



Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático

# ESTUDIO DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN en las cuencas prioritarias del ICC

Guatemala, Centroamérica



**Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático**

# **ESTUDIO DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN en las cuencas prioritarias del ICC**

**Guatemala, Centroamérica**

Autor: Sergio Gil Villalba

Impreso: Digitalhouse

Guatemala, 2017

Tiraje: 12 ejemplares

Digital: ISBN 978-9929-8241-8-8

### CITA BIBLIOGRÁFICA

ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático). 2012. Estudio de intensidad de precipitación en las cuencas prioritarias del ICC. Guatemala. 63 p.

La impresión de esta publicación ha sido financiada a través del proyecto **“Alianza Público-Privada para enfrentar el riesgo a desastres en Guatemala”**, en consorcio con Acción contra el Hambre, TRÓCAIRE, Centro para la Acción de la Responsabilidad Social Empresarial e Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Proyecto realizado gracias al auspicio de la Dirección General de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Unión Europea (ECHO).

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y no representan necesariamente la opinión de la Unión Europea. La Comisión Europea de Protección Civil y Ayuda Humanitaria (ECHO) no es responsable por ningún uso que se realice de la información que contenga el presente documento.

Este documento forma parte de los anexos del Plan de Respuesta Departamental ante Emergencias –CODRED– Escuintla.



## ÍNDICE

1. Introducción.....	3
2. Objetivos .....	4
3. Zona de estudio.....	4
4. Curvas IDF .....	5
5. Curvas Pd/P24 .....	10
6. Curvas Pd/P24 modificadas .....	22
7. Discusión de resultados .....	27
8. Conclusiones.....	28
9. Referencias .....	28
<b>Anexo I.</b> Discretización de pluviogramas; metodología de Mendoza .....	29
<b>Anexo II.</b> Aplicación de la metodología de Mendoza modificada.....	45
<b>Anexo III.</b> Ajuste de Gumbel.....	52

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Estaciones meteorológicas con curvas IDF disponibles en la zona de estudio. _____	6
<b>Tabla 2.</b> Parámetros A, B y n de las ecuaciones IDF generadas por INSIVUMEH, para diferentes períodos de retorno _____	7
<b>Tabla 3.</b> Datos disponibles en las estaciones pluviográficas de la zona de estudio. _____	11
<b>Tabla 4.</b> Valores de precipitación máxima para las diferentes duraciones de los eventos escogidos para el año 2005. Estación Camantulul. _____	12
<b>Tabla 5.</b> Valores de la relación $P_d/P_{24}$ para los eventos del año 2005. Estación Camantulul. _____	12
<b>Tabla 6.</b> Valores de la relación $P_d/P_{24}$ , para la precipitación máxima del año 2005, en orden ascendente. _____	12
<b>Tabla 7.</b> Valores anuales de la relación $P_d/P_{24}$ para las diferentes duraciones y volumen total en 24h para la estación Camantulul. _____	13
<b>Tabla 8.</b> Cálculo de períodos de retorno “T” para las precipitaciones de 24 horas en la estación de Camantulul. _____	13

<b>Tabla 9.</b> Valores de la relación $P_d/P_{24}$ para cada duración y año, asociados a su respectivo período de retorno $T$ . Estación de Camantulul. _____	15
<b>Tabla 10.</b> Valores de la relación $P_d/P_{24}$ para las diferentes duraciones y periodos de retorno escogidos en la estación de Camantulul. _____	15
<b>Tabla 11.</b> Valores de la relación $P_d/P_{24}$ ordenados de menor a mayor. _____	16
<b>Tabla 12.</b> Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno estación de Camantulul. <b>¡Error! Marcador no definido.</b> _____	
<b>Tabla 13.</b> Ecuaciones $P_d/P_{24}$ para las estaciones objeto de estudio. _____	19
<b>Tabla 14.</b> Valores de la relación $P_d/P_{24}$ ordenados de mayor a menor. _____	22
<b>Tabla 15.</b> Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno con el método de Mendoza modificado, en la estación de Camantulul. _____	23
<b>Tabla 16.</b> Ecuaciones $P_d/P_{24}$ para las estaciones objeto de estudio. _____	24

## Índice de figuras

Figura 1. Distribución de las estaciones utilizadas para el estudio pluviométrico en las cuencas prioritarias del ICC. _____	5
Figura 2. Hietogramas de diseño para cada una de las estaciones, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años. Generados a partir de las ecuaciones IDF creadas en INSIVUMEH. _____	9
Figura 3. Curvas IDF generadas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años por el INSIVUMEH, para cada una de las estaciones. _____	10
Figura 4. Ajuste logarítmico para la determinación del período de retorno _____	14
Figura 5. Gráfico de los valores observados y calculados mediante la ecuación adoptada para el período de retorno de 12 años. _____	17
Figura 6. Comportamiento de los coeficientes $a$ y $b$ en relación al período de retorno $T$ . _____	18
Figura 7. Hietogramas de diseño para cada una de las estaciones y periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Generados a partir de las ecuaciones creadas por el método de Mendoza. _____	20
Figura 8. Curvas $P_d/P_{24}$ generadas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, según el método de Mendoza, para cada una de las estaciones. _____	21
Figura 9. Comportamiento de los coeficientes $a$ y $b$ en relación al período de retorno $T$ . _____	24
Figura 10. Hietogramas de diseño para cada una de las estaciones y periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Generados a partir de las ecuaciones creadas por el método de Mendoza modificado. _____	25
Figura 11. Curvas $P_d/P_{24}$ generadas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, según el método de Mendoza modificado, para cada una de las estaciones. _____	26

## 1. Introducción

Los modelos hidrológicos lluvia-escorrentía generados para una cuenca o territorio determinado, permiten predecir qué caudal generará un episodio de precipitación. Los datos pluviométricos representan la entrada en el sistema, por lo cual resulta de gran importancia que su cálculo y estimación sean los correctos, puesto que la calidad de los resultados estará condicionada por los datos de entrada al modelo.

Para definir correctamente un episodio de precipitación se deben tener en cuenta dos parámetros:

**Distribución espacial:** La distribución de la precipitación es heterogénea debido a una gran diversidad de factores como la altitud, el relieve, la distribución de la vegetación, régimen de vientos, etc. Mientras mayor sea el área de estudio, mayor variación se observará en la distribución espacial de la lluvia. Generalmente en modelos de cuencas pequeñas (hasta unos 100 km<sup>2</sup>) se puede asumir una precipitación constante en toda la superficie (Ponce, 1989), mientras que en cuencas mayores se requiere de la elaboración de un análisis espacial para las diferentes estaciones pluviométricas. Es importante mencionar que aunque estos métodos proveen una alternativa para la falta de información, la única manera de mejorarla es ampliando el número de estaciones pluviométricas distribuidas en la región que se pretende estudiar.

**Distribución temporal:** La distribución temporal es un factor muy importante, pues conociendo dónde se sitúa el pico de precipitación se puede definir cuándo se generará el caudal máximo. El problema reside en el hecho que la gran mayoría de registros pluviométricos históricos disponibles, determinan valores de precipitación diaria, mientras que un evento de precipitación extremo suele durar pocas horas. Una resolución temporal diaria es insuficiente para determinar el caudal máximo o para fijar el tiempo de retraso, es decir, el tiempo que transcurre entre el máximo de precipitación y el máximo de caudal en un punto determinado. No obstante, a partir del estudio de los registros pluviográficos se pueden determinar tendencias en la distribución temporal que permitan descomponer el valor de precipitación diaria en un hietograma horario. Dependiendo de las características topográficas de la cuenca, estas ecuaciones pueden válidas incluso a nivel regional.

Existen diversos tipos de métodos para construir estas ecuaciones. En el presente documento se propone el uso de dos metodologías diferentes –a una de las cuales se le introduce una modificación para que se ajuste mejor a la pluviometría de la región–, con el objetivo de observar cuál de ellas genera mejores resultados en la generación de modelos hidrológicos. Por un lado, se van a utilizar una serie de ecuaciones IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) generadas por el INSIVUMEH en el año 2003, con registros de diferentes estaciones pluviométricas, 6 de las cuales se encuentran en la zona de estudio. Además, se van a calcular curvas  $P_d/P_{24}$ <sup>1</sup> mediante la metodología de Mendoza (Mendoza, 1994). Este método permite determinar las relaciones temporales entre el volumen de precipitación en 24 horas y la lluvia que precipita en intervalos de menor duración. Se propone, además, la introducción de una pequeña modificación en esta metodología para que los resultados obtenidos se ajusten mejor a la distribución de la precipitación en la zona de estudio.

## 2. Objetivos

### Objetivo general

Determinar las distribuciones de las intensidades horarias de precipitación a partir de los registros diarios para las estaciones de las cuencas de los ríos Coyolate, Achiguate, Acomé, María Linda y Los Esclavos.

### Objetivos específicos

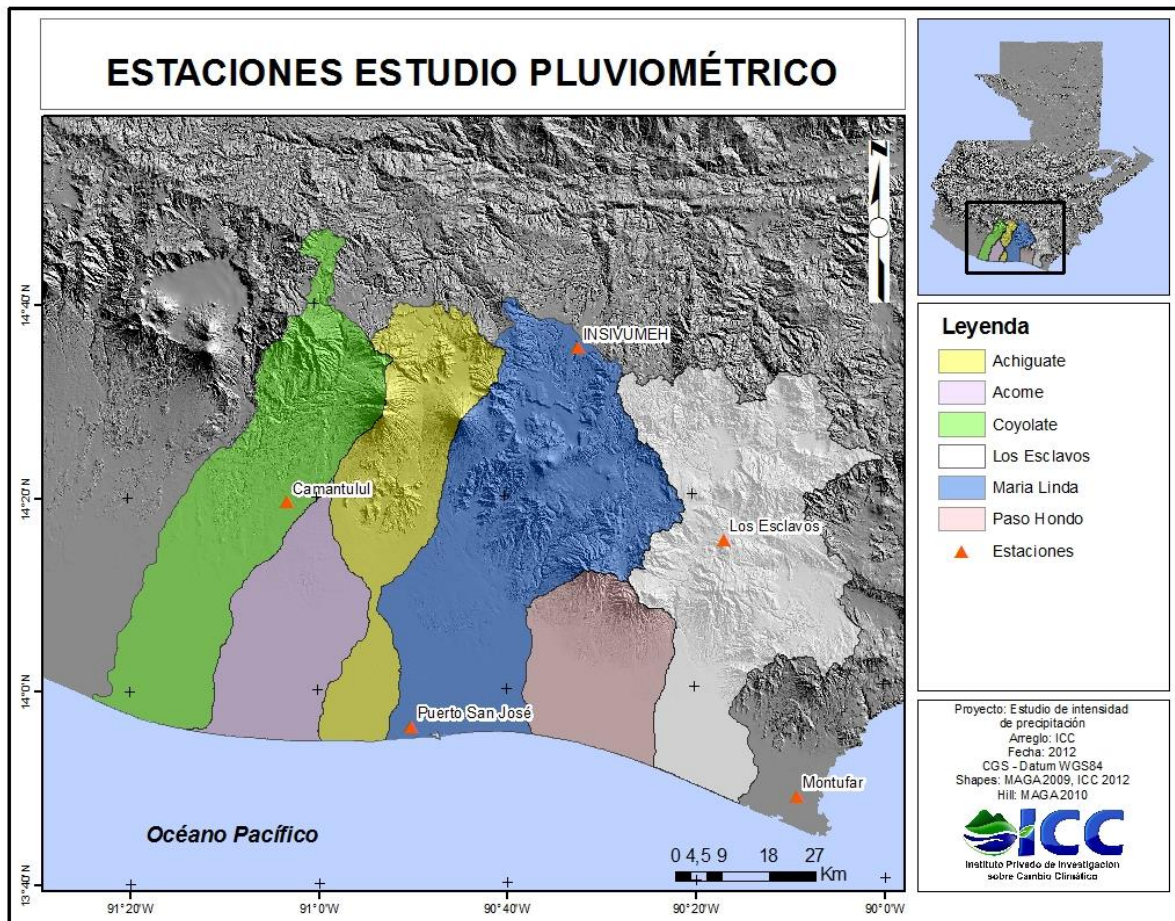
- a. Generar hietogramas a partir de curvas IDF (INSIVUMEH, 2003) y curvas  $P_d/P_{24}$  (Mendoza, 1994).
- b. Determinar cuál metodología se ajusta mejor a los patrones de precipitación de acuerdo al historial de la zona de estudio.

---

<sup>1</sup> Las curvas  $P_d/P_{24}$  determinan la relación entre el volumen de precipitación para una duración determinada “d” y el volumen total de precipitación en 24 horas ( $P_{24}$ )

### 3. Zona de estudio

Las cuencas de interés para el estudio son las de Coyolate, Achiguate, Acomé, María Linda y, Los Esclavos (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de las estaciones utilizadas para el estudio pluviométrico en las cuencas prioritarias del ICC.

La superficie total de estas cuencas es de 8.714 km<sup>2</sup>, en los cuales se dispone de 5 estaciones con historial de intensidad de precipitación. Para mejorar la resolución espacial de los datos se pueden incluir registros de diarios de precipitación de otras estaciones, aplicando los patrones de distribución de las estaciones estudiadas en este documento.

Existen diferentes factores, especialmente la altitud, que determinan la distribución espacial de la precipitación en Guatemala.



## 4. Curvas IDF

En Guatemala se han calculado curvas IDF para 23 estaciones de INSIVUMEH, distribuidas por todo el país. Dichas curvas se pueden consultar en el “Estudio de intensidades de precipitación en Guatemala” (INSIVUMEH, 2003). Estas curvas se han generado a partir del estudio de la distribución de la precipitación en diferentes episodios, para cada una de las estaciones que se presentan en la tabla 1.

Se utilizaron estas curvas para establecer hietogramas de diseño en las estaciones ubicadas en la zona de estudio. Estos hietogramas pueden representar los datos de entrada al sistema fluvial en la modelación hidrológica.

**Cuadro 1** Estaciones meteorológicas con curvas IDF disponibles en la zona de estudio.

A = Años de registro y T = Número de episodios estudiados.

Estación	Cuenca	Depto.	Elev.	Latitud	Longitud	Registro	A	T
				Norte	Oeste			
Puerto San José	María Linda	Escuintla	2	13°55'04"	90°49'10"	1973-2002	10	39
				"				
Camantulul	Coyolate	Escuintla	280	14°19'28"	91°03'27"	1973-2002	11	65
				"				
INSIVUMEH	María Linda	Guatemala	1502	14°35'11"	90°31'58"	1940-2002	13	58
				"				
Montufar	Paz	Jutiapa	10	13°48'19"	90°08'11"	1898-2002	11	85
				"				
Los Esclavos	Los Esclavos	Santa Rosa	737	14°15'10"	90°16'42"	1990-2002	13	90
				"				

Esta metodología permite determinar la intensidad de precipitación para una duración y periodo de retorno determinados. Las ecuaciones presentan la forma general:

$$i_{Tr} = \frac{A}{(B + t)^n} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

$i_{Tr}$  = Intensidad de precipitación para un período de retorno ( $T_r$ ), en mm/h.

A, B y n = Parámetros de ajuste según el período de retorno (tabla 2)

t = Duración de la precipitación (minutos)

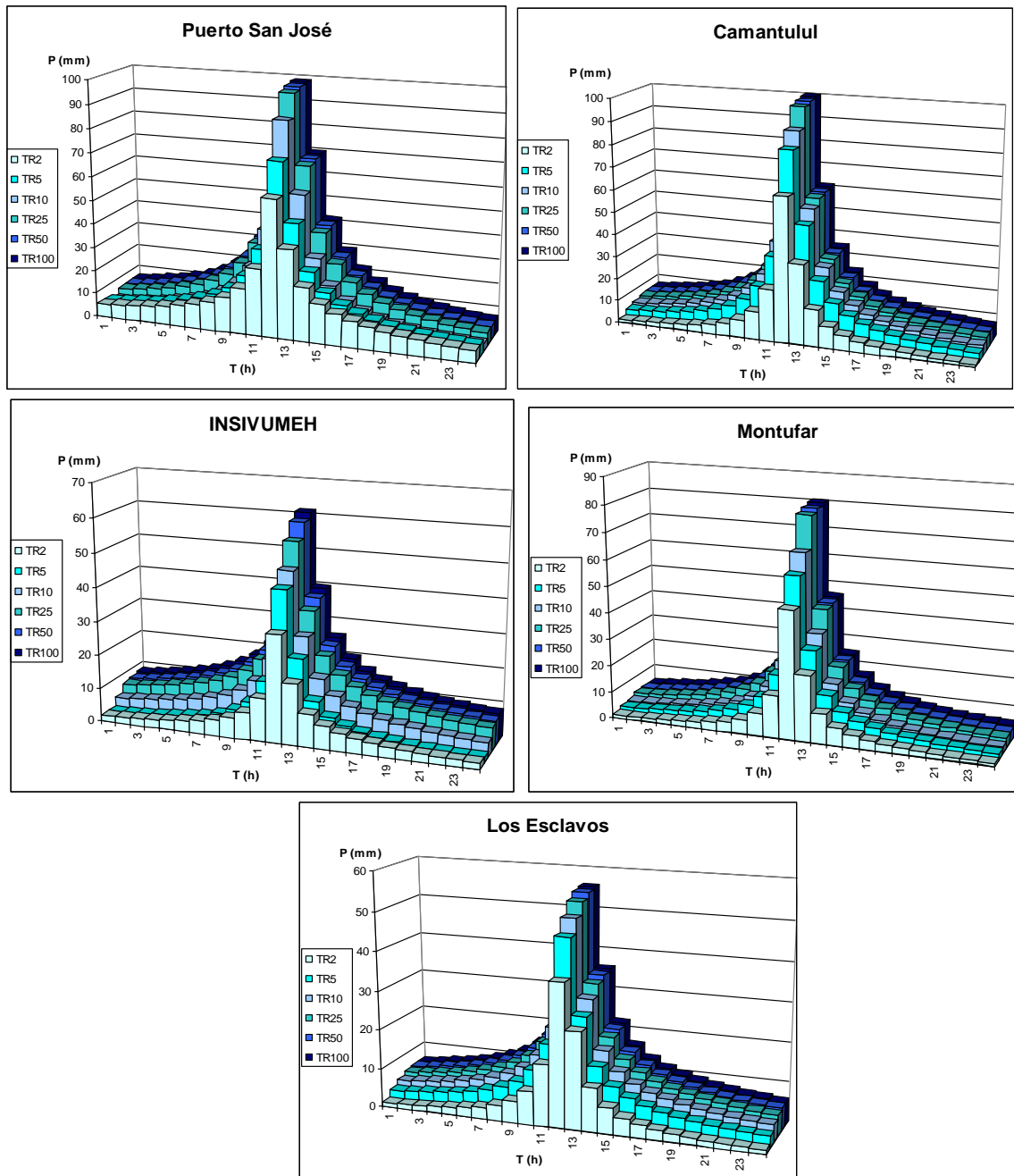
Se determinaron las curvas IDF asociadas a 8 períodos de retorno: 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años. Para cada uno de éstos se determinaron los parámetros de la ecuación 1 (INSIVUMEH 2003), a partir de optimización no lineal (cuadro 2).

