (Precipitación)	Int. (Localización)	Int. (Isoyetas)
D.F.	TEZONTLE	1	26.6	26.8	30.0
D.F.	SMN	2	24.6	24.7	46.0
D.F.	ENCB	3	28.1	26.8	42.0
MÉXICO	PSA MANDIN	4	29.2	31.1	40.0
HIDALGO	PACHUCA	5	22.3	30.6	34.0
JALISCO	TIZAPAN	6	33.7	26.5	50.0
JALISCO	JOCOTEPEC	7	37.5	28.1	54.0
JALISCO	LOS COLOMOS	8	44.4	44.8	46.0
CHIHUAHUA	CHINATÚ	9	28.8	23.7	21.0
CHIHUAHUA	GUACHOCHI	10	87.9	27.5	21.0
CHIHUAHUA	URIQUE	11	36.7	30.3	34.0
BCS	STA ROSALIA	12	26.5	26.7	60.0
CHIHUAHUA	CHINIPAS	13	42.5	30.3	40.0
BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	14	16.2	21.7	40.0
CHIHUAHUA	MAGUARICHI	15	29.5	37.1	30.0
CHIHUAHUA	BASASEACHI	16	40.7	40.1	30.0
BCN	SAN QUINTIN	17	9.6	13.8	30.0
BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	18	11.8	14.8	30.0
BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	19	8.8	15.3	25.0

Como se observa en las tablas y graficas anteriores se muestran las intensidades para cada EMA obtenidas por ambos métodos y los valores de intensidad de isoyetas, en las gráficas se observa que para algunas EMAs coinciden en 2 o más puntos, esto significa que nuestra metodología propuesta no está muy lejos de la forma de obtener valores de intensidad tradicionales (Gumbel).

En cuanto al criterio de selección de Condiciones máximas y mínimas de las gráficas de obtención de los parámetros k , m y n . Se presenta el ejemplo con la Región Amarilla representando con colores las condiciones elegidas para la obtención de dichos parámetros.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla 11.10.10 Tabla comparativa de condiciones o líneas de tendencia en gráficas para obtención de parámetros.

Asig.	Estado	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	K	M	N	
15	D.F.	ENCB	19.45	99.17	2389	m promedio	m promedio		
16	D.F.	SMN	19.40	99.20	2320				
17	D.F.	TEZONTLE	19.39	99.10	2358				
24	JALISCO	TIZAPAN	20.17	103.04	1503				
28	MÉXICO	PSA MANDIN	19.52	99.27	2364				
23	JALISCO	JOCOTEPEC	20.28	103.42	1506				
25	JALISCO	LOS COLOMOS	20.71	103.39	1571				
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ	26.23	106.77	1982				
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	26.81	107.07	2390				
13	CHIHUAHUA	URIQUE	27.27	107.92	577				
6	BCS	STA ROSALIA	27.34	112.27	53				
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	27.39	108.54	431				
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	27.64	113.46	37				
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	27.86	107.99	1663				
14	CHIHUAHUA	BASESEACHI	28.20	108.21	1973				
22	HIDALGO	PACHUCA	20.10	98.71	2423				
4	BCN	SAN QUINTIN	30.53	115.84	32				
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	31.89	116.60	32				
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	32.45	116.91	156				

Como se observa en la Tabla 11.10.10 el parámetro k que más rigió con la metodología propuesta fue el obtenido con la condición máxima (línea roja), pero en el Distrito Federal se ajustó más el obtenido con la condición mínima (línea negra). En cuanto al parámetro n la curva que más predominó en la región fue la del color rojo, aunque en el estado de Baja California Norte se ajustó más la curva verde.

Esta metodología es una buena opción para obtener los parámetros de la ecuación de intensidad, ya que existen zonas en la cual no se tienen registros de lluvia y por lo tanto no se pueden conocer valores de intensidad que son necesarios para el diseño de obras hidráulicas.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acreman, M.C. y Sinclair, C.D., (1986) Classification of drainage basins according to their physical characteristics. an application for flood frequency analysis in scotland, *Journal of Hydrology*, 84 365-380.
- Adamowski, K. (1989) A Monte Carlo comparasion of parametric and non-parametric estimation of flood frequencies. *Journal of Hydrology*, 108, 295-308.
- Adamowski, K., (2000) Regional analysis of annual maximum and partial duration flood data by nonparametric and L-moment methods, *Journal of Hydrology*, Vol. 229 (3-4) pp. 219-231.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992), *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Limusa, México
- Aparicio, F. (1997). *Fundamentos de Hidrología de Superficie Balderas*, México: Limusa. 303 p.
- Beran, M. A. Brilly, M. Becker A. y Bonacci, O., (1990) Regionalization in Hydrology., *International Association of Hydrological Sciences*.
- Berger, K.P. and Entekhabi, D., (2001) Basin hydrologic response relations to distributed physiographic descriptors and climate, *Journal of Hydrology*, Vol. 247 (3-4) pp. 169-182.
- Bhaskar, N.R. y O'Connor, C.A. (1989) Comparasion of method of residuals and cluster analysis for flood regionalization. *ASCE J. Water Resource Plan. Manage.* 115(6) 793-808.
- Burn, D.H., (1997) Catchment similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures, *Journal of Hydrology*, Vol. 202 (1-4) pp. 212-230.
- Burn, D.H., (1989) Delineation of groups for regional flood frequency analysis *Journal of Hydrology*, 104 345-361.
- Burn, D.H., y Elnur, M.A.H., (2002) Detection of hydrologic trends and variability, *Journal of Hydrology*, Vol. 255 (1-4) pp. 107-122.
- Campos A. (1987) *Procedimiento para obtener curvas IDT a partir de registros pluviométricos*, México.
- Castellarin, A., Burn, D.H. y Brath, A., (2001) Assessing the effectiveness of hydrological similarity measures for flood frequency analysis, *Journal of Hydrology*, Vol. 241 (3-4) pp. 270-285.
- Douguédroit, A. y De Saintignon, M. (1981) Decroissance des temperatures mensuelles et annuelles avec l'altitude dans les Alpes du Sud et en Provence ; *Eaux et climat*, CNRS.. pp.179-193.
- Dunn, S.M. y Lilly, A., (2001) Investigating the relationship between a soils classification and the spatial parameters of a conceptual catchment-scale hydrological model, *Journal of Hydrology*, Vol. 252 (1-4) pp. 157-173.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

- FUENTES O., DOMINGUEZ R., FRANCO, V., (1981). Manual de diseño de obras civiles. Hidrotecnia. A.1.5. Relación entre precipitación y escurrimiento. Comisión Federal de Electricidad
- Gingras Denis y Adamowski, Kaz, (1993) Homogeneous region delimitation based on annual flood generation mechanisms Hydrological Sciences Journal, 38 103-121.
- GREHYS, Groupe de recherche en hydrologie statistique, (1996a) nter-comparison of regional flood frequency procedures for Canadian rivers, Journal of Hydrology, Vol. 186, (1-4) pp. 85-103.
- GREHYS, Groupe de recherche en hydrologie statistique, (1996b) Presentation and review of some methods for regional flood frequency analysis, Journal of Hydrology, Vol. 186, (1-4) pp. 63-84.
- Gutiérrez, A., (1994) Modelos de transferencia de información hidrológica División de Estudios de Posgrado, UNAM, Tesis de Maestría, México.
- Gutiérrez, A., (1996) Selección de las características fisiográficas significativas de una cuenca, para efectos de regionalización. XIV th National Congress of Hydraulics, Mexican Hydraulics Association, Acapulco, Mexico
- Hall M. J., Minns A. W y Ashrafuzzaman A. K. M (2002) The application of data mining techniques for the regionalisation of hydrological variables. Hydrology and Earth System Sciences 6:685 - 694.
- Hayward, D., y Clarke, R. T., (1996) Relationship between rainfall, altitude and distance from the sea in the Freetown Peninsula, Sierra Leona Hydrological Sciences 41(3).
- Heinz D. Fill y Jerry R. Stedinger, (1995), Homogeneity tests based upon Gumbel distribution and a critical appraisal of Dalrymple's test. Journal of Hydrology 166.
- Heo, J.H., Boes, D.C. y Salas, J.D., (2001a) Regional flood frequency analysis based on a Weibull model: Part 1. Estimation and asymptotic variances, Journal of Hydrology, Vol. 242 (3-4) pp. 157-170.
- Heo, J.H., Salas, J.D. y Boes, D.C., (2001b) Regional flood frequency analysis based on a Weibull model: Part 2. Simulations and applications, Journal of Hydrology, Vol. 242 (3-4) pp. 171-182.
- Jain A.K. y Dubes R.C. (1987) Algorithms for clustering data. Prentice Hall.
- Kachroo, R ., Mikhandi, S. y Parrida , B. (2000) Flood frequency analysis of southern Africa : I . Delineation of homogeneous regions. Hydrological Sciences. 45 (3) pp. 437-447.
- Koutsoyiannis, D., Kozonis, D. y Manetas, A., (1998) A comprehensive study of rainfall intensity-duration-frequency relationships. Journal of Hydrology, Vol. 206 (1-2) pp. 118-135
- Krzysztofowicz, R., (2001) The case for probabilistic forecasting in hydrology, Journal of Hydrology, Vol. 249 (1-4) pp. 2-9.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

- Lebel T., Amani A., Taupin J. D. (1996). La Pluie Au Sahel: Une Variable Rebelle Á La Régionalisation.
- Leviandier, T., Lavabre, J. y Arnaud, P., (2000) Rainfall contrast enhancing clustering processes and flood analysis, *Journal of Hydrology*, Vol. 240 (1-2) pp. 62-79.
- Loukas, A., (2002) Flood frequency estimation by a derived distribution procedure, *Journal of Hydrology*, Vol. 255 (1-4) pp. 69-89.
- Lu, Li-Hsiung y Stedinger, Jerry R., (1992) Sampling variance of normalized GEV/PWM quantile estimators and a regional homogeneity test, *Journal of Hydrology*, 138, 223-245.
- Moncho A. R. (1994) Análisis de la intensidad de precipitación: Método de la intensidad contigua, *Revista del aficionado a la meteorología*, España.
- Naef, F., Scherrer, S. y Weiler, M., (2002) A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change, *Journal of Hydrology*, Vol. 267 (1-2) pp. 74-79.
- Nathan R.J. y McMahon T.A. (1990) Identification of homogeneous regions for the purpose of regionalisation *Journal of Hydrology*, 121217-238.
- Ouarda, Taha B.M.J., Girard, C., Cavadias, G.S. y Bobée, B., (2001) Regional flood frequency estimation with canonical correlation analysis, *Journal of Hydrology*, Vol. 254 (1-4) pp. 157-173.
- Prabhata, K. Swamee, Chandra Shekhar P. Ojha y Ali Abbas (1995) Mean Annual Flood Estimation *Journal of Water Resources Planning and Management* pp 403-407.
- Pizarro, R; Novoa, P. (1986) Instructivo n° 5. Determinación de valores probabilísticos para variables hidrológicas. Elementos técnicos de Hidrología. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Chile 78 p.
- Pizarro T.R., Abarza M. A. y Flores V. J.P. (2001) Análisis comparativo de las curvas Intensidad –Duración-Periodo de retorno en 6 estaciones pluviográficas, *Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos*, Chile.
- Rasmussen P.F., B. Bobée y J. Bernier. (1994) Une méthodologie générale de comparaison de modèles d'estimation régionale de crue. *Revue des Sciences de l'Eau* 7 (1) : 23-41.
- Rodríguez, B. M. (2013) Campos de lluvia generados por huracanes en cuencas hidrológicamente homogéneas.. Facultad de Ingeniería, UAQ Tesis de Licenciatura.
- Rodríguez, R. R. (2013) Regionalización y actualización de las envolventes regionales de gastos máximos. Facultad de Ingeniería, UAQ Tesis de Licenciatura.
- S.H. Mkhandi, B. P. Parida., (2000) Flood Frequency analysis of southern Africa, *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques* 45(3).
- Saporta, G., (1990) Probabilités, analyse des données et statistique Editions Technip. 193 p.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

- Schauer, B., y Jenkins, W. (1996) A survey of urban and agricultural watershed management practices. *Revue Land and Water*, , pp 6-8.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1978). *Envoltantes de gastos máximos observados y probables en la República Mexicana*. México.
- Smithers, J.C. y Schulze, R.E. (2001) A methodology for the estimation of short duration design storms in South Africa using a regional approach based on L-moments, *Journal of Hydrology*, Vol. 241 (1-2) pp. 42-52.
- Smithers, J.C. y Schulze, R.E. (2001) A methodology for the estimation of short duration design storms in South Africa using a regional approach based on L-moments, *Journal of Hydrology*, Vol. 241 (1-2) pp. 42-52.
- Taffa, Tulu., (1991) Simulation of streamflows for ungauged catchments, *Journal of Hydrology*, 129 3-17.
- Tapsoba, D., (1997) *Caracterisation evenementielle des regimes pluviometriques Ouest Africains et de leur recent changement*. Th. D., Université de Paris XI (Orsay).
- Varas, E., y Lara, S. (1998) Métodos regionales para estimar la probabilidad de frecuencia de crecidas. *Revista Ingeniería del Agua* ;Vol 5, num 3, pp 51-57.
- Wiltshire, S.E., (1985) Grouping basins for regional flood frequency analysis. *Hydrol. Sci. Journal* 30(1) 151-159.
- Wiltshire, S.E., (1986) Identification of homogeneous regions for flood frequency analysis, *Journal of Hydrology*, 84 287-302.
- Zolt, Zrinji y Burn Donald H., (1994) Flood frequency analysis for ungauged sites using a region of influence approach, *Journal of Hydrology*, 153 1-21.

