



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TORMENTAS DE DISEÑO EN EL RÍO
GRIJALVA**

T E S I S

QUE PARA OPTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA CIVIL

P R E S E N T A :

SANDRA ELIZABETH PALACIOS CARBAJAL

DIRECTOR DE TESIS:

DR. RAMÓN DOMÍNGUEZ MORA



MÉXICO, D.F.

MAYO 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/007/10

Señorita
SANDRA ELIZABETH PALACIOS CARBAJAL
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. RAMÓN DOMÍNGUEZ MORA, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"TORMENTAS DE DISEÑO EN LAS CUENCAS DEL RÍO GRIJALVA"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ANTECEDENTES TEÓRICOS
- III. TEORÍA DE REGIONALIZACIÓN
- IV. APLICACIÓN A LAS CUENCAS DEL RÍO GRIJALVA
- CONCLUSIONES
- ANEXOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 21 de Enero del 2010.
EL PRESIDENTE

ING. RODOLFO SOLÍS UBALDO

No Bo
Ramón Domínguez Mora
30 de abril de 2010

RSU/MTH*gar.

A mis padres

*Por el tiempo y su duro trabajo brindado a mi educación,
por todo el esfuerzo que han hecho para que llegará hasta este punto de mi vida.*

A mis hermanos

Por las vivencias que hemos pasado juntos, y por lo que aún pasaremos.

A mis profesores

Por su tiempo, dedicación y enseñanzas.

A mis amigos y compañeros

*Con los que pase momentos inolvidables en los cuales aprendimos,
nos divertimos y crecimos juntos.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Ingeniería por permitirme realizar mis estudios en sus aulas y por darme la preparación necesaria para concluir satisfactoriamente mis estudios.

Al Instituto de Ingeniería, en especial al Dr. Ramón Domínguez Mora, por su ayuda y el tiempo brindado a la elaboración de este trabajo. Al M. en I. Eliseo Carrizosa Elizondo por su apoyo y por sus aportaciones a este trabajo, pero sobre todo por su amistad.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería, en especial a la M. en I. Nikte Norma Ocampo Guerrero, a la M. en I. Alba Beatriz Vázquez González, al Dr. Humberto Marengo Mogollón y al M. en I. Juan Luis Umaña Romero, por ser parte de esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres, por todo lo que me han dado para mi educación, el tiempo, trabajo y esfuerzos se ven ahora reflejados en este gran logro en mi vida. Por que no fue fácil, sin embargo siempre se esforzaron por darnos lo necesario a mis hermanos y a mí, es por ello que estamos hasta donde cada uno decidió llegar, sin ustedes no lo hubiera logrado. Gracias por todo.

A mis hermanos Fabián, Héctor y Susana, a Rodrigo y a Georgina ahora que son parte de nuestra familia, sin duda que con su ayuda fue que pude lograr esta meta en mi vida. Cada uno aun sin darse cuenta me ayudo y coopero en este proyecto personal.

A mi familia, mis tíos y primos, que me han apoyado en el transcurso de mi vida.

A Paco, mi amigo, mi compañero y una gran persona, perseguimos el mismo sueño, ilusiones y planes; a pesar de lo lejano que parecía estar el futuro, terminamos una etapa muy importante de nuestras vidas, sin importar lo complicado que pareciera alguna situación logramos llegar a la meta. Agradezco su compañía y su apoyo brindado en todo el tiempo que hemos estado juntos.

A Irene y Rubí, por su apoyo incondicional, amistad y por ser parte de este sueño desde que comenzó.

A Astrid, por su compañerismo, y ahora por su gran amistad, por la ayuda para la realización de este trabajo y por estar a diario en esta última etapa de la carrera dándome ánimos.

A todos mis compañeros y amigos, que hicieron más agradable mi estancia en la realización de mis estudios.

ÍNDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
1.1 Variable, Muestra y Población	3
1.2 Funciones de distribución	4
1.2.1 <i>Propiedades de las funciones de distribución</i>	4
1.2.2 <i>Función de densidad</i>	5
1.2.3 <i>Función de distribución normal</i>	7
1.2.4 <i>Función de distribución lognormal</i>	7
1.2.5 <i>Función de distribución exponencial</i>	8
1.2.6 <i>Función de distribución Pearson III o Gama de tres parámetros</i>	9
1.2.7 <i>Función de distribución Gumbel</i>	10
1.2.8 <i>Función de distribución para dos poblaciones o Doble Gumbel</i>	12
1.3 Métodos de ajustes	14
1.3.1 <i>Análisis gráfico</i>	14
1.3.2 <i>Método de mínimos cuadrados</i>	15
1.3.3 <i>Método de los momentos</i>	15
1.3.4 <i>Método de Máxima Verosimilitud</i>	15
1.4 Periodo de retorno	16
1.5 Método de cálculo de lluvias de diseño	19
1.5.1 <i>Variación espacial de la precipitación</i>	20
1.5.2 <i>Métodos de interpolación de lluvias</i>	22
2. TEORÍA DE REGIONALIZACIÓN	25
2.1 Introducción	25
2.2 Métodos de transformación	26
2.2.1 <i>Primer Método</i>	27
2.2.2 <i>Segundo método</i>	27
2.2.3 <i>Tercer método</i>	27
2.2.4 <i>Cuarto método</i>	28
2.2.5 <i>Quinto método</i>	28
2.2.6 <i>Sexto método</i>	28
2.3 Zonas Homogéneas	29
2.4 Pruebas estadísticas de homogeneidad	29
2.4.1 <i>Prueba de Fisher</i>	29

2.4.2	<i>Otra prueba alternativa</i>	35
2.5	Resumen del proceso de Regionalización	39
3.	APLICACIÓN A LAS CUENCAS DEL RÍO GRIJALVA	41
3.1	Ajustes individuales	41
3.1.1	<i>Almandro</i>	44
3.1.2	<i>Angostura</i>	46
3.1.3	<i>Bifurcación</i>	48
3.1.4	<i>Chicoasén</i>	50
3.1.5	<i>Malpaso</i>	53
3.1.6	<i>Peñitas</i>	55
3.1.7	<i>Pichucalco</i>	58
3.1.8	<i>Teapa</i>	60
3.2	Análisis de coeficientes de variación	62
3.3	Regionalización	63
3.3.1	<i>Regionalización en la cuenca Almandro</i>	63
3.3.2	<i>Regionalización en la cuenca Angostura</i>	68
3.3.3	<i>Regionalización en la cuenca Bifurcación</i>	77
3.3.4	<i>Regionalización en la cuenca Chicoasén</i>	77
3.3.5	<i>Regionalización en la cuenca Malpaso</i>	81
3.3.6	<i>Regionalización en la cuenca Peñitas</i>	86
3.3.7	<i>Regionalización en la cuenca Pichucalco</i>	90
3.3.8	<i>Regionalización en la cuenca Teapa.</i>	95
3.4	Resultados	99
3.4.1	<i>Almandro</i>	99
3.4.2	<i>Angostura</i>	103
3.4.3	<i>Chicoasén</i>	111
3.4.4	<i>Malpaso</i>	116
3.4.5	<i>Peñitas</i>	121
3.4.6	<i>Pichucalco</i>	124
3.4.7	<i>Teapa</i>	127
3.4.8	<i>Resumen de resultados</i>	129
4.	CONCLUSIONES	133
ANEXOS		
ANEXO A	ALMANDRO	135
ANEXO B	ANGOSTURA	146

ANEXO C	BIFURCACIÓN	175
ANEXO D	CHICOASÉN	177
ANEXO E	MALPASO	197
ANEXO F	PEÑITAS	217
ANEXO G	PICHUCALCO	223
ANEXO H	TEAPA	229
BIBLIOGRAFÍA		233

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.1	Función de distribución.	5
Figura 1.2	Función de densidad.	6
Figura 1.3	Función de densidad Lognormal.	8
Figura 1.4	Función de probabilidad exponencial.	9
Figura 1.5	Función de densidad Pearson III o Gamma de 3 parámetros.	10
Figura 1.6.	Función de distribución Gumbel.	11
Figura 1.7	Distribución Gumbel, variable x contra variable reducida y.	12
Figura 1.8	Distribución doble Gumbel.	13
Figura 1.9	Ajuste una función de distribución.	19
Figura 2.1	Función de distribución Doble Gumbel para la cuenca de Almandro.	36
Figura 2.2	Comparación de los coeficientes de variación.	39
Figura 3.1	Localización de estaciones climatológicas y delimitación de las cuencas.	42
Figura 3.2	Estaciones climatológicas consideradas en el análisis.	43
Figura 3.3	Estación Almandro, Huitiupan.	45
Figura 3.4	Estación Abasolo Chiapas.	48
Figura 3.5	Estación Platanar.	50
Figura 3.6	Estación Acala.	52
Figura 3.7	Estación Bochil.	55
Figura 3.8	Estación Las Peñitas.	57
Figura 3.9	Estación F. La Soledad.	59
Figura 3.10	Estación Tapilula.	61
Figura 3.11	Coeficientes de variación según su ubicación en las cuencas.	63
Figura 3.12	Regionalización cuenca Almandro Gumbel.	68
Figura 3.13	Regionalización cuenca Almandro Doble Gumbel.	68
Figura 3.14	Regionalización cuenca Angostura Gumbel.	71
Figura 3.15	Regionalización cuenca Angostura Doble Gumbel.	72
Figura 3.16	Regionalización zona del volcán Tacaná Gumbel.	76
Figura 3.17	Regionalización zona del volcán Tacaná Doble Gumbel.	77
Figura 3.18	Regionalización cuenca Chicoasén Gumbel.	80
Figura 3.19	Regionalización cuenca Chicoasén Doble Gumbel.	81
Figura 3.20	Regionalización cuenca Malpaso Gumbel.	85
Figura 3.21	Regionalización cuenca Malpaso Doble Gumbel.	86
Figura 3.22	Regionalización cuenca Peñitas Gumbel.	89

Figura 3.23	Regionalización cuenca Peñitas Doble Gumbel.	90
Figura 3.24	Regionalización cuenca Pichucalco Gumbel.	94
Figura 3.25	Regionalización cuenca Pichucalco Doble Gumbel.	95
Figura 3.26	Regionalización cuenca Teapa Gumbel.	98
Figura 3.27	Regionalización cuenca Teapa Doble Gumbel.	99
Figura 3.28	Estación 7033 cuenca Almandro gráfica regional.	102
Figura 3.29	Estación 7160 cuenca Almandro gráfica regional.	103
Figura 3.30	Estación 7037 cuenca Angostura .	109
Figura 3.31	Estación 7335 cuenca Angostura .	110
Figura 3.32	Estación 7083 regional cuenca Chicoasén.	115
Figura 3.33	Estación 7358 regional cuenca Chicoasén.	116
Figura 3.34	Estación 7156 regional cuenca Malpaso.	120
Figura 3.35	Estación 7363 regional cuenca Malpaso.	121
Figura 3.36	Estación 7365 regional cuenca Peñitas.	123
Figura 3.37	Estación 7170 regional cuenca Peñitas.	124
Figura 3.38	Estación 7093 regional cuenca Pichucalco.	126
Figura 3.39	Estación 7147 regional cuenca Pichucalco.	127
Figura 3.40	Estación 7191 regional cuenca Teapa.	128
Figura 3.41	Resultados del análisis individual para periodo de retorno 100 años.	129
Figura 3.42	Resultados del análisis regional para periodo de retorno 100 años.	130

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 2.1	Valores de la distribución F al nivel de significancia de 5%. 30
Tabla 2.2	Valores de la distribución F al nivel de significancia de 1%. 30
Tabla 2.3	Precipitaciones máximas anuales cuenca Almandro. 31
Tabla 2.4	Valores estandarizados por el sexo método para la cuenca de Almandro. 33
Tabla 2.5	Valores obtenidos de la división entre varianzas. 34
Tabla 2.6	Extrapolación cuenca Almandro. 36
Tabla 2.7	Valores sintéticos cuenca Almandro. 37
Tabla 2.8	Comparación de los coeficientes de variación ordenados de mayor a menor. 38
Tabla 3.1	Datos de las estaciones de la cuenca Almandro. 44
Tabla 3.2	Precipitaciones, estación 7005. 44
Tabla 3.3	Extrapolación estación 7005 Almandro. 45
Tabla 3.4	Datos de las estaciones de la cuenca Angostura. 46
Tabla 3.5	Precipitaciones, estación 7001. 47
Tabla 3.6	Extrapolación estación 7001 Abasolo. 47
Tabla 3.7	Datos de la estación de la cuenca Bifurcación. 48
Tabla 3.8	Precipitaciones, estación 7130. 49
Tabla 3.9	Extrapolación estación 7130 Platanar. 49
Tabla 3.10	Datos de las estaciones de la cuenca Chicoasén. 50
Tabla 3.11	Precipitaciones, estación 7003. 51
Tabla 3.12	Extrapolación estación 7003 Acala. 52
Tabla 3.13	Datos de las estaciones de la cuenca Malpaso. 53
Tabla 3.14	Precipitaciones, estación 7015. 54
Tabla 3.15	Extrapolación estación 7015. 55
Tabla 3.16	Datos de las estaciones de la cuenca Peñitas. 56
Tabla 3.17	Precipitaciones, estación 7106. 56
Tabla 3.18	Extrapolación estación 7106. 57
Tabla 3.19	Datos de las estaciones de la cuenca Pichucalco. 58
Tabla 3.20	Precipitaciones, estación 7062. 58
Tabla 3.21	Extrapolación estación 7062. 59
Tabla 3.22	Datos de las estaciones de la cuenca Teapa. 60
Tabla 3.23	Precipitaciones, estación 7167. 60

Tabla 3.24	Extrapolación estación 7167.	61
Tabla 3.25	Datos individuales Cuenca Almandro.	64
Tabla 3.26	Valores Estandarizados Cuenca Almandro.	66
Tabla 3.27	Datos individuales Cuenca Angostura.	69
Tabla 3.28	Valores Estandarizados Cuenca Angostura.	70
Tabla 3.29	Datos individuales de la región del volcán Tacaná.	72
Tabla 3.30	Valores Estandarizados región del volcán Tacaná.	74
Tabla 3.31	Datos individuales de cuenca Chicoasén.	77
Tabla 3.32	Valores estandarizados cuenca Chicoasén.	79
Tabla 3.33	Datos individuales de cuenca Malpaso.	82
Tabla 3.34	Valores estandarizados cuenca Malpaso.	83
Tabla 3.35	Datos individuales de cuenca Peñitas.	86
Tabla 3.36	Valores estandarizados cuenca Peñitas.	88
Tabla 3.37	Datos individuales de la cuenca Pichucalco.	90
Tabla 3.38	Valores estandarizados cuenca Pichucalco.	92
Tabla 3.39	Datos individuales de la cuenca Teapa.	95
Tabla 3.40	Valores estandarizados cuenca Teapa.	97
Tabla 3.41	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Almandro.	100
Tabla 3.42	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Almandro.	100
Tabla 3.43	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Angostura.	104
Tabla 3.44	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura.	105
Tabla 3.45	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Angostura, región del volcán Tacaná.	110
Tabla 3.46	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la región del volcán Tacaná.	111
Tabla 3.47	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Chicoasén.	112
Tabla 3.48	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Chicoasén.	112
Tabla 3.49	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Malpaso.	117
Tabla 3.50	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Malpaso.	117
Tabla 3.51	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Peñitas.	121

Tabla 3.52	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Peñitas.	122
Tabla 3.53	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Pichucalco.	124
Tabla 3.54	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Pichucalco.	125
Tabla 3.55	Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Teapa.	127
Tabla 3.56	Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Teapa.	128

INTRODUCCIÓN

Debido a las intensas precipitaciones que se han registrado en nuestro país, varias regiones han sido afectadas a causa de estos sucesos, en especial la planicie del Estado de Tabasco, principalmente por la presencia del Río Grijalva y de los ríos de la Sierra que confluyen en ese sitio.

En el río Grijalva, se tiene el sistemas hidroeléctrico más importante para la generación de la energía eléctrica en nuestro país, formado por las presas La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas, que operan en cascada. Este sistema de presas del Grijalva, en conjunto con el del Balsas representan más del 50% de la capacidad hidroeléctrica total en operación de todo el país. Nace en Guatemala y cruza la frontera hacia nuestro país en Chiapas; en dicho estado el cauce sigue una dirección sureste-noroeste. La Cuenca del río Grijalva se localiza entre los meridianos 91°30' y 94°30' de longitud Oeste y los paralelos 14°30' y 19° de latitud Norte. Es uno de los ríos más importantes del país, por el papel que desempeña tanto en le generación hidroeléctrica, como en los problemas que se llegan a tener cuando este río crece.

Es por esto que es de suma importancia implementar acciones inmediatas en materia hidráulica para mitigar el riesgo de inundación de la ciudad de Villahermosa y otras poblaciones afectadas. Asimismo, se debe definir el conjunto de acciones y programas de mediano y largo plazo que permitan garantizar la seguridad de las presas frente a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Para ello es necesario contar con un estudio hidrológico completo y detallado, una parte fundamental de este estudio es contar con datos hidrológicos confiables, los cuales podemos usar en el dimensionamiento de las obras civiles necesarias para el control de las avenidas y la protección de las mismas.

Introducción

Para realizar los trabajo de hidrología es necesario hacer uso de la información que proporcionan los equipos de medición; sin embargo, en algunas partes de nuestro país no se cuenta con el equipo de medición adecuado ó en ocasiones éste se encuentra localizado en el lugar más inhóspito, lo que ocasiona que se dañe o se lo roben, este hecho repercute directamente en la calidad de la información ó bien en la escasez de la misma, esto origina que la estimación de una tormenta o una avenida de diseño sea poco confiable.

Con el enfoque regional que se presenta en este trabajo, se trata de incorporar los datos de varias estaciones climatológicas, presentes en las ocho cuencas que conforman al río Grijalva, en una sola muestra para el conjunto de estaciones de cada cuenca, con lo que se logra usar una mayor cantidad de información y como consecuencia de esto, al estimar la lluvia esperada en un sitio donde la información climatológica es escasa o inexistente, el resultado sea más confiable que el que se obtendría estudiando cada estación por separado.

La principal contribución de este trabajo consiste en obtener una muestra única con un mayor número de datos, los cuales permitirán tener una curva de ajuste confiable que será representativa para toda la región, formada por las ocho cuencas en el río Grijalva. De esta manera, al tener que realizar un estudio hidrológico en la zona, ya no será necesario acudir a las estaciones climatológicas individualmente, ya que la curva regional permite una estimación más confiable de las lluvias asociadas a diferentes periodos de retorno para cada una de las cuencas.

Así, el trabajo consta de cuatro capítulos; en el primero se exponen los antecedentes teóricos básicos necesarios para la mejor comprensión de algunos términos utilizados, se definen algunos conceptos fundamentales en el análisis hidrológico, tales como funciones de distribución, métodos de ajuste, periodo de retorno, etc.

En el segundo capítulo se describe la teoría de regionalización usada en este trabajo; se muestra el análisis que deben llevar los datos, la definición de zona homogénea y, en general, la descripción del proceso de regionalización.

El capítulo tercero muestra la aplicación de la metodología usada a las ocho cuencas que conforman el río Grijalva: Angostura, Chicoasén, Malpaso, Peñitas, Bifurcación, Almandro, Pichucalco y Teapa. Se presenta la obtención de las curvas regionales, además se describe el proceso que se llevó a cabo para estimar las lluvias para diferentes periodos de retorno a partir de las curvas regionales de cada cuenca en particular. Una vez establecida la curva regional de la cuenca se logró deducir, a partir de ella, tormentas de diseño para aquellos sitios en los que la información es escasa o nula. Al final del capítulo se presentan 2 mapas en los que se comparan los valores obtenidos usando la información individual de cada estación con los obtenidos con base en el análisis regional, para un periodo de retorno de 100 años.

En el capítulo cuarto se mencionan las conclusiones, así como algunas recomendaciones que se obtienen durante el desarrollo del presente trabajo.

1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

La planeación y el diseño de obras hidráulicas están relacionados con eventos hidrológicos futuros, cuyo tiempo de ocurrencia o magnitud no pueden predecirse, ya que no están gobernados por leyes físicas o químicas conocida, sino por las leyes de azar. Es por ello que la probabilidad y la estadística juegan un papel muy importante para pronosticar eventos hidrológicos.

Debido a que en hidrología se cuenta con periodos muy cortos de precipitaciones para poder estimar la lluvia de diseño de una avenida, se requiere buscar entre las distintas funciones de distribución de probabilidad teóricas la que se ajuste mejor a los datos medidos, y usar esta función para poder extrapolar los eventos de diseño, ya sea por medios gráficos o por medio de la obtención de los parámetros de su función de distribución. El presente capítulo describe estas funciones y los métodos de ajustes utilizados.

1.1 Variable, Muestra y Población

Para facilitar la comprensión de algunos términos que se usaran en las siguientes páginas, se da su definición a continuación:

1. Antecedentes teóricos

Variable: es una descripción numérica del resultado de un experimento, asocia un valor numérico con cada resultado experimental posible. Es discreta si su conjunto de valores posibles es finito, o se puede enumerar en una sucesión finita, y es continua cuando sus valores posibles abarcan un intervalo completo sobre la línea de los números reales.

Población: es el conjunto de todos los posibles valores que podría tener la variable x .

Resultado: es un dato aislado, obtenido mediante la observación de una variable cualquiera x en estudio.

Muestra: es un conjunto de resultados obtenidos para la variable x en cuestión, es un subconjunto de la población. Una muestra aleatoria es aquella que se obtiene completamente al azar, sin dar preferencia a algún tipo de valores. En contraste, se dice que una muestra es sesgada cuando fue obtenida dando preferencia a algún tipo de resultados.

En muchos casos es prácticamente imposible obtener muestras completamente aleatorias; en estos casos debe tenerse al menos una idea de cuáles fueron los sesgos introducidos al momento de obtener la muestra.

1.2 Funciones de distribución

Para poder hacer deducciones probabilísticas en relación con alguna variable hidrológica de interés, es necesario estudiar primero la forma de caracterizar a las poblaciones de las que la muestra en estudio forma parte. Con este objeto, se definen algunas funciones típicas que permiten caracterizar estadísticamente a una población, así como la forma de calcular sus parámetros.

Entre las funciones de distribución de probabilidad más usadas en hidrología se destacan las siguientes:

- Normal
- Lognormal
- Pearson III
- Gumble
- Doble Gumbel

1.2.1 Propiedades de las funciones de distribución

Se define a la función de distribución asociada a una variable aleatoria u , que puede tomar valores en el campo de los números reales, como la probabilidad de que dicha variable tome valores menores o iguales que un valor fijo x para toda x comprendida entre los reales, esto es:

$$F_u(x) = \text{Prob} \{u \leq x\} \quad u, x \in R$$

Esta función (Figura 1.1) corresponde a la idea del histograma de frecuencias acumuladas

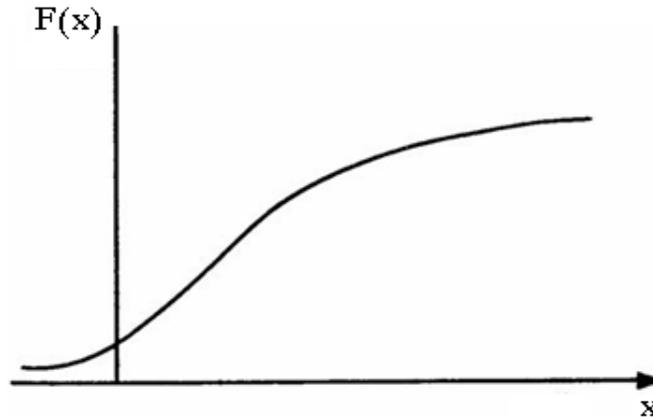


Figura 1.1 Función de distribución

Sus principales propiedades son las siguientes:

1. $F(\infty) = 1$
2. $F(-\infty) = 0$
3. $F(x + \Delta x) \geq F(x)$ si $\Delta x > 0$

De acuerdo con la definición, si se conoce la función de distribución de probabilidad de una variable aleatoria, la probabilidad de que la variable tome valores en un intervalo (a, b) , se calcula como:

$$\text{prob}(a \leq u \leq b) = F_u(b) - F_u(a)$$

En resumen, la función de distribución de probabilidad de la población de valores posibles de una variable cualquiera, u , $F_u(x)$, corresponde a la idea de frecuencia relativa acumulada asociada a los valores de una muestra, y mide la probabilidad de que u tome valores menores o iguales que un valor especificado x .

1.2.2 Función de densidad

Una función de densidad de probabilidad, integrada entre a a b (con $a \leq b$), da la probabilidad de que la variable aleatoria correspondiente tomará un valor en el intervalo entre a a b .

Una función con valores $f(x)$, definida con respecto al conjunto de todos los números reales, se denomina función de densidad de probabilidad de la variable aleatoria continua X si :

$$P(a \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

1. Antecedentes teóricos

Para cualesquiera constantes reales a y b , con $a \leq b$.

A esta función de densidad también se le conoce con el nombre de densidades de probabilidades, funciones de densidad, densidades y funciones de densidad de probabilidad (que se abrevia como f.d.p.) La representación gráfica se muestra en la figura 1.2

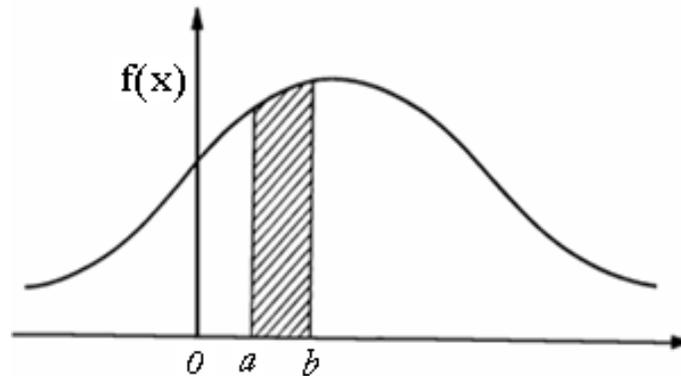


Figura 1.2 Función de densidad

Una función puede desempeñar el papel de una función de densidad de una variable aleatoria X si sus valores $f(x)$, cumplen que:

- a) $f(x) \geq 0$ para $-\infty < x < \infty$
- b) $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$

Si X es una variable aleatoria continua la función dada por

$$F(X) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt \quad \text{para } -\infty < x < \infty$$

Donde $f(t)$ es el valor de la función de densidad de probabilidad de X en t . $F(x)$ se llama función de distribución o función acumulada de X . Por tanto se deduce:

Si $f(x)$ y $F(x)$ son, respectivamente, valores de la distribución de probabilidad y la función de distribución X en x , entonces

$$P(a \leq X \leq b) = F(b) - F(a)$$

Para dos constantes reales cualesquiera a y b con $a \leq b$ se tiene que

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

Por tanto la derivada de la función de distribución de probabilidad es la función de densidad de probabilidad.

1.2.3 Función de distribución normal

Una distribución muy importante y mayormente usada es la Distribución Normal o de Gauss. La ecuación matemática de la función de Gauss es la siguiente:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

Y la función de densidad se define de la siguiente manera:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad ; \quad -\infty < x < \infty$$

Donde:

μ = media

e = 2.7182...

π = 3.1415...

σ = desviación estándar

x = variable aleatoria

La distribución normal es una curva con forma de campana, con eje de simetría en el punto correspondiente al promedio del universo μ . La distancia entre el eje de simetría de la campana y el punto de inflexión de la curva es igual a σ , la desviación estándar de la población. El área total debajo de la curva es igual a 1.

1.2.4 Función de distribución lognormal

Si la variable aleatoria $Y = \log X$ está normalmente distribuida, entonces se dice que X está distribuida en forma lognormal. La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln-\alpha}{\beta}\right)^2} dx$$

Y su función de densidad presenta la siguiente forma

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln-\alpha}{\beta}\right)^2}$$

Donde α y β son los parámetros de la distribución, estos parámetros corresponden a la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria. La figura 1.3 muestra la representación grafica de esta distribución.

1. Antecedentes teóricos

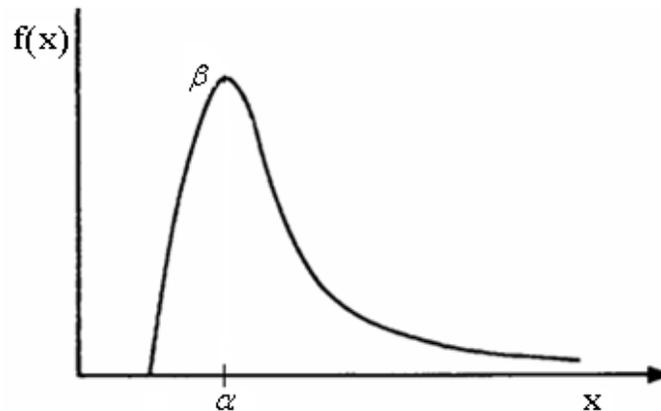


Figura 1.3 Función de densidad Lognormal

Esta distribución tiene la ventaja sobre la distribución normal de que está limitada ($X > 0$) y de que la transformación log tiende a reducir la asimetría positiva comúnmente encontrada en información hidrológica, ya que al tomar logaritmos se tiene una reducción en una proporción mayor los números grandes que los números pequeños. Las desventajas de esta distribución son que se tiene solamente dos parámetros en la función y que se requiere que los logaritmos de los datos sean simétricos con respecto a la media.

1.2.5 Función de distribución exponencial

Está definida por:

$$F(h) = 1 - e^{-y}$$

Donde

$F(x)$ probabilidad de que $c \leq h$

y variable reducida, que se calcula como:

$$y = \frac{x - \beta}{\alpha}$$

α y β parámetros que definen la función Exponencial

α desviación estándar

β cota inferior

Los parámetros estadísticos de esta función son:

Media $\mu = \alpha + \beta$

Variación $\sigma^2 = \alpha^2$

La figura 1.4 muestra la representación gráfica de la función exponencial.

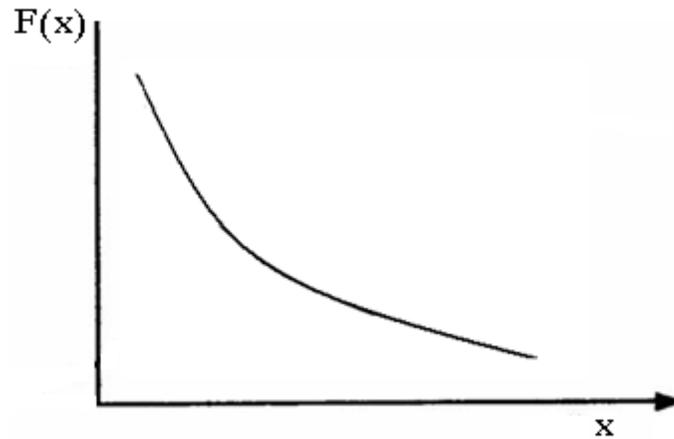


Figura 1.4 Función de probabilidad exponencial

La función exponencial se utiliza para describir los tiempos de interarribo de choques aleatorios a sistemas hidrológicos, tales como volúmenes de escorrentía contaminada que entra en los ríos a medida que la lluvia lava los contaminantes localizados en la superficie del río. La ventaja de esta distribución es que es fácil estimar sus parámetros a partir de la información observada y esta distribución se adapta muy bien a estudios teóricos. La desventaja es que es necesario que la ocurrencia de cada evento sea completamente independiente de sus vecinos.

1.2.6 Función de distribución Pearson III o Gama de tres parámetros

La función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left\{ \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right\}^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Donde α_1 , β_1 y δ_1 son los parámetros de la función y $\Gamma(\beta_1)$ es la función Gamma. La gráfica correspondiente a esta función se muestra en la figura 1.5.

Y su función de distribución de probabilidad, es igual a:

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}\right)} \left(\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1 - 1} dx$$

La distribución Pearson tipo III se usó en hidrológica por primera vez en 1924 por Foster para describir la distribución de probabilidad de picos de gastos máximos anuales.

1. Antecedentes teóricos

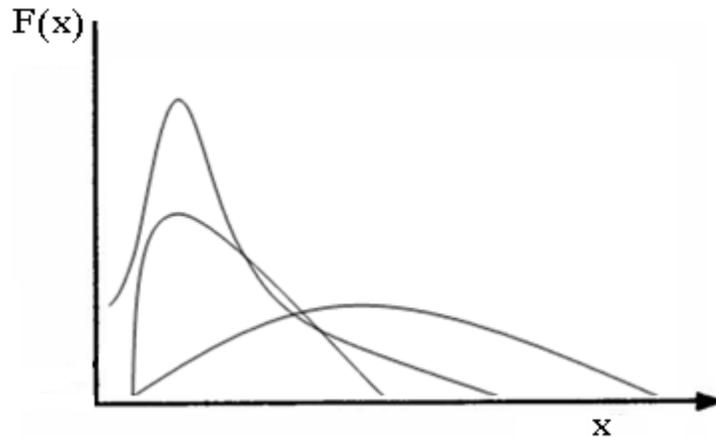


Figura 1.5 Función de densidad Pearson III o Gamma de 3 parámetros

1.2.7 Función de distribución Gumbel

En los estudios realizados para eventos hidrológicos extremos se incluye la selección de una secuencia de observación ya sean máximas o mínimas de un conjunto de datos, por ejemplo en el estudio de los gastos picos en una estación hidrométrica se utilizan solamente los valores máximos registrado cada año, entre todos los valores registrados. Es por ello que se utiliza la función de valores extremos I o también llamada Gumbel en hidrología, ya que esta función de distribución se utiliza para determinar la probabilidad de que se presenten grandes avenidas, debido a que se ha demostrado teóricamente que se ajusta a los valores máximos.

La función de distribución de probabilidad se representa por la siguiente ecuación:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde:

α parámetro de forma

β parámetro de escala

x variable aleatoria

Los parámetros α y β se estiman por el método de momentos, el cual se detallará en las páginas siguientes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{s}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45s$$

Donde:

s es la desviación estándar que se calcula con la siguiente ecuación

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

\bar{x} representa la media de la muestra, la cual se calculará con la siguiente expresión.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

La gráfica representativa de la función de distribución Gumbel se muestra en la figura 1.6

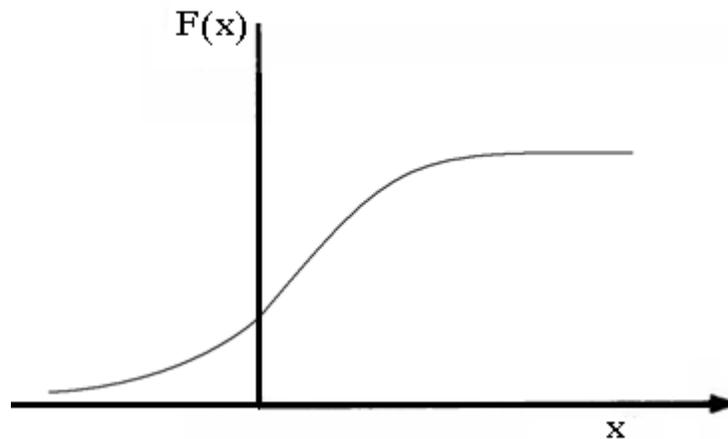


Figura 1.6 Función de distribución Gumbel

La distribución de probabilidad Gumbel se utiliza para el estudio de los gastos máximos anuales en un río o de precipitaciones máximas anuales en un sitio, y por lo tanto para la determinación de avenidas de diseño.

Se puede definir a una variable reducida y como:

$$y = -\alpha(x - \beta)$$

Si sustituimos la variable reducida en la función de distribución de probabilidad se tiene que

$$F(x) = e^{-e^y}$$

1. Antecedentes teóricos

Despejando “y” de la ecuación anterior, aplicando logaritmo natural en dos ocasiones se obtiene.

$$y = -\text{Ln} \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{F(x)} \right) \right]$$

Los valores x y y pueden graficarse en una recta, tal como se muestra en la figura 1.7

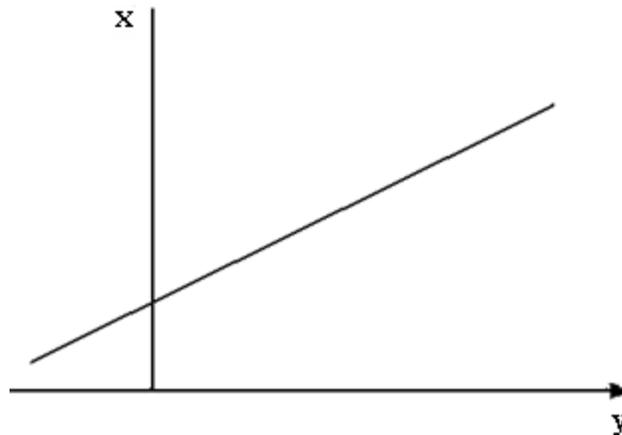


Figura 1.7 Distribución Gumbel, variable x contra variable reducida y.

1.2.8 Función de distribución para dos poblaciones o Doble Gumbel

En nuestro país, existen diversos lugares donde los gastos máximos anuales pertenecen a dos poblaciones diferentes, debido a los ciclones que se presentan en ciertas zonas y por las precipitaciones relacionadas con los fenómenos meteorológicos dominantes de la región. Esta variación también se ven reflejadas en zonas, donde se tiene datos de gastos producidos por las precipitaciones y otros por gastos provenientes de deshielos. En estas situaciones se dice que llegamos a tener dos poblaciones para una misma zona en estudio.

Es por ello que fue necesario desarrollar la función de distribución Doble Gumbel, dada por la siguiente expresión:

$$F(x) = p \left(e^{-e^{-\alpha_1(x-\beta_1)}} \right) + (1 - p) \left(e^{-e^{-\alpha_2(x-\beta_2)}} \right)$$

donde α_1 y β_1 son los parámetros correspondientes a la población no ciclónica y α_2 y β_2 corresponden a la ciclónica, p es la probabilidad de que en un año cualquiera el gasto máximo no sea producido por una tormenta ciclónica.

Los valores α_1 y β_1 se obtienen ajustando por momentos una función Gumbel a los datos de la primera población y los valores de α_2 y β_2 ajustando otra función de Gumbel a los datos de la segunda población.

Los parámetros α_1 y α_2 definen una cierta inclinación de las curvas, entre más pequeñas más fuerte es la inclinación. Y β_1, β_2 son parámetros de escala, el valor más grande que pueden tomar es el máximo valor de la muestra obtenido para las poblaciones 1 y la 2.

Para estimar los parámetros se recomienda minimizar el error cuadrático

$$z = \left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde x_i y \bar{x}_i son los valores medidos y los valores estimados con la función de distribución de probabilidad, y n es el número de valores que contiene la muestra.

Para obtener la combinación de valores $\rho, \alpha_1, \beta_1, \alpha_2$ y β_2 que hacen mínima la función Z , se recomienda hacer primero una gráfica en la que se dibujen los puntos correspondientes a las parejas de valores $[Q_i, F(Q_i)]$. Para dibujar los puntos en la gráfica se utiliza el papel de Gumbel.

El papel de Gumbel tiene en el eje de las abscisas los valores de $y = -LnLn \left[\frac{F(x)}{F(x)-1} \right]$ y en las ordenadas los de x . Con esto se logra separar a las dos poblaciones que se agrupan en sendas rectas.

La figura 1.8 muestra un salto brusco en el gráfico, por los valores de los gastos no ciclónicos y los ciclónicos.

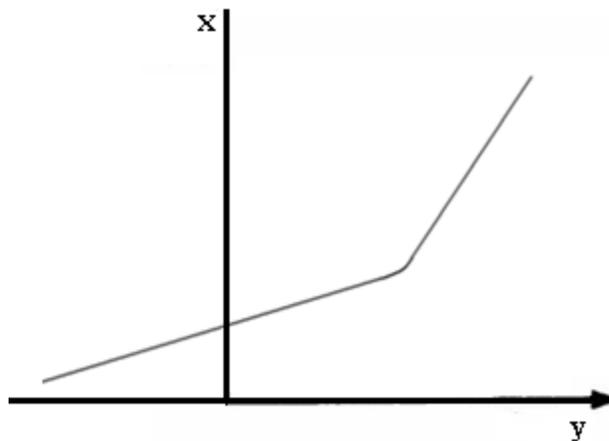


Figura 1.8 Distribución doble Gumbel

No es posible determinar una ecuación para el cálculo de gastos máximos debido a que la función de distribución de probabilidad de Gumbel de dos poblaciones es implícita, eso

1. Antecedentes teóricos

implica que la solución de dicha ecuación debe realizarse a través de algún método para determinar raíces en una función.

Para poder utilizar esta función es necesario estimar p , lo cual se puede realizar de diferentes maneras, puede ser al consultar los boletines meteorológicos, preguntar a los habitantes de la zona o examinando los gastos máximos anuales.

El valor de p será entonces:

$$p = \frac{N_n}{N_T}$$

Siendo N_n el número de años de registro en que el gasto máximo no se produjo por una tormenta ciclónica y N_T el número total de años de registro. De acuerdo con la experiencia en México, en el uso de esta distribución de probabilidad para los valores máximos anuales se ha utilizado una p de 0.84.

1.3 Métodos de ajustes

Debido a que una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste de dicha función a los datos de una muestra, gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados. Ajustar una función de distribución a un grupo de datos significa encontrar la función que, a juzgar por los datos de la muestra, mejor representa la población de valores posibles de la variable en estudio.

En el proceso de ajuste se debe llevar a cabo en dos pasos importantes: el primero es encontrar el tipo de función de distribución adecuada y en segundo lugar obtener los parámetros del tipo de función elegida. En hidrología una elección apresurada de cualquiera de las funciones podría traer como consecuencias tener una estructura sobrediseñada y costosa o subdiseñada y por tanto riesgosa. El ajuste de distribución se puede realizar por diferentes métodos, en seguida se describen algunos de ellos.

1.3.1 Análisis gráfico

Este método consiste simplemente en observar una grafica donde se dibujara cada una de las diferentes funciones junto con los puntos medidos, la función de distribución que se seleccionara será aquella que se apegue visualmente mejor a los datos medidos.

Este método es subjetivo, no es muy recomendable, sin embargo es muy ilustrativo y puede ser usado con otros métodos, si lo llega a aplicar una persona con experiencia puede llegar a ser el mejor de los métodos.

1.3.2 Método de mínimos cuadrados

El método de ajuste por mínimos cuadrados consiste en estimar los parámetros de la función de distribución seleccionada, que hagan mínima la expresión:

$$Z = \sum_{i=1}^n \{P(x_i) - F(x_i)\}^2$$

Donde

$F(x_i)$ función de distribución en estudio, valuada en x_i

$P(x_i)$ probabilidad "observada" de la muestra, que se estima mediante la fórmula de Weibull

$$P(x_i) = \frac{N + 1 - m}{N + 1}$$

Donde:

N número de datos

m número de orden que ocupa x_i en la serie de los datos, si se ordenan de mayor a menor

1.3.3 Método de los momentos

Una forma de estimar los parámetros de una función de distribución, para que se "ajuste" a un conjunto de datos, consiste en igualar los valores de las características estadísticas de la muestra con las de la población; esto es, hacer que la media de los valores muestreados sea igual a la de la función de distribución (a la que se llamará primer momento), que las varianzas sean iguales (segundo momento), el coeficiente de asimetría (tercer momento), etc., hasta establecer tantas ecuaciones como parámetros tenga la función.

1.3.4 Método de Máxima Verosimilitud

Supone que el mejor parámetro de una función debe ser aquel que maximiza la probabilidad de ocurrencia de la muestra observada. Se utiliza la función de verosimilitud $L(x)$. Mientras mayor sea esta función mayor será el ajuste de la función de distribución a los datos.

La función de verosimilitud es el producto de los valores de la función de densidad de probabilidad teórica, calculada para cada valor x_i de la muestra, es decir:

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_i) = f(x_1) * f(x_2) * f(x_3) * \dots * f(x_n)$$

1. Antecedentes teóricos

Donde $\prod_{i=1}^n$ es el operador que indica el producto de los valores que comprende.

Debido a que varias funciones de densidad de probabilidad son exponenciales, es conveniente trabajar con la función logaritmo de la función de verosimilitud

$$H = \ln L = \sum_{i=1}^n \ln[f(x_i)]$$

De esta manera para poder estimar los valores de los parámetros de la función que hacen máxima a la función H, se deriva dicha función con respecto a cada uno de los parámetros y el resultado se iguala a cero. Al igualar a cero cada una de las derivadas se tendrán tantas ecuaciones como parámetros tenga la función de probabilidad, y de estas se despejan los parámetros para hacer el ajuste respectivo.

Este método teóricamente es el más correcto para ajustar distribuciones de probabilidad a información, ya que produce los estimativos de parámetros más eficientes, aquellos que estiman los parámetros de la población con los menores errores promedio, sin embargo para algunas distribuciones de probabilidad, no existe una solución matemática y al maximizar la función logaritmo de verosimilitud resulta bastante complicado, es por ello que en general el método de los momentos es más fácil de aplicar que el método de la máxima verosimilitud y resulta ser el más apropiado para los análisis prácticos en hidrología.

1.4 Periodo de retorno

El periodo de retorno se usa comúnmente en lugar de la probabilidad p para definir crecientes de diseño. Se define como el lapso promedio entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Asociado a eventos máximos anuales, se define como el tiempo dentro del cual ese evento puede ser igualado o excedido una vez en promedio.

Una excedencia es un evento con magnitud igual o mayor que cierto valor, algunas veces el tiempo real entre excedencias es llamado intervalo de recurrencia, el intervalo de recurrencia para un cierto evento será igual al período de retorno del evento, en la práctica los dos conceptos son sinónimos.

Cuando se habla de una tormenta o creciente con período de retorno de 100 años, se entiende entonces que dicho evento será igualado o excedido en promedio una vez cada 100 años, en el transcurso de un gran número de años, por ejemplo 1000 años.

En hidrología se utilizan muestras formadas por eventos hidrológicos anuales, se podrá plantear la siguiente ecuación tomando en cuenta el concepto de probabilidad

$$P(X \geq x) = \frac{1}{Tr}$$

La ecuación anterior nos muestra que si un evento hidrológico X igual o mayor a x , ocurre una vez en Tr años, su probabilidad de excedencias es $1/Tr$, por ejemplo si una excedencia ocurre en promedio cada 100 años, la probabilidad de que tal evento ocurra en cualquier año es $1/100$, que es igual al 1%. Entonces, las probabilidades de excedencias $P(X \geq x)$ y de no excedencia $P(X \leq x)$ y el periodo de retorno están relacionadas por las siguientes ecuaciones:

$$Tr = \frac{1}{P(X \geq x)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x)}$$

Existen otras expresiones con las cuales podemos obtener un valor para el periodo de retorno según la muestra de los datos, a continuación se enlistan algunas de ella.

Según Weibull se puede estimar el periodo de retorno con la siguiente ecuación (fórmula de Weibull; Weibull, 1939 referencia dada en Willson, 1990):

$$Tr(x_i) = \frac{1}{1 - P(x_i)} = \frac{N + 1}{m}$$

Donde:

$Tr(x_i)$ período de retorno del evento x_i

x_i magnitud del evento

m es el número de orden al ordenar los datos de mayor a menor, es la clasificación del evento de acuerdo con su magnitud.

N es el total de eventos, numero de años de registro

Otra ecuación utilizada es la de California (California Department of Public Works, 1923 dada en Willson, 1990):

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

También está la fórmula de Hazen:

$$Tr = \frac{2n}{m - 1}$$

Estas dos últimas también se toman con reservas. Una que da resultados más satisfactorios es la debida a Gringorten (Willson, 1990) :

$$Tr = \frac{(n + 0.12)}{(m - 0.44)}$$

1. Antecedentes teóricos

Otra forma sencilla es la recomendada por Cunnane:

$$Tr = \frac{n + 12}{m - 0.4}$$

Debido a que cuando se trabaja con avenidas de diseño es común que lo que interesa sea la probabilidad de que dicha avenida exceda una determinada magnitud. Como frecuentemente se trabaja con probabilidades de frecuencias muy cercanas a cero, se utiliza el concepto de período de retorno T , que se define como el número de años, en promedio, en el que un evento puede ser igualado o excedido. Como ya se ha mencionado, los conceptos anteriores se pueden relacionar mediante la expresión:

$$Tr(x) = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Donde:

$Tr(x)$ período de retorno, en años, asociado a un valor

x valores máximos anuales

$F(x)$ función de distribución de los valores máximos anuales

Para una serie de valores máximos anuales medidos x_1, x_2, \dots, x_n , el método básico para estimar en cada uno de esos valores el periodo de retorno $T(x)$ es el siguiente: Se ordenan los valores en orden descendente según su magnitud y se asigna a cada uno un número de orden "m", correspondiendo $m = 1$ al valor máximo, para calcular el periodo de retorno se utilizan las ecuaciones antes mencionadas.

Una vez que las series se han ordenado de mayor a menor (o de menor a mayor si se analizan eventos mínimos) se pueden dibujar en gráficas relacionando a la variable analizada con su periodo de retorno Tr o bien con p .

Así pues tomando como ejemplo la distribución de probabilidad Gumbel

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde

$$y = -Ln \left[Ln \left(\frac{1}{F(x)} \right) \right]$$

Despejando $1/F(x)$ de

$$Tr = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Se tiene que

$$\frac{1}{F(x)} = \frac{Tr}{Tr - 1}$$

Si se llega a dibujar en una gráfica para la distribución Gumbel los valores x serán los gastos medios diarios máximos anuales en el eje de las ordenadas, y en el eje de las abscisas se tendrá

$$y = -Ln \left[Ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right]$$

Teniendo un gráfico como el de la figura 1.9

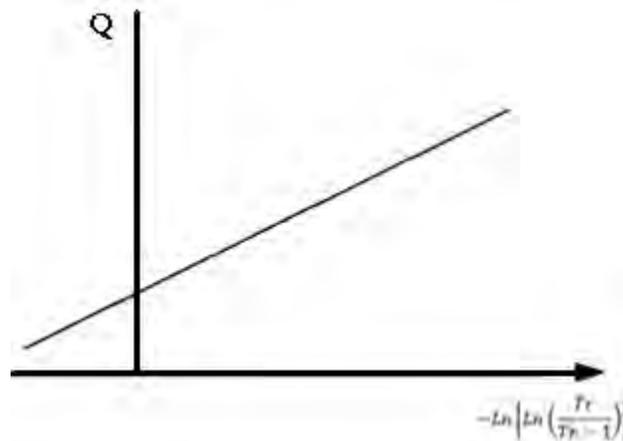


Figura 1.9 Ajuste una función de distribución

1.5 Método de cálculo de lluvias de diseño

La precipitación que una tormenta produce en una cuenca puede llegar a variar desde un máximo en uno o varios puntos, hasta tener valores nulos en la frontera de dicha tormenta. Estas variaciones también se presentan en los registros mensuales y anuales de las estaciones pluviométricas, lo cual llega a originar problemas al determinar la precipitación media en la cuenca.

1. Antecedentes teóricos

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación que se emplea en el diseño de un sistema hidrológico. Se define a partir de una lámina de lluvia total, un patrón temporal y un mapa de distribución espacial de la lluvia. Llega a ser complejo relacionar estos tres elementos, por esto se considera solamente la probabilidad de excedencia de la lámina de precipitación total, y la distribución tanto espacial como temporal se calcula usando otros métodos.

El concepto de tormentas de diseño es generalmente usado debido a ciertas razones, la escasez de registros de gastos lo suficientemente largos para realizar análisis de frecuencias de tal manera que sean confiables, una mayor disponibilidad de registros de lluvias y el carácter cambiante de las características físicas de la cuenca en estudio.

Existen diferentes métodos para obtener las tormentas de diseño, los más empleados son los que se basan en las curvas intensidad-duración-periodo de retorno (curvas IDT). Estos métodos asignan intensidades a la tormenta de diseño que corresponden a una probabilidad constante durante toda la duración del evento. Sin embargo se ha comprobado que a partir de varias observaciones en diferentes lugares, una tormenta con una distribución uniforme de frecuencias durante toda su duración no existe o que ocasionalmente puede llegar a ocurrir. Además una tormenta de diseño corresponde a un patrón de precipitación que intenta representar las tormentas típicas de una determinada zona donde una tormenta real puede tener un gran número de combinaciones de duración, intensidad, patrón temporal y distribución espacial.

Es por ello que es más común utilizar modelos lluvia-escurrimiento con tormentas de diseño históricas, para realizar análisis estadísticos a las avenidas resultantes. Las tormentas históricas ofrecen una mejor representatividad de la variabilidad de las tormentas reales en cuanto a su patrón temporal y espacial en comparación con las tormentas de diseño obtenidas mediante curvas IDT. Este método modo requiere de numerosos cálculos, resultando ser muy laborioso cuando la cuenca en estudio es muy grande.

Se han incluido nuevos elementos en el cálculo de las tormentas de diseño, tales como las relaciones precipitación-duración y precipitación-área, lo cual ha ayudado a entender la variabilidad temporal y espacial de la precipitación.

1.5.1 Variación espacial de la precipitación

La variabilidad espacial de la lluvia se basa en dos aspectos importantes, el primero se refiere a la variabilidad de las propiedades estadísticas de la lluvia entre diferentes regiones geográficas, y el segundo a la no uniformidad de la distribución espacial de la lluvia sobre las cuencas.

El origen de la tormenta en cada zona, es un factor que condiciona la distribución espacial de la lluvia. En una misma cuenca, la precipitación llega a presentarse con una gran variación en su distribución espacial. Dos tormentas pueden llegar a tener la misma precipitación media areal, mientras que su distribución espacial puede ser muy distinta ya que la precipitación se concentra en puntos diferentes dentro de la región provocando distintos gastos en su sistema de drenaje.

En la práctica generalmente se supone que la lluvia es uniforme, al aplicar modelos hidrológicos en pequeñas cuencas. La variabilidad espacial debe tomarse en cuenta con el

objetivo de mejorar la estimación del volumen de entrada en la cuenca. Por esta situación surge el concepto de Factor de Reducción por Área (FRA) el cual toma en cuenta el efecto de la variabilidad espacial de la precipitación, y sobre todo, considera la simultaneidad con la que se presentan las lluvias máximas.

Las mediciones de la lluvia se realizan de forma puntual, por ello no es de esperar que sea la misma en toda la cuenca de estudio, por ese motivo, diversos autores han propuesto ecuaciones empíricas para la reducción de la precipitación en función del tipo de tormenta y de la cuenca de estudio al calcular el Factor de Reducción por Área, es una forma práctica que considera la no simultaneidad de las lluvias máximas en las estaciones dentro del área así como también la reducción de la lámina de precipitación media sobre una determinada área a medida que aumente dicha área.

El factor puede calcularse según las siguientes expresiones

- a) Para tormentas de tipo convectivo y área inferior a 50 km². Woolhiser (1959) propone

$$FRA = \frac{P_a}{P_p} = 1 - \frac{1.94}{P_p} A^{0.6}$$

Donde:

P_a precipitación media en la cuenca para la duración y zona de interés

P_p media de los valores puntuales para la misma zona y duración.

A área de la cuenca en estudio

- b) Para ciclones extratropicales o borrascas atlánticas, Boyer obtuvo:

$$FRA = \frac{P_a}{P_p} = \frac{1.68}{(d/D)} \left[1 - \left(1.09 \frac{d}{D} + 1 \right) e^{-\left(1.09 \frac{d}{D} \right)} \right]$$

Siendo

d distancia al centro del ciclón

D distancia al centro para $\frac{P_a}{P_p} = 0.5$ se debe estimar

- c) Egleson(1972) propone la siguiente fórmula:

$$FRA = \frac{P_a}{P_p} = 1 - e^{-1.1T^{0.25}} + e^{-1.1T-0.01A}$$

1. Antecedentes teóricos

Donde

T duración de la tormenta

A área de la cuenca (expresada en millas cuadradas)

1.5.2 Métodos de interpolación de lluvias

La información necesaria para realizar estudios hidrológicos a veces llega a ser escasa debido a la falta de estaciones de medición en los sitios de interés, la precipitación generalmente es registrada por los pluviómetros y pluviógrafos, este equipo mide la lluvia de manera puntual, esta información llega a ser insuficiente en algunos estudios realizados a las cuencas. Por ello es necesario realizar un proceso de interpolación de los valores observados puntualmente con el objetivo de obtener información de los sitios donde no existen mediciones, de esta manera podemos tener el comportamiento y la distribución de la lluvia en el espacio.

La interpolación espacial es un método para inferir valores de una variable a partir de observaciones realizadas de la misma variable en puntos cercanos al lugar de interés.

Existen diversos métodos que pueden emplearse para interpolar, la selección de uno u otro método dependerá de la forma en que el modelo representa el fenómeno real. Los diversos métodos que existen se pueden clasificar como determinísticos o estocásticos. Los primeros son métodos de interpolación que modelan la variable a través de una función específica, al contrario de la segunda clasificación. La magnitud de las diferencias entre las dos clasificaciones depende de las características de la zona estudiada, del tamaño, la configuración y la densidad de la red de observaciones con que se cuente.

Se presentarán a continuación tres procedimientos para la interpolación y promediación de la precipitación sobre una cuenca, a partir de las precipitaciones conocidas en varios puntos.

1.- Polígonos de Thiessen

Este método está basado en la ley del vecino más cercano, se toma como hipótesis de partida que la precipitación en un punto de la cuenca cualquiera es la misma que la registrada en el pluviógrafo más cercano. A cada estación se le asigna un área de influencia o polígono, el cual se construye de modo que cada punto dentro del polígono esté más cercano a su estación que de cualquier otra.

Los polígonos estarán formados por las mediatrices de los segmentos que une cada estación con las contiguas. La configuración de los polígonos depende de la forma en que las estaciones de medición se encuentran distribuidas espacialmente.

Estas áreas asignadas, divididas por la total de la cuenca, son los coeficientes que ponderan la precipitación de cada estación. El método no toma en cuenta la orografía, pero es un método de gran simplicidad en su aplicación, pero representativo del fenómeno real.

La fórmula que se usa en este método es la siguiente

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Siendo

P precipitación media en la cuenca

A superficie de la cuenca

n número de pluviógrafos

A_i área de influencia del pluviógrafo

P_i precipitación registrada por el pluviógrafo

2.- Medias ponderadas

Por este método se extiende la precipitación de las estaciones de la cuenca, a toda ella. Este procedimiento no toma en cuenta la colocación de las estaciones ni el relieve dentro de la cuenca. Se basa en la división de la superficie de la cuenca en celdas elementales, con lo que la precipitación en cada una de ellas se obtendrá aplicando la siguiente ecuación:

$$P_i^* = \frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i} \sum_{i=1}^n w_i P_i$$

Donde

P_i^* precipitación ponderada en la celda i

w_i coeficiente de ponderación, el cual se calcula como

$$w_i = \frac{1}{d_i^c}$$

Siendo

d_i distancia del pluviómetro i a la celda i

Donde c es el coeficiente de ponderación, que normalmente es 2, con lo que al procedimiento se le conoce como "inverso de la distancia al cuadrado". El proceso de promediación se realiza en base al número de celdas en las que se divide la cuenca en el estudio, y se obtendrá la media aritmética de las precipitaciones de las celdas.

$$\bar{P} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a P_i^*$$

3.- Isoyetas

1. Antecedentes teóricos

Las isoyetas son líneas que unen los puntos de igual precipitación. Estas líneas se pueden trazar como curvas de nivel, a partir de precipitaciones en las diversas estaciones y la orografía y su influencia. La gran ventaja de este método es la posibilidad de incluir efectos orográficos no considerados en otros métodos. El volumen descargado sobre la cuenca se determina calculando la superficie afectada por cada isoyeta y multiplicando por su precipitación.

La ecuación a utilizar en este método es la siguiente:

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i \frac{P_i + P_{i+1}}{2}$$

Donde

\bar{P} precipitación media en la cuenca

A área de la cuenca

A_i área entre isoyetas

N número de franjas entre isoyetas considerado

P_i precipitación en la isoyeta

Los tres métodos vistos anteriormente para las precipitaciones en una cuenca, podrán aplicarse de la misma forma con intensidades en lugar de precipitaciones.

2. TEORÍA DE REGIONALIZACIÓN

2.1 Introducción

Las mediciones hidrológicas se hacen con el fin de obtener información de los procesos hidrológicos. Esta información se utiliza para poder entender mejor estos procesos y para el diseño, análisis y toma de decisiones. Sin embargo en nuestro país gran parte del territorio no cuenta con equipo de medición o en ocasiones éste no opera de manera adecuada, lo que repercute directamente en la baja calidad o confiabilidad de la información o bien en la falta de esta. Eso trae como consecuencia que la estimación de una avenida de diseño sea poco confiable, por lo que se recurre al uso de coeficientes de seguridad grandes, provocando que el costo de las obras civiles sea muy alto.

Con el estudio regional que se plantea se pretende reunir los datos de varias estaciones climatológicas en una sola muestra de tal manera que se cuente con un mayor número de datos y con ellos estimar la lluvia esperada en un lugar donde la información climatológica es escasa o inexistente. De esta forma el resultado será más confiable que el que se tendría del estudio de cada una de las estaciones por separado.

Una de las formas más comunes para estimar la tormenta de diseño de las obras hidráulicas consiste en observar la tendencia que se define al dibujar las precipitaciones máximas anuales registrados en una determinada cuenca contra sus respectivos periodos de retorno; a estas precipitaciones máximas se les ajusta distintas distribuciones de probabilidad y se selecciona la que presente una mejor tendencia, para determinar la precipitación máxima anual con un determinado periodo de retorno.

Sin embargo, cuando se desea conocer la precipitación para un periodo de retorno mayor al número de años de registro, surge el problema de cómo extrapolar esa tendencia hasta el periodo de retorno deseado, particularmente en cuencas susceptibles de ser atacadas directamente por ciclones, donde la estadística de precipitaciones máximas anuales muestra la presencia de dos poblaciones: una con valores relativamente pequeños, que corresponde a años en los que ningún huracán incidió directamente, y otra, con valores grandes, que están relacionados con la incidencia directa de eventos extraordinarios en las cuencas.