**Cuadro 2** Parámetros A, B y n de las ecuaciones IDF generadas por INSIVUMEH, para diferentes períodos de retorno.

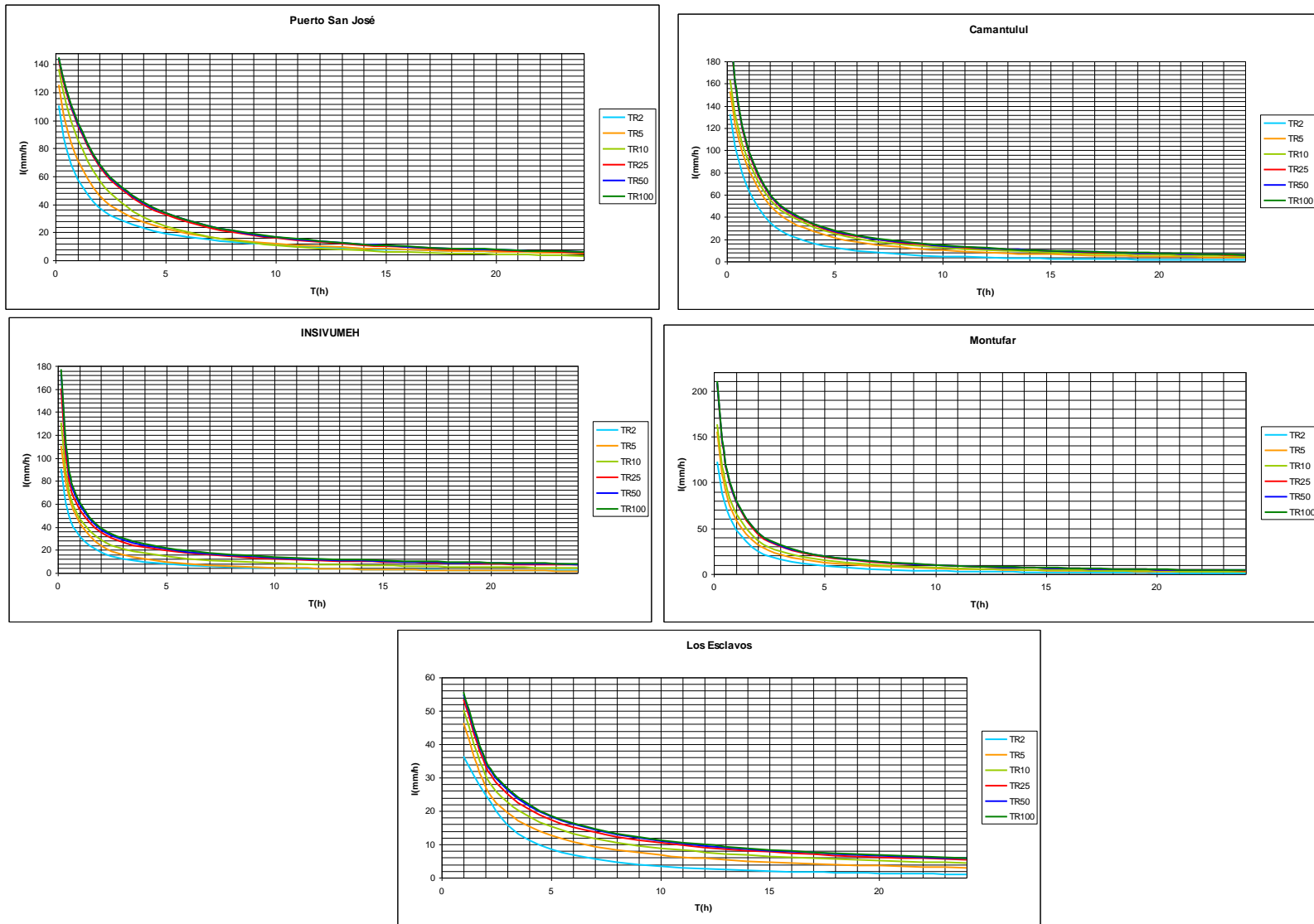
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
Pto. Sn. José								
A	3033	10863	403800	145300	139600	136555	127530	125200
B	35	60	140	140	140	140	140	140
n	0.87	1.05	1.595	1.383	1.374	1.369	1.354	1.349
R2	0.994	0.976	0.964	0.93	0.929	0.928	0.927	0.927
Camantulul								
A	226260	42560	27420	15540	10590	10580	10300	10110
B	80	70	65	40	35	35	35	35
n	1.654	1.284	1.187	1.1	1.029	1.028	1.02	1.014
R2	0.96	0.984	0.966	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987
INSIVUMEH								
A	1970	7997	1345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
n	0.958	1.161	0.791	0.637	0.656	0.65	0.66	0.649
R2	0.989	0.991	0.982	0.981	0.973	0.973	0.981	0.981
Montufar								
A	41490	10490	12660	8700	7744	7640	7460	7360
B	45	28	32	23	22	22	22	22
n	1.454	1.159	1.164	1.069	1.044	1.04	1.032	1.026
R2	0.995	0.994	0.99	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969
Los Esclavos								
A	6986	2855	1620	1532	1365	1350	1327	1311
B	30	20	12	12	11	11	11	11
n	1.168	0.094	0.812	0.786	0.76	0.755	0.747	0.741
R2	0.992	0.993	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998

Las ecuaciones generadas con estos parámetros permiten la determinación de las curvas IDF, que muestran la intensidad de la lluvia en función de la duración del episodio de precipitación,

para diferentes periodos de retorno. A partir de las ecuaciones también se pueden determinar los hietogramas de diseño (figura 2), que representan la precipitación de entrada al modelo hidrológico. Las curvas IDF se muestran en la figura 3. Existe el problema de que estas curvas se generaron a partir del estudio de episodios cortos de precipitación, por lo que su aplicación para determinar distribuciones de precipitación en 24 horas podría no ser correcta.



**Figura 2** Hietogramas de diseño para cada una de las estaciones, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años. Generados a partir de las ecuaciones IDF creadas en INSIVUMEH.



**Figura 3** Curvas IDF generadas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años por el INSIVUMEH, para cada una de las estaciones.



## 5. Curvas $P_d/P_{24}$

El Ingeniero Javier C. Mendoza Rodríguez propuso en 1994, una metodología para la determinación de curvas  $P_d/P_{24}$  en el documento *“Determinación de las relaciones temporales entre precipitación de 24 horas y precipitaciones horarias”*.

La información necesaria para el desarrollo de este método debe proceder de un pluviógrafo o sensor de lluvia instantánea. En el caso que se desee definir un patrón de distribución de la precipitación para toda la cuenca, hará falta que los datos del pluviógrafo sean representativos de toda la superficie o, en su defecto, disponer de más de un pluviógrafo. Para determinar la distribución de la precipitación en las cuencas estudiadas se han utilizado datos de 5 estaciones pluviográficas (cuadro 3). Durante la realización del estudio se consideraron los datos generados de la estación de Sabana Grande (la cual se localiza en la zona de estudio), pero debido a los frecuentes errores en el funcionamiento del pluviógrafo se desestimó el uso de la misma.

La función calculada con el método de Mendoza permite estimar la precipitación máxima para duraciones inferiores a 24 horas. Otros estudios con este propósito han sido realizados por otros autores, por ejemplo el “Triangular Hyetograph Method” (CHOW et al., 1988) desarrollado en Estados Unidos. El método de Chow permite construir un hietograma para una determinada duración y período de retorno a partir de curvas. La ventaja del método de Mendoza respecto al anterior es que, en el método desarrollado por Chow, la única variable independiente en la ecuación final es el período de retorno. De este modo, los resultados de este método únicamente serán válidos para la estación en la cual se desarrolló el estudio. En la ecuación propuesta por Mendoza, en cambio, se pueden introducir valores correspondientes al período de retorno y volumen de precipitación diaria, de modo que se podrán obtener resultados para estaciones meteorológicas diferentes a aquella en la cual se desarrolló la ecuación, introduciendo el volumen de precipitación diaria de dicha estación. Esto será así cuando las condiciones meteorológicas de la nueva estación sean similares a la estación original que se utilizó para desarrollar la ecuación. Es decir, si se desarrolla una ecuación con la información pluviográfica de la estación de Camantulul, ésta se podrá utilizar en otras estaciones cercanas para extrapolar la función de distribución.

**Cuadro 3** Datos disponibles en las estaciones pluviográficas de la zona de estudio.

Estación	Período de registro	Años de registro	Número de episodios estudiados	Umbral de precipitación considerado <sup>2</sup>
Camantulul	1996-1997 2003-2011	10	29	100
INSIVUMEH	1990-2010	20	67	40
Puerto San José	1985-1989 2000-2011	15	51	60
Los Esclavos	2000-2010	10	28	40
Montufar	1990-1993 2000-2009	12	48	50

Para ejemplificar el procedimiento se van a utilizar datos de la estación de Camantulul. En el Anexo I se presentan los datos y resultados para todas las demás estaciones.

### Paso 1

Se deben seleccionar los eventos de precipitación registrados por un sensor de lluvia instantánea, para un periodo de 24 horas computadas desde las 7:00h de un determinado día hasta las 7:00h del día siguiente. Se seleccionará una serie de eventos en función de un umbral de precipitación, que dependerá de las características pluviométricas de la región donde se encuentre el pluviómetro (cuadro 3).

### Paso 2

Para cada evento seleccionado se determinan los valores de precipitación máxima para diferentes duraciones inferiores a las 24 horas. Estas duraciones serán definidas por el propio usuario, según la precisión de los resultados que desee obtener. En las estaciones estudiadas se emplearon duraciones de 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 y 1440 minutos (cuadro 4).

<sup>2</sup> En el presente estudio, los valores de precipitación umbral corresponden al máximo anual de menor valor en los registros históricos.



**Cuadro 4** Valores de precipitación máxima para las diferentes duraciones de los eventos escogidos para el año 2005, estación Camantulul.

Fecha	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
04/06/2005	11.2	<b>32</b>	<b>44.7</b>	63.5	<b>88.6</b>	<b>100.7</b>	105.5	110.9	110.9
09/06/2005	<b>14.4</b>	30	41.8	<b>78.8</b>	87.8	93.9	98.3	99.1	108.4
17/07/2005	10.3	19.2	26.2	41	65.7	96.6	<b>115.3</b>	116.1	116.1
29/09/2005	11.6	17.9	23.3	36	48.4	69.9	103.8	139.6	139.6
05/10/2005	6	9.3	15.3	21.4	32.2	48.6	88.4	<b>144.1</b>	<b>204.6</b>

**Nota:** Los valores en negrita son los máximos de precipitación para las diferentes duraciones.

### Paso 3

Se determinan las relaciones  $P_d/P_{24}$  para cada duración y evento, dividiendo el valor de precipitación máxima para una duración determinada entre el valor de la precipitación para la duración de 24 horas del mismo evento. Por ejemplo, para hallar el valor de la relación  $P_d/P_{24}$  correspondiente a la duración de 6 horas para el episodio del 4/6/2005 se divide el valor 105.5 que es la precipitación máxima en 6 horas entre el valor de precipitación diaria (110.9) obteniendo la cifra de 0.95. Esto indica que en 6 horas se había registrado el 95% de la precipitación diaria. De este modo se genera cada uno de los valores  $P_d/P_{24}$  para el año 2005 (cuadro 5).

**Cuadro 5** Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  para los eventos del año 2005. Estación Camantulul.

Fecha	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
04/06/2005	0.10	<b>0.29</b>	<b>0.40</b>	0.57	<b>0.80</b>	<b>0.91</b>	0.95	1.00	1.00
09/06/2005	<b>0.13</b>	0.28	0.39	<b>0.73</b>	0.81	0.87	0.91	0.91	1.00
17/07/2005	0.09	0.17	0.23	0.35	0.57	0.83	<b>0.99</b>	1.00	1.00
29/09/2005	0.08	0.13	0.17	0.26	0.35	0.50	0.74	1.00	1.00
05/10/2005	0.03	0.05	0.07	0.10	0.16	0.24	0.43	<b>0.70</b>	<b>1.00</b>

Los valores de la relación  $P_d/P_{24}$  correspondientes a los valores máximos de precipitación de cada intervalo de tiempo serán los representativos del año 2005 (valores en negrita) y se asociarán a la precipitación máxima en 24 horas (cuadro 6).

**Cuadro 6** Valores de la relación  $P_d/P_{24}$ , para la precipitación máxima del año 2005, en orden ascendente.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
2005	0.13	0.29	0.4	0.7	0.73	0.8	0.91	0.99	1.00

Se ha realizado éste proceso para cada año en cada una de las estaciones estudiadas. En la mayoría de años se tomaron en cuenta, al menos, 3 episodios. Algunos años solamente

disponen de un episodio porque el resto de registros se encontraban por debajo de la precipitación umbral (cuadro 7).

**Cuadro 7** Valores anuales de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y volumen total en 24 horas para la estación Camantulul.

Año	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1996	0.27	0.51	0.64	0.75	0.93	0.95	0.99	1.00	1.00
1997	0.10	0.18	0.24	0.34	0.58	0.65	0.93	1.00	1.00
2003	0.16	0.34	0.42	0.56	0.72	0.94	1.00	1.00	1.00
2004	0.20	0.35	0.44	0.72	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00
2005	0.13	0.28	0.40	0.70	0.73	0.80	0.91	0.99	1.00
2006	0.11	0.18	0.23	0.38	0.64	0.84	0.92	1.00	1.00
2007	0.23	0.48	0.57	0.76	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
2008	0.14	0.27	0.31	0.40	0.69	0.98	1.00	1.00	1.00
2009	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00
2010	0.16	0.26	0.38	0.59	0.74	0.78	0.80	0.81	1.00

#### Paso 4

En la fórmula generada, la relación  $P_d/P_{24}$  es función de la duración “d” y del período de retorno “T”. Para la determinación de éste último, y por tratarse de precipitaciones máximas diarias, se debe realizar un análisis estadístico con la serie de precipitaciones máximas anuales de cada estación. La serie de precipitaciones diarias máximas anuales ha sido ajustada mediante la distribución de Gumbel (anexo III). En Camantulul se han determinado los períodos de retorno en base a los 40 años de registro (cuadro 8).

**Cuadro 8** Cálculo de períodos de retorno “T” para las precipitaciones de 24 horas en la estación de Camantulul.

Año	Máximo	P ascendente	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1971	95	77.5	1	0.0244	-1.31	80.08	1.03	1.03
1972	102.4	78	2	0.0488	-1.11	85.53	1.05	1.05
1973	101	86.5	3	0.0732	-0.96	89.33	1.08	1.08
1974	128.5	93	4	0.0976	-0.84	92.41	1.11	1.11
1975	93	95	5	0.1220	-0.74	95.07	1.14	1.14
1976	95	95	6	0.1463	-0.65	97.46	1.17	1.17
1977	102.3	97.5	7	0.1707	-0.57	99.67	1.21	1.21
1978	116.2	101	8	0.1951	-0.49	101.74	1.24	1.24
1979	124.3	102.3	9	0.2195	-0.42	103.72	1.28	1.28
1980	116	102.4	10	0.2439	-0.34	105.62	1.32	1.32
1981	120	106	11	0.2683	-0.27	107.47	1.37	1.37
1982	200.2	110	12	0.2927	-0.21	109.27	1.41	1.41
1983	135	113.5	13	0.3171	-0.14	111.05	1.46	1.46

Año	Máximo	P ascendente	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1984	125.5	115	14	0.3415	-0.07	112.81	1.52	1.52
1985	126.3	116	15	0.3659	-0.01	114.56	1.58	1.58
1986	86.5	116.2	16	0.3902	0.06	116.31	1.64	1.64
1987	197.7	116.6	17	0.4146	0.13	118.07	1.71	1.71
1988	119	119	18	0.4390	0.19	119.84	1.78	1.78
1989	110	120	19	0.4634	0.26	121.64	1.86	1.86
1990	78	124.3	20	0.4878	0.33	123.46	1.95	1.95
1991	77.5	125.5	21	0.5122	0.40	125.32	2.05	2.05
1992	116.6	126.3	22	0.5366	0.47	127.22	2.16	2.16
1993	144	127.6	23	0.5610	0.55	129.17	2.28	2.28
1994	97.5	128.5	24	0.5854	0.62	131.19	2.41	2.41
1995	106	135	25	0.6098	0.70	133.28	2.56	2.56
1996	151.2	136	26	0.6341	0.79	135.46	2.73	2.73
1997	151	138	27	0.6585	0.87	137.75	2.93	2.93
1998	174	138.7	28	0.6829	0.96	140.15	3.15	3.15
1999	165.5	140	29	0.7073	1.06	142.70	3.42	3.42
2000	115	144	30	0.7317	1.16	145.42	3.73	3.73
2001	138	151	31	0.7561	1.27	148.35	4.10	4.10
2002	140	151.2	32	0.7805	1.39	151.53	4.56	4.56
2003	138.7	160	33	0.8049	1.53	155.03	5.13	5.13
2004	136	165.5	34	0.8293	1.68	158.93	5.86	5.86
2005	168.7	168.7	35	0.8537	1.84	163.37	6.83	6.83
2006	183	174	36	0.8780	2.04	168.55	8.20	8.20
2007	113.5	183	37	0.9024	2.28	174.79	10.25	10.25
2008	160	197.7	38	0.9268	2.58	182.73	13.67	13.67
2009	127.6	200.2	39	0.9512	3.00	193.78	20.50	20.50
2010	222	222	40	0.9756	3.70	212.40	41.00	41.00

Con este método se ha podido establecer una ecuación para determinar el volumen de precipitación asociado a un período de retorno (Figura 4). Así, se han determinado los periodos de retorno correspondientes a las precipitaciones que disponen de pluviograma (tabla 9).

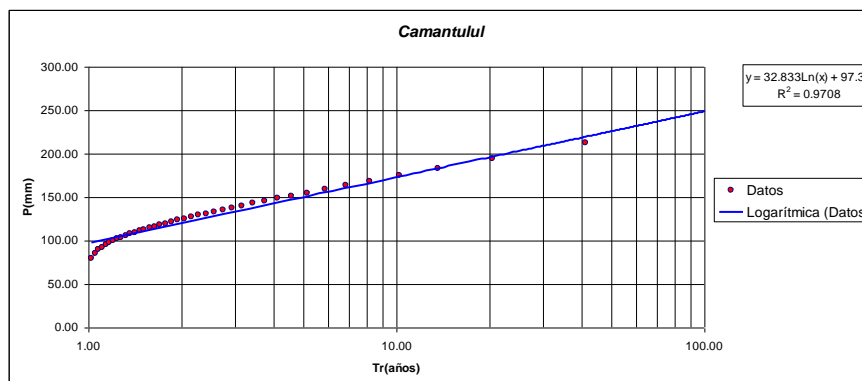


Figura 4 Ajuste logarítmico para la determinación del período de retorno

**Cuadro 9** Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  para cada duración y año, asociados a su respectivo período de retorno T. Estación de Camantulul.

Año	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	$P_{24}$	T
1996	0.27	0.51	0.64	0.75	0.93	0.95	0.99	1.00	1.00	140.0	4
1997	0.10	0.18	0.24	0.34	0.58	0.65	0.93	1.00	1.00	210.3	28
2003	0.16	0.34	0.42	0.56	0.72	0.94	1.00	1.00	1.00	134.2	3
2004	0.20	0.35	0.44	0.72	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	131.9	3
2005	0.13	0.28	0.40	0.70	0.73	0.80	0.91	0.99	1.00	204.6	23
2006	0.11	0.18	0.23	0.38	0.64	0.84	0.92	1.00	1.00	180.5	12
2007	0.23	0.48	0.57	0.76	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	110.6	2
2008	0.14	0.27	0.31	0.40	0.69	0.98	1.00	1.00	1.00	157.8	6
2009	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	103.4	1
2010	0.16	0.26	0.38	0.59	0.74	0.78	0.80	0.81	1.00	217.7	34

### Paso 5

Se deben seleccionar los eventos correspondientes a periodos de retorno que se consideren significativos, siendo ésta una decisión del analista. Esta decisión depende de los registros disponibles y de los objetivos del estudio. Los períodos de retorno más representativos suelen ser para 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 500 años (ACA, 2003). Para la estación de Camantulul se eligieron los periodos de retorno de 1, 3, 6, 12, 23, 28 y 34 años (tabla 10). Cuando para un periodo de retorno se han encontrado dos o más episodios que podrían ser representativos, se ha seleccionado aquel en el que el volumen de precipitación presentaba mayor concentración en el tiempo.

**Cuadro 10** Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y periodos de retorno escogidos en la estación de Camantulul.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	Tr
2009	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1
2003	0.16	0.34	0.42	0.56	0.72	0.94	1.00	1.00	1.00	3
2008	0.14	0.27	0.31	0.40	0.69	0.98	1.00	1.00	1.00	6
2006	0.11	0.18	0.23	0.38	0.64	0.84	0.92	1.00	1.00	12
2005	0.13	0.28	0.40	0.70	0.73	0.80	0.91	0.99	1.00	23
1997	0.1	0.18	0.24	0.34	0.58	0.65	0.93	1.00	1.00	28
2010	0.16	0.26	0.38	0.59	0.78	0.80	0.81	0.74	1.00	34

### Paso 6

Se ordenan los valores de la relación  $P_d/P_{24}$  de manera creciente (tabla 11), dado que un período de retorno mayor suele implicar una mayor intensidad de precipitación.