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

ANEXO 1

Baja California Norte

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCN	B. de los Angeles	28.896388	-113.5603	10	26.41	430	23.324	1.110	0.702

Tabla de frecuencias		Duración (min)				
m	Tr	10	20	30	40	50
1	6.0	25.92	12.21	16.76	33.90	7.608
2	3.0	15.24	11.43	10.68	3.81	4.56
3	2.0	9.12	9.15	5.58	2.66	3.348
4	1.5	7.62	7.62	5.06	1.89	2.124
5	1.2	4.56	3.06	3.04	1.50	1.812

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCN	P. Abelardo L. R.	32.44722	-116.9083	156	24.63	430	18.431	0.549	0.492

Tabla de frecuencias		Duración (min)						
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70
1	7.0	9.12	15.99	11.68	8.76	16.78	4.07	5.23
2	3.5	9.12	10.65	9.64	8.39	6.71	3.04	4.35
3	2.3	7.62	9.12	6.60	5.34	5.18	2.54	3.48
4	1.8	6.12	6.87	5.08	4.19	5.18	2.54	3.27
5	1.4	6.12	6.09	4.56	3.44	4.87	2.02	2.17
6	1.2	6.12	6.09	4.08	3.42	3.05	1.76	2.17

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCN	P. Emilio L. Z.	31.891388	-116.6033	32	42.43	410	11.914	0.596	0.343

Tabla de frecuencias		Duración (min)						
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70
1	10.0	10.68	19.05	17.78	10.67	10.04	11.69	7.41
2	5.0	9.12	19.05	12.20	7.62	7.63	6.85	5.66
3	3.3	7.62	19.05	11.70	6.86	7.01	5.58	5.01
4	2.5	7.62	12.96	10.68	6.86	6.10	4.84	4.57
5	2.0	7.62	9.93	9.14	4.95	5.48	4.82	4.14
6	1.7	6.12	9.90	9.14	4.95	5.18	3.55	3.91
7	1.4	6.12	9.90	6.60	4.95	3.05	2.78	3.70
8	1.3	3.06	6.87	4.58	3.05	3.04	2.52	3.69
9	1.1	3.06	4.56	3.04	3.03	1.50	2.27	1.95

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCN	San Quintin	30.531667	-115.8375	32	23.1	390	18.926	0.716	0.572

Tabla de frecuencias					
		Duración (min)			
m	Tr	10	20	30	40
1	7.0	15.24	9.12	11.68	17.15
2	3.5	13.74	7.62	6.60	4.58
3	2.3	12.18	7.62	5.08	3.05
4	1.8	7.62	6.84	4.58	3.03
5	1.4	6.12	6.09	3.06	2.66
6	1.2	4.56	3.81	3.04	2.28

Baja California Sur

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCS	Cabo S. Lucas	22.88111	-109.9264	224	122.92	280	1.061	1.076	-0.163

Tabla de frecuencias					
		Duración (min)			
m	Tr	10	20	30	40
1	9.0	22.86	15.24	18.80	7.62
2	4.5	15.24	10.68	11.68	6.86
3	3.0	4.56	6.09	10.16	6.84
4	2.3	3.06	3.81	7.10	4.94
5	1.8	1.50	3.81	6.60	4.19
6	1.5	1.50	3.06	4.06	2.27
7	1.3	1.50	3.03	4.06	1.50
8	1.1	1.50	2.28	1.50	1.50

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCS	Cd Constitución	25.009722	-111.6633	28	193.3	800	0.340	1.203	-0.719

Tabla de frecuencias				
		Duración (min)		
m	Tr	10	20	30
1	9.0	15.24	41.16	46.74
2	4.5	6.12	26.67	27.44
3	3.0	6.12	12.84	26.42
4	2.3	4.56	11.43	22.86
5	1.8	4.56	7.62	6.1
6	1.5	3.06	6.09	4.56
7	1.3	3.06	3.03	3.56
8	1.1	3.06	2.28	2.02

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCS	Gustavo Díaz O.	27.64277	-113.4575	37	55.61	280	6.547	1.143	0.421

Tabla de frecuencias		Duración (min)			
m	Tr	10	20	30	40
1	9.0	54.00	28.95	11.68	6.11
2	4.5	22.86	8.37	7.62	5.34
3	3.0	15.24	6.09	7.62	5.33
4	2.3	6.12	6.09	5.58	3.42
5	1.8	5.40	5.34	5.58	3.42
6	1.5	3.06	2.28	3.56	3.05
7	1.3	1.50	1.50	2.02	2.28
8	1.1	1.50	1.50	2.02	1.50

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
BCS	Sta. Rosalía	27.338055	-112.2694	53	179.14	830	15.308	1.113	0.486

Tabla de frecuencias		Duración (min)			
m	Tr	10	20	30	40
1	8.0	180.00	11.43	37.60	15.62
2	4.0	28.98	9.12	17.76	8.78
3	2.7	15.24	8.40	14.72	8.76
4	2.0	10.68	6.87	7.12	8.39
5	1.6	7.62	5.34	6.10	7.23
6	1.3	4.56	5.31	5.58	4.95
7	1.1	4.56	4.59	2.52	1.50

Campeche

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Campeche	Campeche	19.836111	-90.50722	11	115.83	610	70.869	0.608	0.442

Tabla de frecuencias		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	9.0	53.34	48.75	46.72	40.77	45.71	37.59	36.36	36.39	27.59	32.75
2	4.5	42.66	41.91	36.58	39.63	32.00	36.83	32.22	34.48	27.26	17.52
3	3.0	36.60	38.85	35.56	35.43	32.00	35.82	30.48	26.29	22.17	14.63
4	2.3	33.54	36.60	35.04	34.67	30.78	30.99	28.95	23.05	19.14	14.01
5	1.8	31.98	36.57	34.04	31.25	30.78	30.22	24.60	21.53	9.65	7.01
6	1.5	30.48	34.29	29.46	30.11	22.25	29.72	23.95	16.76	7.96	5.62
7	1.3	10.68	29.73	27.42	20.96	18.28	28.70	23.08	9.73	3.73	3.65
8	1.1	10.68	27.45	19.30	19.82	16.76	14.23	4.77	4.04	3.05	1.66

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Campeche	Cd del Carmen	18.648055	-91.8225	8	137.91	560	20.015	0.908	0.256

Tabla de frecuencias

		Duración (min)				
m	Tr	10	20	30	40	80
1	7.0	59.46	52.56	34.54	33.53	30.67
2	3.5	24.36	37.35	33.52	26.28	23.61
3	2.3	16.74	36.57	30.50	19.80	15.62
4	1.8	15.24	31.23	30.46	19.07	10.85
5	1.4	10.68	24.39	8.12	12.18	7.23
6	1.2	10.68	13.71	5.06	3.05	5.33

Chiapas

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Chiapas	Palenque	17.525833	-91.99028	52	92.44	750	18.955	1.163	0.278

Tabla de frecuencias

		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	90	100	120	130	160
1	6.0	33.54	52.56	50.80	42.29	51.20	41.40	43.77	28.61	55.46	26.30	43.96	11.33
2	3.0	19.80	34.29	41.16	40.01	32.30	32.00	31.78	22.52	36.87	23.88	26.14	7.15
3	2.0	15.24	32.76	32.50	35.82	32.00	21.08	22.86	12.51	30.34	19.43	18.28	5.33
4	1.5	12.18	23.61	30.48	26.30	24.98	12.18	19.59	9.14	15.85	4.95	16.53	3.52
5	1.2	3.06	8.40	3.04	11.45	4.87	4.56	2.16	8.46	5.80	1.50	2.69	1.70

Chihuahua

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Chihuahua	Chinatú	26.22944	-106.7706	1982	50.54	510	110.77	0.66	0.70

Tabla de frecuencias

		Duración (min)													
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	1.0	30.48	42.69	33.52	30.09	36.58	35.31	38.75	23.04	28.62	25.14	13.72	9.40	7.50	17.52
2	0.5	24.00	21.33	33.02	29.36	33.23	32.76	19.81	17.52	17.60	7.15	10.12	4.33	6.79	6.09
3	0.3	22.86	18.30	31.00	25.13	28.64	13.97	18.08	11.62	15.75	6.24	7.75	4.18	4.91	3.15
4	0.3	16.74	17.55	22.86	23.61	24.70	12.18	16.99	9.90	11.85	5.49	7.33	3.68	3.99	2.93
5	0.2	16.74	17.52	18.78	20.97	16.16	11.16	15.67	8.39	8.29	4.86	6.35	3.17	3.04	2.71
6	0.2	15.24	15.99	16.24	20.19	12.80	10.92	13.28	7.61	3.89	3.19	4.99	3.04	2.81	2.71
7	0.1	12.18	15.24	15.74	17.13	12.19	10.42	8.48	5.33	3.73	2.89	4.30	1.89	2.10	2.05

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Chihuahua	Chinipas	27.392777	-108.5364	431	73.91	390	19.497	0.725	0.223

Tabla de frecuencias		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	7.0	18.30	27.45	42.18	35.45	37.18	42.68	30.69	51.63	31.16	8.99	24.80	30.86
2	3.5	13.74	25.17	25.40	30.86	31.09	36.57	28.73	21.52	31.15	7.78	28.40	11.17
3	2.3	10.68	21.36	20.32	27.06	26.22	33.78	20.68	18.10	17.44	7.01	11.21	3.81
4	1.8	9.12	18.30	15.74	20.57	19.50	33.78	19.16	17.34	12.87	6.10	10.11	3.80
5	1.4	7.62	17.52	12.18	17.15	18.89	25.40	18.93	13.33	11.51	3.81	3.73	3.17
6	1.2	7.62	14.49	11.18	11.81	7.61	19.30	14.79	9.32	9.31	2.89	2.77	1.63

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Chihuahua	Guachochi	26.813611	-107.0731	2390	45.2	540	39.477	0.653	0.439

Tabla de frecuencias		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	9.0	94.50	32.76	30.48	43.43	31.99	27.17	22.21	17.52	17.77	24.38	24.65	8.25
2	4.5	24.36	22.11	27.96	22.49	22.55	20.32	20.03	15.42	13.89	22.25	17.45	5.71
3	3.0	16.74	21.33	24.38	19.07	18.59	19.04	18.93	11.61	12.87	19.35	11.63	5.46
4	2.3	15.24	20.58	23.36	18.66	17.08	18.53	13.94	9.53	6.60	12.04	11.21	5.08
5	1.8	10.68	18.30	19.82	15.62	16.46	14.97	10.45	6.30	3.89	11.11	11.21	4.18
6	1.5	10.68	18.30	14.74	14.49	15.54	14.22	9.13	5.51	3.38	9.44	9.14	2.79
7	1.3	9.12	13.71	14.22	14.10	14.63	7.61	8.27	5.32	3.05	7.01	8.99	2.53
8	1.1	7.62	12.96	12.70	12.57	9.44	7.37	8.04	4.95	2.19	3.05	8.03	2.15

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Chihuahua	Maguarichi	27.858333	-107.9944	1663	42.42	720	29.370	0.657	0.368

Tabla de frecuencias		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	9.0	13.74	47.25	53.86	37.71	44.80	32.77	25.69	15.81	10.15	20.27	
2	4.5	13.74	29.70	38.12	32.00	32.30	20.83	22.64	11.43	6.93	19.04	
3	3.0	13.74	27.45	30.48	30.86	24.40	19.55	18.94	10.30	5.92	8.99	
4	2.3	12.18	21.33	16.26	30.09	24.37	18.28	15.23	8.19	4.75	6.24	
5	1.8	10.68	19.05	13.72	28.58	13.72	16.26	13.71	7.43	4.41	5.33	
6	1.5	9.12	15.99	12.70	23.61	12.49	12.44	12.84	6.85	3.89	5.03	
7	1.3	9.12	15.24	11.18	15.99	11.27	10.92	9.15	4.01	2.53	3.65	
8	1.1	7.62	12.96	10.66	11.81	7.00	7.87	4.15	3.81	2.36	3.64	

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Chihuahua	Urique	27.265555	-107.9169	577	65.78	880	14.374	0.708	0.170

Tabla de frecuencias		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	9.0	25.92	25.92	33.02	50.30	24.98	32.76	41.15	34.47	26.93	10.51
2	4.5	19.80	15.99	28.44	40.38	24.08	29.98	32.00	26.66	26.07	8.07
3	3.0	15.24	15.99	25.40	30.87	20.42	28.44	22.43	23.04	24.37	5.02
4	2.3	15.24	15.99	17.26	23.22	18.90	23.87	15.68	18.66	24.21	2.74
5	1.8	10.68	15.84	16.24	17.52	18.59	19.30	15.67	14.11	16.75	2.42
6	1.5	10.68	13.71	13.72	14.48	17.98	17.53	12.40	10.47	10.67	2.28
7	1.3	6.12	11.43	8.64	12.98	16.45	16.26	9.14	6.28	8.81	2.12
8	1.1	6.12	9.15	6.08	5.72	12.20	12.95	6.09	2.47	4.41	1.50

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Chihuahua	Basaseachi	28.199166	-108.2089	1973	89.18	950	10.420	0.929	0.193