Esto hace que la extrapolación de las precipitaciones sea poco confiable, debido a que la incidencia de huracanes no es frecuente, de tal forma que la muestra que representa a estos eventos queda integrada casi siempre por muy pocos valores. Lo que se pretende al integrar toda una región es conseguir una muestra de datos mucho mayor, sobre todo del tipo ciclónico.

Para una mejor comprensión de dicho procedimiento, se describe a continuación un ejemplo hipotético: supongamos que una extensa región que se ve sometida a eventos ciclónicos, está formada por cinco cuencas iguales, separadas entre sí una distancia tal que un ciclón solo puede entrar directamente a una de ellas. A la salida de cada cuenca se tienen estaciones hidrométricas las cuales tienen registros de 50 años, durante los cuales la región ha sido atacada directamente por ciclones 10 veces, lo cual indica que la probabilidad de que en un año dado se presente un ciclón que incida directamente en la región es de 0.2.

Si utilizáramos cada cuenca por separado, para cada una de ellas existirían 50 valores de lluvias máximas medidas diarias anuales registradas, de las cuales probablemente solo dos fueron ocasionados por algún ciclón, por lo que la estimación de lluvia correspondiente a periodos de retorno mayor al número de años de registro resulta poco confiable. En cambio, si se trabaja para el conjunto de los 250 datos registrados en las cinco cuencas, la estimación de la lluvia correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, por ejemplo, será mucho más confiable.

Para poder comparar este ejemplo con la situación real, es importante considerar que la incidencia de ciclones no necesariamente es igualmente probable en las cuencas de la región.

Debido a esta situación es necesario ajustar los resultados que se obtengan del análisis regional, utilizando un factor de peso proporcional a la probabilidad de ocurrencia.

2.2 Métodos de transformación

En este trabajo se transformarán las precipitaciones máximas anuales registradas en cada una de las cuencas pertenecientes al río Grijalva, procurando eliminar el efecto de las características individuales de cada una de ellas, para cada cuenca m se transforman las precipitaciones máximas P_i^m registradas en el año i , a una nueva variable P_i^R representativa de toda la región, en la que se ha eliminado el efecto de las características individuales de cada cuenca.

La variable reducida puede deducirse al realizar diferentes métodos de transformación. Se describen algunos de ellos a continuación:

2.2.1 Primer Método

Se estandariza la variable mediante parámetros estadísticos de la función Gumbel.

$$P_i^R = \frac{P_i^m + a^m}{c^m}$$

Donde

P_i^R variable estandarizada

P Precipitación máxima anual

m cuenca

i año

$a = -\beta$

$c = 1/\alpha$

β y α son los respectivos parámetros de la función Gumbel.

2.2.2 Segundo método

La variable reducida se obtiene a partir de las precipitaciones máximas anuales asociadas a un periodo de retorno.

$$P_i^R = \frac{P_i^m}{PTr^m}$$

Donde

PTr^m Precipitación asociada a un periodo de retorno.

2.2.3 Tercer método

Este método consiste en obtener la variable reducida con base en la diferencia entre precipitaciones máximas anuales asociadas a dos periodos de retorno prefijados. La ecuación de este método es la siguiente:

$$P_i^R = \frac{P_i^m}{PTr1^m - PTr2^m}$$

2. Teoría de Regionalización

Donde

$PTr1^m$ Precipitación asociada a un periodo de retorno prefijado.

$PTr2^m$ Precipitación asociada a otro periodo de retorno fijo.

2.2.4 Cuarto método

Este método toma en consideración el área de la cuenca en análisis, la siguiente expresión representa el método.

$$P_i^R = \frac{P_i^m}{A^m}$$

Donde

A área de la cuenca

2.2.5 Quinto método

La variable reducida está en función de la desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales.

$$P_i^R = \frac{P_i^m}{\sigma^m}$$

Donde

σ Desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales.

2.2.6 Sexto método

$$P_i^R = \frac{P_i^m}{\bar{P}^m}$$

Donde

\bar{P}^m es el promedio de las lluvias medias diarias máximas anuales, en la estación m

P_i^R es la lluvia máxima diaria regionalizada registrada en el año i .

Carrizosa (1997) aplica estos seis métodos de transformación a las cuencas de la región del Pacífico Centro, localizada en la vertiente del Océano Pacífico de la República Mexicana, teniendo como resultado a este análisis, que el sexto método de transformación da muy buenos resultados, además de tener la ventaja de ser muy sencillo de aplicar debido a que solo depende del promedio de la muestra de datos. Por esta razón en el análisis para las cuencas del río Grijalva, se realizó la transformación de las precipitaciones máximas anuales mediante el sexto método de transformación, el cual se mostrará en el siguiente capítulo.

2.3 Zonas Homogéneas

Se dice que una serie de datos climatológicos es homogénea o consistente si es una muestra de una única población.

Si la serie de datos pareciera ser heterogénea será necesario hacer un ajuste o las correcciones pertinentes para garantizar su homogeneidad y con esto tener resultados confiables en los análisis hidrológicos que se realicen utilizando esta serie de datos.

Para garantizar que los datos medidos en las estaciones climatológicas de una zona sean homogéneos, será necesario aplicarles alguno de los métodos de transformación mencionados anteriormente. De esta manera se tendrá una muestra de datos homogénea, estos serán confiables para cualquier análisis hidrológico que se realice con ellos. Sin embargo existen pruebas estadísticas donde se verifica si el método usado es el correcto para homogenizar los datos, de tal manera que podamos estar seguros de que el método de transformación fue el correcto.

2.4 Pruebas estadísticas de homogeneidad

2.4.1 Prueba de Fisher

Las pruebas de homogeneidad son las que se utilizan al estudiar una o más muestras y se desea averiguar si proceden de una misma población.

En hidrología una de las pruebas mayormente usada es la prueba de comparación de varianzas o prueba de Fisher. Esta prueba se emplea cuando se requiere probar si las varianzas de dos poblaciones normales son iguales, a partir de las variaciones estimadas de dos muestras independientes extraídas de esas poblaciones. Cuando se utiliza esta prueba, calculamos el estadístico F , que básicamente es el cociente de las dos estimaciones independientes de la misma varianza poblacional σ^2 . Lo cual se representa con la siguiente ecuación.

$$F = \frac{\text{Primera estimacion de la varianza } \sigma^2}{\text{Segunda estimacion de la varianza } \sigma^2} = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Las tablas donde se tienen los puntos críticos de F son complicadas de utilizar, debido a que se necesita una tabla para cada nivel de significancia p . Es por esto que se han hecho tablas con valores críticos superiores de las distribuciones F para $p=0.10, 0.05, 0.025, 0.01$ y 0.001 . Las tablas 2.1 y 2.2 muestran los valores para 5% y 1% de nivel de significancia.

2. Teoría de Regionalización

Tabla 2.1 Valores de la distribución F al nivel de significancia de 5%

		Grados de libertad del numerador																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
Grados de libertad en el denominador	1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
	2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
	3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
	26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
	27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
	28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
	29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
	30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
	40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	

Tabla 2.2 Valores de la distribución F al nivel de significancia de 1%

		Grados de libertad del numerador																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
Grados de libertad en el denominador	1	4052	4999.50	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
	2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
	3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
	4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
	5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
	6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
	7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
	8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
	9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
	10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
	11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
	12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
	13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
	14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
	15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
	16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
	17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
	18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
	19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
	20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
	21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
	22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
	23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
	24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
	25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
	26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
	27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
	28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
	29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
	30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.					

La prueba de hipótesis para conocer si dos muestras de tamaño n_1 y n_2 corresponden a datos homogéneos es la siguiente:

Si el estadístico s_1^2/s_2^2 tiene una distribución muestral que es una distribución F con

$gl_1 = n_1 - 1$ y $gl_2 = n_2 - 1$, entonces la estadística s_2^2/s_1^2 , el recíproco de F, tiene una distribución muestral que es una distribución F con $gl_1 = n_2 - 1$ y $gl_2 = n_1 - 1$.

Como ambos estadísticos tienen la distribución F, es práctica común colocar la varianza mayor muestral en el numerador de la razón F.

Si el cociente se acerca a 1, entonces podemos decir que la diferencia entre dichas varianzas son iguales, si el cociente de las varianzas muestrales es sensiblemente distinto de 1 entonces se dice que no pertenecen a la misma población.

$$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1 \text{ es equivalente a } \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

Debido a que las distribuciones F no son simétricas, para formar la región de rechazo para una prueba de dos colas, se puede simplificar los cálculos asegurando que se va a usar la cola derecha de la distribución F. Se usa una prueba de cola derecha porque solo estas áreas están dadas en las tablas 2.1 y 2.2.

Como ejemplo de la aplicación de esta prueba se tomará una de las cuencas del río Grijalva, la cuenca a analizar es Almandro la cual cuenta con 11 estaciones climatológicas con diferentes años de registro, en la tabla 2.3 se muestran los registros individuales de precipitaciones máximas anuales en mm para cada estación perteneciente a la cuenca.

Tabla 2.3. Precipitaciones máximas anuales cuenca Almandro.

ALMANDRO											
Clave Año	7005	7033	7122	7125	7149	7160	7186	7192	7195	7207	7390
1927			93								
1928			73								
1929			84								
1930			61								
1931			80								
1932											
1933			100								
1934			66								
1935			92								
1936			75								
1939											
1940		40									
1941		65									
1942		86									
1943											

2. Teoría de Regionalización

1944										
1945										
1946		49	48				57			
1947		51	77				95			
1948		52	81							
1949		57	70				92			
1950		50	80				127			
1951		60	85				311			
1952		100					227			
1953		75	83				273			
1954		70	169				274			
1955		64	260				288			
1956		72	183				128			
1957		80	72							
1958		60	60							
1959		84	35							
1960		220	60				148			
1961		100	70				200			
1962		60	87				141			
1963		50	69				89			
1964		55	108				40	95		
1965	68	65	58					35		
1966	60	100	123					73		
1967	159	247	122		87			100		
1968	64	107	162				157	60		
1969	81	96	169			51		66		
1970	117		79	78	88	108	202	68		
1971			198	78	91			78		
1972	78		110	67	56	70		61	137	
1973	100		97	60	70	86	322	70	165	95
1974	130		58	61	100	80	321	68	133	117
1975	121		60	80	82	98		69	146	98
1976	68		98	37	43	71		86	100	67
1977	57		68	70	63	80		61	93	48
1978	85		41	80	91	60		58	120	44
1979	71		42	67	60	67		96	106	35
1980	84		104	51	69	80		61	96	48
1981	72		90	56	48	70		54	80	61
1982	57			32	49	80		42	60	35
1983	63			52	100	66		35	80	150
1984	96			56	70	86		63	99	61
1985	52			60	51	59		39	32	95
1986	114			60	65	85		38		60
1987	107			46	83	164		38		67
1988	77			48	62	109		32		45
1989	96			63	69	70			100	50
1990	90			39	95	47			178	52
1991	60			51	59	121			80	58
1992	99			44	59	136			105	151
1993	95			47	57	98			65	44
1994	51			53	46	150			110	36
1995				89	68	180			94	59
1996				103	48	130			99	66
1997				62	55	95			220	53
1998				60	42	113			61	58
1999				65	62	100			88	65
2000				80	42	81				65
2001				57	65	134				93
2002			92	49	42	102				57
2003			93	67		94				57
2004			86	66	40	77				63
2005			114	68	46	61				70
2006			53	77		83				75
2007				63	124	209				111

En este trabajo, con el objeto de homogeneizar los datos, se transformarán las lluvias diarias máximas anuales registrada en cada una de las estaciones consideradas para tomar en cuenta las variaciones climáticas que influyen en magnitud de las lluvias a escurrimiento con el sexto método de transformación, descrito anteriormente, con el fin de eliminar el efecto de las características individuales de cada estación.

La variable reducida en función del promedio de las lluvias medias diarias máximas anuales se calculará con la ecuación:

$$P_i^R = \frac{P_i^m}{\bar{P}^m}$$

Donde

\bar{P}^m Es el promedio de las lluvias medias diarias máximas anuales, en la estación m

P_i^R Es la lluvia máxima diaria regionalizada registrada en el año i .

Aplicando este método a los registro de la cuenca Almandro se obtiene los siguientes valores estandarizados con sus respectivas varianzas. Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Valores estandarizados por el sexto método para la cuenca de Almandro

VALORES ESTANDARIZADOS											
Clave Año	7033	7125	7005	7122	7149	7160	7186	7192	7195	7207	7390
1	0.488	1.268	0.798	1.004	1.318	0.535	0.31	1.537	1.295	1.432	0.608
2	0.793	1.268	0.704	0.793	1.325	1.127	0.517	0.566	1.555	1.765	1.418
3	1.049	1.089	1.867	0.902	1.371	0.729	0.501	1.181	1.256	1.48	1.144
4	0.598	0.975	0.751	0.659	0.841	0.891	0.691	1.618	1.38	1.014	1.829
5	0.622	0.991	0.949	0.864	1.053	0.834	1.694	0.971	0.946	0.719	1.058
6	0.635	1.3	1.374	1.08	1.511	1.022	1.234	1.068	0.875	0.666	1.058
7	0.696	0.603	0.916	0.713	1.237	0.735	1.487	1.1	1.133	0.534	0.719
8	0.61	1.143	1.174	0.988	0.644	0.834	1.49	1.262	0.998	0.729	0.985
9	0.732	1.3	1.526	0.81	0.947	0.62	1.566	0.987	0.903	0.921	0.877
10	1.219	1.089	1.421	0.518	1.384	0.693	0.696	1.133	0.756	0.527	0.824
11	0.915	0.829	0.798	0.832	0.909	0.834	0.803	1.1	0.567	2.253	1.045
12	0.854	0.91	0.669	0.875	1.04	0.73	1.089	1.116	0.759	0.919	0.663
13	0.78	0.52	0.998	0.756	0.733	0.834	0.765	1.391	0.936	1.427	0.678
14	0.872	0.845	0.828	0.864	0.747	0.683	0.485	0.981	0.303	0.906	0.707
15	0.976	0.902	0.98	0.918	1.51	0.891	0.218	0.938	0.946	1.013	0.977
16	0.732	0.975	0.845	0.896	1.063	0.615	0.852	1.547	1.683	0.684	0.916
17	1.024	0.975	0.669	1.825	0.771	0.886	1.1	0.981	0.756	0.749	0.763
18	2.683	0.74	0.74	2.808	0.984	1.71	1.754	0.88	0.988	0.787	1.336
19	1.219	0.78	1.127	1.976	1.254	1.136	1.748	0.686	0.615	0.87	0.748
20	0.732	1.024	0.608	0.778	0.942	0.73		0.566	1.04	0.659	0.745
21	0.61	0.626	1.334	0.648	1.04	0.485		1.026	0.886	0.537	1.557
22	0.671	0.821	1.255	0.378	1.443	1.256		0.623	0.936	0.886	1.297
23	0.793	0.707	0.906	0.648	0.889	1.413		0.615	2.08	0.993	1.046

2. Teoría de Regionalización

24	1.219	0.764	1.121	0.756	0.886	1.022		0.615	0.575	0.791	
25	3.012	0.861	1.055	0.94	0.86	1.564		0.511	0.832	0.867	
26	1.305	1.438	0.708	0.745	0.697	1.877				0.984	
27	1.165	1.666	1.16	1.166	1.03	1.355				0.974	
28		1.008	1.119	0.626	0.727	0.99				1.394	
29		0.975	0.6	1.328	0.833	1.173				0.859	
30		1.057		1.318	0.636	1.043				0.859	
31		1.3		1.749	0.939	0.844				0.943	
32		0.923		1.825	0.636	1.397				1.055	
33		0.792		0.853	0.984	1.058				1.129	
34		1.094		2.138	0.636	0.98				1.676	
35		1.065		1.188	0.606	0.798					
36		1.109		1.048	0.697	0.631					
37		1.243		0.626	1.878	0.865					
38		1.024		0.648		2.179					
39				1.058							
40				0.734							
41				0.443							
42				0.454							
43				1.123							
44				0.972							
45				0.998							
46				1							
47				0.926							
48				1.231							
49				0.575							
Media	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Des. Est.	0.58	0.24	0.306	0.469	0.305	0.375	0.506	0.32	0.383	0.381	0.315
Varianza	0.336	0.058	0.093	0.22	0.093	0.14	0.257	0.102	0.147	0.145	0.099

El siguiente paso es hacer la división entre varianzas para cada par de estaciones, tomando como numerador a la mayor. Los resultados de estos cálculos los muestra la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Valores obtenidos de la división entre varianzas

Estaciones	No años de registro										
	7033	7125	7005	7122	7149	7160	7186	7192	7195	7207	7390
	27	38	29	49	37	38	19	25	25	34	23
7033	1	5.8336	3.6051	1.5273	3.6100	2.3958	1.3118	3.2919	2.2951	2.3192	3.3980
7125		1	1.6181	3.8195	1.6160	2.4349	4.4471	1.772	2.5417	2.5153	1.7168
7005			1	2.3604	0.9987	1.5047	2.7483	1.0951	1.5708	1.5544	1.0609
7122				1	2.3636	1.5687	1.1643	2.1554	1.5027	1.5185	2.2248
7149					1	1.5068	2.7520	1.0966	1.5729	1.5565	1.0624
7160						1	1.8264	1.3740	1.0439	1.0330	1.4183
7186							1	2.5095	1.7496	1.7680	2.5904
7192								1	1.4343	1.4194	1.0322
7195									1	1.0105	1.4805
7207										1	1.4651
7390											1

Se observa que los marcados son valores muy altos y corresponden a las estaciones 7125, 7005, 7122, 7149, 7186, 7192 y 7390 que tienen las variaciones más altas y más bajas, respectivamente (ver figura 3.11).

Se obtiene el valor de las tablas 2.1 y 2.2 (para este análisis se utilizó la tabla 2.2), el cual compararemos con el valor de la tabla 2.5. El valor de la tabla 2.5 tiene que ser menor o cuando mucho mayor en un 50% al valor de la tabla 2.2, si se llega a cumplir esta condición entonces las estaciones son homogéneas.

Para el caso de Almandro se analizará la homogeneidad entre los datos de las estaciones 7033 y la 7125. La estación 7033 tiene una varianza de 0.336 y la de la estación 7125 es 0.058 por lo que la división da 5.833, este valor lo comparamos con la tabla 2.2 tomando en cuenta el número de años de registro de cada estación, al hacer la comparación se puede ver que el valor leído en la tabla 2.2 haciendo la interpolación correspondiente es de 2.28 por lo tanto el valor es menor que el de la tabla 2.5, inclusive si lo multiplicáramos por 1.5 se obtiene un valor igual a 3.42 el cual sigue siendo menor a 5.833, por lo que se dice que la transformación a estas estaciones no cumplen con la prueba.

A continuación se hará la comparación para un caso que si cumpla con la restricción, se analizarán las estaciones 7192 y la 7125 cuyas varianzas son 0.102 y 0.058 respectivamente y cuyo cocientes es de 1.772, este valor se compara con la tabla 2.2, realizando la comparación se puede ver que el valor de 2.030 de la tabla 2.2 es mayor que el valor de 1.772 por lo que se puede afirmar que la transformación aplicada a las estaciones 7192 y 7125 si cumple con la prueba de Fisher.

2.4.2 Otra prueba alternativa

La prueba de Fisher llega a ser muy conservadora, debido a que se basa en la distribución normal, sin embargo difícilmente las precipitaciones presentan dicha tendencia.

Fisher presupone la forma de la función de distribución por lo que se efectuó una nueva prueba a los datos de la cuenca de Almandro; en esta se considera la función de distribución obtenida al ajustar los valores estandarizados de la cuenca, a partir de la cual se generan números aleatorios y se forman nuevos grupos del mismo tamaño de la muestra para cada estación, obteniendo sus coeficientes de variación y comparándolos con los de los valores estandarizados, de esta manera se puede observar si los datos de la muestra transformada pueden considerarse homogéneos. A continuación se muestra el procedimiento realizado para esta prueba.

Con los datos de la tabla 2.4 se hizo un análisis estadístico asociando a los datos medidos una función de distribución de ajuste, empleando el programa AX. Las funciones de distribución que se emplearon fueron Doble Gumbel y Gumbel, resultando la de mejor ajuste para los datos la distribución Doble Gumbel.

En las figuras 2.1 y la tabla 2.6 se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales estandarizadas para varios periodos de retorno.

Aljandro. Doble Gumbel

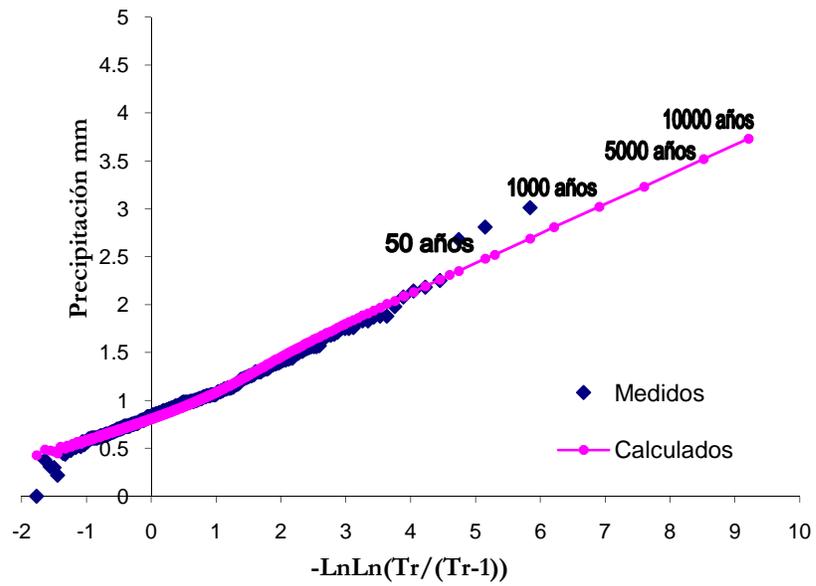


Figura 2.1 Función de distribución Doble Gumbel para la cuenca de Aljandro.

Tabla 2.6 Extrapolación cuenca Aljandro

Año	Tr
2	0.9
5	1.27
10	1.54
20	1.79
50	2.09
100	2.31
200	2.52
500	2.81
1000	3.02
2000	3.23
5000	3.52
10000	3.73

La ecuación obtenida para la función de distribución es la siguiente:

$$F(x) = 0.84 \left(e^{-e^{-5.044(x-.770)}} \right) + (1 - 0.84) \left(e^{-e^{-3.235(x-1.449)}} \right)$$

A partir de la función de distribución resultante se generaron números aleatorios, con los cuales se formó un nuevo grupo de datos del mismo tamaño que la muestra original. La tabla 2.7 presenta los resultados; al final de cada columna se tiene el coeficiente de variación de los datos medidos y de los datos sintéticos.

Tabla 2.7. Valores sintéticos cuenca Almandro

VALORES SINTÉTICOS											
Estaciones No años de registro	7005	7033	7122	7125	7149	7160	7186	7192	7195	7207	7390
1	1.765	0.815	0.993	1.149	1.308	0.725	0.776	0.840	0.813	1.045	0.849
2	0.750	1.745	0.644	0.802	0.480	0.838	1.008	1.184	1.130	2.223	1.076
3	0.512	0.780	0.858	0.773	0.912	1.460	0.706	0.588	1.312	0.607	0.993
4	0.588	1.009	0.831	1.182	1.996	1.529	1.417	1.295	1.942	1.259	0.834
5	1.185	0.785	0.847	0.830	0.631	0.744	1.653	0.922	0.850	0.626	0.754
6	0.633	0.929	0.963	1.055	1.558	1.353	0.525	1.006	1.268	0.899	0.642
7	1.638	0.850	0.990	1.131	1.463	0.756	0.947	0.596	0.634	0.804	1.058
8	0.811	1.409	0.879	0.993	0.396	1.408	0.832	0.738	1.385	1.211	0.870
9	0.497	0.701	1.121	1.127	1.685	0.641	1.088	0.647	1.386	2.000	1.027
10	0.603	0.898	0.832	0.756	1.606	0.770	1.237	0.856	0.949	1.087	1.029
11	0.630	0.634	0.739	0.818	0.963	0.607	0.744	0.664	2.065	0.909	0.819
12	1.332	0.842	0.876	0.894	1.678	0.684	0.942	1.162	0.520	0.767	1.045
13	1.477	0.541	0.706	1.387	0.759	0.783	1.149	1.097	0.718	1.079	0.782
14	1.741	1.138	1.273	1.398	1.088	0.910	0.835	1.075	0.621	1.875	0.476
15	0.778	0.849	1.174	0.546	1.990	0.686	0.851	1.000	1.175	1.129	0.828
16	2.003	0.992	0.568	1.011	1.213	1.707	0.727	1.426	1.411	1.479	0.966
17	0.803	0.705	0.869	0.828	1.617	0.641	0.822	1.719	0.855	0.898	1.608
18	0.592	0.706	0.784	0.993	0.918	0.638	1.075	0.885	0.888	0.629	0.838
19	0.960	0.792	0.980	1.436	0.939	1.132	0.695	0.482	1.099	1.500	1.478
20	0.954	0.700	0.959	0.574	0.647	0.882		1.028	1.447	1.668	0.765
21	1.066	1.220	1.703	0.979	1.578	0.640		2.480	0.590	0.517	0.914
22	0.470	1.143	1.644	1.439	1.148	0.917		0.803	1.433	1.263	1.030
23	0.724	0.666	1.701	1.147	0.975	0.909		0.899	0.506	0.727	0.748
24	0.832	1.232	0.839	1.188	0.693	0.776		0.616	1.284	1.233	
25	0.596	0.704	0.665	1.136	0.834	0.767		0.712	1.528	0.506	
26	0.874	0.652	0.837	1.497	0.872	0.654				0.799	
27	0.752	0.767	0.844	1.060	0.586	0.867				0.731	
28	0.757		0.834	0.728	0.673	0.868				0.620	
29	1.015		0.619	1.126	1.023	0.708				0.833	
30			0.579	1.735	0.926	1.017				0.943	
31			0.758	1.046	1.117	0.893				1.183	
32			1.046	0.603	1.208	1.599				0.787	
33			2.693	0.585	0.719	0.817				0.908	
34			0.900	1.034	1.144	1.132				2.248	
35			1.051	1.033	0.946	1.016					
36			0.967	2.310	0.677	0.868					

2. Teoría de Regionalización

37			0.744	1.553	0.984	0.598					
38			1.519	0.951		1.819					
39			0.705								
40			0.630								
41			1.011								
42			0.754								
43			1.297								
44			0.709								
45			1.078								
46			0.721								
47			1.385								
48			1.119								
49			0.930								
Media	0.943	0.896	0.983	1.075	1.080	0.941	0.949	0.989	1.112	1.088	0.932
Desv. Est.	0.421	0.271	0.373	0.350	0.412	0.330	0.274	0.423	0.420	0.468	0.243
C.V. sintéticos	0.446	0.302	0.380	0.326	0.381	0.350	0.289	0.428	0.378	0.430	0.261
Varianza	0.177	0.073	0.139	0.122	0.170	0.109	0.075	0.179	0.177	0.219	0.059
C.V. medidos	0.306	0.580	0.469	0.240	0.305	0.375	0.506	0.320	0.383	0.381	0.315

Se ordena de mayor a menor los coeficientes de variación como lo muestra la tabla 2.8 y se obtiene la gráfica mostrada en la figura 2.2, en la cual podemos observar que los coeficientes de variación de los datos medidos como los de los sintéticos son muy similares, excepto para el caso de la estación 7033 para la cual el coeficiente medido de 0.58 se salen del patrón obtenido con los datos sintéticos, es por esto que podemos concluir que la muestra de los datos registrados en las estaciones presentes en la cuenca de Almandro son homogéneos entre sí.

Tabla 2.8 Comparación de los coeficientes de variación ordenados de mayor a menor

Estación	Coeficientes de variación	
	Sintéticos	Medidos
1	0.446	0.580
2	0.430	0.506
3	0.428	0.469
4	0.381	0.383
5	0.380	0.381
6	0.378	0.375
7	0.350	0.320
8	0.326	0.315
9	0.302	0.306
10	0.289	0.305
11	0.261	0.240

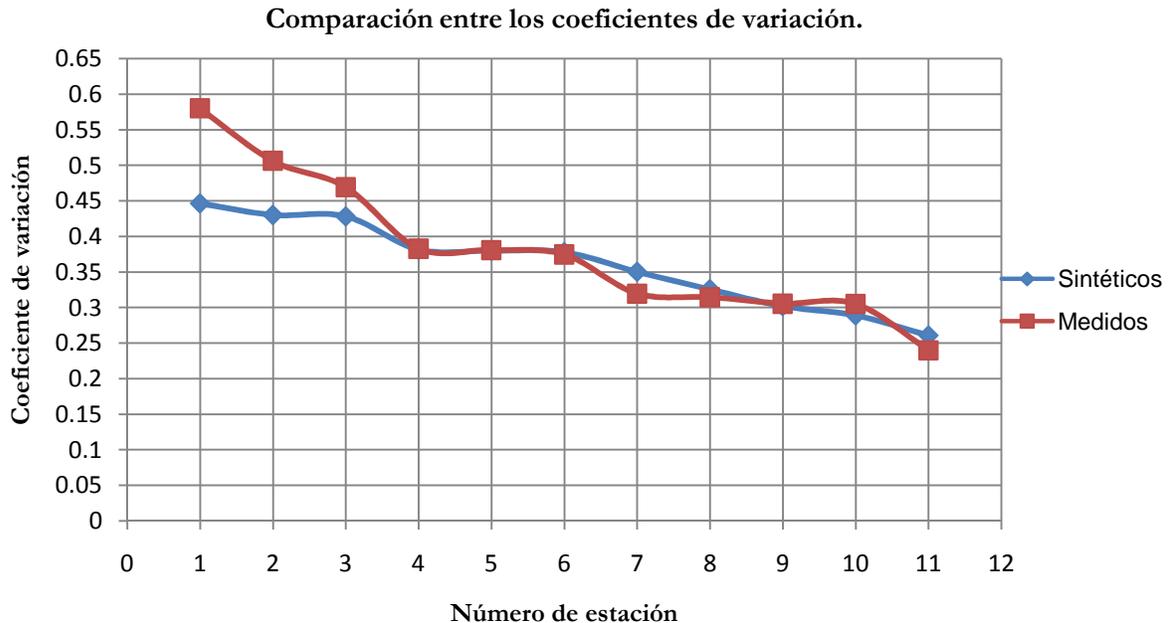


Figura 2.2. Comparación de los coeficientes de variación.

Las pruebas anteriores son ejemplos de las pruebas estadísticas que se podrían realizar a la hipótesis de que los datos correspondientes a varias estaciones una vez transformados pueden considerarse como pertenecientes a la misma población.

2.5 Resumen del proceso de Regionalización

Para el presente trabajo, se considera que, una región es la zona integrada por un determinado número de estaciones climatológicas. En el caso del análisis estadístico de precipitaciones máximas anuales, se denomina regionalización al proceso que se utiliza para que, con varios registros de precipitaciones máximas anuales tomados de distintas estaciones climatológicas localizadas en una determinada cuenca, se cree una nueva muestra de datos, representativa de toda la región, con mayor número de datos, con los cuales se realizan inferencias estadísticas más confiables. En este trabajo el proceso de regionalización corresponde a los siguientes pasos:

- 1) Se localizan las estaciones climatológicas que se encuentren en una cuenca en común, sin importar el área de influencia.
- 2) A continuación se procede a buscar la información climatológica en la base de datos CLICOM 2008 (SMN), para cada una de las estaciones.
- 3) Se realiza la selección de estaciones que se usarán para obtener los valores regionales de la cuenca. La selección de las estaciones que entraron en el estudio de

2. Teoría de Regionalización

este trabajo se basó en la ubicación geográfica, y por el valor del coeficiente de variación de los registros de dichas estaciones.

- 4) Para cada estación se obtiene el valor máximo diario anual, al cual se le denomina 1 día de duración.
- 5) Con los datos anteriores se hace un análisis estadístico asociando a los datos medidos una función de distribución de ajuste. Las funciones de distribución que se emplearon fueron Gumbel y Doble Gumbel.
- 6) Con la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno obtenida del paso anterior se dibuja la gráfica de ajuste para cada una de las estaciones.
- 7) Para obtener la gráfica regional de la cuenca y poder comparar con los datos individuales, la metodología utilizada se describe a continuación:
 - a) Las precipitaciones máximas anuales registradas de cada estación es estandarizada mediante el método elegido.
 - b) Con estos valores se corre el programa AX.EXE, para encontrar los valores extrapolados para diferentes periodos de retorno.
 - c) Posteriormente se elabora con los datos estandarizados y los extrapolados, las gráficas que presentan los resultados del proceso de construcción de la curva regional. En el eje de las abscisas se presentan los valores de $-\text{LnLn}(\text{Tr}/(\text{Tr}-1))$ y en el de las ordenadas las precipitaciones estandarizadas y las precipitaciones extrapoladas para los diferentes periodos de retorno.
 - d) Se comparan los valores de las precipitaciones para los periodos de retorno obtenidos del análisis individual contra el regional.
 - e) Por último se realiza un análisis de estos resultados y se obtienen las conclusiones.

3. APLICACIÓN A LAS CUENCAS DEL RÍO GRIJALVA

3.1 Ajustes individuales

Para el cálculo de las tormentas de diseño en las cuencas del río Grijalva, la zona en estudio se dividió en ocho cuencas; Almandro, Angostura, Bifurcación, Chicoasén, Malpaso, Peñitas, Pichucalco y Teapa.

Se trabajó fundamentalmente con los datos contenidos en la base de datos CLICOM (climate computing) 2008, elaborada por el Sistema Meteorológico Nacional. La figura 3.1 muestra las estaciones climatológicas localizadas en la zona, además de presentar la división de cada una de las cuencas.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

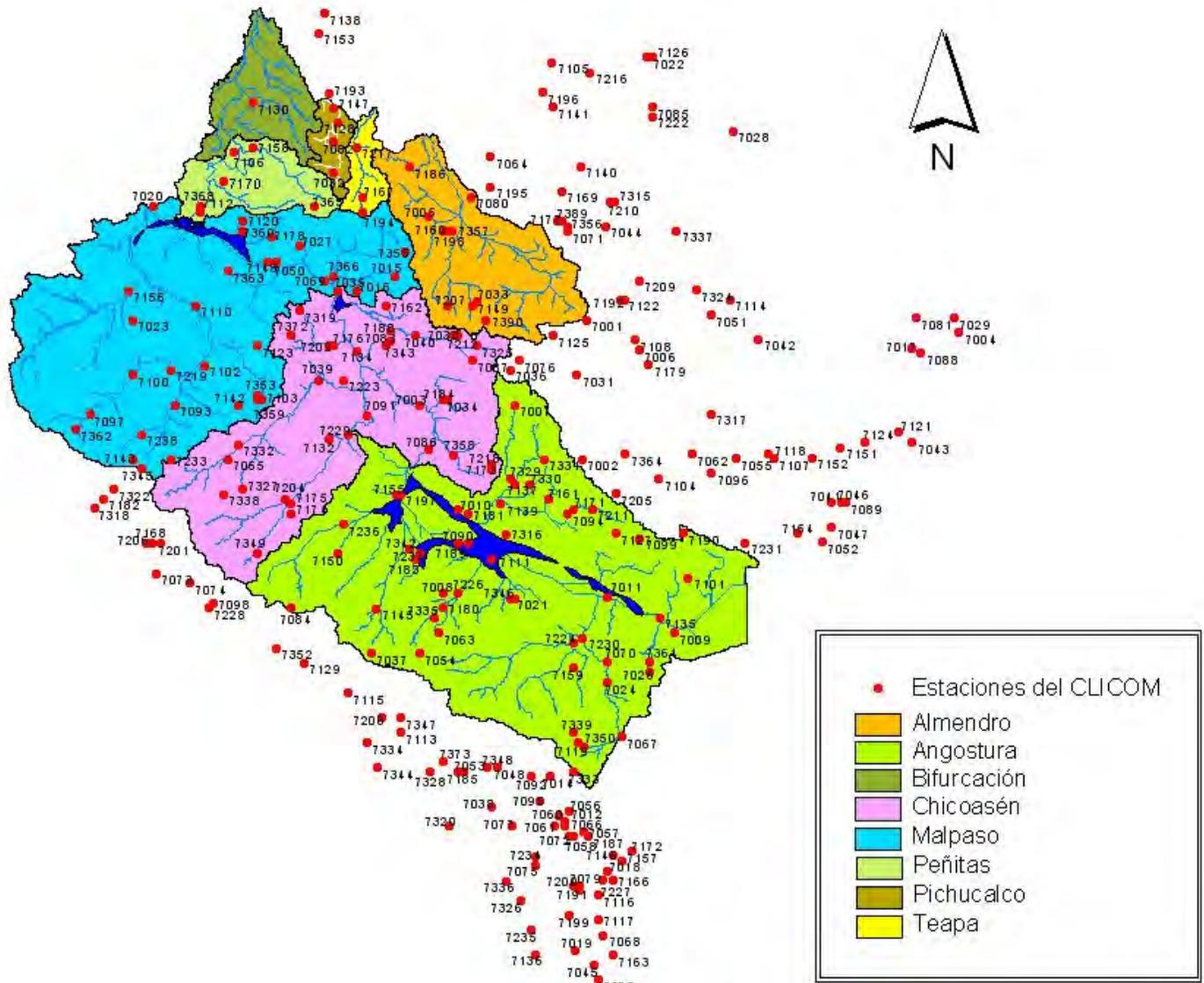


Figura 3.1. Localización de estaciones climatológicas y delimitación de las cuencas.

La información recolectada para cada estación se estudio y se verificó que los datos de cada año estuvieran completos, y que como mínimo, cada estación contara con 10 años de registro y las estaciones que no cumplieron con estas limitaciones fueron eliminadas del estudio. La selección de las estaciones climatológicas en primera instancia se basó en su ubicación geográfica; posteriormente se realizó un análisis estadístico para cada grupo de estaciones pertenecientes a cada una de las cuencas. La figura 3.2 muestra las estaciones que quedaron dentro del análisis regional.

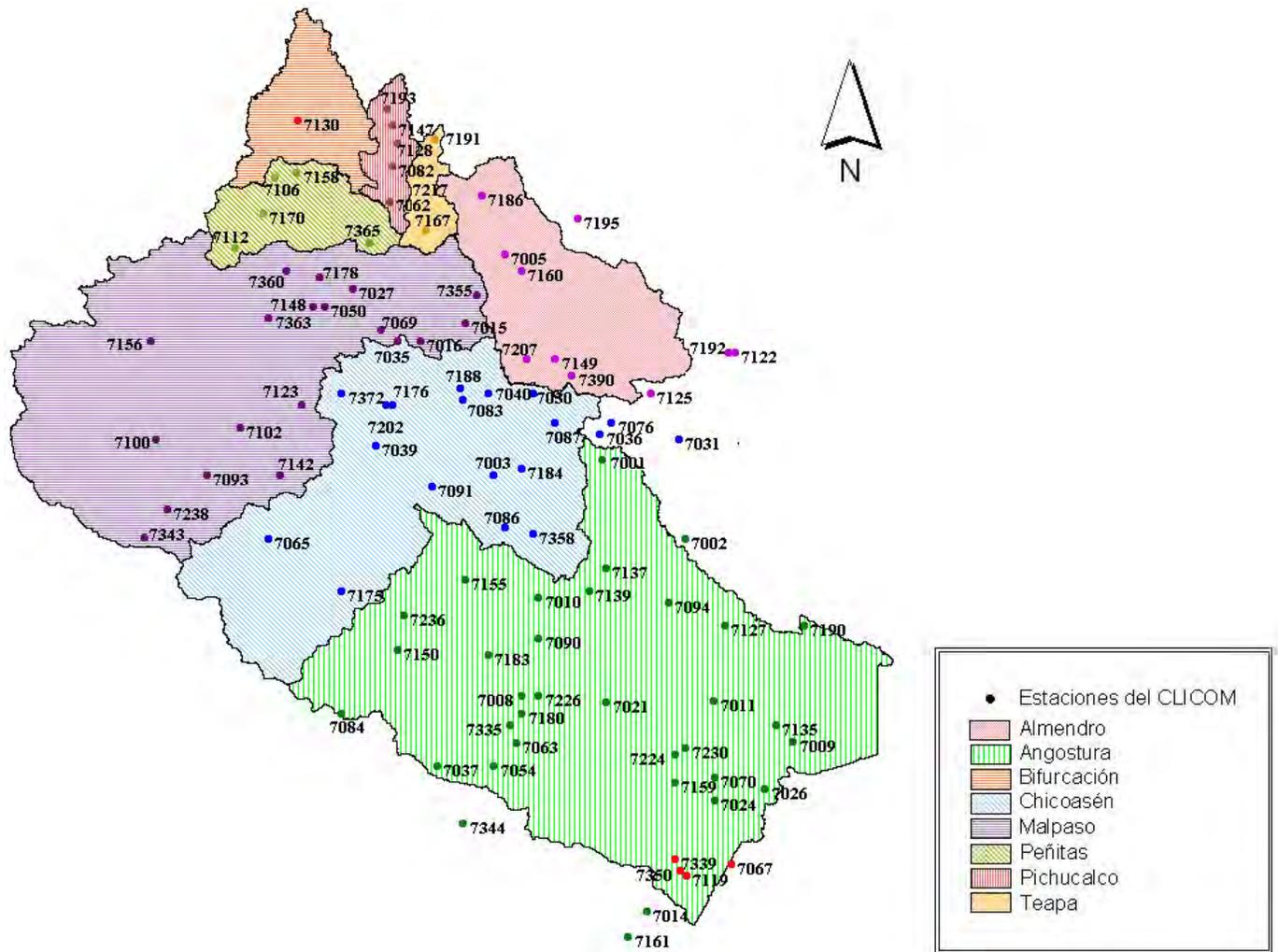


Figura 3.2 Estaciones climatológicas consideradas en el análisis

Debido a la gran cantidad de información que tiene cada cuenca, en este capítulo solo se muestra la parte más importante de la información y los resultados; el grueso de la información se tiene en cada uno de los siguientes anexos:

Anexo A	Almendro
Anexo B	Angostura
Anexo C	Bifurcación
Anexo D	Chicoasén
Anexo E	Malpaso
Anexo F	Peñitas
Anexo G	Pichucalco
Anexo H	Teapa

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

3.1.1 Almandro

En la tabla 3.1 se presenta la clave, el nombre, el periodo de registro y la ubicación de las estaciones que fueron utilizadas en el análisis de la cuenca de Almandro.

Tabla 3.1. Datos de las estaciones de la cuenca Almandro

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7005	ALMANDRO, HUITTUPAN	17	11	92	46	65-70, 72-94
7033	CHAPULTENANGO	17	20	93	6	40-42, 46-69
7122	OCOSINGO, OCOSINGO (SMN)	16	54	92	5	27-31, 33-36, 46-51, 53-81, 02-06
7125	OXCHUC, OXCHUC	16	47	92	20	70-07
7149	SAN PEDRO CHENALHO	16	53	92	37	67, 70-02, 04-05, 07
7160	SIMOJOVEL DE A. S. DE A.	17	8	92	43	69-70, 72-07
7186	FINCA EL ESCALON, AMATAN	17	21	92	50	44-47, 49-56, 60-64, 68, 70, 73-74
7192	OCOSINGO, OCOSINGO (CFE)	16	54	92	6	64-88
7195	SABANILLA, SABANILLA	17	17	92	33	72-85, 89-99
7207	LARRAINZAR, LARRAINZAR	16	53	92	42	73-90, 92-07
7390	CACALUTA, ACACOYAGUA	17	50	92	34	85-07

En la tabla 3.2 se presenta, para la estación Almandro los valores máximos anuales de precipitación diaria para los años de registro dados en mm. En los últimos tres renglones de cada tabla se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales. Las tablas completas de datos para cada una de las estaciones de la cuenca Almandro se presentan en el anexo A.

Tabla 3.2 Precipitaciones, estación 7005

7005 ALMANDRO

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1965	68	1981	72
1966	60	1982	57
1967	159	1983	63
1968	64	1984	96
1969	81	1985	52
1970	117	1986	114
1972	78	1987	107
1973	100	1988	77
1974	130	1989	96
1975	121	1990	90
1976	68	1991	60
1977	57	1992	99
1978	85	1993	95
1979	71	1994	51
1980	84		
		Media	85
		Des. Est	26
		C.V.	0.31

Con los datos anteriores se hizo un análisis estadístico asociando a los datos medidos una función de distribución de ajuste, empleando el programa AX. Las funciones de distribución que se emplearon fueron Gumbel y Doble Gumbel. En la tabla 3.3 se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se obtuvieron las gráficas de ajuste, aquí solo se incluyen, a manera de muestra, los resultados de la estación 7005. Almandro, Huitiupan, figura 3.3 los demás resultados se tienen en el anexo A.

Tabla 3.3 Extrapolación estación 7005 Almandro, Huitiupan

Año	hp(mm)
2	80.91
5	103.9
10	119.13
20	133.74
50	152.64
100	166.81
200	180.92
500	199.55
1000	213.62
2000	227.69
5000	246.29
10000	260.35

Para esta estación la función de distribución de mejor ajuste resulto ser la Gumbel.

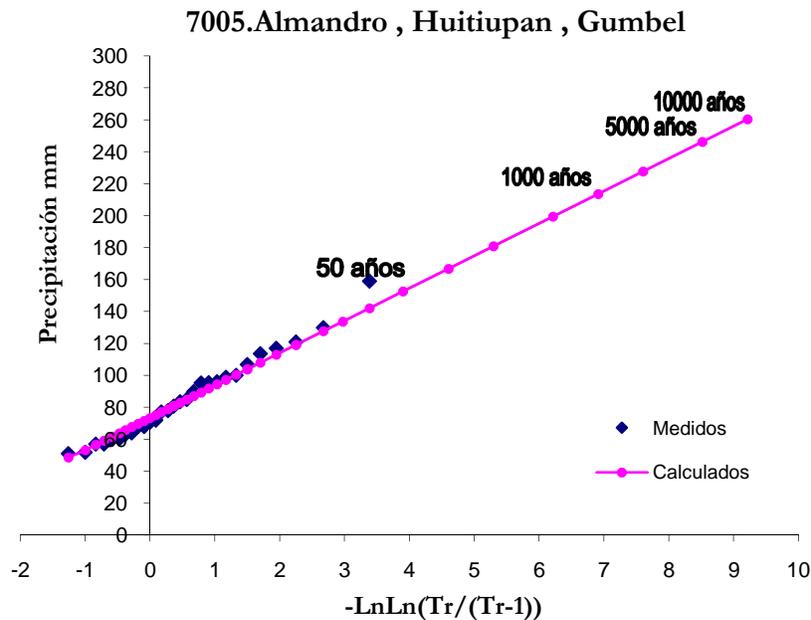


Figura 3.3. Estación Almandro, Huitiupan.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

3.1.2. Angostura

La tabla 3.4 muestra la clave, nombre, periodo de registro y la ubicación de las estaciones usadas para el análisis de la cuenca de Angostura.

Tabla 3.4. Datos de las estaciones de la cuenca Angostura

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7001	ABASOLO CHIAPAS, OCOSINGO	16	50	92	13	70-99
7002	ABELARDO RODRIGUEZ, COMIT	16	22	92	14	44-48, 63-07
7008	ANGEL ALBINO CORZO	15	55	92	43	45-07
7009	AQUESPALA, COMALAPA	15	47	91	55	57-07
7010	ARCO DE PIEDRA, V.C.	16	12	92	40	49-73
7011	ARGELIA, LA TRINITARIA	15	54	92	9	48-50, 52-74
7014	BELIZARIO DOMINGUEZ	15	18	92	21	63-83, 85-89, 91-01
7021	CATARINITAS, LA CONCORDIA	15	54	92	28	67-73, 77-78, 87-07
7024	COMALAPA, BELLAVISTA	15	37	92	9	67-83, 90-99
7026	CD. CUAHTEMOC COMALAPA	15	39	92	0	62-64, 66-99
7037	CUSTEPEQUES, LA CONCORDIA	15	43	92	58	53-77, 80-85, 87-2007
7054	FINCA A. PRUSIA, A. A. CORZO	15	43	92	48	54-81, 85-93, 97-02, 04, 07
7063	FINCA LIQUIDAMBAR. A. A. C.	15	47	92	44	54-76, 80-84
7070	GPE. GRIJALVA, COMOLOAPAN	15	41	92	9	61-07
7084	JESUS CHIAPAS, PIJJIAPAN	15	52	93	15	65-95, 99-03
7090	LA CONCORDIA (DGE)	16	5	92	40	52-70, 72-73
7094	LA MESILLA, SOCOLTENANGO	16	11	92	17	71-72, 74, 83, 85-02, 04-07
7127	P.DEL SOLDADO, INDEPENDENCIA	16	7	92	7	63-70, 72-76
7135	PUENTE CONCORDIA, COMALAPA	15	50	91	58	62-99
7137	PUJILTIC, V. CARRANZA	16	17	92	28	57-70, 72-79
7139	RIO BLANCO, V. CARRANZA	16	13	92	31	64-96
7150	SAN PEDRO CHIAPAS	16	3	93	5	52, 54-70, 72-75, 77
7155	SANTA ISABEL (DGE)	16	15	92	53	56-72
7159	SILTEPEC, SILTEPEC	15	40	92	16	70, 72-83
7180	JALTENANGO, A.A. CORZO (CFE)	15	52	92	43	70-07
7183	BENITO JUAREZ, LA CONCORDIA	16	2	92	49	72-77, 79, 89-93, 95-99
7205	COMITAN, COMITAN	16	15	92	7	62-69, 71-07,
7190	LA TRINITARIA, TRINITA	16	7	91	53	70, 72-83, 90-07
7224	CHICOMUSELO, CHICOMUSELO	15	45	92	16	76-83, 85-87, 92, 94-96, 98, 00, 02-07
7226	REFORMA, LA CONCORDIA	15	55	92	40	76-87, 89-07
7230	SAN MIGUEL, CHICOMISELO	15	46	92	14	77-83, 90-99
7236	REVOLUCION MEXICANA	16	9	93	4	77, 79-87, 89-90, 92-96, 98-00, 02-06
7330	SOYATITAN, V. CARRANZA	16	17	92	25	81-07
7335	QUERETARO, A. A. CORZO	15	50	92	45	81-85, 88-07
7344	EJIDO IBARRA, MAPASTEPEC	15	20	92	57	82, 84-93, 95-96, 98-07

En la tabla 3.5 se presenta, para la estación Angostura los valores máximos anuales de precipitación diaria para los años de registro de esta estación en particular. En los últimos tres renglones de cada tabla se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales. Las tablas completas de datos para cada una de las estaciones de la cuenca Angostura se presentan en el anexo B.

Tabla 3.5 Precipitaciones, estación 7001

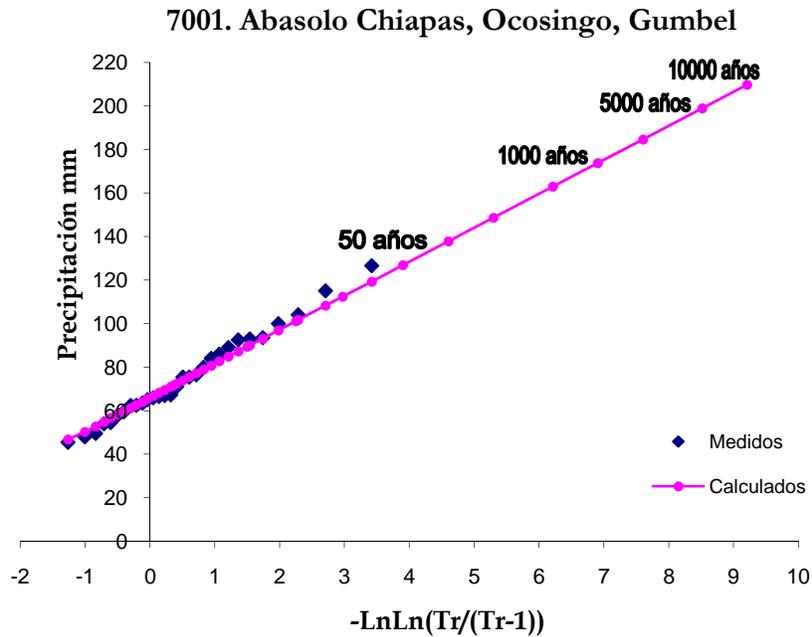
7001 ABASOLO CHIAPAS, OCOSINGO			
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1970	48	1985	49.5
1971	92.5	1986	62.5
1972	65	1987	80
1973	115	1988	100
1974	86	1989	67
1975	126.5	1990	54
1976	54.5	1991	84
1977	76.5	1992	89
1978	104	1993	45.5
1979	58	1994	59.5
1980	93.5	1995	67.2
1981	75.5	1996	66
1982	62.5	1997	63.5
1983	71	1998	66.5
1984	93	1999	75.4
		Media	75
		Desv. Est.	20
		C.V.	0.27

El ajuste a una función de distribución se realizó de igual manera que en Almandro con el programa Ax. La tabla 3.6 presenta los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para la estación 7001 de Angostura y la figura 3.4 muestra la gráfica de ajuste a una distribución Gumbel. Para las demás estaciones los resultados se presentan en el anexo B.

Tabla 3.6 Extrapolación estación 7001 Abasolo Chiapas, Ocosingo.

Año	hp(mm)
2	71.75
5	89.42
10	101.12
20	112.35
50	126.87
100	137.76
200	148.61
500	162.92
1000	173.73
2000	184.54
5000	198.83
10000	209.64

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva



3.1.3 Bifurcación

Para esta cuenca se cuenta solo con una estación climatológica para su análisis, los datos de misma se presentan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Datos de la estación de la cuenca Bifurcación

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7130	PLATANAR, PICHUCALCO	17	34	93	23	64-70/72-85/87-88

Los valores registrados de las precipitaciones máximas anuales dado en mm para esta estación se presentan en la tabla 3.8

Tabla 3.8. Precipitaciones, estación 7130

7130 PLATANAR, PICHUCALCO			
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1964	140	1977	97
1965	117	1978	106
1966	84	1979	125
1967	200	1980	269
1968	140	1981	168
1969	108	1982	101
1970	133	1983	95
1972	133	1984	143
1973	109	1985	107
1974	103	1987	190
1975	152	1988	182
1976	131	Media	136
		Desv. Est.	43
		C.V.	0.31

Al ajustar estos datos a una función de distribución Doble Gumbel, la gráfica que da como resultado a dicho ajuste es la mostrada en la figura 3.5, la tabla 3.9 muestra los resultados de los datos extrapolados.

Tabla 3.9 Extrapolación estación 7130 Platanar

Año	hp(mm)
2	124.71
5	164.81
10	205.87
20	248.26
50	299.84
100	336.95
200	373.28
500	420.94
1000	456.4
2000	492.42
5000	540.08
10000	573.33

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

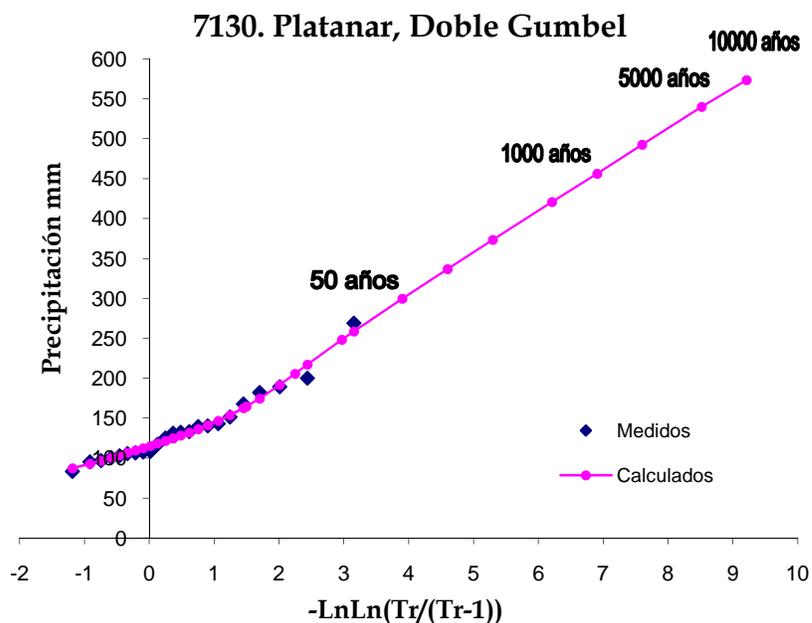


Figura 3.5. Estación Platanar

3.1.4 Chicoasén

En la tabla 3.10 se presenta la clave, el nombre, el periodo de registro y la ubicación de las estaciones que fueron utilizadas en el análisis de la cuenca de Chicoasén.

Tabla 3.10. Datos de las estaciones de la cuenca Chicoasén

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7003	ACALA, ACALA	16	33	92	48	63-77, 81-07
7030	CHAMULA, CHAMULA	16	47	92	41	58-67, 72-79, 82-94, 96, 98-04, 07
7031	CHANAL, CHENALHO	16	39	92	15	69-99, 07
7036	CHILIL, HUIXTAN	16	40	92	29	68, 70-86, 89-07
7039	EL BOQUERON, SUCHIAPA	16	38	93	9	49-05
7040	EL BARRERO, IXTAPA	16	47	92	49	51-85, 87-07
7065	F. OCOTITLAN, VILLAFLORES	16	22	93	28	61, 63-69, 71, 73-78, 81-83, 86, 88-06
7076	HUISTAN, HUISTAN	16	42	92	27	65-77, 79-99
7083	IXTAPA, IXTAPA (SMN)	16	46	92	54	48-56, 58-60, 69-76
7086	LA ANGOSTURA, V. ALCALA	16	24	92	46	63-99
7087	LA CABAÑA, S.C.LAS CASAS	16	42	92	37	57-71, 74-07
7091	LA ESCALERA, CHIAPA DE C.	16	31	92	59	54-70, 72-07

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

7162	SOYALO, SOYALO	16	53	92	55	62-72, 74-90, 95-96
7175	VILLA FLORES (SMN)	16	13	93	15	34-51, 84-02, 04-07
7176	TUXTLA GTZ. (VIVERO CFE)	16	45	93	6	72-82, 89-90, 95-96
7184	CHIAPILLA, CHIAPILLA CFE	16	34	92	43	70, 72-83, 88-90
7188	IXTAPA, IXTAPA (CFE)	16	48	92	54	62-71, 73-99
7202	TUXTLA GUTIERREZ (DGE)	16	45	93	7	51-07
7358	FLORES MAGON, V. CARRANZA	16	23	92	41	83-85, 87-07
7372	BERRIOZABAL, BERRIOZABAL	16	47	93	15	89-07

La tabla 3.11 presenta, para la estación Acala, los valores máximos anuales de precipitación diaria en mm. Se indica la media, desviación estándar y coeficiente de variación de los máximos anuales. Para las demás estaciones las tablas de datos se encuentran en el anexo D.

Tabla 3.11 Precipitaciones, estación 7003

7003 ACALA			
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1963	79	1987	80
1964	80	1988	62
1965	56	1989	60
1966	62	1990	57
1967	59	1991	89
1968	64	1992	116
1969	147	1993	101
1970	80	1994	59
1971	58	1995	106
1972	114	1996	110
1973	95	1997	182
1974	48	1998	120
1975	66	1999	115
1976	200	2000	76
1977	54	2001	65
1981	67	2002	74
1982	105	2003	50
1983	93	2004	92
1984	82	2005	83
1985	65	2006	54
1986	79	2007	98
		Media	86
		Desv. Est.	35
		C.V.	0.41

Utilizando los datos anteriores se realiza el análisis estadístico con el programa AX, la función de distribución de mejor ajuste para los datos es la Gumbel. La tabla 3.12 muestra los datos extrapolados y la figura 3.6 su gráfica correspondiente.

Tabla 3.12. Extrapolación estación 7003 Acala

Año	hp(mm)
2	76.73
5	105.54
10	134.41
20	165.06
50	202.99
100	230.37
200	257.22
500	292.33
1000	318.90
2000	345.06
5000	379.80
10000	407.60

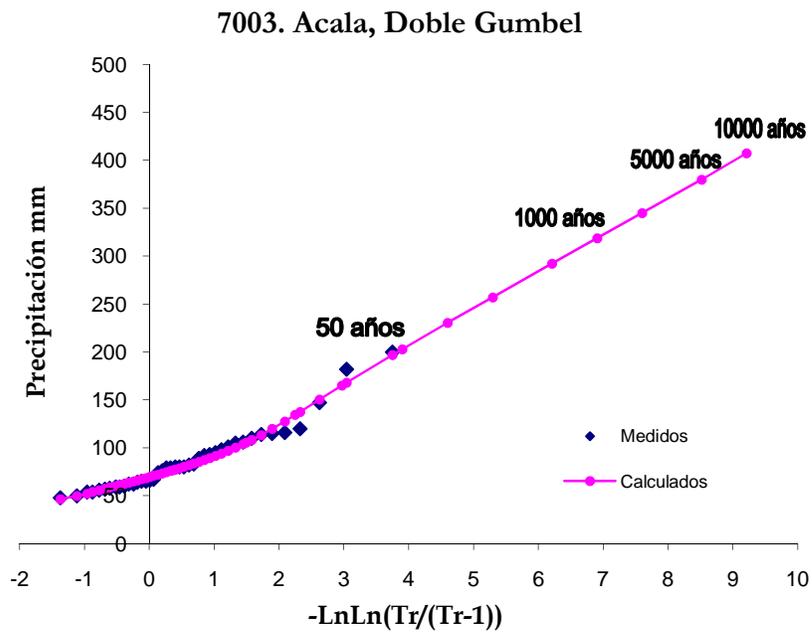


Figura 3.6. Estación Acala.

Los resultados obtenidos para cada una de las demás estaciones se encuentran en el anexo D.

3.1.5. Malpaso

Los datos de las estaciones climatológicas utilizadas para el análisis de la cuenca de Malpaso se muestran en la tabla 3.13.