**Cuadro 11** Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de menor a mayor.

Tr	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1	0.10	0.18	0.23	0.34	0.58	0.65	0.80	0.81	1.00
3	0.11	0.18	0.24	0.38	0.64	0.78	0.91	0.99	1.00
6	0.13	0.26	0.31	0.40	0.69	0.80	0.92	1.00	1.00
12	0.14	0.27	0.38	0.56	0.72	0.84	0.93	1.00	1.00
23	0.16	0.28	0.40	0.59	0.73	0.94	1.00	1.00	1.00
28	0.16	0.34	0.42	0.70	0.74	0.98	1.00	1.00	1.00
34	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00

**Paso 7**

Llegados a este punto, se debe buscar una función matemática que ajuste los pares de valores compuestos por la relación  $P_d/P_{24}$  y la duración “d” para cada período de retorno “T”. La función que suele dar un coeficiente de correlación más elevado es la siguiente:

$$Y = \frac{X}{a + bX} \quad (\text{Ec. 2})$$

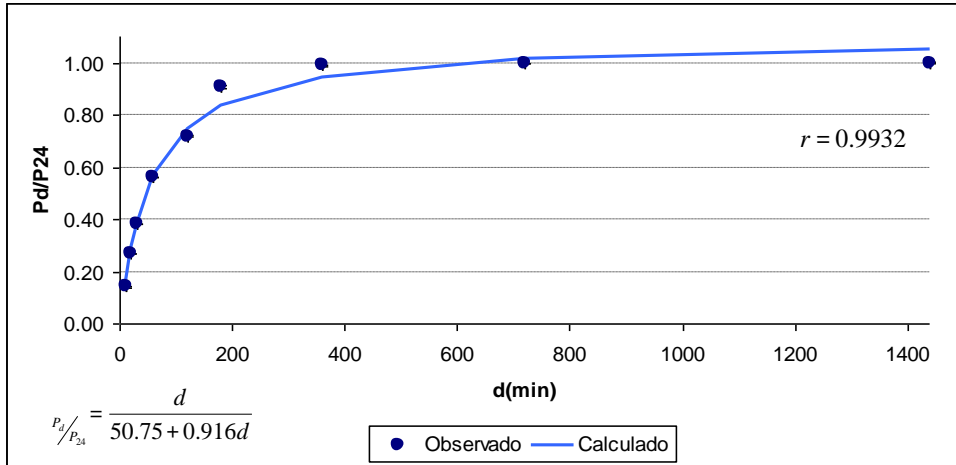
Dónde:

Y = Variable dependiente ( $P_d/P_{24}$ )

X = Variable independiente (d)

a y b = Coeficientes a determinar

Mediante un análisis de regresión no lineal se ajusta la función anterior para cada serie de puntos correspondientes a los períodos de retorno “T” escogidos (figura 5).



**Figura 5** Gráfico de los valores observados y calculados mediante la ecuación adoptada para el período de retorno de 12 años.

De esta manera se han obtenido siete ecuaciones, correspondientes a cada uno de los periodos de retorno estudiados (tabla 12). Todas estas ecuaciones tienen la expresión general:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{a + bxd} \quad (2)$$

Dónde,

$P_d/P_{24}$  = Índice de desagregación horaria

d = Duración en minutos

a y b = Constantes a determinar

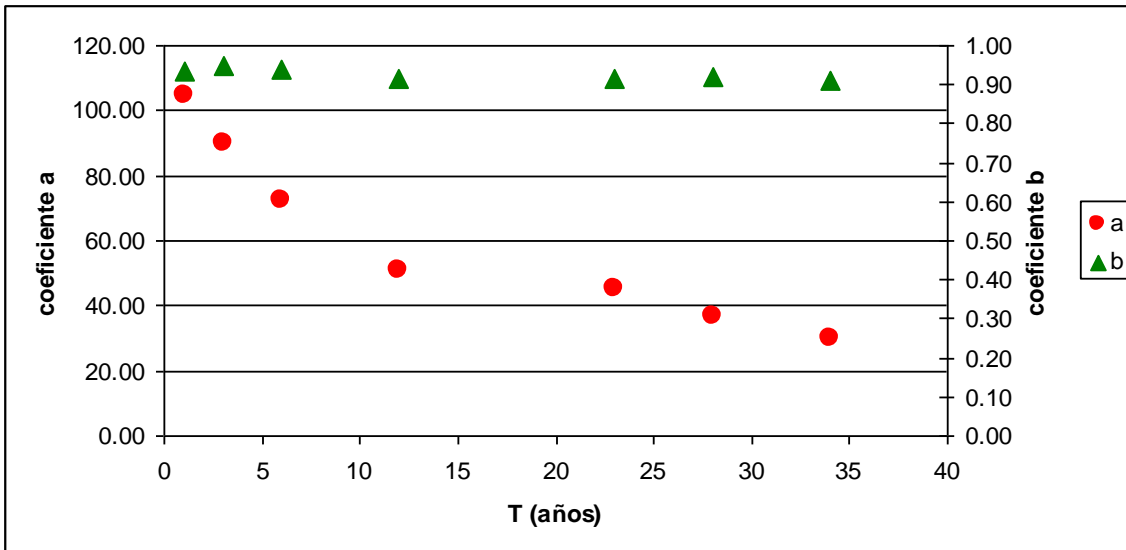
**Cuadro 12** Ecuaciones ajustadas para los diferentes períodos de retorno en la estación Camantulul.

T	Ecuación	r
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{104.8 + 0.935 \cdot d}$	0.981
3	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{89.83 + 0.948 \cdot d}$	0.968
6	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{72.43 + 0.939 \cdot d}$	0.977

12	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{50.75 + 0.916 \cdot d}$	0.966
23	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{45.25 + 0.914 \cdot d}$	0.974
28	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{37 + 0.920 \cdot d}$	0.980
34	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{30.01 + 0.913 \cdot d}$	0.964

**Paso 8**

En el análisis del comportamiento de los coeficientes a y b en relación al período de retorno “T”, se observa que el coeficiente **a** es inversamente proporcional mientras que el coeficiente **b** no presenta una variación significativa, manteniéndose prácticamente constante (figura 6). La disminución del coeficiente **a** implica que a mayor período de retorno, mayor es la relación Pd/P24 y, por tanto, la precipitación se concentra en un menor espacio de tiempo, presentando intensidades más elevadas.



**Figura 6** Comportamiento de los coeficientes a y b en relación al período de retorno T.

Para completar la relación  $P_d/P_{24}$  se debe buscar una función que relacione el coeficiente **a** con el período de retorno T. Ésta función acostumbra a presentar la siguiente forma:

$$a = m \cdot T^n \tag{3}$$

En el caso de Camantulul, la función encontrada presenta la siguiente expresión:

$$a = 111.45 \cdot T^{-0.3} \tag{4}$$

El coeficiente **b** al mantenerse casi constante, no presenta gran dependencia del período de retorno “T”. Como valor representativo se toma la media aritmética de los valores que se tienen, obteniendo:

$$b=0.926 \quad (5)$$

### Paso 9

La expresión final que permite la desagregación de precipitaciones de 24 horas se obtiene reemplazando las ecuaciones 4 y 5 en la ecuación 2, generando la siguiente expresión:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{111.45 \cdot T^{-0.3} + 0.926 \cdot d} \quad (6)$$

Dónde:

$P_d/P_{24}$  = Índice de desagregación horaria

d = Duración en minutos

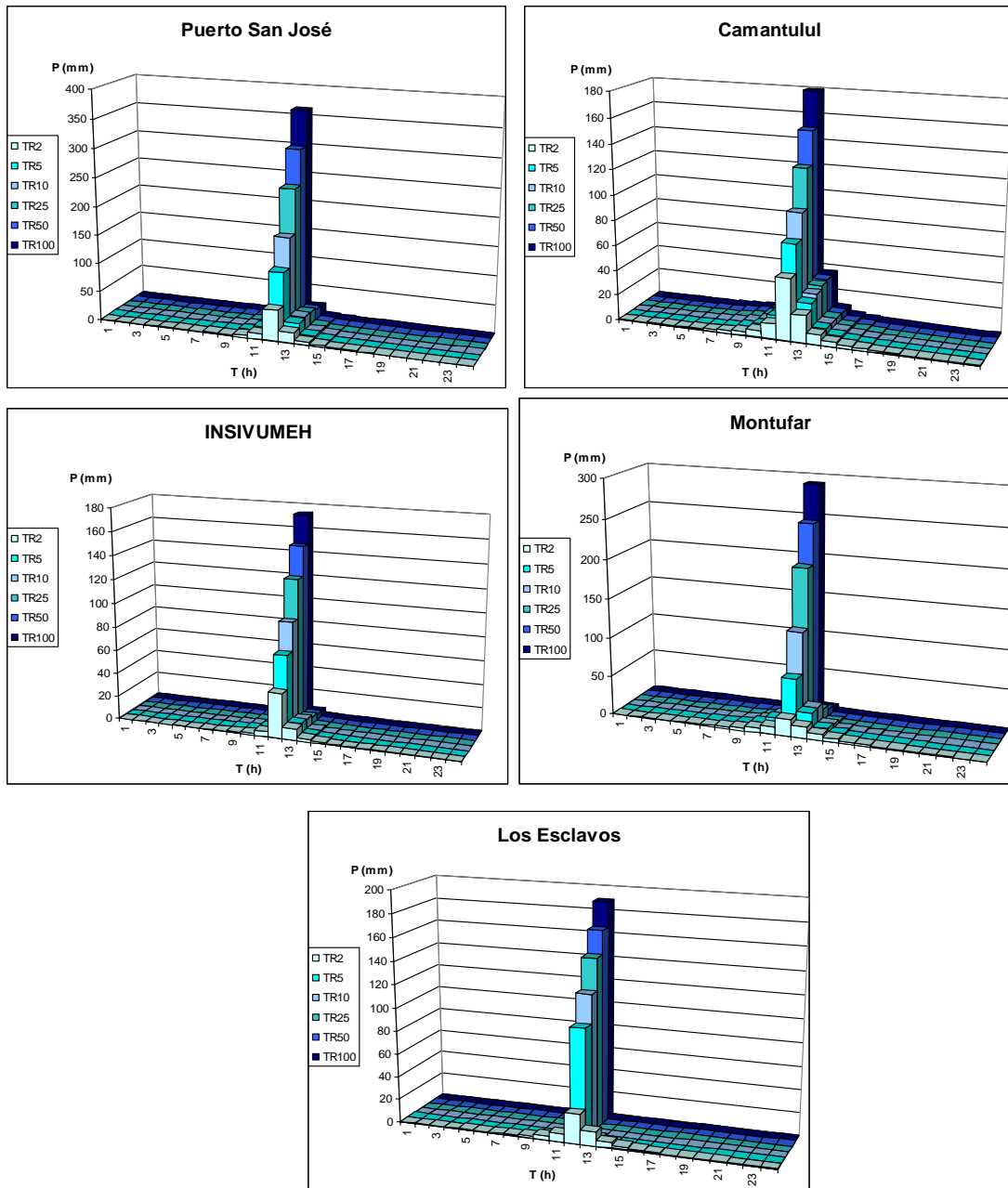
T = Período de retorno en años

Siguiendo esta metodología, se han generado ecuaciones  $P_d/P_{24}$  para cada una de las estaciones propuestas (tabla 13).

**Cuadro 12** Ecuaciones  $P_d/P_{24}$  para las estaciones objeto de estudio.

Estación	Ecuación
Camantulul	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{111.45 \cdot T^{-0.301} + 0.926 \cdot d}$
INSIVUMEH	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{66.52 \cdot T^{-0.664} + 0.995 \cdot d}$
Los Esclavos	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{1637.21 \cdot T^{-3.893} + 0.993 \cdot d}$
Montufar	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{482.53 \cdot T^{-1.194} + 0.923 \cdot d}$
Puerto San José	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{93.01 \cdot T^{-0.592} + 0.950 \cdot d}$





**Figura 7**

Hietogramas de diseño para cada una de las estaciones y periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Generados a partir de las ecuaciones creadas por el método de Mendoza.

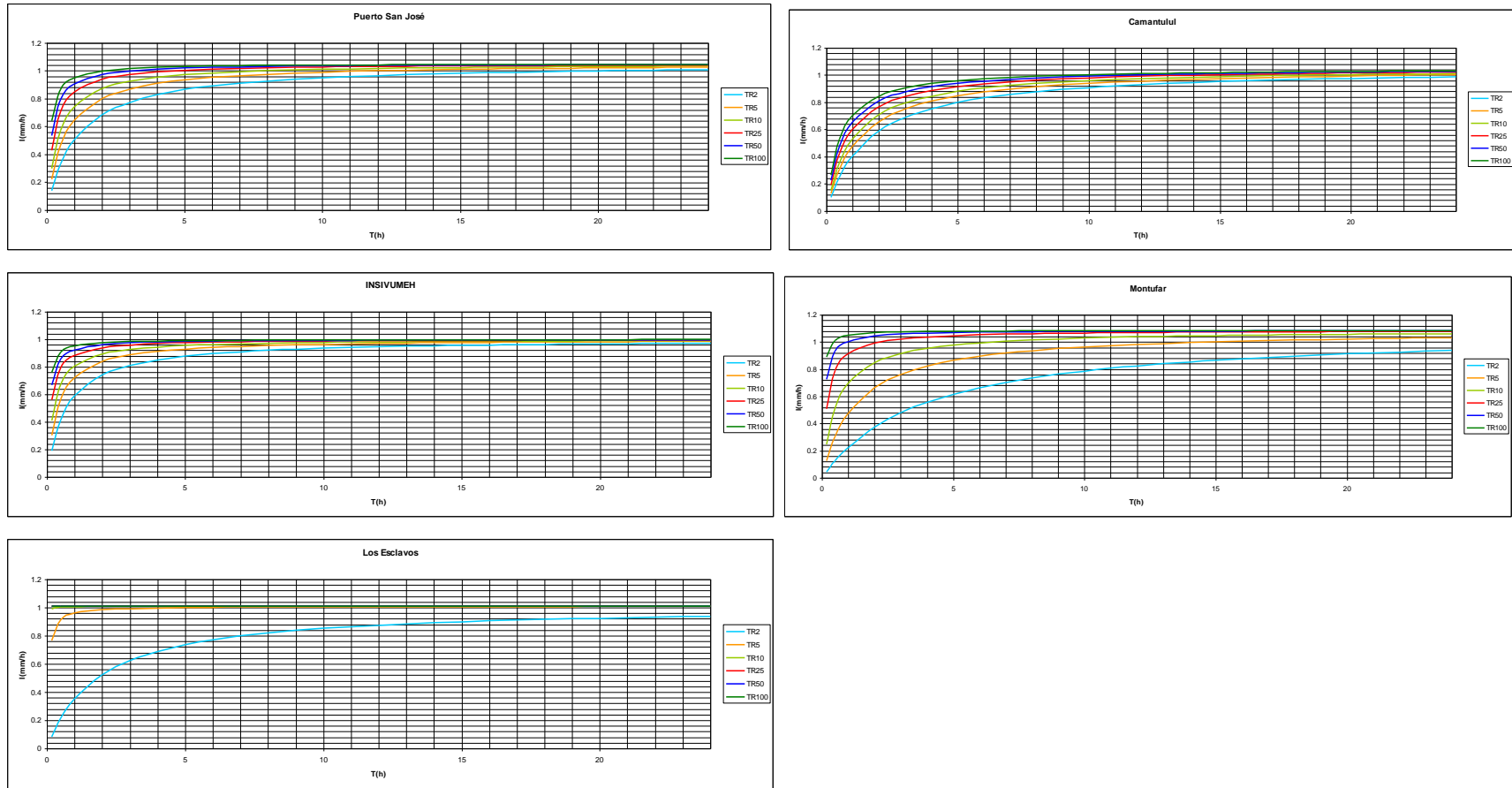


Figura 8 Curvas  $P_d/P_{24}$  generadas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, según el método de Mendoza, para cada una de las estaciones.

## 6. Curvas $P_d/P_{24}$ modificadas

Después de poner en práctica el método de Mendoza, y debido a la elevada precipitación horaria máxima de los hietogramas generados – en algunos casos la precipitación horaria máxima para un periodo de retorno de 100 años supera los 300mm - , en este apartado se propone la introducción de una modificación en el método de Mendoza.

Dicha modificación consiste en ordenar los valores de la relación  $P_d/P_{24}$  en forma decreciente para cada duración en el paso 6 del método de Mendoza, de manera diferente a como se expuso en el apartado anterior (cuadro 14). En la bibliografía original Mendoza (1994), propone ordenar estos valores de manera creciente, dado que un período de retorno mayor suele implicar una mayor intensidad de precipitación. En otras palabras, un episodio más intenso se considera menos frecuente y, por tanto, corresponderá a un período de retorno mayor. No obstante, tras el estudio de diferentes episodios extremos en la costa sur de Guatemala se han observado diferentes patrones en la precipitación. Por un lado existe precipitación convectiva, típica de las tormentas que tienen lugar en la época lluviosa, con intensidades muy elevadas y de corta duración. Por otro lado hay episodios de precipitación relacionados a fenómenos regionales, que dan lugar a precipitaciones con intensidad algo menor que las anteriores pero con una duración mucho mayor (se han tomado de referencia los últimos episodios de los cuales se dispone registro: Stan, Agatha y la depresión tropical 12E). De este modo, los episodios de mayor intensidad corresponden a precipitaciones convectivas de corta duración con un volumen total moderado, mientras que los episodios con mayor volumen de precipitación corresponden a procesos sinópticos como huracanes o tormentas tropicales, en los cuales la precipitación se distribuye a lo largo de un mayor número de horas, con intensidades más moderadas pero con un volumen total mayor. Por este motivo se ha invertido el orden de los datos respecto al método original, dado que el volumen total de precipitación y el período de retorno son directamente proporcionales.

**Cuadro 13** Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de mayor a menor.

T	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
1	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00
3	0.16	0.34	0.42	0.70	0.74	0.98	1.00	1.00	1.00
6	0.16	0.28	0.40	0.59	0.73	0.94	1.00	1.00	1.00
12	0.14	0.27	0.38	0.56	0.72	0.84	0.93	1.00	1.00
23	0.13	0.26	0.31	0.40	0.69	0.80	0.92	1.00	1.00
28	0.11	0.18	0.24	0.38	0.64	0.78	0.91	0.99	1.00
34	0.10	0.18	0.23	0.34	0.58	0.65	0.80	0.81	1.00

Siguiendo la metodología propuesta, se obtienen siete ecuaciones, correspondientes a cada uno de los periodos de retorno estudiados (tabla 15).

**Cuadro 14** Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno con el método de Mendoza modificado, en la estación de Camantulul.

T	Ecuación	r
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{30.47 + 0.979d}$	0.981
3	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{38.44 + 0.985d}$	0.968
6	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{46.61 + 0.991d}$	0.977
12	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{51.90 + 0.998d}$	0.966
23	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{69.69 + 0.994d}$	0.974
28	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{85.37 + 0.995d}$	0.980
34	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{100.80 + 0.993 \cdot d}$	0.964

En el análisis del comportamiento de los coeficientes a y b en relación al período de retorno “T” (paso 8), se observa que el coeficiente **a** es proporcional mientras que el coeficiente **b** no presenta una variación significativa, manteniéndose prácticamente constante (figura 9). El incremento del coeficiente **a** implica que a mayor período de retorno, menor es la relación  $P_d/P_{24}$  y, por tanto, la precipitación se genera en un mayor espacio de tiempo, presentando intensidades menores.