Tabla de frecuencias		Duración (min)								
m	Tr	10	20	30	40	50	60	80	90	
1	11.0	25.92	30.48	34.54	46.49	35.36	36.57	21.71	34.54	
2	5.5	18.30	29.73	30.98	34.29	26.53	33.78	13.13	33.02	
3	3.7	15.24	23.61	29.98	31.62	23.47	23.37	9.15	16.25	
4	2.8	15.24	19.05	25.90	30.47	17.68	11.93	6.66	13.37	
5	2.2	13.74	18.27	22.36	21.72	14.63	11.17	6.11	13.03	
6	1.8	9.12	17.52	20.82	21.33	13.70	9.40	5.71	8.63	
7	1.6	7.62	16.77	14.74	13.71	11.58	9.13	5.15	5.75	
8	1.4	7.62	10.68	13.72	11.82	4.87	7.88	4.77	4.23	
9	1.2	6.12	9.90	13.20	4.58	3.96	6.86	4.57	3.73	
10	1.1	3.06	3.81	2.02	1.89	2.12	2.27	2.09	2.19	

Distrito Federal

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
D.F.	ENCB	19.453611	-99.17111	2389	59.44	310	26.743	0.675	0.370

Tabla de frecuencias		Duración (min)													
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	150
1	9.0	31.98	56.40	39.10	32.76	37.48	24.63	25.91	23.82	20.49	16.76	14.41	26.67	10.66	9.14
2	4.5	18.30	22.08	24.38	30.48	25.90	20.31	20.90	17.53	13.03	15.70	11.08	11.05	7.27	6.90
3	3.0	16.74	18.27	22.84	24.77	24.70	16.26	14.36	13.90	11.68	13.10	7.90	9.53	6.68	6.19
4	2.3	12.18	9.90	21.34	24.38	24.38	15.49	14.13	9.52	11.18	7.16	5.13	7.62	6.45	5.79
5	1.8	12.18	6.84	19.80	24.00	20.41	14.98	11.97	9.52	10.83	5.93	4.57	7.37	5.04	4.26
6	1.5	10.68	1.50	18.80	23.63	18.28	13.72	11.76	8.57	10.51	4.73	4.00	7.11	4.69	3.86
7	1.3	10.68	1.50	15.74	20.96	17.05	13.45	11.09	6.47	6.61	2.89	2.76	5.98	2.92	3.75
8	1.1	9.12	1.50	14.74	12.96	16.76	7.61	10.65	3.42	5.25	2.59	2.48	5.97	2.34	2.84

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
D.F.	SMN	19.403611	-99.19694	2320	61.45	300	128.947	0.493	0.677

Tabla de frecuencias													
		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	8.0	85.32	35.04	45.20	26.30	30.47	22.61	19.82	30.29	17.09	13.87	7.76	10.16
2	4.0	28.98	29.73	34.04	19.82	21.95	16.51	15.24	16.58	15.57	10.81	6.37	7.87
3	2.7	27.42	26.67	33.52	19.43	20.42	16.26	14.81	13.70	12.35	10.66	6.09	6.86
4	2.0	27.42	26.67	31.50	19.05	20.11	15.50	10.89	13.32	9.14	9.76	4.85	6.59
5	1.6	25.92	25.14	28.94	17.52	18.29	14.21	9.38	11.42	8.29	7.00	3.73	4.32
6	1.3	12.18	20.58	23.88	17.13	16.45	13.20	8.48	11.06	7.61	3.35	3.59	3.43
7	1.1	10.68	16.77	18.28	16.76	15.24	10.66	7.39	10.47	5.75	3.04	3.32	2.53

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
D.F.	Tezontle	19.385277	-99.09972	2358	31.75	260	47.431	0.617	0.489

Tabla de frecuencias											
		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	90	100	
1	9.0	48.00	19.05	35.06	23.61	31.09	17.54	20.46	18.13	17.53	
2	4.5	33.54	18.30	35.06	23.61	31.09	15.23	15.23	8.63	17.53	
3	3.0	33.54	17.52	21.34	17.16	26.22	15.23	15.23	8.63	14.93	
4	2.3	24.36	17.52	21.82	19.82	20.11	13.22	13.93	6.77	6.26	
5	1.8	16.74	16.74	24.88	23.25	16.78	8.13	13.93	6.59	2.74	
6	1.5	12.18	16.74	15.76	17.16	12.49	8.13	8.07	6.59	2.74	
7	1.3	9.12	12.96	13.22	13.34	12.49	6.85	3.48	6.42	2.59	
8	1.1	7.62	8.37	21.82	19.05	11.88	6.59	2.61	3.37	2.44	

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
D.F.	Aeropuerto	19.440278	99.076111	2075	47.5	340	14.369	0.831	0.198

Tabla de frecuencias											
		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	6.0	21.36	35.82	21.84	45.35	35.65	25.15	40.71	13.14	12.35	20.43
2	3.0	13.74	22.86	17.80	28.58	33.22	15.48	20.25	10.67	10.83	16.45
3	2.0	12.18	18.30	17.26	25.52	29.88	11.94	18.93	7.62	5.59	7.46
4	1.5	7.62	15.24	15.76	22.47	11.28	7.86	12.63	6.11	4.89	5.33
5	1.2	6.12	10.68	13.70	9.15	7.30	7.36	2.83	6.09	3.21	3.34

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Durango

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Durango	Las Vegas	24.185833	105.46611	2398	44.19	500	77.663	0.690	0.609

Tabla de frecuencias		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
1	7.0	36.60	50.28	39.12	32.39	35.98	32.52	29.61	14.67	11.68	8.07	14.98
2	3.5	25.92	46.47	28.94	17.93	30.79	21.83	26.56	11.43	11.01	7.46	9.15
3	2.3	18.30	38.10	26.94	17.54	17.36	21.08	16.98	10.28	5.60	6.24	7.36
4	1.8	16.74	37.32	23.88	16.37	16.76	16.26	14.37	6.47	4.41	5.33	4.96
5	1.4	13.74	30.48	15.26	13.70	15.85	12.96	9.36	6.29	4.40	4.87	4.18
6	1.2	9.12	5.34	13.20	12.18	10.97	10.91	7.83	3.23	2.71	2.27	2.92

Guanajuato

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Guanajuato	Psa. Allende	20.848333	-100.8247	1915	66.55	460	77.679	0.691	0.611

Tabla de frecuencias		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	130
1	8.0	45.72	40.38	60.44	29.72	33.23	35.04	24.59	19.25	16.59	17.52	11.43	19.69
2	4.0	27.42	35.82	35.56	29.70	21.94	15.24	24.15	17.90	15.58	9.44	7.63	4.80
3	2.7	22.86	30.48	29.98	25.89	19.20	12.19	22.41	13.13	13.55	8.83	7.24	4.68
4	2.0	18.30	25.89	23.36	25.14	16.75	11.92	12.40	12.00	10.49	8.68	5.72	4.56
5	1.6	15.24	17.55	22.86	20.57	15.84	8.89	9.80	8.00	2.19	7.78	5.71	4.45
6	1.3	12.18	12.18	21.34	19.04	10.98	7.36	9.35	6.47	2.19	6.38	4.57	2.69
7	1.1	10.68	10.68	16.76	13.71	10.06	6.86	6.10	5.90	2.19	5.93	3.68	2.33

Guerrero

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Guerrero	Acapulco	16.763333	-99.74889	76	193.32	800	26.849	0.762	0.326

Tabla de frecuencias		Duración (min)														
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	150	180	190
1	8.0	22.86	28.95	37.60	47.63	19.51	47.76	26.55	29.33	31.16	33.98	26.05	36.58	6.91	15.32	21.58
2	4.0	15.24	28.95	33.04	30.09	17.98	34.05	26.13	22.48	30.49	31.39	24.38	20.83	6.29	12.45	16.29
3	2.7	15.24	26.67	28.44	27.81	14.64	27.18	20.67	22.08	25.57	21.79	17.74	8.39	5.98	11.93	15.80
4	2.0	12.18	19.83	24.38	26.67	14.62	24.38	16.53	12.95	15.91	19.81	17.45	8.13	5.07	6.27	13.32
5	1.6	10.68	16.02	19.30	19.82	14.02	14.22	16.33	11.62	15.75	10.22	8.73	6.35	4.16	5.92	10.35
6	1.3	10.68	15.24	16.78	14.48	6.70	9.63	6.53	9.71	4.91	9.59	5.26	4.19	3.96	5.92	3.84
7	1.1	9.12	14.46	15.64	12.20	2.74	6.59	6.32	8.39	2.87	7.14	4.16	3.80	2.84	2.02	2.56

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Hidalgo

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Hidalgo	Huejutla	21.154722	-98.36861	115	126.48	510	86.089	0.725	0.561

Tabla de frecuencias		Tabla de frecuencias														
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	170
1	9.0	45.72	44.94	47.24	44.96	39.02	32.77	27.44	41.72	20.83	65.69	27.71	16.89	14.77	36.25	15.78
2	4.5	27.42	38.85	41.64	35.43	36.86	26.66	22.21	29.14	17.45	29.72	22.02	14.74	11.60	28.52	13.98
3	3.0	25.92	38.85	38.60	28.97	31.40	24.63	13.94	18.48	15.91	19.35	19.52	14.23	9.61	12.73	8.78
4	2.3	22.86	33.54	37.08	27.45	26.52	19.56	11.75	13.15	13.04	18.74	11.23	11.30	7.85	11.64	5.11
5	1.8	21.36	31.26	23.88	24.39	22.56	14.99	11.54	6.84	11.85	10.05	10.24	7.61	4.33	9.04	5.02
6	1.5	16.74	26.67	22.34	22.10	21.65	14.47	8.49	4.39	10.83	8.84	9.82	4.82	4.22	3.36	4.20
7	1.3	16.74	23.61	21.32	16.76	19.50	13.97	7.82	3.03	10.17	4.57	2.90	4.06	3.63	2.93	2.23

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Hidalgo	Pachuca	20.096944	-98.71417	2423	76.16	700	14.939	0.600	0.238

Tabla de frecuencias		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	8.0	19.80	18.27	40.64	19.05	27.13	26.92	25.24	15.80	6.94	13.41
2	4.0	9.12	18.27	28.96	17.16	19.80	21.09	17.19	13.71	6.93	7.46
3	2.7	9.12	12.96	21.36	16.38	17.99	14.48	9.36	8.00	6.44	6.85
4	2.0	7.62	12.21	16.76	14.49	14.32	13.45	8.72	6.67	4.57	5.32
5	1.6	7.62	12.18	13.22	14.10	10.97	12.96	8.06	6.66	4.55	4.72
6	1.3	6.12	9.15	13.20	12.18	10.97	12.70	7.39	4.76	4.23	3.19
7	1.1	4.56	6.09	8.64	10.67	10.67	6.35	5.22	3.43	2.71	2.43

Jalisco

Estado	Estaciones	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Jalisco	Chapala	20.290277	-103.2017	1493	83.05	710	9.5382	0.6000	-0.0510

Tabla de frecuencias		Duración (min)								
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	8.0	22.86	36.57	56.90	36.20	46.94	34.80	26.78	30.68	36.57
2	4.0	21.36	18.30	29.98	36.20	38.09	29.72	22.41	29.72	29.15
3	2.7	15.24	18.27	26.92	33.54	25.60	26.68	19.59	24.38	21.84
4	2.0	13.74	16.77	24.88	29.34	25.60	22.34	13.29	23.99	15.91
5	1.6	12.18	16.74	18.80	28.97	24.38	19.04	11.54	16.58	13.21
6	1.3	10.68	12.93	16.26	23.63	24.08	17.51	9.36	13.52	7.63
7	1.1	7.62	11.43	7.62	20.21	17.69	12.96	6.96	4.19	6.42

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Jalisco	Jocotepec	20.283055	-103.4164	1506	67.1	480	38.072	0.902	0.513

Tabla de frecuencias

		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	110	
1	7.0	42.66	26.67	39.64	35.84	29.54	27.42	23.96	16.37	16.09	14.68	
2	3.5	16.74	22.86	21.84	28.58	18.89	26.67	17.62	13.91	15.75	8.72	
3	2.3	15.24	18.30	21.84	18.66	16.75	19.06	14.80	8.00	13.04	5.12	
4	1.8	15.24	17.55	18.30	15.24	14.94	17.52	13.93	5.90	10.49	3.05	
5	1.4	12.18	15.99	17.78	6.47	8.53	6.35	2.38	4.19	5.08	2.62	
6	1.2	10.68	13.71	9.12	5.72	7.92	2.02	2.38	3.42	2.71	1.50	

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Jalisco	Río Tomatlán	19.998611	-105.1336	141	133.34	390	13.424	0.711	0.027

Tabla de frecuencias

		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
1	7.0	16.74	106.68	42.66	36.57	39.32	43.68	43.98	41.34	44.54	42.07	42.68
2	3.5	15.24	44.97	26.92	31.62	35.96	43.68	38.31	35.24	25.57	35.35	25.91
3	2.3	15.24	32.76	25.40	29.72	34.75	32.52	23.52	30.11	24.55	27.88	18.29
4	1.8	13.74	30.48	24.90	28.58	24.08	28.45	21.13	26.48	23.03	11.75	14.23
5	1.4	9.12	23.61	21.86	19.82	17.36	27.44	11.11	25.15	17.27	7.31	6.73
6	1.2	7.62	14.46	21.84	12.57	15.24	18.79	10.65	21.91	15.07	1.81	2.92

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Jalisco	Tizapán	20.169444	-103.0439	1503	64	340	18.120	0.755	0.267