Tabla 3.13. Datos de las estaciones de la cuenca Malpaso

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7015	BOCHIL, BOCHIL	16	59	92	53	44-48, 50-87, 89-07
7016	BONBANA, BOCHIL	16	56	93	1	45-50/52-72/74-99
7027	COPAINALA, COPAINALA	17	5	93	13	27-29/31/33-64/66-69
7035	CHICOASEN, CHICOASEN	16	56	93	5	62-99
7050	EL PROGRESO, OCOZOCOAUTLA	17	2	93	18	54-62/64/67-85/88-07
7069	GRIJALVA, CHICOASEN	16	58	93	8	65-86/97-00/03
7093	LA LIBERTAD, JIQUIPILAS	16	33	93	39	64/68-04
7100	LA UNION, CINTALAPA	16	39	93	48	63-64/69-92/94-00/02-05/07
7102	LAS FLORES, JIQUIPILAS	16	41	93	33	49/51-07
7123	OCOZOCUAUTLA	16	45	93	22	40/42-48/50-07
7142	SAN ANTONIO, OCOZOCUAUTLA	16	33	93	26	65-83
7148	SAN JUAN, SAN FERNANDO	17	2	93	20	62-70/72-83
7156	SANTA MARIA, CINTALAPA	16	56	93	49	61-01
7178	YAMONHO, TECPATAN	17	7	93	19	68-70/72-02
7238	CATARINAS, JIQUIPILAS	16	27	93	46	87-00/05-07
7343	CUAHUTEMOC, IXTAPA	16	45	92	55	82-85/92-94/96-07
7355	UNION ZARAGOZA, JITOTOL	17	4	92	51	82-07
7360	LUIS ESPINOZA, TECPATAN	17	8	93	25	82-07
7363	LA SELVA, O. DE ESPINOZA	17	0	93	28	82-99

La tabla 3.14 presenta los valores máximos anuales de precipitación diaria en mm, para la estación Bochil. Las tablas completas de datos para cada una de las estaciones de la cuenca de Malpaso se presentan en el anexo E.

Tabla 3.14 Precipitaciones, estación 7015

7015 BOCHIL, BOCHIL			
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1944	80.5	1974	36
1945	35.5	1975	36
1946	25	1976	70
1947	60	1977	60
1948	86	1978	50
1950	62.5	1979	28
1951	72.7	1980	40
1952	82.1	1981	59
1953	43.6	1982	73
1954	60	1983	265
1955	48	1984	87
1956	53.5	1985	96
1957	54.5	1986	37
1958	57.5	1987	25.5
1959	47	1989	80
1960	145	1990	63
1961	93	1991	60
1962	64	1992	58
1963	51	1993	45.6
1964	69	1994	58.9
1965	71.5	1995	67.7
1966	78.5	1996	42.4
1967	65.5	1997	23.4
1968	79.5	1998	60.8
1969	56.5	1999	80.5
1970	77	2000	65.2
1971	73.5	2001	58.4
1972	60	2002	81.4
1973	127.5	2003	49.5
		Media	66
		Desv. Est.	35
		C.V.	0.52

Al aplicar el análisis estadístico y ajustar los valores medidos en la estación 7015 se obtuvo que el mejor ajuste es a una distribución Gumbel, la tabla 3.15 muestra los valores de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno mientras que la figura 3.7 muestra la grafica de mejor ajuste. Los resultados de las extrapolaciones para ajustar una función de distribución a los datos medidos para las demás estaciones en estudio se localizan en el anexo E.

Tabla 3.15. Extrapolación estación 7015

Año	hp(mm)
2	60.46
5	91.11
10	111.39
20	130.85
50	156.04
100	174.92
200	193.72
500	218.54
1000	237.29
2000	256.03
5000	280.81
10000	299.55

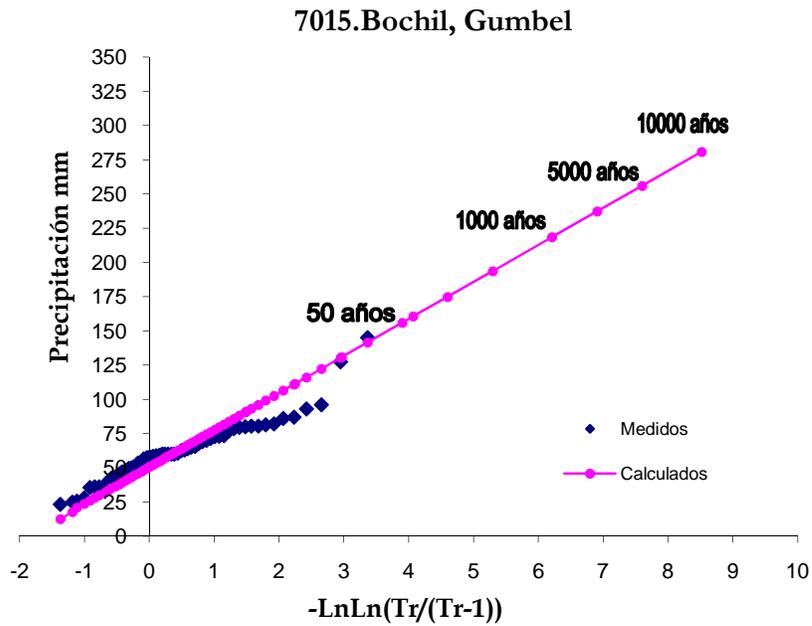


Figura 3.7 Estación Bochil

3.1.6 Peñitas

En la tabla 3.16 se presenta la clave, el nombre, el periodo de registro y la ubicación de las estaciones que fueron utilizadas en el análisis de la cuenca de Peñitas.

Tabla 3.16. Datos de las estaciones de la cuenca Peñitas

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7106	LAS PEÑITAS, OSTUACAN	17	24	93	27	68-83/88-92/94-99
7112	MALPASO, TECPATAN	17	12	93	34	54-56/59-95/97/01-05
7158	SAYULA, OSTUCAN	17	25	93	23	61-70, 72-81
7170	TZIMBAC, TECPATAN	17	18	93	29	62-70, 72-83
7365	OCOTEPEC, OCOTEPEC	17	13	93	10	85-86, 88-07

La tabla 3.17 presenta los valores máximos anuales de precipitación diaria en mm, para la estación Las Peñitas, Las tablas completas de datos para cada una de las estaciones de la cuenca de Peñitas se presentan en el anexo F.

Tabla 3.17 Precipitaciones, estación 7106

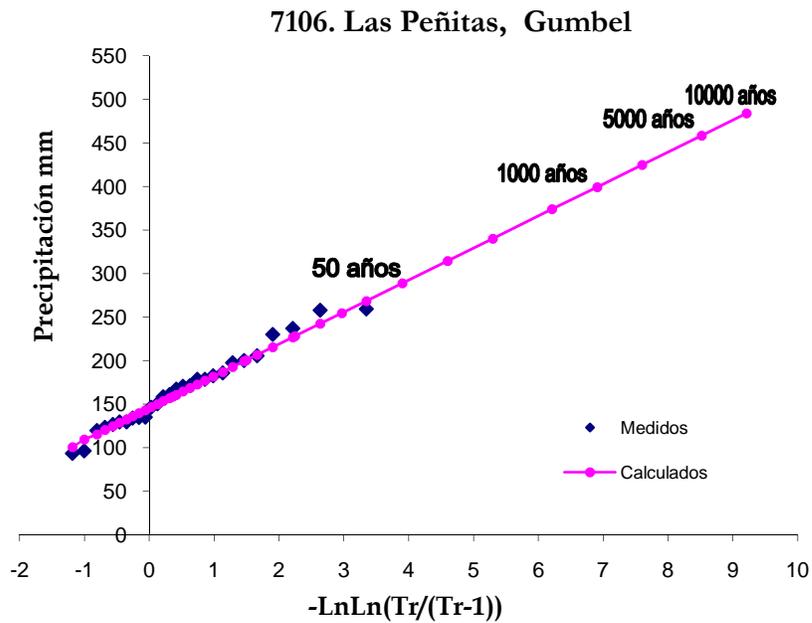
7106 LAS PEÑITAS, OSTUACAN			
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1968	151	1982	159
1969	147	1983	94
1970	171	1988	198
1971	130	1989	230
1972	179	1990	120
1973	124	1991	186
1974	168	1992	179
1975	127	1993	258
1976	130	1994	161
1977	96	1995	259
1978	171	1996	135
1979	135	1997	134
1980	183	1998	206
1981	237	1999	200
		Media	167
		Desv. Est.	44
		C.V.	0.27

Con los valores anteriores se realizó un análisis estadístico con el programa AX, la tabla 3.18 muestra los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para distintos periodos de retorno, en la figura 3.8 se presenta la gráfica de mejor ajuste. Los resultados obtenidos para las demás estaciones de la cuenca Peñitas se localizan en el anexo F.

Tabla 3.18. Extrapolación estación 7106

Año	hp (mm)
2	159.09
5	200.73
10	228.31
20	254.76
50	289.00
100	314.65
200	340.22
500	373.94
1000	399.43
2000	424.91
5000	458.58
10000	484.06

El mejor ajuste se tuvo para una distribución de probabilidad Gumbel.



3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

3.1.7 Pichucalco

La tabla 3.19 presenta las estaciones que fueron utilizadas en el análisis de la cuenca Pichucalco.

Tabla 3.19. Datos de las estaciones de la cuenca Pichucalco

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7062	F.LA SOLEDAD,LAS MARGARITAS	16	23	91	51	61-77, 80-95, 97-07
7082	IXTACOMITAN, IXTACOMITAN	17	26	93	6	69-83
7128	PICHUCALCO, PICHUCALCO	17	30	93	5	27-28. 45-79, 81-83
7147	SAN JOAQUIN, PICHUCALCO	17	33	93	6	62-70, 72-91
7193	PICHUCALCO (DGE)	17	36	93	7	84-96, 98-00, 02, 04

En la tabla 3.20 se presenta, para la estación F. La Soledad los valores de precipitación diaria máximos anuales para los años de registro dados en mm. En los últimos tres renglones de cada tabla se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales. Las tablas completas de datos para cada una de las estaciones de la cuenca Pichucalco se presentan en el anexo G.

Tabla 3.20 Precipitaciones, estación 7062

7062 F.LA SOLEDAD,LAS MARGARITAS			
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1961	62	1985	66
1962	48	1986	66
1963	56	1987	43
1964	36	1988	39
1965	47	1989	55
1966	64	1990	28
1967	61	1991	50
1968	67	1992	64
1969	47	1993	113
1970	40	1994	113
1971	22	1995	35
1972	44	1997	60
1973	45	1998	58
1974	89	1999	104
1975	34	2000	65
1976	33	2001	71
1977	27	2002	46
1980	42	2003	76
1981	46	2004	37
1982	63	2005	74
1983	61	2006	45
1984	77	2007	46
		Media	56
		Desv. Est.	21
		C.V.	0.37

El ajuste a una función de distribución se realizó de igual manera que en las demás cuencas con el programa Ax. La tabla 3.21 presenta los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para la estación 7062 de Pichucalco y la figura 3.9 muestra la gráfica de ajuste a una distribución Doble Gumbel, para las demás estaciones los resultados se presentan en el anexo G.

Tabla 3.21. Extrapolación estación 7062

Año	hp (mm)
2	79.12
5	114.71
10	160.29
20	199.35
50	243.29
100	274.43
200	304.83
500	344.51
1000	374.39
2000	404.39
5000	443.15
10000	472.69

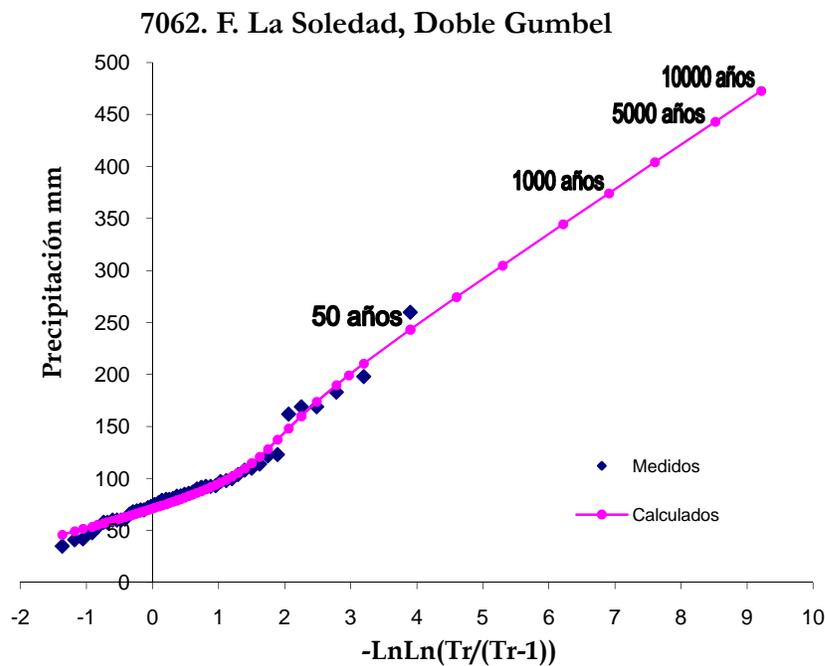


Figura 3.9 Estación F. La Soledad.

3.1.8 Teapa

Para el análisis de la cuenca Teapa se utilizaron tres estaciones climatológicas, la clave, el nombre, el periodo de registro y la ubicación se muestran en la tabla 3.22.

Tabla 3.22. Datos de las estaciones de la cuenca Teapa

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7167	TAPILULA, TAPILULA	17	15	93	0	65-00, 02-07
7191	MALPASO, TAPACHULA	14	55	92	15	61-07
7217	SOLOSUCHIAPAN	17	25	93	1	73-83, 99-00, 02-06

La tabla 3.23 presenta, para la estación Tapilula, los valores de precipitación diaria máxima anual en mm. Se indica la media, desviación estándar y coeficiente de variación de los máximos anuales. Para las demás estaciones las tablas de datos se encuentran en el anexo H.

Tabla 3.23 Precipitaciones, estación 7167

7167 TAPILULA			
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1965	80	1991	341
1966	97	1992	333
1967	196	1993	72
1968	140	1994	72
1969	157	1995	101
1970	126	1996	185
1971	86	1997	185
1972	121	1998	62
1973	320	1999	84
1974	201	2000	134
1975	123	2002	127
1976	91	2003	76
1977	127	2004	95
1978	169	2005	76
1979	223	2006	213
1990	119		
		Media	146
		Desv. Est.	77
		C.V.	0.52

Al aplicar el análisis estadístico y ajustar los valores medidos en la estación 7167 se obtuvo que el mejor ajuste es a una distribución Doble Gumbel, la tabla 3.24 muestra los valores de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno mientras que la figura 3.10 muestra la gráfica de mejor ajuste. Los resultados de las extrapolaciones para ajustar una función de distribución a los datos medidos para las demás estaciones en estudio se localizan en el anexo H.

Tabla 3.24 Extrapolación estación 7167

Año	hp (mm)
2	122.91
5	201.91
10	275.39
20	325.70
50	382.50
100	422.96
200	462.63
500	514.34
1000	553.40
2000	592.46
5000	643.33
10000	684.52

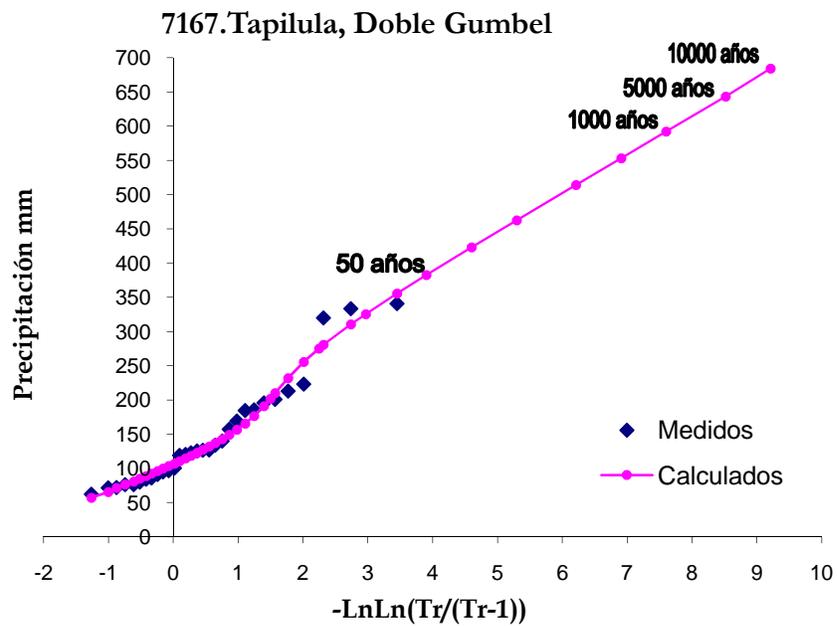


Figura 3.10 Estación Tapilula.

3.2 Análisis de coeficientes de variación

Para comparar la variabilidad de la cantidad de precipitación entre las estaciones podemos recurrir al parámetro estadístico conocido como coeficiente de variación, el cual viene dado por el cociente entre la desviación estándar y la media.

Para el proceso de regionalización es necesario contar con datos homogéneos entre sí, es por ello que para el análisis regional se realizó un estudio de los coeficientes de variación de los valores máximos anuales de cada estación climatológica los cuales se muestran en la figura 3.11. De acuerdo con la figura se puede observar que los coeficientes de variación para una determinada cuenca son similares por lo que el proceso de regionalización incluye todas las estaciones climatológicas que se encuentran dentro de cada una de las cuencas. Sin embargo puede notarse una zona en la cuenca de Angostura en la que los coeficientes de variación son muy altos respecto a los demás, esto se debe a la influencia del volcán Tacaná, es por ello que para esta zona se realizó un análisis de regionalización independiente al de las demás estaciones de la cuenca.

El coeficiente de variación según su localización nos ayuda a agrupar las estaciones climatológicas que pueden incluirse en un análisis regional, es un método para conocer la homogeneidad de los datos de manera sencilla y con resultados confiables, tal como se observó en el capítulo anterior con la aplicación de este método a la cuenca de Almandro.

Al conocer el coeficiente de variación de los datos medidos estandarizados y la localización de la estación en la zona de estudio, se puede optar por utilizar los datos de algunas estaciones climatológicas o de excluirlas del estudio por la heterogeneidad que presentan en sus datos. La figura 3.11 muestra los coeficientes de variación para las estaciones utilizadas por el método de regionalización en las cuencas del río Grijalva.

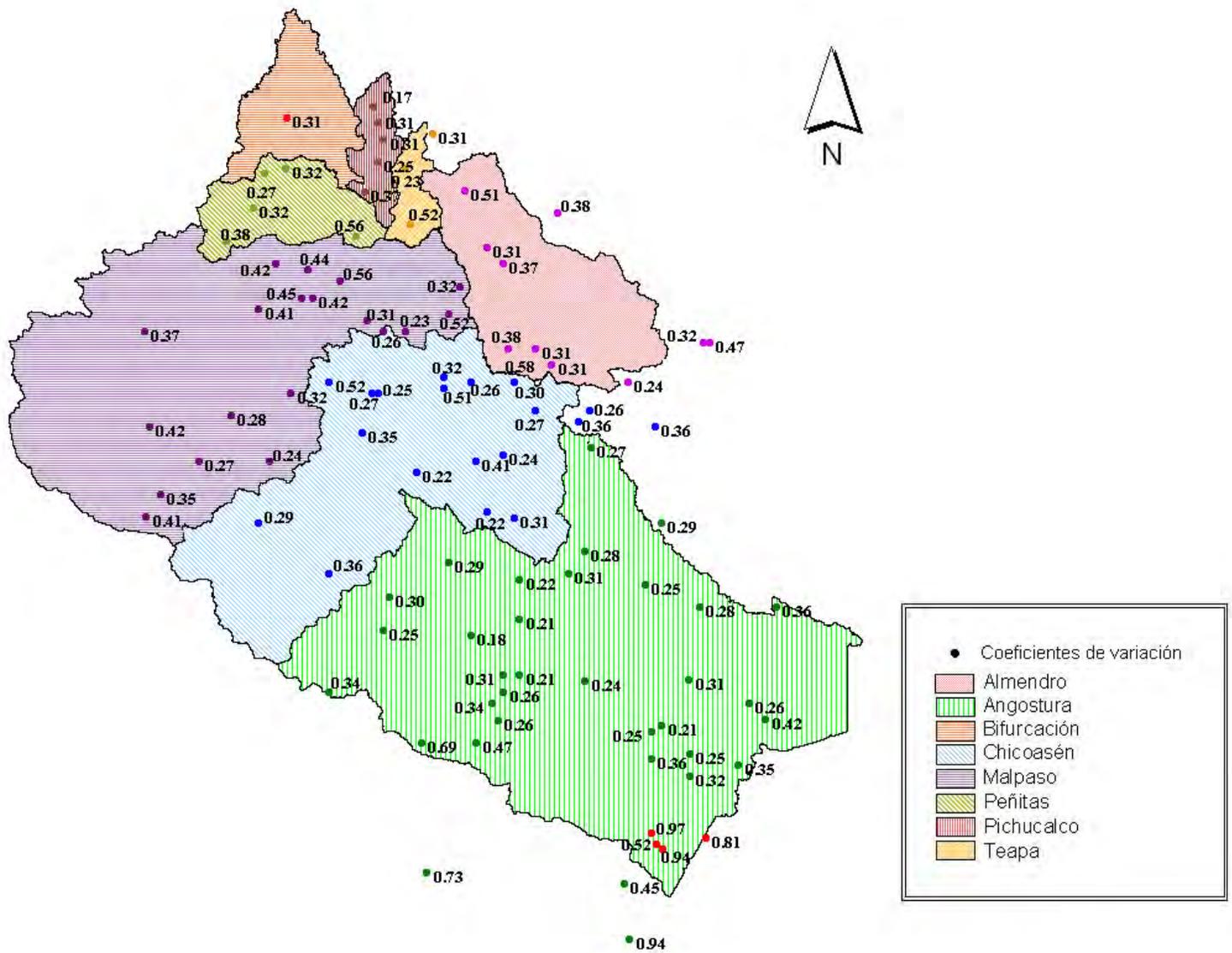


Figura 3.11 Coeficientes de variación según su ubicación en las cuencas

3.3 Regionalización

3.3.1 Regionalización en la cuenca Almandro

En la tabla 3.25 se presentan el registro de los datos máximos anuales para 1 día de duración dados en mm y para cada una de las estaciones que integran la cuenca de Almandro.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.25 Datos individuales Cuenca Almandro

CLAVE AÑO	7005	7033	7122	7125	7149	7160	7186	7192	7195	7207	7390
1927			93								
1928			73								
1929			84								
1930			61								
1931			80								
1932											
1933			100								
1934			66								
1935			92								
1936			75								
1940		40									
1941		65									
1942		86									
1943											
1944											
1945											
1946		49	48				57				
1947		51	77				95				
1948		52	81								
1949		57	70				92				
1950		50	80				127				
1951		60	85				311				
1952		100					227				
1953		75	83				273				
1954		70	169				274				
1955		64	260				288				
1956		72	183				128				
1957		80	72								
1958		60	60								
1959		84	35								
1960		220	60				148				
1961		100	70				200				
1962		60	87				141				
1963		50	69				89				
1964		55	108				40	95			
1965	68	65	58					35			
1966	60	100	123					73			
1967	159	247	122		87			100			
1968	64	107	162				157	60			
1969	81	96	169			51		66			
1970	117		79	78	88	108	202	68			
1971			198	78	91			78			
1972	78		110	67	56	70		61	137		
1973	100		97	60	70	86	322	70	165	95	
1974	130		58	61	100	80	321	68	133	117	
1975	121		60	80	82	98		69	146	98	
1976	68		98	37	43	71		86	100	67	
1977	57		68	70	63	80		61	93	48	

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1978	85		41	80	91	60		58	120	44	
1979	71		42	67	60	67		96	106	35	
1980	84		104	51	69	80		61	96	48	
1981	72		90	56	48	70		54	80	61	
1982	57			32	49	80		42	60	35	
1983	63			52	100	66		35	80	150	
1984	96			56	70	86		63	99	61	
1985	52			60	51	59		39	32	95	93
1986	114			60	65	85		38		60	217
1987	107			46	83	164		38		67	175
1988	77			48	62	109		32		45	280
1989	96			63	69	70			100	50	162
1990	90			39	95	47			178	52	162
1991	60			51	59	121			80	58	110
1992	99			44	59	136			105		151
1993	95			47	57	98			65	44	134
1994	51			53	46	150			110	36	126
1995				89	68	180			94	59	160
1996				103	48	130			99	66	102
1997				62	55	95			220	53	104
1998				60	42	113			61	58	108
1999				65	62	100			88	65	150
2000				80	42	81				65	140
2001				57	65	134				93	117
2002			92	49	42	102				57	205
2003			93	67		94				57	115
2004			86	66	40	77				63	114
2005			114	68	46	61				70	238
2006			53	77		83				75	199
2007				63	124	209				111	160
Media	85.18	82.01	92.6	61.52	66.03	95.92	183.61	61.8	105.76	66.35	153.08
Desv.Est.	26.02	47.57	43.46	14.78	20.16	35.95	92.99	19.76	40.49	25.27	48.17
C.V.	0.31	0.58	0.47	0.24	0.31	0.37	0.51	0.32	0.38	0.38	0.31

El siguiente paso es dividir entre la media de cada una de las estaciones para poder estandarizar los datos, como se muestra en la tabla 3.26. Estos datos se ordenan en un archivo con extensión .AJU y en este proceso serán la nueva muestra de datos que defina cualquier estación que se encuentre dentro de la región denominada Almandro.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.26 Valores Estandarizados Cuenca Almandro

CLAVE AÑO	7005	7033	7122	7125	7149	7160	7186	7192	7195	7207	7390
1927			1								
1928			0.79								
1929			0.9								
1930			0.66								
1931			0.86								
1932											
1933			1.08								
1934			0.71								
1935			0.99								
1936			0.81								
1940		0.49									
1941		0.79									
1942		1.05									
1943											
1944											
1945											
1946		0.6	0.52				0.31				
1947		0.62	0.83				0.52				
1948		0.64	0.87				0				
1949		0.7	0.76				0.5				
1950		0.61	0.86				0.69				
1951		0.73	0.92				1.69				
1952		1.22					1.23				
1953		0.91	0.9				1.49				
1954		0.85	1.83				1.49				
1955		0.78	2.81				1.57				
1956		0.87	1.98				0.7				
1957		0.98	0.78								
1958		0.73	0.65								
1959		1.02	0.38								
1960		2.68	0.65				0.8				
1961		1.22	0.76				1.09				
1962		0.73	0.94				0.77				
1963		0.61	0.75				0.48				
1964		0.67	1.17				0.22	1.54			
1965	0.8	0.79	0.63					0.57			
1966	0.7	1.22	1.33					1.18			
1967	1.87	3.01	1.32		1.32			1.62			
1968	0.75	1.3	1.75				0.85	0.97			
1969	0.95	1.16	1.83			0.53		1.07			
1970	1.37		0.85	1.27	1.33	1.13	1.1	1.1			
1971			2.14	1.27	1.37			1.26			
1972	0.92		1.19	1.09	0.84	0.73		0.99	1.3		
1973	1.17		1.05	0.98	1.05	0.89	1.75	1.13	1.56	1.43	
1974	1.53		0.63	0.99	1.51	0.83	1.75	1.1	1.26	1.76	
1975	1.42		0.65	1.3	1.24	1.02		1.12	1.38	1.48	

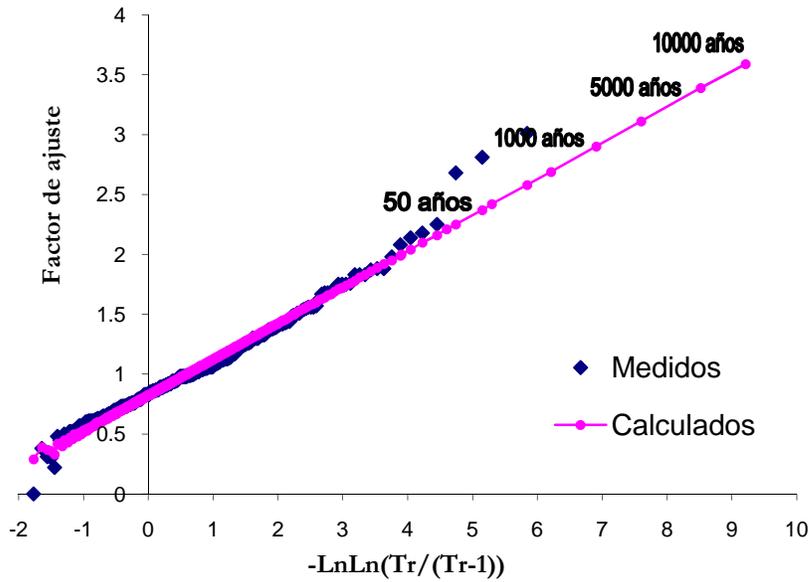
3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1976	0.8		1.06	0.6	0.64	0.74		1.39	0.95	1.01	
1977	0.67		0.73	1.14	0.95	0.83		0.98	0.87	0.72	
1978	1		0.44	1.3	1.38	0.62		0.94	1.13	0.67	
1979	0.83		0.45	1.09	0.91	0.69		1.55	1	0.53	
1980	0.98		1.12	0.83	1.04	0.83		0.98	0.9	0.73	
1981	0.85		0.97	0.91	0.73	0.73		0.88	0.76	0.92	
1982	0.67			0.52	0.75	0.83		0.69	0.57	0.53	
1983	0.74			0.85	1.51	0.68		0.57	0.76	2.25	
1984	1.13			0.9	1.06	0.89		1.03	0.94	0.92	
1985	0.61			0.98	0.77	0.62		0.62	0.3	1.43	0.61
1986	1.33			0.98	0.98	0.89		0.61		0.91	1.42
1987	1.25			0.74	1.25	1.71		0.61		1.01	1.14
1988	0.91			0.78	0.94	1.14		0.51		0.68	1.83
1989	1.12			1.02	1.04	0.73			0.95	0.75	1.06
1990	1.06			0.63	1.44	0.48			1.68	0.79	1.06
1991	0.71			0.82	0.89	1.26			0.76	0.87	0.72
1992	1.16			0.71	0.89	1.41			0.99		0.99
1993	1.12			0.76	0.86	1.02			0.61	0.66	0.88
1994	0.6			0.86	0.7	1.56			1.04	0.54	0.82
1995				1.44	1.03	1.88			0.89	0.89	1.05
1996				1.67	0.73	1.36			0.94	0.99	0.66
1997				1.01	0.83	0.99			2.08	0.79	0.68
1998				0.98	0.64	1.17			0.57	0.87	0.71
1999				1.06	0.94	1.04			0.83	0.98	0.98
2000				1.3	0.64	0.84				0.97	0.92
2001				0.92	0.98	1.4				1.39	0.76
2002			1	0.79	0.64	1.06				0.86	1.34
2003			1	1.09		0.98				0.86	0.75
2004			0.93	1.06	0.61	0.8				0.94	0.75
2005			1.23	1.11	0.7	0.63				1.05	1.56
2006			0.57	1.24		0.87				1.13	1.3
2007				1.02	1.88	2.18				1.68	1.05
Media	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A los datos estandarizados se les hizo un análisis estadístico de las funciones de distribución asociando a los datos medidos una función de ajuste, empleando el programa AX para encontrar los valores extrapolados para diferentes periodos de retorno. Las funciones de distribución que se emplearon fueron Doble Gumbel y Gumbel. En las figuras 3.12 y 3.13 se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales estandarizadas para varios periodos de retorno y para ambas funciones de distribución. En el eje de las abscisas se presentan los valores de $-\ln\ln(\text{Tr}/(\text{Tr}-1))$ y en el de las ordenadas las precipitaciones estandarizadas; las precipitaciones extrapoladas para los diferentes periodos de retorno se muestra a la derecha de la figura. Este procedimiento se siguió de igual manera para las demás cuencas.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

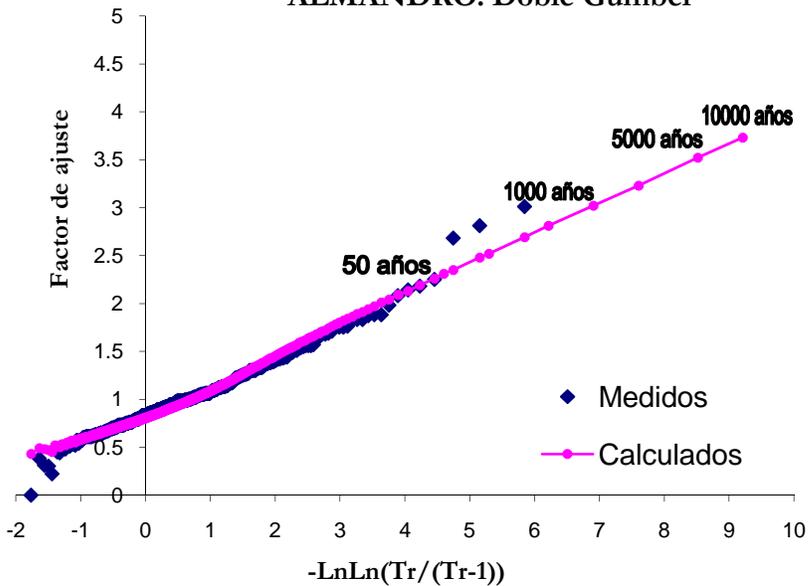
ALMANDRO. Gumbel



Año	Factor
2	0.93
5	1.27
10	1.5
20	1.72
50	2
100	2.21
200	2.42
500	2.69
1000	2.9
2000	3.11
5000	3.39
10000	3.59

Figura 3.12 Regionalización cuenca Almandro Gumbel

ALMANDRO. Doble Gumbel



Año	Factor
2	0.9
5	1.27
10	1.54
20	1.79
50	2.09
100	2.31
200	2.52
500	2.81
1000	3.02
2000	3.23
5000	3.52
10000	3.73

Figura 3.13 Regionalización cuenca Almandro Doble Gumbel

El mejor ajuste se genera con la función de distribución Doble Gumbel.

3.3.2 Regionalización en la cuenca Angostura

En la tabla 3.27 se muestra el registro de los datos máximos anuales para 1 día de duración y para cada una de las estaciones que integran la cuenca de Angostura.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.28 Valores Estandarizados Cuenca Angostura

Clave	7037	7161	7344	7001	7002	7008	7009	7010	7011	7014	7021	7024	7026	7054	7063	7070	7084	7090	7094	7127	7135	7137	7139	7150	7155	7159	7180	7183	7190	7205	7224	7226	7230	7236	7330	7335			
1944					0.757																																		
1945					1.367	0.929																																	
1946					1.026	0.656																																	
1947					1.044	0.944																																	
1948					1.091	1.093																																	
1949					0.745			0.89	0.614																														
1950					1.018			1.029	0.641																														
1951					0.899			0.634																															
1952					1.262			0.877	1.117										0.859						1.261														
1953	0.501				0.983			1.101	0.974																														
1954	1.593				1.987			0.864	0.974					0.744	0.978										1.116														
1955	1.638				0.914			0.765	0.882					1.323	2.008										1.618														
1956	0.969				0.934			1.347	1.484					0.983	0.887										0.726		0.848												
1957	0.705				1.888	0.843		1.142	0.77					0.717	0.989							1.161			0.823		0.904												
1958	0.837				1.193	0.553		0.992	0.831					0.932	0.856								1.288		0.818		0.833												
1959	0.623				1.043	1.092		1.139	0.854					0.628	0.703								1.021		1.053		0.985												
1960	0.701				0.497	0.856		1.083	0.861					0.63	0.897									0.714		0.873		0.788											
1961	1.092				0.795	0.326		0.957	1.094					0.811	0.754	1.189								1.123		0.97		1.505											
1962	1.265				1.093	0.272		1.155	0.954					0.58	0.948	1.111	1.189							0.941		0.848		0.938									0.658		
1963	1.602				0.696	0.944	0.272	0.933	0.787	1.686				0.917	1.272	1.121	1.189						1.127		1.427	0.741	0.899		1.346								0.753		
1964	1.283				1.174	0.973	0.34	0.902	1.935	0.868				0.902	0.714	0.734	1.059						0.682		0.943	1.203	1.046		0.752		0.942	0.888					0.842		
1965	0.582				1.305	0.745	1.223	0.701	1.551	0.897				0.855	0.844	1.07	1.189						0.672		0.871	0.849	0.727		0.662		0.76	0.962					0.874		
1966	0.887				0.976	0.964	1.071	1.069	1.134	0.655				0.855	0.844	1.07	1.189						1.038	0.91	0.765	0.81	1.158		0.6								1.132		
1967	0.514				1.218	0.944	0.816	0.733	0.873	1.009	1.126	0.733	1.005	0.671	0.703	0.833	0.87	0.811					0.806	0.79	0.772	0.887	0.739	1.407								0.891			
1968	0.592				1.122	1.133	0.822	1.158	0.841	0.956				0.804	1.172	0.809	0.926	1.358					1.042	0.877	1.582	1.273	1.172	1.384									1.031		
1969	0.956				0.705	0.993	1.155	1.193	1.396	0.859	1.427	1.103	0.87	0.815	1.101	0.714	0.866	1.014					1.106	0.891	1.097	0.913	1.005	0.72								0.774			
1970	0.519	0.638			1	1.023	1.067	0.943	1.052	0.966	0.948	1.575	1.661	0.828	0.948	0.842	0.714	0.85	1.104					0.615	0.952	1.505	0.996	1.158	1.3	1.041	1.127			0.773					
1971	0.61			0.64	0.522	0.924	0.712	0.845	0.95	1.079	0.826	1.334	1.041	1.323	1.121	0.833	0.769					0.786		0.734		0.823		0.675								1.243			
1972	0.573	0.562		1.233	0.609	0.725	0.863	0.909	0.627	0.945	0.982	0.555	0.777	0.78	0.978	0.842	1.12	1.116	1.114			1.011	0.789	0.663	1.253	0.837	1.342		1.377	0.798	0.745	0.758	0.692						
1973	0.819			0.866	1.2	0.705	0.816	1.638	1.017	1.138	1.231	0.776	0.945	1.128	0.826	1.374	1.063	0.969					0.628	0.729	0.867	1.093	1.06	0.564	0.777	0.913	1.105	0.932							
1974	1.647	3.909		1.533	1.27	1.848	1.184		0.789	0.837				0.754	0.705	0.934	1.152	0.968	1.38			1.127	0.82	0.911	1.257	1.266	0.477	1.319	2.034	0.862	0.868	0.839							
1975	0.755	0.55		1.146	0.505	0.795	1.037		0.88		0.97	1.039	0.927	0.734	1.09	0.992							0.826	1.586	1.217	1.34	0.964	0.907	0.998	0.875	1.123	1.152	1.063						
1976	0.683	0.598		1.686	0.47	1.043	1.019		0.805		0.878	0.75	0.612	0.907	0.55	0.809							1.106	0.953	0.855	0.765	0.456	1.148	0.856	0.631	1.038	0.898	0.96						
1977	0.865	2.393		0.726	0.713	1.08	1.087		0.902	0.778	0.884	1.005	0.859	1.013	1.042								0.577	0.782	0.529	0.643	1.242	0.521	1.189	0.897	0.789	0.498	1.281	0.774	0.952	0.882			
1978	0.558			1.02	1.026	1.28	0.673		1.138	0.961	1.223	1.14	0.849	0.963	1.564	0.983							0.672	0.842	1.17		0.911	1.41	1.31	0.741	0.929	0.742	0.655						
1979		0.395		1.386	0.887	0.646	1.782		0.977		1.935	2.28	0.692		1.135	1.087							0.865	1.183	1.097	1.755		1.02	0.711	1.068	0.884	0.804	1.139	0.972	1.024	0.83			
1980	1.875	0.85		0.773	1.484	0.804	1.041		0.676		1.277	1.319	1.034	1.315	1.075	1.773	0.609						1.205		0.656		1.258	0.885	1.081	1.081	1.752	1.362	1.526						
1981	0.546	1.22		1.246	1.392	0.949	2.591		0.891		1.008	0.909	0.676	1.07	0.714	1.067	1.12						1.163		0.936		1.128	1.044	1.405	1.266	1.211	1.279	1.042	1.125	1.495	0.746			
1982	1.229	0.79	0.675	1.006	0.988	0.703	1.68		0.966		0.929	0.699		0.815	1.632	0.749							1.571		1.67	0.774	0.829	0.773	1.636	0.832	0.641	0.761	0.695	0.748	0.716				
1983	0.892	0.853		0.833	2.088	0.909	1.225		1.149		0.703	0.666		0.97	0.714	0.606							1.169		1.063		0.738	1.001	1.2	1.285	1.003	0.977	1.214	0.751	1.408	0.66			
1984	0.592		0.595	0.946	0.879		1.06							1.172	0.979	0.895								1.217		0.964		0.745									1.313	0.822	0.787
1985	1.283		0.597	1.239	0.978		1.074		1.387				0.71	1.003		0.714	1.22						1.127		1.149		0.771		1.129	1.169	0.965		0.704	1.022	1.058				
1986		0.614		0.347	0.66	1.319	1.843		1.267				0.736	0.919	0.952	1.108							0.983		1.058		1.902		0.562		0.846	0.83	0.822		0.585	1.433			
1987	0.614		0.597	0.833	1		0.961		0.713	0.917			1.01	0.862	0.767	0.954	0.538	1.638						0.767		0.991		0.76	0.857	0.812		0.753	1.371						
1988	1.18	0.526	0.803	1.066	1.013		0.998		1.344	0.91		1.057	0.942	1.124	2.05									0.823		0.945		1.075			0.958					0.748	0.82		
1989	1.068	0.479	1.984	1.333	1.166		0.756		0.672	0.681		0.872	0.858	0.883	1.439	1.075									1.243		0.797	0.798		1.273		1.336			0.925	0.934	1.008		
1990	0.59	0.678	0.997	0.893	0.635		1.461		0.752	0.812																													

Al estandarizar los datos de la tabla 3.27 dividiéndolos entre la media de cada estación se obtienen los datos de la tabla 3.28. Esta nueva muestra corresponde a cualquier estación que se encuentre dentro de la región denominada Angostura.

Al realizar el análisis estadístico de las funciones de distribución asociando a los datos medidos una función de ajuste, utilizando las funciones Gumbel y Doble Gumbel se obtiene los resultados de las figuras 3.14 y 3.15.

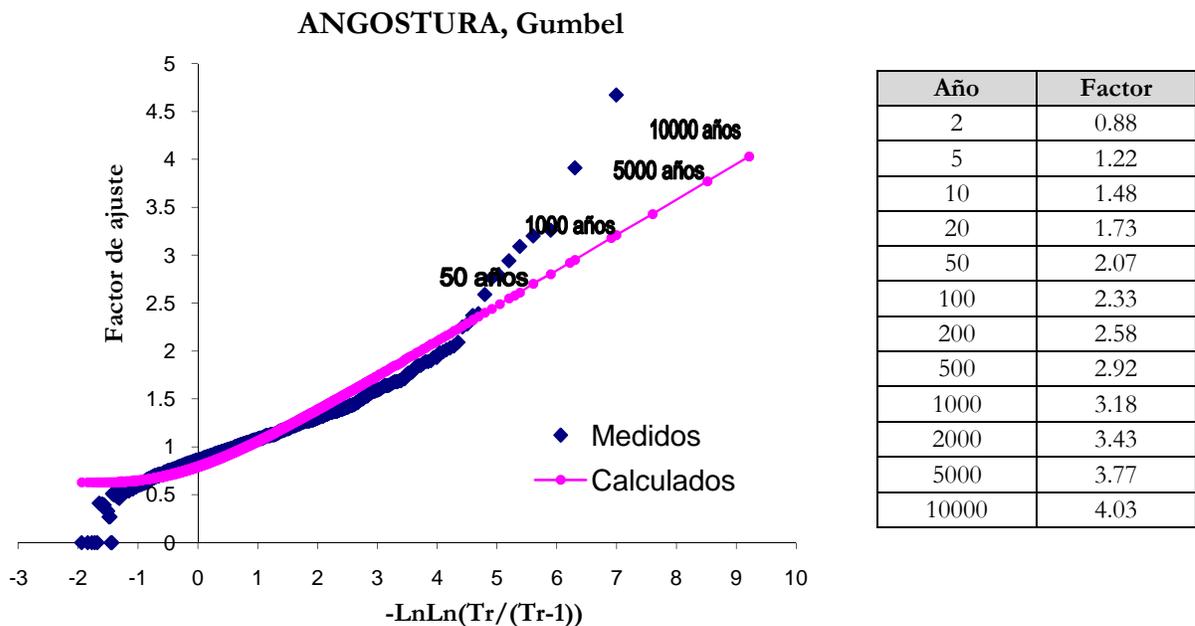


Figura 3.14 Regionalización cuenca Angostura Gumbel

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

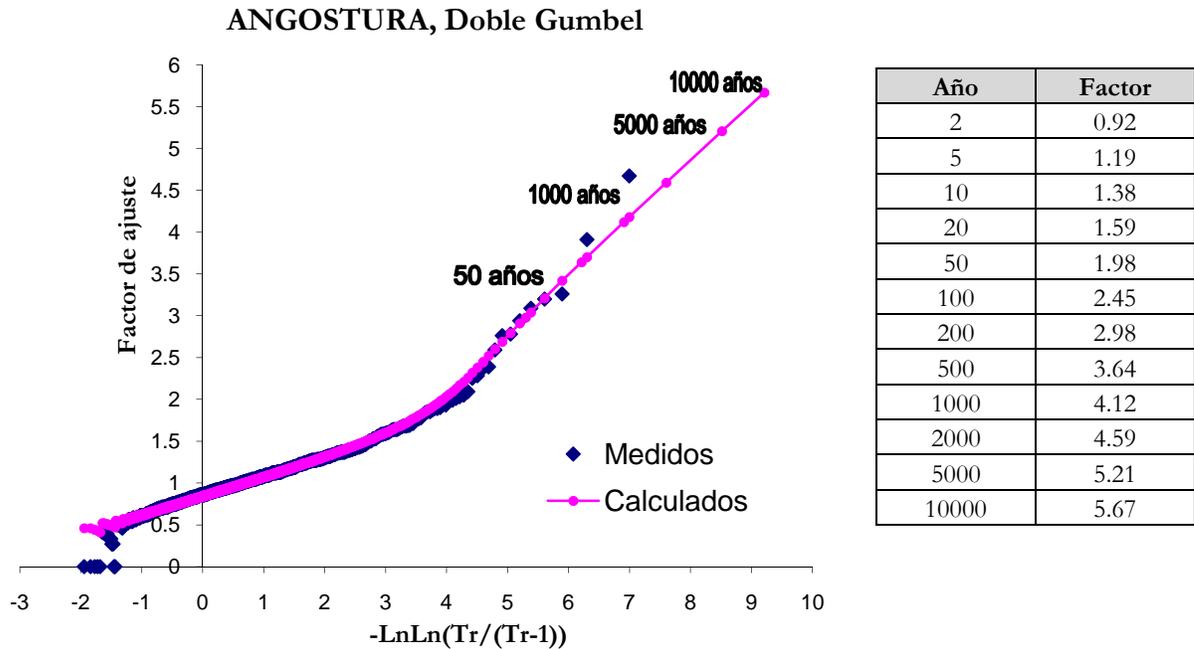


Figura 3.15 Regionalización cuenca Angostura Doble Gumbel

El mejor ajuste se genera con la función de distribución Doble Gumbel.

El análisis anterior se realizó sin tomar en cuenta las estaciones cercanas al volcán Tacaná, a continuación se presenta el estudio realizado a esta zona en particular.

Región del volcán Tacaná

En la tabla 3.29 se muestra el registro de las estaciones utilizadas para la regionalización en la zona del volcán Tacaná el cual se encuentra dentro de la cuenca de Angostura.

Tabla 3.29 Datos individuales de la región del volcán Tacaná

CLAVE AÑO	7067	7119	7339	7350
1922		22.2		
1923		55		
1924		29		
1925				
1926		29.8		
1927		31.3		
1928		30.2		
1929		23.4		
1930		26.2		
1931		27.5		
1932				
1933		61.3		

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1934		30		
1935		39		
1936		52		
1937		40.5		
1938		23.2		
1939		27.7		
1940		23.3		
1941		50.7		
1942				
1943				
1944		79		
1945		41		
1946		33		
1947		30.6		
1948		23		
1949		46		
1950		33.5		
1951		30.5		
1952		32		
1953		52.4		
1954		57.2		
1955		76.5		
1956		37.2		
1957		23.5		
1958		74		
1959		45.2		
1960		65		
1961	36			36
1962	32			50.2
1963	38			75
1964	21			54
1965	21			44
1966	21			32.5
1967				42.5
1968				33
1969				39
1970	201.4			65.5
1971	40.8			41
1972	40.5			43.5
1973	40.1			70.5
1974				43
1975				42.5
1976	201.7			34
1977	20.1			55.8
1978	20.8			33.8
1979	60			48
1980	40.5			140.7
1981	20.9			32
1982	40.5		136	20.5
1983	40.7		96	20
1984	40.7	18	57	
1985	40.2	20.5	73	

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1986	35		50	
1987	33	22	71	
1988	61.8	23	53	
1989	66.3	38	71	
1990		54		
1991		30	86	
1992		35	60.7	
1993		50	67.2	
1994	40	46	67	
1995	97	112.3		
1996	30.5	44		
1997	91	155	56.5	
1998	134	175	38.5	
1999	148.5	35	38	
2000	180	40	48.5	
2001	46.5	28	28	
2002	62	37	25	
2003	34.5	40	22	
2004	40.2	34	45	
2005	77.4	320	375	
2006	73.3	76		
2007	28.7	34	62	
Media	60.46	49.46	73.93	47.70
Desv. Est.	49.20	46.36	71.84	24.58
C.V	0.81	0.94	0.97	0.52

Al dividir entre la media de cada cuenca se obtiene los valores estandarizados de la tabla 3.30.

Tabla 3.30 Valores Estandarizados región del volcán Tacaná

CLAVE AÑO	7067	7119	7339	7350
1922		0.448844424		
1923		1.112001952		
1924		0.586328302		
1925				
1926		0.602502876		
1927		0.632830202		
1928		0.610590163		
1929		0.473106285		
1930		0.529717294		
1931		0.556000976		
1932				
1933		1.239376721		
1934		0.606546519		
1935		0.788510475		
1936		1.0513473		
1937		0.818837801		
1938		0.469062642		
1939		0.56004462		

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1940		0.471084463		
1941		1.025063618		
1942				
1943				
1944		1.597239168		
1945		0.82894691		
1946		0.667201171		
1947		0.61867745		
1948		0.465018998		
1949		0.930037996		
1950		0.67731028		
1951		0.616655628		
1952		0.646982954		
1953		1.059434587		
1954		1.15648203		
1955		1.546693624		
1956		0.752117684		
1957		0.475128107		
1958		1.496148081		
1959		0.913863422		
1960		1.314184125		
1961	0.5954039			0.754785779
1962	0.529247911			1.052506837
1963	0.628481894			1.572470374
1964	0.347318942			1.132178669
1965	0.347318942			0.922515953
1966	0.347318942			0.681403829
1967				0.891066545
1968				0.691886964
1969				0.817684594
1970	3.330954039			1.373290793
1971	0.674791086			0.859617138
1972	0.669829387			0.912032817
1973	0.663213788			1.478122151
1974				0.901549681
1975				0.891066545
1976	3.335915738			0.712853236
1977	0.332433844			1.169917958
1978	0.344011142			0.708659982
1979	0.992339833			1.006381039
1980	0.669829387			2.949954421
1981	0.345665042			0.670920693
1982	0.669829387		1.839645844	0.429808569
1983	0.673137187		1.298573537	0.419325433
1984	0.673137187	0.363927912	0.771028037	
1985	0.664867688	0.414473455	0.98745696	
1986	0.578864903		0.676340384	
1987	0.545786908	0.444800781	0.960403345	
1988	1.022110028	0.465018998	0.716920807	
1989	1.096535515	0.768292258	0.960403345	
1990		1.091783735		
1991		0.606546519	1.16330546	

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1992		0.707637606	0.821077226	
1993		1.010910866	0.909001476	
1994	0.661559889	0.930037996	0.906296114	
1995	1.60428273	2.270505804		
1996	0.504439415	0.889601562		
1997	1.505048747	3.133823683	0.764264634	
1998	2.216225627	3.538188029	0.520782095	
1999	2.456041086	0.707637606	0.514018692	
2000	2.977019499	0.808728692	0.656050172	
2001	0.76906337	0.566110085	0.378750615	
2002	1.025417827	0.748074041	0.338170192	
2003	0.570595404	0.808728692	0.297589769	
2004	0.664867688	0.687419389	0.608706345	
2005	1.280118384	6.46982954	5.072552878	
2006	1.212308496	1.536584516		
2007	0.47466922	0.687419389	0.838662076	
Media	1.00	1.00	1.00	1.00

Los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales estandarizadas se presentan en la figura 3.16. y 3.17

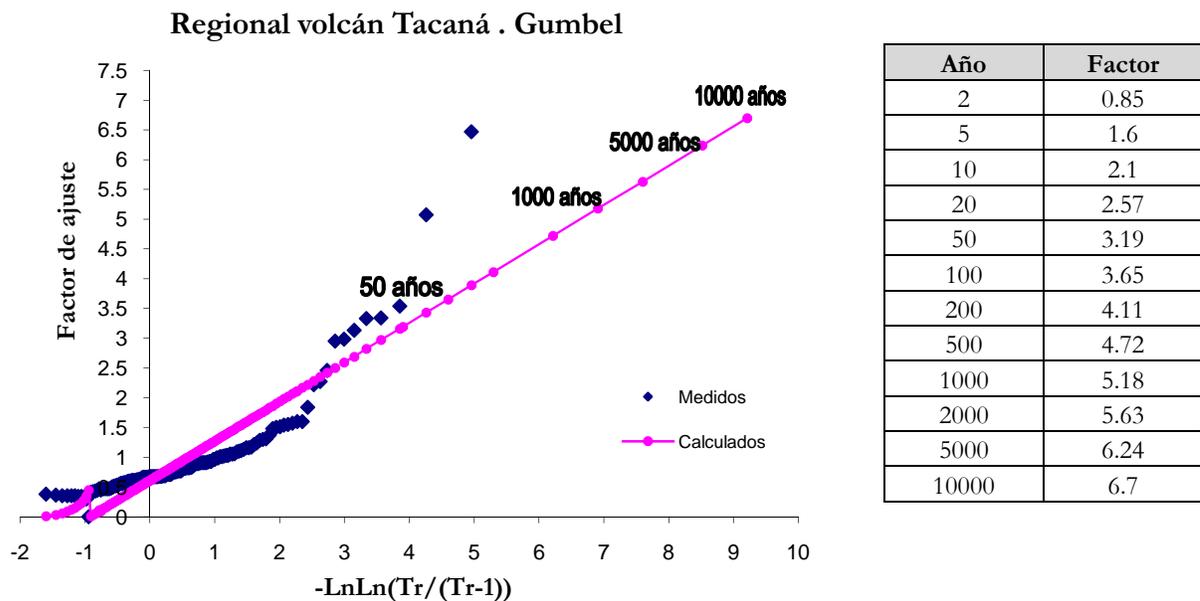


Figura 3.16 Regionalización zona del volcán Tacaná Gumbel

Regional volcán Tacaná . Doble Gumbel

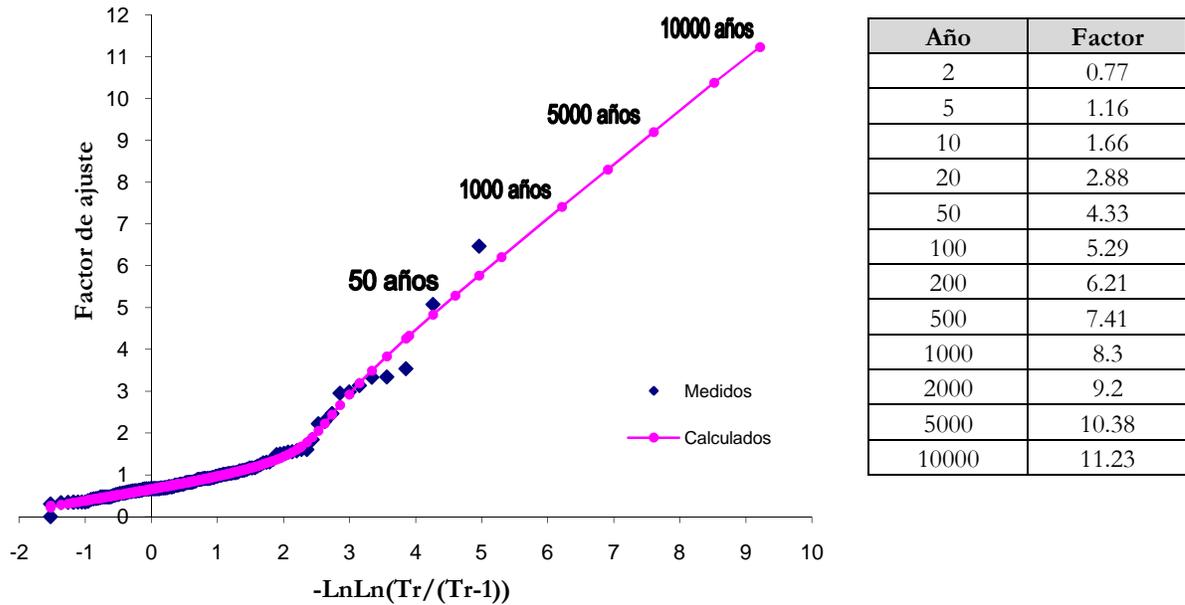


Figura 3.17 Regionalización zona del volcán Tacaná Doble Gumbel

Como se puede observar en los resultados el mejor ajuste resulta el de la función Doble Gumbel.

3.3.3 Regionalización en la cuenca Bifurcación

Esta cuenca solo cuenta con una sola estación, es por ello que no se realizó el proceso de regionalización.

3.3.4 Regionalización en la cuenca Chicoasén

En la tabla 3.31 se presenta el registro de los datos máximos anuales para 1 día de duración en mm y para cada una de las estaciones que integran la cuenca de Chicoasén.

Tabla 3.31 Datos individuales de cuenca Chicoasén

CLAVE AÑO	7083	7372	7003	7030	7031	7036	7039	7040	7065	7076	7086	7087	7091	7175	7176	7184	7188	7202	7358
1934														62					
1935														52					
1936														95					
1937														78					
1938														55					
1939														58					
1940														81					
1941														56					
1942														68					
1943														73					
1944														135					
1945														60					
1946														83					
1947														59					

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1948	62													95						
1949	78						42							65						
1950	100						42							71						
1951	80						45	97						79					62	
1952	180						36	77											60	
1953	50						33	94											51	
1954	70						58	79						76					64	
1955	85						42	67						65					77	
1956	60						127	69						70					81	
1957							34	52					53	74					60	
1958	41			59			120	95					70	113					96	
1959	70			44			64	104					77	62					66	
1960	60			75			135	62					97	80					64	
1961				60			55	54	60				84	68					106	
1962				50			62	57					58	73				57	69	
1963			79	60			64	46	91			95	82	75				73	56	
1964			80	46			77	40	28			93	43	75				64	46	
1965			56	54			63	52	62	42		73	43	67				53	104	
1966			62	64			73	58	65	60		82	58	77				49	76	
1967			59	60			59	54	71	36		61	60	80				67	95	
1968			64			62	51	71	36	46	109	47	67					45	52	
1969	31		147		47		55	47	26	58	81	60	103					45	74	
1970	40		80		41	157	61	62		35	89	61	99				84	68	62	
1971	65		58		84	111	92	51	50	57	73	50						40	59	
1972	60		114	39	45	46	48	54		39	50			60			37	71	64	
1973	35		95	93	50	44	76	118	67	78	91			55			78	101	50	88
1974	32		48	106	62	48	92	84	65	46	116	56		89			64	46	43	87
1975	35		66	82	60	56	68	65	95	53	70	44		83			82	74	55	80
1976	102		200	45	67	60	60	46	41	56	86	71	108				100	83	33	97
1977			54	79	65	35	77	68	55	96	80	43		64			54	71	45	59
1978				80	65	36	60	59	76		74	54	74				47	68	60	47
1979				41	71	78	70	58		48	89	46	69				79	87	48	76
1980					63	70	72	107		64	105	99	70				53	102	85	50
1981			67		63	45	60	64	71	36	113	39	59				59	87	88	59
1982			105	35	95	60	70	93	65	77	85	66	55				60	100	75	60
1983			93	85	55	40	75	84	73	62	85	55	75				77	92	80	120
1984			82	42	75	55	76	73		42	81	70	55	109				124	148	115
1985			65	91	80	71	92	60		50	111	52	83	73				70	73	75
1986			79	54	102	71	58		64	45	71	54	60	68				90	105	
1987			80	60	52		69	100		39	68	80	76	74				60	77	45
1988			62	47	50		82	71	90	51	60	76	107	70			40	60	66	120
1989		117	60	98	63	75	75	64	80	45	71	66	89	60	88	56	48	87	111	
1990		47	57	58	40	56	61	50	60	40	62	41	52	70	72	92	53	63	96	
1991		97	89	73	47	73	74	100	55	45	106	37	58	70			100	82	83	
1992		70	116	49	40	104	78	67	80	74	100	70	74	126				52	40	83
1993		45	101	52	50	88	69	66	80	45	85	54	58	59				60	82	69
1994		42	59	80	40	60	70	71	40	48	51	42	116	64				40	72	69
1995		60	106		35	80	100	93	40	48	84	44	84	74	84			63	78	110
1996		73	110	40	30	60	145	78	40	39	112	93	110	78	62			81	72	120
1997		108	182		23	76	85	54	80	59	47	68	69	73				45	49	75
1998		120	120	55	40	81	144	75	80	57	65	74	77	74				100	61	65
1999		60	115	56	56	50	87	73	60	61	77	53	70	62				80	54	138
2000		76	76	50		56	61	110	81			77	48	216				53	135	
2001		82	65	65		82	84	54	76			59	88	101					52	66
2002		79	74	41		46	79	69	81			49	53	66					78	84
2003		226	50	59		48	65	77	90			52	58						85	81
2004		45	92	54		60	47	74	62			65	58	80					92	95
2005		65	83			32	70	81	42			105	66	116					50	141
2006		57	54			64		76	47			75	76	88					63	170
2007		74	98	89	117	75		76				45	69	82					78	75
Media	66.80	81.21	86	62	59	65	72	71	64	52	82	61	74	80	68	77	64	72	97	
Desv.Est.	34.15	42.21	35	18	21	24	25	18	18	14	18	17	17	29	17	19	20	19	30	
Coef.Var.	0.51	0.52	0.41	0.30	0.36	0.36	0.35	0.26	0.29	0.26	0.22	0.27	0.22	0.36	0.25	0.24	0.32	0.27	0.31	

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

En la tabla 3.32 se presentan los valores estandarizados de la cuenca Chicoasén.