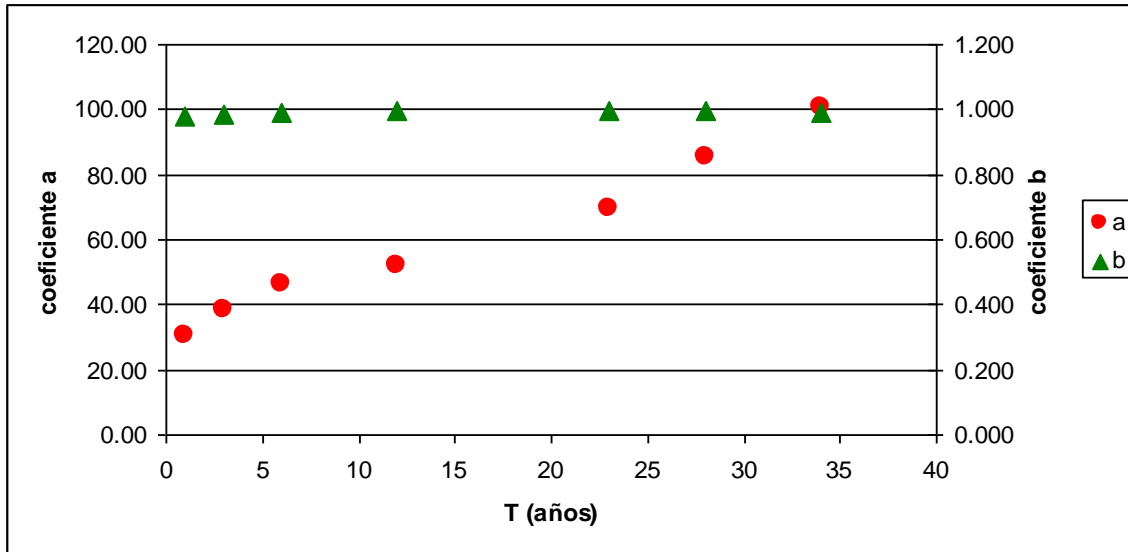
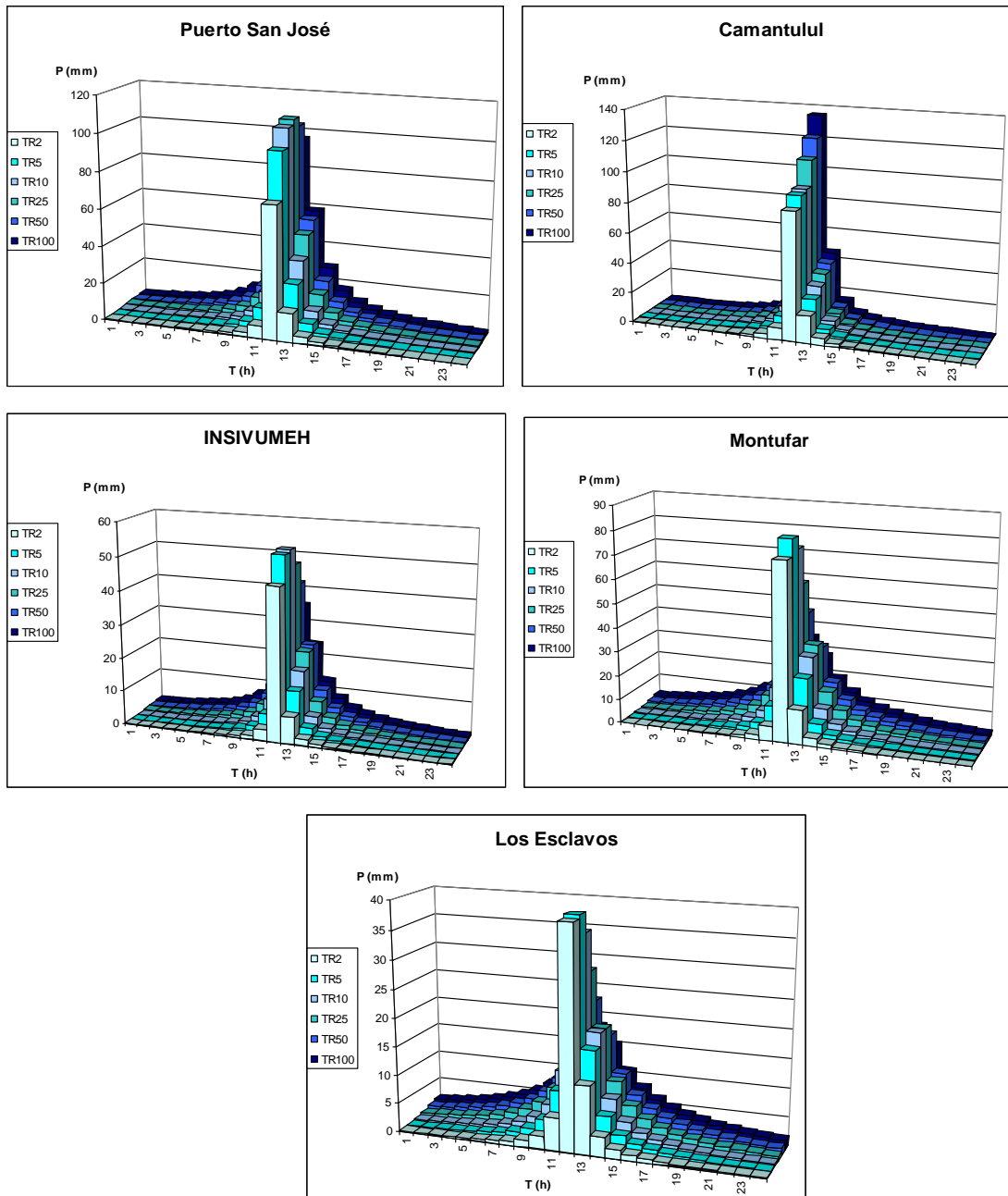


Figura 9 Comportamiento de los coeficientes a y b en relación al período de retorno T.

Finalmente, se han extraído las ecuaciones  $P_d/P_{24}$  (tabla 16), las cuales generan los hietogramas de diseño (figura 10).

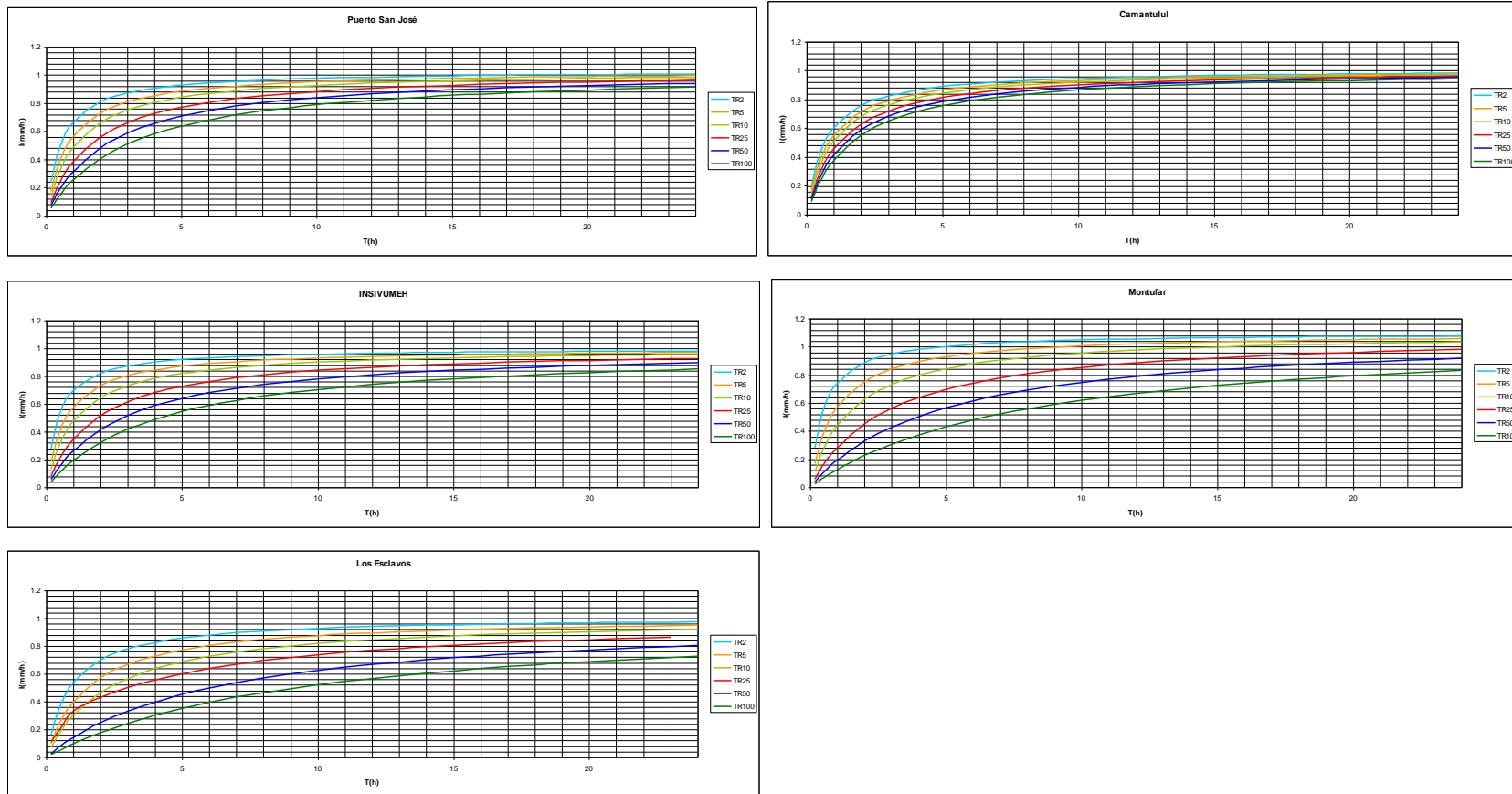
Cuadro 15 Ecuaciones  $P_d/P_{24}$  para las estaciones objeto de estudio.

Estación	Ecuación
Camantulul	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{23.36 \cdot T^{0.386} + 0.991 \cdot d}$
INSIVUMEH	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{17.39 \cdot T^{0.588} + d}$
Los Esclavos	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{34.86 \cdot T^{0.602} + 0.990 \cdot d}$
Montufar	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{16.05 \cdot T^{0.709} + 0.910 \cdot d}$
Puerto San José	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{23.81 \cdot T^{0.438} + 0.966 \cdot d}$



**Figura 10**

Hietogramas de diseño para cada una de las estaciones y periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Generados a partir de las ecuaciones creadas por el método de Mendoza modificado.



**Figura 11** Curvas  $P_d/P_{24}$  generadas para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, según el método de Mendoza modificado, para cada una de las estaciones.

## **7. Discusión de resultados**

Existe una diferencia apreciable en la distribución de la precipitación diaria en los hietogramas generados mediante el método propuesto por INSIVUMEH y el método de Mendoza. Con el primer método la distribución temporal es mayor, dando lugar a un volumen de precipitación más repartido entre las diferentes columnas del hietograma (figura 2). Con el método de Mendoza, en cambio, la precipitación se concentra en un período de tiempo más corto, generando un episodio de unas 4 horas –puesto que el resto de bloques del hietograma presentan valores próximos a cero– (figura 7).

No obstante, los hietogramas generados por el método de Mendoza presentan una precipitación horaria máxima muy elevada, lo que provoca que la distribución no sea del todo correcta, especialmente para grandes periodos de retorno. Por ejemplo, para un período de retorno de 50 años en la estación de Puerto San José, la precipitación horaria máxima es de 300mm. Esto supone que un 90.5% del volumen diario de precipitación se concentra en una hora. Esto se debe a que se asume que un mayor periodo de retorno está vinculado, por un lado a un mayor volumen de precipitación diaria y, por otro lado a una mayor intensidad de precipitación. Tras el estudio de los episodios de lluvia de Guatemala se ha podido observar que un mayor volumen de precipitación (posiblemente asociado a fenómenos sinópticos) no corresponde a una mayor intensidad de precipitación, sino a una intensidad menor. Por este motivo se ha propuesto una modificación en el método de Mendoza, que implique que un mayor período de retorno (y por tanto un mayor volumen de precipitación) se asocie a una menor intensidad de precipitación. Esta modificación se explica con detalle en el apartado 4.

Los resultados obtenidos con esta nueva metodología han permitido generar hietogramas que encajan mejor en el régimen de precipitaciones que se da en Guatemala, con una duración igualmente acotada a unas pocas horas, pero con una distribución mayor en el caso de episodios con mayor volumen de precipitación (figura 10).



## **8. Conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos, se puede determinar que las curvas  $P_d/P_{24}$  determinadas con el método de Mendoza (Mendoza, 1994) representan mejor los episodios de corta duración, mientras que las curvas IDF de INSIVUMEH (INSIVUMEH, 2003) se ajustan mejor a los episodios que se extienden a lo largo de muchas horas o incluso días. Por otro lado, el método original de Mendoza presenta valores de intensidad máxima demasiado elevados, con lo cual se aconseja utilizar el método de Mendoza modificado, propuesto en el presente documento, para generar los hietogramas de diseño para el modelo hidrológico.

El presente estudio se debe considerar de carácter exploratorio. Consiste e una primera aproximación al estudio del comportamiento de los episodios de lluvia en las cuencas estudiadas, a través de la información de intensidad de lluvia y métodos estadísticos disponibles. Una sugerencia a raíz de los resultados obtenidos es dividir los eventos ciclónicos de los eventos convectivos, puesto que estos presentan distribuciones muy diferentes en el espacio y tiempo, siendo los ciclónicos constantes en intensidad y área mientras los convectivos son muy concentrados en ambas variables.

## **9. Referencias**

- CHOW V. T., 1988. Chow, V. T.; Maidment, D. R.; Mays, L. W. 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill International editions
- INSIVUMEH, 2003. Informe de intensidades de lluvia en Guatemala.
- Mendoza, J. C., 1994. Determinación de las relaciones temporales entre precipitación de 24 horas y precipitaciones horarias. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- PONCE, V. M., 1989. Ponce, V. M. Engineering hydrology. Principles and practices. New Jersey. Ed. Prentice Hall.

## Anexo I. Discretización de pluviogramas y aplicación de la metodología de Mendoza

En el siguiente Anexo se exponen los datos de intensidad de precipitación extraídos del estudio de los pluviogramas en las diferentes estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio (tabla AI.1). El tratamiento de los datos se ha realizado según la metodología propuesta por Mendoza (Mendoza, 1994). Durante el estudio de los pluviogramas se han discretizado los valores de precipitación diaria en períodos de tiempo menores. Se ha determinado la precipitación máxima de cada pluviograma para duraciones de 10', 20', 30', 1h, 2h, 3h, 6h y 12h.

**Tabla AI.1.** Datos disponibles en las estaciones pluviográficas de la zona de estudio.

Estación	Período de registro	Años de registro	Número de episodios estudiados	Umbral de precipitación considerado
Camantulul	1996-1997 2003-2011	10	29	100
INSIVUMEH	1990-2010	20	67	40
Puerto San José	1985-1989 2000-2011	15	51	60
Los Esclavos	2000-2010	10	28	40
Montufar	1990-1993 2000-2009	12	48	50

## Estación Camantulul

Episodios de precipitación estudiados en la estación de Camantulul, en mm.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
8/10/1996	20	37	50	100	124.8	127	133	134	134
27/9/1996	27	51	64	67	73.5	75	78.3	96	99.8
7/8/1996	18	33	40	50	85	97.2	130	140	140
12/4/1997	20	38	50	71.7	123	137.3	196.5	210.3	210.3
29/9/1997	10	15.3	17.3	21.4	27.5	39	58.9	88	99
16/8/2003	9.60	19.1	23.5	38.3	58.7	59.3	93.7	96.4	106.2
2/10/2003	21.30	45	56.9	75.3	96.1	125.5	134.2	134.2	134.2
6/6/2004	16.5	28.6	39.7	71	106.9	114.1	115.7	117.4	117.4
18/9/2004	23.4	40.9	51.3	84.4	106.1	116.3	116.5	116.5	116.5
23/10/2004	12	22.1	32.2	58.9	63.1	73.4	100.4	131.9	131.9
04/06/2005	11.2	32	44.7	63.5	88.6	100.7	105.5	110.9	110.9
09/06/2005	14.4	30	41.8	78.8	87.8	93.9	98.3	99.1	108.4
17/07/2005	10.3	19.2	26.2	41	65.7	96.6	115.3	116.1	116.1
29/09/2005	11.6	17.9	23.3	36	48.4	69.9	103.8	139.6	139.6
05/10/2005	6	9.3	15.3	21.4	32.2	48.6	88.4	144.1	204.6
26/06/2006	13.3	22.7	32.8	46.8	75.3	84.8	107.6	114.6	119.2
31/07/2006	19.1	32.3	41.9	68.4	115.9	150.9	165.4	180.3	180.5
10/09/2006	15.6	27.4	39.2	62.3	98	140	143.7	143.7	150.4
12/10/2006	14.85	27.7	35.5	64.4	96.4	101.6	109.6	109.8	109.8
11/11/2006	16.8	27.2	37.6	68.8	99.7	106.4	123.9	165.6	165.6
18/11/2006	16.3	28.2	38.6	50	57.9	61.5	66.6	66.8	66.8
04/04/2007	20.8	36	48.3	30.7	64.4	64.4	105.3	108.1	108.1
29/08/2007	23.8	50.3	60.5	79.6	91	94.3	101.6	105.3	105.3
21/10/2007	9.8	13.9	19.7	39.3	61.3	77.6	110.5	110.6	110.6
10/11/2007	15.3	28.1	40.2	62.3	102	103	103	103	103
15/10/2008	22.2	42.5	49.4	62.4	108.4	154.9	157.8	157.8	157.8
20/05/2009	19.4	37.3	52.2	73.5	101.6	102.3	103.4	103.4	103.4
30/05/2010	6.1	11.9	18	31.3	47	85.7	77.2	152.5	185.1
27/06/2010	23.9	38.8	56.3	87.3	115.2	116.9	119.5	119.5	147
04/09/2010	9.7	12.4	16.7	29	50.3	74.9	116	161.6	217.7

Valores anuales de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y volumen total en 24h para la estación Camantulul.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1996	0.27	0.51	0.64	0.75	0.93	0.95	0.99	1	140
1997	0.1	0.18	0.24	0.34	0.58	0.65	0.93	1	210.3
2003	0.16	0.34	0.42	0.56	0.72	0.94	1	1	134.2
2004	0.2	0.35	0.44	0.72	0.91	1	1	1	131.9
2005	0.13	0.28	0.4	0.7	0.73	0.8	0.91	0.99	204.6
2006	0.11	0.18	0.23	0.38	0.64	0.84	0.92	1.00	180.50
2007	0.23	0.48	0.57	0.76	0.99	1	1	1	110.6
2008	0.14	0.27	0.31	0.40	0.69	0.98	1.00	1.00	157.8
2009	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	103.4
2010	0.16	0.26	0.38	0.59	0.74	0.78	0.80	0.81	217.70

Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  para cada duración y año, asociados a su respectivo período de retorno T. Estación de Camantulul.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	T
1996	0.27	0.51	0.64	0.75	0.93	0.95	0.99	1	140	4
1997	0.1	0.18	0.24	0.34	0.58	0.65	0.93	1	210.3	28
2003	0.16	0.34	0.42	0.56	0.72	0.94	1	1	134.2	3
2004	0.2	0.35	0.44	0.72	0.91	1	1	1	131.9	3
2005	0.13	0.28	0.4	0.7	0.73	0.8	0.91	0.99	204.6	23
2006	0.11	0.18	0.23	0.38	0.64	0.84	0.92	1.00	180.50	12
2007	0.23	0.48	0.57	0.76	0.99	1	1	1	110.6	2
2008	0.14	0.27	0.31	0.40	0.69	0.98	1.00	1.00	157.8	6
2009	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	103.4	1
2010	0.16	0.26	0.38	0.59	0.74	0.78	0.80	0.81	217.70	34

Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y periodos de retorno escogidos en la estación de Camantulul.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	Tr
2009	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	103.4	1
2003	0.16	0.34	0.42	0.56	0.72	0.94	1	1	134.2	3
2008	0.14	0.27	0.31	0.40	0.69	0.98	1.00	1.00	157.8	6
2006	0.11	0.18	0.23	0.38	0.64	0.84	0.92	1.00	180.50	12
2005	0.13	0.28	0.4	0.7	0.73	0.8	0.91	0.99	204.6	23
1997	0.1	0.18	0.24	0.34	0.58	0.65	0.93	1	210.3	28
2010	0.16	0.26	0.38	0.59	0.78	0.80	0.81	0.74	217.70	34

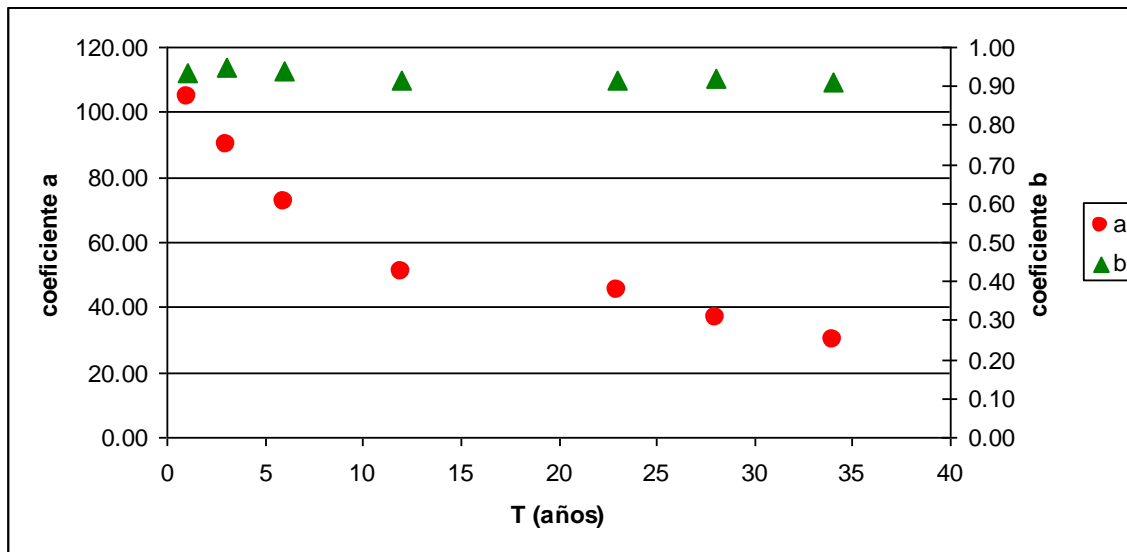
Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de menor a mayor.