Tabla de frecuencias

		Duración (min)						
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70
1	9.0	41.16	35.79	35.04	23.22	25.30	21.58	25.90
2	4.5	39.60	22.11	28.46	20.58	20.10	18.55	21.12
3	3.0	35.04	15.99	26.42	19.80	18.59	15.74	12.40
4	2.3	24.36	13.71	22.34	19.43	16.78	14.73	11.32
5	1.8	16.74	12.21	21.84	11.43	14.33	9.13	9.80
6	1.5	13.74	9.90	17.78	11.43	6.41	7.61	8.49
7	1.3	6.12	9.90	11.68	8.76	4.87	5.32	7.18
8	1.1	6.12	6.12	7.10	5.72	4.87	4.05	5.66

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Jalisco	Los Colomos	20.706666	-103.3928	1571	56.87	300	20.621	0.605	0.150

Tabla de frecuencias		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	9.0	35.04	60.18	52.82	42.29	46.03	49.78	39.85	30.86	26.25	30.79	11.79
2	4.5	21.36	52.56	40.64	32.37	36.89	47.49	36.15	24.96	24.22	23.92	11.08
3	3.0	16.74	35.79	39.62	31.25	35.98	47.24	28.95	22.47	23.03	20.57	10.81
4	2.3	13.74	33.54	27.44	28.17	31.40	22.60	27.87	19.81	22.52	17.06	9.28
5	1.8	10.68	29.73	18.78	24.38	28.96	20.32	26.35	19.04	16.09	16.60	7.06
6	1.5	9.12	25.14	16.76	23.24	28.04	20.07	22.41	16.58	14.23	15.85	6.09
7	1.3	7.62	20.55	16.24	11.81	27.72	19.55	20.68	14.67	13.88	7.16	5.27
8	1.1	4.56	12.18	15.74	11.43	15.54	9.39	16.53	13.72	13.21	1.97	1.64

Estado de México

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
México	Cerro Catedral	19.541944	-99.51917	3754	59.4	510	33.419	0.411	0.369

Tabla de frecuencias		Tabla de frecuencias														
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	9.0	48.78	21.33	22.36	16.37	21.95	18.78	18.07	17.14	14.23	10.21	14.13	13.72	12.66	9.03	11.18
2	4.5	30.48	20.55	18.30	14.48	18.29	16.26	15.24	15.05	14.05	10.06	10.94	8.38	9.02	8.82	8.24
3	3.0	15.24	19.80	15.74	13.71	16.16	14.74	14.58	13.35	13.37	8.83	10.40	8.38	8.90	8.49	7.52
4	2.3	12.18	18.30	13.20	11.81	14.00	12.70	14.58	12.19	12.53	8.69	9.42	7.12	7.50	7.08	7.51
5	1.8	12.18	15.24	12.70	10.65	13.72	11.68	13.06	10.48	10.83	5.94	7.06	6.35	7.03	6.63	6.92
6	1.5	12.18	13.74	12.68	9.90	13.42	11.42	9.57	10.28	9.99	5.79	5.68	5.97	6.21	5.44	6.81
7	1.3	10.68	12.18	12.20	9.54	11.58	10.93	9.35	10.09	9.81	5.63	5.39	5.72	4.92	4.67	6.19
8	1.1	9.12	8.37	12.20	9.15	7.31	9.90	9.15	8.95	8.28	4.88	5.26	3.81	4.21	3.15	2.53

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
México	N. de Toluca	19.116666	-99.76667	4139	61.75	710	13.849	0.372	0.233

Tabla de frecuencias		Duración (min)														
n	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	9.0	19.80	15.24	16.26	11.04	11.58	15.74	12.85	10.85	9.15	8.53	9.01	10.02	8.01	8.38	8.23
2	4.5	15.24	9.93	14.72	10.67	9.74	13.97	9.36	10.10	8.98	6.70	6.09	7.62	7.86	7.51	5.69
3	3.0	10.68	9.90	8.64	7.64	9.46	11.43	8.27	9.53	8.81	6.69	6.09	7.24	7.50	6.96	5.59
4	2.3	9.12	9.90	8.64	7.62	8.83	11.43	7.83	8.57	8.30	6.40	5.95	6.35	7.38	6.75	5.59
5	1.8	7.62	9.90	8.14	7.62	7.62	10.41	6.96	7.43	8.29	5.78	5.13	6.23	6.33	5.98	5.28
6	1.5	7.62	8.37	8.12	7.23	7.31	8.38	6.75	7.04	8.13	5.33	4.85	5.59	4.33	4.90	5.08
7	1.3	6.12	7.62	7.12	6.09	6.71	7.36	5.86	6.47	6.94	5.03	4.85	5.08	3.98	4.02	2.94
8	1.1	6.12	6.84	6.10	5.73	5.18	5.83	5.22	4.76	4.57	3.95	4.43	4.96	3.40	4.02	2.43

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
México	Psa Madin	19.524444	-99.26806	2364	82.04	280	24.937	0.531	0.264

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla de frecuencias												
m	Tr	Duración (min)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
1	8.0	15.24	32.79	33.02	25.91	26.83	24.89	34.83	26.10	32.84	14.47	9.45
2	4.0	12.18	31.98	28.94	25.53	19.20	23.36	28.08	18.86	13.89	11.12	6.91
3	2.7	9.12	28.98	26.40	19.43	8.84	21.85	24.17	17.72	12.54	9.91	6.91
4	2.0	9.12	24.39	23.88	18.66	30.48	20.57	19.59	14.48	11.85	9.90	5.58
5	1.6	7.62	19.83	20.84	18.29	20.12	16.77	15.66	9.90	10.67	5.79	3.04
6	1.3	6.12	19.05	20.32	17.52	31.40	15.75	15.02	8.18	6.36	5.64	2.93
7	1.1	4.56	16.02	20.32	12.20	17.06	13.21	10.01	6.08	5.42	3.19	2.63

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
México	Atlamolcuc	19.791666	-99.86972	2600	49.27	310	70.196	0.630	0.561

Tabla de frecuencias															
m	Tr	Duración (min)													
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	8.0	39.60	25.92	41.16	32.01	37.48	36.08	22.43	22.66	20.49	29.56	24.25	13.21	9.96	11.43
2	4.0	33.54	22.86	31.50	30.11	27.73	22.60	17.85	20.00	16.59	12.35	20.23	5.46	9.02	8.70
3	2.7	24.36	20.58	21.34	29.33	22.87	17.01	17.63	13.14	15.59	6.85	13.72	4.94	7.86	6.42
4	2.0	16.74	19.05	17.26	27.05	19.20	13.71	16.97	10.67	14.55	6.55	12.19	3.94	7.50	3.04
5	1.6	15.24	17.52	16.74	21.33	15.23	13.47	10.87	8.96	14.55	4.72	11.49	3.69	6.33	2.61
6	1.3	15.24	16.74	15.24	20.18	10.97	12.18	9.57	5.71	11.01	3.04	10.53	3.42	5.39	2.60
7	1.1	9.12	14.49	12.70	19.82	10.67	11.92	8.06	4.57	9.47	1.97	10.26	2.53	3.05	1.50

Michoacán

Estado	Estaciones	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Michoacan	Angamacutiro	20.125277	-101.7225	1730	56.63	380	35.994	0.614	0.378

Tabla de frecuencias													
m	tr	Duración (min)											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	8.0	19.80	30.48	36.58	28.28	36.58	32.26	33.75	32.00	37.75	12.49	10.86	11.17
2	4.0	15.24	29.73	27.44	27.44	34.75	24.13	16.26	15.22	23.19	10.97	8.86	8.89
3	2.7	13.74	25.92	21.34	25.53	31.08	23.87	14.98	19.30	20.32	8.50	6.09	7.62
4	2.0	12.18	25.89	19.80	20.96	27.42	22.60	14.73	12.18	19.81	4.87	5.96	6.86
5	1.6	10.68	17.55	18.80	20.96	25.30	15.73	14.48	26.96	10.33	4.72	3.18	5.81
6	1.3	9.12	14.46	18.78	12.18	14.94	14.98	9.38	39.12	8.81	2.58	2.63	3.55
7	1.1	9.12	11.43	15.22	11.06	14.33	11.42	8.88	28.18	4.40	1.54	2.62	2.28

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Morelos

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Morelos	IMTA	18.883888	-99.15944	1355	85.59	440	44.541	0.708	0.442

Tabla de frecuencias		Duración (min)													
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	9.0	22.86	45.72	37.08	63.65	28.96	25.15	57.03	25.34	29.63	24.99	19.53	30.61	12.19	23.62
2	4.5	16.74	43.44	24.40	38.12	27.13	20.57	30.69	20.39	20.14	18.74	13.44	18.92	11.13	23.51
3	3.0	15.24	40.38	23.38	29.34	26.82	19.80	30.25	18.29	19.63	18.28	13.29	10.92	9.73	9.36
4	2.3	13.74	30.48	23.36	28.95	24.70	18.04	29.16	17.15	17.78	6.39	13.15	10.17	5.50	7.19
5	1.8	13.74	20.55	22.86	25.14	23.47	13.46	24.60	15.44	16.93	3.20	4.70	7.37	4.33	5.76
6	1.5	10.68	17.52	20.82	21.33	14.63	12.44	23.96	15.05	11.51	2.89	3.46	4.70	3.39	3.59
7	1.3	7.62	16.02	17.26	19.80	12.79	10.42	15.45	15.04	10.84	2.59	3.17	3.81	2.93	3.04
8	1.1	7.62	12.96	15.74	19.05	11.27	10.15	13.05	12.01	8.98	1.81	3.04	3.17	1.98	2.94

Nuevo León

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
P. el Cuchillo	25.733055	-99.32083	134	171.71	1010	33.071	0.978	0.454

Tabla de frecuencias		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	110	
1	7.0	51.84	46.47	28.86	25.91	18.59	29.46	41.58	43.82	20.31	29.92	
2	3.5	36.60	44.19	24.60	24.00	13.72	25.64	23.29	42.87	8.47	15.93	
3	2.3	15.24	33.54	21.86	21.72	8.53	21.83	21.98	37.14	6.10	9.14	
4	1.8	9.12	32.01	19.82	20.19	7.32	9.64	6.53	17.92	4.59	4.43	
5	1.4	9.12	32.01	14.24	18.29	3.96	6.85	3.93	10.67	3.04	3.74	
6	1.2	7.62	22.86	12.18	7.61	3.35	2.27	3.27	10.29	2.53	1.78	

Oaxaca

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Oaxaca	Pto Ángel	15.671111	-96.49722	91	95.75	350	19.178	0.823	0.238

Tabla de frecuencias		Duración (min)													
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	180	
1	8.0	35.04	30.48	33.54	42.66	30.79	35.56	39.84	46.49	30.47	19.66	43.78	42.68	13.96	
2	4.0	21.36	22.86	30.50	38.48	29.87	27.17	26.99	30.11	27.93	17.22	31.85	25.90	12.78	
3	2.7	14.70	22.86	26.92	25.91	26.21	27.17	23.30	28.20	27.25	10.67	17.05	17.53	12.53	
4	2.0	12.18	19.83	23.36	21.72	22.55	21.08	9.37	12.00	20.66	7.61	9.56	17.27	8.47	
5	1.6	7.62	17.52	22.36	17.90	15.55	12.46	8.55	10.09	16.93	6.88	9.42	11.57	5.25	
6	1.3	6.12	15.24	21.84	16.76	14.94	7.12	5.43	7.25	13.21	4.87	8.86	7.37	2.54	
7	1.1	6.12	15.24	19.80	15.23	12.80	6.34	3.69	6.66	5.41	2.89	4.71	3.42	1.93	

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Oaxaca	Pinotepa	16.349722	-98.0525	195	258.81	760	3.259	1.347	-0.023

Tabla de frecuencias		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	90	110	
1	6.0	18.30	19.83	59.44	23.22	32.62	41.14	45.27	44.03	12.74	
2	3.0	15.24	17.52	30.98	21.72	24.08	23.87	40.05	11.35	10.52	
3	2.0	15.24	10.65	30.98	15.99	13.72	20.31	26.77	5.93	8.45	
4	1.5	3.06	5.31	21.34	4.19	10.96	3.55	14.37	2.54	7.76	
5	1.2	1.50	1.50	17.78	3.05	2.11	1.50	7.62	2.37	1.93	

Puebla

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Puebla	UTT	18.866388	-97.72167	2047	44.72	360	20.230	0.752	0.297

Tabla de frecuencias		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	100	
1	10.0	36.00	32.76	66.02	30.09	24.40	26.91	30.03	33.54	19.05	
2	5.0	27.42	27.45	27.94	29.34	23.77	16.25	18.71	23.62	13.40	
3	3.3	21.36	23.64	26.92	26.67	21.02	14.22	14.58	20.00	8.38	
4	2.5	18.00	19.80	22.86	23.25	20.12	13.97	11.09	16.38	7.61	
5	2.0	16.74	17.52	18.30	20.57	19.20	13.46	8.93	10.29	6.25	
6	1.7	10.68	11.43	16.26	15.23	17.68	10.42	8.06	5.90	3.81	
7	1.4	7.62	9.15	14.22	10.67	16.45	9.64	6.09	5.33	3.35	
8	1.3	6.12	9.12	13.72	10.29	14.63	9.41	5.43	4.20	3.35	
9	1.1	6.12	6.09	8.12	8.76	5.78	7.61	4.36	3.81	2.59	

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Puebla	Izúcar de Mros	18.616666	-98.45194	1353	124.98	880	33.635	0.833	0.388