Tabla 3.32 Valores estandarizados cuenca Chicoasén

CLAVE AÑO	7083	7372	7003	7030	7031	7036	7039	7040	7065	7076	7086	7087	7091	7175	7176	7184	7188	7202	7358	
1934														0.775						
1935														0.65						
1936														1.188						
1937														0.975						
1938														0.688						
1939														0.725						
1940														1.013						
1941														0.7						
1942														0.85						
1943														0.913						
1944														1.688						
1945														0.75						
1946														1.038						
1947														0.738						
1948	0.928													1.188						
1949	1.168						0.583							0.813						
1950	1.497						0.583							0.888						
1951	1.198						0.625	1.366						0.988				0.861		
1952	2.695						0.5	1.085										0.833		
1953	0.749						0.458	1.324										0.708		
1954	1.048						0.806	1.113					1.027					0.889		
1955	1.272						0.583	0.944					0.878					1.069		
1956	0.898						1.764	0.972					0.946					1.125		
1957							0.472	0.732				0.869	1					0.833		
1958	0.614			0.952			1.667	1.338				1.148	1.527					1.333		
1959	1.048			0.71			0.889	1.465				1.262	0.838					0.917		
1960	0.898			1.21			1.875	0.873				1.59	1.081					0.889		
1961				0.968			0.764	0.761	0.938			1.377	0.919					1.472		
1962				0.806			0.861	0.803				0.951	0.986				0.891	0.958		
1963			0.919	0.968			0.889	0.648	1.422		1.159	1.344	1.014			1.141	0.778			
1964			0.93	0.742			1.069	0.563	0.438		1.134	0.705	1.014			1	0.639			
1965			0.651	0.871			0.875	0.732	0.969	0.808	0.89	0.705	0.905				0.828	1.444		
1966			0.721	1.032			1.014	0.817	1.016	1.154	1	0.951	1.041				0.766	1.056		
1967			0.686	0.968			0.819	0.761	1.109	0.692	0.744	0.984	1.081				1.047	1.319		
1968			0.744			0.954	0.708	1	0.563	0.885	1.329	0.77	0.905				0.703	0.722		
1969	0.464		1.709		0.797		0.764	0.662	0.406	1.115	0.988	0.984	1.392				0.703	1.028		
1970	0.599		0.93		0.695	2.415	0.847	0.873		0.673	1.085	1	1.338			1.091	1.063	0.861		
1971	0.973		0.674		1.424	1.708	1.278	0.718	0.781	1.096	0.89	0.82					0.625	0.819		
1972	0.898		1.326	0.629	0.763	0.708	0.667	0.761		0.75	0.61		0.811		0.544	0.922		0.889		
1973	0.524		1.105	1.5	0.847	0.677	1.056	1.662	1.047	1.5	1.11		0.743		1.147	1.312	0.781	1.222		
1974	0.479		0.558	1.71	1.051	0.738	1.278	1.183	1.016	0.885	1.415	0.918	1.203		0.941	0.597	0.672	1.208		
1975	0.524		0.767	1.323	1.017	0.862	0.944	0.915	1.484	1.019	0.854	0.721	1.122		1.206	0.961	0.859	1.111		
1976	1.527		2.326	0.726	1.136	0.923	0.833	0.648	0.641	1.077	1.049	1.164	1.459		1.471	1.078	0.516	1.347		
1977			0.628	1.274	1.102	0.538	1.069	0.958	0.859	1.846	0.976	0.705	0.865		0.794	0.922	0.703	0.819		
1978				1.29	1.102	0.554	0.833	0.831	1.188		0.902	0.885	1		0.691	0.883	0.938	0.653		
1979				0.661	1.203	1.2	0.972	0.817		0.923	1.085	0.754	0.932		1.162	1.13	0.75	1.056		
1980					1.068	1.077	1	1.507		1.231	1.28	1.623	0.946		0.779	1.325	1.328	0.694		
1981			0.779		1.068	0.692	0.833	0.901	1.109	0.692	1.378	0.639	0.797		0.868	1.13	1.375	0.819		
1982			1.221	0.565	1.61	0.923	0.972	1.31	1.016	1.481	1.037	1.082	0.743		0.882	1.299	1.172	0.833		
1983			1.081	1.371	0.932	0.615	1.042	1.183	1.141	1.192	1.037	0.902	1.014			1	1.438	1.111	1.237	
1984			0.953	0.677	1.271	0.846	1.056	1.028		0.808	0.988	1.148	0.743	1.363			1.938	2.056	1.186	
1985			0.756	1.468	1.356	1.092	1.278	0.845		0.962	1.354	0.852	1.122	0.913			1.094	1.014	0.773	
1986			0.919	0.871	1.729	1.092	0.806		1	0.865	0.866	0.885	0.811	0.85			1.406	1.458		
1987			0.93	0.968	0.881		0.958	1.408		0.75	0.829	1.311	1.027	0.925			0.938	1.069	0.464	
1988				0.721	0.758	0.847		1.139	1	1.406	0.981	0.732	1.246	1.446	0.875		0.519	0.938	0.917	1.237
1989		1.441	0.698	1.581	1.068	1.154	1.042	0.901	1.25	0.865	0.866	1.082	1.203	0.75	1.294	0.727	0.75	1.208	1.144	
1990		0.579	0.663	0.935	0.678	0.862	0.847	0.704	0.938	0.769	0.756	0.672	0.703	0.875	1.059	1.195	0.828	0.875	0.99	
1991		1.194	1.035	1.177	0.797	1.123	1.028	1.408	0.859	0.865	1.293	0.607	0.784	0.875			1.563	1.139	0.856	
1992		0.862	1.349	0.79	0.678	1.6	1.083	0.944	1.25	1.423	1.22	1.148	1	1.575			0.813	0.556	0.856	

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1993		0.554	1.174	0.839	0.847	1.354	0.958	0.93	1.25	0.865	1.037	0.885	0.784	0.738			0.938	1.139	0.711
1994		0.517	0.686	1.29	0.678	0.923	0.972	1	0.625	0.923	0.622	0.689	1.568	0.8			0.625	1	0.711
1995		0.739	1.233		0.593	1.231	1.389	1.31	0.625	0.923	1.024	0.721	1.135	0.925	1.235		0.984	1.083	1.134
1996		0.899	1.279	0.645	0.508	0.923	2.014	1.099	0.625	0.75	1.366	1.525	1.486	0.975	0.912		1.266	1	1.237
1997		1.33	2.116		0.39	1.169	1.181	0.761	1.25	1.135	0.573	1.115	0.932	0.913			0.703	0.681	0.773
1998		1.478	1.395	0.887	0.678	1.246	2	1.056	1.25	1.096	0.793	1.213	1.041	0.925			1.563	0.847	0.67
1999		0.739	1.337	0.903	0.949	0.769	1.208	1.028	0.938	1.173	0.939	0.869	0.946	0.775			1.25	0.75	1.423
2000		0.936	0.884	0.806		0.862	0.847	1.549	1.266			1.262	0.649	2.7				0.736	1.392
2001		1.01	0.756	1.048		1.262	1.167	0.761	1.188			0.967	1.189	1.263				0.722	0.68
2002		0.973	0.86	0.661		0.708	1.097	0.972	1.266			0.803	0.716	0.825				1.083	0.866
2003		2.783	0.581	0.952		0.738	0.903	1.085	1.406			0.852	0.784					1.181	0.835
2004		0.554	1.07	0.871		0.923	0.653	1.042	0.969			1.066	0.784	1				1.278	0.979
2005		0.8	0.965			0.492	0.972	1.141	0.656			1.721	0.892	1.45				0.694	1.454
2006		0.702	0.628			0.985		1.07	0.734			1.23	1.027	1.1				0.875	1.753
2007		0.911	1.14	1.435	1.983	1.154		1.07				0.738	0.932	1.025				1.083	0.773
Media	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A los datos estandarizados se les hizo un análisis estadístico de las funciones de distribución asociando a los datos medidos una función de ajuste, las figuras 3.18 y 3.19 se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales estandarizadas para varios periodos de retorno, para las funciones de distribución Gumbel y Doble Gumbel.

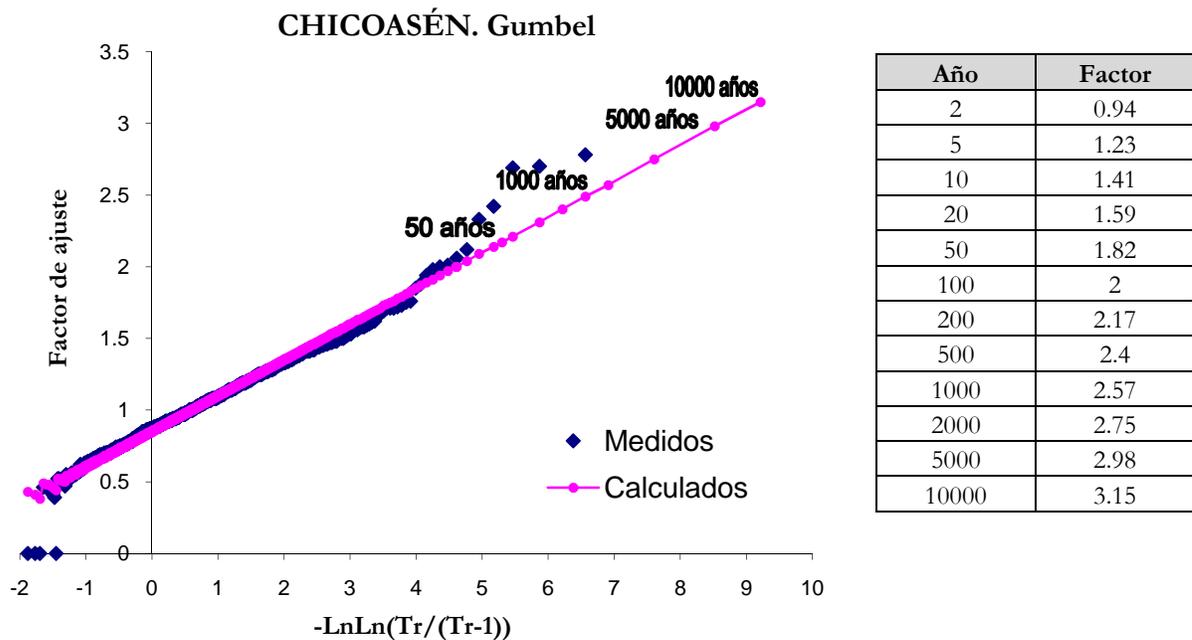


Figura 3.18 Regionalización cuenca Chicoasén Gumbel

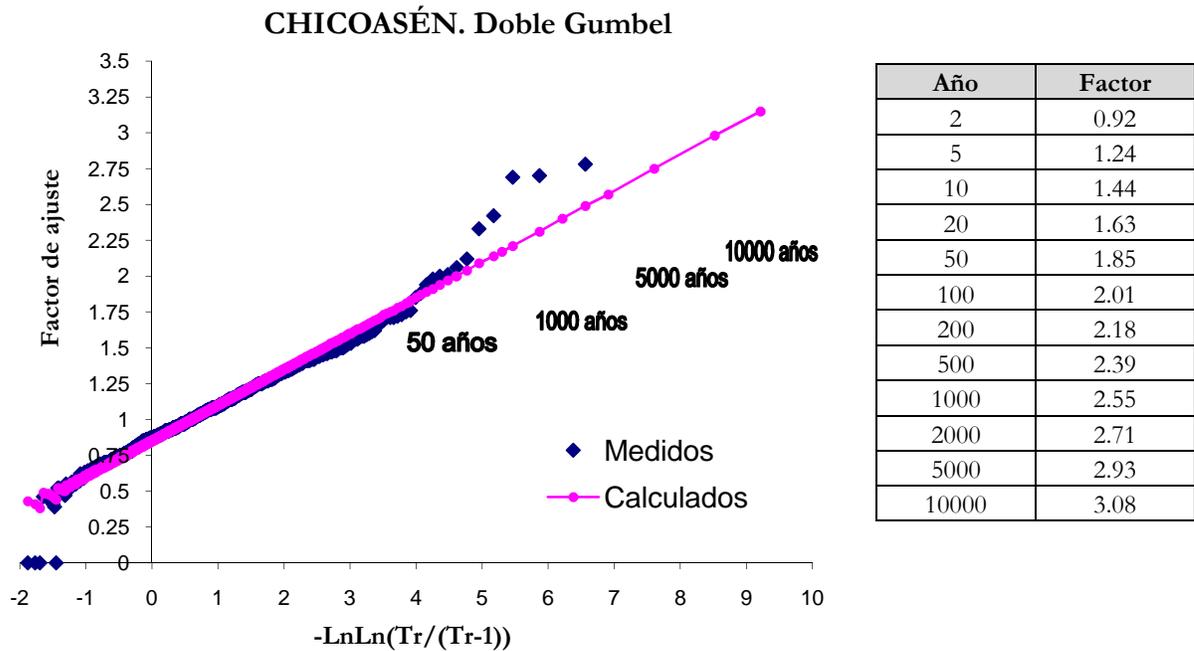


Figura 3.19 Regionalización cuenca Chicoasén Doble Gumbel

El mejor ajuste se genera con la función de distribución Doble Gumbel.

3.3.5 Regionalización en la cuenca Malpaso

La tabla 3.33 muestra los valores máximos anuales de precipitación dados en mm registrados en las estaciones climatológicas correspondientes a la cuenca de Malpaso.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.33 Datos individuales de cuenca Malpaso

CLAVE AÑO	7015	7016	7027	7035	7050	7069	7093	7100	7102	7123	7142	7148	7156	7178	7238	7343	7355	7360	7363
1927			90																
1928			57																
1929			94																
1930																			
1931			140																
1932																			
1933			91																
1934			72																
1935			99																
1936			77																
1937			86																
1938			6																
1939			49																
1940			81							72									
1941			80																
1942			21							39									
1943			25							94									
1944	81		18							65									
1945	36	72	47							61									
1946	25	61	20							45									
1947	60	71	29							62									
1948	86	68	75							63									
1949		80	80						71										
1950	63	123	100							21									
1951	73		202						55	80									
1952	82	65							60	68									
1953	44	57							68	62									
1954	60	104	42		131				87	58									
1955	48	74	124		86				64	79									
1956	54	78	60		147				76	9									
1957	55	60	45		82				45	45									
1958	58	55	60		75				33	63									
1959	47	60	80		100				70	76									
1960	145	69	60		94				80	67									
1961	93	67	75		120				56	88			90						
1962	64	53	36	62	72				75	49		49	128						
1963	51	84	105	66				55	89	81		108	90						
1964	69	87	26	84	72		58	66	78	73		80	112						
1965	72	57		53		59			56	81	117	131	133						
1966	79	77	30	67		71			72	113	72	106	64						
1967	66	64	63	59	257	62			63	94	67	180	131						
1968	80	65	52	89	80	53	36		68	58	51	60	85	189					
1969	57	61	69	70	95	57	41	54	92	63	76	91	103	150					
1970	77	66		49	116	40	80	50	62	58	80	78	94	174					
1971	74	54		51	92	50	89	120	86	75	56		82						
1972	60	53		67	113	48	81	63	100	80	99	73	126	154					
1973	128			116	120	140	85	156	108	98	107	114	112	318					
1974	36	72		63	125	65	81	106	111	97	72	170	93	215					
1975	36	39		46	93	40	84	20	84	53	80	95	101	124					
1976	70	48		76	68	83	90	40	74	52	71	46	83	68					
1977	60	84		57	81	66	81	80	69	61	56	40	104	101					
1978	50	59		73	47	90	70	50	115	68	83	79	90	293					
1979	28	72		82	95	110	100	60	81	92	113	166	127	195					
1980	40	39		64	80	75	127	47	95	83	60	46	111	79					
1981	59	53		70	180	78	135	57	67	53	72	110	80	220					
1982	73	52		71	100	76	100	50	83	53	85	69	91	180		21	100	164	140
1983	265	56		58	85	42	80	31	77	46	87	52	99	57		21	73	75	66
1984	87	54		74	94	61	80	111	65	80			172	88		20	60	78	80
1985	96	59		88	80	77	93	44	102	54			68	166		34	73	60	72
1986	37	96		97		90	101	80	143	107			261	200			100	260	74
1987	26	95		108			52	65	48	46			81	77	40		100	227	88
1988		66		66	81		55	77	48	80			68	180	43		70	226	110
1989	80	63		65	70		136	106	94	93			71	180	104		70	125	96
1990	63	61		59	65		67	81	66	96			74	90	56		40	106	211

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1991	60	41		97	84		80	40	52	72			57	161	55		70	120	103
1992	58	61		62	67		72	120	63	68			90	162	45	64	80	215	91
1993	46	63		58	60		51		94	153			94	95	80	68	48	196	78
1994	59	63		35	52		68	50	80	55			128	194	55	60	80	91	120
1995	68	70		50	61		76	76	90	62			145	126	85		60	118	180
1996	42	61		67	81		70	68	74	90			107	86	40	116	70	136	79
1997	23	65		69	66	58	83	45	60	61			57	56	45	80	59	84	51
1998	61	70		116	20	61	80	56	109	86			54	91	40	79	32	157	95
1999	81	80		94	70	80	82	36	98	82			78	130	100	89	30	196	
2000	65				47	81	97	65	88				73	188	40	57	53	304	
2001	58				86		78		64				59	75		66	60	108	
2002	81				64		80	89	66					96		62	65	140	
2003	50				89	86	81	100	97							51	40	153	
2004					44		85	75	65							55	68	247	
2005					86			58	124						61	57	70	88	
2006					86				143						58	67	60	164	
2007					60			41	76						77	78	120	200	
Media	66.2	66	67	71	88	70	81	68	79	70	79	92	99	146	60	60	67	155	102
Desv.Est.	34.7	15.6	38.0	18.8	36.9	22.1	21.5	28.8	22.2	22.7	19.0	41.8	36.9	64.1	21.2	24.4	21.4	64.7	41.3
CV	0.52	0.23	0.56	0.26	0.42	0.31	0.27	0.42	0.28	0.32	0.24	0.45	0.37	0.44	0.35	0.41	0.32	0.42	0.41

Al estandarizar los datos de la tabla 3.33 dividiéndolos entre la media de cada estación se obtienen los datos de la tabla 3.34. Con esta nueva muestra se define cualquier estación que se encuentre dentro de la región denominada Malpaso.

Tabla 3.34 Valores estandarizados cuenca Malpaso

CLAVE AÑO	7015	7016	7027	7035	7050	7069	7093	7100	7102	7123	7142	7148	7156	7178	7238	7343	7355	7360	7363
1927			1.34																
1928			0.84																
1929			1.39																
1930																			
1931			2.08																
1932																			
1933			1.35																
1934			1.07																
1935			1.46																
1936			1.14																
1937			1.27																
1938			0.08																
1939			0.72																
1940			1.20							1.02									
1941			1.19																
1942			0.30							0.56									
1943			0.37							1.34									
1944	1.22		0.27							0.92									
1945	0.54	1.08	0.70							0.87									
1946	0.38	0.92	0.30							0.64									
1947	0.91	1.06	0.43							0.88									
1948	1.30	1.03	1.11							0.90									
1949		1.21	1.19						0.90										
1950	0.94	1.85	1.48							0.30									
1951	1.10		3.00							0.70	1.14								
1952	1.24	0.98								0.76	0.97								
1953	0.66	0.86								0.86	0.88								
1954	0.91	1.57	0.62		1.48					1.10	0.83								
1955	0.73	1.11	1.84		0.98					0.81	1.12								
1956	0.81	1.18	0.89		1.67					0.96	0.12								

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1957	0.82	0.90	0.67		0.93				0.57	0.64									
1958	0.87	0.82	0.89		0.85				0.42	0.90									
1959	0.71	0.90	1.19		1.14				0.89	1.08									
1960	2.19	1.04	0.89		1.06				1.01	0.95									
1961	1.41	1.01	1.11		1.36				0.72	1.25			0.91						
1962	0.97	0.79	0.53	0.87	0.82				0.95	0.70		0.53	1.29						
1963	0.77	1.27	1.56	0.93				0.81	1.13	1.15		1.16	0.91						
1964	1.04	1.30	0.39	1.19	0.82		0.72	0.97	0.99	1.03		0.87	1.13						
1965	1.08	0.85		0.75		0.83			0.70	1.15	1.48	1.42	1.35						
1966	1.19	1.15	0.45	0.94		1.01			0.91	1.61	0.91	1.15	0.64						
1967	0.99	0.96	0.93	0.83	2.92	0.88			0.80	1.33	0.84	1.95	1.33						
1968	1.20	0.98	0.77	1.26	0.91	0.75	0.44		0.86	0.83	0.64	0.65	0.85	1.30					
1969	0.85	0.92	1.02	0.99	1.08	0.81	0.50	0.79	1.17	0.90	0.96	0.98	1.03	1.03					
1970	1.16	0.99		0.69	1.32	0.57	0.99	0.73	0.78	0.82	1.01	0.84	0.95	1.19					
1971	1.11	0.81		0.72	1.04	0.71	1.09	1.77	1.08	1.07	0.71		0.83						
1972	0.91	0.80		0.94	1.28	0.68	0.99	0.93	1.27	1.14	1.25	0.79	1.27	1.06					
1973	1.93			1.64	1.36	2.00	1.05	2.29	1.37	1.39	1.36	1.23	1.13	2.18					
1974	0.54	1.09		0.88	1.42	0.92	0.99	1.56	1.40	1.38	0.91	1.84	0.94	1.48					
1975	0.54	0.58		0.65	1.06	0.57	1.04	0.29	1.07	0.75	1.01	1.03	1.02	0.85					
1976	1.06	0.72		1.07	0.77	1.18	1.11	0.59	0.94	0.73	0.90	0.50	0.84	0.47					
1977	0.91	1.27		0.80	0.92	0.94	0.99	1.18	0.87	0.86	0.70	0.43	1.05	0.69					
1978	0.76	0.89		1.02	0.53	1.28	0.86	0.74	1.46	0.97	1.04	0.85	0.91	2.01					
1979	0.42	1.08		1.16	1.08	1.57	1.24	0.88	1.03	1.30	1.42	1.80	1.28	1.34					
1980	0.60	0.59		0.90	0.91	1.07	1.57	0.69	1.20	1.18	0.76	0.49	1.12	0.54					
1981	0.89	0.79		0.99	2.04	1.11	1.66	0.83	0.85	0.75	0.91	1.19	0.81	1.51					
1982	1.10	0.78		1.00	1.14	1.08	1.23	0.74	1.05	0.75	1.07	0.74	0.92	1.24		0.34	1.48	1.06	1.38
1983	4.01	0.84		0.81	0.96	0.59	0.99	0.45	0.97	0.65	1.10	0.56	1.00	0.39		0.34	1.08	0.48	0.65
1984	1.32	0.81		1.04	1.07	0.86	0.99	1.62	0.82	1.14			1.74	0.61		0.33	0.89	0.50	0.79
1985	1.45	0.88		1.24	0.91	1.10	1.14	0.65	1.29	0.76			0.69	1.14		0.57	1.08	0.39	0.71
1986	0.56	1.44		1.36		1.29	1.24	1.18	1.81	1.52			2.63	1.37			1.48	1.67	0.73
1987	0.39	1.43		1.52			0.64	0.96	0.61	0.66			0.81	0.53	0.66		1.48	1.46	0.86
1988		0.99		0.94	0.92		0.68	1.13	0.61	1.14			0.69	1.24	0.71		1.04	1.46	1.08
1989	1.21	0.94		0.92	0.79		1.68	1.56	1.19	1.33			0.71	1.23	1.72		1.04	0.81	0.94
1990	0.95	0.91		0.83	0.74		0.83	1.18	0.84	1.37			0.74	0.61	0.93		0.60	0.68	2.07
1991	0.91	0.61		1.37	0.95		0.99	0.59	0.66	1.02			0.57	1.10	0.91		1.04	0.77	1.01
1992	0.88	0.91		0.87	0.76		0.89	1.77	0.80	0.97			0.91	1.11	0.75	1.07	1.19	1.38	0.89
1993	0.69	0.94		0.82	0.68		0.62		1.19	2.18			0.95	0.65	1.33	1.12	0.71	1.26	0.77
1994	0.89	0.94		0.49	0.59		0.84	0.74	1.02	0.78			1.29	1.33	0.91	0.99	1.19	0.58	1.18
1995	1.02	1.06		0.70	0.69		0.94	1.12	1.14	0.88			1.46	0.86	1.41		0.89	0.76	1.77
1996	0.64	0.92		0.94	0.92		0.86	1.00	0.94	1.27			1.08	0.59	0.66	1.93	1.04	0.88	0.78
1997	0.35	0.98		0.97	0.75	0.83	1.03	0.66	0.76	0.86			0.58	0.38	0.75	1.32	0.88	0.54	0.50
1998	0.92	1.06		1.64	0.23	0.87	0.99	0.82	1.38	1.23			0.54	0.62	0.66	1.32	0.47	1.01	0.93
1999	1.22	1.21		1.32	0.79	1.14	1.01	0.52	1.24	1.17			0.78	0.89	1.66	1.48	0.45	1.26	
2000	0.99			0.53	1.15	1.20	0.96	1.11					0.73	1.29	0.66	0.94	0.78	1.96	
2001	0.88			0.98			0.96	0.81					0.60	0.51		1.10	0.89	0.69	
2002	1.23				0.73		0.99	1.31	0.83				0.66			1.03	0.97	0.90	
2003	0.75				1.01	1.22	0.99	1.47	1.23							0.84	0.59	0.98	
2004					0.49		1.05	1.10	0.82							0.91	1.01	1.59	
2005					0.97			0.85	1.57							1.02	0.95	1.04	0.57
2006					0.97				1.81							0.96	1.11	0.89	1.06
2007					0.69			0.60	0.96							1.27	1.30	1.78	1.29
Media	1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Al realizar el análisis estadístico de las funciones de distribución asociando a los datos medidos una función de ajuste, utilizando las funciones Gumbel y Doble Gumbel se obtiene los resultados de las figuras 3.20 y 3.21.

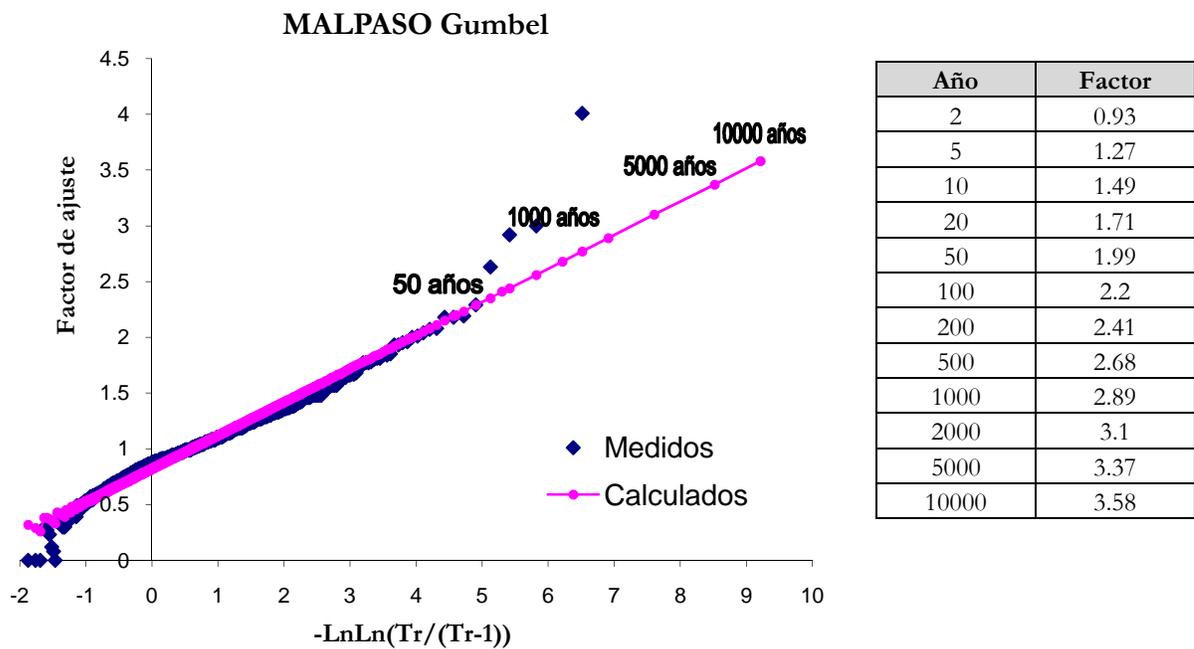


Figura 3.20 Regionalización cuenca Malpaso Gumbel

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

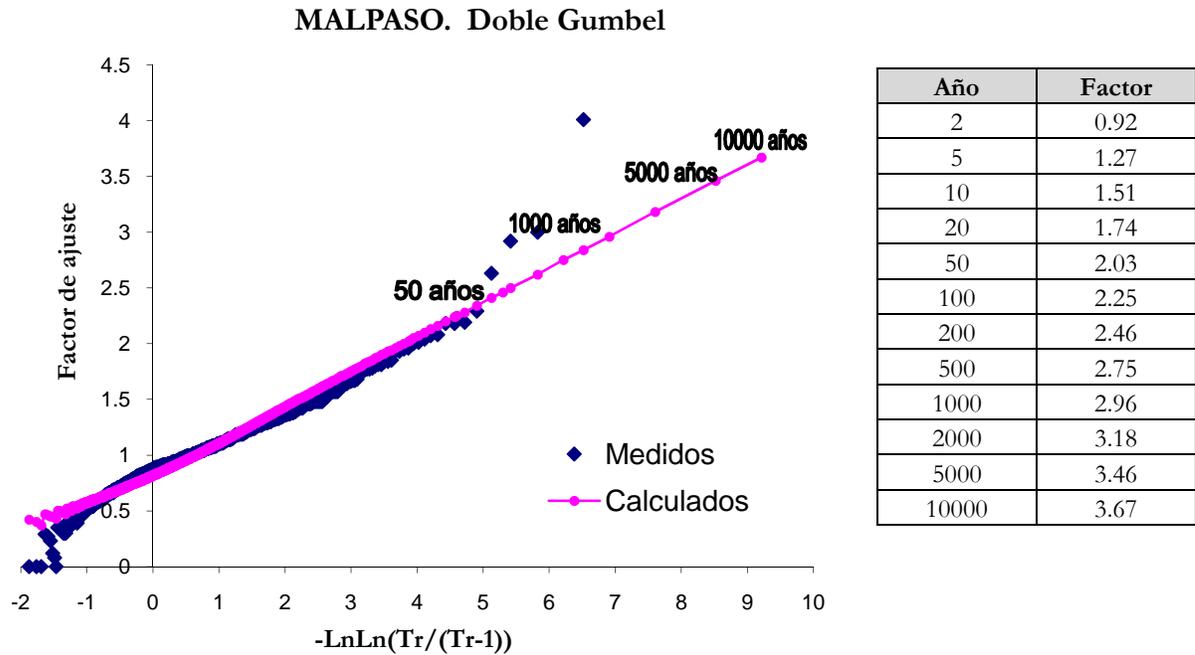


Figura 3.21 Regionalización cuenca Malpaso Doble Gumbel

El mejor ajuste se genera con la función de distribución Gumbel por lo tanto el análisis de regionalización se hará con esta función.

3.3.6 Regionalización en la cuenca Peñitas

La tablas 3.35 y 3.36 muestra los datos medidos en las estaciones y los valores estandarizados para la cuenca de Peñitas.

Tablas 3.35 Datos individuales de cuenca Peñitas.

CLAVE AÑO	7365	7106	7112	7158	7170
1954			240		
1955			156		
1956			165		
1957					
1958					
1959			86		
1960			92		
1961			126	199	
1962			74	137	106
1963			140	172	166
1964			142	179	200
1965			92	256	108
1966			77	138	105
1967			250	392	238
1968		151	140	171	125
1969		147	85	192	92

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1970		171	117	184	121
1971		130	77		
1972		179	80	245	164
1973		124	89	203	146
1974		168	126	332	158
1975		127	95	183	159
1976		130	96	241	83
1977		96	128	174	150
1978		171	107	274	113
1979		135	149	201	156
1980		183	123	120	74
1981		237	97	154	113
1982		159	104		237
1983		94	80		170
1984			80		
1985	70		69		
1986	71		192		
1987			79		
1988	121	198	103		
1989	251	230	160		
1990	645	120	96		
1991	163	186	110		
1992	115	179	115		
1993	207	258	143		
1994	214	161	75		
1995	184	259	125		
1996	186	135			
1997	262	134	79		
1998	217	206			
1999	165	200			
2000	285				
2001	118		85		
2002	220		62		
2003	180		246		
2004	261		121		
2005	173		123		
2006	164				
2007	288				
Media	207.3	166.6	117.2	207.4	142.0
Desv.Est.	115.9	44.2	45.0	66.9	45.3
CV	0.56	0.27	0.38	0.32	0.32

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.36 Valores estandarizados cuenca Peñitas

CLAVE AÑO	7365	7106	7112	7158	7170
1954			2.04824		
1955			1.32709		
1956			1.4039		
1957					
1958					
1959			0.73737		
1960			0.78516		
1961			1.07191	0.96157	
1962			0.62727	0.66258	0.7466
1963			1.19481	0.83136	1.17203
1964			1.20761	0.86319	1.40869
1965			0.78089	1.23451	0.75858
1966			0.65288	0.66741	0.73604
1967			2.13358	1.89034	1.67282
1968		0.90344	1.19481	0.82413	0.88043
1969		0.88063	0.72542	0.92733	0.65011
1970		1.0289	0.99425	0.88586	0.85226
1971		0.77858	0.65885		
1972		1.07212	0.68275	1.17905	1.15442
1973		0.74196	0.7587	0.98086	1.02482
1974		1.00549	1.07362	1.59859	1.10934
1975		0.76057	0.81247	0.88007	1.11779
1976		0.77918	0.81929	1.16217	0.58461
1977		0.57868	1.09239	0.83908	1.05722
1978		1.0241	0.91317	1.32131	0.79591
1979		0.81219	1.27332	0.96832	1.09878
1980		1.09613	1.04972	0.57964	0.52121
1981		1.42389	0.82783	0.74263	0.79239
1982		0.95266	0.89098		1.66577
1983		0.56247	0.68275		1.2002
1984			0.67933		
1985	0.33776		0.5846		
1986	0.34162		1.642		
1987			0.6708		
1988	0.58142	1.18558	0.87989		
1989	1.21062	1.38067	1.36549		
1990	3.11218	0.72035	0.81503		
1991	0.78408	1.11654	0.93878		
1992	0.55633	1.07332	0.98145		
1993	0.99928	1.54755	1.22297		
1994	1.03016	0.96647	0.63751		
1995	0.88878	1.55656	1.06679		
1996	0.89554	0.81039			
1997	1.26176	0.80439	0.66994		
1998	1.04849	1.2348			
1999	0.79807	1.20238			
2000	1.3766				
2001	0.57129		0.72371		

2002	1.06297		0.52657		
2003	0.86996		2.09518		
2004	1.25694		1.02924		
2005	0.83667		1.04972		
2006	0.79083				
2007	1.38866				
Media	1	1	1	1	1

Al realizar el análisis estadístico de las funciones de distribución asociando a los datos medidos una función de ajuste, utilizando las funciones Gumbel y Doble Gumbel se obtiene los resultados de las figuras 3.22 y 3.23.

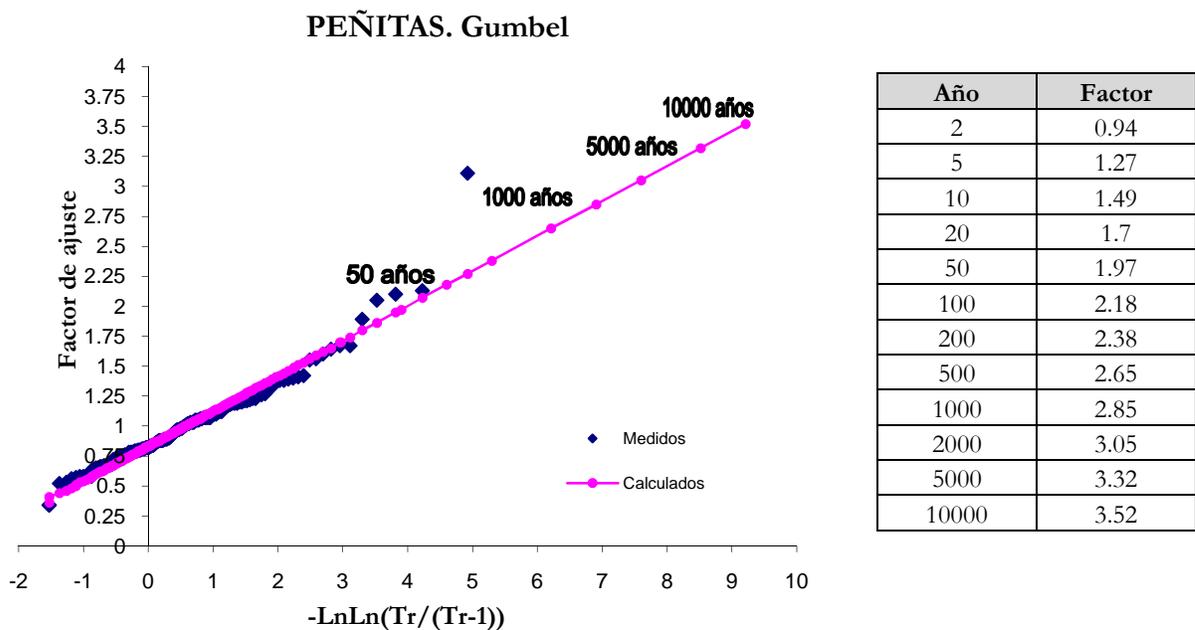


Figura 3.22 Regionalización cuenca Peñitas Gumbel.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

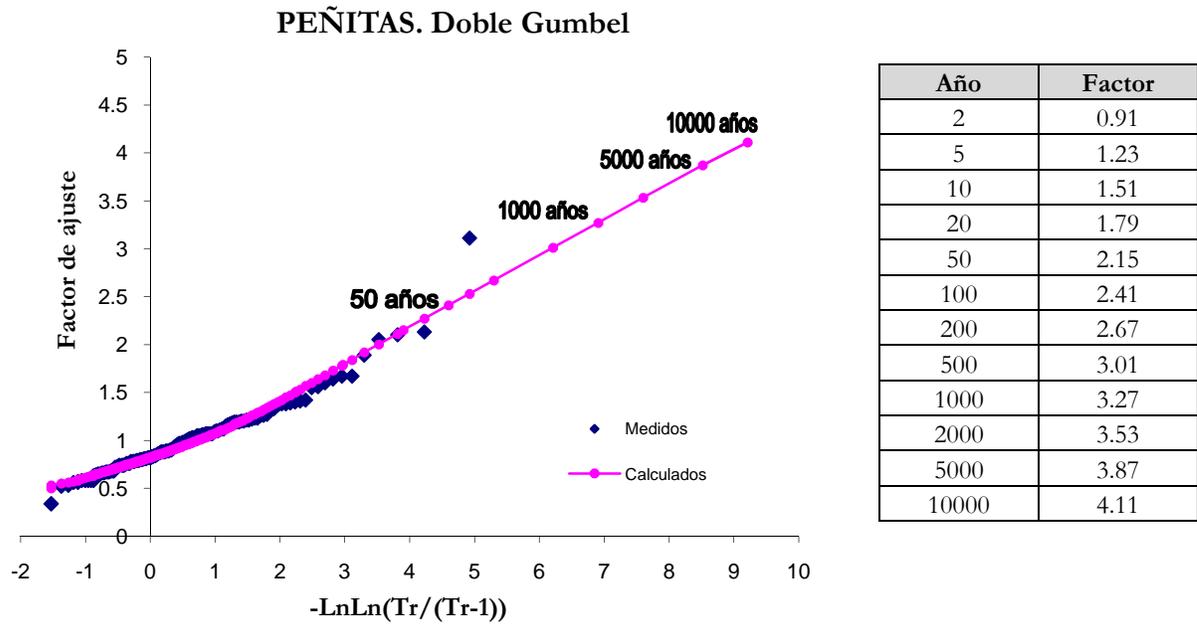


Figura 3.23 Regionalización cuenca Peñitas Doble Gumbel.

Para esta cuenca el mejor ajuste se tiene para la función de distribución Doble Gumbel.

3.3.7 Regionalización en la cuenca Pichucalco

La tabla 3.37 muestra los valores máximos anuales registrados en mm, en las estaciones climatológicas correspondientes a la cuenca de Pichucalco.

Tabla 3.37 Datos individuales de la cuenca Pichucalco.

CLAVE AÑO	7062	7082	7128	7147	7193
1927			97		
1928			110		
1929					
1930					
1931					
1932					
1933					
1934					
1935					
1936					
1937					
1938					

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1939					
1940					
1941					
1942					
1943					
1944					
1945			168		
1946			179		
1947			224		
1948			180		
1949			183		
1950			161		
1951			235		
1952			164		
1953			147		
1954			91		
1955			227		
1956			291		
1957			157		
1958			286		
1959			236		
1960			128		
1961	62		183		
1962	48		254	118	
1963	56		188	156	
1964	36		246	227	
1965	47		193	142	
1966	64		106	167	
1967	61		238	294	
1968	67		145	222	
1969	47	99	124	130	
1970	40	93	169	163	
1971	22	112	169		
1972	44	111	235	188	
1973	45	193	127	206	
1974	89	135	230	230	
1975	34	163	173	119	
1976	33	104	120	128	
1977	27	98	80	180	
1978		92	115	214	
1979		90	133	190	
1980	42	101		249	
1981	46	115	162	152	
1982	63	121	234	213	
1983	61	95	240	95	
1984	77			115	226
1985	66			314	232
1986	66			148	232
1987	43			127	152
1988	39			248	308
1989	55			129	210
1990	28			147	216

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1991	50			144	226
1992	64				235
1993	113				215
1994	113				221
1995	35				189
1996					230
1997	60				
1998	58				195
1999	104				164
2000	65				248
2001	71				
2002	46				214
2003	76				
2004	37				301
2005	74				
2006	45				
2007	46				
Media	55.986364	114.64	178.0675	177.68276	222.97222
Desv.Est.	20.946616	29	54.806374	55.44449	38.401115
CV	0.3741378	0.2529671	0.3077843	0.312042	0.1722238

Al dividir entre la media de cada cuenca se obtiene los valores estandarizados de la tabla 3.38.

Tabla 3.38 Valores estandarizados cuenca Pichucalco.

CLAVE AÑO	7062	7082	7128	7147	7193
1927			0.54473725		
1928			0.61549693		
1929					
1930					
1931					
1932					
1933					
1934					
1935					
1936					
1937					
1938					
1939					
1940					
1941					
1942					
1943					
1944					
1945			0.94346245		
1946			1.00242885		
1947			1.25514201		

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1948			1.01085263		
1949			1.02770017		
1950			0.90134359		
1951			1.31972426		
1952			0.91987589		
1953			0.82552964		
1954			0.50823424		
1955			1.27479748		
1956			1.63140382		
1957			0.88393446		
1958			1.60725568		
1959			1.32253219		
1960			0.71602061		
1961	1.10741252		1.02489225		
1962	0.85735163		1.42642537	0.66523055	
1963	1.00024357		1.05297149	0.87571806	
1964	0.64301372		1.38037542	1.27755783	
1965	0.83949014		1.08385865	0.79748874	
1966	1.1431355		0.59752622	0.93987735	
1967	1.08955103		1.33657181	1.65238317	
1968	1.19671998		0.81149002	1.25054339	
1969	0.83949014	0.86706211	0.6980499	0.73164105	
1970	0.71445969	0.80774599	0.9490783	0.91736532	
1971	0.39295283	0.9743545	0.94627037		
1972	0.78590566	0.96999302	1.31691634	1.05919112	
1973	0.80376715	1.68353105	0.71545903	1.15768126	
1974	1.58967281	1.17411026	1.29164502	1.29613026	
1975	0.61443533	1.42184229	0.96873377	0.67085856	
1976	0.5804985	0.90282624	0.67390175	0.71869663	
1977	0.48226029	0.85223308	0.44926783	1.01416705	
1978		0.79815073	0.64582251	1.20214252	
1979		0.78506629	0.74690777	1.06650753	
1980	0.75018267	0.87665736		1.39856001	
1981	0.82162864	1.00314027	0.91145212	0.85320602	
1982	1.12527401	1.05111654	1.31410841	1.20101692	
1983	1.08955103	0.83217027	1.3478035	0.53184676	
1984	1.3753349			0.64496973	1.01357917
1985	1.17885849			1.76832014	1.04048835
1986	1.17885849			0.8346336	1.04048835
1987	0.76804417			0.71588263	0.68169926
1988	0.6965982			1.3946204	1.38133798
1989	0.98238207			0.72601304	0.94182135
1990	0.49297719			0.82731719	0.96738508
1991	0.88593002			0.81043316	1.01178522
1992	1.14849395				1.05483992
1993	2.01834862				0.96559113
1994	2.01834862				0.98891242
1995	0.62515223				0.84943316
1996					1.0324156
1997	1.06275879				
1998	1.03596655				0.87589386
1999	1.85759519				0.7332752

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

2000	1.160997				1.11179768
2001	1.26816595				
2002	0.82162864				0.96155475
2003	1.35747341				
2004	0.66087521				1.34770151
2005	1.32175043				
2006	0.7948364				
2007	0.82162864				
Media	1	1	1	1	1

A los datos estandarizados se les hizo un análisis estadístico de las funciones de distribución asociando a los datos medidos una función de ajuste, las figuras 3.24 y 3.25 se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales estandarizadas para varios periodos de retorno, para las funciones de distribución Gumbel y Doble Gumbel.

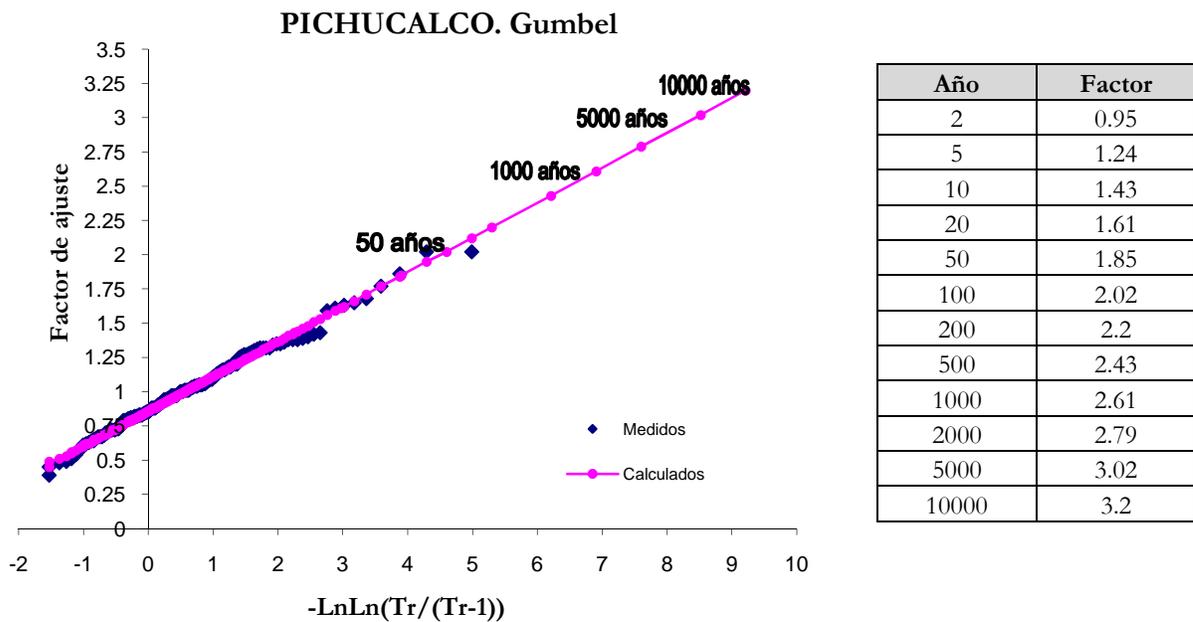
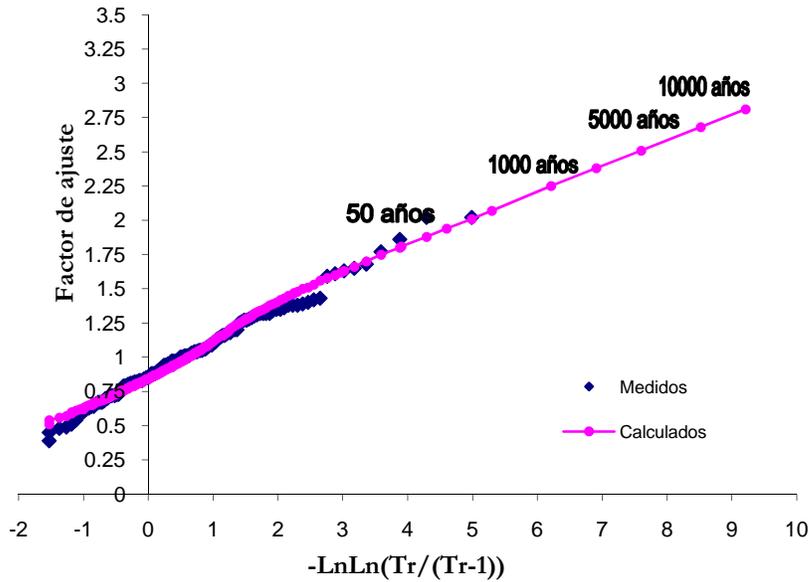


Figura 3.24 Regionalización cuenca Pichucalco Gumbel.

PICHUCALCO. Doble Gumbel



Año	Factor
2	0.91
5	1.23
10	1.51
20	1.79
50	2.15
100	2.41
200	2.67
500	3.01
1000	3.27
2000	3.53
5000	3.87
10000	4.11

Figura 3.25 Regionalización cuenca Pichucalco Doble Gumbel.

Para esta cuenca el mejor ajuste se tiene para la función de distribución Gumbel (la Doble Gumbel presenta una curvatura hacia abajo que no es consistente con su definición teórica).

3.3.8 Regionalización en la cuenca Teapa.

La tabla 3.39 muestra los valores máximos anuales registrados en mm, en las estaciones climatológicas correspondientes a la cuenca de Teapa.

Tabla 3.39 Datos individuales de la cuenca Teapa

CLAVE AÑO	7167	7191	7217
1961		234	
1962		149	
1963		217	
1964		169	
1965	80	160	
1966	97	100	
1967	196	108	
1968	140	128	
1969	157	221	
1970	126	124	
1971	86	104	

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

1972	121	142	
1973	320	110	251
1974	201	208	281
1975	123	106	297
1976	91	94	172
1977	127	100	257
1978	169	141	326
1979	223	134	174
1980		90	210
1981		112	154
1982		136	323
1983		105	237
1984		133	
1985		88	
1986		126	
1987		104	
1988		162	
1989		124	
1990	119	153	
1991	341	120	
1992	333	181	
1993	72	192	
1994	72	154	
1995	101	147	
1996	185	132	
1997	185	148	
1998	62	202	
1999	84	147	203
2000	134	214	320
2001		149	
2002	127	176	250
2003	76	147	325
2004	95	117	274
2005	76	273	
2006	213	146	206
2007		280	
Media	146.16	148.97	250.41
Desv. Est.	76.57	45.90	57.18
CV	0.52	0.31	0.23

Para homogeneizar los datos se dividen entre la media de cada estación tal como se realizó en las demás estaciones. La tabla 3.40 presenta los resultados.

Tabla 3.40 Valores estandarizados cuenca Teapa

CLAVE AÑO	7167	7191	7217
1961		1.5708	
1962		1.0016	
1963		1.4567	
1964		1.1345	
1965	0.5480	1.0741	
1966	0.6609	0.6713	
1967	1.3410	0.7277	
1968	0.9578	0.8606	
1969	1.0762	1.4835	
1970	0.8586	0.8324	
1971	0.5884	0.6988	
1972	0.8251	0.9505	
1973	2.1893	0.7384	1.0024
1974	1.3752	1.3929	1.1214
1975	0.8415	0.7082	1.1857
1976	0.6226	0.6330	0.6849
1977	0.8655	0.6713	1.0243
1978	1.1583	0.9485	1.2999
1979	1.5257	0.9009	0.6949
1980		0.6015	0.8386
1981		0.7518	0.6150
1982		0.9103	1.2879
1983		0.7048	0.9449
1984		0.8895	
1985		0.5907	
1986		0.8458	
1987		0.6948	
1988		1.0841	
1989		0.8290	
1990	0.8135	1.0271	
1991	2.3330	0.8055	
1992	2.2796	1.2117	
1993	0.4892	1.2855	
1994	0.4926	1.0338	
1995	0.6876	0.9834	
1996	1.2684	0.8861	
1997	1.2623	0.9901	
1998	0.4262	1.3526	
1999	0.5761	0.9868	0.8115
2000	0.9168	1.4365	1.2787
2001		1.0002	
2002	0.8689	1.1815	0.9984
2003	0.5227	0.9868	1.2959
2004	0.6500	0.7854	1.0950
2005	0.5213	1.8326	
2006	1.4579	0.9767	0.8207
2007		1.8796	
Media	1.0	1.0	1.0

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Al realizar el análisis estadístico de las funciones de distribución asociando a los datos medidos una función de ajuste, utilizando las funciones Gumbel y Doble Gumbel, se obtiene los resultados de las figuras 3.26 y 3.27.

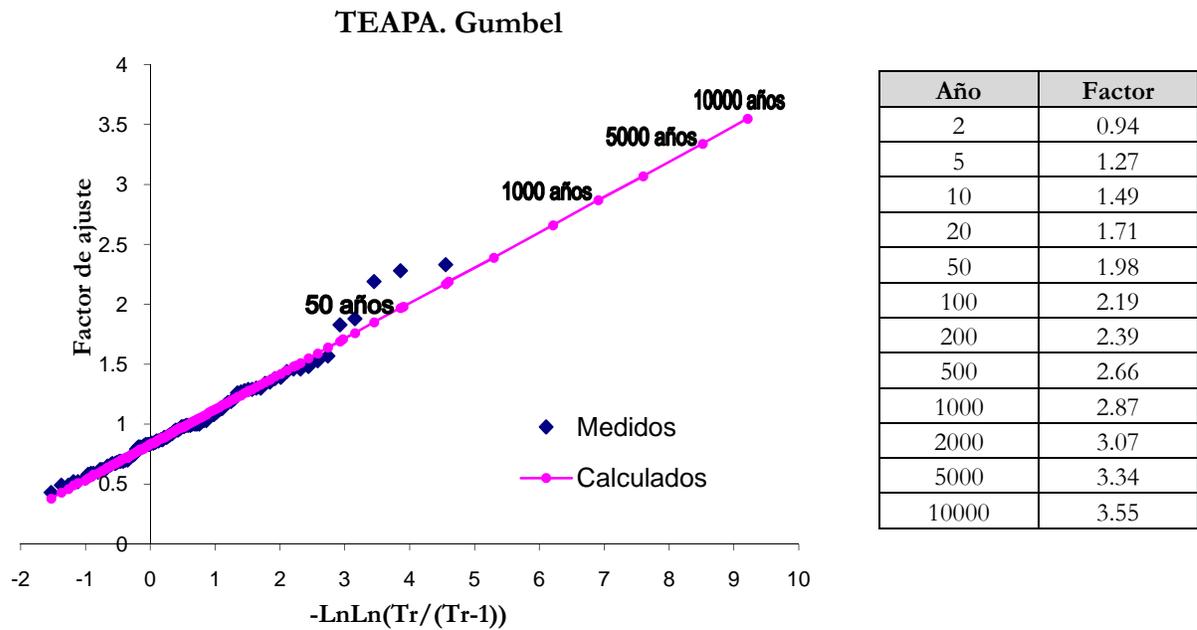


Figura 3.26 Regionalización cuenca Teapa Gumbel.

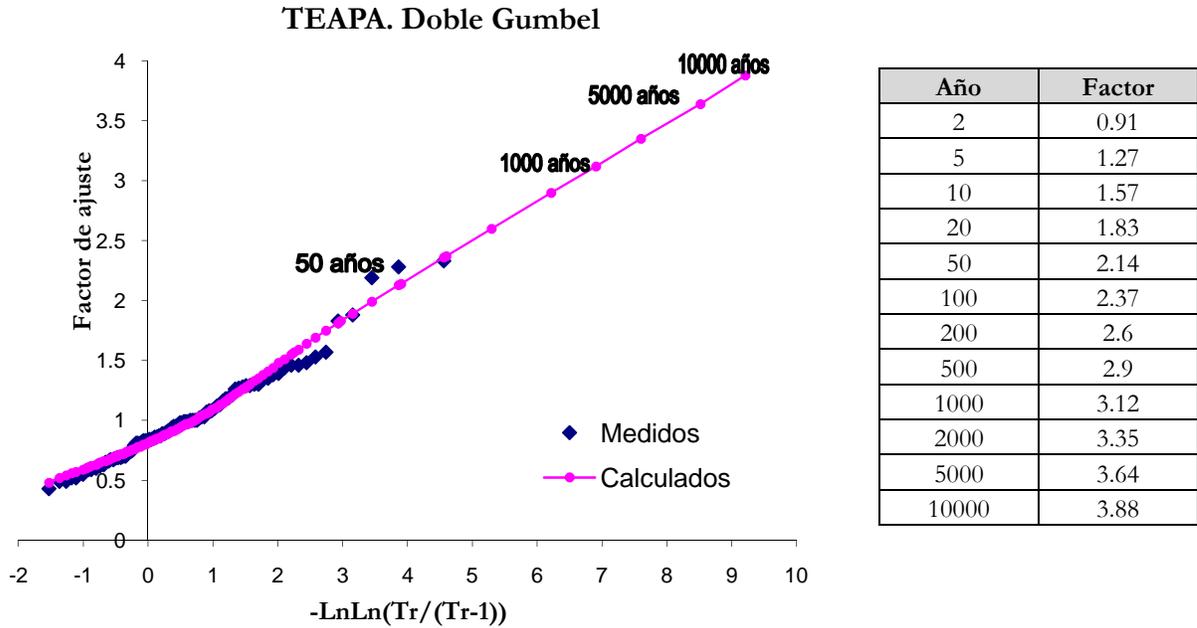


Figura 3.27 Regionalización cuenca Teapa Doble Gumbel

El mejor ajuste es para la función Gumbel.

3.4 Resultados

3.4.1 Almandro

Los resultados se presentan en la tabla 3.41 y 3.42 para la regionalización de esta cuenca; en la tabla 3.41 se muestran los valores obtenidos con el análisis individual así como la función de distribución con la que se logró el mejor ajuste y en la 3.42 se presenta la comparación del análisis individual con el regional, este último valor se obtiene al multiplicar la media de los valores estandarizados de cada estación con los valores obtenidos del análisis regional.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.41. Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Almandro

Tr	GUMBEL					DOBLE GUMBEL					
	7005	7125	7186	7192	7195	7033	7122	7149	7160	7207	7390
2	81	59	168	58	100	68	79	61	85	59	141
5	104	74	257	78	137	93	115	85	121	83	194
10	119	84	315	91	161	142	160	98	155	108	235
20	134	94	372	103	185	227	199	108	183	129	267
50	153	106	445	119	215	323	243	119	215	153	304
100	167	115	499	131	238	389	274	127	239	171	331
200	181	124	554	143	261	455	305	135	262	188	357
500	200	137	626	158	291	540	345	145	292	210	392
1000	214	146	680	170	313	604	374	153	315	227	418
2000	228	155	734	182	336	668	404	161	337	243	444
5000	246	167	806	198	366	753	443	171	368	266	479
10000	260	176	860	210	389	820	473	179	389	281	505

Tabla 3.42. Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional , para cada estación de la cuenca Almandro.

Año	Factor	GUMBEL									
		7005		7125		7186		7192		7195	
		Media individual	85.179 regional	Media individual	61.524 regional	Media individual	183.611 regional	Media individual	61.804 regional	Media individual	105.76 regional
2	0.90	80.91	76.66	59.29	55.37	167.99	165.25	58.37	55.62	99.57	95.18
5	1.27	103.90	108.18	74.27	78.14	256.69	233.19	77.75	78.49	136.63	134.32
10	1.54	119.13	131.18	84.19	94.75	315.41	282.76	90.58	95.18	161.17	162.87
20	1.79	133.74	152.47	93.70	110.13	371.75	328.66	102.89	110.63	184.71	189.31
50	2.09	152.64	178.02	106.02	128.58	444.66	383.75	118.82	129.17	215.18	221.04
100	2.31	166.81	196.76	115.25	142.12	499.30	424.14	130.76	142.77	238.01	244.31
200	2.52	180.92	214.65	124.45	155.04	553.75	462.70	142.65	155.75	260.76	266.52
500	2.81	199.55	239.35	136.58	172.88	625.57	515.95	158.34	173.67	290.77	297.19
1000	3.02	213.62	257.24	145.75	185.80	679.86	554.50	170.20	186.65	313.45	319.40
2000	3.23	227.69	275.13	154.91	198.72	734.12	593.06	182.06	199.63	336.13	341.60
5000	3.52	246.29	299.83	167.03	216.56	805.84	646.31	197.73	217.55	366.09	372.28
10000	3.73	260.35	317.72	176.19	229.48	860.09	684.87	209.58	230.53	388.76	394.48

Tabla 3.42 (continuación) .Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Almandro.

Año	Factor	DOBLE GUMBEL									
		7033		7122		7149		7160		7207	
		Media individual	82.007 regional	Media individual	92.598 regional	Media individual	66.030 regional	Media individual	95.916 regional	Media individual	66.353 regional
2	0.90	67.96	73.807	79.120	83.338	61.220	59.427	85.420	86.324	58.840	59.718
5	1.27	93.3	104.149	114.710	117.599	85.260	83.858	121.490	121.813	83.030	84.268
10	1.54	142.27	126.291	160.290	142.601	98.340	101.686	154.670	147.710	107.700	102.184
20	1.79	227.47	146.793	199.350	165.750	107.850	118.193	182.630	171.689	128.740	118.772
50	2.09	322.5	171.395	243.290	193.530	119.020	138.002	215.350	200.464	153.100	138.678
100	2.31	389.48	189.437	274.430	213.901	127.080	152.529	238.840	221.565	170.500	153.275
200	2.52	454.82	206.659	304.830	233.347	135.010	166.395	261.900	241.708	187.550	167.209
500	2.81	539.97	230.441	344.510	260.200	145.400	185.544	292.030	269.523	209.770	186.452
1000	3.02	604.13	247.662	374.390	279.646	153.260	199.410	314.760	289.666	226.530	200.386
2000	3.23	668.3	264.884	404.390	299.091	161.030	213.276	337.320	309.808	243.430	214.320
5000	3.52	753.2	288.666	443.150	325.945	171.460	232.425	367.980	337.624	265.780	233.562
10000	3.73	820.33	305.888	472.690	345.390	179.230	246.291	389.130	357.766	281.370	247.496

Tabla 3.42 (continuación) .Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de Almandro.

Año	Tr	DOBLE GUMBEL	
		7390	
		Media Tr(individual)	153.083 Tr(regional)
2	0.90	140.870	137.774
5	1.27	194.370	194.415
10	1.54	234.840	235.747
20	1.79	266.660	274.018
50	2.09	303.940	319.943
100	2.31	330.810	353.621
200	2.52	357.210	385.768
500	2.81	391.790	430.162
1000	3.02	417.880	462.309
2000	3.23	444.280	494.457
5000	3.52	478.660	538.851
10000	3.73	504.860	570.998

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Se observa que las estaciones en donde el ajuste individual se hizo con la función Gumbel el valor regional es mayor que el individual, excepto para la estación 7186 donde se observa lo contrario, mientras que en las que se hizo con Doble Gumbel se observa que el valor individual es mayor en comparación con el regional, la estación 7149 muestra lo contrario. El caso extremo es el de la estación 7033 en la que el valor individual es muy grande en comparación con el regional.

Los valores regionales definen bien la cuenca de Almandro, existen valores para periodos grandes en la estacione 7033 que sería mejor tomar los valores individuales, como se puede observar en la figura 3.28, sin embargo la figura 3.29 muestra la comparación de los resultados de comparar el ajuste individual contra el regional, para la estación 7160, observando que el método de regionalización usado es confiable.

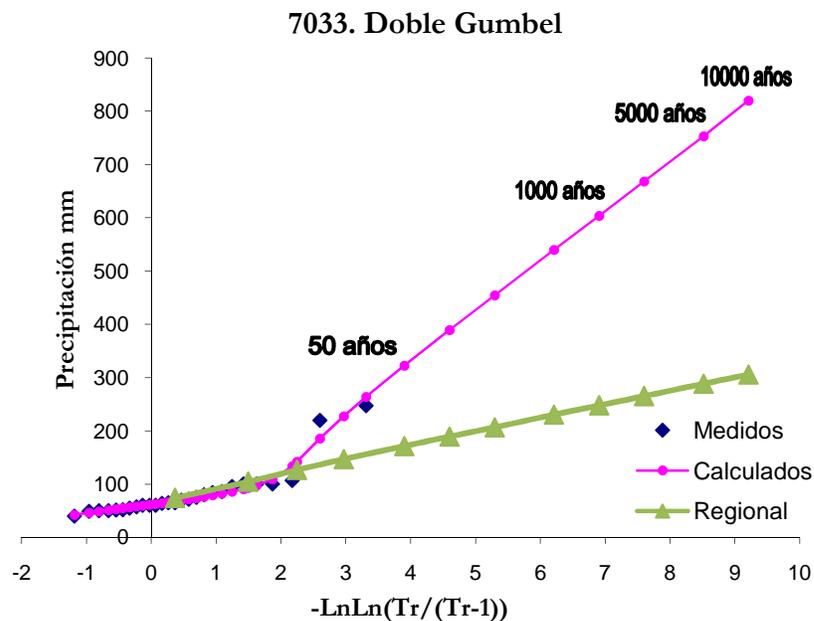


Figura 3.28. Estación 7033 cuenca Almandro gráfica regional.

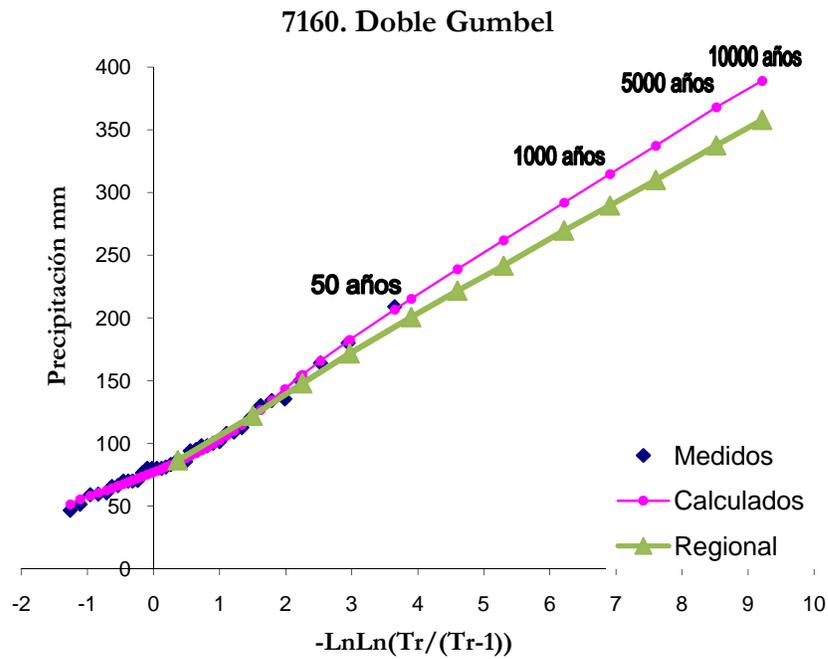


Figura 3.29. Estación 7160 cuenca Almandro gráfica regional.

3.4.2 Angostura

Los resultados se presentan en las tablas 3.43 y 3.44 para la regionalización de esta cuenca.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.43 Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Angostura.

AÑO	GUMBEL																						
	7001	7002	7009	7010	7021	7070	7090	7094	7127	7135	7137	7150	7155	7159	7161	7180	7183	7190	7224	7226	7230	7236	7330
2	72	55	69	75	73	81	86	73	70	70	75	69	85	43	106	88	75	60	83	106	87	73	76
5	89	69	98	91	89	99	102	90	88	87	95	87	107	60	210	109	88	80	103	128	106	94	98
10	101	79	118	102	100	111	113	102	100	98	109	100	122	71	279	122	97	93	116	142	119	107	112
20	112	89	136	112	110	123	123	112	111	109	122	111	137	81	345	136	105	105	129	156	131	120	125
50	127	101	160	124	124	138	136	126	126	123	138	126	155	95	431	153	116	122	146	174	146	137	142
100	138	110	178	134	133	149	146	137	137	133	151	138	169	105	495	166	124	134	158	188	158	149	156
200	149	119	196	144	143	160	156	147	148	144	163	149	183	115	559	179	132	146	171	202	170	162	169
500	163	131	220	156	156	175	170	161	163	157	180	164	201	129	644	196	142	162	187	219	185	178	186
1000	174	140	238	166	166	186	179	172	174	168	192	175	215	139	707	209	150	174	200	233	197	191	199
2000	185	149	256	176	176	198	189	182	185	178	205	186	229	149	771	221	158	187	212	246	208	203	212
5000	199	160	279	188	189	212	203	196	199	191	221	201	247	162	855	238	168	203	228	264	224	220	229
10000	210	169	297	198	199	224	212	206	210	202	234	212	261	173	919	251	176	215	241	278	235	232	242

Tabla 3.43.(continuación) Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Angostura.

AÑO	DOBLE GUMBEL											
	7008	7011	7014	7024	7026	7037	7054	7063	7084	7139	7335	7344
2	92	68	83	84	86	90	95	92	110	70	81	75
5	116	90	109	115	114	130	124	111	151	92	103	115
10	147	114	139	144	153	186	166	131	187	117	131	242
20	181	133	195	167	182	293	238	163	217	139	173	320
50	220	154	275	194	216	427	324	209	252	165	226	403
100	249	170	331	214	239	522	385	243	277	183	264	461
200	276	185	387	233	262	614	445	276	302	201	300	519
500	312	204	459	258	292	735	522	319	334	224	348	593
1000	340	219	513	277	314	825	581	352	359	241	385	650
2000	367	234	567	296	337	917	639	384	383	258	421	706
5000	402	253	639	321	366	1034	716	426	416	281	469	779
10000	430	269	693	340	390	1129	776	461	441	298	505	837

Tabla 3.44. Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura.

Año	Factor	GUMBEL									
		7161		7001		7002		7009		7010	
		Media	125.367	Media	75.037	Media	57.480	Media	73.567	Media	78.124
		regional	individual	regional	individual	regional	individual	regional	individual	regional	individual
2	0.92	115.337	106	69.034	72	52.882	55	67.681	69	71.874	75
5	1.19	149.186	210	89.294	89	68.401	69	87.544	98	92.968	91
10	1.38	173.006	279	103.551	101	79.322	79	101.522	118	107.811	102
20	1.59	199.333	345	119.308	112	91.393	89	116.971	136	124.217	112
50	1.98	248.226	431	148.573	127	113.810	101	145.662	160	154.686	124
100	2.45	307.148	495	183.840	138	140.826	110	180.238	178	191.404	134
200	2.98	373.593	559	223.609	149	171.290	119	219.229	196	232.810	144
500	3.64	456.335	644	273.133	163	209.227	131	267.783	220	284.371	156
1000	4.12	516.511	707	309.151	174	236.818	140	303.095	238	321.871	166
2000	4.59	575.433	771	344.418	185	263.833	149	337.671	256	358.589	176
5000	5.21	653.160	855	390.941	199	299.471	160	383.282	279	407.026	188
10000	5.67	710.829	919	425.458	210	325.912	169	417.123	297	442.963	198

Tabla 3.44 (continuación). Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura.

Año	Factor	GUMBEL									
		7021		7070		7090		7094		7127	
		Media	76.360	Media	84.074	Media	88.743	Media	76.306	Media	73.208
		regional	individual								
2	0.92	70.251	71	77.349	81	81.643	86	70.201	73	67.351	70
5	1.19	90.868	94	100.049	99	105.604	102	90.804	90	87.117	88
10	1.38	105.377	108	116.023	111	122.465	113	105.302	102	101.027	100
20	1.59	121.412	114	133.678	123	141.101	123	121.326	112	116.400	111
50	1.98	151.193	121	166.467	138	175.711	136	151.086	126	144.951	126
100	2.45	187.082	126	205.982	149	217.420	146	186.949	137	179.359	137
200	2.98	227.553	131	250.542	160	264.454	156	227.392	147	218.159	148
500	3.64	277.950	138	306.031	175	323.024	170	277.753	161	266.476	163
1000	4.12	314.603	143	346.387	186	365.621	179	314.380	172	301.616	174
2000	4.59	350.492	148	385.902	198	407.330	189	350.244	182	336.023	185
5000	5.21	397.836	155	438.028	212	462.350	203	397.554	196	381.412	199
10000	5.67	432.961	160	476.702	224	503.172	212	432.654	206	415.088	210

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.44 (continuación). Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura.

Año	Factor	GUMBEL									
		7135		7137		7150		7155		7159	
		Media regional	73.5395 individual	Media regional	78.3864 individual	Media regional	71.6739 individual	Media regional	88.8647 individual	Media regional	46.1000 individual
2	0.92	67.6563	70	72.1155	75	65.9400	69	81.7555	85	42.4120	43
5	1.19	87.5120	87	93.2798	95	85.2920	87	105.7490	107	54.8590	60
10	1.38	101.4845	98	108.1732	109	98.9100	100	122.6333	122	63.6180	71
20	1.59	116.9278	109	124.6343	122	113.9615	111	141.2949	137	73.2990	81
50	1.98	145.6082	123	155.2050	138	141.9143	126	175.9521	155	91.2780	95
100	2.45	180.1717	133	192.0466	151	175.6011	138	217.7185	169	112.9450	105
200	2.98	219.1476	144	233.5914	163	213.5883	149	264.8168	183	137.3780	115
500	3.64	267.6837	157	285.3264	180	260.8930	164	323.4675	201	167.8040	129
1000	4.12	302.9826	168	322.9518	192	295.2965	175	366.1226	215	189.9320	139
2000	4.59	337.5462	178	359.7934	205	328.9833	186	407.8890	229	211.5990	149
5000	5.21	383.1407	191	408.3930	221	373.4211	201	462.9851	247	240.1810	162
10000	5.67	416.9688	202	444.4507	234	406.3911	212	503.8629	261	261.3870	173

Tabla 3.44 (continuación). Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura.

Año	Factor	GUMBEL									
		7180		7183		7190		7224		7226	
		Media regional	91.432 individual	Media regional	77.729 individual	Media regional	63.352 individual	Media regional	86.341 individual	Media regional	109.897 individual
2	0.92	84.117	88	71.511	75	58.283	60	79.434	83	101.105	106
5	1.19	108.804	109	92.498	88	75.388	80	102.746	103	130.777	128
10	1.38	126.176	122	107.267	97	87.425	93	119.150	116	151.658	142
20	1.59	145.376	136	123.590	105	100.729	105	137.282	129	174.736	156
50	1.98	181.035	153	153.904	116	125.436	122	170.955	146	217.596	174
100	2.45	224.007	166	190.437	124	155.211	134	211.535	158	269.247	188
200	2.98	272.466	179	231.634	132	188.788	146	257.296	171	327.492	202
500	3.64	332.811	196	282.935	142	230.600	162	314.281	187	400.024	219
1000	4.12	376.698	209	320.245	150	261.009	174	355.725	200	452.775	233
2000	4.59	419.671	221	356.778	158	290.784	187	396.305	212	504.426	246
5000	5.21	476.359	238	404.970	168	330.062	203	449.836	228	572.562	264
10000	5.67	518.417	251	440.726	176	359.204	215	489.553	241	623.115	278

Tabla 3.44 (continuación). Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura.

Año	Factor	GUMBEL					
		7230		7236		7330	
		Media	90.335	Media	76.86	Media	80.259
		regional	individual	regional	individual	regional	individual
2	0.92	83.108	87	70.711	73	73.839	76
5	1.19	107.499	106	91.463	94	95.509	110
10	1.38	124.663	119	106.067	107	110.758	122
20	1.59	143.633	131	122.207	120	127.612	131
50	1.98	178.864	146	152.183	137	158.913	141
100	2.45	221.321	158	188.307	149	196.635	150
200	2.98	269.199	170	229.043	162	239.173	158
500	3.64	328.820	185	279.770	178	292.144	169
1000	4.12	372.181	197	316.663	191	330.668	177
2000	4.59	414.639	208	352.787	203	368.390	186
5000	5.21	470.647	224	400.441	220	418.151	198
10000	5.67	512.201	235	435.796	232	455.070	208

Tabla 3.44 (continuación). Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura

Año	Factor	DOBLE GUMBEL									
		7008		7011		7014		7024		7026	
		Media	100.669	Media	74.900	Media	93.100	Media	92.785	Media	96.492
		regional	individual	regional	individual	regional	individual	regional	individual	regional	individual
2	0.92	92.616	92	70.251	68	85.652	83	85.362	84	88.773	86
5	1.19	119.796	116	90.868	90	110.789	109	110.414	115	114.825	114
10	1.38	138.924	147	105.377	114	128.478	139	128.044	144	133.159	153
20	1.59	160.064	181	121.412	133	148.029	195	147.528	167	153.422	182
50	1.98	199.325	220	151.193	154	184.338	275	183.715	194	191.054	216
100	2.45	246.640	249	187.082	170	228.095	331	227.324	214	236.405	239
200	2.98	299.994	276	227.553	185	277.438	387	276.500	233	287.546	262
500	3.64	366.436	312	277.950	204	338.884	459	337.738	258	351.230	292
1000	4.12	414.757	340	314.603	219	383.572	513	382.275	277	397.547	314
2000	4.59	462.072	367	350.492	234	427.329	567	425.884	296	442.898	337
5000	5.21	524.487	402	397.836	253	485.051	639	483.411	321	502.723	366
10000	5.67	570.795	430	432.9612	269	527.877	693	526.092	340	547.109	390

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.44 (continuación). Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura

Año	Factor	DOBLE GUMBEL									
		7037		7054		7063		7084		7139	
		Media regional	109.877 individual	Media regional	108.806 individual	Media regional	98.114 individual	Media regional	120.950 individual	Media regional	77.797 individual
2	0.92	101.087	90	100.102	95	90.265	92	111.274	110	71.573	70
5	1.19	130.754	130	129.480	124	116.756	111	143.931	151	92.578	92
10	1.38	151.630	186	150.153	166	135.398	131	166.911	187	107.360	117
20	1.59	174.704	293	173.002	238	156.002	163	192.311	217	123.697	139
50	1.98	217.556	427	215.437	324	194.266	209	239.481	252	154.038	165
100	2.45	269.198	522	266.576	385	240.380	243	296.328	277	190.603	183
200	2.98	327.433	614	324.243	445	292.381	276	360.431	302	231.835	201
500	3.64	399.952	735	396.055	522	357.136	319	440.258	334	283.181	224
1000	4.12	452.693	825	448.282	581	404.231	352	498.314	359	320.524	241
2000	4.59	504.335	917	499.421	639	450.345	384	555.161	383	357.088	258
5000	5.21	572.459	1034	566.881	716	511.175	426	630.150	416	405.322	281
10000	5.67	623.002	1129	616.932	776	556.308	461	685.787	441	441.109	298

Tabla 3.44 (continuación). Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Angostura.

Año	Factor	DOBLE GUMBEL			
		7335		7344	
		Media regional	89.056 individual	Media regional	100.8130435 individual
2	0.92	81.9315	81	92.7480	75
5	1.19	105.9766	103	119.9675	115
10	1.38	122.8973	131	139.1220	242
20	1.59	141.5990	173	160.2927	320
50	1.98	176.3309	226	199.6098	403
100	2.45	218.1872	264	246.9920	461
200	2.98	265.3869	300	300.4229	519
500	3.64	324.1638	348	366.9595	593
1000	4.12	366.9107	385	415.3497	650
2000	4.59	408.7670	421	462.7319	706
5000	5.21	463.9818	469	525.2360	779
10000	5.67	504.9475	505	571.6100	837

Se observa que las estaciones en donde el ajuste individual se hizo con la función Gumbel el valor regional es mayor que el individual, excepto en la estación 7161 donde se observa lo contrario, mientras que en las que se hizo con Doble Gumbel se observa que el valor individual es mayor en comparación con el regional, aunque la estación 7084 muestra lo contrario. El caso extremo es el de la estación 7037 en la que el valor individual es muy grande en comparación con el regional.

El resultado regional en la mayoría de las estaciones es parecido al individual, además de tener en cuenta que es un valor obtenido a partir del total de información que se tiene en la cuenca, por eso son los valores recomendados en este estudio. En el caso de la estación 7037 existen valores grandes para periodos grandes, la figura 3.30 muestra la gráfica regional de esta estación, es por ello que se recomienda tomar los valores individuales. Sin embargo al realizar la grafica individual de cualquier otra estación como lo muestra la figura 3.31, el análisis regional arroja muy buenos resultados para esta cuenca.

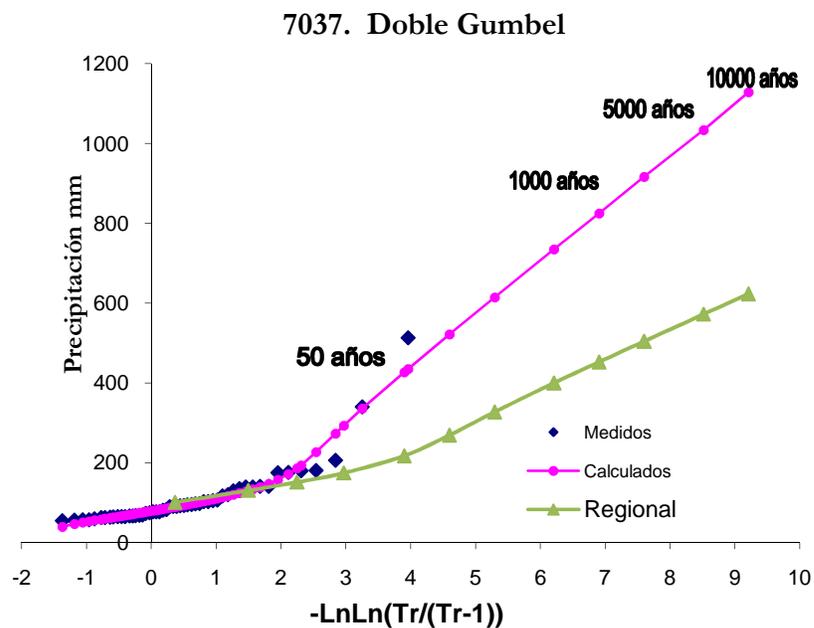


Figura 3.30. Estación 7037 cuenca Angostura .

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

7335. Doble Gumbel

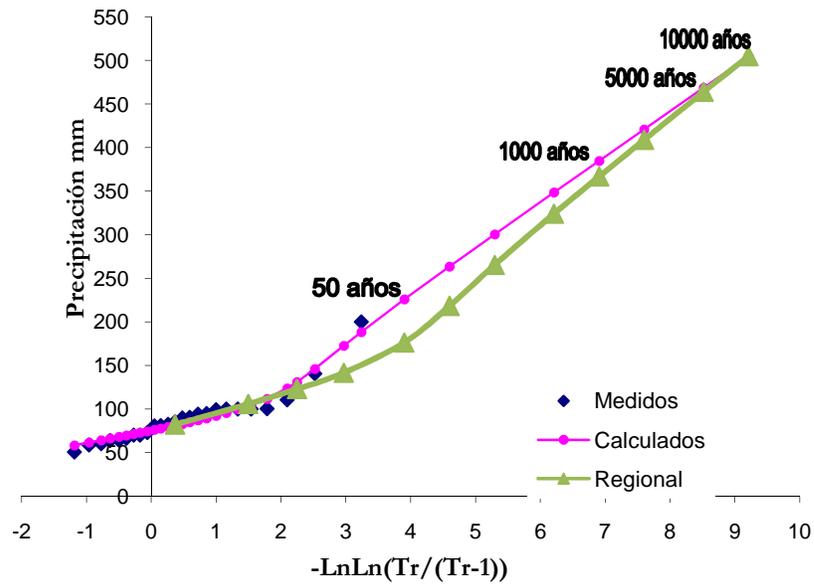


Figura 3.31. Estación 7335 cuenca Angostura .

Para la región del volcán Tacaná los resultados del análisis regional se presentan en las tablas 3.45 y 3.46.

Tabla 3.45. Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Angostura, región del volcán Tacaná.

Tr	DOBLE GUMBEL			
	7067	7350	7339	7119
2	43	41	55	37
5	77	58	82	55
10	150	80	133	87
20	190	120	314	162
50	234	170	520	251
100	264	206	666	313
200	294	240	808	373
500	333	285	994	452
1000	362	319	1132	511
2000	392	353	1272	571
5000	430	398	1456	649
10000	459	431	1602	710

Tabla 3.46. Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la región del volcán Tacaná..

Año	Factor	DOBLE GUMBEL							
		7067		7119		7339		7350	
		Media individual	60.46 regional	Media individual	49.46 regional	Media individual	73.93 regional	Media individual	47.70 regional
2	0.77	43	46.557	37	38.084	55	56.924	41	36.726
5	1.16	77	70.137	55	57.374	82	85.756	58	55.327
10	1.66	150	100.369	87	82.104	133	122.719	80	79.175
20	2.88	190	174.134	162	142.446	314	212.911	120	137.363
50	4.33	234	261.805	251	214.163	520	320.105	170	206.522
100	5.29	264	319.850	313	261.645	666	391.075	206	252.310
200	6.21	294	375.476	373	307.149	808	459.088	240	296.190
500	7.41	333	448.032	452	366.501	994	547.801	285	353.425
1000	8.3	362	501.844	511	410.521	1132	613.596	319	395.874
2000	9.2	392	556.261	571	455.035	1272	680.131	353	438.800
5000	10.38	430	627.608	649	513.398	1456	767.365	398	495.081
10000	11.23	459	679.001	710	555.440	1602	830.203	431	535.622

Se observa que los valores son similares entre sí, solo la estación 7339 el valor individual es más alto que el regional siendo este el caso extremo para esta región.

3.4.3 Chicoasén

Los resultados se presentan en las tablas 3.47 y 3.48 para la regionalización de la cuenca de Chicoasén.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.47. Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Chicoasén

AÑO	Gumbel									Doble Gumbel									
	7031	7039	7040	7076	7087	7091	7176	7184	7202	7358	7003	7030	7036	7065	7083	7086	7175	7188	7372
2	55	68	68	50	59	72	65	74	69	92	77	57	60	62	58	79	72	58	69
5	74	90	85	62	74	86	80	91	85	121	106	81	80	82	85	96	90	82	98
10	86	104	95	70	83	96	90	102	97	139	134	92	99	88	118	106	116	97	135
20	97	118	105	78	93	105	100	112	107	157	165	99	122	96	170	117	155	108	202
50	113	136	119	88	105	117	112	126	121	180	203	108	152	109	239	130	201	121	288
100	124	149	129	95	114	126	122	136	132	198	230	114	174	119	287	140	233	130	348
200	135	163	138	103	123	135	131	146	142	215	257	120	196	130	335	150	264	139	408
500	150	180	151	113	135	147	143	159	155	238	292	129	225	144	397	163	305	150	485
1000	161	194	161	120	144	156	153	169	166	255	319	135	246	154	444	173	336	159	543
2000	173	207	171	128	153	165	162	179	176	272	345	142	267	165	490	183	367	168	601
5000	187	225	184	137	165	177	174	192	190	295	380	150	296	179	553	196	408	180	677
10000	199	238	194	145	174	186	184	202	200	312	408	157	317	190	599	206	437	188	737

Tabla 3.48. Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Chicoasén

Año	Factor	GUMBEL									
		7031		7039		7040		7076		7087	
		Media regional	58.53 individual	Media regional	71.74 individual	Media regional	71.43 individual	Media regional	52.26 individual	Media regional	61.57 individual
2	0.94	55.02	55	67.43	68	67.14	68	49.13	50	57.88	59
5	1.23	71.99	74	88.24	90	87.86	85	64.29	62	75.73	74
10	1.41	82.53	86	101.15	104	100.71	95	73.69	70	86.82	83
20	1.59	93.06	97	114.06	118	113.57	105	83.10	78	97.90	93
50	1.82	106.53	113	130.56	136	130.00	119	95.12	88	112.06	105
100	2	117.06	124	143.47	149	142.86	129	104.53	95	123.14	114
200	2.17	127.01	135	155.67	163	155.00	138	113.41	103	133.61	123
500	2.4	140.48	150	172.17	180	171.43	151	125.44	113	147.77	135
1000	2.57	150.43	161	184.36	194	183.57	161	134.32	120	158.24	144
2000	2.75	160.96	173	197.28	207	196.43	171	143.73	128	169.32	153
5000	2.98	174.42	187	213.78	225	212.86	184	155.75	137	183.48	165
10000	3.15	184.37	199	225.97	238	225.00	194	164.63	145	193.95	174

Tabla 3.48.(continuación) Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Chicoasén

Año	Factor	GUMBEL							
		7091		7176		7184		7202	
		Media regional	74.32 individual	Media regional	67.93 individual	Media regional	77.44 individual	Media regional	71.70 individual
2	0.94	69.86	72	63.86	65	72.79	74	67.40	68.6
5	1.23	91.41	86	83.56	80	95.25	91	88.19	85.4
10	1.41	104.79	96	95.79	90	109.19	102	101.10	96.6
20	1.59	118.17	105	108.01	100	123.13	112	114.01	107.3
50	1.82	135.26	117	123.64	112	140.94	126	130.50	121.1
100	2	148.64	126	135.87	122	154.88	136	143.40	131.5
200	2.17	161.28	135	147.42	131	168.04	146	155.59	141.8
500	2.4	178.37	147	163.04	143	185.85	159	172.08	155.5
1000	2.57	191.00	156	174.59	153	199.01	169	184.27	165.8
2000	2.75	204.38	165	186.82	162	212.95	179	197.18	176.1
5000	2.98	221.48	177	202.44	174	230.76	192	213.67	189.7
10000	3.15	234.11	186	213.99	184	243.93	202	225.86	200.0

Tabla 3.48.(continuación) Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Chicoasén

Año	Factor	DOBLE GUMBEL									
		7083		7372		7003		7030		7036	
		Media regional	66.80 individual	Media regional	81.21 individual	Media regional	85.76 individual	Media regional	61.75 individual	Media regional	65.16 individual
2	0.94	62.79	58	76.34	69	80.62	77	58.05	57	61.25	60
5	1.23	82.16	85	99.89	98	105.49	106	75.95	81	80.15	80
10	1.41	94.19	118	114.51	135	120.92	134	87.07	92	91.88	99
20	1.59	106.21	170	129.12	202	136.36	165	98.18	99	103.61	122
50	1.82	121.58	239	147.80	288	156.09	203	112.39	108	118.60	152
100	2	133.60	287	162.42	348	171.52	230	123.50	114	130.32	174
200	2.17	144.96	335	176.23	408	186.10	257	134.00	120	141.40	196
500	2.4	160.32	397	194.91	485	205.83	292	148.20	129	156.39	225
1000	2.57	171.68	444	208.71	543	220.41	319	158.70	135	167.47	246
2000	2.75	183.70	490	223.33	601	235.85	345	169.81	142	179.20	267
5000	2.98	199.06	553	242.01	677	255.57	380	184.02	150	194.18	296
10000	3.15	210.42	599	255.81	737	270.15	408	194.51	157	205.26	317

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.48.(continuación) Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Chicoasén

Año	Factor	DOBLE GUMBEL									
		7065		7086		7175		7188		7358	
		Media regional	63.82 individual	Media regional	82.46 individual	Media regional	79.95 individual	Media regional	63.81 individual	Media regional	97.54 individual
2	0.94	59.99	62	77.51	79	75.15	72	59.98	58	91.69	92
5	1.23	78.49	82	101.43	96	98.34	90	78.49	82	119.98	121
10	1.41	89.98	88	116.27	106	112.73	116	89.97	97	137.53	139
20	1.59	101.47	96	131.11	117	127.12	155	101.46	108	155.09	157
50	1.82	116.14	109	150.08	130	145.51	201	116.14	121	177.53	180
100	2	127.63	119	164.92	140	159.90	233	127.62	130	195.08	198
200	2.17	138.48	130	178.94	150	173.49	264	138.47	139	211.67	215
500	2.4	153.16	144	197.90	163	191.88	305	153.15	150	234.10	238
1000	2.57	164.01	154	211.92	173	205.47	336	163.99	159	250.68	255
2000	2.75	175.49	165	226.76	183	219.87	367	175.48	168	268.24	272
5000	2.98	190.17	179	245.73	196	238.25	408	190.16	180	290.67	295
10000	3.15	201.02	190	259.75	206	251.85	437	201.00	188	307.26	312

En las tablas anteriores se observa que las estaciones en donde el ajuste individual se hizo con la función Gumbel el valor regional es mayor que el individual excepto para las estaciones 7031 y 7039 donde se observa lo contrario, mientras que en las que se hizo con Doble Gumbel se observa que el valor individual es mayor en comparación con el regional; las estaciones 7065 y 7086 muestran lo contrario. Para las estaciones 7083, 7003 y 7372 se presenta que el valor individual es muy grande en comparación con el regional, la figura 3.32 muestra esta situación para la estación 7083, en estas estaciones se recomienda tomar los valores individuales, ya que comparados con los regionales son muy diferentes, pero en general se puede decir que los valores regionales son buenos para las demás estaciones, la figura 3.33 muestra la curva regional para la estación 7358.

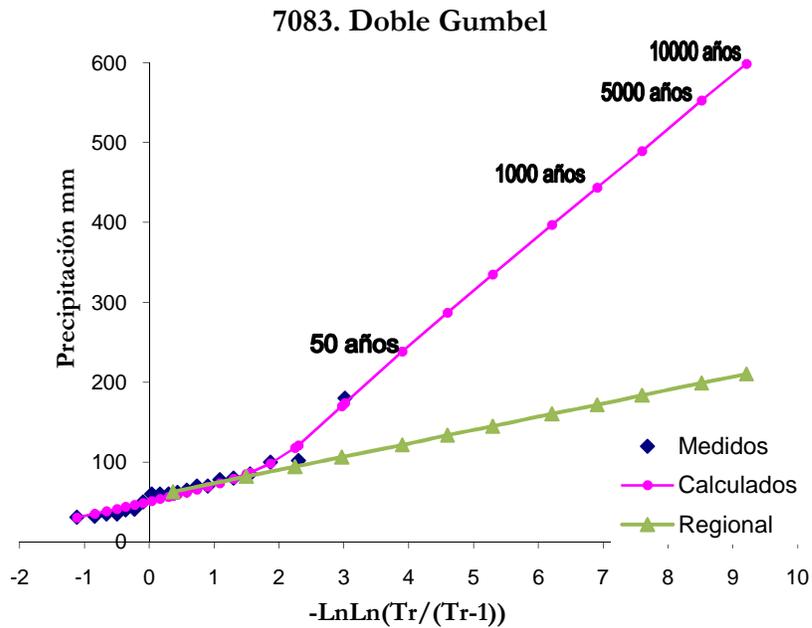


Figura 3.32. Estación 7083 regional cuenca Chicoasén.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

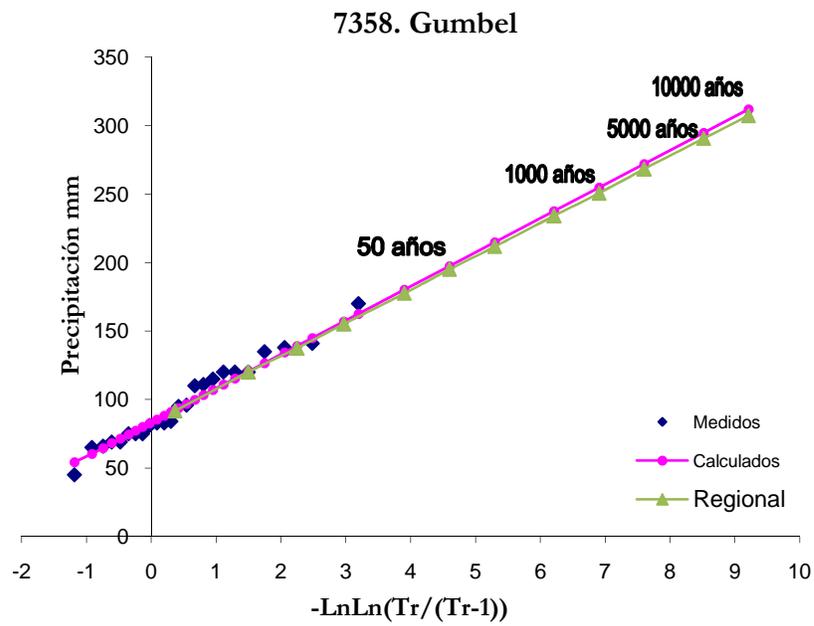


Figura 3.33. Estación 7358 regional cuenca Chicoasén

3.4.4 Malpaso

Los resultados se presentan en las tablas 3.49 y 3.50 para la regionalización de la cuenca de Malpaso.

Tabla 3.49. Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Malpaso.

Año	GUMBEL															DOBLE GUMBEL	
	7015	7016	7027	7035	7069	7093	7100	7102	7123	7142	7178	7238	7343	7355	7363	7050	7156
2	60	64	61	67	67	78	63	75	67	76	135	57	56	64	95	79	90
5	91	78	95	85	86	97	89	96	87	93	192	75	82	85	132	106	119
10	111	87	118	96	99	109	106	110	100	104	231	88	99	99	156	136	148
20	131	96	139	107	111	121	122	124	113	115	267	100	116	113	179	174	186
50	156	108	167	121	128	137	143	141	129	130	315	115	137	130	209	225	240
100	175	117	188	132	140	149	158	154	141	140	350	127	153	143	232	262	279
200	194	126	209	143	151	160	174	167	154	151	386	138	169	156	254	298	317
500	219	137	237	157	167	176	195	184	170	165	433	153	190	174	284	345	367
1000	237	146	257	167	179	187	210	196	182	175	468	165	206	187	306	380	405
2000	256	155	278	178	191	199	226	209	195	186	503	176	222	200	328	415	442
5000	281	166	306	192	207	214	246	226	211	200	550	192	242	217	358	462	492
10000	300	175	326	202	219	226	262	239	223	210	585	203	258	230	380	495	529

Tabla 3.50. Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Malpaso.

Año	Factor	GUMBEL									
		7015		7016		7027		7035		7069	
		Media individual	66.16 regional	Media individual	66.33 regional	Media individual	67.41 regional	Media individual	70.87 regional	Media individual	70.27 regional
2	0.93	60	61.53	64	61.69	61	62.69	67.47	65.91	66.65	65.35
5	1.27	91	84.02	78	84.24	95	85.61	84.73	90.00	86.16	89.24
10	1.49	111	98.58	87	98.83	118	100.45	96.16	105.59	99.07	104.70
20	1.71	131	113.13	96	113.43	139	115.28	107.12	121.18	111.46	120.16
50	1.99	156	131.66	108	132.00	167	134.15	121.31	141.02	127.5	139.84
100	2.2	175	145.55	117	145.93	188	148.31	131.94	155.90	139.52	154.59
200	2.41	194	159.44	126	159.86	209	162.47	142.53	170.79	151.49	169.35
500	2.68	219	177.31	137	177.77	237	180.67	156.51	189.92	167.29	188.32
1000	2.89	237	191.20	146	191.70	257	194.82	167.07	204.80	179.23	203.08
2000	3.1	256	205.09	155	205.63	278	208.98	177.63	219.68	191.17	217.84
5000	3.37	281	222.95	166	223.54	306	227.18	191.59	238.82	206.94	236.81
10000	3.58	300	236.85	175	237.47	326	241.34	202.14	253.70	218.88	251.57

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.50.(continuación) Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Malpaso.

Año	Factor	GUMBEL									
		7093		7100		7102		7123		7142	
		Media individual	Media regional								
2	0.93	77.59	81.12	63.29	68.02	75.4	78.87	66.55	70.28	75.84	79.16
5	1.27	96.6	103.02	88.74	86.38	96.36	100.17	86.61	89.26	93.06	100.54
10	1.49	109.18	120.87	105.59	101.35	110.24	117.52	99.9	104.72	104.46	117.95
20	1.71	121.26	138.71	121.75	116.31	123.56	134.87	112.64	120.18	115.4	135.37
50	1.99	136.88	161.43	142.67	135.36	140.79	156.95	129.13	139.86	129.56	157.53
100	2.2	148.6	178.46	158.35	149.64	153.71	173.52	141.49	154.62	140.16	174.16
200	2.41	160.26	195.50	173.97	163.92	166.57	190.08	153.8	169.38	150.73	190.78
500	2.68	175.66	217.40	194.57	182.29	183.55	211.37	170.05	188.35	164.68	212.16
1000	2.89	187.29	234.43	210.15	196.57	196.38	227.94	182.33	203.11	175.22	228.78
2000	3.1	198.92	251.47	225.72	210.86	209.21	244.50	194.6	217.87	185.75	245.41
5000	3.37	214.29	273.37	246.29	229.22	226.16	265.79	210.82	236.85	199.68	266.78
10000	3.58	225.92	290.40	261.86	243.51	238.98	282.36	223.09	251.61	210.21	283.40

Tabla 3.50.(continuación) Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Malpaso.

Año	Factor	GUMBEL									
		7148		7178		7238		7343		7355	
		Media individual	Media regional								
2	0.93	85.55	92.41	134.66	145.69	56.71	60.20	56.49	60.04	64.07	67.41
5	1.27	122.51	117.37	192.44	185.03	75.47	76.45	82.36	76.25	85.32	85.61
10	1.49	146.98	137.70	230.69	217.08	87.89	89.70	99.48	89.46	99.39	100.44
20	1.71	170.46	158.03	267.38	249.14	99.8	102.94	115.91	102.67	112.89	115.27
50	1.99	200.85	183.90	314.88	289.93	115.22	119.80	137.17	119.48	130.36	134.14
100	2.2	223.62	203.31	350.47	320.53	126.77	132.44	153.1	132.09	143.45	148.30
200	2.41	246.3	222.72	385.93	351.12	138.28	145.08	168.98	144.70	156.49	162.45
500	2.68	276.24	247.67	432.71	390.46	153.47	161.34	189.92	160.91	173.7	180.65
1000	2.89	298.86	267.08	468.07	421.06	164.95	173.98	205.75	173.52	186.71	194.81
2000	3.1	321.47	286.48	503.42	451.65	176.42	186.62	221.57	186.13	199.71	208.96
5000	3.37	351.36	311.44	550.13	490.99	191.58	202.87	242.48	202.34	216.89	227.16
10000	3.58	373.97	330.84	585.47	521.58	203.06	215.52	258.3	214.95	229.89	241.32

Tabla 3.50.(continuación) Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Malpaso

Año	Factor	GUMBEL		DOBLE GUMBEL			
		7363		7050		7156	
		Media individual	101.91 regional	Media individual	88.09 regional	Media individual	99.04 regional
2	0.93	95.12	94.77	78.92	81.92	90.24	92.11
5	1.27	131.65	129.42	106.3	111.87	118.96	125.78
10	1.49	155.84	151.84	135.55	131.25	147.8	147.57
20	1.71	179.04	174.26	174.06	150.63	186.17	169.36
50	1.99	209.08	202.79	224.94	175.30	239.55	197.09
100	2.2	231.58	224.19	261.69	193.80	278.64	217.89
200	2.41	254.01	245.59	297.66	212.30	316.88	238.68
500	2.68	283.59	273.11	344.58	236.08	366.96	265.42
1000	2.89	305.95	294.51	379.94	254.58	404.7	286.22
2000	3.1	328.3	315.91	414.75	273.08	441.86	307.02
5000	3.37	357.84	343.42	461.53	296.86	491.8	333.76
10000	3.58	380.18	364.82	495.26	315.36	528.95	354.56

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Se observa que en algunas estaciones en donde el ajuste individual se hizo con la función Gumbel el valor regional es mayor que el individual tal como se muestra en los resultados de las estaciones 7016 ,7035 y 7069; en las que se hizo con Doble Gumbel se observa que el valor individual es mayor en comparación con el regional. Se recomienda tener cuidado con las estaciones 7050 y 7156 sobre todo para periodos de retorno grandes, debido a que el resultado individual para estas estaciones difiere del regional, como lo muestra la figura 3.34. Para las demás estaciones el análisis regional da muy buenos resultados tal como lo muestra la figura 3.35.

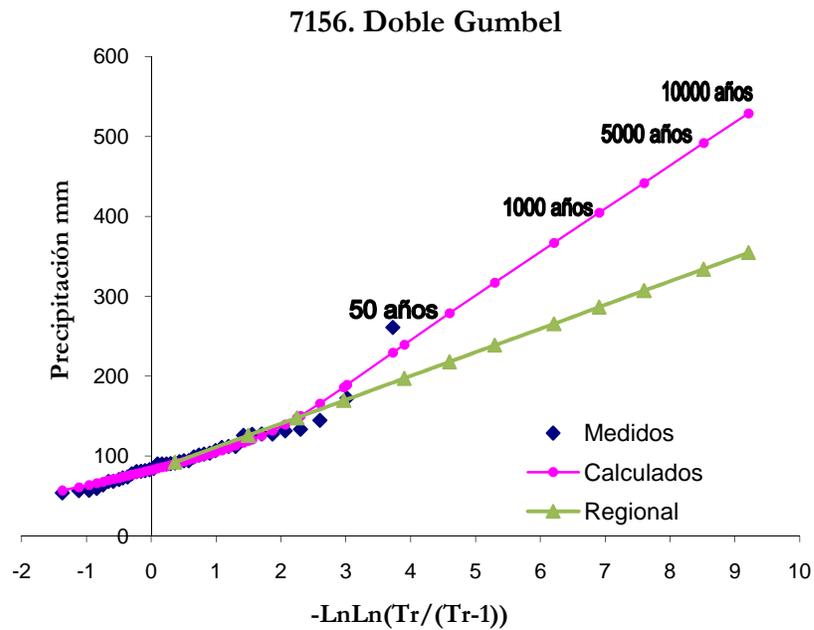


Figura 3.34. Estación 7156 regional cuenca Malpaso

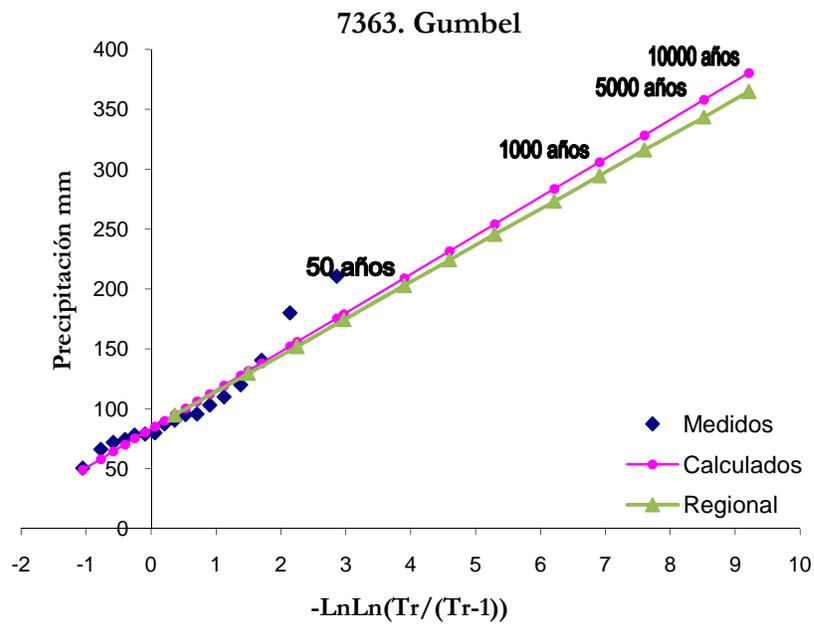


Figura 3.35. Estación 7363 regional cuenca Malpaso

3.4.5 Peñitas

Los resultados del análisis regional para la cuenca de peñitas de se presentan en las tablas 3.51 y 3.52.

Tabla 3.51. Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Peñitas.

AÑO	GUMBEL			DOBLE GUMBEL	
	7106	7158	7170	7365	7112
2	159	188	134	179	104
5	201	253	174	254	145
10	228	324	201	347	188
20	255	392	227	548	226
50	289	473	261	825	270
100	315	531	286	1021	301
200	340	588	311	1213	332
500	374	662	344	1462	372
1000	399	718	369	1649	402
2000	425	773	393	1838	433
5000	459	846	426	2086	473
10000	484	905	451	2271	503

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.52. Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Peñitas.

Año	Factor	GUMBEL						DOBLE GUMBEL			
		7106		7158		7170		7112		7365	
		Media individual	166.59 regional	Media individual	207.37 regional	Media individual	141.98 regional	Media individual	117.17 regional	Media individual	207.25 regional
2	0.94	159.09	156.59	188.21	194.93	133.5	133.46	103.81	110.14	178.54	194.82
5	1.27	200.73	211.56	253.01	263.36	174.22	180.31	145.28	148.81	253.59	263.21
10	1.49	228.31	248.21	323.62	308.98	201.19	211.54	187.96	174.59	347.12	308.80
20	1.7	254.76	283.20	392.4	352.53	227.05	241.36	225.69	199.20	548.49	352.33
50	1.97	289	328.17	473.44	408.52	260.53	279.69	269.65	230.83	825.39	408.28
100	2.18	314.65	363.16	531.39	452.07	285.62	309.51	301.07	255.44	1021.32	451.81
200	2.38	340.22	396.47	588	493.54	310.61	337.90	331.88	278.87	1212.56	493.26
500	2.65	373.94	441.45	662.08	549.53	343.59	376.24	372.09	310.51	1462.02	549.21
1000	2.85	399.43	474.77	717.93	591.00	368.52	404.63	402.34	333.95	1649.47	590.66
2000	3.05	424.91	508.09	773.13	632.48	393.43	433.03	432.83	357.38	1838.37	632.11
5000	3.32	458.58	553.06	846.45	688.47	426.36	471.36	473.16	389.02	2086.39	688.07
10000	3.52	484.06	586.38	905.11	729.94	451.27	499.76	503.18	412.45	2270.96	729.52

En los resultados podemos ver que las estaciones en donde el ajuste individual se hizo con la función Gumbel el valor regional es mayor que el individual excepto para la estación 7158 donde se observa lo contrario, mientras que en las que se hizo con Doble Gumbel se observa que el valor individual es mayor en comparación con el regional. El caso extremo es el de la estación 7365 en la que el valor individual es muy grande en comparación con el regional, como se muestra en la figura 3.36, para las demás estaciones los resultados del proceso de regionalizar son los esperados, la figura 3.37 muestra la gráfica regional para la estación.

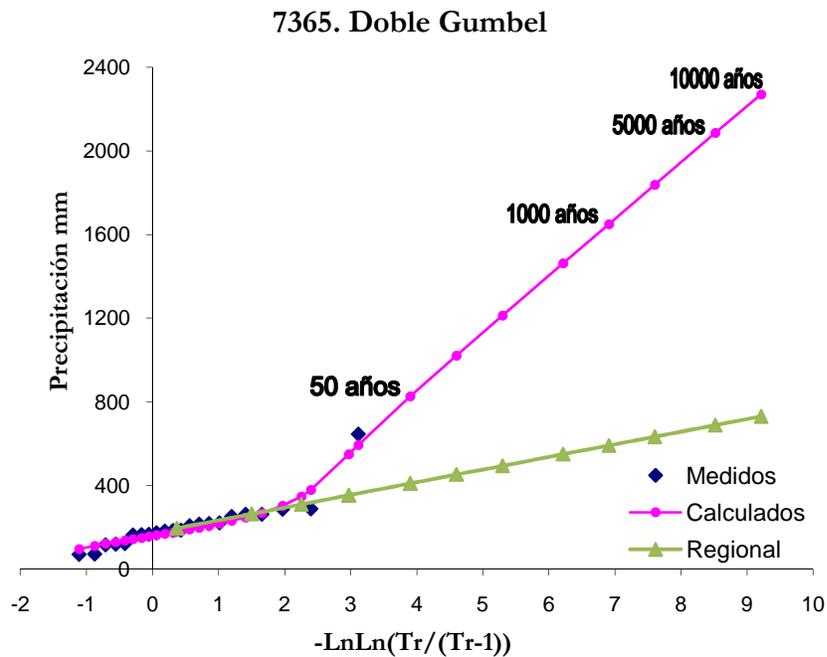


Figura 3.36. Estación 7365 regional cuenca Peñitas.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

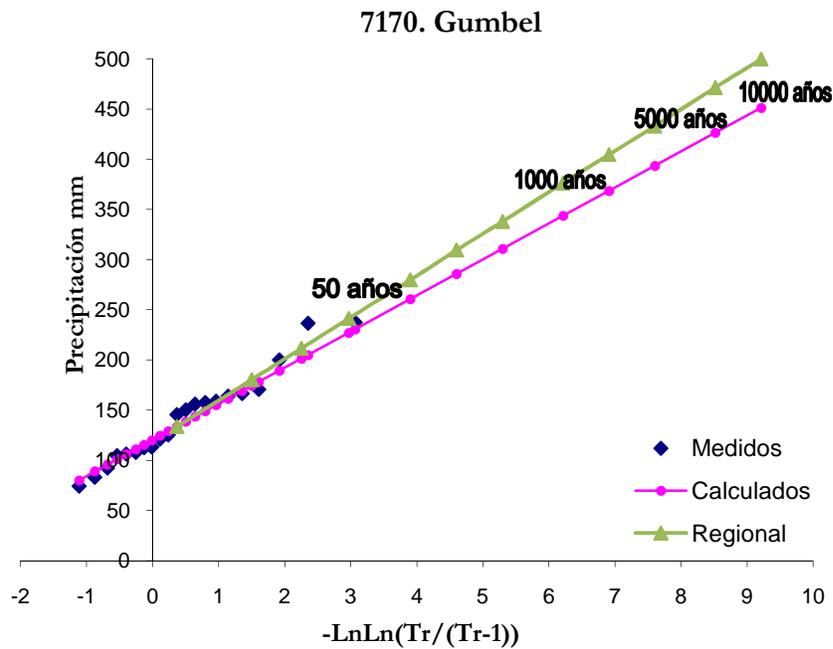


Figura 3.37. Estación 7170 regional cuenca Peñitas.

3.4.6 Pichucalco

Los resultados del análisis regional para la cuenca de Pichucalco se presentan en las tablas 3.53 y 3.54.

Tabla 3.53. Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Pichucalco.

Año	Gumbel				DG
	7082	7128	7147	7193	7062
2	110	169	169	217	51
5	136	224	218	256	73
10	152	260	250	282	89
20	169	295	281	306	104
50	190	340	321	338	121
100	206	373	352	362	134
200	221	407	382	386	147
500	242	451	421	418	164
1000	258	484	451	441	176
2000	273	518	481	465	189
5000	294	562	521	497	206
10000	310	595	551	520	218

Tabla 3.54. Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Pichucalco.

Año	Factor	GUMBEL								DOBLE GUMBEL	
		7082		7128		7147		7193		7062	
		Media individual	114.64 regional	Media individual	178.07 regional	Media individual	177.68 regional	Media individual	222.97 regional	Media individual	55.99 regional
2	0.95	109.88	108.91	169.1	169.16	168.58	168.80	217.11	211.82	51.02	53.19
5	1.24	135.51	142.15	223.74	220.80	217.58	220.33	255.98	276.49	72.7	69.42
10	1.43	152.48	163.94	259.92	254.64	250.02	254.09	281.71	318.85	89.19	80.06
20	1.61	168.75	184.57	294.62	286.69	281.14	286.07	306.4	358.99	103.75	90.14
50	1.85	189.82	212.08	339.55	329.42	321.42	328.71	338.35	412.50	121.43	103.57
100	2.02	205.61	231.57	373.21	359.70	351.6	358.92	362.29	450.40	134.32	113.09
200	2.2	221.34	252.21	406.75	391.75	381.68	390.90	386.15	490.54	147.05	123.17
500	2.43	242.09	278.58	451	432.70	421.36	431.77	417.62	541.82	163.81	136.05
1000	2.61	257.78	299.21	484.44	464.76	451.34	463.75	441.41	581.96	176.39	146.12
2000	2.79	273.46	319.85	517.87	496.81	481.32	495.73	465.19	622.09	188.96	156.20
5000	3.02	294.18	346.21	562.05	537.76	520.94	536.60	496.62	673.38	206.06	169.08
10000	3.2	309.85	366.85	595.47	569.82	550.91	568.58	520.39	713.51	217.78	179.16

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Se puede observar en los resultados que las estaciones en donde el ajuste individual se hizo con la función Gumbel el valor regional es mayor que el individual excepto para la estación 7128 donde se observa lo contrario, mientras que en la estación que se hizo con Doble Gumbel se puede ver que el valor individual es mayor en comparación con el regional.

El caso extremo para esta cuenca es la es el de la estación 7193 en la que el valor regional es muy grande en comparación con el individual, como se muestra en la figura 3.38. Para las demás estaciones los resultados del proceso de regionalizar son los esperados, la figura 3.39 muestra la gráfica regional para la estación 7147.

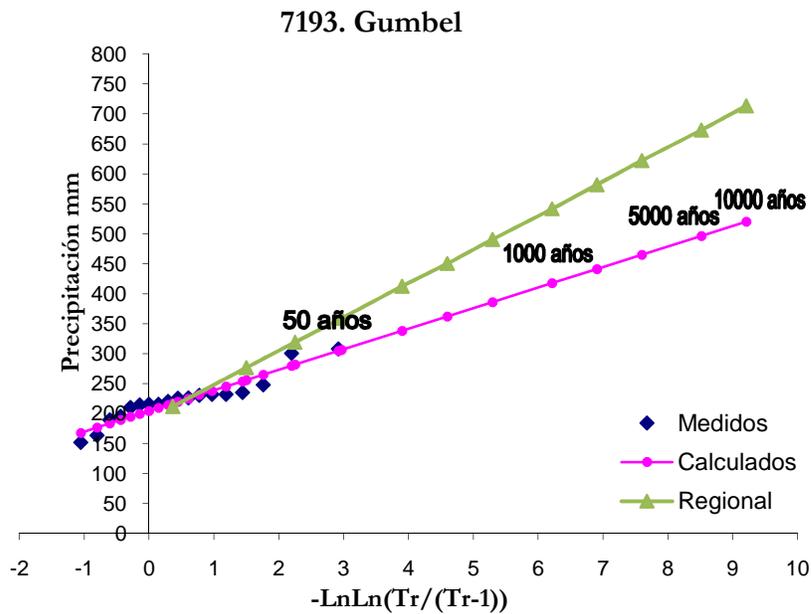


Figura 3.38. Estación 7093 regional cuenca Pichucalco

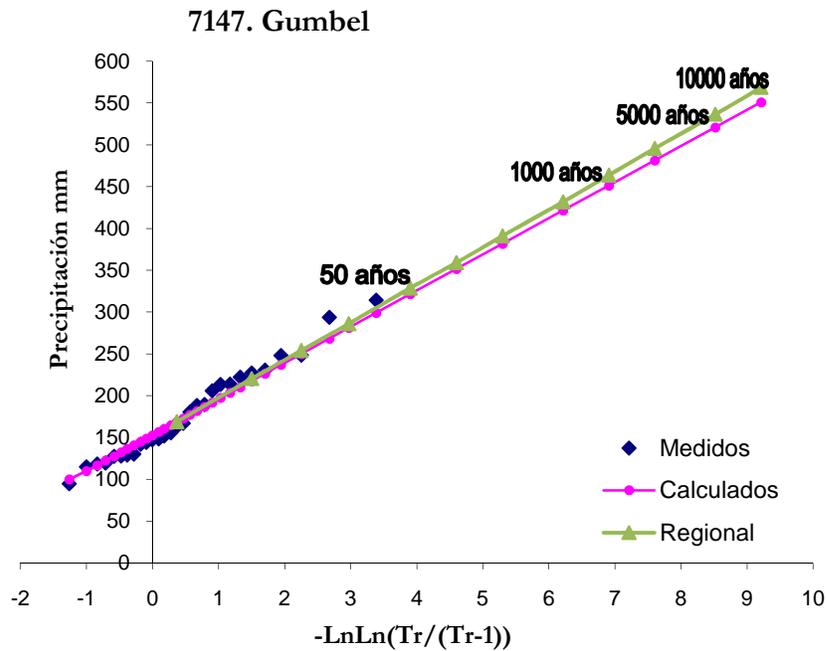


Figura 3.39. Estación 7147 regional cuenca Pichucalco

3.4.7 Teapa

Los resultados del análisis regional para la cuenca de Teapa se presentan en las tablas 3.55 y 3.56.

Tabla 3.55. Valores individuales de las precipitaciones máximas, en mm, para las estaciones de la cuenca Teapa.

AÑO	GUMBEL	DOBLE GUMBEL	
	7217	7167	7191
2	241	123	135
5	300	202	187
10	339	275	225
20	376	326	251
50	425	383	281
100	461	423	302
200	497	463	323
500	545	514	351
1000	581	553	371
2000	617	592	392
5000	664	643	419
10000	700	685	440

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

Tabla 3.56 Comparación entre los valores obtenidos con el análisis individual y el regional, para cada estación de la cuenca Teapa.

Año	Factor	GUMBEL		DOBLE GUMBEL			
		7217		7167		7191	
		Media individual	250.41 regional	Media individual	146.16 regional	Media individual	148.97 regional
2	0.94	241.24	235.38	122.91	137.39	135.43	140.03
5	1.27	300.08	318.02	201.91	185.63	186.6	189.19
10	1.49	339.03	373.10	275.39	217.79	225.12	221.96
20	1.71	376.4	428.19	325.7	249.94	251.27	254.74
50	1.98	424.77	495.80	382.5	289.41	281.11	294.96
100	2.19	461.01	548.39	422.96	320.10	302.44	326.24
200	2.39	497.13	598.47	462.63	349.33	323.34	356.03
500	2.66	544.77	666.08	514.34	388.80	350.72	396.26
1000	2.87	580.78	718.66	553.4	419.49	371.29	427.54
2000	3.07	616.77	768.75	592.46	448.73	391.71	457.33
5000	3.34	664.35	836.36	643.33	488.19	418.93	497.55
10000	3.55	700.33	888.94	684.52	518.88	439.67	528.84

Se observa que la estación en donde el ajuste individual se hizo con la función Gumbel el valor regional es mayor que el individual y en las que se hizo con Doble Gumbel se observa que el valor individual es mayor en comparación con el regional para la estación 7167 mientras que en la 7191 sucede lo contrario. Los valores regionales dan muy buenos resultados y son los que se recomiendan para esta cuenca. La figura 3.40 muestra un ejemplo de la gráfica regional para la estación 7191 localizada dentro de la cuenca Teapa.

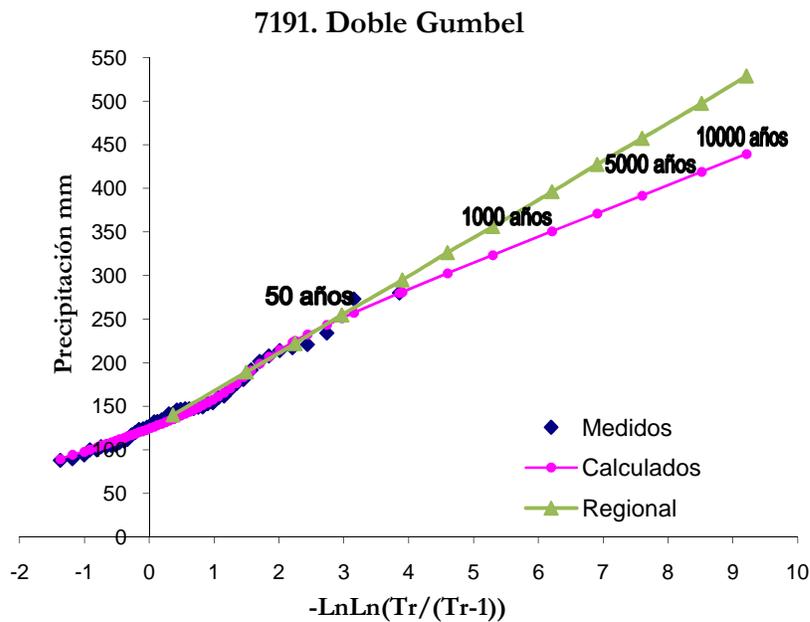


Figura 3.40. Estación 7191 regional cuenca Teapa.

3.4.8 Resumen de resultados

Como resumen de los resultados se presentan las figuras 3.41 y 3.42, en las que se muestran las precipitaciones, en mm, calculadas para un periodo de retorno de 100 años. En la primera se observan los resultados individuales y en la segunda el resultado regional; de esta manera se puede hacer un comparativo del análisis realizado a los valores registrados en las estaciones climatológicas localizadas en las cuencas del río Grijalva.

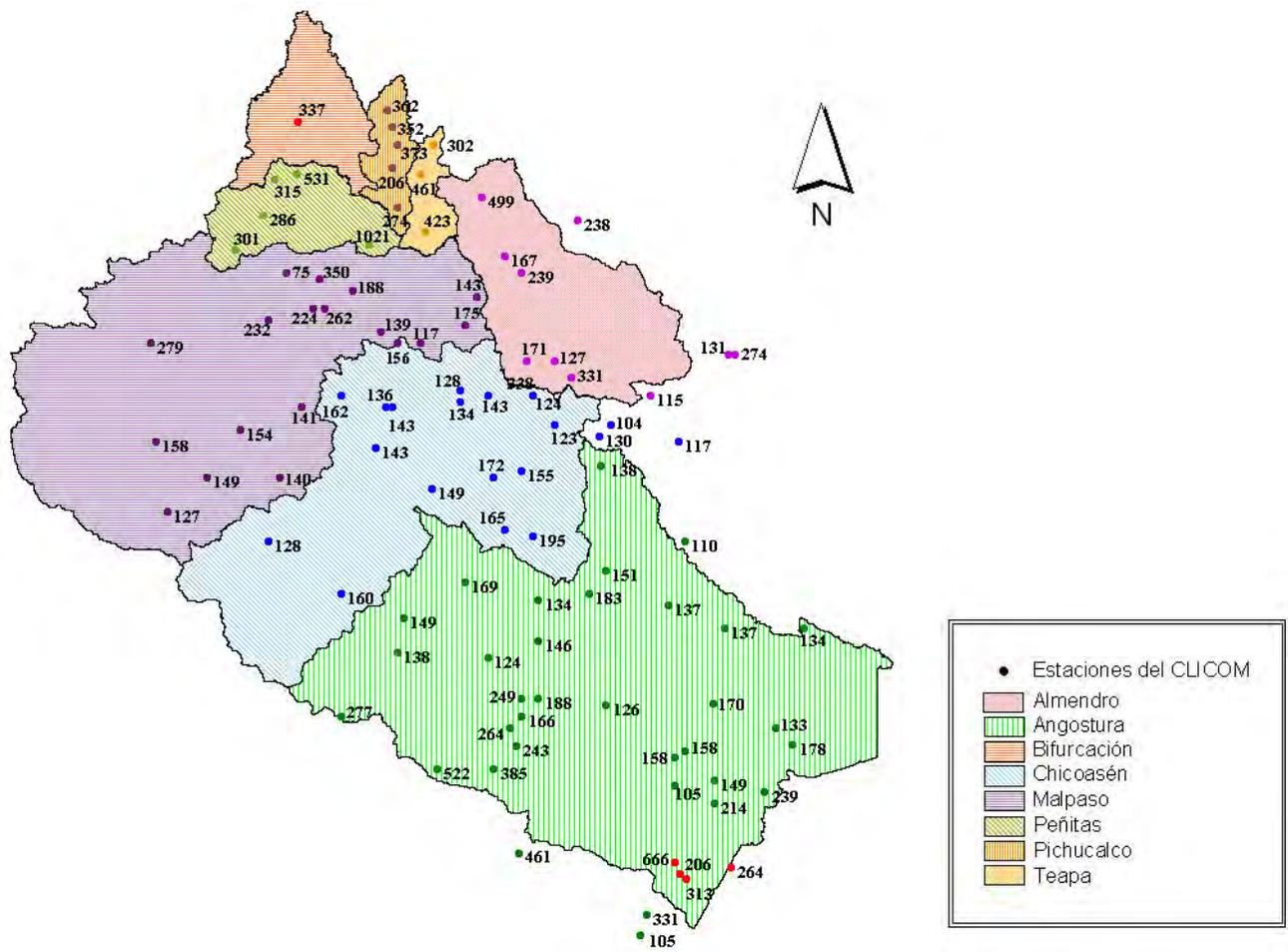


Figura 3.41. Resultados del análisis individual para periodo de retorno 100 años.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

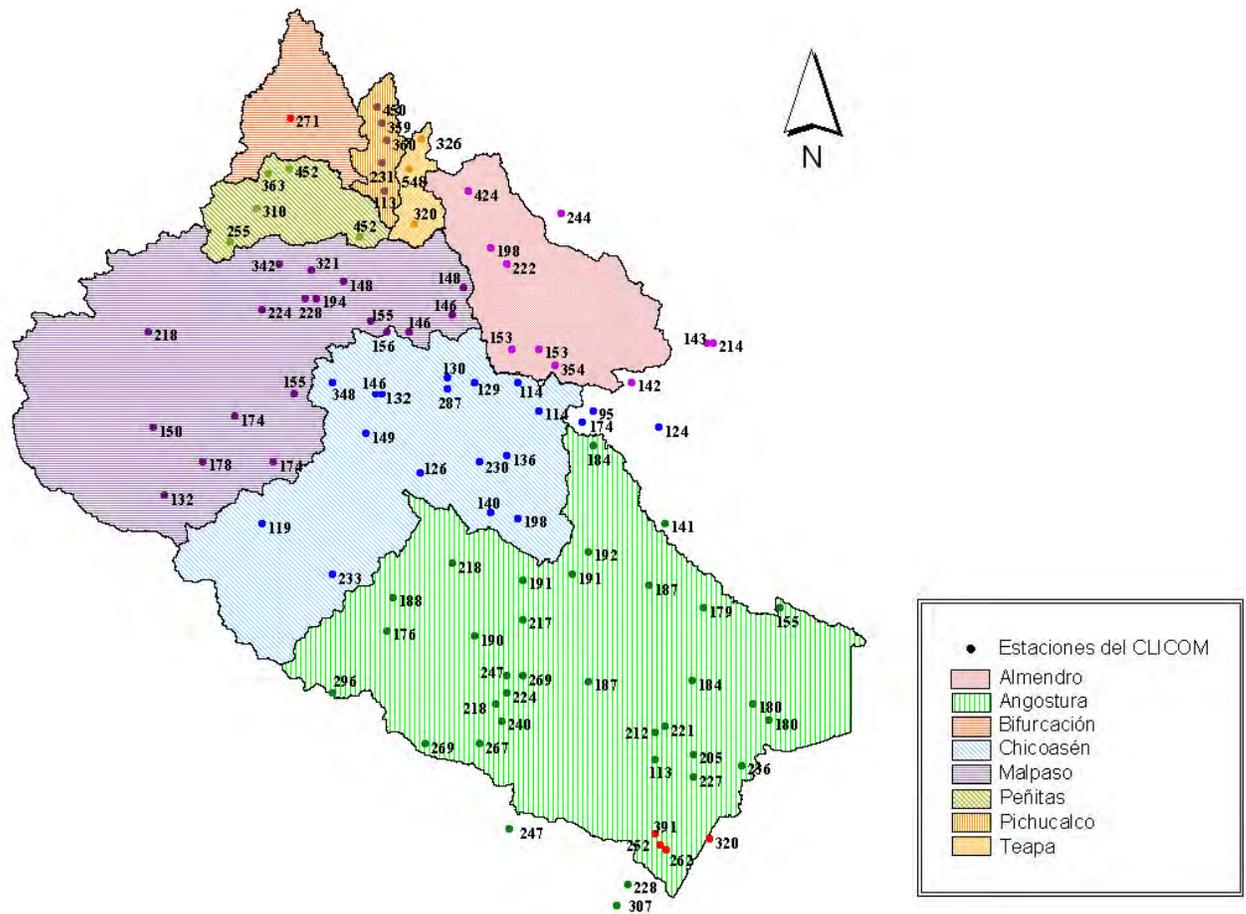


Figura 3.42. Resultados del análisis regional para periodo de retorno 100 años.

De las figuras anteriores podemos observar que existen ciertas incongruencias para los resultados de algunas estaciones según la zona en la que se encuentran ubicadas, tal es el caso de las siguientes estaciones de la cuenca Angostura:

- Estación 7339 ubicada en la región del volcán Tacaná, el resultado individual es de 666 mientras que el regional es 391, según las estaciones que se encuentran a su alrededor es más acertado tomar el valor regional.
- Estación 7037, el resultado individual resultado ser 522 y el regional 269, el resultado arrojado por las demás estaciones aledañas a esta estación es más cercano al 269, es por ello que se recomienda tomar este valor.
- Estación 7161, para el análisis individual el resultado es de 105 mientras que el regional es de 307, al comparar estos resultados con los de las demás estaciones, se recomienda el uso del valor regional para esta estación.
- Estación 7344, el resultado individual es de 461 y el regional 247, se recomienda tomar el regional para esta estación en particular.

Para la cuenca de Malpaso en la estación 7360 se presenta esta situación, ya que el valor individual es de 75 y el regional resulto ser de 342, según su ubicación se recomienda el uso del valor regional.

La estación 7365 ubicada en la cuenca de Peñitas también muestra incongruencia con los resultados, el valor regional es de 452 mientras que el individual es de 1021, al analizar el resultado para las estaciones cercanas a esta, se recomienda el uso del valor regional.

La cuenca de Pichucalco contiene a la estación 7062, en la que se observa el resultado individual de 274 y el regional de 113, según su ubicación y el resultado de las demás estaciones en la cuenca se recomienda el uso del valor individual.

El caso de la estación 7372 ubicada en la cuenca de Chicoasén es similar, el resultado individual es de 162 mientras que el regional es de 348, al observar su ubicación y el resultado de las estaciones a su alrededor, se recomienda el uso del valor individual.

3. Aplicación a las cuencas del río Grijalva

4. CONCLUSIONES

Para estimar la tormenta de diseño de las obras hidráulicas es necesario contar con la mayor cantidad de datos posible y que estos sean confiables; sin embargo no es posible tenerlos en algunas zonas de nuestro país, es por ello que el análisis regional realizado en el presente trabajo tiene la intención de ejemplificar para una zona en particular, lo que se puede aplicar a diversas zonas del país donde surge este gran problema.

El trabajo permitió mostrar la posibilidad de aprovechar la base de datos CLICOM para realizar estudios regionales que sirvan de apoyo a estudios hidrológicos específicos en las cuencas del río Grijalva.

La curva regional para cada una de las cuencas del río Grijalva es de suma importancia para los estudios hidrológicos a futuro que se tengan en este caudaloso río del país, ya que se ahorrará tiempo al buscar datos en las estaciones climatológicas que pudieran ser inexactos, esta es una ventaja al ocupar los resultados del análisis regional que sin importar lo escasos que puedan ser los datos en determinada zona, al tener una

4. Conclusiones

tormenta de diseño obtenida en forma regional, se puede extraer información necesaria para algún proyecto específico en la zona.

Se plantearon algunos criterios para seleccionar las estaciones climatológicas que entrarían en el estudio regional, siendo el mejor el uso de los coeficientes de variación; la prueba de Fisher solo puede servir como un parámetro indicador para homogenizar, pero no se debe utilizar como un método para depurar estaciones, debido a que se basa en la distribución normal, por lo que no permite que la mayoría de las estaciones entren al estudio debido a que las precipitaciones difícilmente presentan dicha tendencia. Tal fue el caso de la cuenca de Almandro, al observar los resultados que arroja el análisis regional, utilizando las estaciones seleccionadas por el coeficiente de variación se puede ver que es acertada la decisión del uso de este método para las demás cuencas.

Para hacer uso de los resultados regionales, se tiene que tomar en cuenta que los resultados obtenidos para algunas estaciones climatológicas resultan ser dudosos por las diferencias que se tienen con el ajuste individual de dichas estaciones. Esto llega a darse ya que al revisar el registro de la estación se encuentran valores significativamente más altos en comparación con los demás, debido a un mal registro en la estación.

Es necesario tomar en cuenta que para llevar a cabo el proceso de regionalización se debe garantizar que los datos son homogéneos entre sí; de no ser así los resultados serán incorrectos, esto se trató de evitar en la cuenca de Angostura en la cual se observó una variación en los datos, principalmente en las estaciones 7067, 7350, 7339 y 7119, sin embargo al estudiar la zona se encontró que estas estaciones se localizan muy cerca del volcán Tacaná, ubicado en el límite entre Guatemala y México, por lo cual se realizó un análisis regional solo para estas cuatro estaciones, teniendo resultados más confiables tanto para esta región como para toda la cuenca.

Para detectar posibles incongruencias en el análisis regional se recomienda hacer uso de los mapas de la zona en estudio para un periodo de retorno de 100 años, tal como se realizó en el tercer capítulo, de esta manera se puede hacer un comparativo de los resultados y percibir si los obtenidos tanto en el análisis individual como en el regional son los adecuados. Al hacer uso de estos mapas en el análisis regional realizado para las cuencas del río Grijalva se observó que en algunas estaciones localizadas especialmente en la cuenca de Angostura existen valores incongruentes según la zona y los resultados de las estaciones aledañas, lo que permitió decidir cual de los análisis, el individual o el regional, es el más adecuado.

En general los resultados logrados para cada una de las cuencas fueron los esperados, aunque se tiene que considerar que para que este estudio tenga un mejor fundamento es necesario hacer pruebas de simultaneidad, es decir que la tormenta de diseño en una cuenca se presente en la mayor parte de la región en el mismo periodo de tiempo, sin embargo este análisis está fuera de los objetivos del presente trabajo.

Finalmente, se recomienda realizar trabajos similares, que seguramente permitirán estimaciones confiables, en otras regiones de la República Mexicana.

ANEXO A

ALMANDRO

ESTACIONES DE LA CUENCA ALMANDRO

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Almandro que fueron utilizadas en el análisis.

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7005	ALMANDRO, HUITIUPAN	17	11	92	46	65-70, 72-94
7033	CHAPULTENANGO	17	20	93	6	40-42, 46-69
7122	OCOSINGO, OCOSINGO (SMN)	16	54	92	5	27-31, 33-36, 46-51, 53-81, 02-06
7125	OXCHUC, OXCHUC	16	47	92	20	70-07
7149	SAN PEDRO CHENALHO	16	53	92	37	67, 70-02, 04-05, 07
7160	SIMOJOVEL DE A. S. DE A.	17	8	92	43	69-70, 72-07
7186	FINCA EL ESCALON, AMATAN	17	21	92	50	44-47, 49-56, 60-64, 68, 70, 73-74
7192	OCOSINGO, OCOSINGO (CFE)	16	54	92	6	64-88
7195	SABANILLA, SABANILLA	17	17	92	33	72-85, 89-99
7207	LARRAINZAR, LARRAINZAR	16	53	92	42	73-90, 92-07
7390	CACALUTA, ACACOYAGUA	17	50	92	34	85-07

En las siguientes tablas se presenta, para cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca de Almandro, los valores máximos anuales de precipitación diaria. En las tablas se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales

7005 ALMANDRO

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1965	68	1981	72
1966	60	1982	57
1967	159	1983	63
1968	64	1984	96
1969	81	1985	52
1970	117	1986	114
1972	78	1987	107
1973	100	1988	77
1974	130	1989	96
1975	121	1990	90
1976	68	1991	60
1977	57	1992	99
1978	85	1993	95
1979	71	1994	51
1980	84	Media	85
		Des. Est	26
		C.V.	0.31

7033 CHAPULTENANGO

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1940	40	1957	80
1941	65	1958	60
1942	86	1959	84
1946	49	1960	220
1947	51	1961	100
1948	52	1962	60
1949	57	1963	50
1950	50	1964	55
1951	60	1965	65
1952	100	1966	100
1953	75	1967	247
1954	70	1968	107
1955	64	1969	96
1956	72	<i>Media</i>	82
		<i>Des. Est</i>	48
		<i>C.V.</i>	0.58

7122 OCOSINGO, OCOSINGO (SMN)

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1927	93	1963	69
1928	73	1964	108
1929	84	1965	58
1930	61	1966	123
1931	80	1967	122
1933	100	1968	162
1934	66	1969	169
1935	92	1970	79
1936	75	1971	198
1946	48	1972	110
1947	77	1973	97
1948	81	1974	58
1949	70	1975	60
1950	80	1976	98
1951	85	1977	68
1953	83	1978	41
1954	169	1979	42
1955	260	1980	104
1956	183	1981	90
1957	72	2002	92
1958	60	2003	93
1959	35	2004	86
1960	60	2005	114
1961	70	2006	53
1962	87	<i>Media</i>	93
		<i>Desv.Est.</i>	43
		<i>C.V.</i>	0.47

7125 OXCHUC

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1970	78	1989	63
1971	78	1990	39
1972	67	1991	51
1973	60	1992	44
1974	61	1993	47
1975	80	1994	53
1976	37	1995	89
1977	70	1996	103
1978	80	1997	62
1979	67	1998	60
1980	51	1999	65
1981	56	2000	80
1982	32	2001	57
1983	52	2002	49
1984	56	2003	67
1985	60	2004	66
1986	60	2005	68
1987	46	2006	77
1988	48	2007	63
		<i>Media</i>	62
		<i>Desv.Est.</i>	15
		<i>C.V.</i>	0.24

7149 SAN PEDRO CHENALHO

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1967	87	1988	62
1970	88	1989	69
1971	91	1990	95
1972	56	1991	59
1973	70	1992	59
1974	100	1993	57
1975	82	1994	46
1976	43	1995	68
1977	63	1996	48
1978	91	1997	55
1979	60	1998	42
1980	69	1999	62
1981	48	2000	42
1982	49	2001	65
1983	100	2002	42
1984	70	2004	40
1985	51	2005	46
1986	65	2007	124
1987	83		
		<i>Media</i>	66
		<i>Desv.Est.</i>	20
		<i>C.V.</i>	0.31

7160 SIMOJOVEL

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1969	51	1989	70
1970	108	1990	47
1972	70	1991	121
1973	86	1992	136
1974	80	1993	98
1975	98	1994	150
1976	71	1995	180
1977	80	1996	130
1978	60	1997	95
1979	67	1998	113
1980	80	1999	100
1981	70	2000	81
1982	80	2001	134
1983	66	2002	102
1984	86	2003	94
1985	59	2004	77
1986	85	2005	61
1987	164	2006	83
1988	109	2007	209
		<i>Media</i>	96
		<i>Desv.Est.</i>	36
		<i>C.V.</i>	0.37

7186 FINCA EL ESCALON, AMATAN

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1946	57	1960	148
1947	95	1961	200
1949	92	1962	141
1950	127	1963	89
1951	311	1964	40
1952	227	1968	157
1953	273	1970	202
1954	274	1973	322
1955	288	1974	321
1956	128		
		<i>Media</i>	184
		<i>Desv.Est.</i>	93
		<i>C.V.</i>	0.51

7192 OCOSINGO, OCOSINGO (CFE)

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1964	95	1977	61
1965	35	1978	58
1966	73	1979	96
1967	100	1980	61
1968	60	1981	54
1969	66	1982	42
1970	68	1983	35
1971	78	1984	63
1972	61	1985	39
1973	70	1986	38
1974	68	1987	38
1975	69	1988	32
1976	86	<i>Media</i>	62
		<i>Desv.Est.</i>	20
		<i>C.V.</i>	0.32

7195 SABANILLA

Año	Precipitación	Año	Precipitación
1972	137	1985	32
1973	165	1989	100
1974	133	1990	178
1975	146	1991	80
1976	100	1992	105
1977	93	1993	65
1978	120	1994	110
1979	106	1995	94
1980	96	1996	99
1981	80	1997	220
1982	60	1998	61
1983	80	1999	88
1984	99	<i>Media</i>	106
		<i>Desv.Est.</i>	40
		<i>C.V.</i>	0.38

7207 LARRAINZAR

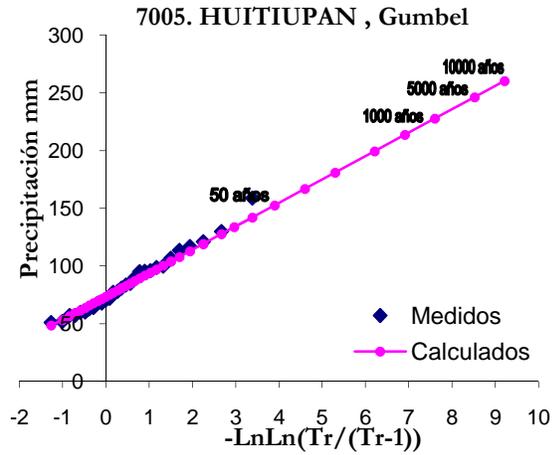
Año	Precipitación	Año	Precipitación
1973	95	1990	52
1974	117	1992	58
1975	98	1993	44
1976	67	1994	36
1977	48	1995	59
1978	44	1996	66
1979	35	1997	53
1980	48	1998	58
1981	61	1999	65
1982	35	2000	65
1983	150	2001	93
1984	61	2002	57
1985	95	2003	57
1986	60	2004	63
1987	67	2005	70
1988	45	2006	75
1989	50	2007	111
		<i>Media</i>	66
		<i>Desv. Est.</i>	25
		<i>C.V.</i>	0.38

7390 CACALUTA, ACACUYAGUA

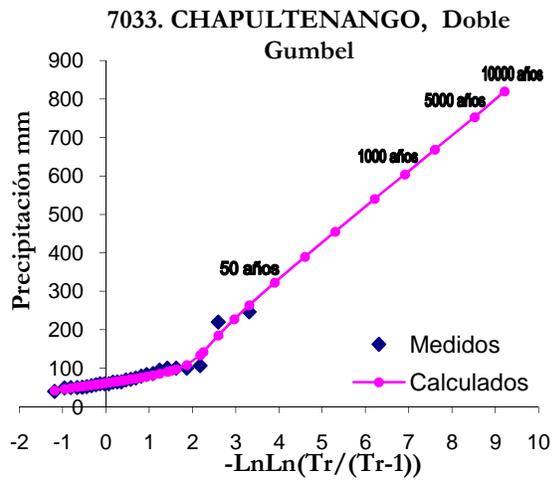
Año	Precipitación	Año	Precipitación
1985	93	1997	104
1986	217	1998	108
1987	175	1999	150
1988	280	2000	140
1989	162	2001	117
1990	162	2002	205
1991	110	2003	115
1992	151	2004	114
1993	134	2005	238
1994	126	2006	199
1995	160	2007	160
1996	102	<i>Media</i>	153
		<i>Desv.Est.</i>	48
		<i>C.V.</i>	0.31

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se presenta también una muestra a de la gráfica de ajuste.

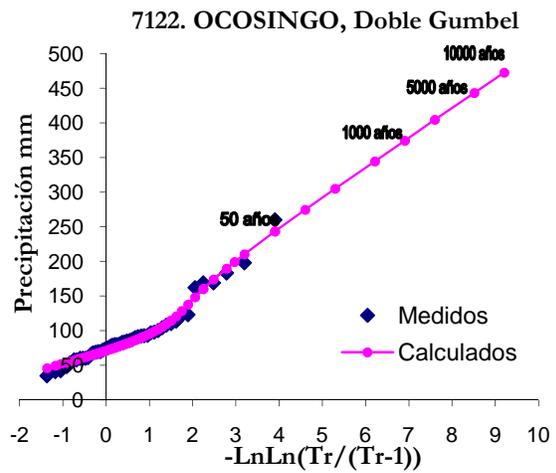
7005	
Año	hp (mm)
2	81
5	104
10	119
20	134
50	153
100	167
200	181
500	200
1000	214
2000	228
5000	246
10000	260



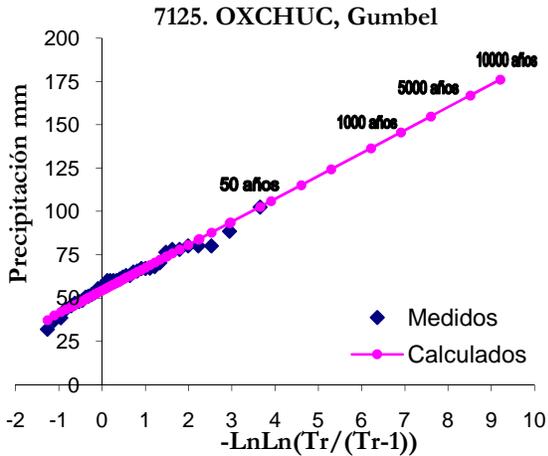
7033	
Año	hp (mm)
2	68
5	93
10	142
20	227
50	323
100	389
200	455
500	540
1000	604
2000	668
5000	753
10000	820



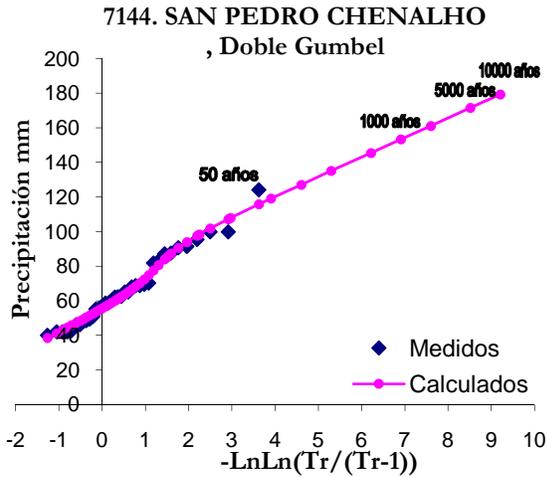
7122	
Año	hp (mm)
2	79
5	115
10	160
20	199
50	243
100	274
200	305
500	345
1000	374
2000	404
5000	443
10000	473



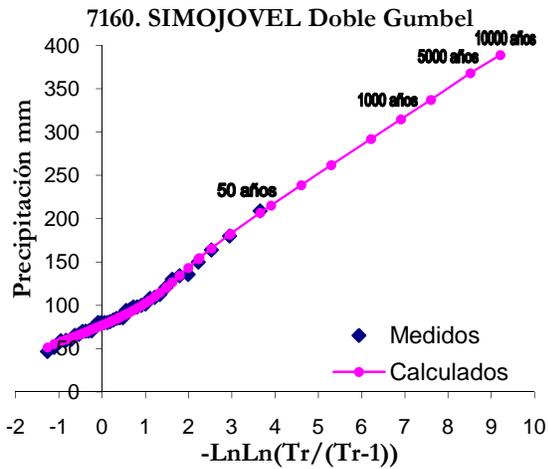
7125	
Año	hp (mm)
2	59.3
5	74.3
10	84.2
20	93.7
50	106
100	115.3
200	124.5
500	136.6
1000	145.8
2000	154.9
5000	167
10000	176.2



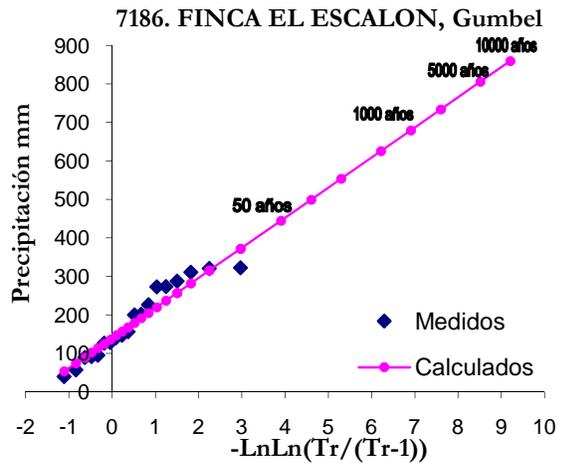
7149	
Año	hp (mm)
2	61
5	85
10	98
20	108
50	119
100	127
200	135
500	145
1000	153
2000	161
5000	171
10000	179



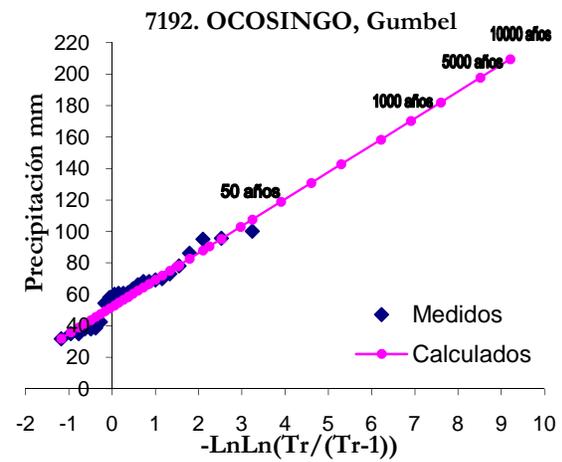
7160	
Año	hp (mm)
2	85
5	121
10	155
20	183
50	215
100	239
200	262
500	292
1000	315
2000	337
5000	368
10000	389



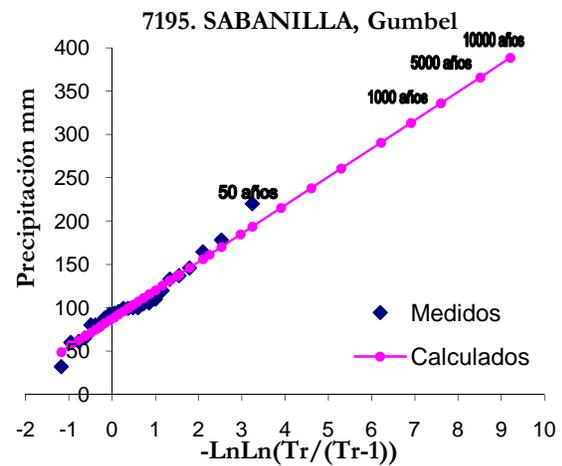
7186	
Año	hp (mm)
2	168
5	257
10	315
20	372
50	445
100	499
200	554
500	626
1000	680
2000	734
5000	806
10000	860



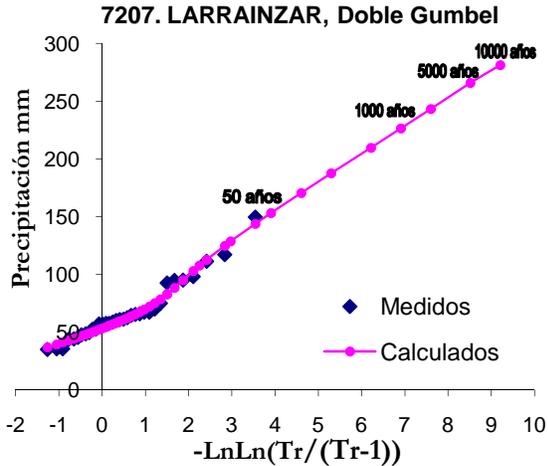
7192	
Año	hp (mm)
2	58
5	78
10	91
20	103
50	119
100	131
200	143
500	158
1000	170
2000	182
5000	198
10000	210



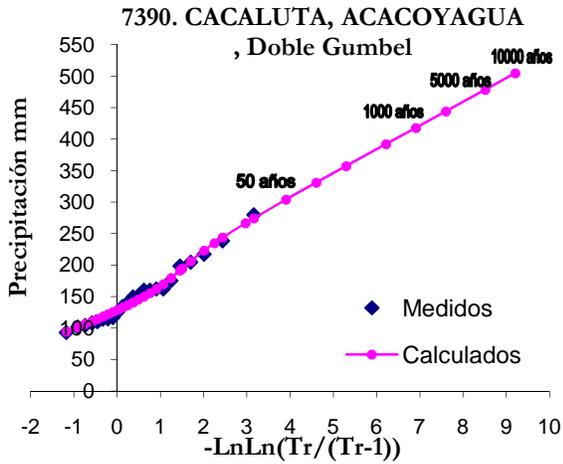
7195	
Año	hp (mm)
2	100
5	137
10	161
20	185
50	215
100	238
200	261
500	291
1000	313
2000	336
5000	366
10000	389



7207	
Año	hp (mm)
2	59
5	83
10	108
20	129
50	153
100	171
200	188
500	210
1000	227
2000	243
5000	266
10000	281



7390	
Año	hp (mm)
2	141
5	194
10	235
20	267
50	304
100	331
200	357
500	392
1000	418
2000	444
5000	479
10000	505



ANEXO B

ANGOSTURA

ESTACIONES DE LA CUENCA ANGOSTURA

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Angostura que fueron utilizadas en el análisis

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7001	ABASOLO CHIAPAS,OCOSINGO	16	50	92	13	70-99
7002	ABELARDO RODRIGUEZ,COMIT	16	22	92	14	44-48, 63-07
7008	ANGEL ALBINO CORZO	15	55	92	43	45-07
7009	AQUESPALA, COMALAPA	15	47	91	55	57-07
7010	ARCO DE PIEDRA, V.C.	16	12	92	40	49-73
7011	ARGELIA, LA HP (MM)INITARIA	15	54	92	9	48-50,52-74
7014	BELIZARIO DOMINGUEZ	15	18	92	21	63-83,85-89,91-01
7021	CATARINITAS, LA CONCORDIA	15	54	92	28	67-73,77-78,87-07
7024	COMALAPA, BELLAVISTA	15	37	92	9	67-83,90-99
7026	CD. CUAHTEMOC COMALAPA	15	39	92	0	62-64,66-99
7037	CUSTEPEQUES,LA CONCORDIA	15	43	92	58	53-77,80-85, 87-2007
7054	FINCA A. PRUSIA, A. A. CORZO	15	43	92	48	54-81,85-93,97-02, 04,07
7063	FINCA LIQUIDAMBAR. A. A. C.	15	47	92	44	54-76,80-84
7070	GPE. GRIJALVA, COMOLOAPAN	15	41	92	9	61-07
7084	JESUS CHIAPAS, PIJJIAPAN	15	52	93	15	65-95,99-03
7090	LA CONCORDIA (DGE)	16	5	92	40	52-70,72-73
7094	LA MESILLA, SOCOLTENANGO	16	11	92	17	71-72, 74,83, 85-02, 04-07
7127	P.DEL SOLDADO, INDEPENDENCIA	16	7	92	7	63-70,72-76
7135	PUENTE CONCORDIA, COMALAPA	15	50	91	58	62-99
7137	PUJILTIC, V. CARRANZA	16	17	92	28	57-70,72-79
7139	RIO BLANCO, V. CARRANZA	16	13	92	31	64-96
7150	SAN PEDRO CHIAPAS	16	3	93	5	52,54-70,72-75,77
7155	SANTA ISABEL (DGE)	16	15	92	53	56-72
7159	SILTEPEC, SILTEPEC	15	40	92	16	70,72-83
7180	JALTENANGO,A.A.CORZO (CFE)	15	52	92	43	70-07
7183	BENITO JUAREZ, LA CONCORDIA	16	2	92	49	72-77,79,89-93,95-99
7205	COMITAN, COMITAN	16	15	92	7	62-69, 71-07,
7190	LA HP (MM)INITARIA, HP (MM)INITA	16	7	91	53	70,72-83,90-07
7224	CHICOMUSELO, CHICOMUSELO	15	45	92	16	76-83, 85-87, 92, 94-96, 98, 00, 02-07
7226	REFORMA, LA CONCORDIA	15	55	92	40	76-87, 89-07
7230	SAN MIGUEL, CHICOMISELO	15	46	92	14	77-83,90-99
7236	REVOLUCION MEXICANA	16	9	93	4	77, 79-87, 89-90, 92-96,98-00, 02-06
7330	SOYATITAN, V. CARRANZA	16	17	92	25	81-07
7335	QUERETARO, A. A. CORZO	15	50	92	45	81-85, 88-07
7344	EJIDO IBARRA, MAPASTEPEC	15	20	92	57	82, 84-93, 95-96, 98-07

En las siguientes tablas se presenta, para cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca de Angostura, los valores de la precipitación diaria máxima anual. En las tablas se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales.

7001 ABASOLO CHIAPAS, OCOSINGO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1970	48	1985	49.5
1971	92.5	1986	62.5
1972	65	1987	80
1973	115	1988	100
1974	86	1989	67
1975	126.5	1990	54
1976	54.5	1991	84
1977	76.5	1992	89
1978	104	1993	45.5
1979	58	1994	59.5
1980	93.5	1995	67.2
1981	75.5	1996	66
1982	62.5	1997	63.5
1983	71	1998	66.5
1984	93	1999	75.4
		Media	75
		Desv. Est.	20
		C.V.	0.27

7002 ABELARDO RODRIGUEZ

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1944	43.5	1983	120
1945	78.6	1984	50.5
1946	59	1985	56.2
1947	60	1986	75.8
1948	62.7	1987	57.5
1963	40	1988	58.2
1964	67.5	1989	67
1965	75	1990	36.5
1966	56.1	1991	72
1967	70	1992	51
1968	64.5	1993	48.5
1969	40.5	1994	60
1970	57.5	1995	65
1971	30	1996	45.5
1972	35	1997	52
1973	69	1998	55.5
1974	73	1999	84
1975	29	2000	60.5
1976	27	2001	54
1977	41	2002	45.5
1978	59	2003	51.5
1979	51	2004	43.5
1980	85.3	2005	55.8
1981	80	2006	52.5
1982	56.8	2007	44.5
		Media	57
		Desv. Est.	17
		C.V.	0.29

7008 ANGEL ALBINO CORZO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1945	93.5	1965	75
1946	66	1966	97
1947	95	1967	95
1948	110	1968	114.1
1949	75	1969	100
1950	102.5	1970	103
1951	90.5	1971	93
1952	127	1972	73
1953	99	1973	71
1954	200	1974	186
1955	92	1975	80
1956	94	1976	105
1957	190.1	1977	108.7
1958	120.1	1978	128.9
1959	105	1979	65
1960	50	1980	80.9
1961	80	1981	95.5
1962	110	1982	70.8
1963	95	1983	91.5
1964	98		
		Media	101
		Desv. Est.	32
		C.V.	0.31

7009 AQUESPALA, COMALAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1957	62	1982	123.6
1958	40.7	1983	90.1
1959	80.3	1984	78
1960	63	1985	79
1961	24	1986	135.6
1962	20	1987	70.7
1963	20	1988	73.4
1964	25	1989	55.6
1965	90	1990	107.5
1966	78.8	1991	72
1967	60	1992	59
1968	60.5	1993	94.2
1969	85	1994	40
1970	78.5	1995	74.8
1971	52.4	1996	104.5
1972	63.5	1997	46.1
1973	60	1998	45.3
1974	87.1	1999	105.4
1975	76.3	2000	112.3
1976	75	2001	63.5
1977	80	2002	55.6
1978	49.5	2003	87
1979	131.1	2004	38.3
1980	76.6	2005	79.5
1981	190.6	2006	63.7
		2007	67.3
		Media	74
		Desv. Est.	31
		C.V.	0.42

7010 ARCO DE PIEDRA, V.C

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1949	69.5	1962	90.2
1950	80.4	1963	72.9
1951	49.5	1964	70.5
1952	68.5	1965	54.8
1953	86	1966	83.5
1954	67.5	1967	57.3
1955	59.8	1968	90.5
1956	105.2	1969	93.2
1957	89.2	1970	73.7
1958	77.5	1971	66
1959	89	1972	71
1960	84.6	1973	128
1961	74.8	Media	78
		Desv. Est.	17
		C.V.	0.22

7011 ARGELIA, LA HP (MM)INITARIA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1949	46	1963	59
1950	48	1964	145
1952	83.7	1965	116.2
1953	73	1966	85
1954	73	1967	65.4
1955	66.1	1968	63
1956	111.2	1969	104.6
1957	57.7	1970	78.8
1958	62.3	1971	71.2
1959	64	1972	47
1960	64.5	1973	76.2
1961	82	1974	59.1
1962	71.5	Media	75
		Desv. Est.	23
		C.V.	0.31

7014 BELIZARIO DOMINGUEZ

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1963	157	1982	90
1964	80.8	1983	107
1965	83.5	1985	129.2
1966	61	1986	118
1967	94	1987	66.4
1968	89	1988	125.2
1969	80	1989	62.6
1970	90	1990	70
1971	100.5	1991	52
1972	88	1992	54.5
1973	106	1993	60
1974	78	1994	70
1975	82	1995	48.5
1976	75	1996	61
1977	84	1997	119
1978	106	1998	298
1979	91	1999	130
1980	63	2000	96
1981	83	2001	90
		Media	93
		Desv. Est.	42
		C.V.	0.45

7021 CATARINITAS, LA CONCORDIA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1967	86	1993	63
1968	70.5	1994	53.9
1969	109	1995	75
1970	72.4	1996	69.1
1971	63.1	1997	95
1972	75	1998	111.1
1973	94	1999	70
1977	59.4	2000	119
1978	73.4	2001	80.5
1987	70	2002	57
1988	69.5	2003	75
1989	52	2004	90
1990	62	2005	110
1991	49.6	2006	79.3
1992	68	2007	69
		Media	76
		Desv. Est.	18
		C.V.	0.24

7024 COMALAPA, BELLAVISTA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1967	68	1981	93.5
1968	88	1982	86.2
1969	95.6	1983	65.2
1970	146.1	1990	68
1971	123.8	1991	74.3
1972	51.5	1992	81
1973	72	1993	148
1974	70	1994	92
1975	90	1995	69.5
1976	81.5	1996	106
1977	82	1997	86
1978	113.5	1998	53.5
1979	179.5	1999	102
1980	118.5		
		Media	93
		Desv. Est.	30
		C.V.	0.32

7026 CD. CUAHTEMOC COMALAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	56	1982	67.4
1963	88.5	1983	64.3
1964	87	1984	78
1966	82.5	1985	68.5
1967	97	1986	71
1968	77.5	1987	97.5
1969	83.9	1988	102
1970	160.3	1989	84.1
1971	100.4	1990	71
1972	75	1991	144.3
1973	91.2	1992	63.5
1974	68	1993	164.9
1975	100.3	1994	77
1976	72.4	1995	116.5
1977	97	1996	147.7
1978	110	1997	88.5
1979	220	1998	83
1980	127.3	1999	99
1981	87.7		
		Media	96
		Desv. Est.	34
		C.V.	0.35

7037 CUSTEPEQUES, LA CONCORDIA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1953	55	1981	60
1954	175	1982	135
1955	180	1983	98
1956	106.5	1984	65
1957	77.5	1985	141
1958	92	1987	67.5
1959	68.5	1988	129.7
1960	77	1989	117.3
1961	120	1990	64.8
1962	139	1991	102.3
1963	176	1992	81.2
1964	141	1993	95.5
1965	64	1994	93.5
1966	97.5	1995	73
1967	56.5	1996	91
1968	65	1997	103
1969	105	1998	340
1970	57	1999	139.5
1971	67	2000	57.5
1972	63	2001	62.5
1973	90	2002	69.5
1974	181	2003	77.3
1975	83	2004	65.5
1976	75	2005	513.5
1977	95	2006	91
1980	206	2007	67
		Media	110
		Desv. Est.	76
		C.V.	0.69

7344 EJIDO IBARRA, MAPASTEPEC

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1982	68	1996	69
1984	60	1998	280
1985	40	1999	89.8
1986	35	2000	80.2
1987	40	2001	59
1988	81	2002	95
1989	200	2003	86
1990	100.5	2004	80
1991	60	2005	329
1992	90	2006	84
1993	70	2007	140.2
1995	82		
		Media	101
		Desv. Est.	73
		C.V.	0.73

7054 FINCA A. PRUSIA, A. A. CORZO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1954	81	1978	92.4
1955	143.9	1979	75.3
1956	107	1980	112.5
1957	78	1981	73.5
1958	101.4	1985	109.1
1959	68.3	1986	100
1960	68.5	1987	93.8
1961	88.2	1988	102.5
1962	103.1	1989	93.4
1963	138.4	1990	320
1964	77.7	1991	138.3
1965	85	1992	138.4
1966	91.8	1993	99.4
1967	73	1997	97
1968	97.3	1998	206
1969	88.7	1999	122
1970	90.1	2000	122
1971	144	2001	86.7
1972	84.9	2002	44.3
1973	122.7	2004	71.2
1974	101.6	2005	300
1975	100.9	2006	140.5
1976	66.6	2007	80
1977	93.5		
		Media	109
		Desv. Est.	51
		C.V.	0.47

7063 FINCA LIQUIDAMBAR. A. A. C.

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1954	96	1968	115
1955	197	1969	108
1956	87	1970	93
1957	97	1971	110
1958	84	1972	96
1959	69	1973	81
1960	88	1974	113
1961	74	1975	72
1962	109	1976	89
1963	110	1980	129
1964	72	1981	105
1965	89	1982	80
1966	105	1983	95.2
1967	69	1984	115
		Media	98
		Desv. Est.	25
		C.V.	0.26

7070 GPE. GRIJALVA, COMOLOAPAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1961	100	1985	60
1962	100	1986	80
1963	100	1987	80.2
1964	89	1988	94.5
1965	60	1989	74.2
1966	100	1990	51.3
1967	70	1991	80.5
1968	68	1992	80
1969	60	1993	80.2
1970	60	1994	100
1971	70	1995	125.2
1972	70.8	1996	114
1973	115.5	1997	119.2
1974	81.4	1998	70.5
1975	91.6	1999	76.5
1976	46.2	2000	111.1
1977	85.2	2001	97.8
1978	81	2002	86.6
1979	95.4	2003	98
1980	63.6	2004	77.5
1981	60	2005	60
1982	137.2	2006	115
1983	60	2007	72
1984	82.3		
		Media	84
		Desv. Est.	21
		C.V.	0.25

7084 JESUS CHIAPAS, PIJIJAPAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1965	81.3	1983	73.3
1966	105.2	1984	108.3
1967	93.3	1985	147.5
1968	112	1986	134
1969	104.7	1987	65.1
1970	102.8	1988	248
1971	93	1989	174
1972	135.5	1990	105.5
1973	128.6	1991	160
1974	166.9	1992	188.5
1975	120	1993	91
1976	97.8	1994	74
1977	126	1995	93.5
1978	165	1999	126.5
1979	131.5	2000	90.9
1980	214.5	2001	90.7
1981	129.1	2002	90.6
1982	90.6	2003	95
		Media	121
		Desv. Est.	41
		C.V.	0.34

7090 LA CONCORDIA (DGE)

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1952	76.2	1963	100
1953	96.4	1964	60.5
1954	72.6	1965	91
1955	77.3	1966	96.5
1956	143	1967	72
1957	82.5	1968	120.5
1958	86.6	1969	90
1959	86.5	1970	98
1960	81	1972	99
1961	64.5	1973	86
1962	83.5		
		Media	89
		Desv. Est.	18
		C.V.	0.21

7094 LA MESILLA, SOCOLTENANGO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1971	60	1990	40
1972	85	1991	82
1974	86	1992	80
1975	63	1993	80
1976	65	1994	45
1977	44	1995	81
1978	75	1996	66
1979	66	1997	82
1980	46.5	1998	95
1981	85.5	1999	63
1982	80.5	2000	104.5
1983	78.5	2001	90.8
1985	86	2002	71.6
1986	75	2004	38
1987	125	2005	97
1988	79	2006	100
1989	82	2007	96.5
		Media	76
		Desv. Est.	19
		C.V.	0.25

7127 P.DEL SOLDADO, INDEPENDENCIA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1963	104.5	1970	45
1964	69	1972	74
1965	63.8	1973	46
1966	76	1974	60
1967	59	1975	116.1
1968	76.3	1976	81
1969	81		
		Media	73
		Desv. Est.	20
		C.V.	0.28

7135 PUENTE CONCORDIA, COMALAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	67.5	1981	85.5
1963	54.5	1982	100.8
1964	88.5	1983	86
1965	62.4	1984	89.5
1966	66.9	1985	84.5
1967	58.1	1986	77.8
1968	64.5	1987	56.4
1969	65.5	1988	60.5
1970	70	1989	91.4
1971	54	1990	61.3
1972	58	1991	67.9
1973	53.6	1992	59
1974	67	1993	136
1975	89.5	1994	45.6
1976	70.1	1995	102.5
1977	57.5	1996	83.4
1978	49.4	1997	103.7
1979	87	1998	51.2
1980	88.5	1999	79
		Media	74
		Desv. Est.	19
		C.V.	0.26

7137 PUJILTIC, V. CARRANZA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1957	91	1968	124
1958	101	1969	86
1959	80	1970	118
1960	56	1972	52
1961	88	1973	68
1962	66.5	1974	98.5
1963	70.5	1975	105
1964	82	1976	67
1965	57	1977	41.5
1966	60	1978	66
1967	60.5	1979	86
		Media	78
		Desv. Est.	22
		C.V.	0.28

7139 RIO BLANCO, V. CARRANZA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1964	58.5	1981	72.8
1965	51.5	1982	64.5
1966	63	1983	82.7
1967	69	1984	75
1968	99	1985	83.5
1969	71	1986	148
1970	77.5	1987	69
1971	64	1988	73.5
1972	97.5	1989	70
1973	85	1990	62
1974	98.5	1991	82
1975	75	1992	137.6
1976	59.5	1993	63.5
1977	50	1994	47.1
1978	91	1995	77.6
1979	136.5	1996	61
1980	51	Media	78
		Desv. Est.	24
		C.V.	0.31

7150 SAN PEDRO CHIAPAS

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1952	90.4	1965	54.5
1954	80	1966	83
1955	116	1967	53
1956	52	1968	84
1957	59	1969	72
1958	58.6	1970	83
1959	75.5	1972	60
1960	62.6	1973	76
1961	69.5	1974	34.2
1962	67.2	1975	65
1963	96.5	1977	89
1964	67.5	Media	72
		Desv. Est.	18
		C.V.	0.25

7155 SANTA ISABEL (DGE)

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1956	75.4	1965	85.5
1957	80.3	1966	53.3
1958	74	1967	125
1959	87.5	1968	123
1960	70	1969	64
1961	133.7	1970	115.5
1962	100.3	1971	60
1963	65	1972	119.3
1964	78.9	Media	89
		Desv. Est.	26
		C.V.	0.29

7159 SILTEPEC, SILTEPEC

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1970	48	1978	42
1972	63.5	1979	47
1973	26	1980	58
1974	60.8	1981	52
1975	46	1982	77
1976	21	1983	34
1977	24	Media	46
		Desv. Est.	17
		C.V.	0.36

7180 JALTENANGO, A.A. CORZO (CFE)

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1970	103	1989	98.6
1971	93	1990	71.2
1972	73	1991	64.2
1973	71	1992	88.1
1974	186	1993	108.4
1975	80	1994	98.4
1976	105	1995	88.3
1977	108.7	1996	95.4
1978	128.9	1997	79
1979	65	1998	92
1980	80.9	1999	116
1981	95.5	2000	90.6
1982	70.8	2001	122
1983	91.5	2002	76
1984	68.1	2003	80
1985	70.5	2004	65
1986	51.4	2005	92
1987	90.6	2006	118
1988	98.3	2007	100
		Media	91
		Desv. Est.	24
		C.V.	0.26

7183 BENITO JUAREZ, LA CONCORDIA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1972	57.9	1991	78
1973	71	1992	106
1974	67	1993	80
1975	87.3	1995	80
1976	66.5	1996	97.5
1977	69.7	1997	58.5
1979	83	1998	96.5
1989	62	1999	75.5
1990	85	Media	78
		Desv. Est.	14
		C.V.	0.18

7190 LA HP (MM)INITARIA, HP (MM)INITA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1970	49	1993	80
1972	48	1994	48
1973	70	1995	74
1974	55	1996	150
1975	73	1997	38.5
1976	40	1998	45.6
1977	50	1999	60
1978	83	2000	71
1979	56	2001	34.5
1980	69	2002	40
1981	89	2003	60.3
1982	49	2004	45
1983	76	2005	77
1990	55	2006	61
1991	91	2007	78
1992	48		
		Media	63
		Desv. Est.	23
		C.V.	0.36

7205 COMITAN, COMITAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	46.9	1986	60.3
1963	53.7	1987	54.2
1964	60	1988	68.3
1965	62.3	1989	90.7
1966	80.7	1990	48.2
1967	63.5	1991	92.6
1968	73.5	1992	50.6
1969	55.2	1993	72.5
1971	88.6	1994	51
1972	49.3	1995	120
1973	66.4	1996	112.5
1974	59.8	1997	66.6
1975	75.8	1998	60.5
1976	74	1999	60.2
1977	35.5	2000	80.5
1978	52.8	2001	72.5
1979	57.3	2002	96.5
1980	40	2003	92.5
1981	90.2	2004	97.5
1982	116.6	2005	75.5
1983	91.6	2006	80
1984	73.5	2007	56.5
1985	80.5		
		Media	71
		Desv. Est.	20
		C.V.	0.28

7224 CHICOMUSELO, CHICOMUSELO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1976	77.5	1987	74
1977	110.6	1990	68
1978	80.2	1991	74.3
1979	98.3	1992	81
1980	93.3	1993	148
1981	104.6	1994	92
1982	71.8	1995	69.5
1983	86.6	1996	106
1984	49.7	1997	86
1985	100.9	1998	53.5
1986	71.7	1999	102
		Media	86
		Desv. Est.	21
		C.V.	0.25

7226 REFORMA, LA CONCORDIA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1976	105.5	1993	132.5
1977	85.1	1994	120
1978	81.5	1995	160
1979	106.8	1996	101.5
1980	82.6	1997	103.8
1981	140.6	1998	91.2
1982	70.4	1999	149.6
1983	107.4	2000	120
1984	88	2001	113.7
1985	106	2002	113.6
1986	90.3	2003	116.5
1987	89.2	2004	94.5
1989	146.8	2005	147.1
1990	127.2	2006	135.9
1991	100.6	2007	76.7
1992	102.2		
		Media	110
		Desv. Est.	23
		C.V.	0.21

7230 SAN MIGUEL, CHICOMISELO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1977	86	1992	115.7
1978	59	1993	84.6
1979	92.5	1994	86.2
1980	123	1995	114.5
1981	94.1	1996	106.7
1982	68.7	1997	74.5
1983	109.7	1998	77.5
1990	92.2	1999	62
1991	88.8		
		Media	90
		Desv. Est.	19
		C.V.	0.21

7236 REVOLUCION MEXICANA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1977	67.8	1993	94
1979	63.8	1994	70.5
1980	117.3	1995	96.5
1981	86.5	1996	74.5
1982	68.8	1998	99
1983	57.7	1999	62.5
1984	100.9	2000	61
1985	54.1	2002	45.5
1986	45	2003	57.8
1987	57.9	2004	77.2
1989	71.1	2005	138.8
1990	105.4	2006	63.4
1992	84.5	Media	77
		Desv. Est.	23
		C.V.	0.3

7330 SOYATITAN, V. CARRANZA

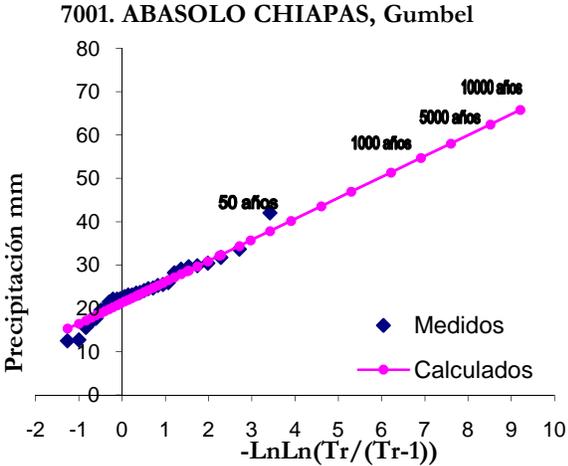
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1982	136	1994	67
1983	96	1997	56.5
1984	57	1998	38.5
1985	73	1999	38
1986	50	2000	48.5
1987	71	2001	28
1988	53	2002	25
1989	71	2003	22
1991	86	2004	45
1992	60.7	2005	375
1993	67.2	2007	62
		Media	74
		Desv. Est.	72
		C.V.	0.97

7335 QUERETARO, A. A. CORZO

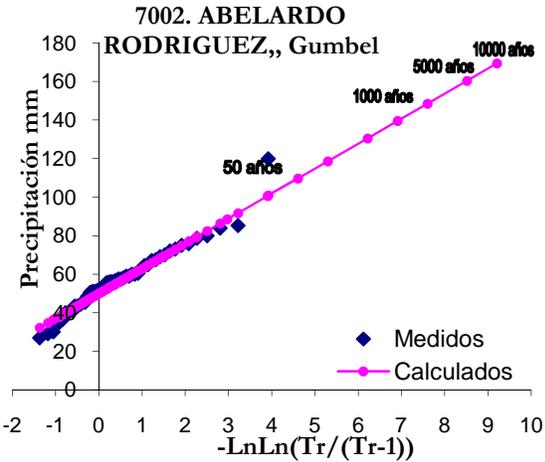
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1977	67.8	1993	94
1979	63.8	1994	70.5
1980	117.3	1995	96.5
1981	86.5	1996	74.5
1982	68.8	1998	99
1983	57.7	1999	62.5
1984	100.9	2000	61
1985	54.1	2002	45.5
1986	45	2003	57.8
1987	57.9	2004	77.2
1989	71.1	2005	138.8
1990	105.4	2006	63.4
1992	84.5	Media	77
		Desv. Est.	23
		C.V.	0.3

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se presenta también una muestra a de la gráfica de ajuste.

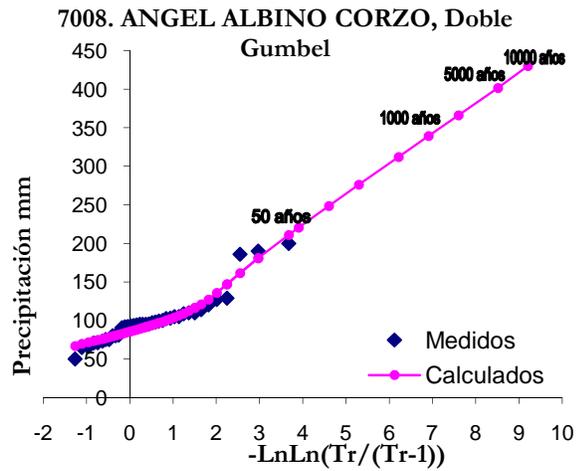
7001	
Año	hp (mm)
2	72
5	89
10	101
20	112
50	127
100	138
200	149
500	163
1000	174
2000	185
5000	199
10000	210



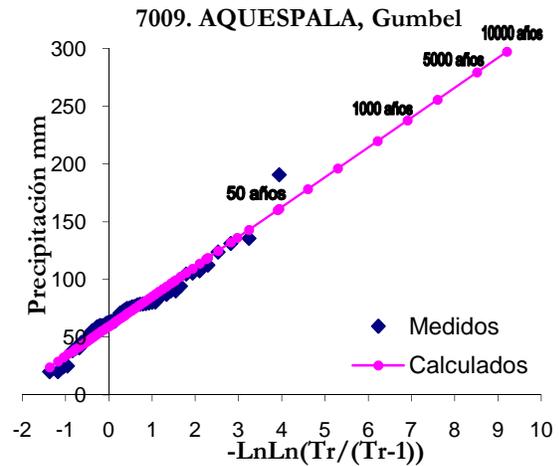
7002	
Año	hp (mm)
2	55
5	69
10	79
20	89
50	101
100	110
200	119
500	131
1000	140
2000	149
5000	160
10000	169



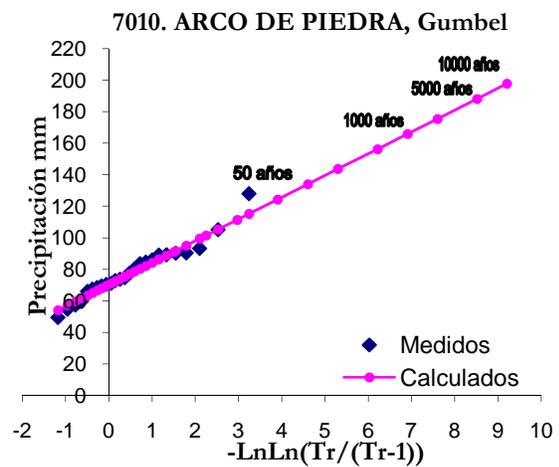
7008	
Año	hp (mm)
2	92
5	116
10	147
20	181
50	220
100	249
200	276
500	312
1000	340
2000	367
5000	402
10000	430



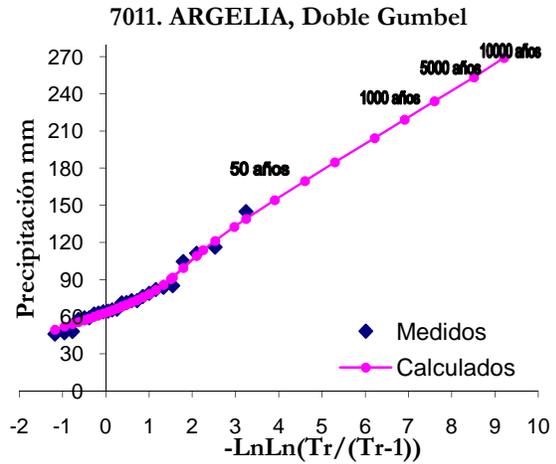
7009	
Año	hp (mm)
2	69
5	98
10	118
20	136
50	160
100	178
200	196
500	220
1000	238
2000	256
5000	279
10000	297



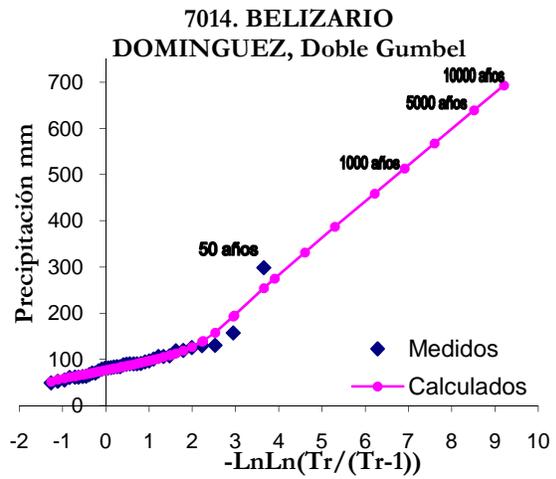
7010	
Año	hp (mm)
2	75
5	91
10	102
20	112
50	124
100	134
200	144
500	156
1000	166
2000	176
5000	188
10000	198



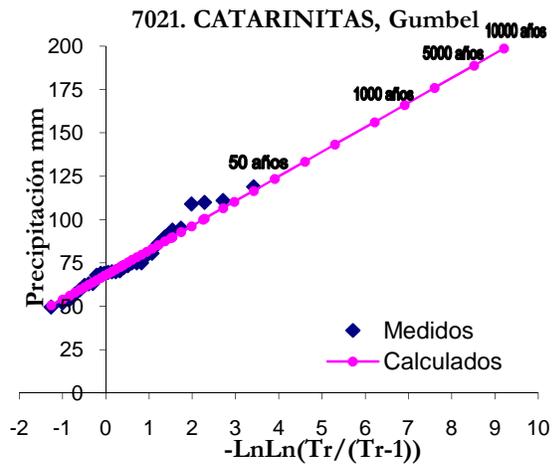
7011	
Año	hp (mm)
2	68
5	90
10	114
20	133
50	154
100	170
200	185
500	204
1000	219
2000	234
5000	253
10000	269



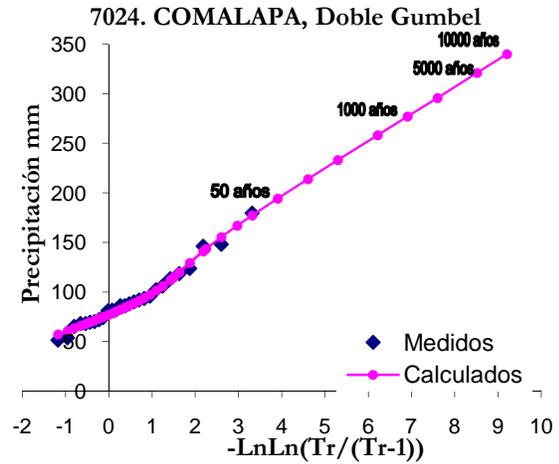
7014	
Año	hp (mm)
2	83
5	109
10	139
20	195
50	275
100	331
200	387
500	459
1000	513
2000	567
5000	639
10000	693



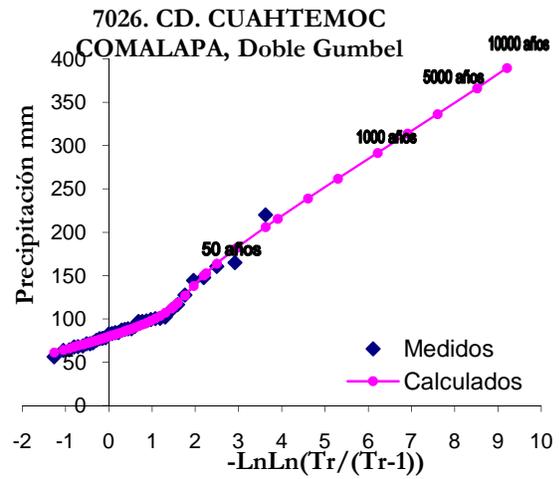
7021	
Año	hp (mm)
2	73
5	89
10	100
20	110
50	124
100	133
200	143
500	156
1000	166
2000	176
5000	189
10000	199



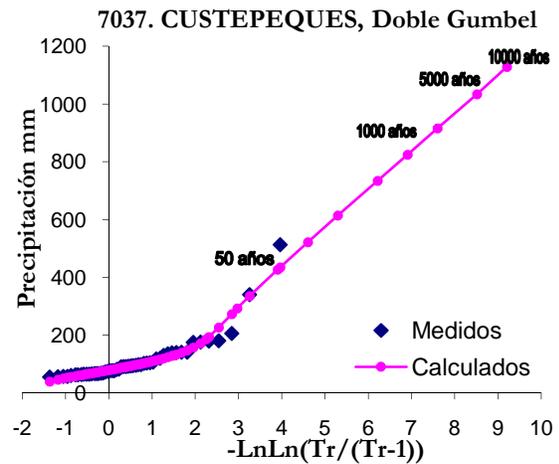
7024	
Año	hp (mm)
2	84
5	115
10	144
20	167
50	194
100	214
200	233
500	258
1000	277
2000	296
5000	321
10000	340



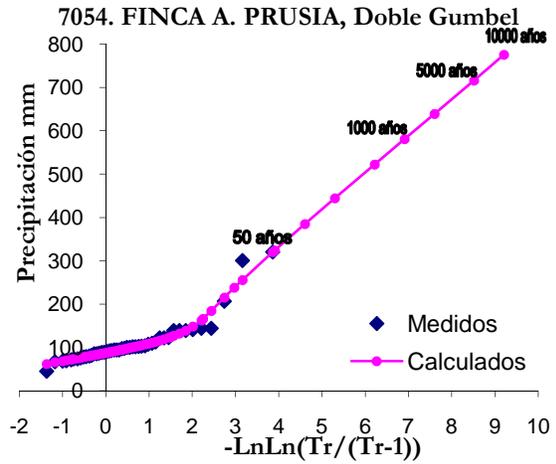
7026	
Año	hp (mm)
2	86
5	114
10	153
20	182
50	216
100	239
200	262
500	292
1000	314
2000	337
5000	366
10000	390



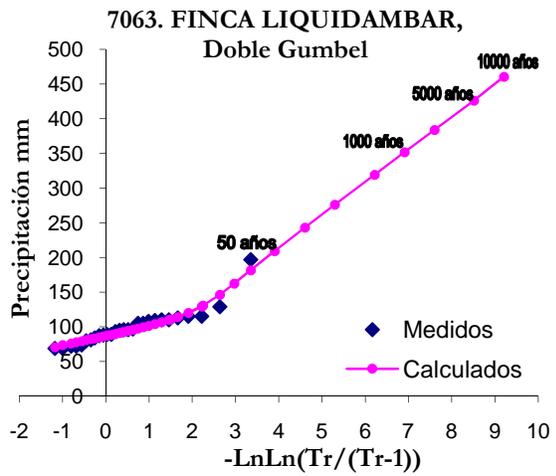
7037	
Año	hp (mm)
2	90
5	130
10	186
20	293
50	427
100	522
200	614
500	735
1000	825
2000	917
5000	1034
10000	1129



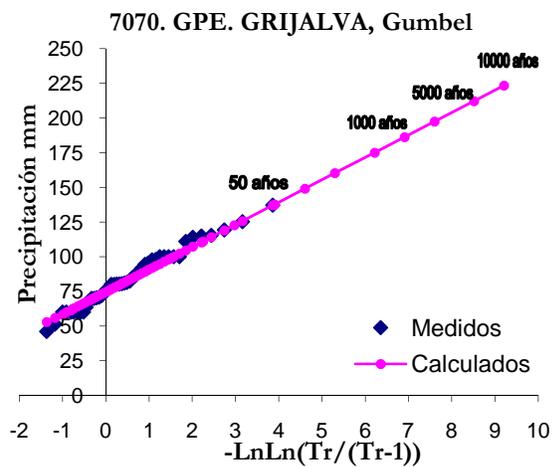
7054	
Año	hp (mm)
2	95
5	124
10	166
20	238
50	324
100	385
200	445
500	522
1000	581
2000	639
5000	716
10000	776



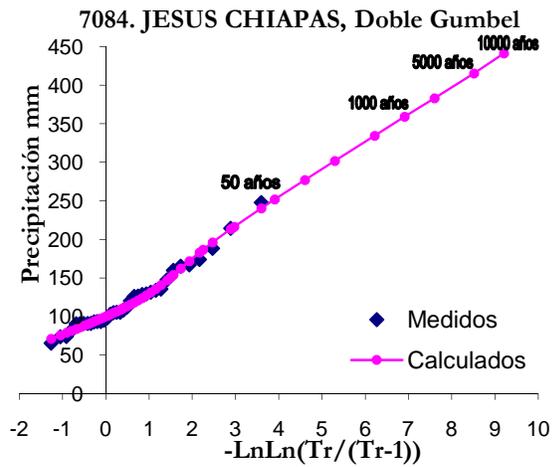
7063	
Año	hp (mm)
2	92
5	111
10	131
20	163
50	209
100	243
200	276
500	319
1000	352
2000	384
5000	426
10000	461



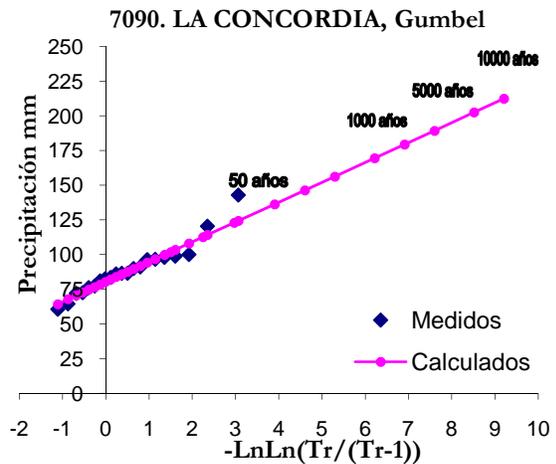
7070	
Año	hp (mm)
2	81
5	99
10	111
20	123
50	138
100	149
200	160
500	175
1000	186
2000	198
5000	212
10000	224



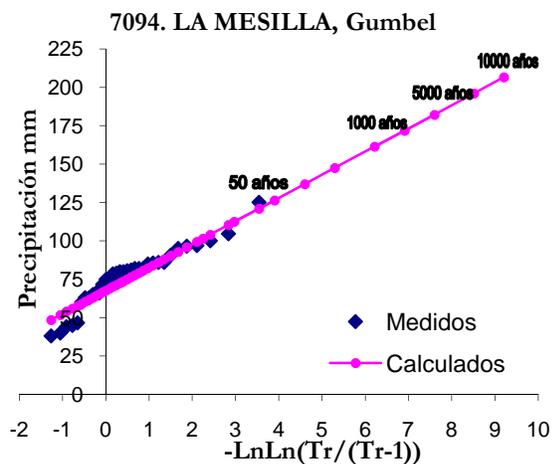
7084	
Año	hp (mm)
2	110
5	151
10	187
20	217
50	252
100	277
200	302
500	334
1000	359
2000	383
5000	416
10000	441



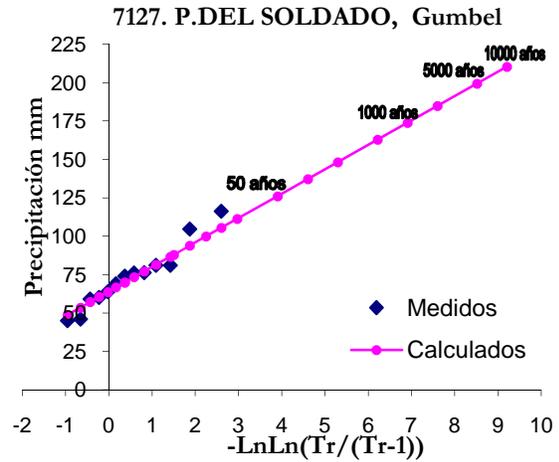
7090	
Año	hp (mm)
2	86
5	102
10	113
20	123
50	136
100	146
200	156
500	170
1000	179
2000	189
5000	203
10000	212



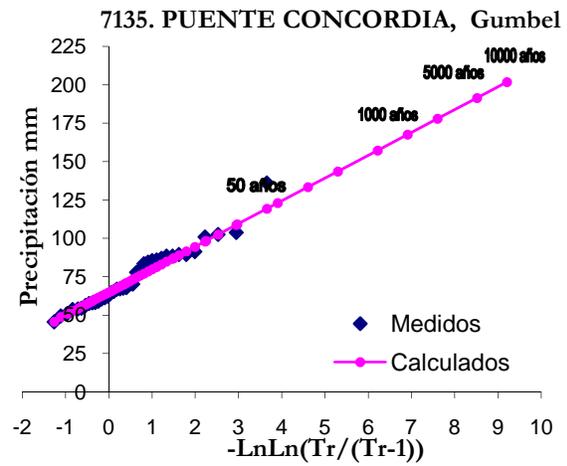
7094	
Año	hp (mm)
2	73
5	90
10	102
20	112
50	126
100	137
200	147
500	161
1000	172
2000	182
5000	196
10000	206



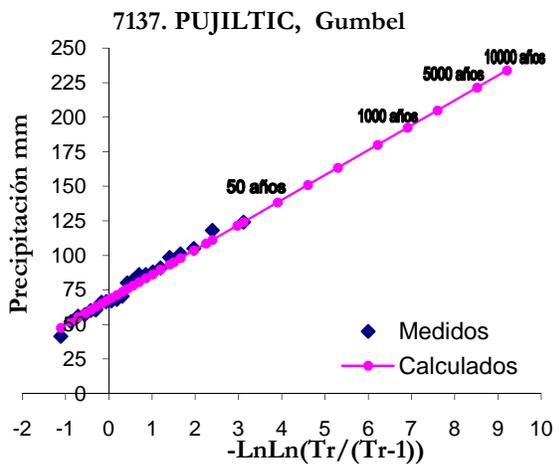
7127	
Año	hp (mm)
2	70
5	88
10	100
20	111
50	126
100	137
200	148
500	163
1000	174
2000	185
5000	199
10000	210



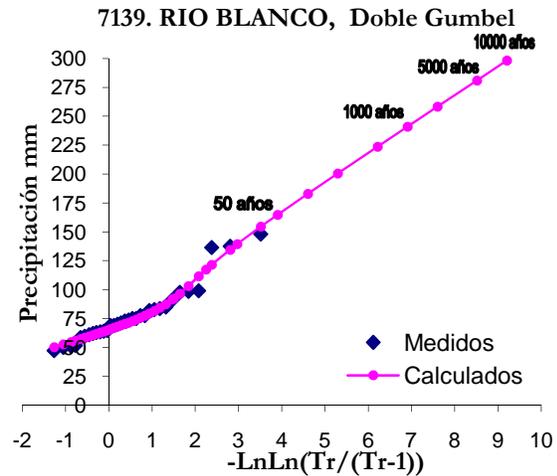
7135	
Año	hp (mm)
2	70
5	87
10	98
20	109
50	123
100	133
200	144
500	157
1000	168
2000	178
5000	191
10000	202



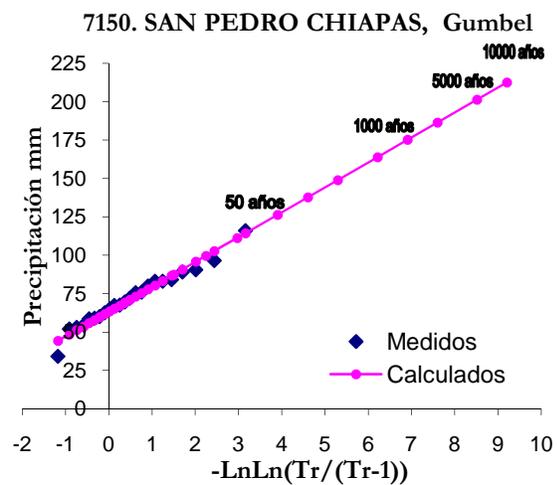
7137	
Año	hp (mm)
2	75
5	95
10	109
20	122
50	138
100	151
200	163
500	180
1000	192
2000	205
5000	221
10000	234



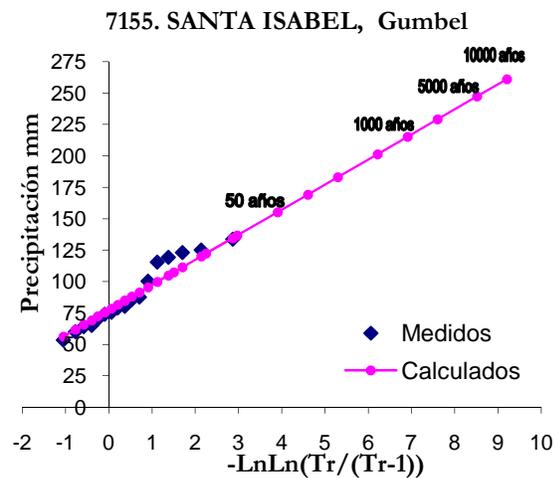
7139	
Año	hp (mm)
2	70
5	92
10	117
20	139
50	165
100	183
200	201
500	224
1000	241
2000	258
5000	281
10000	298



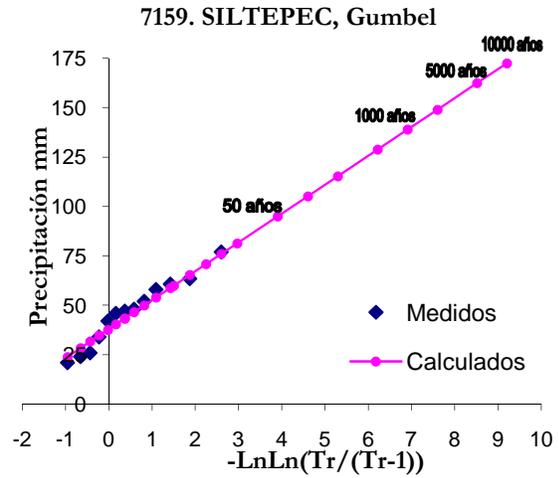
7150	
Año	hp (mm)
2	69
5	87
10	100
20	111
50	126
100	138
200	149
500	164
1000	175
2000	186
5000	201
10000	212



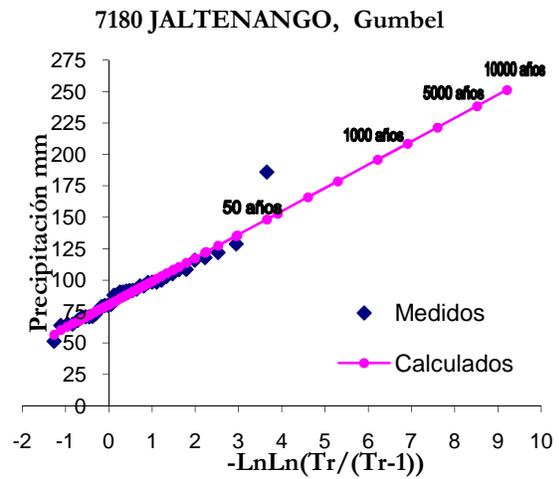
7155	
Año	hp (mm)
2	85
5	107
10	122
20	137
50	155
100	169
200	183
500	201
1000	215
2000	229
5000	247
10000	261



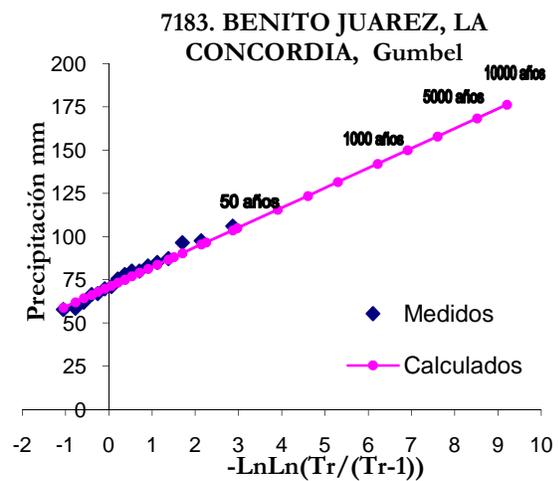
7159	
Año	hp (mm)
2	43
5	60
10	71
20	81
50	95
100	105
200	115
500	129
1000	139
2000	149
5000	162
10000	173



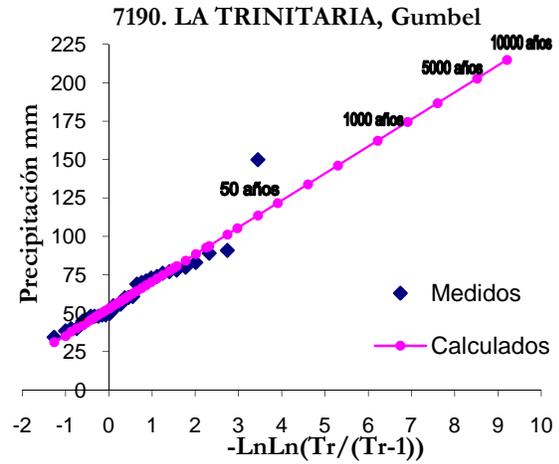
7180	
Año	hp (mm)
2	88
5	109
10	122
20	136
50	153
100	166
200	179
500	196
1000	209
2000	221
5000	238
10000	251



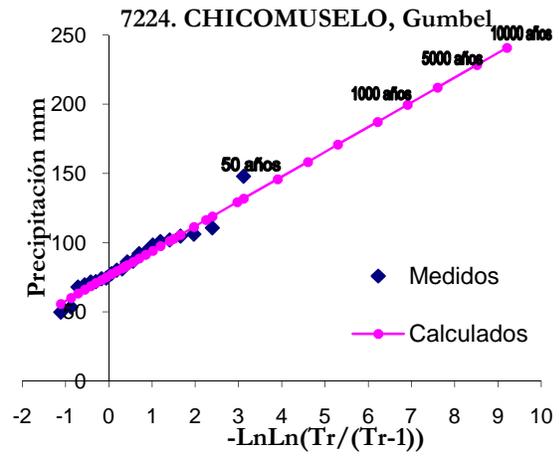
7183	
Año	hp (mm)
2	75
5	88
10	97
20	105
50	116
100	124
200	132
500	142
1000	150
2000	158
5000	168
10000	176



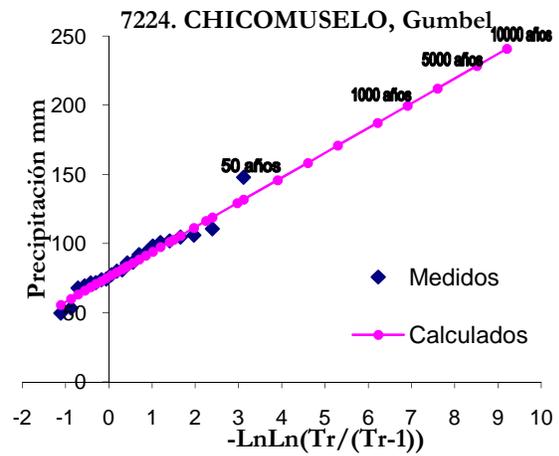
7190	
Año	hp (mm)
2	60
5	80
10	93
20	105
50	122
100	134
200	146
500	162
1000	174
2000	187
5000	203
10000	215



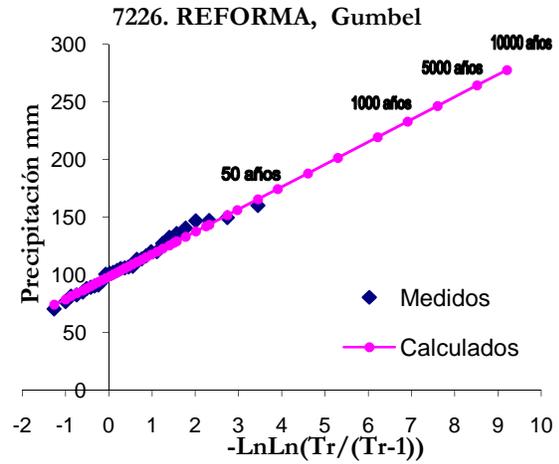
7224	
Año	hp (mm)
2	83
5	103
10	116
20	129
50	146
100	158
200	171
500	187
1000	200
2000	212
5000	228
10000	241



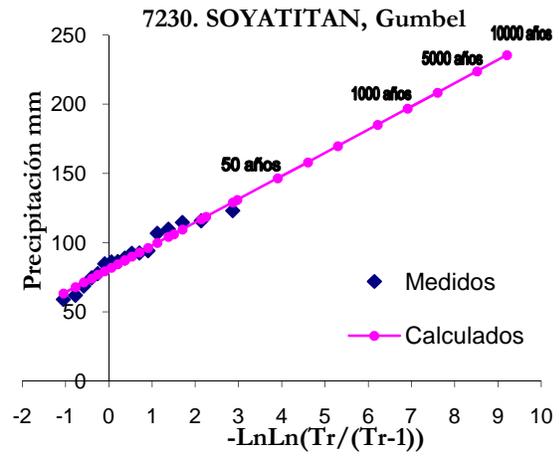
7224	
Año	hp (mm)
2	83
5	103
10	116
20	129
50	146
100	158
200	171
500	187
1000	200
2000	212
5000	228
10000	241



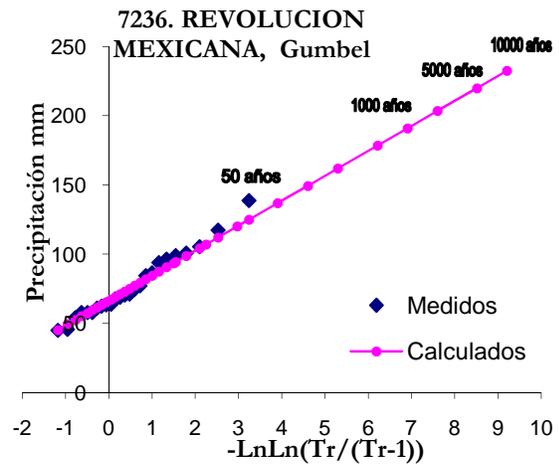
7226	
Año	hp (mm)
2	106
5	128
10	142
20	156
50	174
100	188
200	202
500	219
1000	233
2000	246
5000	264
10000	278



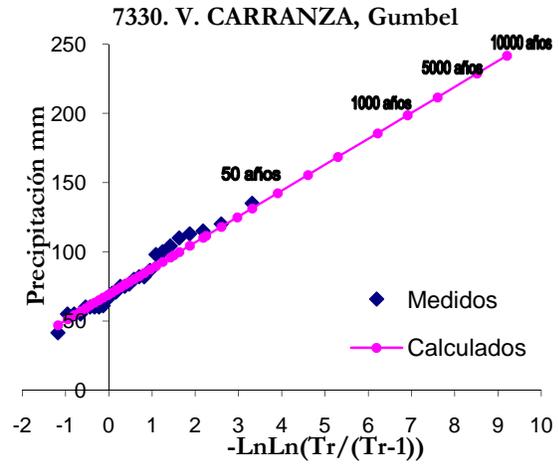
7230	
Año	hp (mm)
2	87
5	106
10	119
20	131
50	146
100	158
200	170
500	185
1000	197
2000	208
5000	224
10000	235



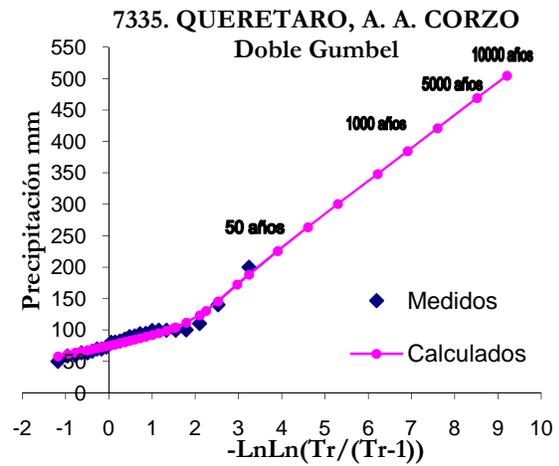
7236	
Año	hp (mm)
2	73
5	94
10	107
20	120
50	137
100	149
200	162
500	178
1000	191
2000	203
5000	220
10000	232



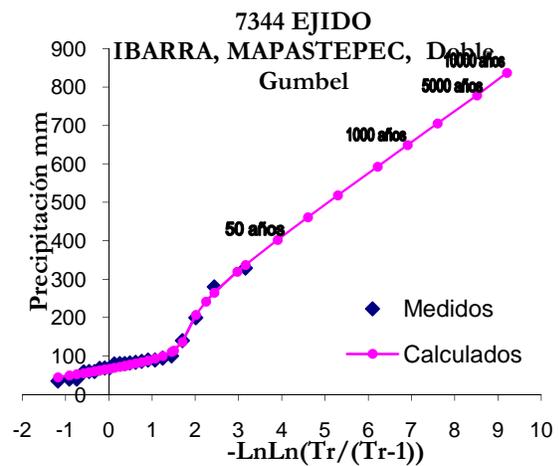
7330	
Año	hp (mm)
2	76
5	98
10	112
20	125
50	142
100	156
200	169
500	186
1000	199
2000	212
5000	229
10000	242



7335	
Año	hp (mm)
2	81
5	103
10	131
20	173
50	226
100	264
200	300
500	348
1000	385
2000	421
5000	469
10000	505



7344	
Año	hp (mm)
2	75
5	115
10	242
20	320
50	403
100	461
200	519
500	593
1000	650
2000	706
5000	779
10000	837



ANEXO C

BIFURCACIÓN

ESTACIONES DE LA CUENCA BIFURCACIÓN

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Bifurcación que fueron utilizadas en el análisis

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7130	PLATANAR, PICHUCALCO	17	34	93	23	64-70/72-85/87-88

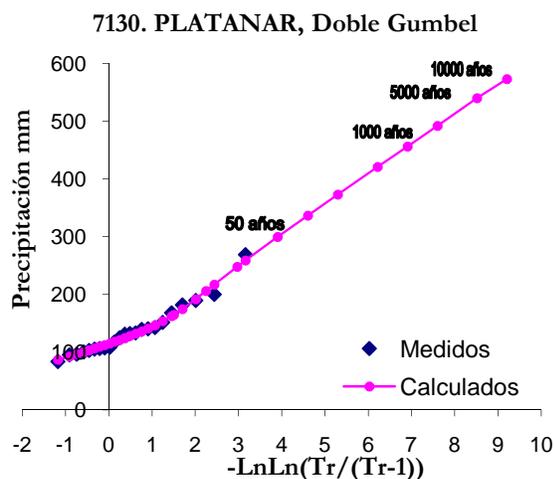
En la siguiente tabla se presenta, para la estación ubicada en la cuenca Bifurcación, los valores de precipitación diaria máximos anuales. En la tabla se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales.

7130 PLATANAR, PICHUCALCO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1964	140	1977	97
1965	117	1978	106
1966	84	1979	125
1967	200	1980	269
1968	140	1981	168
1969	108	1982	101
1970	133	1983	95
1972	133	1984	143
1973	109	1985	107
1974	103	1987	190
1975	152	1988	182
1976	131		
	Media		136
	Desv. Est.		43
	C.V.		0.31

En la siguiente tabla se presenta los resultados de la extrapolación de las precipitaciones diarias máximas anuales para varios periodos de retorno. Se presenta también una muestra de la gráfica de ajuste.

7130	
Año	hp (mm)
2	125
5	165
10	206
20	248
50	300
100	337
200	373
500	421
1000	456
2000	492
5000	540
10000	573



ANEXO D

CHICOASÉN

ESTACIONES DE LA CUENCA CHICOASÉN

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Chicoasén que fueron utilizadas en el análisis.

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7003	ACALA, ACALA	16	33	92	48	63-77, 81-07
7030	CHAMULA, CHAMULA	16	47	92	41	58-67, 72-79, 82-94, 96, 98-04, 07
7031	CHANAL, CHENALHO	16	39	92	15	69-99, 07
7036	CHILIL, HUIXTAN	16	40	92	29	68, 70-86, 89-07
7039	EL BOQUERON, SUCHIAPA	16	38	93	9	49-05
7040	EL BARRERO, IXTAPA	16	47	92	49	51-85, 87-07
7065	F. OCOTITLAN, VILLAFLORES	16	22	93	28	61, 63-69, 71, 73-78, 81-83, 86, 88-06
7076	HUISTAN, HUISTAN	16	42	92	27	65-77, 79-99
7083	IXTAPA, IXTAPA (SMN)	16	46	92	54	48-56, 58-60, 69-76
7086	LA ANGOSTURA, V. ALCALA	16	24	92	46	63-99
7087	LA CABAÑA, S.C.LAS CASAS	16	42	92	37	57-71, 74-07
7091	LA ESCALERA, CHIAPA DE C.	16	31	92	59	54-70, 72-07
7162	SOYALO, SOYALO	16	53	92	55	62-72, 74-90, 95-96
7175	VILLA FLORES (SMN)	16	13	93	15	34-51, 84-02, 04-07
7176	TUXTLA GTZ. (VIVERO CFE)	16	45	93	6	72-82, 89-90, 95-96
7184	CHIAPILLA, CHIAPILLA CFE	16	34	92	43	70, 72-83, 88-90
7188	IXTAPA, IXTAPA (CFE)	16	48	92	54	62-71, 73-99
7202	TUXTLA GUTIERREZ (DGE)	16	45	93	7	51-07
7358	FLORES MAGON, V. CARRANZA	16	23	92	41	83-85, 87-07
7372	BERRIOZABAL, BERRIOZABAL	16	47	93	15	89-07

En las siguientes tablas se presenta, para cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca de Chicoasén, los valores de la precipitación diaria máxima anual dada en milímetros. En las tablas se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales.

7003 ACALA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1963	79	1987	80
1964	80	1988	62
1965	56	1989	60
1966	62	1990	57
1967	59	1991	89
1968	64	1992	116
1969	147	1993	101
1970	80	1994	59
1971	58	1995	106
1972	114	1996	110
1973	95	1997	182
1974	48	1998	120
1975	66	1999	115
1976	200	2000	76
1977	54	2001	65
1981	67	2002	74
1982	105	2003	50
1983	93	2004	92
1984	82	2005	83
1985	65	2006	54
1986	79	2007	98
		Media	86
		Desv. Est.	35
		C.V.	0.41

7030 CHAMULA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1958	59	1984	42
1959	44	1985	91
1960	75	1986	54
1961	60	1987	60
1962	50	1988	47
1963	60	1989	98
1964	46	1990	58
1965	54	1991	73
1966	64	1992	49
1967	60	1993	52
1972	39	1994	80
1973	93	1996	40
1974	106	1998	55
1975	82	1999	56
1976	45	2000	50
1977	79	2001	65
1978	80	2002	41
1979	41	2003	59
1982	35	2004	54
1983	85	2007	89
		Media	62
		Desv. Est.	18
		C.V.	0.3

7031 CHANAL, CHENALHO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1969	47	1985	80
1970	41	1986	102
1971	84	1987	52
1972	45	1988	50
1973	50	1989	63
1974	62	1990	40
1975	60	1991	47
1976	67	1992	40
1977	65	1993	50
1978	65	1994	40
1979	71	1995	35
1980	63	1996	30
1981	63	1997	23
1982	95	1998	40
1983	55	1999	56
1984	75	2007	117
		Media	59
		Desv. Est.	21
		C.V.	0.36

7036 CHILIL, HUIXTAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1968	62	1990	56
1970	157	1991	73
1971	111	1992	104
1972	46	1993	88
1973	44	1994	60
1974	48	1995	80
1975	56	1996	60
1976	60	1997	76
1977	35	1998	81
1978	36	1999	50
1979	78	2000	56
1980	70	2001	82
1981	45	2002	46
1982	60	2003	48
1983	40	2004	60
1984	55	2005	32
1985	71	2006	64
1986	71	2007	75
1989	75		
		Media	65
		Desv. Est.	24
		C.V.	0.36

7039 EL BOQUERON, SUCHIAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1949	42	1978	60
1950	42	1979	70
1951	45	1980	72
1952	36	1981	60
1953	33	1982	70
1954	58	1983	75
1955	42	1984	76
1956	127	1985	92
1957	34	1986	58
1958	120	1987	69
1959	64	1988	82
1960	135	1989	75
1961	55	1990	61
1962	62	1991	74
1963	64	1992	78
1964	77	1993	69
1965	63	1994	70
1966	73	1995	100
1967	59	1996	145
1968	51	1997	85
1969	55	1998	144
1970	61	1999	87
1971	92	2000	61
1972	48	2001	84
1973	76	2002	79
1974	92	2003	65
1975	68	2004	47
1976	60	2005	70
1977	77		
		Media	72
		Desv. Est.	25
		C.V.	0.35

7040 EL BARRERO, IXTAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1951	97	1979	58
1952	77	1980	107
1953	94	1981	64
1954	79	1982	93
1955	67	1983	84
1956	69	1984	73
1957	52	1985	60
1958	95	1987	100
1959	104	1988	71
1960	62	1989	64
1961	54	1990	50
1962	57	1991	100
1963	46	1992	67
1964	40	1993	66
1965	52	1994	71
1966	58	1995	93
1967	54	1996	78
1968	71	1997	54
1969	47	1998	75
1970	62	1999	73
1971	51	2000	110
1972	54	2001	54
1973	118	2002	69
1974	84	2003	77
1975	65	2004	74
1976	46	2005	81
1977	68	2006	76
1978	59	2007	76
		Media	71
		Desv. Est.	18
		C.V.	0.26

7065 F. OCOTITLAN, VILLAFLORES

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1961	60	1988	90
1963	91	1989	80
1964	28	1990	60
1965	62	1991	55
1966	65	1992	80
1967	71	1993	80
1968	36	1994	40
1969	26	1995	40
1971	50	1996	40
1973	67	1997	80
1974	65	1998	80
1975	95	1999	60
1976	41	2000	81
1977	55	2001	76
1978	76	2002	81
1981	71	2003	90
1982	65	2004	62
1983	73	2005	42
1986	64	2006	47
		Media	64
		Desv. Est.	18
		C.V.	0.29

7076 HUISTAN, HUISTAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1965	42	1983	62
1966	60	1984	42
1967	36	1985	50
1968	46	1986	45
1969	58	1987	39
1970	35	1988	51
1971	57	1989	45
1972	39	1990	40
1973	78	1991	45
1974	46	1992	74
1975	53	1993	45
1976	56	1994	48
1977	96	1995	48
1979	48	1996	39
1980	64	1997	59
1981	36	1998	57
1982	77	1999	61
		Media	52
		Desv. Est.	14
		C.V.	0.26

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1948	62	1959	70
1949	78	1960	60
1950	100	1969	31
1951	80	1970	40
1952	180	1971	65
1953	50	1972	60
1954	70	1973	35
1955	85	1974	32
1956	60	1975	35
1958	41	1976	102
		Media	67
		Desv. Est.	34
		C.V.	0.51

7086 LA ANGOSTURA, V. ALCALA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1963	95	1982	85
1964	93	1983	85
1965	73	1984	81
1966	82	1985	111
1967	61	1986	71
1968	109	1987	68
1969	81	1988	60
1970	89	1989	71
1971	73	1990	62
1972	50	1991	106
1973	91	1992	100
1974	116	1993	85
1975	70	1994	51
1976	86	1995	84
1977	80	1996	112
1978	74	1997	47
1979	89	1998	65
1980	105	1999	77
1981	113	Media	82
		Desv. Est.	18
		C.V.	0.22

7087 LA CABAÑA, S.C.LAS CASAS

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1957	53	1984	70
1958	70	1985	52
1959	77	1986	54
1960	97	1987	80
1961	84	1988	76
1962	58	1989	66
1963	82	1990	41
1964	43	1991	37
1965	43	1992	70
1966	58	1993	54
1967	60	1994	42
1968	47	1995	44
1969	60	1996	93
1970	61	1997	68
1971	50	1998	74
1974	56	1999	53
1975	44	2000	77
1976	71	2001	59
1977	43	2002	49
1978	54	2003	52
1979	46	2004	65
1980	99	2005	105
1981	39	2006	75
1982	66	2007	45
1983	55		
		Media	61
		Desv. Est.	17
		C.V.	0.27

7091 LA ESCALERA, CHIAPA DE C.

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1954	76	1982	55
1955	65	1983	75
1956	70	1984	55
1957	74	1985	83
1958	113	1986	60
1959	62	1987	76
1960	80	1988	107
1961	68	1989	89
1962	73	1990	52
1963	75	1991	58
1964	75	1992	74
1965	67	1993	58
1966	77	1994	116
1967	80	1995	84
1968	67	1996	110
1969	103	1997	69
1970	99	1998	77
1972	60	1999	70
1973	55	2000	48
1974	89	2001	88
1975	83	2002	53
1976	108	2003	58
1977	64	2004	58
1978	74	2005	66
1979	69	2006	76
1980	70	2007	69
1981	59		
		Media	74
		Desv. Est.	17
		C.V.	0.22

7175 VILLA FLORES (SMN)

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1934	62	1987	74
1935	52	1988	70
1936	95	1989	60
1937	78	1990	70
1938	55	1991	70
1939	58	1992	126
1940	81	1993	59
1941	56	1994	64
1942	68	1995	74
1943	73	1996	78
1944	135	1997	73
1945	60	1998	74
1946	83	1999	62
1947	59	2000	216
1948	95	2001	101
1949	65	2002	66
1950	71	2004	80
1951	79	2005	116
1984	109	2006	88
1985	73	2007	82
1986	68		
		Media	80
		Desv. Est.	29
		C.V.	0.36

7176 TUXTLA GTZ. (VIVERO CFE)

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1972	37	1980	53
1973	78	1981	59
1974	64	1982	60
1975	82	1989	88
1976	100	1990	72
1977	54	1995	84
1978	47	1996	62
1979	79		
		Media	68
		Desv. Est.	17
		C.V.	0.25

7184 CHIAPILLA, CHIAPILLA CFE

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1970	84	1979	87
1972	71	1980	102
1973	101	1981	87
1974	46	1982	100
1975	74	1983	77
1976	83	1988	40
1977	71	1989	56
1978	68	1990	92
		Media	77
		Desv. Est.	19
		C.V.	0.24

7202 TUXTLA GUTIERREZ (DGE)

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1951	62	1980	50
1952	60	1981	59
1953	51	1982	60
1954	64	1983	80
1955	77	1984	148
1956	81	1985	73
1957	60	1986	105
1958	96	1987	77
1959	66	1988	66
1960	64	1989	87
1961	106	1990	63
1962	69	1991	82
1963	56	1992	40
1964	46	1993	82
1965	104	1994	72
1966	76	1995	78
1967	95	1996	72
1968	52	1997	49
1969	74	1998	61
1970	62	1999	54
1971	59	2000	53
1972	64	2001	52
1973	88	2002	78
1974	87	2003	85
1975	80	2004	92
1976	97	2005	50
1977	59	2006	63
1978	47	2007	78
1979	76		
		Media	72
		Desv. Est.	19
		C.V.	0.27

7372 BERRIOZABAL, BERRIOZABAL

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1989	117	1999	60
1990	47	2000	76
1991	97	2001	82
1992	70	2002	79
1993	45	2003	226
1994	42	2004	45
1995	60	2005	65
1996	73	2006	57
1997	108	2007	74
1998	120		
		Media	81
		Desv. Est.	42
		C.V.	0.52

7188 IXTAPA, IXTAPA (CFE)

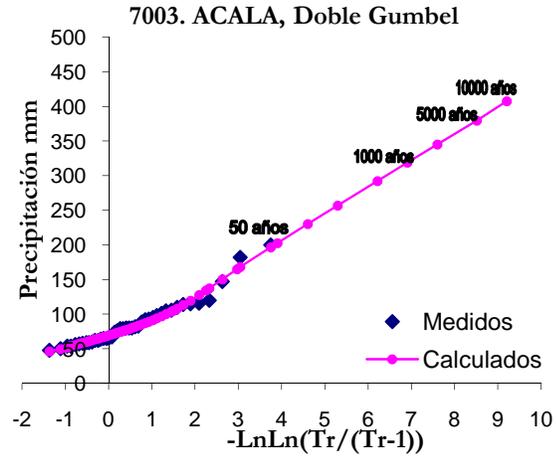
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	57	1982	75
1963	73	1983	92
1964	64	1984	124
1965	53	1985	70
1966	49	1986	90
1967	67	1987	60
1968	45	1988	60
1969	45	1989	48
1970	68	1990	53
1971	40	1991	100
1973	50	1992	52
1974	43	1993	60
1975	55	1994	40
1976	33	1995	63
1977	45	1996	81
1978	60	1997	45
1979	48	1998	100
1980	85	1999	80
1981	88		
		Media	64
		Desv. Est.	20
		C.V.	0.32

7358 FLORES MAGON, V. CARRANZA

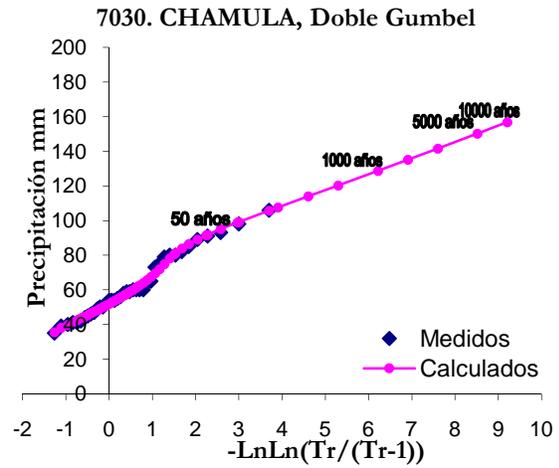
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1983	120	1996	120
1984	115	1997	75
1985	75	1998	65
1987	45	1999	138
1988	120	2000	135
1989	111	2001	66
1990	96	2002	84
1991	83	2003	81
1992	83	2004	95
1993	69	2005	141
1994	69	2006	170
1995	110	2007	75
		Media	97
		Desv. Est.	30
		C.V.	0.31

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la exhp (mm)apolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se presenta también una mueshp (mm)a de la gráfica de ajuste.

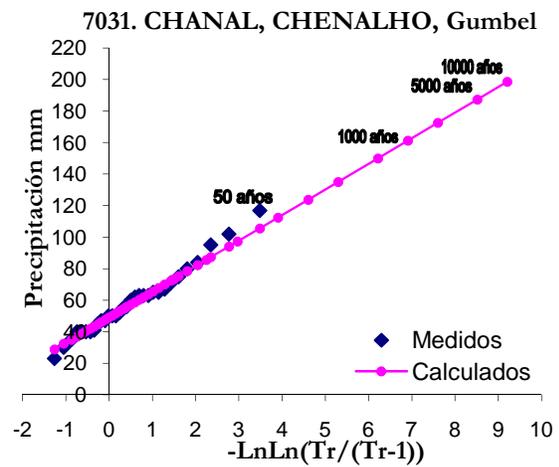
7003	
Año	hp (mm)
2	77
5	106
10	134
20	165
50	203
100	230
200	257
500	292
1000	319
2000	345
5000	380
10000	408



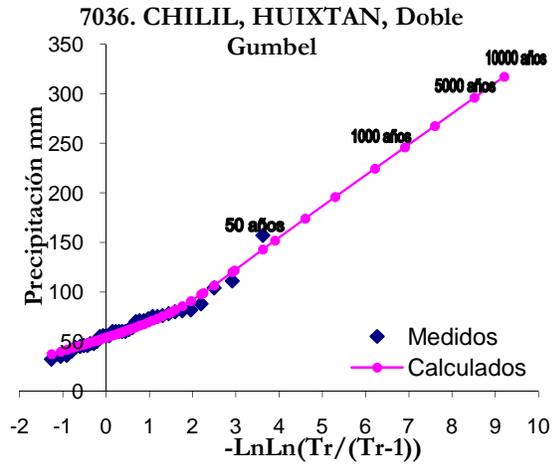
7030	
Año	hp (mm)
2	57
5	81
10	92
20	99
50	108
100	114
200	120
500	129
1000	135
2000	142
5000	150
10000	157



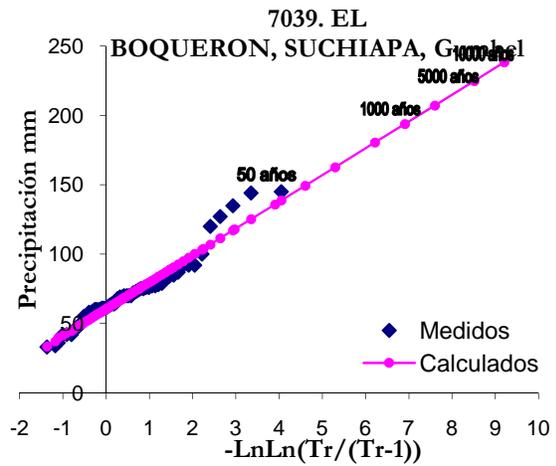
7031	
Año	hp (mm)
2	55
5	74
10	86
20	97
50	113
100	124
200	135
500	150
1000	161
2000	173
5000	187
10000	199



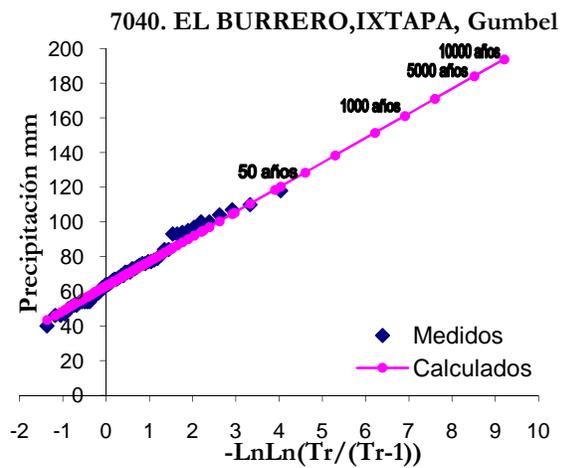
7036	
Año	hp (mm)
2	60
5	80
10	99
20	122
50	152
100	174
200	196
500	225
1000	246
2000	267
5000	296
10000	317



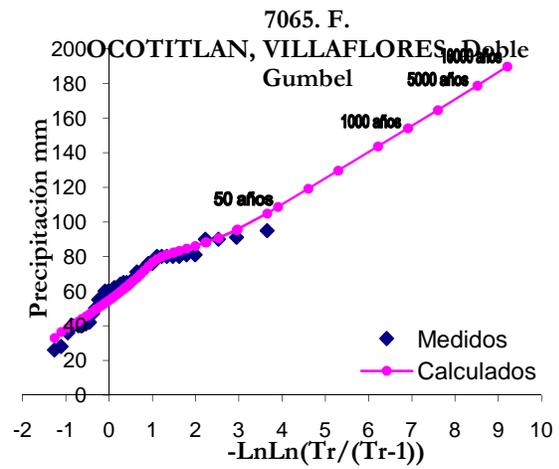
7039	
Año	hp (mm)
2	68
5	90
10	104
20	118
50	136
100	149
200	163
500	180
1000	194
2000	207
5000	225
10000	238



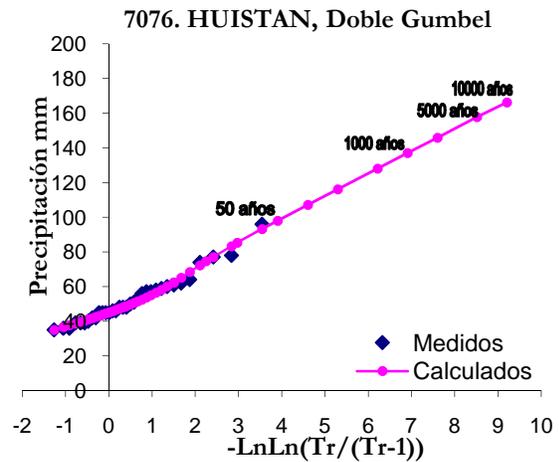
7040	
Año	hp (mm)
2	68
5	85
10	95
20	105
50	119
100	129
200	138
500	151
1000	161
2000	171
5000	184
10000	194



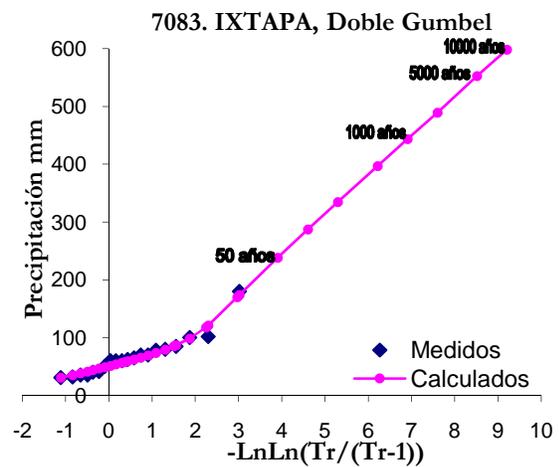
7065	
Año	hp (mm)
2	62
5	82
10	88
20	96
50	109
100	119
200	130
500	144
1000	154
2000	165
5000	179
10000	190



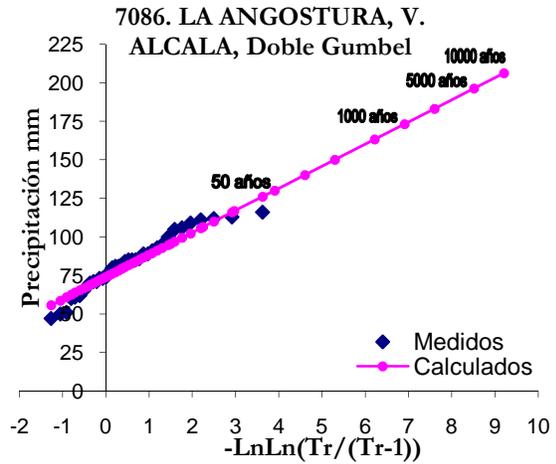
7076	
Año	hp (mm)
2	48
5	62
10	75
20	85
50	98
100	107
200	116
500	128
1000	137
2000	146
5000	158
10000	166



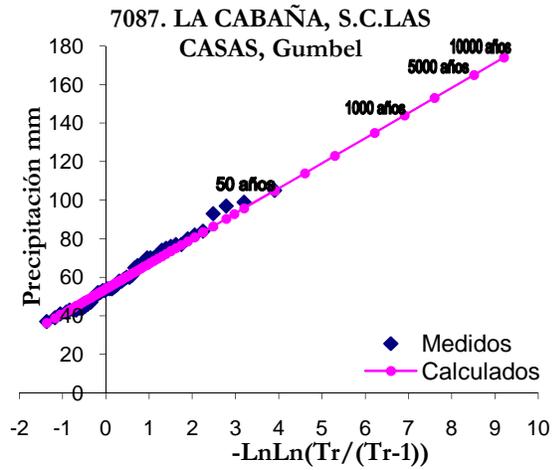
7083	
Año	hp (mm)
2	58
5	85
10	118
20	170
50	239
100	287
200	335
500	397
1000	444
2000	490
5000	553
10000	599



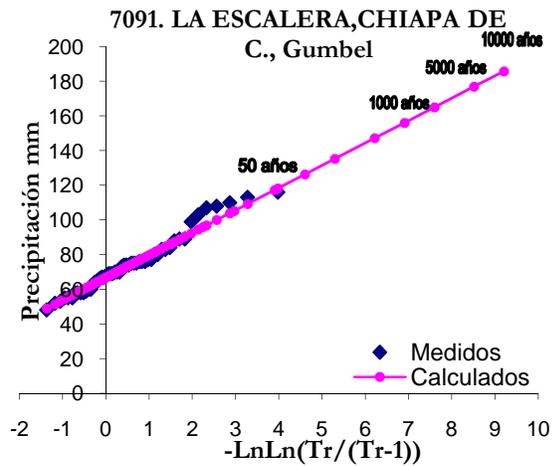
7086	
Año	hp (mm)
2	79
5	96
10	106
20	117
50	130
100	140
200	150
500	163
1000	173
2000	183
5000	196
10000	206



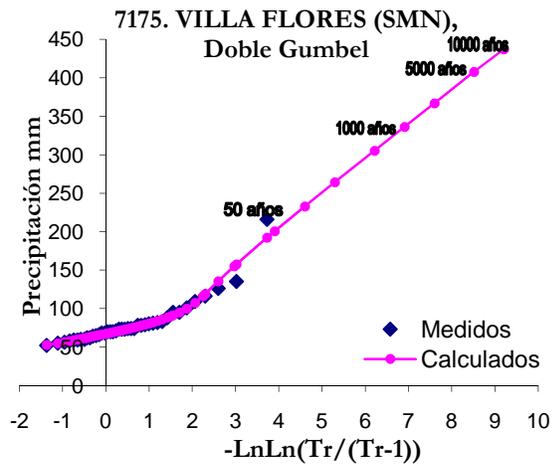
7087	
Año	hp (mm)
2	59
5	74
10	83
20	93
50	105
100	114
200	123
500	135
1000	144
2000	153
5000	165
10000	174



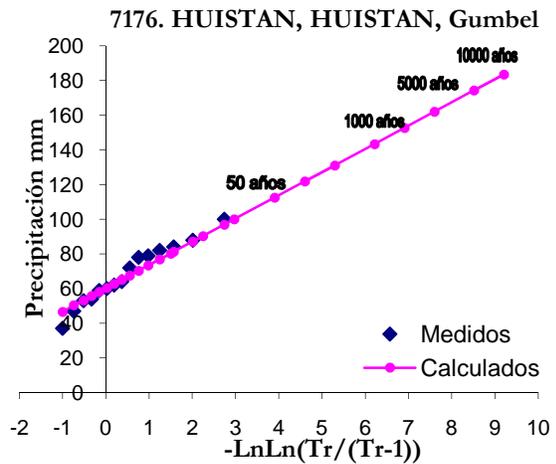
7091	
Año	hp (mm)
2	72
5	86
10	96
20	105
50	117
100	126
200	135
500	147
1000	156
2000	165
5000	177
10000	186



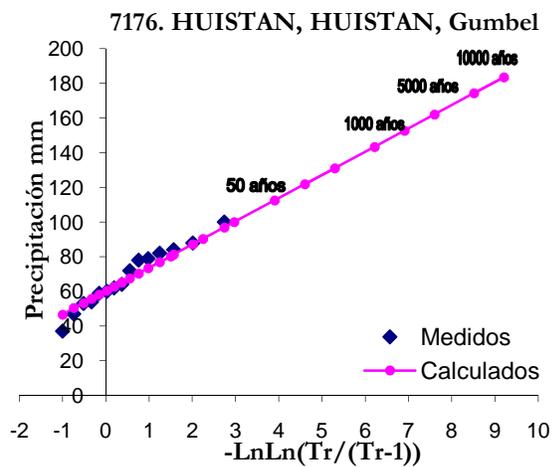
7175	
Año	hp (mm)
2	72
5	90
10	116
20	155
50	201
100	233
200	264
500	305
1000	336
2000	367
5000	408
10000	437



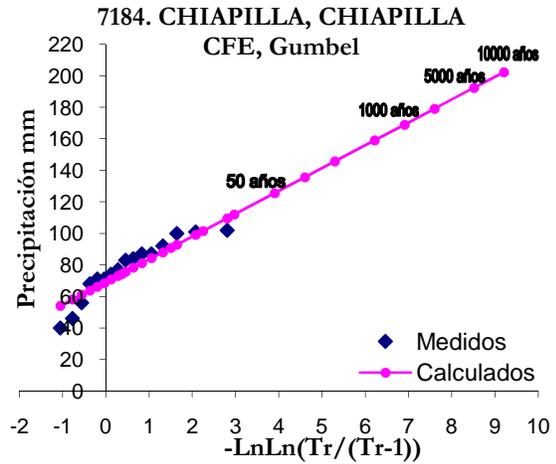
7176	
Año	hp (mm)
2	65
5	80
10	90
20	100
50	112
100	122
200	131
500	143
1000	153
2000	162
5000	174
10000	184



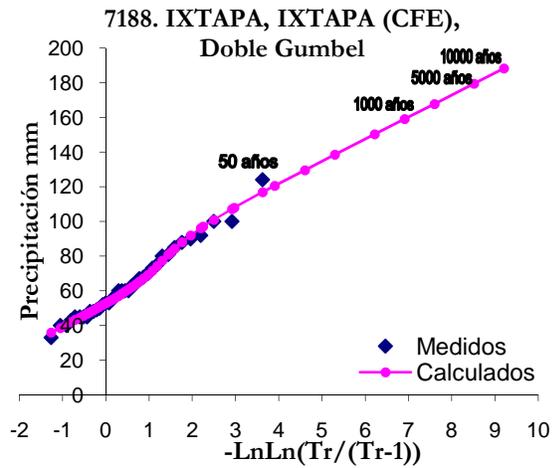
7176	
Año	hp (mm)
2	65
5	80
10	90
20	100
50	112
100	122
200	131
500	143
1000	153
2000	162
5000	174
10000	184



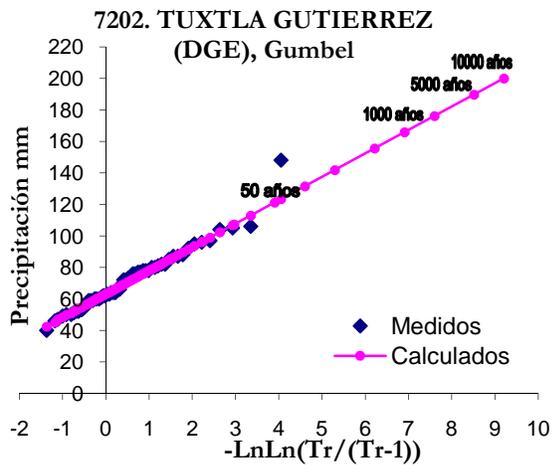
7184	
Año	hp (mm)
2	74
5	91
10	102
20	112
50	126
100	136
200	146
500	159
1000	169
2000	179
5000	192
10000	202



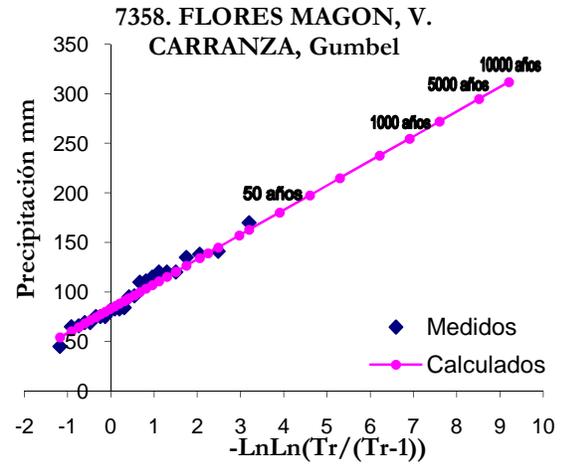
7188	
Año	hp (mm)
2	58
5	82
10	97
20	108
50	121
100	130
200	139
500	150
1000	159
2000	168
5000	180
10000	188



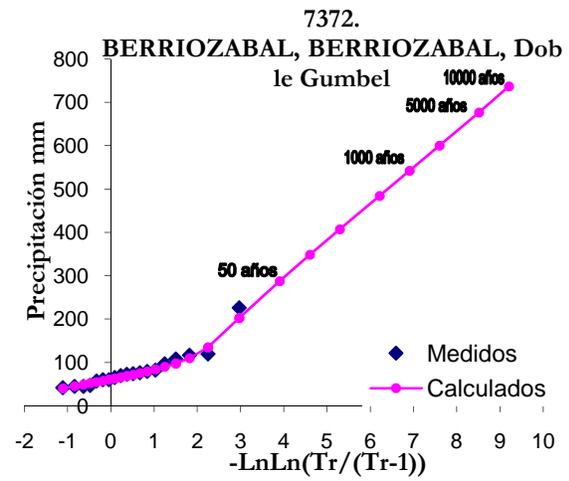
7202	
Año	hp (mm)
2	69
5	85
10	97
20	107
50	121
100	132
200	142
500	155
1000	166
2000	176
5000	190
10000	200



7358	
Año	hp (mm)
2	92
5	121
10	139
20	157
50	180
100	198
200	215
500	238
1000	255
2000	272
5000	295
10000	312



7372	
Año	hp (mm)
2	69
5	98
10	135
20	202
50	288
100	348
200	408
500	485
1000	543
2000	601
5000	677
10000	737



ANEXO E

MALPASO

ESTACIONES DE LA CUENCA MALPASO

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Malpaso que fueron utilizadas en el análisis.