Tr	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1	0.10	0.18	0.23	0.34	0.58	0.65	0.80	0.81	1.00
3	0.11	0.18	0.24	0.38	0.64	0.78	0.91	0.99	1.00
6	0.13	0.26	0.31	0.40	0.69	0.80	0.92	1.00	1.00
12	0.14	0.27	0.38	0.56	0.72	0.84	0.93	1.00	1.00
23	0.16	0.28	0.40	0.59	0.73	0.94	1.00	1.00	1.00
28	0.16	0.34	0.42	0.70	0.74	0.98	1.00	1.00	1.00
34	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Camantulul.

T	Ecuación	r
1	$P_d/P_{24} = \frac{d}{104.8 + 0.935 \cdot d}$	0.981
3	$P_d/P_{24} = \frac{d}{89.83 + 0.948 \cdot d}$	0.968
6	$P_d/P_{24} = \frac{d}{72.43 + 0.939 \cdot d}$	0.977
12	$P_d/P_{24} = \frac{d}{50.75 + 0.916 \cdot d}$	0.966
23	$P_d/P_{24} = \frac{d}{45.25 + 0.914 \cdot d}$	0.974
28	$P_d/P_{24} = \frac{d}{37 + 0.920 \cdot d}$	0.980
34	$P_d/P_{24} = \frac{d}{30.01 + 0.913 \cdot d}$	0.964

Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al período de retorno **T**.



Ecuación final

$$P_d/P_{24} = \frac{d}{111.45 \cdot T^{-0.3} + 0.926 \cdot d}$$

**Estación INSIVUMEH**

Episodios de precipitación estudiados en la estación de INSIVUMEH

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1.8.90	6.1	9.6	13.5	19.6	22	25.7	31.2	39.8	40.5
4.7.91	13.2	24.8	34.4	45.8	49.1	49.2	54.6	59.5	59.5
26.6.91	19.1	28.7	33.4	41	44.5	47.8	50.2	63.3	65.3
22.9.91	4.5	8.2	9.7	11.4	14.7	21.6	32.2	39.1	43.8
25.6.92	9.8	13.2	19.1	23.6	38	38.5	41.7	41.7	41.7
26.6.92	16.9	25	35.8	51.8	55.9	56.7	56.9	59.2	59.2
2.7.92	7.5	14.1	15.2	17.2	18.7	23.3	37.2	44.6	44.6
16.6.93	2.8	4.4	6.4	12.8	18.6	22.6	42.6	46.8	47.8
9.9.93	10	17.4	23.4	27.8	35.4	37.2	39.7	44.4	44.4
27.9.93	10.2	16.2	20.4	34.1	48.8	53.6	59.7	60.8	60.8
24.6.94	11.6	15.6	19	27	27.2	27.2	27.2	27.2	27.2
4.7.94	14	17.2	23.8	25	39.2	41	43.5	43.5	43.5
9.6.95	8.5	10.6	16.6	21.9	31.5	37.6	37.8	45.1	67.1
25.6.95	8	12.6	14.9	25.2	25.6	29.5	38	57.2	57.8
24.8.95	10.2	13.8	16.1	18.7	24.6	24.8	24.8	24.8	24.8
24.9.95	19.1	29.4	36.9	45.4	45.9	46.6	52.6	53.2	53.2
28.9.96	7.5	12.8	15.5	18.2	26.1	28.1	40.1	43.5	43.5
23.7.96	4.5	8.1	11.9	18.2	22	22.2	22.2	40.3	40.3
21.6.96	12.1	20.2	25.9	35.6	48.5	51.7	56.7	61.4	61.4
28.8.97	10	14.9	20	30	36.5	37	37.2	37.2	37.2
17.6.98	10.1	19.7	25.8	36.5	37	37.8	40.5	40.5	40.5
9.10.98	6.2	8.8	11.7	20.4	31.4	34	50.1	51.8	52
1.9.99	9	16.1	22.6	39.1	54.7	55.6	55.6	55.6	56.9
21.9.99	16.7	26.7	35.5	44.7	47.8	48	52.7	66.3	66.9
4.8.99	10.7	11.5	12.7	18.6	28.3	40.6	42.1	42.1	42.1
13.9.2000	6.3	12.3	19.6	27.5	27.9	29.8	30.4	30.4	30.4
13.6.2000	8.1	10.6	16.6	26.6	38.3	44.3	56.4	73.9	73.9
18.5.2000	6.8	15.6	21.6	28.9	38.9	43.2	52.1	52.3	52.3
22.8.2001	6.5	10.1	13.9	14.4	22.1	23.8	29.7	32	32
31.5.2001	9.5	14.3	18.6	27.9	28.8	43.1	47	49.2	51.8
21.11.2002	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>27.1</b>	<b>36.2</b>	<b>44.3</b>	<b>44.3</b>
5.9.2003	17.3	21.9	22.8	23.4	23.6	25.1	33.7	39.2	39.2
20.9.2003	6.6	6.8	6.8	13.3	24.2	29.9	31.8	46.7	46.7
28.5.2003	4.4	8	10.3	18	33.4	41.8	42.8	42.8	42.8
23.6.2003	8.8	14.7	21.5	24.6	24.6	24.9	37.9	39.6	40.4
2.6.2004	8	15	21.5	34.5	49.7	49.8	49.8	56.6	56.6
21.6.2004	7.9	14.9	20.7	27	32.8	34.7	42.4	43.2	43.2
19.8.2005	15.8	23.1	27.8	33.5	38.1	40.9	47.5	48.1	48.1
12.7.2005	13.2	20.7	23.5	33.9	48.6	62	81.4	84.1	84.3
16.7.2005	16.5	30.2	33.2	38.6	51.8	70.1	91	102.5	102.5
2.10.2005	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>18.9</b>	<b>18.9</b>	<b>27.8</b>	<b>37.1</b>	<b>47.8</b>
22.9.2005	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>25.4</b>	<b>34.9</b>	<b>40.8</b>

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
21.6.2005	30.3	50.5	50.5	50.5	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6
14.6.2005	19.4	29.1	38.8	69	69	68	68	69.5	69.5
13.6.2006	10.9	20.1	26.4	39.3	39.8	39.8	56.2	56.2	56.2
14.6.2006	2.5	5	6	10.5	14.4	21.6	32.9	37.8	37.8
25.6.2006	14	27	33.5	53.1	61.8	76.2	83.6	110.5	112.2
2.10.2006	18.6	18.6	27.9	37.2	37.2	46.5	46.5	46.5	46.5
8.10.2006	9.3	18.5	27.5	36.8	46	46	47.3	47.3	47.3
23.7.2006	9	17.9	23.8	32.8	41.9	44	44	44	44
30.7.2006	9	9	9	18	18	26.8	43.8	52.9	61
6.10.2006	9.2	9.2	18.4	18.4	36.8	36.8	46.1	73.1	110.2
13.8.2007	3.5	7	7.5	9.5	17	23	30.8	42.8	42.8
26.8.2007	10.1	17.1	18.6	19	22.9	26.3	27.7	52.2	52.7
27.8.2007	11.2	13.2	18	25.7	27.4	41.1	41.3	49.6	50.2
18.7.2007	10.1	20.2	24.8	33.3	41.4	42.9	43.6	63.4	64.1
23.8.2007	10.2	10.2	10.2	20.4	20.4	20.4	40.5	53.1	53.1
20.6.2007	19	23.1	23.1	32.6	32.6	32.6	43.4	43.4	43.4
22.9.2008	8	15	17.9	27.3	41	42.8	44.9	44.9	44.9
27.9.2008	6	11.4	15.9	27.8	33.4	38.4	52.2	55.1	59.7
14.7.2008	5.5	10.3	13.9	27.2	34.3	38.3	41.1	49	49.4
3.9.2010	2.1	3.9	4.8	8.8	14.1	18	20.9	26.8	43.3
27.8.2010	11.8	23.1	27.1	40	52.9	57.6	59	80	81.5
11.7.2010	7.5	11.2	15.4	26.4	39.9	48.9	62.7	62.7	63.2
12.7.2010	5.2	9.2	14.5	27.6	39.7	43.7	49.7	52.9	52.9
15.6.2010	8.7	16	18.3	32.9	42.6	43.6	45.8	48	48
16.6.2010	10.7	19.2	25.7	34.8	42.7	44.6	45.6	48	48

Valores anuales de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y volumen total en 24h para la estación INSIVUMEH.

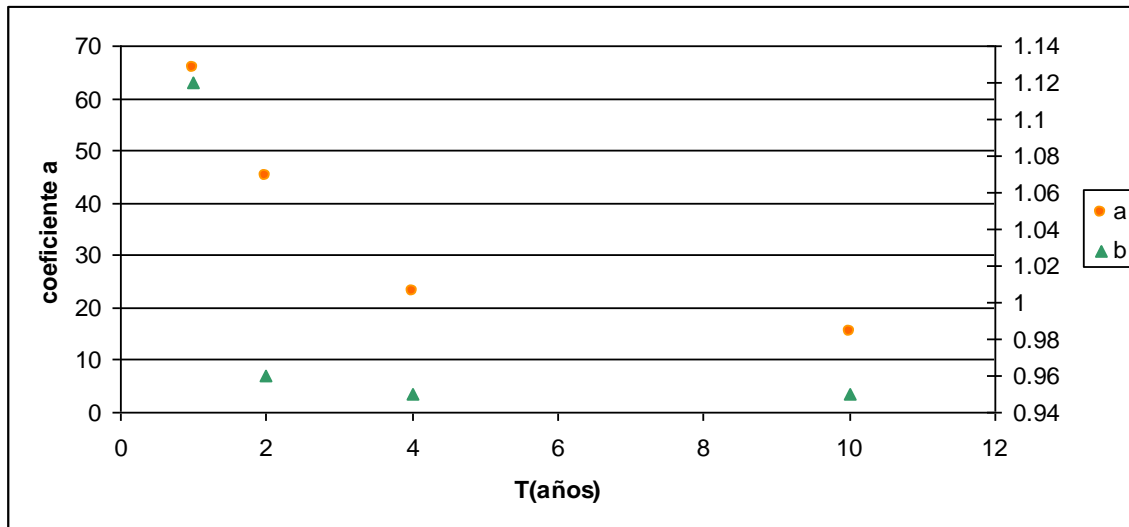
	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1990	0.15	0.24	0.33	0.48	0.54	0.63	0.77	0.98	40.5
1991	0.29	0.44	0.58	0.77	0.83	0.83	0.92	0.97	65.3
1992	0.29	0.42	0.6	0.88	0.94	0.96	0.96	1	59.2
1993	0.17	0.39	0.53	0.56	0.8	0.88	0.98	1	60.8
1994	<b>0.32</b>	<b>0.4</b>	<b>0.55</b>	<b>0.9</b>	<b>0.94</b>	<b>0.99</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>43.5</b>
1995	<b>0.36</b>	<b>0.55</b>	<b>0.69</b>	<b>0.85</b>	<b>0.86</b>	<b>0.88</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>67.1</b>
1996	0.2	0.33	0.42	0.58	0.79	0.84	0.92	1	61.4
1997	0.27	0.4	0.54	0.81	0.98	0.99	1	1	37.2
1998	0.25	0.49	0.64	0.9	0.91	0.93	0.96	1	52
1999	0.25	0.4	0.53	0.67	0.96	0.98	0.98	0.99	66.9
2000	0.11	0.3	0.41	0.55	0.6	0.74	0.76	1	73.9
2001	0.18	0.28	0.36	0.54	0.56	0.83	0.91	0.95	51.8
2002	0.2	0.2	0.2	0.41	0.41	0.61	0.82	1	44.3
2003	0.44	0.56	0.58	0.61	0.78	0.98	1	1	46.7
2004	0.14	0.34	0.38	0.61	0.88	0.88	0.88	1	56.6
2005	0.5	0.83	0.83	0.89	0.98	0.99	0.99	1	102.5



	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
2006	0.3	0.36	0.4	0.47	0.55	0.68	0.75	0.98	112.2
2007	0.39	0.44	0.52	0.53	0.65	0.67	0.68	0.99	64.1
2008	0.18	0.33	0.4	0.47	0.87	0.91	0.92	0.95	59.7
2010	0.14	0.28	0.33	0.49	0.99	0.65	0.98	0.71	81.5

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de INSIVUMEH.

T	Ecuación	r
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{65.65 + 1.12 \cdot d}$	0.968
2	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{45.2 + 0.96 \cdot d}$	0.974
4	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{23.1 + 0.95 \cdot d}$	0.983
10	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{15.3 + 0.95 \cdot d}$	0.984



Comportamiento de los coeficientes a y b en relación al periodo de retorno T.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{66.5 \cdot T^{-0.664} + 0.995 \cdot d}$$

## Estación Los Esclavos

Episodios de precipitación estudiados en la estación de Los Esclavos

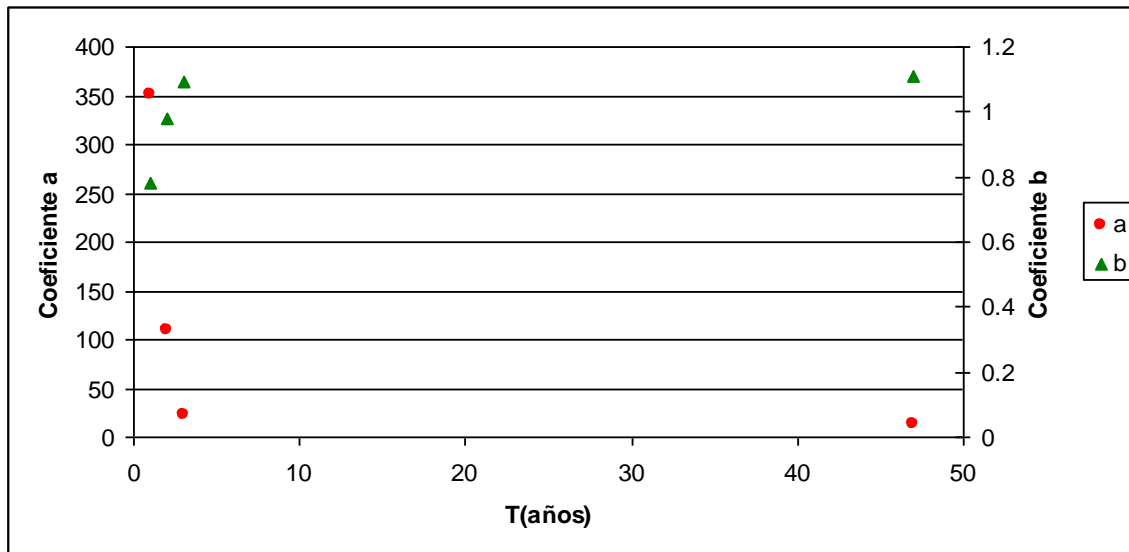
	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
4.9.00	9.3	9.3	9.3	9.3	19.7	19.7	17.9	21.4	30.7
28.8.00	9.1	18.2	27.3	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2
19.8.00	9.1	18.2	27.3	45.5	54.6	54.6	54.6	72.1	72.1
14.8.00	9	18	18	20.8	29.8	48	49.2	49.2	51.5
6.6.00	25	25	34	34	43	47.8	47.8	47.8	47.8
7.6.00	9	18	24	32.7	32.7	33	33	33	33
6.6.00	8.6	8.6	17.2	25.8	25.8	28.8	37.4	54.3	54.3
24.5.01	9.7	9.7	9.7	19.4	19.4	29.1	35.6	54.6	54.6
4.9.2003	9.5	16	21.8	29.5	30.9	32.4	41.4	41.4	41.4
6.9.2003	13	24.7	31.4	50.2	52.6	52.8	53	53	53
18.7.2003	9.4	18.8	28.2	30.2	32.8	35.8	47.4	47.7	47.7
25.5.2003	11.1	20.7	26.5	37.4	52.8	52.8	58.4	58.4	58.4
17.9.2004	10	15	20.3	39.3	53.3	57.4	61.7	78.2	78.2
19.8.2004	16.6	20.3	20.3	21.9	21.9	21.9	40.9	42.8	42.8
14.5.2004	10.9	20.2	23.6	30.1	30.9	31.6	33.2	33.2	33.2
27.4.2004	8.1	15.1	20.1	35.2	35.2	35.2	40.7	45.6	45.6
30.6.05	10	10	10	10	10	20	20	30	40
11.9.07	19.7	29.9	29.9	39.1	39.1	39.1	49.3	49.3	49.3
22.9.07	9.9	19.8	27.9	27.9	27.9	27.9	49.9	65.9	65.9
22.8.07	10.2	10.2	10.2	20.4	20.4	20.3	25.5	30.5	45.9
3.6.2008	5.3	6.4	9.5	17.9	23.5	32.2	48	63	63
19.9.09	16.5	24.3	45.9	52.4	52.9	53.1	53.1	53.1	53.1
25.9.09	10.4	16.9	20.5	30.6	44	44	51.7	53.5	53.5
18.8.09	13.8	14.9	15	16.7	18.9	20.3	34.4	46.3	46.6
10.7.09	13.5	20.9	29	43.7	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3
7.7.09	10.7	20.5	29	30.4	34.3	35.5	40.5	48	48.2
26.5.10	10.2	17.6	20.9	27.2	36.5	39.8	45.7	45.7	51
29.5.10	9	12.1	17.7	28.3	44.3	53	86.4	126.3	163.3

Valores anuales de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y volumen total en 24h para la estación Los Esclavos.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
2000	0.52	0.52	0.71	0.63	0.76	0.76	0.76	1	72.1
2001	0.18	0.18	0.18	0.36	0.36	0.53	0.65	1	54.6
2003	0.25	0.47	0.59	0.95	0.9	0.9	1	1	58.4
2004	0.39	0.47	0.71	0.5	0.68	0.73	0.79	1	78.2
2005	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.75	40
2007	0.4	0.61	0.61	0.79	0.79	0.79	0.76	1	65.9
2008	0.08	0.1	0.15	0.28	0.37	0.51	0.76	1	63
2009	0.31	0.46	0.86	0.99	1	1	1	1	53.5
2010	0.2	0.35	0.41	0.17	0.27	0.32	0.53	0.77	163.3

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Los Esclavos.