Tabla de frecuencias		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	140	
1	7.0	24.36	38.10	34.56	41.16	25.91	28.20	26.55	93.74	26.25	16.60	19.70	
2	3.5	18.30	32.01	24.38	32.76	22.86	26.16	20.46	30.10	21.51	13.57	12.18	
3	2.3	18.00	21.33	20.82	21.33	20.11	23.87	17.85	23.81	20.66	12.64	8.26	
4	1.8	12.18	17.52	19.80	19.80	20.11	20.32	13.92	21.90	2.87	7.16	6.42	
5	1.4	12.18	16.77	15.74	18.66	17.38	19.05	12.85	21.33	2.02	5.63	1.83	
6	1.2	12.18	15.99	14.72	11.04	14.03	7.87	1.50	8.77	1.85	2.27	1.61	

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Querétaro

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Querétaro	Huimilpan	20.390278	-100.2836	2280	83.31	410	36.831	0.757	0.438

Tabla de frecuencias		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	100	110	120
1	8.0	35.04	26.67	26.42	40.02	56.69	27.68	38.97	27.25	25.44	12.74	13.33
2	4.0	28.98	26.67	24.90	38.87	21.32	18.30	32.01	26.30	9.75	11.37	11.43
3	2.7	27.42	22.11	23.36	36.95	12.79	14.21	19.81	24.98	8.83	6.37	9.27
4	2.0	13.74	19.05	18.78	26.67	10.67	11.17	19.15	16.96	5.32	4.99	6.87
5	1.6	13.74	13.71	17.78	24.38	8.53	10.92	12.18	11.43	5.02	4.84	4.33
6	1.3	12.18	12.96	10.66	22.11	8.22	10.41	8.48	8.00	3.66	3.45	4.31
7	1.1	9.12	8.37	9.64	13.71	5.17	5.58	8.04	6.66	3.05	2.07	3.42

Quintana Roo

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Q. Roo	Cancun	21.075	-86.77583	50	533	660	45.295	0.795	0.400

Tabla de frecuencias		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
1	8.0	275.82	35.04	44.72	28.59	33.22	36.81	28.74	27.81	51.98	319.80	
2	4.0	45.72	32.01	25.38	25.14	26.82	27.94	19.39	22.67	21.00	22.39	
3	2.7	28.98	31.23	23.88	24.39	24.98	18.02	16.54	22.67	19.14	14.47	
4	2.0	24.36	30.48	20.30	23.63	22.25	13.46	12.85	15.80	13.03	11.89	
5	1.6	19.80	22.11	19.82	23.61	21.02	13.45	10.87	14.66	10.50	9.29	
6	1.3	19.80	20.58	19.30	17.51	16.16	11.68	10.45	12.76	5.24	7.93	
7	1.1	19.80	20.55	12.18	16.40	13.39	7.87	10.23	7.63	3.21	3.50	

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Q. Roo	Chetumal	18.500556	-88.32778	14	149.89	470	52.819	0.667	0.421

Tabla de frecuencias		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
1	9.00	41.16	39.60	41.66	44.96	25.60	33.52	31.13	35.05	40.14	33.53	26.53
2	4.50	33.54	35.07	37.60	42.68	23.78	28.19	25.03	29.91	40.13	15.08	21.84
3	3.00	30.48	32.01	36.56	37.73	23.47	24.64	19.82	28.58	33.69	14.94	21.21
4	2.25	30.48	31.23	35.06	24.38	21.64	20.82	13.28	15.42	18.29	11.87	15.50
5	1.80	28.98	29.70	27.44	22.47	19.50	14.98	9.14	14.47	15.75	10.66	11.69
6	1.50	24.36	28.95	23.88	21.72	17.68	14.73	6.96	13.52	15.58	8.99	8.26
7	1.29	24.36	27.45	21.84	20.58	12.48	14.48	5.86	9.14	6.76	7.47	8.01
8	1.13	13.74	22.86	15.24	10.67	9.44	3.55	3.91	3.43	6.61	3.95	2.78

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Q. Roo	Sian Ka'an	20.127778	-87.46556	8	803.39	2060	116.138	0.507	0.564

Tabla de frecuencias											
		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	8.0	53.34	43.44	47.26	36.57	46.94	28.95	26.34	29.72	24.72	20.58
2	4.0	36.60	38.85	43.70	33.14	36.89	28.69	22.20	28.77	19.47	17.37
3	2.7	36.60	38.10	36.56	29.72	34.44	27.93	18.71	16.58	14.73	10.06
4	2.0	35.04	35.82	28.96	26.30	32.62	26.93	18.29	15.04	13.88	8.22
5	1.6	33.54	32.01	28.96	17.52	29.86	24.89	17.42	12.58	11.85	3.35
6	1.3	30.48	27.42	28.44	14.09	17.96	16.26	16.53	9.72	7.61	3.19
7	1.1	25.92	24.39	24.40	13.71	17.06	13.21	15.67	8.75	4.90	3.19

Sonora

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Sonora	Alamos	27.021667	-108.9378	409	56.88	460	5.235	0.701	-0.184

Tabla de frecuencias											
		Duración (min)									
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80		
1	9.0	25.92	28.20	35.06	47.24	33.83	43.94	47.02	35.99		
2	4.5	24.36	27.42	31.48	35.43	33.53	40.38	45.27	24.19		
3	3.0	18.30	22.08	26.42	27.81	28.03	25.91	32.87	23.42		
4	2.3	18.30	21.33	19.82	27.80	25.30	25.66	24.82	23.06		
5	1.8	15.24	19.83	16.26	27.06	18.58	23.86	23.94	15.81		
6	1.5	12.00	18.27	16.24	18.30	17.98	19.56	13.05	13.72		
7	1.3	4.56	10.68	12.18	17.15	14.93	16.76	5.01	13.71		
8	1.1	4.56	3.81	11.68	13.71	6.41	16.25	1.72	11.05		

Tamaulipas

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Tamaulipas	Altamira	22.3875	-97.92556	61	114.84	570	69.391	0.574	0.442

Tabla de frecuencias												
		Duración (min)										
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	8.0	50.28	38.10	58.42	33.92	49.99	26.17	28.07	35.24	36.24	43.74	18.42
2	4.0	33.54	34.29	56.38	32.00	33.54	21.08	19.15	26.11	19.81	34.90	18.29
3	2.7	27.42	33.51	40.14	29.33	31.99	19.31	18.51	23.42	16.76	17.98	18.14
4	2.0	25.92	31.26	33.02	28.95	23.16	17.78	18.29	23.24	11.35	15.08	17.32
5	1.6	21.36	30.48	32.50	27.05	22.25	16.50	17.85	14.66	10.83	12.94	11.63
6	1.3	19.80	29.73	28.96	24.77	21.95	14.73	16.53	10.67	8.47	4.72	3.04
7	1.1	19.80	23.61	26.94	18.68	16.78	14.48	16.31	6.11	5.92	3.50	2.07

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Tamaulipas	Matamoros	25.885833	-97.51861	4	94.74	730	15.929	0.973	0.286

Tabla de frecuencias		Duración (min)							
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80
1	9.0	33.54	32.01	47.76	59.43	30.48	39.37	23.51	38.86
2	4.5	18.30	27.42	32.50	37.71	28.03	31.74	18.94	25.34
3	3.0	16.74	22.86	30.48	19.05	19.19	23.37	14.38	21.32
4	2.3	16.74	19.05	29.98	17.16	17.05	15.48	10.44	15.24
5	1.8	13.74	14.49	23.88	11.82	14.62	7.12	3.26	5.14
6	1.5	10.68	12.21	23.88	9.90	14.02	5.08	2.61	4.95
7	1.3	7.62	10.65	18.28	7.62	12.79	4.57	1.95	3.61
8	1.1	4.56	4.59	17.28	7.23	10.36	1.76	1.50	3.04

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Tamaulipas	San Fernando	24.842778	98.1575	45	105.92	460	39.738	0.829	0.392

Tabla de frecuencias		Duración (min)								
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	110
1	6.0	25.92	40.38	49.28	52.98	24.38	34.55	37.89	28.95	37.54
2	3.0	21.36	31.23	37.08	50.30	21.95	27.69	35.91	15.06	11.08
3	2.0	19.80	28.17	35.56	30.48	14.64	26.91	33.74	11.81	4.56
4	1.5	19.80	26.67	19.82	14.85	12.19	18.28	33.09	2.28	3.31
5	1.2	9.12	23.61	18.80	11.04	11.88	6.85	24.39	1.70	2.48

Tlaxcala

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Tlaxcala	Huamantla	19.383333	-97.95	2222	72.39	550	63.311	0.706	0.462

Tabla de frecuencias		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
1	8.0	59.46	36.57	71.62	46.47	39.64	63.24	62.05	31.62	35.57	37.03	18.56	14.65
2	4.0	56.40	32.01	45.72	39.99	32.93	37.33	40.28	28.01	31.50	19.35	11.64	10.78
3	2.7	38.10	28.95	28.96	39.63	23.77	24.38	23.07	18.86	21.17	18.29	10.81	9.60
4	2.0	28.98	27.45	28.96	32.01	20.12	23.37	20.67	15.04	10.33	14.02	7.76	7.62
5	1.6	13.74	25.92	25.90	28.58	18.89	22.61	15.67	12.18	9.82	11.43	5.82	5.98
6	1.3	12.18	22.86	23.38	25.53	17.36	13.72	15.02	8.95	9.65	8.68	5.39	5.27
7	1.1	7.62	17.52	22.86	20.57	13.43	12.70	11.55	6.86	6.59	6.55	4.57	3.40

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Veracruz

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Veracruz	Alvarado	18.715	-95.6325	113	417.8	740	88.098	0.525	0.432

Tabla de frecuencias		Duración (min)												
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
1	8.0	56.40	44.19	60.96	66.69	41.12	42.16	36.57	38.48	48.09	26.66	36.58	20.58	35.40
2	4.0	48.78	37.35	60.46	43.07	39.31	31.49	34.62	22.87	36.75	23.92	33.11	19.30	30.95
3	2.7	38.10	37.32	46.24	42.27	29.58	26.67	32.01	20.57	35.72	22.86	18.41	16.52	27.08
4	2.0	38.10	35.82	42.16	36.18	25.28	26.16	27.22	19.25	28.61	15.54	12.61	9.53	24.14
5	1.6	38.10	28.95	37.08	30.50	21.32	21.08	26.34	18.29	19.98	15.08	12.61	9.27	15.71
6	1.3	36.60	24.39	31.00	30.11	18.90	20.82	16.98	15.24	16.93	12.20	11.35	6.10	11.84
7	1.1	28.98	21.36	28.46	28.97	17.98	19.81	15.24	15.05	15.91	11.12	10.94	2.15	4.32

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Veracruz	Cd. Aleman	18.189166	-96.0975	107	97.29	670	56.797	0.647	0.372

Tabla de frecuencias		Duración (min)												
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
1	9.0	41.16	73.92	78.22	64.77	50.90	46.22	51.38	38.09	24.88	49.22	53.07	31.88	32.21
2	4.5	30.48	48.00	54.86	46.11	47.24	36.58	33.31	29.90	22.01	33.22	36.29	17.26	29.28
3	3.0	28.98	40.41	47.24	40.40	35.65	22.60	26.34	27.05	21.50	16.30	24.94	16.51	21.66
4	2.3	24.36	38.88	38.62	35.82	35.65	19.80	24.16	26.67	19.65	15.85	15.10	12.58	20.14
5	1.8	24.36	35.82	34.54	29.34	34.14	19.55	22.86	25.14	17.44	14.47	13.30	11.44	16.54
6	1.5	22.86	34.29	28.44	27.44	33.53	19.29	21.99	20.58	16.60	14.47	8.31	11.17	7.84
7	1.3	19.80	30.48	24.90	18.66	29.57	16.50	21.77	12.76	14.39	10.81	3.88	6.09	7.62
8	1.1	13.74	20.58	19.30	9.53	28.96	14.47	18.73	7.04	10.66	5.02	3.46	4.44	5.55

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Veracruz	CPGM	19.142778	-96.11139	19	122.4	650	97.424	0.656	0.504

Tabla de frecuencias		Duración (min)												
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
1	8.0	59.46	57.90	44.70	48.00	46.64	39.89	38.74	49.91	41.48	32.30	19.68	38.23	
2	4.0	57.90	44.19	42.16	41.91	36.88	38.35	37.88	35.06	26.25	19.36	41.71	29.47	
3	2.7	54.84	35.82	35.56	39.24	33.52	37.09	37.46	32.77	15.74	16.77	10.81	18.04	
4	2.0	53.34	26.67	33.54	36.18	30.78	33.78	27.43	31.04	11.69	15.68	32.14	9.91	
5	1.6	30.48	26.67	31.50	35.81	29.57	27.94	26.77	26.87	9.83	10.82	5.12	4.70	
6	1.3	22.86	26.67	23.88	27.83	27.13	22.61	25.68	18.08	9.31	9.29	3.46	3.94	
7	1.1	19.80	23.61	23.36	18.66	26.52	21.34	17.63	16.20	2.87	8.69	4.29	3.18	

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Veracruz	Jalapa	19.529722	-96.92472	1439	75.22	540	46.409	0.541	0.377

Tabla de frecuencias		Duración (min)														
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	8.0	28.98	30.48	30.46	40.38	33.53	38.88	41.14	28.00	29.30	36.28	23.27	12.95	20.75	12.29	12.90
2	4.0	24.00	29.70	28.44	32.76	30.18	31.25	29.17	24.18	21.67	23.63	20.92	12.56	17.11	11.21	10.16
3	2.7	19.80	25.17	24.88	27.80	28.34	28.44	24.60	20.57	19.63	17.66	19.95	7.76	10.32	10.77	9.55
4	2.0	18.30	22.86	21.82	23.61	28.03	23.88	23.29	20.20	17.61	16.61	14.13	7.50	8.69	8.49	8.14
5	1.6	15.24	18.27	20.32	23.25	25.91	23.62	22.20	17.32	12.87	16.60	11.08	5.21	8.19	7.51	4.06
6	1.3	10.68	16.77	16.24	16.38	20.74	22.34	19.37	13.53	8.13	14.48	9.28	4.31	4.70	6.86	3.34
7	1.1	9.12	13.71	15.24	10.28	19.80	18.30	12.84	12.20	6.09	12.79	8.99	2.79	3.75	3.48	3.04