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7015	BOCHIL, BOCHIL	16	59	92	53	44-48, 50-87, 89-07
7016	BONBANA, BOCHIL	16	56	93	1	45-50/52-72/74-99
7027	COPAINALA, COPAINALA	17	5	93	13	27-29/31/33-64/66-69
7035	CHICOASEN, CHICOASEN	16	56	93	5	62-99
7050	EL PROGRESO, OCOZOCOAUTLA	17	2	93	18	54-62/64/67-85/88-07
7069	GRIJALVA, CHICOASEN	16	58	93	8	65-86/97-00/03
7093	LA LIBERTAD, JIQUIPILAS	16	33	93	39	64/68-04
7100	LA UNION, CINTALAPA	16	39	93	48	63-64/69-92/94-00/02-05/07
7102	LAS FLORES, JIQUIPILAS	16	41	93	33	49/51-07
7123	OCOZOCUAUTLA	16	45	93	22	40/42-48/50-07
7142	SAN ANTONIO, OCOZOCUAUTLA	16	33	93	26	65-83
7148	SAN JUAN, SAN FERNANDO	17	2	93	20	62-70/72-83
7156	SANTA MARIA, CINTALAPA	16	56	93	49	61-01
7178	YAMONHO, TECPATAN	17	7	93	19	68-70/72-02
7238	CATARINAS, JIQUIPILAS	16	27	93	46	87-00/05-07
7343	CUAHUTEMOC, IXTAPA	16	45	92	55	82-85/92-94/96-07
7355	UNION ZARAGOZA, JITOTOL	17	4	92	51	82-07
7360	LUIS ESPINOZA, TECPATAN	17	8	93	25	82-07
7363	LA SELVA, O. DE ESPINOZA	17	0	93	28	82-99

En las siguientes tablas se presenta, para cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca Malpaso, los valores de la precipitación diaria máxima anual. En las tablas se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales.

7015 BOCHIL, BOCHIL

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1944	80.5	1974	36
1945	35.5	1975	36
1946	25	1976	70
1947	60	1977	60
1948	86	1978	50
1950	62.5	1979	28
1951	72.7	1980	40
1952	82.1	1981	59
1953	43.6	1982	73
1954	60	1983	265
1955	48	1984	87
1956	53.5	1985	96
1957	54.5	1986	37
1958	57.5	1987	25.5
1959	47	1989	80
1960	145	1990	63
1961	93	1991	60
1962	64	1992	58
1963	51	1993	45.6
1964	69	1994	58.9
1965	71.5	1995	67.7
1966	78.5	1996	42.4
1967	65.5	1997	23.4
1968	79.5	1998	60.8
1969	56.5	1999	80.5
1970	77	2000	65.2
1971	73.5	2001	58.4
1972	60	2002	81.4
1973	127.5	2003	49.5
		Media	66
		Desv. Est.	35
		C.V.	0.52

7016 BONBANA, BOCHIL

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1945	71.5	1974	72
1946	61.3	1975	38.5
1947	70.5	1976	48
1948	68	1977	84
1949	80	1978	59
1950	123	1979	71.5
1952	65	1980	39
1953	57	1981	52.5
1954	104	1982	51.5
1955	73.6	1983	55.5
1956	78	1984	53.5
1957	60	1985	58.5
1958	54.5	1986	95.5
1959	60	1987	95
1960	69	1988	65.5
1961	67.2	1989	62.5
1962	52.5	1990	60.5
1963	84	1991	40.5
1964	86.5	1992	60.5
1965	56.5	1993	62.5
1966	76.5	1994	62.5
1967	63.5	1995	70.2
1968	64.8	1996	61.1
1969	61	1997	65.1
1970	66	1998	70
1971	53.5	1999	80.3
1972	53		
		Media	66
		Desv. Est.	16
		C.V.	0.23

7027 BONBANA, BOCHIL

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1927	90.3	1948	75
1928	56.5	1949	80
1929	93.5	1950	100
1931	140	1951	202
1933	91	1954	42
1934	72	1955	124
1935	98.5	1956	60
1936	77	1957	45
1937	85.5	1958	60
1938	5.5	1959	80
1939	48.5	1960	60
1940	80.9	1961	75
1941	80	1962	36
1942	20.5	1963	105
1943	25	1964	26
1944	18	1966	30
1945	47	1967	62.5
1946	20	1968	52
1947	29	1969	68.5
		Media	67
		Desv. Est.	38
		C.V.	0.56

7035 CHICOASEN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	61.5	1981	70
1963	66	1982	70.9
1964	84.1	1983	57.6
1965	53.4	1984	73.9
1966	66.5	1985	87.6
1967	59	1986	96.7
1968	89	1987	108
1969	70.4	1988	66.3
1970	49	1989	65
1971	51	1990	59
1972	66.7	1991	96.8
1973	116	1992	61.9
1974	62.5	1993	58.4
1975	46	1994	34.9
1976	75.5	1995	49.5
1977	57	1996	66.5
1978	72.5	1997	68.6
1979	82	1998	116
1980	63.5	1999	93.7
		Media	71
		Desv. Est.	19
		C.V.	0.26

7050 EL PROGRESO, OCOZOCOAUTLA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1954	130.5	1982	100.3
1955	86	1983	85
1956	147	1984	94
1957	81.5	1985	80
1958	75	1988	81
1959	100	1989	70
1960	93.5	1990	65
1961	120	1991	84
1962	72	1992	67
1964	72.2	1993	60
1967	257	1994	52
1968	80	1995	61
1969	95	1996	81
1970	116	1997	66
1971	92	1998	20
1972	112.5	1999	70
1973	120	2000	47
1974	125	2001	86
1975	93	2002	64
1976	67.5	2003	88.9
1977	81.1	2004	43.6
1978	47	2005	85.8
1979	95	2006	85.6
1980	80	2007	60.4
1981	180		
		Media	88
		Desv. Est.	37
		C.V.	0.42

7069 GRIJALVA, CHICOASEN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1965	58.5	1979	110
1966	71	1980	75
1967	61.9	1981	77.7
1968	52.8	1982	76.2
1969	57	1983	41.5
1970	40	1984	60.6
1971	50	1985	77
1972	48.1	1986	90.3
1973	140.4	1997	58.2
1974	64.6	1998	60.9
1975	40.2	1999	80.2
1976	82.6	2000	80.7
1977	65.9	2003	86
1978	90		
		Media	70
		Desv. Est.	22
		C.V.	0.31

7093 LA LIBERTAD, JIQUIPILAS

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1964	58	1986	100.8
1968	36	1987	52
1969	40.7	1988	55
1970	80	1989	136
1971	88.5	1990	67
1972	80.5	1991	80.2
1973	85	1992	72
1974	80.5	1993	50.5
1975	84	1994	68
1976	90.3	1995	76
1977	80.5	1996	70
1978	70	1997	83.3
1979	100.4	1998	80
1980	127	1999	82.2
1981	135	2000	97
1982	100	2001	78
1983	80	2002	80
1984	80	2003	80.5
1985	92.6	2004	85
		Media	81
		Desv. Est.	22
		C.V.	0.27

7102 LAS FLORES, JIQUIPILAS

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1949	71	1979	81
1951	55.2	1980	94.5
1952	60	1981	67.3
1953	68	1982	82.7
1954	87	1983	76.7
1955	64	1984	65
1956	76	1985	101.5
1957	45	1986	142.5
1958	33	1987	48.4
1959	70	1988	47.8
1960	80	1989	94
1961	56.4	1990	66.3
1962	75.2	1991	52.3
1963	88.8	1992	63.1
1964	78.3	1993	93.7
1965	55.5	1994	80.2
1966	71.6	1995	90.1
1967	63.4	1996	74.3
1968	67.5	1997	59.7
1969	92	1998	109.2
1970	61.8	1999	97.7
1971	85.5	2000	87.9
1972	100.3	2001	64
1973	108	2002	65.6
1974	110.5	2003	97.2
1975	84	2004	64.5
1976	73.8	2005	124
1977	68.7	2006	142.5
1978	114.8	2007	75.5
		Media	79
		Desv. Est.	22
		C.V.	0.28

7123 OCOZOCUAUTLA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1940	71.5	1971	75
1942	39.1	1972	80
1943	94	1973	98
1944	64.5	1974	97
1945	61	1975	53
1946	45	1976	51.5
1947	62	1977	60.5
1948	63	1978	68
1950	20.9	1979	91.5
1951	80	1980	83
1952	68	1981	52.7
1953	62	1982	52.7
1954	58	1983	46
1955	78.5	1984	80
1956	8.5	1985	53.5
1957	45	1986	106.9
1958	63	1987	46.3
1959	76	1988	80
1960	67	1989	93.2
1961	88	1990	96
1962	49	1991	71.6
1963	81	1992	68
1964	72.5	1993	153.4
1965	81	1994	54.5
1966	113	1995	61.7
1967	93.5	1996	89.6
1968	58	1997	60.7
1969	63	1998	86.2
1970	57.5	1999	82.3
		Media	70
		Desv. Est.	23
		C.V.	0.32

7100 LA UNION, CINTALAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1963	55	1986	80
1964	66	1987	65
1969	53.5	1988	77.1
1970	49.5	1989	106
1971	120.1	1990	80.5
1972	63	1991	40
1973	155.5	1992	120.3
1974	106	1994	50
1975	20	1995	76
1976	40	1996	68
1977	80	1997	45
1978	50	1998	56
1979	60	1999	35.5
1980	47	2000	65
1981	56.5	2002	89
1982	50	2003	100
1983	30.7	2004	75
1984	110.5	2005	58
1985	44	2007	41
		Media	68
		Desv. Est.	29
		C.V.	0.42

7142 SAN ANTONIO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1965	117	1975	80.1
1966	72	1976	71.2
1967	66.6	1977	55.6
1968	51	1978	82.7
1969	76	1979	112.8
1970	80	1980	60.4
1971	56	1981	72.3
1972	98.6	1982	85
1973	107.4	1983	87.4
1974	72		
		Media	79
		Desv. Est.	19
		C.V.	0.24

7148 SAN JUAN, SAN FERNANDO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	49	1974	170
1963	107.5	1975	95
1964	80	1976	46
1965	131	1977	40
1966	106	1978	78.5
1967	180	1979	166
1968	60	1980	45.7
1969	91	1981	110
1970	78	1982	68.5
1972	73	1983	51.5
1973	114	Media	92
		Desv. Est.	42
		C.V.	0.45

7156 SANTA MARIA, CINTALAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1961	89.8	1982	91.2
1962	127.5	1983	98.8
1963	90	1984	172.3
1964	112	1985	68
1965	133.4	1986	260.9
1966	63.6	1987	80.7
1967	131.4	1988	68.2
1968	84.6	1989	70.5
1969	102.5	1990	73.7
1970	93.8	1991	56.7
1971	81.8	1992	90.2
1972	125.8	1993	93.9
1973	112	1994	127.5
1974	92.7	1995	144.7
1975	101.2	1996	106.6
1976	82.8	1997	57
1977	103.5	1998	53.7
1978	90.1	1999	77.5
1979	127.1	2000	72.5
1980	110.8	2001	59.3
1981	80.3	Media	99
		Desv. Est.	37
		C.V.	0.37

7178 YAMONHO, TECPATAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1968	188.9	1986	199.5
1969	150	1987	77
1970	174	1988	180
1972	154.3	1989	179.5
1973	317.5	1990	89.5
1974	215	1991	160.7
1975	123.6	1992	162.3
1976	67.8	1993	94.6
1977	101	1994	194.3
1978	292.5	1995	125.6
1979	195	1996	85.5
1980	78.9	1997	55.5
1981	220	1998	91
1982	180	1999	130.1
1983	57	2000	188.1
1984	88.2	2001	75
1985	166	2002	95.7
		Media	146
		Desv. Est.	64
		C.V.	0.44

7238 CATARINAS, JIQUIPILAS

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1987	40	1996	40
1988	43	1997	45
1989	103.5	1998	40
1990	56	1999	100
1991	55	2000	40
1992	45	2005	61.2
1993	80	2006	58
1994	55	2007	76.7
1995	85	Media	60
		Desv. Est.	21
		C.V.	0.35

7343 CUAHUTEMOC, IXTAPA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1982	20.5	1998	79
1983	20.6	1999	88.6
1984	20	2000	56.6
1985	34	2001	65.8
1992	64	2002	62.1
1993	67.5	2003	50.6
1994	59.5	2004	54.8
1996	115.7	2005	57.2
1997	79.5	2006	66.5
		2007	78.3
		Media	60
		Desv. Est.	24
		C.V.	0.41

7355 UNION ZARAGOZA, JITOTOL

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1982	100	1995	60.2
1983	73	1996	70.2
1984	60	1997	59
1985	73	1998	32
1986	100	1999	30
1987	100	2000	52.5
1988	70	2001	60.3
1989	70	2002	65.2
1990	40.3	2003	40
1991	70.2	2004	68.2
1992	80.2	2005	70
1993	48	2006	60
1994	80.1	2007	120.2
		Media	67
		Desv. Est.	21
		C.V.	0.32

7360 LUIS ESPINOZA, TECPATAN

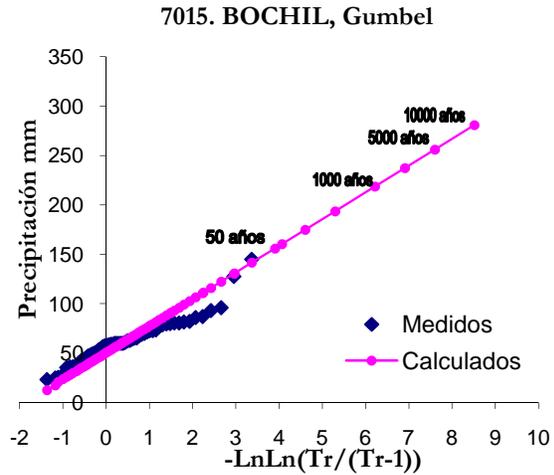
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1982	164	1995	118.3
1983	75.2	1996	136
1984	78	1997	83.7
1985	60.1	1998	156.7
1986	260	1999	196.3
1987	226.5	2000	304.4
1988	226	2001	107.8
1989	125	2002	140
1990	106	2003	152.6
1991	120	2004	246.6
1992	215	2005	88.2
1993	195.6	2006	164.4
1994	90.7	2007	199.6
		Media	155
		Desv. Est.	65
		C.V.	0.42

7363 LA SELVA, O. DE ESPINOZA

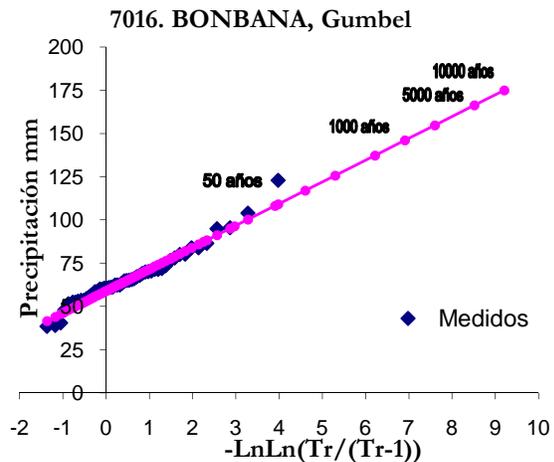
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1982	140.4	1991	103
1983	66.2	1992	90.5
1984	80	1993	78
1985	72	1994	120
1986	74.3	1995	180
1987	87.5	1996	79
1988	110	1997	50.5
1989	95.5	1998	95
1990	210.5		
		Media	102
		Desv. Est.	41
		C.V.	0.41

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se presenta también una muestra de la gráfica de ajuste.

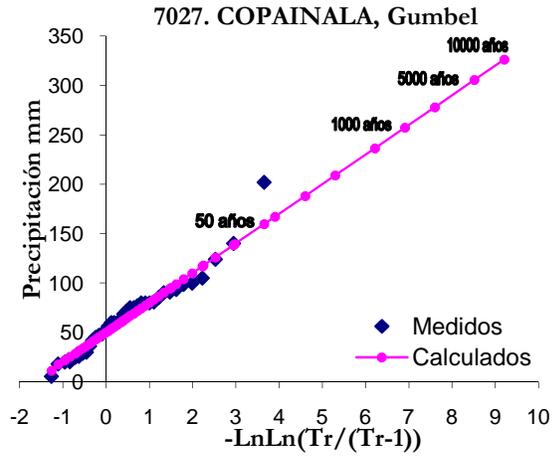
7015	
Año	hp (mm)
2	60
5	91
10	111
20	131
50	156
100	175
200	194
500	219
1000	237
2000	256
5000	281
10000	300



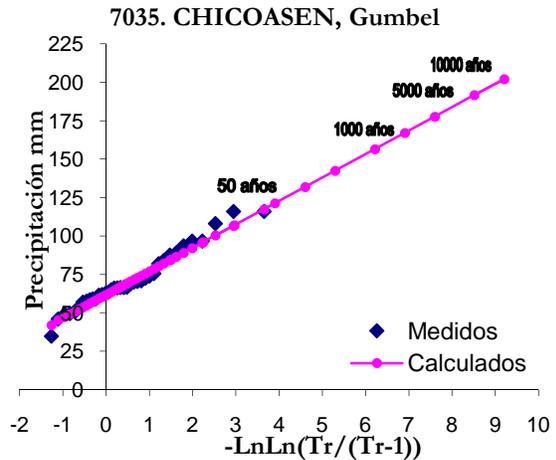
7016	
Año	hp (mm)
2	64
5	78
10	87
20	96
50	108
100	117
200	126
500	137
1000	146
2000	155
5000	166
10000	175



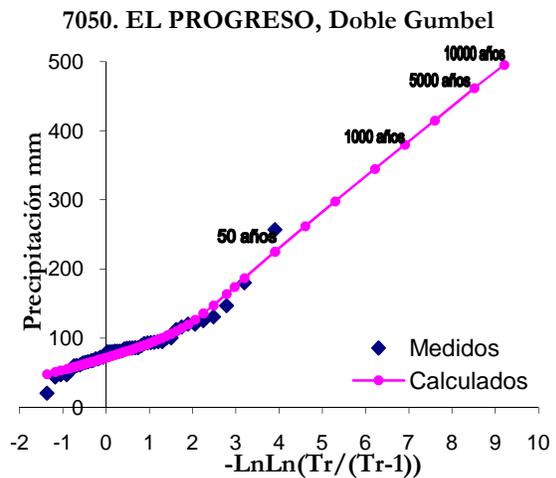
7027	
Año	hp (mm)
2	61
5	95
10	118
20	139
50	167
100	188
200	209
500	237
1000	257
2000	278
5000	306
10000	326



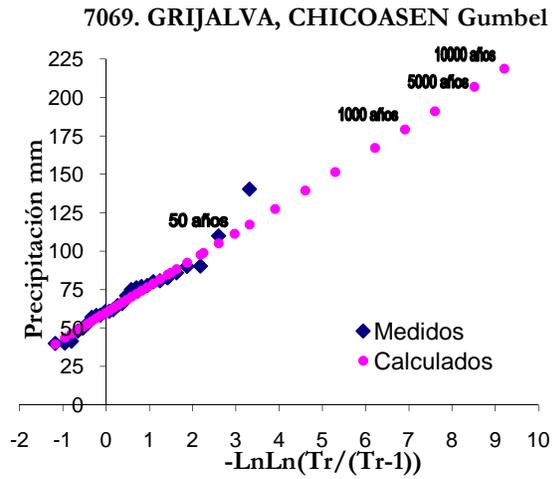
7035	
Año	hp (mm)
2	67
5	85
10	96
20	107
50	121
100	132
200	143
500	157
1000	167
2000	178
5000	192
10000	202



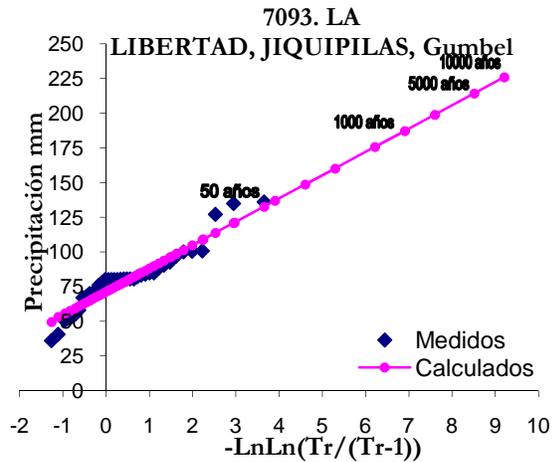
7050	
Año	hp (mm)
2	79
5	106
10	136
20	174
50	225
100	262
200	298
500	345
1000	380
2000	415
5000	462
10000	495



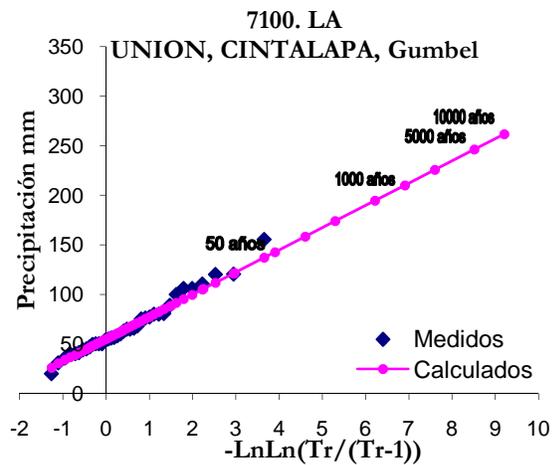
7069	
Año	hp (mm)
2	67
5	86
10	99
20	111
50	128
100	140
200	151
500	167
1000	179
2000	191
5000	207
10000	219



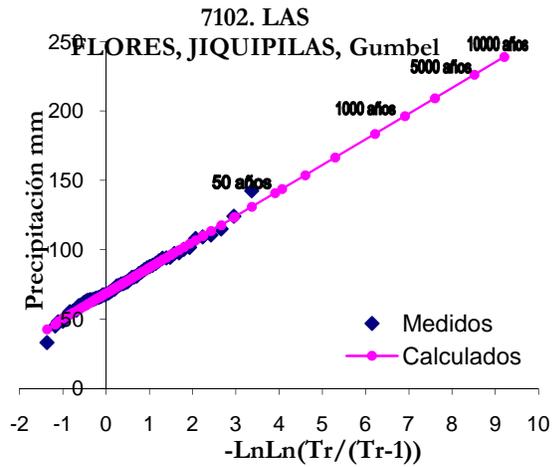
7093	
Año	hp (mm)
2	78
5	97
10	109
20	121
50	137
100	149
200	160
500	176
1000	187
2000	199
5000	214
10000	226



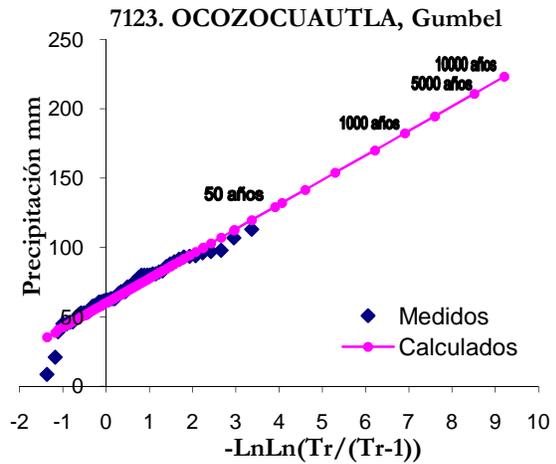
7100	
Año	hp (mm)
2	63
5	89
10	106
20	122
50	143
100	158
200	174
500	195
1000	210
2000	226
5000	246
10000	262



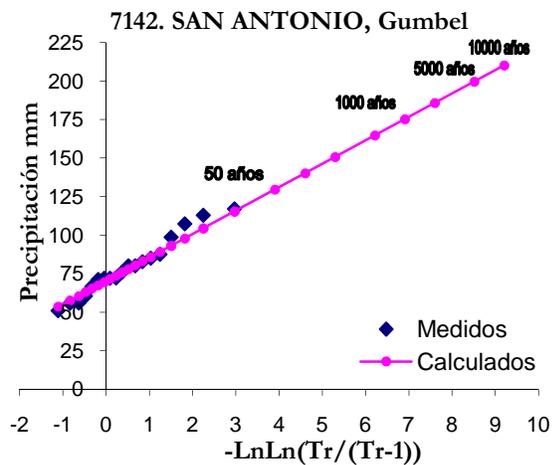
7102	
Año	hp (mm)
2	75
5	96
10	110
20	124
50	141
100	154
200	167
500	184
1000	196
2000	209
5000	226
10000	239



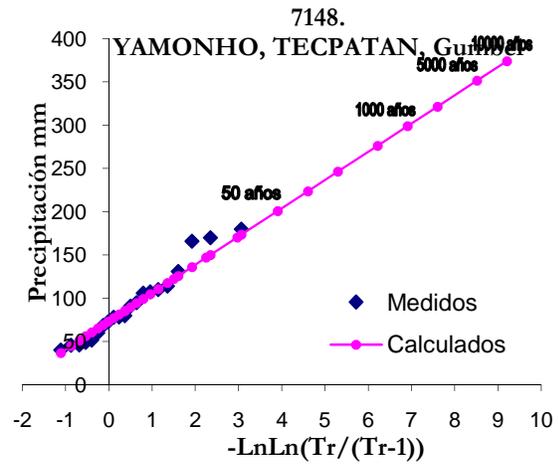
7123	
Año	hp (mm)
2	67
5	87
10	100
20	113
50	129
100	141
200	154
500	170
1000	182
2000	195
5000	211
10000	223



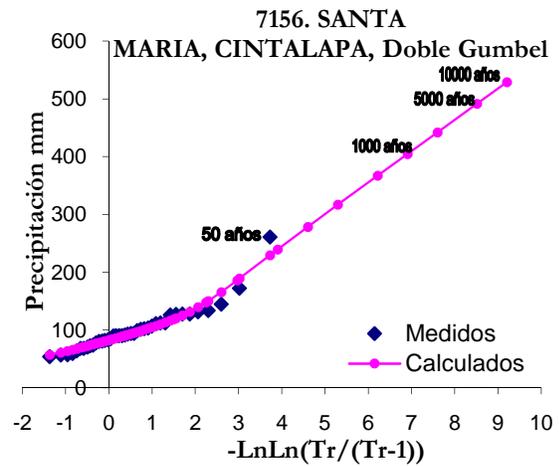
7142	
Año	hp (mm)
2	76
5	93
10	104
20	115
50	130
100	140
200	151
500	165
1000	175
2000	186
5000	200
10000	210



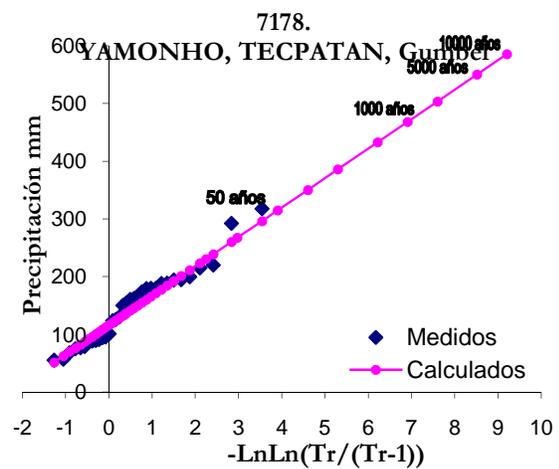
7148	
Año	hp (mm)
2	86
5	123
10	147
20	170
50	201
100	224
200	246
500	276
1000	299
2000	321
5000	351
10000	374



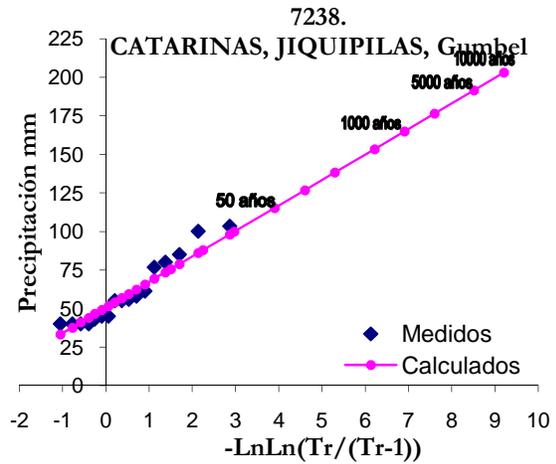
7156	
Año	hp (mm)
2	90
5	119
10	148
20	186
50	240
100	279
200	317
500	367
1000	405
2000	442
5000	492
10000	529



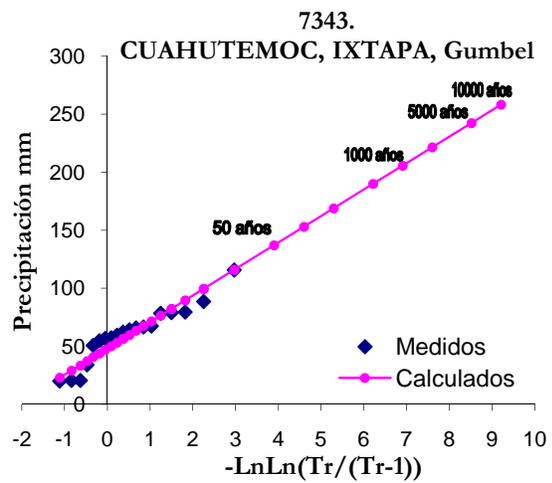
7178	
Año	hp (mm)
2	135
5	192
10	231
20	267
50	315
100	350
200	386
500	433
1000	468
2000	503
5000	550
10000	585



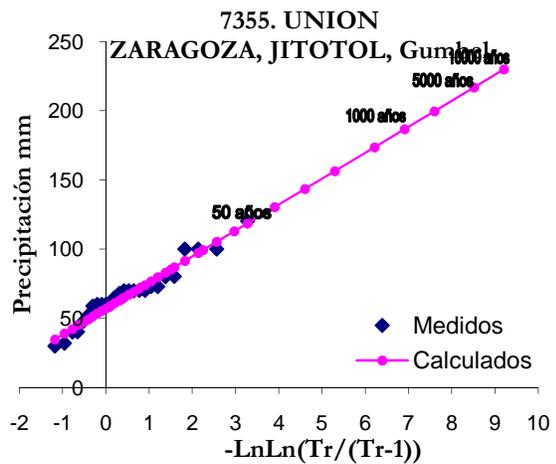
7238	
Año	hp (mm)
2	57
5	75
10	88
20	100
50	115
100	127
200	138
500	153
1000	165
2000	176
5000	192
10000	203



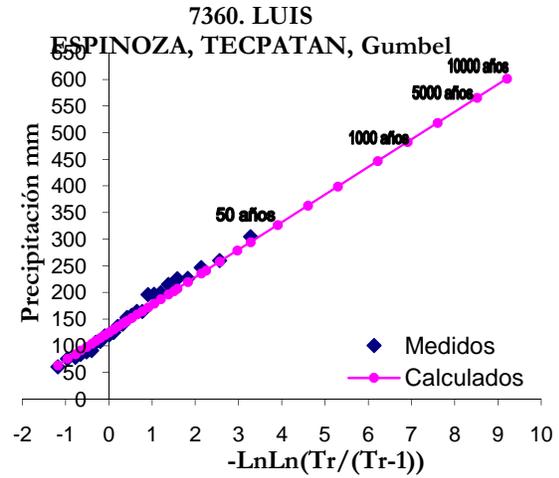
7343	
Año	hp (mm)
2	56
5	82
10	99
20	116
50	137
100	153
200	169
500	190
1000	206
2000	222
5000	242
10000	258



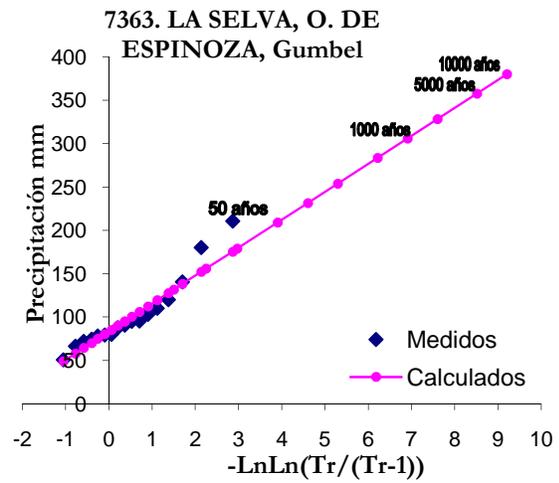
7355	
Año	hp (mm)
2	64
5	85
10	99
20	113
50	130
100	143
200	156
500	174
1000	187
2000	200
5000	217
10000	230



7360	
Año	hp (mm)
2	144
5	203
10	241
20	279
50	327
100	363
200	399
500	447
1000	482
2000	518
5000	566
10000	602



7363	
Año	hp (mm)
2	95
5	132
10	156
20	179
50	209
100	232
200	254
500	284
1000	306
2000	328
5000	358
10000	380



ANEXO F

PEÑITAS

ESTACIONES DE LA CUENCA PEÑITAS

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Peñitas que fueron utilizadas en el análisis.

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7106	LAS PEÑITAS, OSTUACAN	17	24	93	27	68-83/88-92/94-99
7112	MALPASO, TECPATAN	17	12	93	34	54-56/59-95/97/01-05
7158	SAYULA, OSTUCAN	17	25	93	23	61-70, 72-81
7170	TZIMBAC, TECPATAN	17	18	93	29	62-70, 72-83
7365	OCOTEPEC, OCOTEPEC	17	13	93	10	85-86, 88-07

En las siguientes tablas se presenta, para cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca de Peñitas, los valores de la precipitación diaria máxima anual. En las tablas se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales.

7106 LAS PEÑITAS, OSTUACAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1968	151	1982	159
1969	147	1983	94
1970	171	1988	198
1971	130	1989	230
1972	179	1990	120
1973	124	1991	186
1974	168	1992	179
1975	127	1993	258
1976	130	1994	161
1977	96	1995	259
1978	171	1996	135
1979	135	1997	134
1980	183	1998	206
1981	237	1999	200
		Media	167
		Desv. Est.	44
		C.V.	0.27

7112 MALPASO, TECPATAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1954	240	1979	149
1955	156	1980	123
1956	165	1981	97
1959	86	1982	104
1960	92	1983	80
1961	126	1984	80
1962	74	1985	69
1963	140	1986	192
1964	142	1987	79
1965	92	1988	103
1966	77	1989	160
1967	250	1990	96
1968	140	1991	110
1969	85	1992	115
1970	117	1993	143
1971	77	1994	75
1972	80	1995	125
1973	89	1997	79
1974	126	2001	85
1975	95	2002	62
1976	96	2003	246
1977	128	2004	121
1978	107	2005	123
		Media	117
		Desv. Est.	45
		C.V.	0.38

7158 SAYULA, OSTUCAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1961	199	1972	245
1962	137	1973	203
1963	172	1974	332
1964	179	1975	183
1965	256	1976	241
1966	138	1977	174
1967	392	1978	274
1968	171	1979	201
1969	192	1980	120
1970	184	1981	154
		Media	207
		Desv. Est.	67
		C.V.	0.32

7170 TZIMBAC, TECPATAN

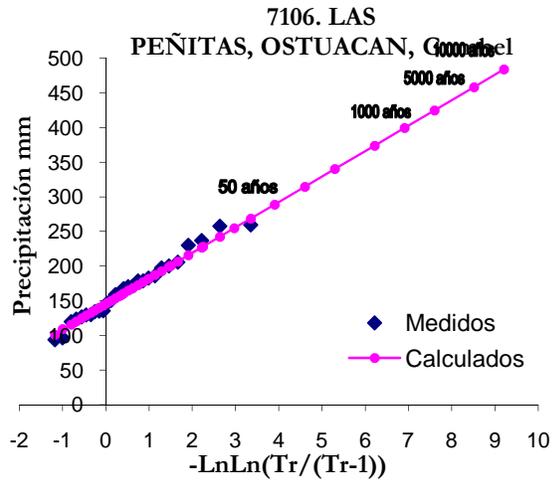
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	106	1974	158
1963	166	1975	159
1964	200	1976	83
1965	108	1977	150
1966	105	1978	113
1967	238	1979	156
1968	125	1980	74
1969	92	1981	113
1970	121	1982	237
1972	164	1983	170
1973	146	Media	142
		Desv. Est.	45
		C.V.	0.32

7365 OCOTEPEC, OCOTEPEC

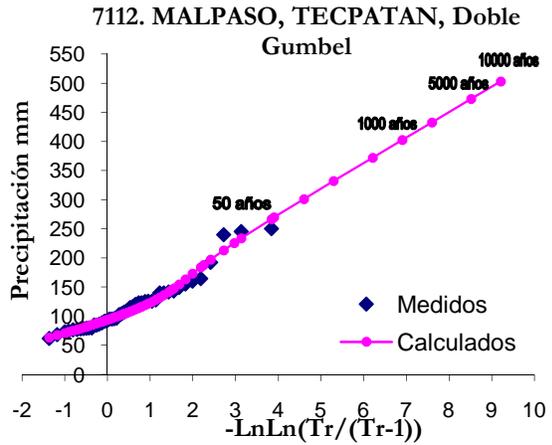
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1985	70	1997	262
1986	71	1998	217
1988	121	1999	165
1989	251	2000	285
1990	645	2001	118
1991	163	2002	220
1992	115	2003	180
1993	207	2004	261
1994	214	2005	173
1995	184	2006	164
1996	186	2007	288
		Media	207
		Desv. Est.	116
		C.V.	0.56

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se presenta también una muestra de la gráfica de ajuste.

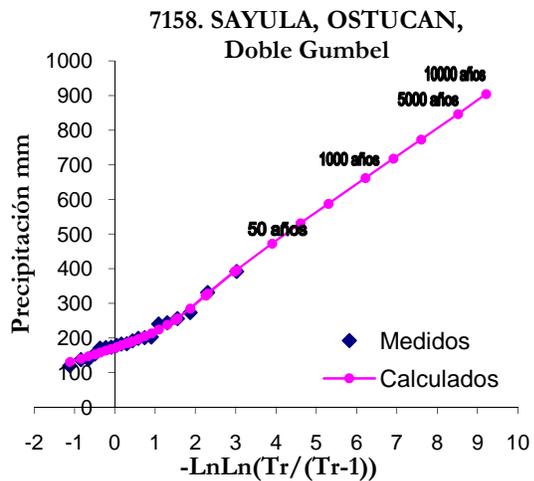
7106	
Año	hp (mm)
2	159
5	201
10	228
20	255
50	289
100	315
200	340
500	374
1000	399
2000	425
5000	459
10000	484



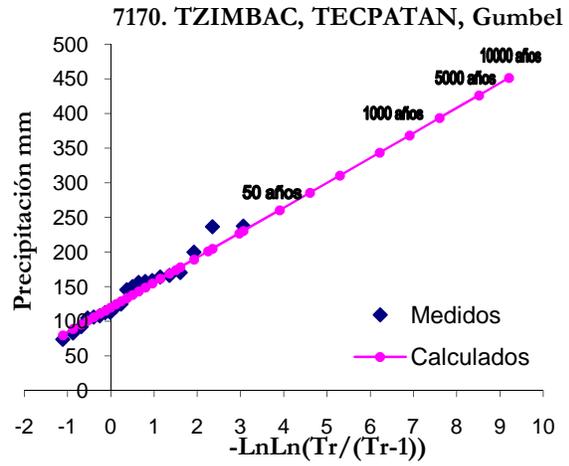
7112	
Año	hp (mm)
2	104
5	145
10	188
20	226
50	270
100	301
200	332
500	372
1000	402
2000	433
5000	473
10000	503



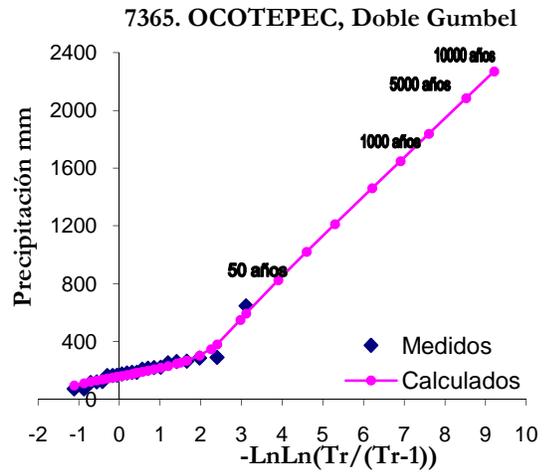
7158	
Año	hp (mm)
2	188
5	253
10	324
20	392
50	473
100	531
200	588
500	662
1000	718
2000	773
5000	846
10000	905



7170	
Año	hp (mm)
2	134
5	174
10	201
20	227
50	261
100	286
200	311
500	344
1000	369
2000	393
5000	426
10000	451



7365	
Año	hp (mm)
2	179
5	254
10	347
20	548
50	825
100	1021
200	1213
500	1462
1000	1649
2000	1838
5000	2086
10000	2271



ANEXO G

PICHUCALCO

ESTACIONES DE LA CUENCA PICHUCALCO

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Pichucalco que fueron utilizadas en el análisis.

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7062	F.LA SOLEDAD,LAS MARGARITAS	16	23	91	51	61-77, 80-95, 97-07
7082	IXTACOMITAN, IXTACOMITAN	17	26	93	6	69-83
7128	PICHUCALCO, PICHUCALCO	17	30	93	5	27-28. 45-79, 81-83
7147	SAN JOAQUIN, PICHUCALCO	17	33	93	6	62-70, 72-91
7193	PICHUCALCO (DGE)	17	36	93	7	84-96, 98-00, 02, 04

En las siguientes tablas se presenta, para cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca de Pichucalco, los valores de la precipitación diaria máxima anual. En las tablas se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales.

7062 F.LA SOLEDAD,LAS MARGARITAS

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1961	62	1985	66
1962	48	1986	66
1963	56	1987	43
1964	36	1988	39
1965	47	1989	55
1966	64	1990	28
1967	61	1991	50
1968	67	1992	64
1969	47	1993	113
1970	40	1994	113
1971	22	1995	35
1972	44	1997	60
1973	45	1998	58
1974	89	1999	104
1975	34	2000	65
1976	33	2001	71
1977	27	2002	46
1980	42	2003	76
1981	46	2004	37
1982	63	2005	74
1983	61	2006	45
1984	77	2007	46
		Media	56
		Desv. Est.	21
		C.V.	0.37

7082 IXTACOMITAN, IXTACOMITAN

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1969	99	1977	98
1970	93	1978	92
1971	112	1979	90
1972	111	1980	101
1973	193	1981	115
1974	135	1982	121
1975	163	1983	95
1976	104	Media	115
		Desv. Est.	29
		C.V.	0.25

7128 PICHUCALCO, PICHUCALCO

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1927	97	1963	188
1928	110	1964	246
1945	168	1965	193
1946	179	1966	106
1947	224	1967	238
1948	180	1968	145
1949	183	1969	124
1950	161	1970	169
1951	235	1971	169
1952	164	1972	235
1953	147	1973	127
1954	91	1974	230
1955	227	1975	173
1956	291	1976	120
1957	157	1977	80
1958	286	1978	115
1959	236	1979	133
1960	128	1981	162
1961	183	1982	234
1962	254	1983	240
		Media	178
		Desv. Est.	55
		C.V.	0.31

7147 SAN JOAQUIN, PICHUCALCO

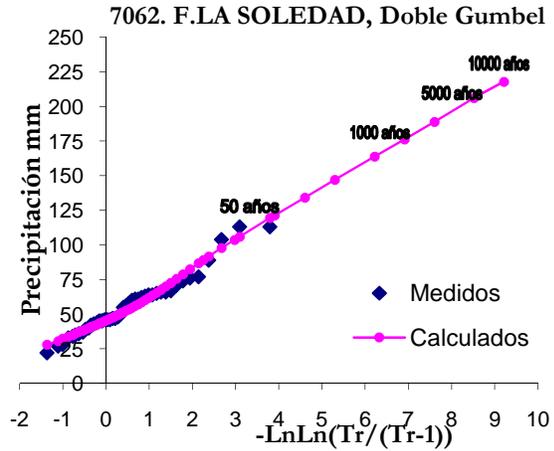
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1962	118	1978	214
1963	156	1979	190
1964	227	1980	249
1965	142	1981	152
1966	167	1982	213
1967	294	1983	95
1968	222	1984	115
1969	130	1985	314
1970	163	1986	148
1972	188	1987	127
1973	206	1988	248
1974	230	1989	129
1975	119	1990	147
1976	128	1991	144
1977	180		
		Media	178
		Desv. Est.	55
		C.V.	0.31

7193 PICHUCALCO (DGE)

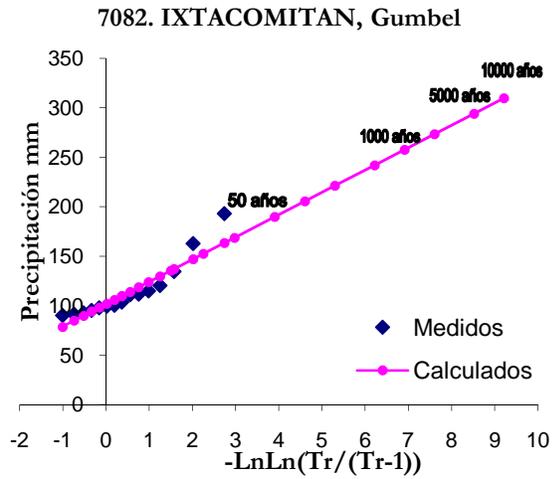
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1984	226	1993	215
1985	232	1994	221
1986	232	1995	189
1987	152	1996	230
1988	308	1998	195
1989	210	1999	164
1990	216	2000	248
1991	226	2002	214
1992	235	2004	301
		Media	223
		Desv. Est.	38
		C.V.	0.17

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones diarias máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se presenta también una muestra de la gráfica de ajuste.

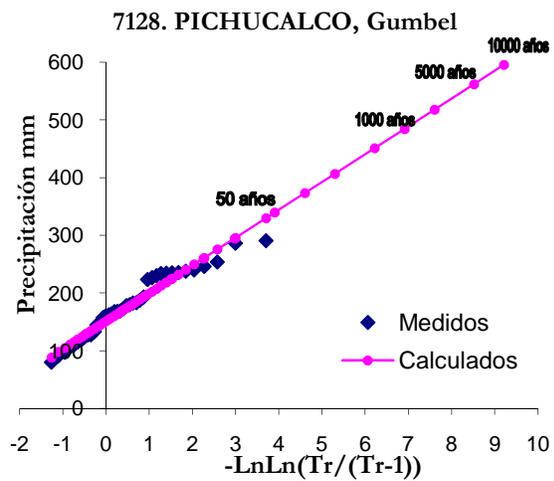
7062	
Año	hp (mm)
2	51.02
5	72.7
10	89.19
20	103.75
50	121.43
100	134.32
200	147.05
500	163.81
1000	176.39
2000	188.96
5000	206.06
10000	217.78



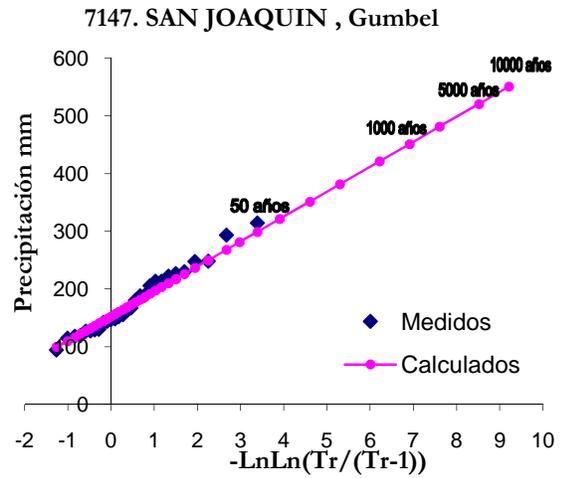
7082	
Año	hp (mm)
2	110
5	136
10	152
20	169
50	190
100	206
200	221
500	242
1000	258
2000	273
5000	294
10000	310



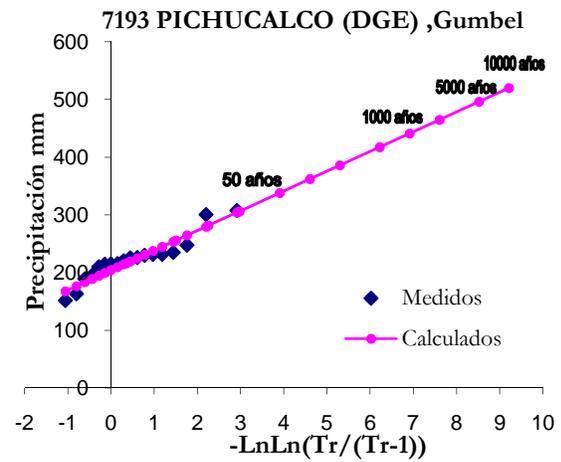
7128	
Año	hp (mm)
2	169
5	224
10	260
20	295
50	340
100	373
200	407
500	451
1000	484
2000	518
5000	562
10000	595



7147	
Año	hp (mm)
2	169
5	218
10	250
20	281
50	321
100	352
200	382
500	421
1000	451
2000	481
5000	521
10000	551



7193	
Año	hp (mm)
2	217
5	256
10	282
20	306
50	338
100	362
200	386
500	418
1000	441
2000	465
5000	497
10000	520



ANEXO H

TEAPA

ESTACIONES DE LA CUENCA TEAPA

En la siguiente tabla se presenta el número y el nombre de las estaciones ubicadas en la cuenca de Teapa que fueron utilizadas en el análisis.

CLAVE	NOMBRE	LATITUD		LONGITUD		AÑOS
		grados	minutos	grados	minutos	
7167	TAPILULA, TAPILULA	17	15	93	0	65-00, 02-07
7191	MALPASO, TAPACHULA	14	55	92	15	61-07
7217	SOLOSUCHIAPAN	17	25	93	1	73-83, 99-00, 02-06

En las siguientes tablas se presenta, para cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca de Teapa, los valores de la precipitación diaria máxima anual. En las tablas se indican las medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación de los máximos anuales.

7167 TAPILULA

Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1965	80	1991	341
1966	97	1992	333
1967	196	1993	72
1968	140	1994	72
1969	157	1995	101
1970	126	1996	185
1971	86	1997	185
1972	121	1998	62
1973	320	1999	84
1974	201	2000	134
1975	123	2002	127
1976	91	2003	76
1977	127	2004	95
1978	169	2005	76
1979	223	2006	213
1990	119	Media	146
		Desv. Est.	77
		C.V.	0.52

7191 MALPASO, TAPACHULA

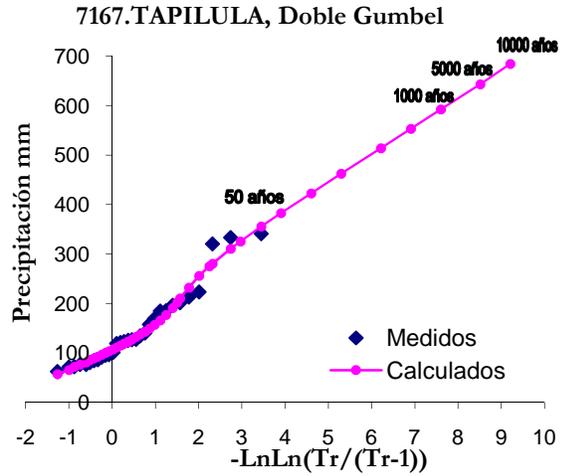
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1961	234	1985	88
1962	149	1986	126
1963	217	1987	104
1964	169	1988	162
1965	160	1989	124
1966	100	1990	153
1967	108	1991	120
1968	128	1992	181
1969	221	1993	192
1970	124	1994	154
1971	104	1995	147
1972	142	1996	132
1973	110	1997	148
1974	208	1998	202
1975	106	1999	147
1976	94	2000	214
1977	100	2001	149
1978	141	2002	176
1979	134	2003	147
1980	90	2004	117
1981	112	2005	273
1982	136	2006	146
1983	105	2007	280
1984	133		
		Media	149
		Desv. Est.	46
		C.V.	0.31

7217 SOLOSUCHIAPAN

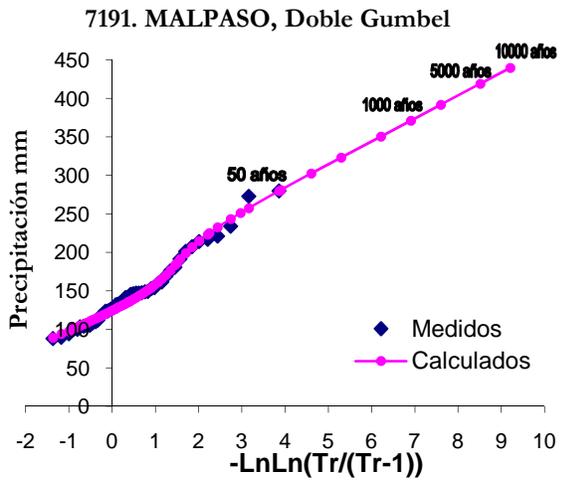
Año	Precipitaciones	Año	Precipitaciones
1973	251	1982	323
1974	281	1983	237
1975	297	1999	203
1976	172	2000	320
1977	257	2002	250
1978	326	2003	325
1979	174	2004	274
1980	210	2006	206
1981	154		
		Media	250
		Desv. Est.	57
		C.V.	0.23

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la extrapolación de las precipitaciones máximas anuales para varios periodos de retorno. Para cada estación se presenta también una muestra de la gráfica de ajuste.

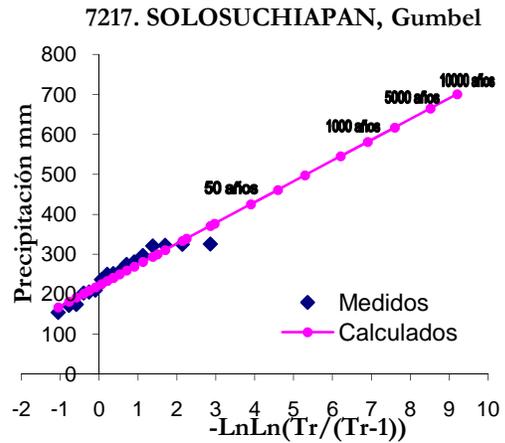
7167	
Año	hp (mm)
2	123
5	202
10	275
20	326
50	383
100	423
200	463
500	514
1000	553
2000	592
5000	643
10000	685



7191	
Año	hp (mm)
2	135
5	187
10	225
20	251
50	281
100	302
200	323
500	351
1000	371
2000	392
5000	419
10000	440



7217	
Año	hp (mm)
2	241
5	300
10	339
20	376
50	425
100	461
200	497
500	545
1000	581
2000	617
5000	664
10000	700



BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, M. J. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, México, Limusa, 2008.
- Campos, A. D. *Estimación y Aprovechamiento del escurrimiento*, Primera edición, México 2007.
- Campos, A. D. *Procesos del ciclo hidrológico*, Tercera reimpresión, México 1998. Universidad Nacional Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería.
- Carrizosa, E. E. 1997, *Regionalización de Gastos Máximos en la Cuenca de la Vertiente del Pacífico Centro de la República Mexicana*, Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM.
- Chow, V. T. *Hidrología Aplicada*, Bogotá, Mc.Graw-Hill, 1987.
- Devore J.L., *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*, Séptima edición, CENAGE learning 2008.
- Domínguez, M. R. 1981, *Análisis Regional de Tormentas y Avenidas de Diseño, Aplicación a la Cuenca del Río Papaloapan*, Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM.
- Domínguez, M. R. y Franco, V. (1981), *Tormenta de Diseño*, CFE, Manual de diseños de Obras Civiles, Hidrotecnia, Tomo A.1.7.
- Domínguez, M. R., et al. *Estudio integral de la cuenca Alta del río Grijalva. 1. Análisis hidrológico*, UNAM, 2010.
- Domínguez, M. R., et al. *Estudio integral de la cuenca Alta del río Grijalva. 3. Manejo óptimo de las presas*, UNAM, 2010.
- Domínguez, M. R., et al. *Manual del Modelo para pronóstico de escurrimiento*, SM-12, Instituto de Ingeniería, UNAM, 2008.
- Domínguez, M. R., et al. *Análisis estadístico recomendaciones y comentarios*, CFE, Manual de diseño de Obras Civiles, Hidrotecnia, tomo I, Instituto de Ingeniería, UNAM, 2009.
- Escalante C. A. y Reyes L. *Técnicas estadísticas en Hidrología*, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2002.
- Esquivel, G. G. 2000, *Modelo Lluvia-Escurrimiento para la Cuenca del Río Mixcoac*, Tesis de Maestría. DEPFI, UNAM.

Bibliografía

- Francés. G.F., et al. *Hidrología para ingenieros*. Departamento de Ingeniería hidráulica y medio ambiente, Universidad Politécnica de Valencia. Editorial UPV, 2003
- Franco, D. C. G. 1998, *Análisis regional de lluvias convectivas aplicación al valle de México*. Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM.
- Fuentes, M. G. 1991, *Análisis Regional para parametrizar las características estadísticas de Gastos Máximos ocasionados por Ciclones*, Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM.
- Fuentes, M. O., Domínguez, M. R. y Franco, V. (1981), *Relación entre precipitación y escurrimiento*, CFE, Manual de diseños de Obras Civiles, Hidrotecnia, Tomo A.1.5.
- Guichard, R. D. 1998, *Regionalización de lluvias y escurrimientos de la cuenca del Alto Río Grijalva*, Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM.
- Jiménez, E. M., et al. *Manual de Operación de los programas AX.EXE y CARACHID.EXE (para Hidrología)*, CENAPRED, México, 1997.
- Johnson Robert y Kuby P. *Estadística elemental: lo esencial*, tercera edición, Math 2004
- Linsley, R. K. *Hidrología para Ingenieros*, México, Mc.Graw-Hill,1970.
- López, E. J. G. 2006, *Estimación de Tormentas y Avenidas para el Diseño de las obras de protección del Río Sabinal*, Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM.
- Mendoza, G. M. 2001, *Factores de Regionalización de lluvias máximas en la República Mexicana*, Tesis de Maestría, DEPFI, UNAM.
- Moore, S. D., *Estadística aplicada básica*, Segunda edición , España, Antoni Bosch 1995.
- Velasco-Piotr, M. G. *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias*, México, Thomson 2002.
- UCAR, NCAR, Earth Observing Laboratory (EOL), 2010, (Disponible en: <http://data.eol.ucar.edu/codiac/dss/id=82.175>. Consultado el 30 de Abril de 2010).