T	Ecuación	R <sup>2</sup>
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{351.75 + 0.78 \cdot d}$	0.964
2	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{110.23 + 0.98 \cdot d}$	0.898
3	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{22.74 + 1.09 \cdot d}$	0.921
47	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{13.23 + 1.11 \cdot d}$	0.877



Comportamiento de los coeficientes a y b en relación al período de retorno T.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{1637.21 \cdot T^{3.89} + 0.99 \cdot d}$$

## Estación Montufar

Episodios de precipitación estudiados en la estación de Montufar

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1.4.90	14.5	21.3	26.3	49.2	45.2	56.1	59.9	59.9	59.9
19.4.90	20.3	30.6	38.3	43.8	47.8	48	54.8	54.8	54.8
30.5.90	10.4	20.4	26.6	37	54	56.7	56.7	56.7	56.7
23.6.90	19.4	33.1	42.8	56.9	59.1	61	61	61	61
15.7.90	21.9	37.1	46	62.4	65.9	66.2	66.2	66.2	66.2
15.10.90	9.8	19.5	29.2	37.6	39.3	40.6	61.8	65.2	65.2
18.6.91	16	30	45	72.2	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3
15.6.91	12.3	22.3	32.4	41.6	44.3	45.4	48.2	48.2	48.2
23.3.92	12.8	25.8	35.6	43.6	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4
5.7.92	10.2	21.4	27.4	38.9	42.6	42.2	47.8	50.6	50.6
13.4.93	19.8	29.8	39.4	48.6	59.6	59.7	59.7	59.7	59.7
13.5.93	9.8	16.6	19.8	30.2	45.4	65.7	66.4	69.4	69.4
10.6.93	6.6	9.7	13.7	23.4	36.4	46.6	70.5	92.7	93.5
13.6.93	9.6	17.4	25.2	31.8	49.7	58.7	65.9	65.9	65.9
5.11.00	9.4	14.3	17.7	20.8	21.2	22.4	43.5	66.8	66.8
3.10.00	9.3	15.6	20.9	25.8	37.5	44.8	48.5	51	52.3
29.9.00	13.3	21.5	28.4	37.9	39.8	40.2	40.8	40.8	40.8
5.6.00	12.8	22.7	30.1	38	38.9	42.5	43	43	43
6.9.00	7.5	13.8	22	31.4	53.8	73.5	87.4	88.2	88.2
1.3.01	9.5	19	28.5	42	53	54.2	54.4	54.4	54.4
25.5.01	19	28.5	41.2	51.1	77.1	81	105.2	113.9	113.9
3.6.01	10.1	28	34.3	47.5	55.5	57.5	69.1	81.5	97.5
16.9.01	6.3	11.4	13.7	25.8	28.8	31.8	48.1	51.1	51.5
31.5.2002	18.3	27.6	33.6	56.1	94.2	104.3	131	199.9	199.9
1.6.2002	4.5	9.2	12.5	29.1	57.4	70.1	101.9	102.4	102.4
4.6.2002	7.3	13.8	20.8	38.6	48.3	50.6	65.9	72.6	72.6
18.7.2002	14.5	23.9	33.2	43.5	50.9	50.9	55.4	56.2	56.2
18.7.03	19.2	31.1	35.3	38.6	39.4	41.1	41.5	41.5	41.5
13.8.03	16.4	27.9	37.4	57.9	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4
23.9.03	9.4	16.3	19.4	24.5	36.6	43	45.5	45.6	46.3
13.5.04	12	22	26.5	30.1	30.1	30.1	51.7	62.9	62.9
1.9.04	9.3	17.3	25.4	47.8	58.7	59.1	59.1	59.1	59.1
29.9.04	18.4	26.6	28.6	35.8	45.5	47.9	49.8	51	51
27.9.04	9.6	19.2	26	35	35.6	47.5	57.6	78	78.2
2.10.2005	9.5	15.5	21.5	35.6	52.3	62.1	82.9	136.2	146.5
3.10.2005	9.5	18.9	23.9	31.4	41.6	41.8	52.7	57.2	84
4.10.2005	10.9	17	21.4	21.7	36.3	41.5	72.9	100.1	178.3
18.9.2005	14.6	23.9	42.4	62.9	80.8	95	129.5	134	134
7.6.2005	15.3	28	33.3	64.9	76.9	83.8	88.4	101	101
14.10.07	10.5	20.9	28	43.7	47.2	49	62.4	75.9	75.9
18.10.07	19.3	34.3	42.1	60.7	100	139.5	213.6	216.2	221.7
22.9.07	10.1	16.7	25.2	26	40.6	64.9	69.9	69.9	69.9
1.6.08	9.4	18.7	26.1	31.1	37.9	41.6	56.6	88.6	138.3

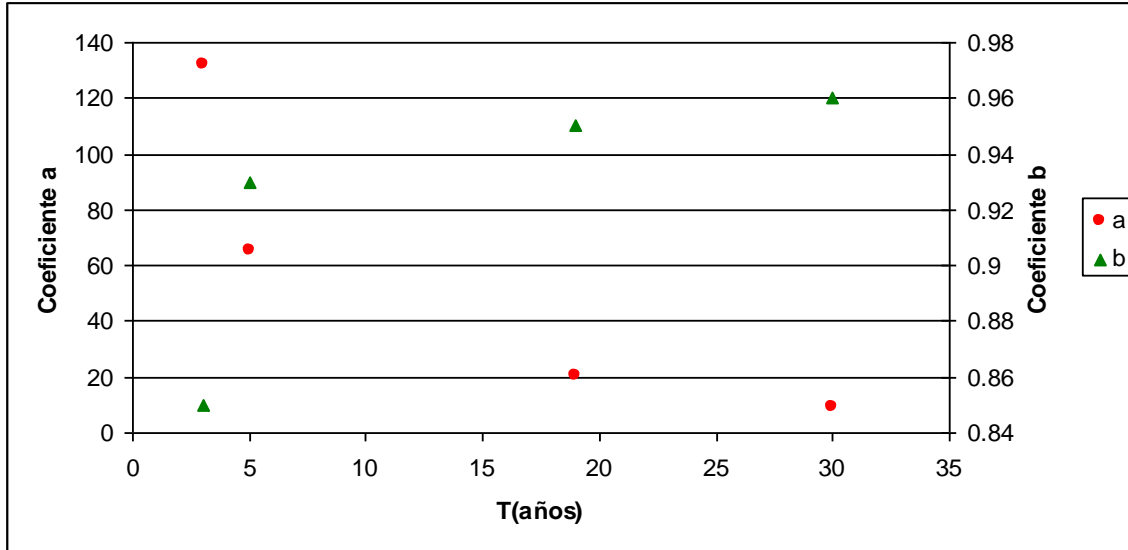
	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
3.6.08	18.3	23.4	31.9	36.6	48.2	60.7	71	82.5	83.4
23.5.08	15	25.8	36.3	52	56.1	56.1	62	64.2	64.2
19.8.09	21.7	42.1	61.5	68.6	71.3	73.1	73.6	73.6	73.6
16.6.09	19.8	38.6	61.1	100.5	134.9	137.8	139.8	139.8	139.8
26.6.09	12.9	23.5	45.5	53.3	56.7	57.4	57.4	57.4	57.4

Valores anuales de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y volumen total en 24h para la estación Montufar.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1990	0.33	0.56	0.69	0.94	1	1	1	1	66.2
1991	0.21	0.4	0.6	0.96	1	1	1	1	75.3
1992	0.27	0.54	0.75	0.92	1	1	0.94	1	50.6
1993	0.33	0.5	0.66	0.81	1	0.95	0.75	0.99	93.5
2000	0.33	0.53	0.7	0.88	0.61	0.83	0.99	1	88.2
2001	0.17	0.25	0.36	0.45	0.68	0.71	0.92	1	113.9
2002	0.09	0.14	0.17	0.28	0.47	0.52	0.66	1	199.9
2003	0.46	0.75	0.57	0.89	1	1	1	1	65.4
2004	0.36	0.52	0.56	0.81	0.99	1	1	1	78.2
2005	0.15	0.28	0.32	0.64	0.6	0.71	0.97	0.93	146.5
2007	0.09	0.15	0.19	0.27	0.45	0.63	0.96	0.98	221.7
2008	0.22	0.4	0.57	0.81	0.87	0.73	0.85	0.64	138.3
2009	0.29	0.57	0.84	0.72	0.96	0.99	1	1	139.8

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Montufar.

T	Ecuación	r
3	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{131.95 + 0.85 \cdot d}$	0.9914
5	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{65.58 + 0.93 \cdot d}$	0.992
19	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{20.73 + 0.95 \cdot d}$	0.982
30	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{8.97 + 0.96 \cdot d}$	0.9746



Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al período de retorno **T**.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{482.53 \cdot T^{-1.19} + 0.92 \cdot d}$$

## Estación Puerto San José

Episodios de precipitación estudiados en la estación de Puerto San José

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1-Nov-85	14	23	27.6	38.3	44.7	49.6	53.7	95.7	124
19-Jul-85	18.6	37.2	44.7	63.5	64.1	64.1	65	65.5	65.5
16-Oct-86	14.6	27.1	33.8	50.6	54.4	55.4	70.3	70.3	70.3
24-May-87	14.9	23	31.9	44.2	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4
19-Jul-87	16.4	25.4	33.4	51.5	59	64.3	65.8	65.8	65.8
20-Jun-88	17	32	39.5	48.5	59.2	68.2	95.2	100.7	100.7
13-Aug-88	17.1	35.2	41.1	60	87.1	93.1	101	104.9	104.9
14-Aug-88	10.1	19.6	29.2	55	79	88.4	91.9	104.5	114.4
24-Sep-89	16.5	25.5	32.9	54.2	62	104.3	119.8	146.7	154.9
23-Sep-89	9.8	15.8	22.4	43.5	50	74.3	88.8	157.5	158.9
27-Jul-89	19	28.5	31.4	43.5	70.5	81	127.9	154.2	154.2
2-Oct-00	13.3	22.8	31	61.3	77.3	82.6	101.5	113.3	114
7-Sep-00	13.2	22.2	24.5	37	53.7	59.5	70.9	73.4	73.4
29-Sep-00	17.2	27.3	37.8	57.2	72.9	74.7	74.7	83.7	83.7
29-May-00	20.6	41.1	58.7	91.5	101.1	107.1	108.5	108.5	108.5
2-Jun-01	1.8	3	4.1	6.7	13.2	18.9	36.2	40.7	43.2
20-Sep-02	11.8	19.9	21	27	36.1	52.4	68.7	74.8	89.7
28-May-02	22.3	41.2	48.6	57.9	66.3	81.6	82	82	82
30-May-02	13.4	21	30.2	47.3	57.6	71.2	81.9	85.3	88.7
24-Oct-03	16	28.5	37.8	62.5	66.3	68.8	72.6	72.6	72.6
15-Jun-03	4.5	7.3	9.5	15	19.3	28.8	51.2	56.4	56.4
19-Jun-03	6.5	7.9	8.5	14	24.4	32.4	41.3	51.8	52
22-Oct-04	16	23.5	28.2	34.5	42.2	54.7	68.7	87.7	87.7
17-Sep-04	16.2	28.1	37.5	65.2	75.2	76.9	84.4	84.6	84.6
3-Oct-04	15.7	28.5	38.7	54.6	61.3	61.3	61.3	93.2	93.2
30-Oct-04	9.5	16	18.5	28.5	39.7	43.5	73	78.1	78.1
2-Oct-05	9.8	17.4	22.4	38.1	45.4	50.9	65.3	85.6	155.2
4-Oct-05	10.4	19.4	27.3	39.8	52	58.3	80.54	110.14	191.8
6-Nov-05	7.3	10.4	17.9	19.2	20.1	23.7	45.2	62.2	64.4
10-Oct-05	19.2	36.6	46.1	56.6	62.6	73.7	87.9	90.5	90.5
20-Jul-05	20.1	29.8	44	49.1	60.5	63.1	92.3	92.3	92.3
5-Jun-05	15.8	22.7	29	56.2	89.7	121.5	132.5	132.5	132.5
11-Nov-06	5.5	10.1	14.2	17.8	18.8	18.8	27.2	57.1	63.4
27-Sep-08	12.9	19.3	22.1	35.9	40.1	42.2	42.7	72.1	76.9
26-Aug-08	27.2	46.4	65.6	97	133.9	139	147.2	147.2	147.2
17-May-08	21.6	27.6	33.6	47	47.2	47.5	47.5	47.5	89.9
6-Nov-09	9.6	19.2	28.8	35.8	39.3	42	72.9	73.9	78.9
4-Nov-09	9.5	15.1	18.5	28.9	34.6	46.7	56.6	69.8	69.8
6-Sep-09	9.6	13.8	15.2	19.8	30.8	39.1	55.8	101.9	151.5
2-Sep-10	9.7	19.4	25.7	32.1	42.4	49.4	65.5	65.9	74.9
3-Sep-10	8.4	11.8	16.6	19.4	32.7	38.7	54.9	87.6	104.1
24-Sep-10	22.4	38.8	48.9	66.8	74.5	75.4	79.6	83.6	83.6
28-Sep-10	9.7	19.4	29.1	40	54.3	56.1	59.5	69.7	90.8

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
29-Sep-10	9.2	14.5	18.9	26.5	39.2	52.9	79.8	113.7	161.2
18-Aug-10	10.4	20.7	28.2	36.8	41.3	57.9	98.3	180.7	185.2
20-Aug-10	10.8	19.9	24.4	35	53.5	70.4	95.8	103.9	140.8
16-Jun-10	7.5	12.2	13.3	22.8	33.8	46.1	60.1	61	61
28-May-10	22	34.3	40.1	62.4	84.5	103	134.1	159.2	170.5
11-Oct-11	9.5	13.5	19	28.5	47.5	66.5	116.8	199	251.1
18-Oct-11	9.6	11.2	13.6	23.4	38.4	41.2	77.6	94.7	101.4
17-Sep-11	19.6	29.5	39.1	58.5	82.8	104.7	105.7	105.7	105.7

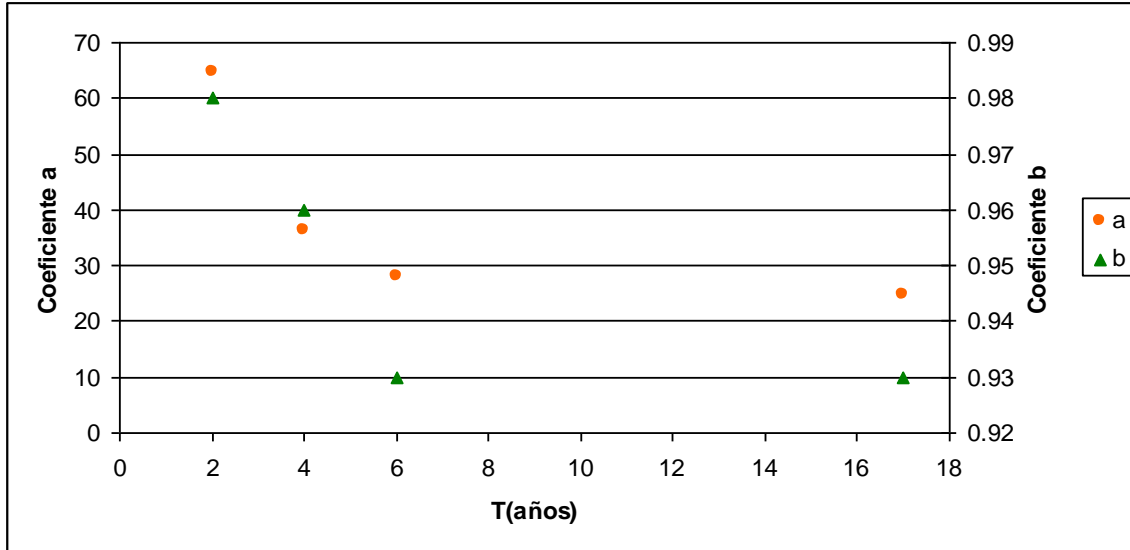
Valores anuales de la relación  $P_d/P_{24}$  para las diferentes duraciones y volumen total en 24h para la estación Puerto San José.

	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1985	0.28	0.57	0.68	0.97	0.98	0.98	0.99	0.77	124
1986	0.21	0.39	0.48	0.72	0.77	0.79	1	1	70.3
1987	0.25	0.39	0.51	0.78	0.9	0.98	1	1	65.8
1988	0.16	0.34	0.39	0.57	0.83	0.89	0.96	1	114.4
1989	0.12	0.18	0.21	0.35	0.46	0.67	0.83	0.99	158.9
2000	0.19	0.38	0.54	0.84	0.93	0.99	1	0.99	114
2001	0.04	0.07	0.09	0.16	0.31	0.44	0.84	0.94	43.2
2002	0.27	0.5	0.59	0.71	0.81	1	1	0.96	89.7
2003	0.22	0.39	0.52	0.86	0.91	0.95	1	1	72.6
2004	0.19	0.31	0.42	0.77	0.89	0.91	1	1	93.2
2005	0.22	0.4	0.51	0.63	0.68	0.92	1	1	191.8
2006	0.09	0.16	0.22	0.28	0.3	0.3	0.43	0.9	63.4
2008	0.18	0.32	0.45	0.66	0.91	0.94	1	1	147.2
2009	0.12	0.24	0.37	0.45	0.5	0.67	0.92	0.67	151.5
2010	0.27	0.46	0.58	0.8	0.5	0.6	0.79	0.98	185.2
2011	0.19	0.28	0.37	0.55	0.78	0.99	0.47	0.79	251.1

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Puerto San José.

T	Ecuación	R <sup>2</sup>
2	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{64.8 + 0.98 \cdot d}$	0.9793
4	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{36.39 + 0.96 \cdot d}$	0.9844
6	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{27.98 + 0.93 \cdot d}$	0.9878
17	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{24.84 + 0.93 \cdot d}$	0.98





Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al período de retorno **T**.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{93 \cdot T^{-0.59} + 0.95 \cdot d}$$

## Anexo II. Aplicación de la metodología de Mendoza modificada

## Estación Camantulul

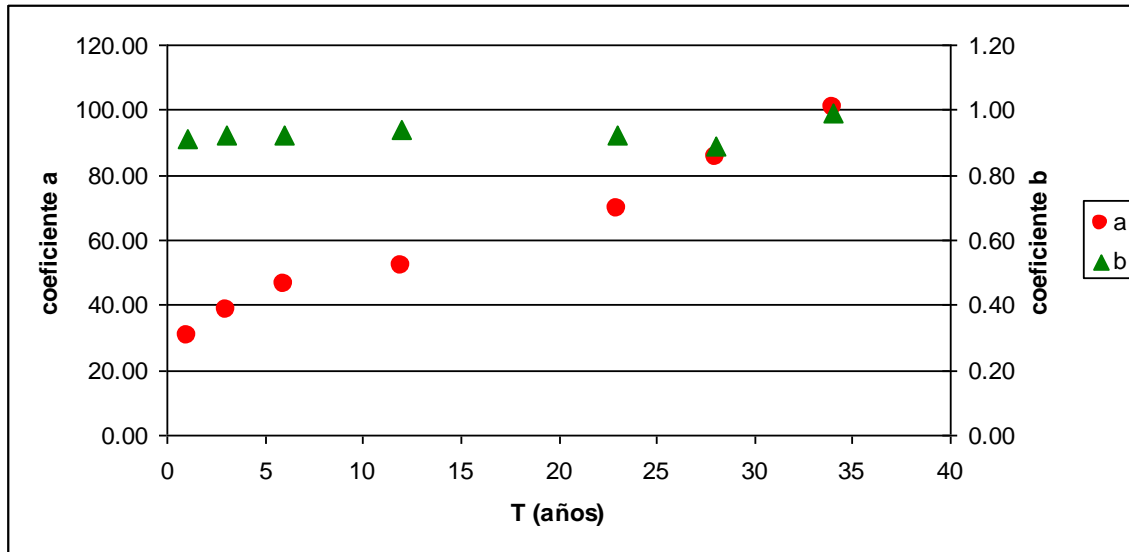
Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de mayor a menor.

Tr	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1	0.19	0.36	0.50	0.71	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00
3	0.16	0.34	0.42	0.70	0.74	0.98	1.00	1.00	1.00
6	0.16	0.28	0.40	0.59	0.73	0.94	1.00	1.00	1.00
12	0.14	0.27	0.38	0.56	0.72	0.84	0.93	1.00	1.00
23	0.13	0.26	0.31	0.40	0.69	0.80	0.92	1.00	1.00
28	0.11	0.18	0.24	0.38	0.64	0.78	0.91	0.99	1.00
34	0.10	0.18	0.23	0.34	0.58	0.65	0.80	0.81	1.00

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Camantulul.

T	Ecuación	r
1	$P_d/P_{24} = \frac{d}{30.47 + 0.91 \cdot d}$	0.979
3	$P_d/P_{24} = \frac{d}{38.44 + 0.92 \cdot d}$	0.985
6	$P_d/P_{24} = \frac{d}{46.6 + 0.92 \cdot d}$	0.991
12	$P_d/P_{24} = \frac{d}{51.9 + 0.94 \cdot d}$	0.998
23	$P_d/P_{24} = \frac{d}{69.69 + 0.92 \cdot d}$	0.994
28	$P_d/P_{24} = \frac{d}{85.37 + 0.89 \cdot d}$	0.995
34	$P_d/P_{24} = \frac{d}{100.8 + 0.99 \cdot d}$	0.993

Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al período de retorno **T**.



Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{23.36 \cdot T^{0.386} + 0.93 \cdot d}$$

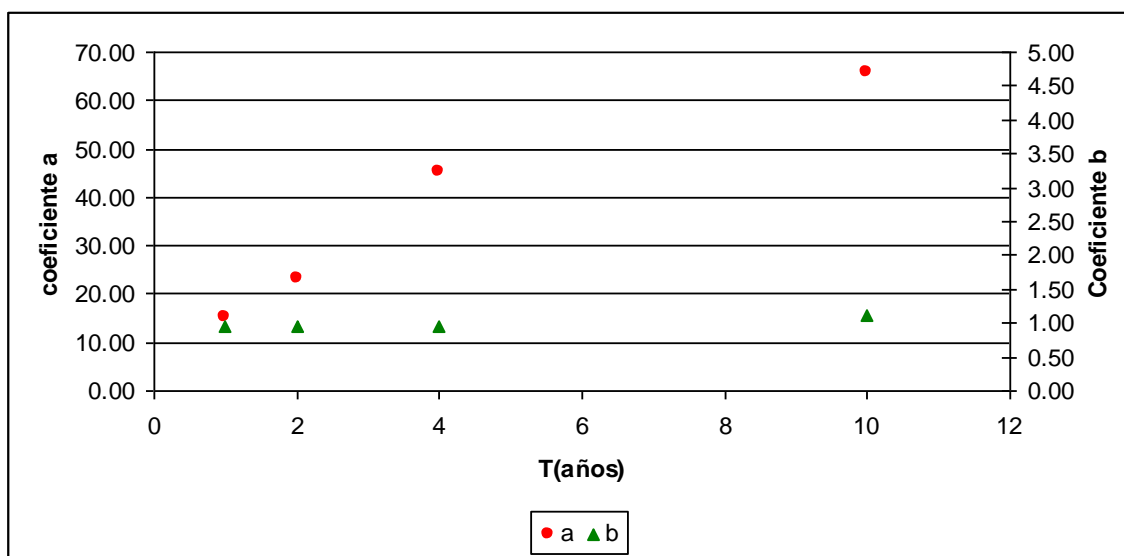
## Estación INSIVUMEH

Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de mayor a menor.