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Veracruz	Psa. Cangrejera	18.105833	-94.33139	34	361.92	930	159.393	0.626	0.557

Tabla de frecuencias		Duración (min)																	
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	8.0	#####	68.58	91.12	44.58	56.99	76.96	46.37	93.72	38.79	40.84	30.20	33.78	33.40	55.30	31.71	18.95	32.54	35.22
2	4.0	64.02	59.43	67.56	38.87	52.74	54.10	46.16	48.77	30.13	37.79	26.88	32.64	32.35	24.93	21.63	15.05	23.21	31.75
3	2.7	53.34	59.43	59.44	37.74	46.33	43.45	41.79	44.39	27.09	24.99	19.53	22.48	23.91	16.21	7.82	14.38	18.55	20.41
4	2.0	50.28	42.69	57.92	31.64	45.71	42.42	35.91	38.48	17.77	21.02	11.36	21.08	21.92	14.70	7.61	14.19	16.14	18.71
5	1.6	36.60	40.38	42.68	30.87	44.22	30.21	25.90	36.58	16.60	18.59	9.28	21.08	13.95	13.50	7.51	12.67	15.51	12.19
6	1.3	33.54	34.29	42.16	29.33	39.31	19.82	25.47	34.28	16.09	17.23	7.21	18.16	10.89	9.47	5.99	12.10	11.38	8.97
7	1.1	28.98	31.23	40.14	28.58	39.31	14.74	22.86	17.70	3.38	11.43	5.26	9.27	6.68	8.48	3.55	9.15	7.62	8.04

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Veracruz	Tuxpan	20.96	-97.41694	5	229.1	850	127.156	0.882	0.604

Tabla de frecuencias		Duración (min)														
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	170
1	7.0	51.84	74.67	60.96	54.11	49.38	71.63	43.77	49.73	19.48	57.90	62.48	46.99	105.74	51.71	16.76
2	3.5	45.72	70.86	54.86	48.39	48.16	48.76	33.31	32.20	18.30	32.92	22.45	37.84	34.81	24.81	10.22
3	2.3	45.72	61.71	53.34	46.49	31.99	35.83	21.33	25.52	17.27	16.77	14.27	26.29	12.66	10.44	8.60
4	1.8	30.48	59.43	42.16	41.16	20.42	30.48	16.54	24.38	14.38	13.41	9.14	24.77	10.20	6.09	6.90
5	1.4	22.86	52.59	39.10	37.71	20.12	26.93	16.34	11.05	14.06	9.44	8.72	8.00	8.44	4.35	4.30
6	1.2	15.24	24.39	33.02	33.92	15.55	22.61	10.66	7.43	8.97	2.74	6.64	4.57	2.81	4.02	3.13

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Yucatán

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Yucatan	Celestún	20.858056	-90.38306	10	70.06	360	48.495	0.655	0.405

Tabla de frecuencias		Duración (min)								
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	9.0	100.56	31.98	45.70	36.20	41.77	24.63	48.59	35.05	21.84
2	4.5	38.10	27.45	35.04	31.64	32.60	23.86	37.67	32.20	17.45
3	3.0	24.36	26.67	33.52	24.39	30.78	23.62	22.86	32.00	12.01
4	2.3	22.86	22.08	30.46	23.63	28.03	21.83	14.37	28.96	11.69
5	1.8	21.36	19.83	26.92	22.86	26.22	16.76	5.43	20.20	8.64
6	1.5	21.36	18.27	25.40	21.72	25.30	9.90	3.93	18.86	5.59
7	1.3	19.80	17.52	20.32	21.72	24.70	9.41	3.03	17.33	2.70
8	1.1	19.80	13.71	17.28	17.52	18.30	8.64	1.50	14.66	2.19

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Yucatan	Merida	20.946389	-89.65167	18	225	950	47.817	0.621	0.388

Tabla de frecuencias		Duración (min)											
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	140
1	7.0	35.00	29.00	19.80	14.10	39.60	63.30	45.10	37.30	29.10	44.70	51.50	21.70
2	3.5	33.50	29.00	19.80	14.10	14.90	51.30	42.70	34.90	19.50	32.20	12.00	4.89
3	2.3	29.00	27.40	18.80	13.70	11.90	34.50	35.90	31.20	16.10	18.60	9.98	3.91
4	1.8	25.90	26.70	18.30	13.70	11.00	33.80	32.00	22.50	15.90	18.10	6.93	3.81
5	1.4	21.40	24.40	17.30	13.70	10.40	30.70	29.40	20.80	4.22	14.80	4.42	3.27
6	1.2	21.40	22.90	13.70	12.60	10.40	17.30	27.40	14.00	2.19	6.86	4.01	2.39

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Yucatán	Río Lagartos	21.571111	-88.16028	5	574.79	680	40.135	0.717	0.342

Tabla de frecuencias		Duración (min)								
m	Tr	10	20	30	40	50	60	70	80	110
1	7.0	41.16	44.19	45.72	36.21	32.00	51.31	26.13	37.52	23.56
2	3.5	36.00	36.57	43.18	36.20	28.06	37.85	23.72	31.24	19.81
3	2.3	24.36	35.82	39.12	29.34	27.12	34.29	23.51	15.62	13.98
4	1.8	18.30	27.45	20.34	24.39	25.31	25.65	15.45	8.94	12.74
5	1.4	18.30	25.92	19.80	24.38	25.01	19.80	4.57	8.75	6.65
6	1.2	12.18	22.08	14.74	12.57	13.42	9.15	4.34	2.85	5.54

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Zacatecas

Estado	Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Hp. Máx	Dur. Máx	k	m	n
Zacatecas	Zacatecas	22.746667	-102.5061	2270	76.71	360	29.227	0.593	0.326

Tabla de frecuencias												
m	Tr	Duración (min)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	7.0	18.30	33.54	30.98	37.35	33.83	76.71	19.37	27.47	13.88	15.85	9.43
2	3.5	13.74	25.89	28.96	22.85	27.43	23.36	18.94	20.19	12.01	8.38	9.42
3	2.3	12.18	23.64	20.82	20.58	22.25	12.19	16.99	19.04	11.17	7.61	6.23
4	1.8	12.18	22.11	16.26	20.19	19.80	10.42	13.50	15.43	8.80	4.88	5.40
5	1.4	9.12	19.05	14.22	19.82	15.54	9.40	12.83	6.86	8.64	4.41	4.99
6	1.2	7.62	15.99	11.16	18.29	14.62	7.61	10.22	3.81	7.96	3.20	3.45

Ecuaciones de Intensidad de las EMAs seleccionadas.

B. de los Ángeles $i = \frac{23.32 * Tr^{1.11}}{d^{0.70}}$	Psa. Abelardo L. R. $i = \frac{18.43 * Tr^{0.55}}{d^{0.49}}$	Psa. Emilio López Z. $i = \frac{11.91 * Tr^{0.60}}{d^{0.34}}$	San Quintín $i = \frac{18.93 * Tr^{0.72}}{d^{0.57}}$
Cabo San Lucas $i = \frac{1.06 * Tr^{1.08}}{d^{-0.16}}$	Ciudad Constitución $i = \frac{0.34 * Tr^{1.20}}{d^{-0.72}}$	Gustavo Díaz Ordaz $i = \frac{6.55 * Tr^{1.14}}{d^{0.42}}$	Santa Rosalía $i = \frac{15.31 * Tr^{1.11}}{d^{0.49}}$
Campeche $i = \frac{70.87 * Tr^{0.61}}{d^{0.44}}$	Cd. del Carmen $i = \frac{20.01 * Tr^{0.91}}{d^{0.26}}$	Palenque $i = \frac{18.95 * Tr^{1.16}}{d^{0.28}}$	Chinatú $i = \frac{110.77 * Tr^{0.66}}{d^{0.70}}$
Chinipas $i = \frac{19.50 * Tr^{0.73}}{d^{0.22}}$	Guachochi $i = \frac{39.48 * Tr^{0.65}}{d^{0.44}}$	Maguarichi $i = \frac{29.37 * Tr^{0.66}}{d^{0.37}}$	Urique $i = \frac{14.37 * Tr^{0.71}}{d^{0.17}}$
Basaseachi $i = \frac{10.42 * Tr^{0.93}}{d^{0.19}}$	ENCB $i = \frac{26.74 * Tr^{0.68}}{d^{0.37}}$	SMN $i = \frac{128.95 * Tr^{0.49}}{d^{0.68}}$	Tezontle $i = \frac{47.43 * Tr^{0.62}}{d^{0.49}}$
Aeropuerto $i = \frac{14.37 * Tr^{0.83}}{d^{0.20}}$	Las Vegas $i = \frac{77.66 * Tr^{0.69}}{d^{0.61}}$	Psa. Allende $i = \frac{77.68 * Tr^{0.69}}{d^{0.61}}$	Acapulco $i = \frac{26.85 * Tr^{0.76}}{d^{0.33}}$
Huejutla $i = \frac{86.09 * Tr^{0.72}}{d^{0.56}}$	Pachuca $i = \frac{14.94 * Tr^{0.60}}{d^{0.24}}$	Chápala $i = \frac{9.54 * Tr^{0.60}}{d^{-0.05}}$	Jocotepec $i = \frac{38.07 * Tr^{0.90}}{d^{0.51}}$

**REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE
PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA**

Rio Tomatlan $i = \frac{13.42 * Tr^{0.71}}{d^{0.03}}$	Tizapan $i = \frac{18.12 * Tr^{0.71}}{d^{0.03}}$	Los Cólomos $i = \frac{20.62 * Tr^{0.60}}{d^{0.15}}$	Cerro Catedral $i = \frac{33.42 * Tr^{0.41}}{d^{0.37}}$
Nevado de Toluca $i = \frac{13.85 * Tr^{0.37}}{d^{0.23}}$	Psa Mandin $i = \frac{24.94 * Tr^{0.53}}{d^{0.26}}$	Atlacomulco $i = \frac{70.20 * Tr^{0.63}}{d^{0.56}}$	Angamacutiro $i = \frac{35.99 * Tr^{0.61}}{d^{0.38}}$
IMTA $i = \frac{44.54 * Tr^{0.71}}{d^{0.44}}$	Psa el Cuchillo $i = \frac{33.07 * Tr^{0.98}}{d^{0.45}}$	Puerto Ángel $i = \frac{19.18 * Tr^{0.82}}{d^{0.24}}$	Pinotepa Nacional $i = \frac{3.26 * Tr^{1.35}}{d^{-0.02}}$
UTT $i = \frac{20.23 * Tr^{0.75}}{d^{0.30}}$	Izúcar de Matamoros $i = \frac{33.63 * Tr^{0.83}}{d^{0.39}}$	Sian ka'an $i = \frac{116.14 * Tr^{0.51}}{d^{0.56}}$	Chetumal $i = \frac{52.82 * Tr^{0.67}}{d^{0.42}}$

Cancún $i = \frac{45.29 * Tr^{0.80}}{d^{0.40}}$	Huimilpan $i = \frac{36.83 * Tr^{0.76}}{d^{0.44}}$	Álamos $i = \frac{5.23 * Tr^{0.70}}{d^{-0.18}}$	Matamoros $i = \frac{15.93 * Tr^{0.97}}{d^{0.29}}$
Altamira $i = \frac{69.39 * Tr^{0.57}}{d^{0.44}}$	San Fernando $i = \frac{39.74 * Tr^{0.83}}{d^{0.39}}$	Huamantla $i = \frac{63.31 * Tr^{0.71}}{d^{0.46}}$	Tuxpan $i = \frac{127.16 * Tr^{0.88}}{d^{0.60}}$
Psa. la cangrejera $i = \frac{159.39 * Tr^{0.63}}{d^{0.56}}$	CPGM $i = \frac{97.42 * Tr^{0.66}}{d^{0.50}}$	Cd. Alemán $i = \frac{56.80 * Tr^{0.65}}{d^{0.37}}$	Alvarado $i = \frac{88.10 * Tr^{0.53}}{d^{0.43}}$
Jalapa $i = \frac{46.41 * Tr^{0.54}}{d^{0.38}}$	Celestún $i = \frac{48.49 * Tr^{0.66}}{d^{0.41}}$	Rio Lagartos $i = \frac{40.13 * Tr^{0.71}}{d^{0.34}}$	Mérida $i = \frac{47.82 * Tr^{0.62}}{d^{0.39}}$
Zacatecas $i = \frac{20.23 * Tr^{0.75}}{d^{0.30}}$			

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

ANEXO 2

Tabla A.1.1 Tabla resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región B (Azul).

Asig.	Estado	Estación	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
33	OAXACA	PTO ANGEL	35.04	30.48	33.54	42.66	30.79	35.56	39.84	46.49	30.47	19.66	43.78	42.68	16.87	10.45	20.12	13.32	25.37	13.96	9.78	28.73
20	GUERRERO	ACAPULCO	22.86	28.95	37.60	47.63	30.48	47.76	26.55	29.33	31.16	33.98	26.05	36.58	28.25	23.73	6.91	18.47	16.76	15.32	21.58	15.55
47	VERACRUZ	CD ALEMAN	41.16	73.92	78.22	64.77	50.90	46.22	51.38	38.09	24.88	49.22	53.07	31.88	18.76	32.21	26.31	22.19	25.01	14.65	16.28	21.03
37	Q ROO	CHETUMAL	41.16	39.60	41.66	44.96	25.60	33.52	31.13	35.05	40.14	33.53	32.56	26.53	19.68	38.21	24.18	-	11.11	11.09	12.10	27.89
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	24.36	38.10	34.56	41.16	25.91	28.20	26.55	93.74	26.25	16.60	13.43	21.21	16.99	19.70	4.07	15.82	9.23	11.34	-	10.06
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN	59.46	52.56	34.54	33.53	52.43	42.67	28.95	30.67	20.49	22.10	7.34	25.27	24.61	11.42	17.47	11.72	23.76	3.80	9.38	8.60
48	VERACRUZ	ALVARADO	56.40	44.19	60.96	66.69	41.12	42.16	36.57	38.48	48.09	26.66	36.58	20.58	35.40	36.68	28.24	45.91	21.06	27.44	17.16	22.71
34	PUEBLA	UTT	36.00	32.76	66.02	30.09	24.40	26.91	30.03	33.54	11.00	19.05	10.39	15.49	11.49	3.81	9.95	7.33	10.85	5.67	10.75	-
31	MORELOS	IMTA	22.86	45.72	37.08	63.65	28.96	25.15	57.03	25.34	29.63	24.99	19.53	30.61	12.19	23.62	23.46	17.04	10.93	10.84	10.42	25.68
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	19.80	15.24	16.26	11.04	11.58	15.74	12.85	10.85	9.15	8.53	9.01	10.02	8.01	8.38	8.23	5.91	5.83	10.92	7.29	6.86
43	TLAXCALA	HUAMANTLA	59.46	36.57	71.62	46.47	39.64	63.24	62.05	31.62	35.57	37.03	18.56	13.22	14.65	8.49	12.09	7.13	12.55	8.04	5.86	-
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL	48.78	21.33	22.36	16.37	21.95	18.78	18.07	17.14	14.23	10.21	14.13	13.72	12.66	9.03	11.18	9.61	10.31	12.28	11.30	9.97
29	MÉXICO	ATLACOMULCO	39.60	25.92	41.16	32.01	37.48	36.08	22.43	22.66	20.49	29.56	24.25	13.21	9.96	11.43	14.43	10.95	5.30	8.81	4.01	5.87
7	CAMPECHE	CAMPECHE	53.34	48.75	46.72	40.77	45.71	37.59	36.36	36.39	27.59	32.75	34.94	47.50	30.24	9.03	13.40	24.75	8.96	14.22	6.65	14.02
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	19.80	30.48	36.58	28.28	36.58	32.26	33.75	32.00	37.75	12.49	10.86	11.17	11.72	9.79	18.29	18.67	7.44	13.62	4.01	4.34
36	Q ROO	SIAN KA'AN	53.34	43.44	47.26	36.57	46.94	28.95	26.34	29.72	24.72	20.58	31.59	13.46	45.02	17.19	15.55	8.37	13.00	13.46	6.57	18.36
50	YUCATAN	CELESTÚN	100.56	31.98	45.70	36.20	41.77	24.63	48.59	35.05	21.84	25.60	26.45	20.31	14.19	16.44	14.32	-	9.59	8.97	5.61	-
52	YUCATAN	MERIDA	35.04	28.95	19.82	14.10	39.60	63.30	45.09	37.35	29.13	44.64	51.55	27.95	42.32	21.64	22.76	18.68	12.64	34.67	7.20	2.51
38	Q ROO	CANCUN	275.82	35.04	44.72	28.59	33.22	36.81	28.74	27.81	51.98	319.80	25.21	35.82	11.72	17.70	33.62	17.33	26.26	22.86	6.42	11.50
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS	41.16	44.19	45.72	36.21	32.00	51.31	26.13	37.52	25.91	28.64	23.56	21.71	8.79	51.93	5.80	14.67	11.65	2.96	2.80	7.40
53	ZACATECAS	ZACATECAS	18.30	33.54	30.98	37.35	33.83	76.71	19.37	27.47	13.88	15.85	9.43	4.70	5.75	19.91	9.74	13.33	16.22	8.21	10.11	7.77
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO	25.92	40.38	49.28	52.98	24.38	34.55	37.89	28.95	9.13	30.79	37.54	52.96	35.29	1.61	36.06	9.23	2.05	3.38	-	5.33
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	51.84	46.47	28.86	25.91	18.59	29.46	41.58	43.82	20.31	48.46	29.92	13.33	35.28	11.31	14.82	-	2.95	6.01	54.22	5.71
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS	33.54	32.01	47.76	59.43	30.48	39.37	23.51	38.86	27.94	29.86	51.68	28.83	32.58	16.54	37.90	5.23	2.87	11.17	9.39	8.76
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	25.92	12.21	16.76	33.90	7.61	4.56	6.01	2.66	5.42	3.34	4.15	-	2.82	-	1.60	-	4.83	-	-	-

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.1.2 Tabla resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región B (Azul).

Asig.	Estado	Estación	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
33	OAXACA	PTO ANGEL	9.87	-	18.68	16.32	5.17	3.81	-	14.16	5.05	18.64	-	-	-	12.14	4.66	-	-	-	-	-
20	GUERRERO	ACAPULCO	14.01	8.32	21.93	15.43	-	9.49	15.35	-	8.51	13.82	-	-	-	7.44	10.75	-	-	11.96	-	-
47	VERACRUZ	CD ALEMAN	9.65	15.93	5.36	14.99	6.34	5.45	4.74	-	6.46	11.94	5.50	9.71	-	14.56	-	-	10.25	-	-	-
37	Q ROO	CHETUMAL	-	19.81	9.54	8.95	8.41	10.43	7.17	18.67	11.76	-	6.97	-	22.03	3.26	-	-	-	-	-	-
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	5.66	7.90	4.24	8.01	7.80	15.77	5.75	-	10.98	-	2.36	3.05	12.61	-	-	-	-	-	-	-
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN	15.38	-	-	13.84	4.76	15.94	-	-	-	-	10.52	2.47	-	-	-	-	-	-	-	-
48	VERACRUZ	ALVARADO	14.08	21.75	13.46	24.89	8.47	18.63	12.99	10.07	-	-	18.29	5.58	18.80	28.02	-	19.05	11.24	2.64	-	-
34	PUEBLA	UTT	4.20	-	-	4.12	-	9.61	-	-	3.41	4.06	-	-	3.28	-	-	5.29	-	-	-	-
31	MORELOS	IMTA	15.38	13.02	12.32	4.00	4.08	18.88	6.94	12.96	7.41	-	7.76	10.62	12.61	-	-	-	-	-	-	-
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	8.42	5.12	7.29	5.71	5.30	2.92	9.43	4.90	-	-	-	6.67	3.83	5.24	5.70	3.81	-	-	-	-
43	TLAXCALA	HUAMANTLA	-	5.60	-	9.58	-	-	-	3.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL	8.05	14.68	11.93	6.72	8.29	5.39	7.84	6.04	3.73	-	8.65	4.47	4.75	-	2.30	3.34	7.29	6.01	9.14	3.84
29	MÉXICO	ATLACOMULCO	6.09	-	2.71	8.83	3.10	-	7.84	3.65	-	5.49	6.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	CAMPECHE	CAMPECHE	11.24	4.50	9.87	16.45	-	-	-	-	10.13	-	-	-	-	20.44	-	7.70	-	-	-	-
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	5.72	-	7.09	10.09	4.57	4.04	5.59	8.11	-	5.23	-	-	-	-	-	-	7.53	6.33	-	-
36	Q ROO	SIAN KA'AN	18.51	5.40	5.56	3.68	5.91	15.71	-	-	-	5.33	12.68	-	-	-	7.88	10.97	-	-	6.25	-
50	YUCATAN	CELESTÚN	11.17	6.23	-	-	-	-	-	-	-	14.01	-	-	-	-	-	11.43	-	-	-	-
52	YUCATAN	MERIDA	15.31	9.85	6.10	3.55	9.58	23.08	-	23.57	-	4.56	-	5.08	-	-	-	-	-	-	7.58	-
38	Q ROO	CANCUN	16.62	6.17	17.49	26.10	-	-	-	-	-	-	24.33	-	64.10	-	-	-	-	-	-	-
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS	-	-	-	-	-	3.28	10.49	-	-	-	-	-	-	-	8.06	-	-	-	-	-
53	ZACATECAS	ZACATECAS	6.67	7.34	4.77	6.67	10.48	5.10	-	-	-	-	-	4.38	-	-	-	5.84	-	-	-	-
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO	10.23	26.88	5.77	12.96	-	4.28	-	-	-	-	-	10.28	-	-	-	7.88	-	-	-	-
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	-	34.91	20.21	-	3.66	23.27	3.33	2.17	-	-	1.65	-	9.79	-	-	10.67	8.23	5.18	3.99	-
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS	3.56	2.69	7.49	10.22	5.79	11.85	-	-	-	-	13.58	-	-	-	8.13	4.79	11.16	-	-	-
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	7.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.1.3 Tabla resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región B (Azul).

Asig.	Estado	Estación	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	540	550	560	580	590	600	610	630
33	OAXACA	PTO ANGEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	GUERRERO	ACAPULCO	11.08	-	-	11.25	19.81	-	-	-	-	-	-	-	6.18	-	-	13.07	-	12.25	-	-
47	VERACRUZ	CD ALEMAN	-	8.05	-	-	4.13	-	-	10.80	-	-	5.56	-	7.03	-	-	-	-	-	-	-
37	Q ROO	CHETUMAL	-	-	7.69	5.99	-	-	19.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	-	13.61	-	-	-	-	-	-	-	-	3.50	-	-	-	2.96	-	1.82	-	-	-
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.23	-	-	-	-	14.78	-	-	-	-	-
48	VERACRUZ	ALVARADO	-	-	7.08	-	-	-	9.63	-	-	8.99	-	-	-	-	-	-	4.65	-	-	-
34	PUEBLA	UTT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	MORELOS	IMTA	-	7.37	-	2.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	4.65	-	-	3.84	-	-	6.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	TLAXCALA	HUAMANTLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.89	-	-	-	-	-	-
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL	-	3.26	-	-	4.78	-	-	-	-	-	2.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	MÉXICO	ATLACOMULCO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	CAMPECHE	CAMPECHE	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.02	-
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	Q ROO	SIAN KA'AN	-	-	-	-	-	-	8.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	YUCATAN	CELESTÚN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	YUCATAN	MERIDA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	Q ROO	CANCUN	-	-	8.05	-	-	-	-	-	10.14	-	-	-	-	-	48.52	-	-	-	-	-
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	ZACATECAS	ZACATECAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO	11.63	-	-	-	-	2.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	2.41	-	1.83	14.27	-	-	-	-	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS	4.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.19	-	-	-	2.65	-	7.26	-	3.72
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES	-	-	3.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.1.4 Tabla resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región B (Azul).

Asig.	Estado	Estación	640	650	660	670	680	690	710	720	730	740	750	770	800	880	950	980	1010	2060
33	OAXACA	PTO ANGEL																		
20	GUERRERO	ACAPULCO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.50					
47	VERACRUZ	CD ALEMAN	-	-	-	7.80														
37	Q ROO	CHETUMAL																		-
35	PUEBLA	IZÚCAR DE MATAMOROS	-	-	-	-	1.91	-	-	-	-	-	-	-	-	1.93				-
8	CAMPECHE	CD DEL CARMEN																		-
48	VERACRUZ	ALVARADO	-	-	-	-	-	-	-	10.68	-	33.88								-
34	PUEBLA	UTT																		-
31	MORELOS	IMTA																		-
27	MÉXICO	NEVADO DE TOLUCA	-	-	-	-	-	4.26	5.22											-
43	TLAXCALA	HUAMANTLA																		-
26	MÉXICO	CERRO CATEDRAL																		-
29	MÉXICO	ATLACOMULCO																		-
7	CAMPECHE	CAMPECHE																		-
30	MICHOACAN	ANGAMACUTIRO																		-
36	Q ROO	SIAN KA'AN	-	19.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.40
50	YUCATAN	CELESTÚN		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	YUCATAN	MERIDA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.21	-	-	-
38	Q ROO	CANCUN	17.98	-	10.51			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	YUCATAN	RIO LAGARTOS	-	-	-	-	50.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	ZACATECAS	ZACATECAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	TAMAULIPAS	SAN FERNANDO																		
32	NUEVO LEÓN	PSA EL CUCHILLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.31	11.12	-	-	-	2.68	2.53	
40	TAMAULIPAS	MATAMOROS	-	-	-	-	-	-	-	-	2.58									
1	BCN	BAHÍA DE LOS ÁNGELES																		

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.2.1 Tabla resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región B (Azul).

Año	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
1999																					
2000			Cd. Aleman Veracruz										SIAN KA'AN QR								
2001						Zacatecas Zacatecas	Huamantla Tlaxcala	Izucar de Matamoros Puebla		Cancun QR											
2002																		Cancun QR			
2003																					
2004														Rio Lagartos Yucatan							Puerto Angel Oaxaca
2005	Cancun QR											San Fernando Tamaulipas						Merida Yucatan			
2006		Cd. Aleman Veracruz									Cd. Aleman Veracruz										
2007									Cancun QR						Matamoros Tamaulipas	Alvarado Veracruz				Pres El Cuchillo Nuevo León	
2008				Alvarado Veracruz																	

Tabla A.2.2 Tabla resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región B (Azul).

Año	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	
1999																					
2000	SIAN KA'AN QR										Cancun QR										
2001															Acapulco Guerrero			Acapulco Guerrero			Cerro Catedral México
2002		Pres a el Cuchillo Nuevo León			Zacatecas Zacatecas																
2003				Cancun QR			Acapulco Guerrero					IMTA Morelos				Alvarado Veracruz					
2004								Merida Yucatan													Cerro Catedral México
2005									Chetumal QR				Cancun QR	Alvarado Veracruz							
2006						Pres a el Cuchillo Nuevo León												Alvarado Veracruz			
2007			Acapulco Guerrero																		
2008																					

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.2.3 Tabla resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región B (Azul).

Año	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	540	550	560	580	590	600	610	630
1999																Acapulco Guerrero				
2000					Acapulco Guerrero															
2001				Presa el Cuchillo Nuevo León			Chetumal QR						Ciudad Aleman Veracruz							
2002																				
2003			Cancun QR						Cancun QR											Matamoros Tamaulipas
2004		Izucar de Matamoros Puebla										Ciudad Aleman Veracruz	Matamoros Tamaulipas							
2005	San Fernando Tamaulipas							Ciudad Aleman Veracruz		Alvarado Veracruz					Cancun QR		Alvarado Veracruz			Campeche Campeche
2006																				
2007														Huamantla Tlaxcala					Acapulco Gro	
2008						San Fernando Tamaulipas														

Tabla A.2.3 Tabla resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región B (Azul).

Año	640	650	660	670	680	690	710	720	730	740	750	770	800	880	950	980	1010	2060
1999																		
2000																		
2001		SIAN KA'AN QR																
2002	Cancun QR				Rio Lagartos Yucatan	Nevado de Toluca México	Nevado de Toluca México								Merida Yucatan			
2003				Ciudad Aleman Veracruz					Matamoros Tamaulipas	Alvarado Veracruz						Presa el Cuchillo Nuevo León	Presa el Cuchillo Nuevo León	
2004			Cancun QR									Presa el Cuchillo Nuevo León						SIAN KA'AN QR
2005												Presa el Cuchillo Nuevo León						
2006								Alvarado Veracruz						Izucar de Matamoros Puebla				
2007													Acapulco Guerrero					
2008																		

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.3.1 Tabla resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región C (Amarillo).

Asig.	Estado	Estación	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
17	D.F.	TEZONTLE	48.00	19.05	35.06	23.61	31.09	17.54	20.46	18.28	18.13	17.53	17.32	13.98	11.02	8.93	2.22	7.52	5.37	5.92	8.19	5.55
16	D.F.	SMN	85.32	35.04	45.20	26.30	30.47	22.61	19.82	30.29	17.09	13.87	7.76	10.16	6.44	8.92	6.90	7.71	13.35	8.13	5.77	18.44
15	D.F.	ENCB	31.98	56.40	39.10	32.76	37.48	24.63	25.91	23.82	20.49	16.76	14.41	26.67	10.66	14.58	9.14	13.23	2.68	19.81	5.45	4.95
28	MÉXICO	PSA MANDIN	15.24	32.79	33.02	25.91	40.54	24.89	34.83	26.10	32.84	14.47	32.70	6.99	9.14	12.19	9.45	9.81	15.86	7.96	11.63	10.06
22	HIDALGO	PACHUCA	19.80	18.27	40.64	19.05	27.13	26.92	25.24	15.80	6.94	13.41	10.66	6.48	4.80	5.88	11.67	8.57	3.13	3.22	4.89	8.07
24	JALISCO	TIZAPAN	41.16	35.79	35.04	23.22	25.30	21.58	25.90	12.40	14.56	15.25	12.04	18.80	8.68	2.05	7.50	8.86	11.83	12.95	9.22	2.58
23	JALISCO	JOCOTEPEC	42.66	26.67	39.64	35.84	29.54	27.42	23.96	16.37	16.09	8.84	14.68	20.08	12.07	4.23	9.66	11.04	13.62	9.90	10.42	5.26
25	JALISCO	LOS COLOMOS	35.04	60.18	52.82	42.29	46.03	49.78	39.85	30.86	26.25	30.79	11.79	19.95	21.21	18.07	7.02	14.57	5.65	14.05	11.86	16.16
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ	30.48	42.69	33.52	30.09	36.58	35.31	38.75	23.04	28.62	25.14	13.72	9.40	7.50	17.52	5.38	14.85	6.37	9.22	15.96	5.10
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	94.50	32.76	30.48	43.43	31.99	27.17	22.21	17.52	17.77	24.38	24.65	8.25	6.43	5.11	6.10	6.85	7.43	8.04	6.49	9.14
13	CHIHUAHUA	URIQUE	25.92	25.92	33.02	50.30	24.98	32.76	41.15	34.47	26.93	10.51	16.49	11.17	15.81	6.43	14.63	3.90	3.13	10.08	5.69	15.70
6	BCS	STA ROSALIA	180.00	11.43	37.60	15.62	30.48	16.76	24.59	9.89	3.72	6.25	1.78	-	6.10	-	-	7.42	-	2.45	-	-
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	18.30	27.45	42.18	35.45	37.18	42.68	30.69	51.63	31.16	8.99	28.40	30.86	12.78	11.10	7.71	4.38	-	3.64	9.54	22.17
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	54.00	28.95	11.68	6.11	6.38	5.07	-	18.29	6.45	4.88	4.58	8.50	-	-	4.06	4.95	-	-	-	-
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	13.74	47.25	53.86	37.71	44.80	32.77	25.69	15.81	10.15	20.27	4.02	4.45	4.34	12.62	6.60	7.24	3.48	-	5.37	6.40
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	25.92	30.48	34.54	46.49	35.36	36.57	29.82	21.71	34.54	25.45	10.66	23.38	14.94	11.64	6.90	10.67	9.77	4.31	3.61	7.46
4	BCN	SAN QUINTIN	15.24	9.12	11.68	17.15	10.06	10.42	6.75	3.24	6.77	8.08	2.90	7.11	-	4.46	7.71	4.85	2.50	-	-	-
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	10.68	19.05	17.78	10.67	10.04	11.69	7.41	10.29	12.19	5.79	5.95	4.95	8.44	4.89	6.10	7.05	-	5.16	-	-
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	9.12	15.99	11.68	8.76	16.78	4.07	5.23	6.11	5.76	6.55	4.15	8.00	3.63	3.59	4.88	2.47	3.59	-	4.96	-

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.3.2 Tabla resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región C (Amarillo).

Asig.	Estado	Estación	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	410
17	D.F.	TEZONTLE	-	-	-	4.96	4.08	5.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	D.F.	SMN	-	11.43	4.37	4.38	3.90	-	-	4.78	-	3.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	D.F.	ENCB	8.85	-	10.07	2.92	-	4.51	-	3.86	-	-	6.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	MÉXICO	PSA MANDIN	12.11	6.92	5.50	20.51	8.59	-	-	11.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	HIDALGO	PACHUCA	6.09	2.07	-	10.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.37	-	-
24	JALISCO	TIZAPAN	3.99	8.93	16.70	-	2.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	JALISCO	JOCOTEPEC	6.02	4.29	5.37	8.82	9.02	-	-	11.48	-	-	7.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	JALISCO	LOS COLOMOS	8.86	7.20	14.84	-	8.29	-	-	-	8.41	3.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ	4.50	5.82	6.69	4.63	2.86	-	4.96	2.11	-	-	1.95	4.20	5.59	-	4.35	-	-	-	4.06	-
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	5.30	2.69	4.31	8.13	1.81	-	6.82	5.87	-	3.81	2.30	6.29	-	4.40	-	4.53	-	-	-	2.41
13	CHIHUAHUA	URIQUE	10.73	14.13	7.81	-	3.05	-	3.16	-	-	-	8.50	-	-	4.57	-	-	-	-	-	-
6	BCS	STA ROSALIA	-	-	-	3.74	14.08	7.21	-	-	37.06	-	-	-	-	-	2.56	-	-	-	-	-
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	5.44	-	6.69	11.11	3.96	-	-	2.99	6.94	-	-	6.19	2.63	-	-	-	-	-	4.34	-
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	-	-	-	-	-	-	-	11.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	8.93	-	3.51	4.57	-	4.57	-	-	-	-	-	2.47	-	-	-	-	-	-	-	-
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	4.06	7.00	3.18	10.16	2.80	5.21	4.74	5.22	5.88	5.94	4.82	2.81	10.44	5.20	-	4.37	4.82	8.67	-	-
4	BCN	SAN QUINTIN	-	5.40	-	-	-	-	-	2.72	-	2.33	-	-	-	-	-	-	-	-	3.55	-
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	-	3.66	6.16	-	9.69	2.33	-	-	-	-	-	-	4.53	-	3.87	-	-	-	-	6.21
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	-	-	-	-	5.91	5.33	4.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.3.3 Tabla resumen de intensidades máximas por EMA para cada duración en la Región C (Amarillo).

Asig.	Estado	Estación	420	430	440	450	460	470	480	490	510	540	580	610	680	690	700	720	850	880	950
17	D.F.	TEZONTLE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	D.F.	SMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	D.F.	ENCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	MÉXICO	PSA MANDIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	HIDALGO	PACHUCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.53	-	-	-	-
24	JALISCO	TIZAPAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	JALISCO	JOCOTEPEC	-	-	3.98	-	-	-	8.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	JALISCO	LOS COLOMOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	CHIHUAHUA	CHINATÚ	-	-	-	-	-	-	2.57	4.01	3.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	CHIHUAHUA	GUACHOCHI	3.84	3.12	-	3.21	-	2.98	-	-	-	2.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	CHIHUAHUA	URIQUE	-	-	-	3.48	2.88	-	-	-	4.45	-	-	-	-	-	5.64	-	-	2.78	-
6	BCS	STA ROSALIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.17	-	-	-	-	-	-	-
10	CHIHUAHUA	CHINIPAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	BCS	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	CHIHUAHUA	MAGUARICHI	-	-	3.98	-	-	-	-	-	3.08	-	-	-	-	-	-	3.54	-	-	-
14	CHIHUAHUA	BASASEACHI	-	-	-	-	-	-	2.95	3.79	6.48	3.81	5.20	6.55	5.13	3.84	-	-	3.05	-	5.63
4	BCN	SAN QUINTIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	BCN	PSA EMILIO LÓPEZ ZAMORA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	BCN	PSA ABELARDO L. RODRÍGUEZ	-	3.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.4.1 Tabla resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región C (Amarilla).

Año	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
1999			MAGUARICHI CHIHUAHUA																		
2000												LOS COLOMOS JALISCO									
2001								CHINIPAS CHIHUAHUA								PSA MANDIN MEXICO					
2002	STA ROSALIA BCS				LOS COLOMOS JALISCO		URIQUE CHIHUAHUA														
2003										LOS COLOMOS JALISCO											
2004													LOS COLOMOS JALISCO						CHINATU CHIHUAHUA		
2005		LOS COLOMOS JALISCO										CHINIPAS CHIHUAHUA							ENCB DF		
2006				URIQUE CHIHUAHUA		LOS COLOMOS JALISCO		BASASEACHI CHIHUAHUA		PSA MANDIN MEXICO					URIQUE CHIHUAHUA	CHINATU CHIHUAHUA					CHINIPAS CHIHUAHUA
2007																					
2008																					

Tabla A.4.2 Tabla resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región C (Amarilla).

Año	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	410		
1999																						
2000		URIQUE CHIHUAHUA		PSA MANDIN MEXICO																	BASASEACHI CHIHUAHUA	
2001										BASASEACHI CHIHUAHUA												
2002											URIQUE CHIHUAHUA											
2003			TIZAPAN JALISCO						SANTA ROSALIA BCS													
2004							GUACHOCHI CHIHUAHUA					GUACHOCHI CHIHUAHUA									PSA EMILIO LOPEZ BCN	
2005															CHINATU CHIHUAHUA	GUACHOCHI CHIHUAHUA						
2006	PSA MANDIN MEXICO				SANTA ROSALIA BCS	SANTA ROSALIA BCS		GUSTAVO DIAZ O BCS						BASASEACHI CHIHUAHUA								
2007													BASASEACHI CHIHUAHUA								BASASEACHI CHIHUAHUA	CHINIPAS CHIHUAHUA
2008																						

REGIONALIZACIÓN DE LAS DURACIONES TÍPICAS E INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Tabla A.4.3 Tabla resumen de ubicación de mayores eventos por año en la Región C (Amarilla).

Año	420	430	440	450	460	470	480	490	510	540	580	610	680	690	700	720	850	880	950	
1999			JOCOTEPEC JALISCO				JOCOTEPEC JALISCO													
2000																				
2001																				
2002	GUA CHOCHI CHIHUAHUA				URIQUE CHIHUAHUA								BASASEACHI CHIHUAHUA			MAGUARICHI CHIHUAHUA			BASASEACHI CHIHUAHUA	
2003		PSA ABELARDO L. R BCN																		
2004							CHINATU CHIHUAHUA	BASASEACHI CHIHUAHUA												
2005										BASASEACH ICHIHUAHUA										
2006						GUA CHOCHI CHIHUAHUA					SANTA ROSALIA BCS									
2007				URIQUE CHIHUAHUA										BASASEACHI CHIHUAHUA	PACHUCA HIDALGO		BASASEACHI CHIHUAHUA	URIQUE CHIHUAHUA		
2008									BASASEACHI CHIHUAHUA											