Tr	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1	0.36	0.55	0.69	0.9	0.99	0.99	1	1	1
2	0.32	0.4	0.55	0.85	0.88	0.94	0.99	0.99	1
4	0.3	0.36	0.4	0.49	0.68	0.86	0.98	0.98	1
10	0.14	0.28	0.33	0.47	0.55	0.65	0.71	0.75	1

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de INSIVUMEH.

T	Ecuación	r
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{15.3 - 0.95 \cdot d}$	0.9838
2	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{23.1 + 0.95 \cdot d}$	0.9834
4	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{45.2 + 0.96 \cdot d}$	0.9742
10	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{65.65 + 1.12 \cdot d}$	0.9678



Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al periodo de retorno **T**.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{17.39 \cdot T^{0.58} + d}$$

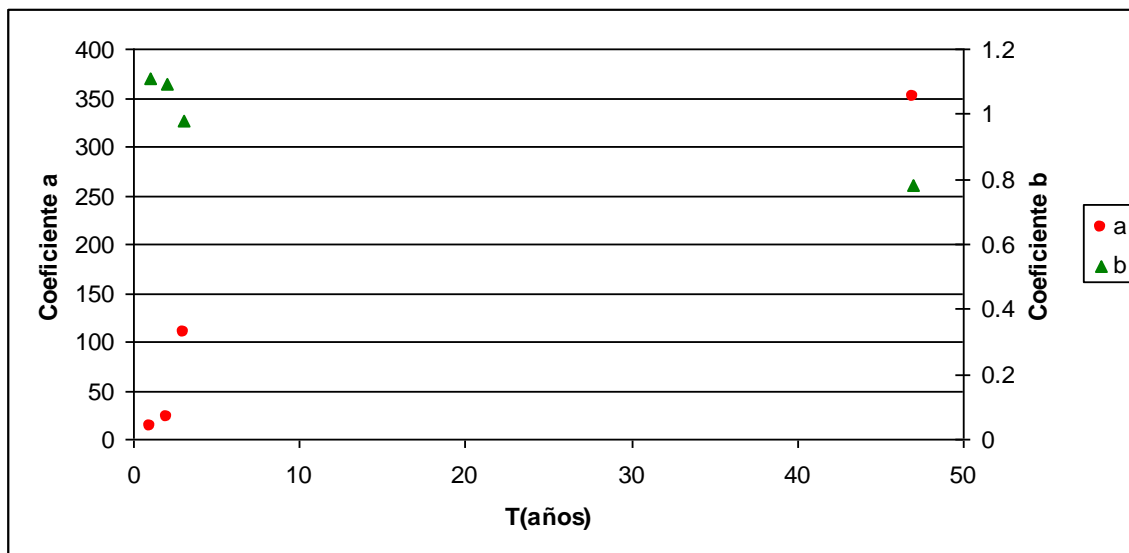
## Estación Los Esclavos

Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de mayor a menor.

Tr	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1	0.52	0.52	0.63	0.71	0.76	0.76	0.79	1	1
2	0.39	0.47	0.5	0.68	0.71	0.73	0.76	1	1
3	0.2	0.35	0.36	0.36	0.41	0.53	0.65	1	1
47	0.17	0.18	0.18	0.18	0.27	0.32	0.53	0.77	1

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Los Esclavos.

T	Ecuación	r
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{13.23 \cdot 1.11 \cdot d}$	0.8765
2	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{22.74 + 1.09 \cdot d}$	0.9211
3	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{110.23 + 0.98 \cdot d}$	0.8982
47	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{351.75 + 0.78 \cdot d}$	0.9644



Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al periodo de retorno **T**.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{34.86 \cdot T^{0.6015} + 0.99 \cdot d}$$

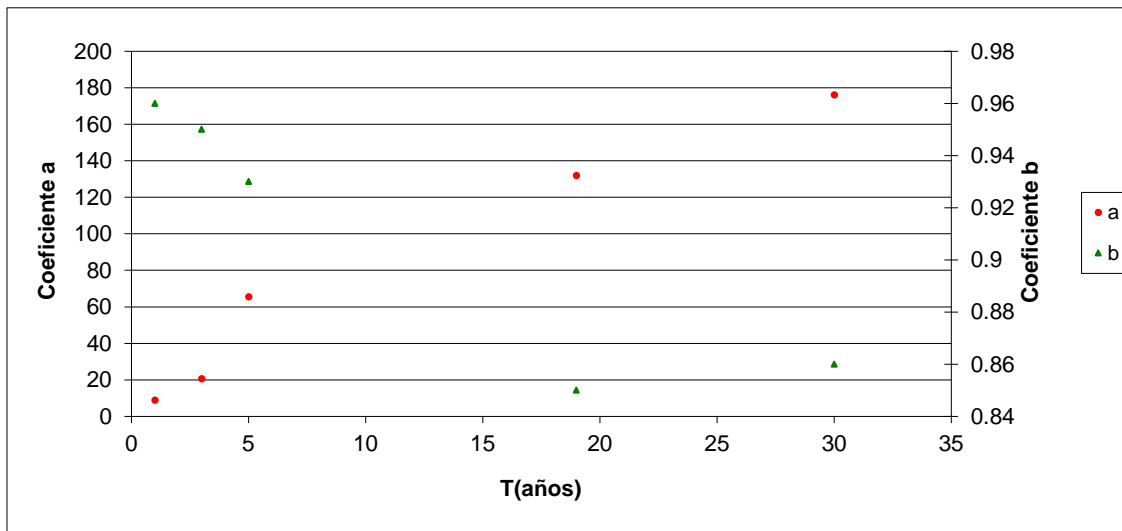
### Estación Montufar

Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de mayor a menor.

Tr	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1	0.46	0.75	0.84	0.89	1	1	1	1	1
3	0.29	0.57	0.57	0.72	0.96	0.99	1	1	1
5	0.17	0.25	0.36	0.45	0.68	0.71	0.96	1	1
19	0.09	0.15	0.19	0.28	0.47	0.63	0.92	1	1
30	0.09	0.14	0.17	0.27	0.45	0.52	0.66	0.98	1

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Montufar.

T	Ecuación	r
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{8.97 \cdot 0.96 \cdot d}$	0.9746
3	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{20.73 + 0.95 \cdot d}$	0.982
5	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{65.58 + 0.93 \cdot d}$	0.992
19	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{131.95 + 0.85 \cdot d}$	0.9914
30	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{176.12 + 0.86 \cdot d}$	0.9913



Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al periodo de retorno **T**.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{34.86 \cdot T^{0.6015} + 0.99 \cdot d}$$

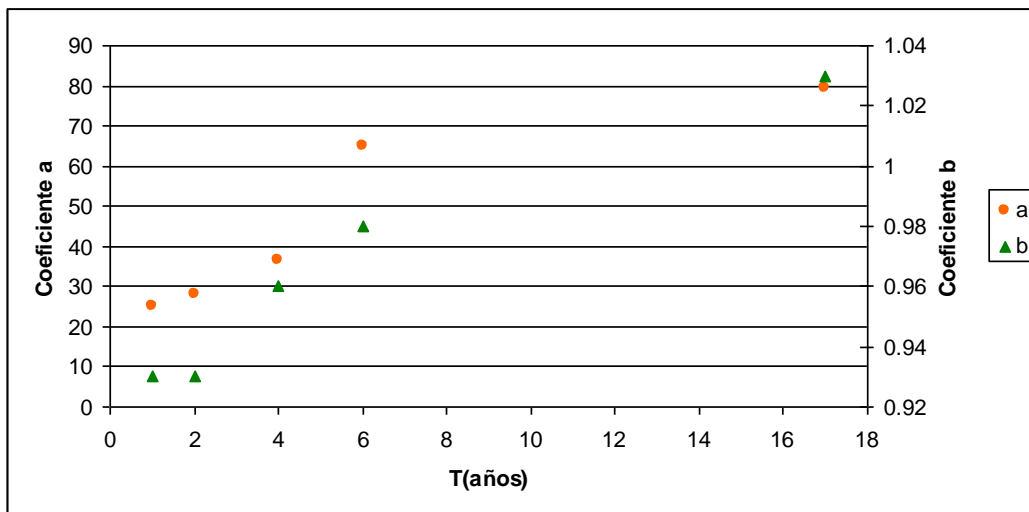
## Estación Puerto San José

Valores de la relación  $P_d/P_{24}$  ordenados de mayor a menor.

Tr	10'	20'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
1	0.25	0.4	0.54	0.84	0.93	0.99	1	1	1
2	0.22	0.39	0.51	0.78	0.9	0.98	1	1	1
4	0.19	0.38	0.51	0.63	0.68	0.92	0.99	1	1
7	0.19	0.28	0.37	0.47	0.55	0.78	0.79	0.99	1
16	0.12	0.24	0.37	0.45	0.5	0.67	0.67	0.92	1

Ecuaciones ajustadas para los diferentes periodos de retorno, en la estación de Puerto San José.

T	Ecuación	r
1	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{24.84 + 0.93 \cdot d}$	0.98
2	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{27.98 + 0.93 \cdot d}$	0.9878
4	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{36.39 + 0.96 \cdot d}$	0.9844
6	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{64.8 + 0.98 \cdot d}$	0.9793
16	$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{79.56 + 1.03 \cdot d}$	0.9669



Comportamiento de los coeficientes **a** y **b** en relación al periodo de retorno **T**.

Ecuación final:

$$\frac{P_d}{P_{24}} = \frac{d}{23.8 \cdot T^{0.438} + 0.97 \cdot d}$$



## Anexo III. Ajuste de Gumbel

## Gumbel Camantulul

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1971	95	77.5	1	0.0244	-1.31	80.08	1.03	1.03
1972	102.4	78	2	0.0488	-1.11	85.53	1.05	1.05
1973	101	86.5	3	0.0732	-0.96	89.33	1.08	1.08
1974	128.5	93	4	0.0976	-0.84	92.41	1.11	1.11
1975	93	95	5	0.1220	-0.74	95.07	1.14	1.14
1976	95	95	6	0.1463	-0.65	97.46	1.17	1.17
1977	102.3	97.5	7	0.1707	-0.57	99.67	1.21	1.21
1978	116.2	101	8	0.1951	-0.49	101.74	1.24	1.24
1979	124.3	102.3	9	0.2195	-0.42	103.72	1.28	1.28
1980	116	102.4	10	0.2439	-0.34	105.62	1.32	1.32
1981	120	106	11	0.2683	-0.27	107.47	1.37	1.37
1982	200.2	110	12	0.2927	-0.21	109.27	1.41	1.41
1983	135	113.5	13	0.3171	-0.14	111.05	1.46	1.46
1984	125.5	115	14	0.3415	-0.07	112.81	1.52	1.52
1985	126.3	116	15	0.3659	-0.01	114.56	1.58	1.58
1986	86.5	116.2	16	0.3902	0.06	116.31	1.64	1.64
1987	197.7	116.6	17	0.4146	0.13	118.07	1.71	1.71
1988	119	119	18	0.4390	0.19	119.84	1.78	1.78
1989	110	120	19	0.4634	0.26	121.64	1.86	1.86
1990	78	124.3	20	0.4878	0.33	123.46	1.95	1.95
1991	77.5	125.5	21	0.5122	0.40	125.32	2.05	2.05
1992	116.6	126.3	22	0.5366	0.47	127.22	2.16	2.16
1993	144	127.6	23	0.5610	0.55	129.17	2.28	2.28
1994	97.5	128.5	24	0.5854	0.62	131.19	2.41	2.41
1995	106	135	25	0.6098	0.70	133.28	2.56	2.56
1996	151.2	136	26	0.6341	0.79	135.46	2.73	2.73
1997	151	138	27	0.6585	0.87	137.75	2.93	2.93
1998	174	138.7	28	0.6829	0.96	140.15	3.15	3.15
1999	165.5	140	29	0.7073	1.06	142.70	3.42	3.42
2000	115	144	30	0.7317	1.16	145.42	3.73	3.73
2001	138	151	31	0.7561	1.27	148.35	4.10	4.10
2002	140	151.2	32	0.7805	1.39	151.53	4.56	4.56
2003	138.7	160	33	0.8049	1.53	155.03	5.13	5.13
2004	136	165.5	34	0.8293	1.68	158.93	5.86	5.86
2005	168.7	168.7	35	0.8537	1.84	163.37	6.83	6.83
2006	183	174	36	0.8780	2.04	168.55	8.20	8.20
2007	113.5	183	37	0.9024	2.28	174.79	10.25	10.25
2008	160	197.7	38	0.9268	2.58	182.73	13.67	13.67
2009	127.6	200.2	39	0.9512	3.00	193.78	20.50	20.50
2010	222	222	40	0.9756	3.70	212.40	41.00	41.00
				0.9901	4.61	236.40	101.00	101.00

**Gumbel INSIVUMEH**

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1926	69	11.8	1	0.0122	-1.48	24.56	1.01	1.01
1927	24.5	24.5	2	0.0244	-1.31	28.63	1.03	1.03
1928	11.8	42.3	3	0.0366	-1.20	31.38	1.04	1.04
1929	150.2	44.6	4	0.0488	-1.11	33.55	1.05	1.05
1930	46.2	46.2	5	0.0610	-1.03	35.38	1.06	1.06
1931	54.4	46.8	6	0.0732	-0.96	36.98	1.08	1.08
1932	54.6	47	7	0.0854	-0.90	38.43	1.09	1.09
1933	96.2	48.2	8	0.0976	-0.84	39.76	1.11	1.11
1934	57.8	48.2	9	0.1098	-0.79	40.99	1.12	1.12
1935	54.6	49	10	0.1220	-0.74	42.16	1.14	1.14
1936	103.5	49.4	11	0.1341	-0.70	43.26	1.15	1.15
1937	93.6	49.6	12	0.1463	-0.65	44.31	1.17	1.17
1938	59.5	49.8	13	0.1585	-0.61	45.33	1.19	1.19
1939	82.2	50.2	14	0.1707	-0.57	46.31	1.21	1.21
1940	82.7	50.8	15	0.1829	-0.53	47.25	1.22	1.22
1941	65.8	51.3	16	0.1951	-0.49	48.18	1.24	1.24
1942	52	52	17	0.2073	-0.45	49.08	1.26	1.26
1943	103.2	52.3	18	0.2195	-0.42	49.96	1.28	1.28
1944	49.4	52.7	19	0.2317	-0.38	50.82	1.30	1.30
1945	63.1	54.4	20	0.2439	-0.34	51.67	1.32	1.32
1946	54.4	54.4	21	0.2561	-0.31	52.51	1.34	1.34
1947	84	54.4	22	0.2683	-0.27	53.34	1.37	1.37
1948	86	54.6	23	0.2805	-0.24	54.15	1.39	1.39
1949	177.8	54.6	24	0.2927	-0.21	54.96	1.41	1.41
1950	77	54.8	25	0.3049	-0.17	55.77	1.44	1.44
1951	103.8	55	26	0.3171	-0.14	56.57	1.46	1.46
1952	67.7	55.7	27	0.3293	-0.11	57.36	1.49	1.49
1953	88.2	57.2	28	0.3415	-0.07	58.16	1.52	1.52
1954	101.1	57.8	29	0.3537	-0.04	58.95	1.55	1.55
1955	69.5	57.8	30	0.3659	-0.01	59.74	1.58	1.58
1956	78.5	59.5	31	0.3780	0.03	60.53	1.61	1.61
1957	76.5	60.5	32	0.3902	0.06	61.32	1.64	1.64
1958	124.4	60.7	33	0.4024	0.09	62.11	1.67	1.67
1959	63.9	62.8	34	0.4146	0.13	62.90	1.71	1.71
1960	62.8	63	35	0.4268	0.16	63.70	1.74	1.74
1962	54.4	63.1	36	0.4390	0.19	64.50	1.78	1.78
1963	49.8	63.4	37	0.4512	0.23	65.30	1.82	1.82
1964	54.8	63.9	38	0.4634	0.26	66.12	1.86	1.86
1967	48.2	65.2	39	0.4756	0.30	66.93	1.91	1.91
1968	57.8	65.3	40	0.4878	0.33	67.76	1.95	1.95
1969	92.6	65.8	41	0.5000	0.37	68.59	2.00	2.00

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1970	69.2	67.2	42	0.5122	0.40	69.44	2.05	2.05
1971	52.7	67.7	43	0.5244	0.44	70.29	2.10	2.10
1972	88.5	68	44	0.5366	0.47	71.15	2.16	2.16
1973	60.5	69	45	0.5488	0.51	72.03	2.22	2.22
1974	55.7	69.2	46	0.5610	0.55	72.91	2.28	2.28
1975	49	69.5	47	0.5732	0.59	73.82	2.34	2.34
1976	77	70.5	48	0.5854	0.62	74.74	2.41	2.41
1977	48.2	72.8	49	0.5976	0.66	75.67	2.48	2.48
1978	49.6	74.8	50	0.6098	0.70	76.62	2.56	2.56
1979	68	74.8	51	0.6220	0.74	77.60	2.65	2.65
1980	72.8	76.5	52	0.6341	0.79	78.59	2.73	2.73
1981	55	77	53	0.6463	0.83	79.61	2.83	2.83
1982	156.6	77	54	0.6585	0.87	80.65	2.93	2.93
1983	46.8	78.5	55	0.6707	0.92	81.72	3.04	3.04
1984	60.7	80.2	56	0.6829	0.96	82.82	3.15	3.15
1985	42.3	81.5	57	0.6951	1.01	83.95	3.28	3.28
1986	52.3	82.2	58	0.7073	1.06	85.12	3.42	3.42
1987	63.4	82.7	59	0.7195	1.11	86.32	3.57	3.57
1988	104.3	84	60	0.7317	1.16	87.57	3.73	3.73
1989	44.6	84.5	61	0.7439	1.22	88.86	3.90	3.90
1990	50.8	85.3	62	0.7561	1.27	90.21	4.10	4.10
1991	80.2	86	63	0.7683	1.33	91.61	4.32	4.32
1992	70.5	88.2	64	0.7805	1.39	93.08	4.56	4.56
1993	63	88.5	65	0.7927	1.46	94.62	4.82	4.82
1994	47	92.6	66	0.8049	1.53	96.23	5.13	5.13
1995	67.2	93.6	67	0.8171	1.60	97.94	5.47	5.47
1996	51.3	96.2	68	0.8293	1.68	99.76	5.86	5.86
1997	65.2	101.1	69	0.8415	1.76	101.69	6.31	6.31
1998	198.3	103.2	70	0.8537	1.84	103.76	6.83	6.83
1999	85.3	103.5	71	0.8659	1.94	106.00	7.45	7.45
2000	74.8	103.8	72	0.8780	2.04	108.43	8.20	8.20
2001	74.8	103.8	73	0.8902	2.15	111.10	9.11	9.11
2002	50.2	104.3	74	0.9024	2.28	114.06	10.25	10.25
2003	84.5	112	75	0.9146	2.42	117.40	11.71	11.71
2004	57.2	114.7	76	0.9268	2.58	121.22	13.67	13.67
2005	103.8	124.4	77	0.9390	2.77	125.72	16.40	16.40
2006	114.7	150.2	78	0.9512	3.00	131.18	20.50	20.50
2007	65.3	156.6	79	0.9634	3.29	138.18	27.33	27.33
2008	112	177.8	80	0.9756	3.70	147.98	41.00	41.00
2010	81.5	198.3	81	0.9878	4.40	164.63	82.00	82.00
				0.9902	4.62	169.87	102.04	102.04

**Gumbel Los Esclavos**

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1970	37.5	37.5	1	0.0238	-1.32	36.48	1.02	1.02
1971	86.2	47.5	2	0.0476	-1.11	41.25	1.05	1.05
1972	86.2	53.5	3	0.0714	-0.97	44.58	1.08	1.08
1973	60	54	4	0.0952	-0.86	47.27	1.11	1.11
1974	81.6	55.2	5	0.1190	-0.76	49.59	1.14	1.14
1975	102.4	60	6	0.1429	-0.67	51.68	1.17	1.17
1976	55.2	62.2	7	0.1667	-0.58	53.60	1.20	1.20
1977	66.4	62.9	8	0.1905	-0.51	55.41	1.24	1.24
1978	102.3	64.5	9	0.2143	-0.43	57.12	1.27	1.27
1979	65.2	65.2	10	0.2381	-0.36	58.77	1.31	1.31
1980	75.5	66	11	0.2619	-0.29	60.37	1.35	1.35
1981	78.8	66.4	12	0.2857	-0.23	61.94	1.40	1.40
1982	209.2	66.5	13	0.3095	-0.16	63.48	1.45	1.45
1983	64.5	68	14	0.3333	-0.09	65.00	1.50	1.50
1984	83.8	69	15	0.3571	-0.03	66.51	1.56	1.56
1985	85.6	69.1	16	0.3810	0.04	68.02	1.62	1.62
1986	62.2	69.2	17	0.4048	0.10	69.53	1.68	1.68
1987	69.1	70	18	0.4286	0.17	71.05	1.75	1.75
1988	73	72	19	0.4524	0.23	72.58	1.83	1.83
1989	62.9	73	20	0.4762	0.30	74.14	1.91	1.91
1990	68	73	21	0.5000	0.37	75.73	2.00	2.00
1991	100.6	73.3	22	0.5238	0.44	77.34	2.10	2.10
1992	73.3	75.5	23	0.5476	0.51	79.00	2.21	2.21
1993	54	78.5	24	0.5714	0.58	80.71	2.33	2.33
1994	66.5	78.8	25	0.5952	0.66	82.47	2.47	2.47
1995	66	80	26	0.6190	0.73	84.31	2.63	2.63
1996	73	81.6	27	0.6429	0.82	86.22	2.80	2.80
1997	83.5	83.5	28	0.6667	0.90	88.22	3.00	3.00
1998	157.5	83.8	29	0.6905	0.99	90.32	3.23	3.23
1999	72	85.6	30	0.7143	1.09	92.56	3.50	3.50
2000	86	86	31	0.7381	1.19	94.95	3.82	3.82
2001	80	86.2	32	0.7619	1.30	97.52	4.20	4.20
2002	78.5	86.2	33	0.7857	1.42	100.32	4.67	4.67
2003	70	93	34	0.8095	1.55	103.40	5.25	5.25
2004	93	100.6	35	0.8333	1.70	106.83	6.00	6.00
2005	129.5	102.3	36	0.8571	1.87	110.74	7.00	7.00
2006	69	102.4	37	0.8810	2.07	115.30	8.40	8.40
2007	69.2	129.5	38	0.9048	2.30	120.80	10.50	10.50
2008	47.5	157.5	39	0.9286	2.60	127.80	14.00	14.00
2009	53.5	163.3	40	0.9524	3.02	137.54	21.00	21.00
2010	163.3	209.2	41	0.9762	3.73	153.97	42.00	42.00
				0.9901	4.61	174.58	101.00	101.00

## Gumbel Montufar

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1973	112	53.7	1	0.0270	-1.28	44.14	1.03	1.03
1974	117.6	60	2	0.0541	-1.07	51.95	1.06	1.06
1975	102.2	64.8	3	0.0811	-0.92	57.42	1.09	1.09
1976	106.4	65.6	4	0.1081	-0.80	61.88	1.12	1.12
1977	103.3	65.7	5	0.1351	-0.69	65.75	1.16	1.16
1978	126.7	65.9	6	0.1622	-0.60	69.24	1.19	1.19
1979	167.9	68.6	7	0.1892	-0.51	72.49	1.23	1.23
1980	85.4	71.6	8	0.2162	-0.43	75.55	1.28	1.28
1981	77.9	74.5	9	0.2432	-0.35	78.48	1.32	1.32
1982	131.7	77.9	10	0.2703	-0.27	81.31	1.37	1.37
1983	74.5	85.4	11	0.2973	-0.19	84.08	1.42	1.42
1984	100.8	87.3	12	0.3243	-0.12	86.81	1.48	1.48
1985	204.9	89.7	13	0.3514	-0.04	89.51	1.54	1.54
1986	65.7	92.5	14	0.3784	0.03	92.20	1.61	1.61
1987	53.7	95.9	15	0.4054	0.10	94.90	1.68	1.68
1988	95.9	100.8	16	0.4324	0.18	97.61	1.76	1.76
1989	117.8	102.2	17	0.4595	0.25	100.36	1.85	1.85
1990	65.9	103.3	18	0.4865	0.33	103.15	1.95	1.95
1991	127.3	106.4	19	0.5135	0.41	106.01	2.06	2.06
1992	65.6	112	20	0.5405	0.49	108.94	2.18	2.18
1993	115.9	112.6	21	0.5676	0.57	111.97	2.31	2.31
1994	60	114.2	22	0.5946	0.65	115.11	2.47	2.47
1995	87.3	115.9	23	0.6216	0.74	118.38	2.64	2.64
1996	68.6	117.6	24	0.6486	0.84	121.81	2.85	2.85
1997	89.7	117.8	25	0.6757	0.94	125.44	3.08	3.08
1998	64.8	120.3	26	0.7027	1.04	129.30	3.36	3.36
2000	114.2	126.7	27	0.7297	1.15	133.44	3.70	3.70
2001	120.3	127.3	28	0.7568	1.28	137.93	4.11	4.11
2002	219.6	131.7	29	0.7838	1.41	142.86	4.63	4.63
2003	71.6	139.8	30	0.8108	1.56	148.35	5.29	5.29
2004	92.5	167.9	31	0.8378	1.73	154.57	6.17	6.17
2005	186.3	183.3	32	0.8649	1.93	161.81	7.40	7.40
2006	112.6	186.3	33	0.8919	2.17	170.54	9.25	9.25
2007	240.2	204.9	34	0.9189	2.47	181.61	12.33	12.33
2008	183.3	219.6	35	0.9459	2.89	196.98	18.50	18.50
2009	139.8	240.2	36	0.9730	3.60	222.87	37.00	37.00
				0.9901	4.61	259.96	101.00	101.00

*Santillana del Mar*

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1968	100	60.9	1	0.05	-1.08	51.26	1.06	1.06
1969	223	70.8	2	0.11	-0.81	62.02	1.12	1.12
1970	165.8	74.4	3	0.16	-0.61	69.97	1.19	1.19
1971	74.4	80.5	4	0.21	-0.44	76.76	1.27	1.27
1972	95.5	82	5	0.26	-0.29	82.96	1.36	1.36
1973	89.3	83.5	6	0.32	-0.14	88.84	1.46	1.46
1974	142.8	89.3	7	0.37	0.00	94.59	1.58	1.58
1975	120.5	93.5	8	0.42	0.15	100.34	1.73	1.73
1976	235.3	95.5	9	0.47	0.29	106.21	1.90	1.90
1977	93.5	100	10	0.53	0.44	112.30	2.11	2.11
1978	175.9	100.9	11	0.58	0.60	118.74	2.38	2.38
1979	80.5	120.5	12	0.63	0.78	125.69	2.71	2.71
1980	83.5	123.3	13	0.68	0.97	133.36	3.17	3.17
1981	100.9	142.8	14	0.74	1.19	142.06	3.80	3.80
1982	82	165.8	15	0.79	1.44	152.32	4.75	4.75
1983	70.8	175.9	16	0.84	1.76	165.10	6.33	6.33
1984	60.9	223	17	0.89	2.20	182.53	9.50	9.50
1985	123.3	235.3	18	0.95	2.92	211.44	19.00	19.00
				0.99	4.62	279.67	102.04	102.04

## Gumbel Puerto San José

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1973	89	51	1	0.0250	-1.31	21.90	1.03	1.03
1974	91	65	2	0.0500	-1.10	33.58	1.05	1.05
1975	51	66.2	3	0.0750	-0.95	41.74	1.08	1.08
1976	71.4	71	4	0.1000	-0.83	48.35	1.11	1.11
1977	71	71	5	0.1250	-0.73	54.07	1.14	1.14
1978	71	71.4	6	0.1500	-0.64	59.22	1.18	1.18
1979	210	72.2	7	0.1750	-0.56	63.97	1.21	1.21
1980	120	72.2	8	0.2000	-0.48	68.45	1.25	1.25
1981	65	78	9	0.2250	-0.40	72.71	1.29	1.29
1982	157.2	81.4	10	0.2500	-0.33	76.82	1.33	1.33
1983	91.8	89	11	0.2750	-0.26	80.82	1.38	1.38
1984	99.9	91	12	0.3000	-0.19	84.73	1.43	1.43
1985	146.9	91.8	13	0.3250	-0.12	88.60	1.48	1.48
1986	72.2	92.4	14	0.3500	-0.05	92.42	1.54	1.54
1987	66.2	94.4	15	0.3750	0.02	96.24	1.60	1.60
1988	127.9	96.7	16	0.4000	0.09	100.06	1.67	1.67
1989	186.7	99.9	17	0.4250	0.16	103.90	1.74	1.74
1990	78	106	18	0.4500	0.23	107.78	1.82	1.82
1991	109.5	109.5	19	0.4750	0.30	111.71	1.90	1.90
1992	106	110.2	20	0.5000	0.37	115.72	2.00	2.00
1993	122.2	111.2	21	0.5250	0.44	119.82	2.11	2.11
1994	72.2	116	22	0.5500	0.51	124.02	2.22	2.22
1995	81.4	120	23	0.5750	0.59	128.36	2.35	2.35
1996	147.4	122.2	24	0.6000	0.67	132.85	2.50	2.50
1997	199	127.9	25	0.6250	0.76	137.52	2.67	2.67
1998	467	140	26	0.6500	0.84	142.41	2.86	2.86
1999	154	146.9	27	0.6750	0.93	147.56	3.08	3.08
2000	116	147.4	28	0.7000	1.03	153.01	3.33	3.33
2001	96.7	148.8	29	0.7250	1.13	158.82	3.64	3.64
2002	110.2	151.5	30	0.7500	1.25	165.07	4.00	4.00
2003	92.4	151.8	31	0.7750	1.37	171.86	4.44	4.44
2004	94.4	154	32	0.8000	1.50	179.33	5.00	5.00
2005	140	157.2	33	0.8250	1.65	187.65	5.71	5.71
2006	148.8	185.2	34	0.8500	1.82	197.12	6.67	6.67
2007	111.2	186.7	35	0.8750	2.01	208.14	8.00	8.00
2008	151.8	199	36	0.9000	2.25	221.44	10.00	10.00
2009	151.5	210	37	0.9250	2.55	238.34	13.33	13.33
2010	185.2	251.1	38	0.9500	2.97	261.84	20.00	20.00
2011	251.1	467	39	0.9750	3.68	301.46	40.00	40.00
				0.9901	4.61	353.87	101.00	101.00



**Gumbel Santa Isabel**

Año	Máximo	Ordenar P	Orden	Percentil, p	y	Pmax Gumbel	T(p)	T(y)
1950	80	50.8	1	0.02	-1.33	-117.97	1.02	1.02
1951	120	56	2	0.05	-1.13	-100.91	1.05	1.05
1952	70	58.4	3	0.07	-0.99	-89.04	1.07	1.07
1953	90	61	4	0.09	-0.87	-79.48	1.10	1.10
1954	170	63	5	0.11	-0.78	-71.24	1.13	1.13
1955	120	66	6	0.14	-0.69	-63.86	1.16	1.16
1956	80	70	7	0.16	-0.61	-57.06	1.19	1.19
1957	89	71.1	8	0.18	-0.53	-50.70	1.22	1.22
1958	85	71.1	9	0.20	-0.46	-44.66	1.26	1.26
1959	107	75	10	0.23	-0.39	-38.86	1.29	1.29
1960	83.8	76.2	11	0.25	-0.33	-33.25	1.33	1.33
1961	106.7	77.5	12	0.27	-0.26	-27.78	1.38	1.38
1962	81.3	78	13	0.30	-0.20	-22.42	1.42	1.42
1963	134.6	78.1	14	0.32	-0.14	-17.13	1.47	1.47
1964	134.6	80	15	0.34	-0.07	-11.89	1.52	1.52
1965	71.1	80	16	0.36	-0.01	-6.67	1.57	1.57
1966	139.7	81.3	17	0.39	0.05	-1.46	1.63	1.63
1967	127	83.8	18	0.41	0.11	3.77	1.69	1.69
1968	71.1	83.8	19	0.43	0.17	9.04	1.76	1.76
1969	144.8	85	20	0.45	0.24	14.36	1.83	1.83
1970	50.8	87.5	21	0.48	0.30	19.74	1.91	1.91
1971	83.8	89	22	0.50	0.37	25.22	2.00	2.00
1972	61	90	23	0.52	0.43	30.82	2.10	2.10
1973	78.1	90	24	0.55	0.50	36.54	2.20	2.20
1974	180.5	101.6	25	0.57	0.57	42.42	2.32	2.32
1975	77.5	105	26	0.59	0.64	48.49	2.44	2.44
1976	118.5	106.7	27	0.61	0.72	54.77	2.59	2.59
1977	63	107	28	0.64	0.79	61.30	2.75	2.75
1978	113	113	29	0.66	0.87	68.12	2.93	2.93
1979	105	118.5	30	0.68	0.96	75.27	3.14	3.14
1980	120	120	31	0.70	1.05	82.82	3.38	3.38
1981	66	120	32	0.73	1.14	90.84	3.67	3.67
1982	500	120	33	0.75	1.25	99.42	4.00	4.00
1983	87.5	125	34	0.77	1.36	108.66	4.40	4.40
1984	78	127	35	0.80	1.47	118.72	4.89	4.89
1985	125	134.6	36	0.82	1.61	129.80	5.50	5.50
1986	75	134.6	37	0.84	1.75	142.19	6.29	6.29
1987	56	139.7	38	0.86	1.92	156.29	7.33	7.33
1988	154	144.8	39	0.89	2.12	172.74	8.80	8.80
1989	90	154	40	0.91	2.35	192.62	11.00	11.00
1990	58.4	170	41	0.93	2.65	217.92	14.67	14.67
1991	101.6	180.5	42	0.95	3.07	253.13	22.00	22.00
1992	76.2	500	43	0.98	3.77	312.60	44.00	44.00
				0.99	4.62	384.12	102.04	102.04

## ***Ecuación de ajuste de Gumbel***

A continuación se presentan las ecuaciones finales que relacionan estos parámetros así como gráficas de ajuste logarítmico entre el período de retorno (Tr) y el volumen de precipitación diaria.

### ***Camantulul***

$$P_D = 32.833Ln(Tr) + 97.37$$

$$R^2 = 0.9708$$

### ***INSIVUMEH***

$$P_D = 29.963Ln(Tr) + 43.798$$

$$R^2 = 0.9673$$

### ***Los Esclavos***

$$P_D = 28.992Ln(Tr) + 51.868$$

$$R^2 = 0.9706$$

### ***Montufar***

$$P_D = 45.416Ln(Tr) + 67.258$$

$$R^2 = 0.9714$$

### ***Puerto San José***

$$P_D = 69.759Ln(Tr) + 58.347$$

$$R^2 = 0.9709$$

### ***Santa Isabel***

$$P_D = 95.282Ln(Tr) + 37.305$$

$$R^2 = 0.9966$$

### ***Santillana del mar***

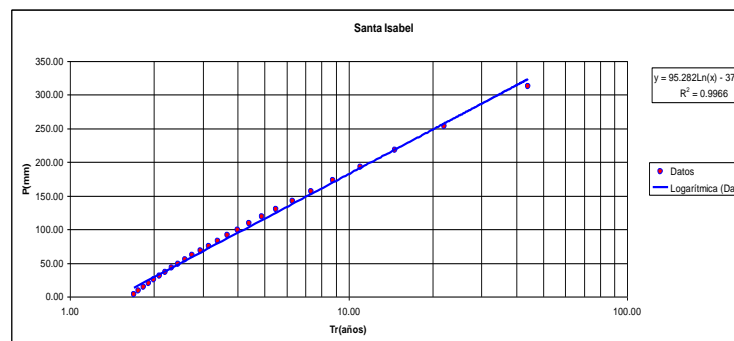
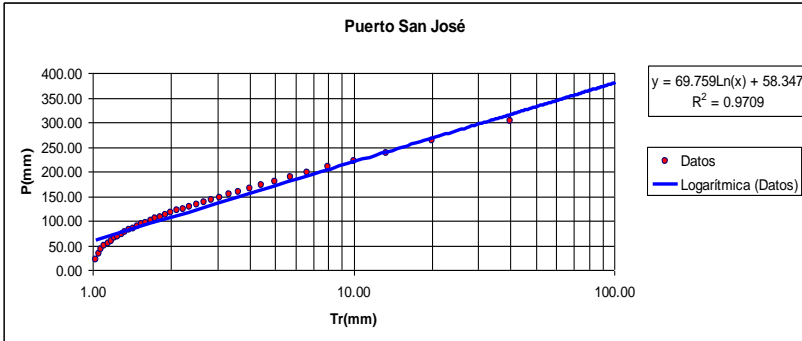
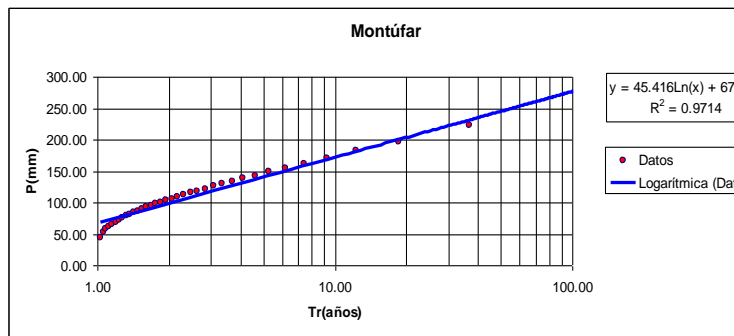
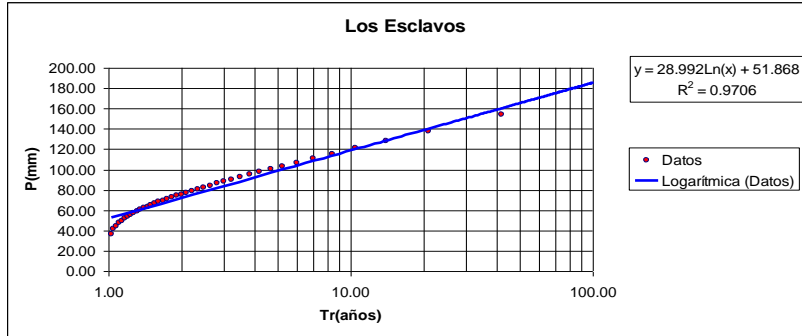
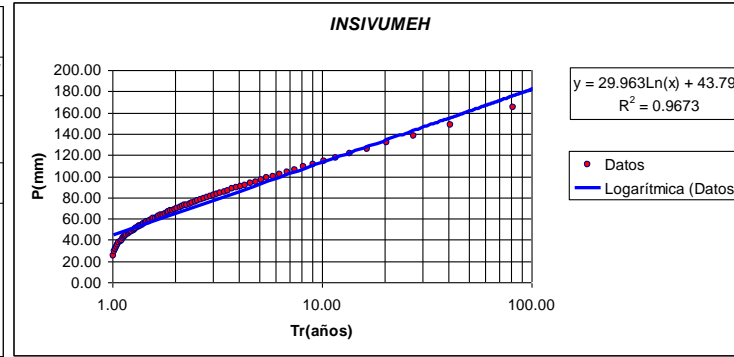
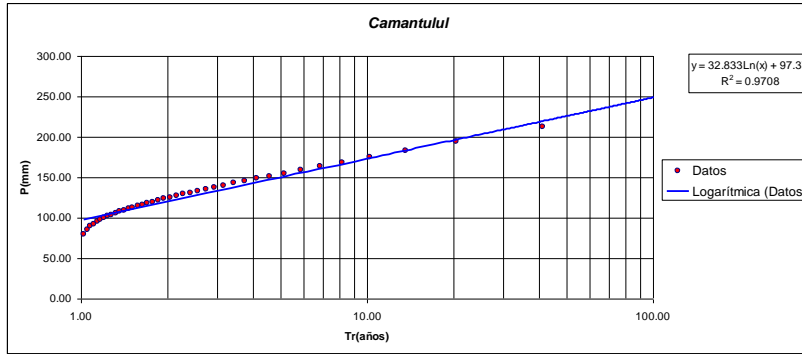
$$P_D = 48.384Ln(Tr) + 69.947$$

$$R^2 = 0.9769$$

### ***Quezada***

En la siguiente figura se muestran las gráficas de ajuste a partir de las cuales se han obtenido estas ecuaciones.

Gráficas de ajuste de Gumbel, para cada una de las estaciones estudiadas.







**Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático**