

01162



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**TÉCNICAS REGIONALES PARA LA
ESTIMACIÓN DE AVENIDAS DE DISEÑO
EN SITIOS NO AFORADOS**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA
(HIDRÁULICA)
PRESENTA
MANUEL PEÑA OSUNA



DIRECTOR DE TESIS: DR. CARLOS A. ESCALANTE SANDOVAL

MÉXICO D. F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Dedicado a Mori

AGRADECIMIENTOS

**A NUESTRA MÁXIMA CASA DE ESTUDIOS
UNAM**

Por lo que representa

AL HONORABLE JURADO:

Dr. Rodolfo Silva Casarín

M.I. Victor Franco

Dr. Paulo Salles Afonso de Almeida

Dra. Lilia Reyes Chavez

Dr. Carlos E. Escalante Sandoval

por su profesionalismo

AL DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carlos E. Escalante Sandoval

por la invaluable guía

**TÉCNICAS REGIONALES PARA LA
ESTIMACIÓN DE AVENIDAS DE
DISEÑO EN SITIOS NO AFORADOS**

ÍNDICE

Introducción	1
Antecedentes	4
Objetivo	7
Metodología	8
Capítulo 1 Generalidades	11
1.1 Distribuciones de probabilidad	12
1.2 Estimación de parámetros	25
1.3 Periodo de retorno	34
1.4 Pruebas de homogeneidad	36
1.5 Pruebas de independencia de eventos	39
1.6 Prueba de bondad de ajuste	40
1.7 Límites de confianza	42
Capítulo 2 Análisis de frecuencias de series de máximos anuales	45
2.1 Descripción de la zona	46
2.2 Estudio fisiográfico de la zona	49
2.3 Características fisiográficas de la cuenca	51
2.4 Análisis de frecuencias de gastos máximos anuales	60
Capítulo 3 Aplicación de técnicas regionales en la región hidrológica 10	83
3.1 Delimitación de regiones homogéneas	84
3.1.1 Método geográfico	85
3.1.2 Método de los trazos multidimensionales	85
3.1.3 Método del coeficiente de variación	87
3.1.4 Método de la región de influencia	87
3.2 Técnicas regionales	92

3.2.1	Aplicación regional de la transformación de Box-Cox	93
3.2.2	Método de los momentos estandarizados de probabilidad pesada	95
3.3	Aplicación de las técnicas regionales	97
3.3.1	Estimación por el método Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox	98
3.3.2	Estimación por el método de los Momentos Estandarizados de Probabilidad Pesada	101
Capítulo 4	Conclusiones y recomendaciones	151
4.1	Conclusiones	152
4.2	Recomendaciones	153
	Referencias	158
	Bibliografía	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Localización de la región hidrológica 10	63
Figura 2.2	Localización de las 42 estaciones hidrométricas - Región Hidrológica 10	64
Figura 3.1	Delimitación de las subregiones 1 y 2 con las estaciones de aforo	104
Figura 3.2	Delimitación de las subregiones A, B y C con las estaciones de aforo	105
Figura 3.3	Región de influencia de la estación San Francisco con estaciones de aforo	106
Figura 3.4	Región de influencia de la estación Álamos con estaciones de aforo	107
Figura 3.5	Región de influencia de la estación La Huerta con estaciones de aforo	108
Figura 3.6	Región de influencia de la estación Acatitán con estaciones de aforo	109
Figura 3.7a	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación San Francisco	122
Figura 3.7b	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación Álamos	123
Figura 3.7c	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación La Huerta	124
Figura 3.7d	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación Acatitán	125
Figura 3.8a	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) de la estación San Francisco	138
Figura 3.8b	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) de la estación Álamos	139
Figura 3.8c	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) de la	140

	estación La Huerta	
Figura 3.8d	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) de la estación Acatitán	141
Figura 3.9a	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación San Francisco	146
Figura 3.9b	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación Álamos	147
Figura 3.9c	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación La Huerta	148
Figura 3.9d	Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica estandarización de momentos de probabilidad pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación Acatitán	149
Figura 4.1	Comparativo de gastos vs periodo de retorno de las cuatro estaciones piloto estimados con el método Aplicación regional de la transformación Box-Cox	155
Figura 4.2	Comparativo de gastos vs periodo de retorno de las cuatro estaciones piloto estimados con la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP)	156
Figura 4.3	Comparativo de gastos vs periodo de retorno de las cuatro estaciones piloto estimados con la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Características fisiográficas empleadas en el estudio	52
Tabla 2.2	Coefficientes de escurrimiento para diversos tipos de vegetación	60
Tabla 2.3	Características fisiográficas y climatológicas de la región hidrológica 10	65
Tabla 2.4	Gastos máximos instantáneos de la región hidrológica 10	66
Tabla 2.5	Prueba estadística de Helmert aplicada a los valores históricos de la Región Hidrológica 10	68
Tabla 2.6	Prueba estadística t de Student aplicada a los valores históricos de la Región Hidrológica 10	69
Tabla 2.7	Prueba estadística de Cramer aplicada a los valores históricos de la Región Hidrológica 10	70
Tabla 2.8	Estadísticos de gastos máximos instantáneos de la Región Hidrológica 10	71
Tabla 2.9	Prueba de independencia de eventos de las series de gastos de la Región Hidrológica 10	72
Tabla 2.10	Gastos máximos anuales en orden descendente de la estación San Francisco	73
Tabla 2.11a	Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (San Francisco)	74
Tabla 2.11b	Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (Álamos)	75
Tabla 2.11c	Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (La Huerta)	76
Tabla 2.11d	Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (Acatitán)	77
Tabla 2.12a	Gastos-Periodos de retorno y límites de confianza (San Francisco)	78
Tabla 2.12b	Gastos-Periodos de retorno y límites de confianza (Álamos)	79
Tabla 2.12c	Gastos-Periodos de retorno y límites de confianza (La Huerta)	80
Tabla 2.12d	Gastos-Periodos de retorno y límites de confianza (Acatitán)	81
Tabla 3.1a	Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox de la estación San Francisco	110
Tabla 3.1b	Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación	112

	Box-Cox de la estación Álamos	
Tabla 3.1c	Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox de la estación La Huerta	114
Tabla 3.1d	Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox de la estación Acatitán	116
Tabla 3.2a	Estimadores Q-T por el método aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación San Francisco	118
Tabla 3.2b	Estimadores Q-T por el método aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación Álamos	119
Tabla 3.2c	Estimadores Q-T por el método aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación La Huerta	120
Tabla 3.2d	Estimadores Q-T por el método aplicación regional de la transformación Box-Cox de la estación Acatitán	121
Tabla 3.3a	Estandarización de momentos de probabilidad pesada (San Francisco)	126
Tabla 3.3b	Estandarización de momentos de probabilidad pesada (Álamos)	128
Tabla 3.3c	Estandarización de momentos de probabilidad pesada (La Huerta)	130
Tabla 3.3d	Estandarización de momentos de probabilidad pesada (Acatitán)	132
Tabla 3.4a	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada estación San Francisco	134
Tabla 3.4b	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada estación Álamos	135
Tabla 3.4c	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada estación La Huerta	136
Tabla 3.4d	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada estación Acatitán	137
Tabla 3.5a	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada con la distribución Gumbel por momentos-L (estación San Francisco)	142
Tabla 3.5b	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada con la distribución Gumbel por momentos-L (estación Álamos)	143

Tabla 3.5c	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada con la distribución Gumbel por momentos-L (estación La Huerta)	144
Tabla 3.5d	Estimadores Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada con la distribución Gumbel por momentos-L (estación Acatitán)	145

INTRODUCCIÓN

El elemento agua - El agua, elemento indispensable para la subsistencia de organismos vegetales y animales, representa hoy en día la máxima prioridad para el planeta, en cuanto a su cuidado, manejo, conservación y preservación; de tal manera que, el implantar mecanismos que mejoren día con día tales acciones, es tarea del ser humano.

La distribución del agua en el planeta es bastante desproporcionada: del total existente, aproximadamente el 97% es de mar y el 3% restante es agua dulce; de este último un 22% es agua subterránea y 77% hielo, quedando únicamente apenas el 1% del agua dulce para el ciclo hidrológico, siendo la mitad principalmente de ríos, lagos y marismas.

Por lo anterior, la satisfacción de las necesidades humanas depende de la buena administración de esta mínima porción. Sin embargo, dada la irregular distribución, contaminación y despilfarro que se hace de este líquido, se ha estado poniendo en grave riesgo su

aprovisionamiento. La humanidad observando esta irregular distribución tanto espacial como temporal, ha considerado desde la prehistoria obras de aprovechamientos hidráulicos.

En los diseños de estos proyectos hidráulicos intervienen factores tales como la maximización del agua disponible, que para estimarla correctamente, se deberán considerar obras que puedan controlar y administrar el uso adecuado de ésta. De las tareas mencionadas, el análisis mediante técnicas y métodos que ayuden a mejorar la estimación de avenidas de gastos máximos anuales o eventos extremos, es una herramienta que mejorará sin duda el diseño de las obras. En este trabajo de tesis se analizan dos técnicas regionales para la estimación de avenidas de diseño: *Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox y Método de los Momentos Estandarizados de Probabilidad Pesada* y se aplican a la zona registrada como Región Hidrológica 10, la cual comprende casi el 90% del Estado de Sinaloa y una pequeña parte de los Estados de Durango, Chihuahua y Sonora.

En la primera parte del estudio, Capítulo 1, se expone una serie de conceptos generales, tales como las principales distribuciones de probabilidad y las diversas pruebas muestrales aplicadas a las series de información hidrológica de la región, aplicación necesaria para conocer la homogeneidad e independencia de las series de eventos mencionados.

En el Capítulo 2, se describe la zona en estudio y se hace el análisis de frecuencias de los gastos máximos anuales empleados para inferir la magnitud de eventos con un cierto periodo de retorno, para el diseño de una obra hidráulica, y como ayuda en la planeación y manejo de cuencas hidrológicas. Asimismo, como las técnicas de delimitación de regiones homogéneas y los modelos regionales hacen uso de las características fisiográficas de las cuencas se hace, en este apartado, una breve descripción de las más importantes características fisiográficas.

En el Capítulo 3, se presentan las técnicas de delimitación de regiones homogéneas, así como una descripción de las diversas técnicas regionales aceptadas por los resultados obtenidos y la aplicación de dos de estas técnicas regionales: *Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox* y *Método de los Momentos Estandarizados de Probabilidad Pesada*.

Se concluye el estudio con una serie de conclusiones y recomendaciones resultado del análisis efectuado en la aplicación de las técnicas regionales mencionadas.

ANTECEDENTES

Eventos extremos naturales tales como inundaciones o sequías se presentan en forma cíclica anual, con mayor o menor intensidad, aunque se ha observado en los últimos años un incremento de éstos en sus efectos devastadores. El costo anual por inundaciones en propiedad pública, en nuestro país, se estiman en el rango de miles de millones de pesos.

Es por esto la importancia que presenta un pronóstico confiable de magnitud y frecuencias de ocurrencia de tales eventos extremos al minimizar daños facilitando la planeación apropiada y diseño de estructuras de ingeniería tales como: puentes, obras de contención, canales, presas, etc.

Para la estimación de los eventos de diseño el ingeniero especialista en Hidrología se enfrenta al desconocimiento de su magnitud y frecuencia, por lo cual deberá calcular la probabilidad de ocurrencia, asociándola a un período de retorno. Las técnicas estadísticas del análisis de frecuencias, permiten analizar los escurrimientos para posteriormente realizar extrapolaciones de tipo probabilístico.

Usualmente las localidades en donde se requiere información de la ocurrencia de eventos extremos, no cuentan con estaciones de medición que permitan estimarlos en forma directa, esto es, frecuentemente el ingeniero se encuentra con lugares donde se cuenta con escasa o nula información para el diseño de obras requeridas para el aprovechamiento hidráulico. Al mismo tiempo resulta impráctico y costoso la instalación de sitios de medición para cubrir la mayor parte del territorio Nacional.

La técnica de regionalización es empleada en hidrología como una herramienta que permite utilizar la información disponible que puede aplicarse en una región amplia para diseñar obras de aprovechamientos hidráulicos de manera rápida y confiable. Esta técnica nos provee de medios para encarar estos problemas asistiéndonos en la identificación de la forma de potenciales distribuciones dejando sólo la medida de escala para ser estimada con los datos de los sitios de medición.

Aunque la técnica de Análisis Regional de Frecuencias de Eventos Extremos (RFFA, Regional Flood Frequency Analysis) es conocida en forma general como un medio poderoso para mejorar la estimación de avenidas, su utilización usualmente es dejada de lado por la tendencia de los investigadores de tratar sólo con problemas que puedan ser abordados rigurosamente en forma matemática.

De hecho, las RFFA requieren de asumir hechos, pruebas y métodos de una perfecta naturaleza siendo difícil de comparar el desempeño de los métodos de estimación regional dado que el grado de validez de lo que asumen estos métodos es difícil de cuantificar o medir. Esto sin embargo, es un reto más que un desánimo para los especialistas en Hidrología.

El análisis de frecuencias de los gastos máximos anuales se emplea para inferir la magnitud de un evento con un cierto periodo de retorno, para el diseño de una obra hidráulica, el

manejo de las llanuras de inundación y como ayuda en la planeación y manejo de las cuencas hidrológicas. Sin embargo, el análisis no solo debe estimar la magnitud del evento de diseño, sino que también debe proporcionar la probabilidad de excedencia, con el fin de fijar la seguridad de funcionamiento de la obra, o bien el riesgo de falla.

El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. La información hidrológica empleada debe seleccionarse cuidadosamente de tal manera que se satisfagan las suposiciones de independencia y de distribución idéntica.

OBJETIVO

El estudio aquí presentado tiene como objetivo principal el mostrar una metodología en la estimación de avenidas de diseño en sitios enmarcados en una región hidrológica con escasa y en ocasiones nula información hidrométrica, así como de verificar la importancia de una correcta delimitación de regiones con características meteorológicas y fisiográficas homogéneas en el pronóstico de eventos de diseño.

Las técnicas de estimación regional empleadas, son las de Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox y el método de los Momentos Estandarizados de Probabilidad Pesada. La agrupación de la información varía desde la consideración total de todas las cuencas hasta la técnica llamada Región de Influencia.

METODOLOGÍA

La siguiente metodología fue utilizada:

- a) Las características de las avenidas máximas anuales fueron examinadas junto con las consideraciones climáticas y la influencia fisiográfica.
- b) Una base de datos del flujo de avenidas máximas anuales fue creada, información faltante fue estimada y las series de eventos extremos registrados fueron estadística e hidráulicamente analizadas.
- c) Se realizó el análisis de frecuencia de cada estación por separado usando las distribuciones de probabilidad Normal, Log-Normal, Gamma 2 y 3 parámetros y la Gumbel Tipo I
- d) Fueron seleccionados las mejores estimaciones de gastos máximos con periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años.

- e) Se formularon subregiones basadas en escurrimientos, clima y características fisiográficas.
- f) Se obtuvieron ecuaciones matemáticas de tal forma que puedan estimarse gastos máximos contra periodos de retorno en sitios no aforados.
- g) Las ecuaciones matemáticas para pronosticar escurrimientos contra periodos de retorno fueron probadas con serie de datos independientes.
- h) Los resultados de este estudio fueron comparados con estudios previos.
- i) La metodología y los resultados de este estudio fueron discutidos, se sacaron conclusiones y se proponen una serie de recomendaciones.

Capítulo **1**

Generalidades

Capítulo 1

GENERALIDADES

En Hidrología, una de las herramientas de uso más frecuente es la Estadística. Se han escrito una gran cantidad de volúmenes sobre la aplicación que tienen las funciones de distribución de probabilidad, para estimar un evento o un suceso de eventos mediante el análisis de estas funciones. Su principal beneficio ha sido en el análisis de frecuencias de eventos extremos y muchas aplicaciones se han realizado sobre todo en lo que concierne al análisis y predicción de gastos máximos anuales.

Usualmente, se han utilizado los análisis de frecuencias de los gastos máximos anuales, registrados en una estación hidrométrica, como herramienta para obtener gastos de diseño asociados a proyectos específicos. Cabe aclarar que para llevar a cabo éste tipo de análisis, deberá existir una muestra de datos con longitud de registro apropiada; de tal forma que la función de distribución represente adecuadamente el comportamiento de la muestra, proporcionando así una

extrapolación confiable, para el período de retorno que se requiera en la predicción de una avenida de diseño.

El análisis aislado de cada estación, conocido como *análisis puntual*, puede llevar a resultados poco consistentes y únicamente puede ser aplicado en estaciones con muchos años de registro. Este análisis de eventos extremos es usado para estimar su magnitud mediante la relación gasto - período de retorno ($Q-T$) en un determinado proyecto. La ocurrencia del evento a ser estimado está definido por su período de retorno (T).

El Análisis Regional de Frecuencias de Avenidas (ARFA) permite la estimación de éstas para cualquier sitio en una región, en función de los datos registrados en todas las estaciones de medición de esa región, incluyendo aquellos que estén disponibles en el sitio específico en donde se desee conocer.

Algunos métodos del análisis regional de frecuencias de avenidas, suponen que una región es aquella en la que se tienen datos hidrométricos en un grupo de sitios, donde el comportamiento de la frecuencia de avenidas es homogéneo y de alguna manera cuantificable.

El análisis regional de frecuencias, explora esta homogeneidad para producir estimaciones, las cuáles, en el mayor de los casos, son más confiables que aquellas obtenidas de los datos puntuales del sitio.

1.1 Distribuciones de probabilidad.

A lo largo de los años, y aún hoy en día, se han escrito numerosos volúmenes sobre la aplicación que tienen las funciones de distribución de probabilidad, para estimar un evento de diseño.

Distribuciones univariadas - Las distribuciones univariadas de probabilidad pueden emplearse para estimar eventos de diseño en cuencas aforadas. En el caso de cuencas no aforadas, puede ser una herramienta muy útil la aplicación de técnicas regionales.

Si se define una función de densidad de probabilidad univariada para cada función realmente variada, la cual está definida en el eje real R y satisface:

$$f(x) \geq 0 \quad \text{para} \quad -\infty < x < \infty \quad (1.1)$$

y una distribución de probabilidad

$$F(X) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = 1 \quad (1.2)$$

Una variable aleatoria x es absolutamente continua si y solo si existe una función de densidad f para la cual:

$$F(X) = P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx \quad \text{para cualquier } a < b \quad (1.3)$$

Dicha función de distribución asociada a la variable aleatoria x , se define como la probabilidad de que dicha variable tome valores iguales o menores que un valor fijo X para toda x perteneciente al conjunto de los números reales.

Principales funciones de distribución - A continuación se presentan las principales funciones de probabilidad $F(x)$ o de densidad $f(x)$ empleadas en Hidrología, así como los parámetros que las caracterizan.

Distribución Normal.

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (1.4)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \text{para } -\infty \leq x \leq \infty \quad (1.5)$$

donde

μ parámetro de ubicación (media)

σ parámetro de escala (desviación estándar)

Estimadores por momentos y máxima verosimilitud (M y MV)

$$\hat{\mu} = \bar{x} \quad (1.6)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (1.7)$$

Estimadores por momentos-L (M-L)

$$\hat{\mu} = \lambda_1 \quad (1.8)$$

$$\hat{\sigma} = 1.772\lambda_2 \quad (1.9)$$

Distribución Lognormal (de dos parámetros)

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} \quad (1.10)$$

donde

μ_y parámetro de ubicación

σ_y parámetro de escala

para coeficiente de asimetría muestral $g > 0$ (Kite, 1977)

Estimadores por momentos y máxima verosimilitud (M y MV)

$$\hat{\mu}_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Ln}(x_i) \quad (1.11)$$

$$\sigma_y = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Ln}(x_i) - \mu_y)^2}{n} \quad (1.12)$$

Distribución Lognormal (de tres parámetros)

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(x-x_0)\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} \quad \text{para } x > x_0 \quad (1.13)$$

donde

x_0 parámetro de ubicación

μ_y parámetro de forma

σ_y parámetro de escala

para coeficiente de asimetría $g > 0$ y $x > x_0$ (Kite, 1977) x mínimo valor de la muestra registrada

Estimadores por momentos (M)

$$\hat{x}_0 = \bar{x} \left(1 - \frac{\hat{\eta}_x}{\hat{\eta}_z} \right) \quad (1.14)$$

$$\hat{\eta}_x = \frac{S}{\bar{x}} \quad (1.15)$$

$$\hat{\eta}_z = \frac{1-w^{2/3}}{w^{1/3}} \quad (1.16)$$

$$w = \frac{(g^2 + 4)^{1/2} - g}{2} \quad (1.17)$$

$$\hat{\mu}_y = \text{Ln} \left(\frac{S}{\hat{\eta}_z} \right) - \frac{1}{2} \text{Ln}(\hat{\eta}_z^2 + 1) \quad (1.18)$$

$$\hat{\sigma}_y = [\text{Ln}(\hat{\eta}_z^2 + 1)]^{1/2} \quad (1.19)$$

Estimadores por máxima verosimilitud (MV)

$$\mu_y = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Ln}(x_i - \hat{x}_0)}{n} \quad (1.20)$$

$$\sigma_y = \frac{\sum_{i=1}^n [\text{Ln}(x_i - x_0) - \mu_y]^2}{n} \quad (1.21)$$

el estimador \hat{x}_0 se obtiene al resolver la ecuación

$$F(\hat{x}_0) = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_y - \sigma_y^2}{x_i - \hat{x}_0} - \sum_{i=1}^n \frac{\text{Ln}(x_i - \hat{x}_0)}{x_i - \hat{x}_0} = 0 \quad (1.22)$$

Distribución de Valores Extremos Tipo 1 (Gumbel).

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-v}{\alpha}\right)}} \quad \text{para } \alpha > 0 \text{ y } x > 0 \quad (1.23)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} - e^{-\left(\frac{x-v}{\alpha}\right)} e^{-e^{-\left(\frac{x-v}{\alpha}\right)}} \quad (1.24)$$

donde

v parámetro de ubicación

α parámetro de escala

$$E(x) = \bar{v} + 0.5772\bar{\alpha}, \quad \sigma^2 = \frac{\pi^2 \bar{\alpha}^2}{6}, \quad \gamma = 1.1396 \quad \text{y} \quad \kappa = 5.4002 \quad (1.25)$$

La variable reducida Gumbel

$$y_i = \frac{x_i - v}{\alpha} \quad (1.26)$$

Estimadores por momentos (M)

$$\bar{v} = \bar{x} - 0.45S \quad (1.27)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S = 0.78S$$

Estimadores por máxima verosimilitud (MV)

Considerando la variable reducida Gumbel, se tiene el siguiente proceso iterativo

$$P = n - \sum_{i=1}^n e^{-y_i} \quad (1.28)$$

$$R = n - \sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n y_i e^{-y_i}$$

El criterio de convergencia es

$$\frac{P}{\alpha} = 0 \quad \text{y} \quad \frac{-R}{\alpha} = 0 \quad (1.29)$$

Los incrementos son

$$\delta_{v_j} = (1.11P_j - 0.26R_j) \frac{\alpha_j}{n}, \quad \delta_{\alpha_j} = (0.26P_j - 0.61R_j) \frac{\alpha_j}{n} \quad (1.30)$$

Los nuevos valores son

$$\bar{v}_{j+1} = \bar{v}_j + \delta_{v_j}, \quad \bar{\alpha}_{j+1} = \bar{\alpha}_j + \delta_{\alpha_j} \quad (1.31)$$

Estimadores por momentos-L (M-L)

$$\bar{\alpha} = \frac{\lambda_2}{Ln(2)}, \quad \bar{v} = \lambda_1 - 0.577216\bar{\alpha} \quad (1.32)$$

Estimadores por máxima entropía (ME)

Considerando la variable reducida Gumbel, se tiene el siguiente proceso iterativo

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{-y_i} \quad (1.33)$$

El criterio de convergencia es:

$$|0.577216 - P| \approx 0, \quad |1.0 - R| \approx 0 \quad (1.34)$$

Los incrementos son:

$$\delta_{\alpha_j} = (0.4228 + P_j + \ln(R_j)), \quad \delta_{\nu_j} = (P_j - 0.577216\delta_{\alpha_j}) \quad (1.35)$$

Y los nuevos valores son:

$$\bar{D}_{j+1} = D_j + \alpha_{j+1}\delta_{\nu_j}, \quad \bar{\alpha}_{j+1} = \bar{\alpha}_j\delta_{\alpha_j} \quad (1.36)$$

Distribución General de Valores Extremos (GVE)

$$F(x) = \exp\left[-\left(1 - \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^\beta\right)^{1/\beta}\right] \quad \text{para } \alpha > 0 \text{ y } x > 0 \quad (1.37)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^\beta\right]^{\frac{1}{\beta}-1} e^{-\left[1 - \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^\beta\right]^{1/\beta}} \quad \text{para } -3 \leq \beta \leq 4 \quad (1.38)$$

donde

μ parámetro de ubicación

α parámetro de escala

β parámetro de forma

Tipo I Gumbel $\beta = 0$ y coeficiente de asimetría $g = 1.14$

Tipo II Fréchet $\beta < 0$ y $\mu + \alpha/\beta \leq x \leq \infty$ y coeficiente de asimetría $g > 1.14$

Tipo III Weibull $\beta > 0$ y $-\infty \leq x \leq \mu + \alpha/\beta$ y coeficiente de asimetría $g < 1.14$

Distribución Exponencial (de un parámetro)

$$F(x) = 1 - \beta e^{-\beta x} \quad (1.39)$$

$$f(x) = \beta e^{-\beta x} \quad (1.40)$$

donde

β parámetro de escala

Distribución Exponencial (de dos parámetros)

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-x_0}{\beta}\right)} \quad (1.41)$$

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\left(\frac{x-x_0}{\beta}\right)} \quad (1.42)$$

donde

x_0 parámetro de ubicación

β parámetro de escala

Distribución Gamma (de dos parámetros)

$$F(x) = \int_0^x \frac{x^{\beta-1} e^{-x/\alpha}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} dx \quad \text{para } \alpha > 0, \Gamma > 0 \quad (1.43)$$

$$f(x) = \frac{x^{\beta-1} e^{-x/\alpha}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)}, \quad 0 \leq x < \infty, \text{ si } \alpha > 0 \rightarrow \gamma > 0, \gamma > 0 \quad (1.44)$$

donde

α parámetro de escala

β parámetro de forma

Γ coeficiente de asimetría poblacional

para coeficiente de asimetría muestral $g < 2$ (Kite, 1977)

además

$$\mu = \beta\alpha, \quad \sigma^2 = \alpha^2\beta, \quad \gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta}} \quad (1.45)$$

Estimadores por momentos (M)

$$\alpha = \frac{S^2}{\bar{x}} \quad \text{y} \quad \beta = \left(\frac{\bar{x}}{S} \right)^2 \quad (1.46)$$

Estimadores por máxima verosimilitud (MV)

$\alpha = \frac{\bar{x}}{\beta}$ y el estimador β se obtiene al resolver la ecuación

$$F(\beta) = \mu_y - \text{Ln}(\mu_x) + \text{Ln}(\beta) - \psi(\beta) = 0 \quad (1.47)$$

Estimadores por momentos-L (M-L)

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (1.48)$$

para $0 \leq \tau_2 < 0.5$

$$\beta = \frac{1 - 0.308z}{z - 0.05812z^2 + 0.01765z^3} \quad \text{para} \quad z = \pi\tau_2 \quad (1.49)$$

para $0.5 \leq \tau_2 < 1.0$

$$\beta = \frac{0.7213z - 0.5947z^2}{1 - 2.1817z + 1.2113z^2} \quad \text{para} \quad z = 1 - \tau_2 \quad (1.50)$$

$$\alpha = \frac{\bar{x}}{\beta} \quad (1.51)$$

Distribución Gamma (de tres parámetros, Pearson tipo III)

$$f(x) = \frac{1}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \left(\frac{x - x_o}{\alpha} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x - x_o}{\alpha} \right)} \quad \text{para} \quad \alpha > 0, \gamma > 0, x_o \leq x \leq \infty \quad (1.52)$$

donde

x_o parámetro de ubicación

α parámetro de escala

β parámetro de forma

Γ coeficiente de asimetría poblacional

para coeficiente de asimetría muestral $g < 2$ (Kite, 1977)

además

$$\mu = x_0 + \alpha\beta \quad (1.53)$$

$$\sigma^2 = \alpha^2\beta$$

$$\gamma = 2/\sqrt{\beta}$$

$$\kappa = 3(1 + \gamma^2/2)$$

Estimadores por momentos (M)

$$\hat{\beta} = 4/g^2, \quad \hat{\alpha} = S/\sqrt{\hat{\beta}} \quad \text{y} \quad \hat{x}_0 = \bar{x} - S\sqrt{\hat{\beta}} \quad (1.54)$$

Estimadores por máxima verosimilitud (MV)

$$\hat{\beta} = \frac{1}{1 - \frac{n^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_0) \sum_{i=1}^n [1/(x_i - \hat{x}_0)]}} \quad (1.55)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_0) - \frac{n}{\sum_{i=1}^n [1/(x_i - \hat{x}_0)]} \quad (1.56)$$

el estimador \hat{x}_0 se obtiene al resolver

$$F'(\hat{x}_0) = \sum_{i=1}^n \ln(x_i - \hat{x}_0) - n \ln(\hat{\alpha}) - n \psi(\hat{\beta}) = 0 \quad (1.57)$$

Estimadores por momentos de probabilidad pesada (MPP)

$$\hat{\beta} = 4/(CS)^2, \quad \hat{\alpha} = [SD(|CS|/CS)]/\hat{\beta}^{1/2} \quad \text{y} \quad \hat{x}_0 = \bar{M}_{(1)} - \hat{\alpha}\hat{\beta} \quad (1.58)$$

$$R = \frac{\tilde{M}_{(2)} - (\tilde{M}_{(0)}/3)}{\tilde{M}_{(1)} - (\tilde{M}_{(0)}/2)} \quad (1.59)$$

$$CS = -20.15278973 + 20.04052245(R), \text{ si } R < 0, \text{ entonces } CS = -CS \quad (1.60)$$

$$H = -6.528013777 + 9.69577(R) \quad (1.61)$$

$$CV = H \left(\frac{\tilde{M}_{(1)}}{\tilde{M}_{(0)}} - 0.5 \right) \quad (1.62)$$

$$SD = H \left(\tilde{M}_{(1)} - \frac{\tilde{M}_{(0)}}{2} \right) \quad (1.63)$$

Distribución Gumbel Mixta.

Un evento extremo es una observación muy grande o muy pequeña, que es mucho más diferente de los datos registrados. Los eventos extremos que parecen ser muy improbables de ocurrir en una muestra, se llaman *extraordinarios*.

En la región analizada, las avenidas extraordinarias corresponden a observaciones de precipitaciones con valores mucho más grandes que el promedio máximo anual. Tal precipitación extremadamente alta, es debida a condiciones meteorológicas extremas en conexión con eventos catastróficos que ocurren en los océanos.

Es por ello que para la modelación anual de las avenidas, se puede considerar que existen dos secuencias de variables generadas por diferentes tipos de tormentas. Esto es concebible ya que una cierta proporción, p , de población tiene valores que varían con una distribución $F_1(x)$, mientras que el resto tiene valores que varían con una diferente distribución $F_2(x)$.

Si los eventos se consideran mezclados, p es la probabilidad de que un simple dato pertenezca aleatoriamente a la primera distribución y $(1 - p)$ a la segunda. La probabilidad no condicional de que la variación en el valor del evento aleatorio sea menor que x es.

$$\Pr(X \leq x) = F(x) = pF_1(x) + (1 - p)F_2(x) \quad \text{para } x \geq 0 \quad (1.64)$$

donde

p es la porción de x en la mezcla

$F(x)$ se le llama distribución mezclada.

La componente *distribución básica* con función de densidad acumulada $F_1(x)$ genera avenidas ordinarias (más frecuentes y menos severas que la media). Mientras que la otra, la *distribución extraordinaria*, $F_2(x)$ exhibe mucho más variabilidad que la básica y tiende a generar avenidas no frecuentes pero más severas. Si los dos componentes de la distribución son valores extremos Tipo 1 (Gumbel):

Utilizando variables auxiliares

$$z_1 = -\exp\left(-\frac{x - \mu_1}{\alpha_1}\right) \quad (1.65)$$

$$F_1(x) = \exp^{z_1} \quad \text{para } x \geq 0 \quad (1.66)$$

$$z_2 = -\exp\left(-\frac{x - \mu_2}{\alpha_2}\right) \quad (1.67)$$

$$F_2(x) = \exp^{z_2} \quad \text{para } x \geq 0 \quad (1.68)$$

Entonces, se puede generar de acuerdo con la ecuación (1.64) la distribución Gumbel para dos poblaciones (Gumbel mixta), la cual cuenta con un conjunto de 5 parámetros:

$$F(x) = pF_1(x) + (1 - p)F_2(x) \quad (1.69)$$

$$f(x) = \frac{p}{\alpha_1} F_1(x)(-z_1) + \left(\frac{1-p}{\alpha_2} \right) F_2(x)(-z_2) \quad (1.70)$$

para $\alpha_j > 0$; $x > 0$; $0 < p < 1$

donde

μ_1 parámetro de ubicación de la 1ª población

α_1 parámetro de escala de la 1ª población

μ_2 parámetro de ubicación de la 2ª población

α_2 parámetro de escala de la 2ª población

p parámetro de asociación, el cual relaciona el tamaño de la 1ª población con el total de la muestra

Para la obtención de los parámetros de esta distribución se maximiza (método de máxima verosimilitud). Esto se debe, a la dificultad de obtenerlos mediante el criterio de solución del método tradicional, mostrado más abajo.

La función logarítmica de verosimilitud de esta distribución esta dada por:

$$LL = \sum \ln[f(x)] \quad (1.71)$$

Criterio tradicional - El procedimiento para estimar los parámetros o la determinación del punto donde la función alcanza su máximo, implica la diferenciación de L o de $\ln(L)$, ecuación (1.71) parcialmente con respecto a cada parámetro e igualando a cero. Por lo que, esto genera 5 ecuaciones:

$$\frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_5)}{\partial a_1} = 0 \quad (1.72)$$

$$\frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_5)}{\partial a_2} = 0$$

$$\frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_5)}{\partial a_3} = 0$$

$$\frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_5)}{\partial a_4} = 0$$

$$\frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_5)}{\partial a_5} = 0$$

Estas 5 ecuaciones con 5 incógnitas pueden resolverse para los 5 parámetros desconocidos. Obsérvese lo complicado de este procedimiento, ya que el sistema resultante es del tipo no lineal.

1.2 Estimación de parámetros.

Los problemas hidrológicos se analizan a través del uso de un modelo. Los modelos pueden ser del tipo determinístico, paramétrico o estocástico.

Un modelo completamente determinístico sería aquel que se obtiene a través de relaciones físicas y no requiere de datos experimentales para su aplicación. Un modelo paramétrico puede ser considerado como determinístico en el sentido de que una vez que se estiman los parámetros del modelo, éste siempre genera la misma salida a partir de la información de entrada. Por otro lado, un modelo paramétrico es estocástico en el sentido de que los parámetros estimados dependen de los datos observados y aquellos cambiarán cuando los datos observados también lo hagan.

Un modelo estocástico es aquel en el cual las salidas son predecibles sólo en un sentido estadístico. En un modelo estocástico, el empleo repetido de un grupo dado de entradas del modelo genera salidas que no son las mismas pero siguen cierto modelo estadístico.

Antes de hacer inferencias de cualquier modelo es importante la estimación de sus parámetros. Cada estimador de un parámetro es una función de los valores de la muestra, los cuales son observaciones de una variable aleatoria. Así, el propio parámetro estimado es una variable aleatoria que tiene su propia distribución muestral. Un estimador que se obtiene a partir de un grupo de valores puede considerarse como un valor observado de una variable aleatoria. Por lo cual, la bondad de un estimador puede ser juzgado a partir de su distribución.

Independientemente de la técnica que se use para la estimación de los parámetros se deben cumplir las siguientes propiedades:

Sesgo nulo - Un estimador $\hat{\theta}$ de un parámetro poblacional θ se dice que tiene sesgo nulo cuando $E(\hat{\theta}) = \theta$, de lo contrario es sesgado y el sesgo se obtiene como $B = E(\hat{\theta}) - \theta$.

Consistencia - Un estimador $\hat{\theta}$ de un parámetro θ se dice consistente si para cualquier número positivo ε , se cumple

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(|\hat{\theta} - \theta| > \varepsilon) = 0, \text{ donde } n \text{ es el tamaño de muestra.}$$

Eficiencia - Un estimador $\hat{\theta}$ se dice el más eficiente para θ si tiene sesgo nulo y su varianza es al menos tan pequeña como cualquier otro estimador no sesgado para θ .

Eficiencia relativa - Generalmente es posible obtener más de un estimador insesgado para el mismo parámetro θ . Si $\hat{\theta}_1$ y $\hat{\theta}_2$ son dos estimadores insesgados de θ , con varianzas $V(\hat{\theta}_1)$ y $V(\hat{\theta}_2)$ respectivamente, entonces la eficiencia relativa de $\hat{\theta}_1$ con respecto a $\hat{\theta}_2$ se define a través de la relación $V(\hat{\theta}_1)/V(\hat{\theta}_2)$.

Suficiencia - $\hat{\theta}$ es un estimador suficiente para θ si emplea toda la información relevante contenida en la muestra.

A continuación se presentan algunas de las técnicas de estimación de parámetros más comunes en Hidrología.

Método de los momentos - El método de los momentos es un procedimiento muy sencillo para encontrar un estimador de uno o más parámetros poblacionales. Consiste básicamente en plantear un sistema de ecuaciones, cuyo tamaño depende del número de parámetros a estimar. Esto se hace al igualar los momentos poblacionales con los muestrales.

Los momentos poblacionales pueden obtenerse con respecto a la media como

$$M_r^\mu = E[(X - \mu)^r] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^r f(x) dx \quad (1.73)$$

o con respecto al origen

$$M_r^\mu = E[(X)^r] = \int_{-\infty}^{\infty} x^r f(x) dx \quad (1.74)$$

Los momentos muestrales, también conocidos como estadísticos muestrales, se obtienen con las siguientes expresiones.

1er. Momento (media)

$$\mu = E(x) \quad \text{poblacional} \quad (1.75)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{muestral} \quad (1.76)$$

2o. Momento (Varianza). La varianza es una medida de dispersión de x y una medida de tendencia central para las desviaciones $(x - \mu)^2$

$$\sigma^2 = E[(x - \mu)^2] \text{ poblacional} \quad (1.77)$$

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{muestral, sesgada (S}_{\text{sesgada}}) \quad (1.78)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{N-1} \quad \text{muestral, insesgada (S}_{\text{insesgada}}) \quad (1.79)$$

3er. Momento (Coeficiente de Asimetría) – Con frecuencia una función de densidad no es simétrica con respecto al máximo, sino que tiene una cola más grande que otras, por lo que se dice que la distribución está sesgada a la derecha o a la izquierda. El coeficiente de sesgo o asimetría se obtiene por:

$$\alpha_3 = \frac{E(x - \mu)^3}{\sigma^3} \quad \text{poblacional} \quad (1.80)$$

$$g = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(S_{\text{sesgada}})^{3/2}} \quad \text{muestral, sesgado} \quad (1.81)$$

$$g = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(S_{\text{insesgada}})^{3/2}} \quad (1.82)$$

4o. Momento (Curtosis) - En algunos casos una función de densidad puede tener sus valores concentrados cerca de la media, así que la función de densidad tiene una elevación grande, en otros casos la densidad de probabilidad puede ser relativamente plana. A la medida del grado de apuntalamiento o aplanamiento se llama coeficiente de Curtosis y se determina por:

$$\alpha_4 = \frac{E(x - \mu)^4}{\sigma^4} \quad \text{poblacional} \quad (1.83)$$

$$k = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(S_{\text{sesgada}})^2} \quad \text{muestral, sesgado} \quad (1.84)$$

$$k = \frac{N^3}{(N-1)(N-2)(N-3)} \left[\frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(S_{\text{insesgada}})^2} \right] \quad \text{muestral, insesgado} \quad (1.85)$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{S^2} \quad (1.86)$$

Coefficiente de variación

$$Cv = S / \bar{x} \quad (1.87)$$

En todas las ecuaciones mencionadas anteriormente, las letras griegas identifican a estimadores poblacionales.

Método de máxima verosimilitud - El método de máxima verosimilitud consiste en una función de densidad de probabilidad de x con parámetros $\alpha_i, i = 1, 2, \dots, m$ a ser estimados, esto es: $f(x, a_1, a_2, \dots, a_m)$, habrá una muestra aleatoria x_1, x_2, \dots, x_n de esta densidad, entonces su densidad conjunta es:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (1.88)$$

Puesto que la muestra es aleatoria, la densidad conjunta puede ser escrita como:

$$\prod_{i=1}^m f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (1.89)$$

La probabilidad de obtener un valor dado de x , por ejemplo x_1 es proporcional a $f(x, a_1, a_2, \dots, a_m)$, y la probabilidad de obtener la muestra aleatoria x_1, x_2, \dots, x_n , de la población X es proporcional al producto de sus densidades individuales.

La función de densidad conjunta es llamada *función verosimilitud* y es denotada como:

$$L = \prod_{i=1}^m f(x_i; \theta) \quad (1.90)$$

Para resolver esta expresión, es necesario maximizar la función L , y dado que una función alcanza su máximo en el mismo lugar que lo alcanza su logaritmo, por facilidad se maximiza la función logarítmica de verosimilitud.

$$LL = L \prod_{i=1}^N f(x_i; \theta) \quad (1.91)$$

Finalmente, al derivar esta expresión con respecto a cada uno de los parámetros se obtienen tantas ecuaciones como parámetros tenga la función; se igualan las ecuaciones a cero, se resuelve el sistema resultante para el conjunto de parámetros buscados.

Así, por ejemplo, si se desean calcular los parámetros de la distribución Normal, por el método de Máxima Verosimilitud se tiene:

$$L(x, \mu, \sigma^2) = L(x_i, \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i) \quad (1.92)$$

$$L(x, \mu, \sigma^2) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1.93)$$

Tomando $\frac{\partial L}{\partial \mu} = 0$ y $\frac{\partial L}{\partial \sigma^2} = 0$ y resolviendo conjuntamente

$$\mu = \frac{1}{n} \sum x \quad (1.94)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x}) \quad (1.95)$$

Método de momentos de probabilidad pesada

Greenwood et al. (1979) introdujeron el método y mostraron su utilidad en la estimación de parámetros de distribuciones cuyas formas inversas $x = x(F)$ se definen explícitamente. Si $F(x) = P(X \leq x)$, entonces, los momentos de probabilidad pesada se definen como

$$M_{ijk} = E[x^j F^j (1-F)^k] = \int_0^1 [xF]^j F^j (1-F)^k dF \quad (1.96)$$

donde M_{ijk} es el momento de probabilidad pesada de orden (i,j,k) , $E[.]$ es el operador esperanza, e i,j,k son números reales. Si $j=k=0$ e i es un entero no negativo, entonces $M_{i,0,0}$ representa el momento convencional de orden i con respecto al origen.

$$M_r = E(x^r) = \int_{-\infty}^{\infty} x^r f(x) dx \quad (1.97)$$

Si $M_{i,0,0}$ existe y x es una función continua de F , entonces M_{ijk} existe para todos los números reales no negativos j y k . Para valores enteros no negativos de j,k se tiene

$$M_{i,0,k} = \sum_{j=0}^k \binom{k}{j} (-1)^j M_{i,j,0} \quad (1.98)$$

$$M_{i,j,0} = \sum_{k=0}^j \binom{j}{k} (-1)^k M_{i,0,k} \quad (1.99)$$

Si $M_{i,0,k}$ existe y x es una función continua de F , entonces $M_{i,j,0}$ también existe.

Si $M_{i,0,k} = M_k$, se puede obtener un estimador no sesgado para M_k y k es un entero no negativo si $x_i, i=1,2,\dots,n$ son los valores ordenados de mayor a menor como

$$\bar{M}_{(k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-k} x_i \binom{n-i}{k} / \binom{n-1}{k} \quad (1.100)$$

$$\bar{M}_{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.101)$$

$$\bar{M}_{(1)} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} x_i (n-i) \quad (1.102)$$

$$\bar{M}_{(2)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-2} x_i (n-i)(n-i-1) \quad (1.103)$$

$$\bar{M}_{(3)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^{n-3} x_i (n-i)(n-i-1)(n-i-2) \quad (1.104)$$

Método de mínimos cuadrados

Sea una función $f(x; a_1, a_2, \dots, a_m)$ donde $a_i, i=1, 2, \dots, m$ son los parámetros a estimar. El método obtiene el conjunto de parámetros al minimizar la suma de los cuadrados de todas las desviaciones entre los valores observados y calculados. Matemáticamente, esta suma S puede expresarse como

$$S = \sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n [y_0(i) - y_c(i)]^2 \quad (1.105)$$

$$S = \sum_{i=1}^n [y_0(i) - f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)]^2 \quad (1.106)$$

donde $y_0(i)$ y $y_c(i)$ son los valores observados y calculados de "y", y $n > m$ es el número de observaciones. El mínimo de S se obtiene diferenciando parcialmente la ecuación anterior con respecto a cada parámetro e igualando a cero

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum_{i=1}^n [y_0(i) - f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)]^2}{\partial a_1} &= 0 \\ \frac{\partial \sum_{i=1}^n [y_0(i) - f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)]^2}{\partial a_2} &= 0 \\ &\vdots \\ \frac{\partial \sum_{i=1}^n [y_0(i) - f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)]^2}{\partial a_m} &= 0 \end{aligned} \quad (1.107)$$

Finalmente, se plantea un sistema de ecuaciones normales, que al resolverlo se tienen los estimadores por mínimos cuadrados.

$$na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + a_3 \sum x_3 + \dots + a_m \sum x_m = \sum y_0$$

$$\begin{aligned}
a_0 \sum x_1 &+ a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 + a_3 \sum x_1 x_3 + \cdots + a_m \sum x_1 x_m = \sum x_1 y_0 \\
a_0 \sum x_2 &+ a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 + a_3 \sum x_2 x_3 + \cdots + a_m \sum x_2 x_m = \sum x_2 y_0 \\
&\vdots \\
a_0 \sum x_m &+ a_1 \sum x_1 x_m + a_2 \sum x_2 x_m + a_3 \sum x_3 x_m + \cdots + a_m \sum x_m^2 = \sum x_m y_0
\end{aligned} \tag{1.108}$$

Método de los momentos-L

Los momentos-L son análogos a los momentos convencionales, sin embargo, tienen cierta ventaja sobre ellos, ya que son capaces de caracterizar un mayor número de distribuciones, además de estar virtualmente libres de sesgo aún para muestras pequeñas (Hosking, 1990).

El primer estimador por momentos-L es la media, definida como

$$\lambda_1 = E(x) \tag{1.109}$$

Sea $X_{(i/n)}$ la i -ésima observación en una muestra de tamaño n , ordenada de mayor a menor.

Entonces, para cualquier distribución de probabilidad el segundo momento-L es una descripción de escala basada en la diferencia esperada entre dos observaciones seleccionadas de forma aleatoria

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} E[X_{(1/2)} - X_{(3/2)}] \tag{1.110}$$

De forma similar, el sesgo y la curtosis se pueden obtener como

$$\lambda_3 = \frac{1}{2} E[X_{(1/3)} - 2X_{(2/3)} + X_{(3/3)}] \tag{1.111}$$

$$\lambda_4 = \frac{1}{2} E[X_{(1/4)} - 3X_{(2/4)} + 3X_{(3/4)} + X_{(4/4)}] \tag{1.112}$$

Así como la varianza o el coeficiente de asimetría de una distribución son función de las esperanzas $E[X]$, $E[X^2]$ y $E[X^3]$, los momentos-L pueden estimarse en función de los momentos de probabilidad pesada

$$\beta_r = E\{X[F(X)]^r\} \quad (1.113)$$

Los primeros cuatro momentos-L son

$$\lambda_1 = \beta_0$$

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

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

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (1.114)$$

donde

$$\beta_r = M_{i,r,0} = \int_0^1 xF^r dF$$

1.3 Periodo de retorno

En el análisis de frecuencias de una serie Q_{ij} de la estación j , para un conjunto de datos $i = 1, 2, \dots, n_j$, el primer objetivo es determinar el intervalo de recurrencia o periodo de retomo T en años, de un evento hidrológico dada una magnitud x .

El periodo de retorno se define como el número de años que transcurren en promedio para que un evento de magnitud dada, x , sea igualado o excedido por lo menos una vez en ese periodo de tiempo.

$$T = \frac{1}{P(X > x)} = \frac{1}{[1 - P(X > x)]} \quad (1.115)$$

En la práctica, para una serie de duración completa, esto es, empleando toda la información, no solamente los valores anuales extremos seleccionados se utiliza la ecuación

$$P(X \geq x_m) = \frac{m}{n} \quad (1.116)$$

la probabilidad de excedencia del m -ésimo valor mayor a x_m , es para un n muy grande refiriéndose al número total de los ítems en la información en lugar de al número de años. Para series anuales máximas se utiliza con más frecuencia la ecuación de Weibull

$$P(X \geq x_m) = \frac{m}{n+1} \quad (1.117)$$

la cual es equivalente a la siguiente ecuación (Ley empírica de Weibull) para periodo de retorno

$$T = \frac{n+1}{m} \quad (1.118)$$

Series de información hidrológica - Una serie información hidrológica de duración completa está compuesta por toda la información disponible en una estación hidrométrica. Una serie de duración parcial es una serie de datos seleccionados de tal manera que su magnitud es mayor que un valor base predefinido. Si el valor base se selecciona de tal manera que el número de valores en la serie es igual al número de años en el registro, la serie se conoce como una serie de excedencia anual. Una serie de valor extremo incluye el valor máximo o mínimo que ocurre en cada uno de los intervalos de tiempo de igual longitud del registro. La longitud del intervalo de tiempo usualmente se toma como un año y una serie seleccionada de esta manera se conoce como una serie anual. Si se utilizan los valores máximos anuales es una serie anual máxima. La selección de los valores mínimos anuales produce una serie anual mínima.

El periodo de retorno T_E , de magnitudes de evento deducido de una serie de excedencia anual se relaciona con el correspondiente periodo de retorno T para magnitudes deducido de una serie máxima anual como

$$T_E = \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^{-1} \quad (1.119)$$

A pesar de que la serie de excedencia anual es útil para algunos propósitos, está limitada por el hecho de que puede ser difícil verificar que todas las observaciones son independientes: la ocurrencia de una gran creciente bien podría estar relacionada con unas condiciones de suelo saturado producidas por otra gran creciente ocurrida recientemente. Como resultado, usualmente es mejor utilizar la serie de máximos anuales para el análisis. En cualquier caso, a medida que el periodo de retorno del evento considerado es mayor, los resultados de las dos metodologías se vuelven muy similares, debido a que la posibilidad de que dos de estos eventos ocurran durante un mismo año es muy pequeña.

1.4 Pruebas de homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o en la varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos; tales anomalías son producidas por la pérdida de homogeneidad y la inconsistencia.

En general, la falta de homogeneidad de los datos es inducida por las actividades humanas como la deforestación, apertura de nuevas áreas al cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación. También es producto de los procesos naturales súbitos, como incendios forestales, terremotos, deslizamiento de laderas y erupciones volcánicas.

Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos presentan una hipótesis nula y una regla para aceptarla o rechazarla.

Prueba estadística de Helmert - Esta prueba es sencilla y consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento Q_{ij} de la serie j para $i = 1, 2, \dots, n_j$ con respecto a su valor medio Q_{med} . Si una desviación de un cierto signo es seguida de otra del mismo signo, entonces se dice que se forma una secuencia S , de lo contrario se considera como un cambio C .

La serie se considera homogénea si se cumple

$$-\sqrt{n_j - 1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n_j - 1} \quad (1.120)$$

donde n_j es el tamaño de la muestra

En la Tabla 2.5 se muestra la prueba estadística de Helmert a las 42 estaciones de la Región Hidrológica 10.

Prueba estadística t de Student - Cuando la causa probable de la pérdida de homogeneidad de la serie sea un cambio abrupto en la media, la prueba del estadístico t es muy útil. Si se considera una serie Q_{ij} para $i = 1, 2, \dots, n_j$ del sitio j la cual se divide en dos conjuntos de tamaño $n_1 = n_2 = n_j/2$, entonces, el estadístico de prueba se define con la expresión

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}} \quad (1.121)$$

donde

$\bar{x}_1 S_1^2$ son la media y la varianza de la primera parte del registro n_1

$\bar{x}_2 S_2^2$ son la media y la varianza de la primera parte del registro n_2

El valor absoluto de t_d se compara con el valor de la distribución t de Student de dos colas, y con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha = 0.05$.

Si y solo si el valor absoluto de t_d es mayor que el de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_{ij} se considera no homogénea.

En la Tabla 2.6 se muestra la prueba estadística de t de Student a las 42 estaciones de la Región Hidrológica 10.

Prueba estadística de Cramer - Esta prueba se utiliza con el propósito de verificar homogeneidad en el registro Q_{ij} de la serie j para $i = 1, 2, \dots, n_j$ y también para determinar si el valor medio no varía significativamente de un período de tiempo a otro. Con este propósito se consideran tres bloques, el primero, del tamaño total de la muestra n_j , el segundo de tamaño n_{60} (60% de los últimos valores de la muestra n_j y el tercero de tamaño n_{30} (30% de los últimos valores de la muestra n_j).

La prueba compara el valor de la media \overline{Q}_j del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos \overline{Q}_{60} y \overline{Q}_{30} , con las ecuaciones siguientes

$$\tau_{60} = \frac{\overline{Q}_{60} - \overline{Q}_j}{S_Q} \quad \text{y} \quad \tau_{30} = \frac{\overline{Q}_{30} - \overline{Q}_j}{S_Q} \quad (1.122)$$

y los estadísticos con

$$t_{60} = |\tau_{60}| \left\{ \frac{n_{60}(n_j - 2)}{n_j - n_{60} [1 + (\tau_{60})^2]} \right\}^{1/2} \quad (1.123)$$

y

$$t_{30} = |\tau_{30}| \left\{ \frac{n_{30}(n_j - 2)}{n_j - n_{30} [1 + (\tau_{30})^2]} \right\}^{1/2} \quad (1.124)$$

Para que se considere la serie analizada como estacionaria en la media, se deberá cumplir que no existe una diferencia significativa entre las medias de los bloques,

Los estadísticos t_{60} y t_{30} tienen distribución t de Student de dos colas con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha = 0.05$.

Si y solo si el valor absoluto de t_{60} y t_{30} es mayor que el de la distribución de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_j se considera no homogénea.

En la Tabla 2.7 se muestra la prueba estadística de Cramer a las 42 estaciones de la Región Hidrológica 10.

1.5 Prueba de independencia de eventos

Para que se pueda llevar a cabo el análisis de frecuencias se requiere que la muestra Q_{ij} de la serie j para $i = 1, 2, \dots, n_j$ esté compuesta por variables aleatorias. Para probarlo se aplica la prueba de independencia de Anderson (Salas et al, 1988), la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_{kj} para diferentes tiempos de retraso k .

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k es:

$$r_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j-k} (Q_{ij} - \bar{Q}_j)(Q_{i+k,j} - \bar{Q}_j)}{\sum_{i=1}^{n_j} (Q_{ij} - \bar{Q}_j)^2} \quad (1.125)$$

donde $\bar{Q}_j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_{ij}}{n_j}$

Además, los límites al 95% de confianza para r_{kj} se pueden obtener como

$$r_{kj}(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n_j - k - 1}}{n_j - k} \quad (1.126)$$

La gráfica de los valores estimados para r_{kj} (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abscisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama *correlograma de la muestra*.

Si solo el 10% de los valores r_{kj} sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie Q_{ij} es independiente y por lo tanto es una variable que sigue las leyes de la probabilidad.

En la Tabla 2.9 se muestra la prueba de independencia de eventos (prueba de Anderson) a las 42 estaciones de la Región Hidrológica 10.

1.6 Prueba de bondad de ajuste

En Hidrología Estadística, existe una gran variedad de funciones de distribución de probabilidad y cada una de ellas presenta parámetros particulares, el término denominado ajustar una función de distribución a una serie de datos (por ejemplo, escurrimientos), identifica al procedimiento de intentar que alguna de las funciones represente de la mejor manera a la población de esos eventos.

En este renglón, el lograr determinar cual de las distribuciones es la mejor se hace aplicando lo que se conoce con el nombre de *Pruebas de Bondad de Ajuste*, entre las que se pueden mencionar: *Prueba Chi-cuadrada*, de Kolmogorov-Smirnoff y el *Error Estándar de Ajuste* (Kite, 1977).

Por la facilidad y confiabilidad de la prueba, en este trabajo se utilizará el criterio del Error Estándar de Ajuste, el cual se calcula como:

$$EE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (Q_{i_T}^j - \hat{Q}_{i_T}^j)^2}{n_j - mp} \right]^{1/2} \quad (1.127)$$

donde

$Q_{i_T}^j$ son los eventos Q_{ij} ordenados de mayor a menor con un periodo de retorno asignado $T = (n_j + 1)/m$ y una probabilidad de no excedencia $P = 1 - 1/T$

n_j longitud en años del registro analizado

m número de orden del registro

$\hat{Q}_{i_T}^j$ eventos estimados por una distribución de probabilidad para cada periodo de retorno T asignado a la muestra ordenada Q_{ij}

mp número de parámetros de la distribución ajustada por ejemplo

$mp=1$ para la Exponencial-1

$mp=2$ para la Normal, Log-Normal-2, Exponencial-2, Gamma-2, Gumbel

$mp=3$ para la Log-Normal-3, Gamma-3, Log-Pearson III, GVE

$mp=4$ para la de Valores Extremos de dos componentes TCEV

$mp=5$ para la Gumbel de dos poblaciones, Wakeby

La distribución de mejor ajuste será aquella que proporcione el mínimo valor del estadístico EE . Si una o más distribuciones tienen valores similares del EE , entonces, se deberá optar por aquella distribución que tenga el menor número de parámetros.

1.7 Límites de confianza

Los límites de confianza son empleados para estimar las incertidumbres asociadas con la determinación de los eventos para periodos de retorno específicos. Puesto que una distribución de frecuencias es únicamente un estimado de la muestra de una población, es probable que otra muestra de igual longitud de esa misma población, pero tomada en diferente tiempo, produzca otra curva de frecuencias. Los límites o intervalos de confianza definen el rango dentro del cual se espera que se ubiquen otras curvas con cierto nivel de confianza.

$$Q_L = Q_T \pm u_\alpha S_t \quad (1.128)$$

donde

Q_L Límites de confianza superior e inferior

Q_T Evento de una función de distribución para un periodo de retorno T

u_α Desviación normal estándar para un nivel de confianza α

$\alpha = 0.10$ $u_\alpha = 1.645212$ con límites al 95%

$\alpha = 0.05$ $u_\alpha = 1.960395$ con límites al 95%

$\alpha = 0.01$ $u_\alpha = 2.576236$ con límites al 99%

S_t Desviación estándar de los eventos estimados para un periodo de retorno T

Distribución Normal - Estimación de eventos

$$\hat{X}_T = \mu + \sigma U_T \quad (1.129)$$

Desviación estándar de los eventos \hat{X}_T por momentos y máxima verosimilitud

$$S_T = \left[1 + \frac{U_T^2}{2} \right]^{1/2} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} \quad (1.130)$$

donde

n es el tamaño de la muestra analizada

U_T variable normal estándar $N(0,1)$

Para una probabilidad acumulada $0 < F(x) \leq 0,5$

$$U_T = v - \frac{b_0 + b_1v + b_2v^2}{1 + b_3v + b_4v^2 + b_5v^3} \quad (1.131)$$

donde

$$b_0 = 2.515517$$

$$b_1 = 0.802853$$

$$b_2 = 0.010328$$

$$b_3 = 1.432788$$

$$b_4 = 0.189269$$

$$b_5 = 0.001308$$

$$v = \sqrt{\text{Ln} \frac{1}{[F(X)]^2}} \quad (1.132)$$

Para una probabilidad acumulada $0.5 < F(x) \leq 1.0$ se cambia $F(X)$ por $[1-F(X)]$ en la expresión (1.132) y se cambia el signo al valor de U_T calculado con la expresión (1.131).

Capítulo 2

**Análisis de frecuencia de series
de máximos anuales**

Capítulo 2

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE SERIES DE MÁXIMOS ANUALES

Los sistemas hidrológicos son afectados algunas veces por eventos extremos, tales como tormentas severas, crecientes y sequías. La magnitud de un evento extremo está inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos más moderados. El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Se supone que la información hidrológica analizada es independiente y está idénticamente distribuida, y el sistema hidrológico que la produce (por ejemplo, un sistema de tormenta) se considera estocástico e independiente del espacio y del tiempo.

La información hidrológica empleada debe seleccionarse cuidadosamente de tal manera que se satisfagan las suposiciones de independencia y de distribución idéntica. En la práctica, usualmente esto se lleva a cabo seleccionando el máximo anual de la variable que está siendo

analizada (por ejemplo, el caudal máximo anual, que es el gasto pico instantáneo máximo que ocurre en cualquier momento durante el año) con la expectativa de que observaciones sucesivas de esta variable de un año a otro sean independientes.

Los resultados del análisis de frecuencia de gastos de crecientes pueden utilizarse para muchos propósitos en ingeniería: para el diseño de presas, puentes, bordos y estructuras de control de crecientes y para delinear planicies de inundación y determinar el efecto de invasiones o construcciones en éstas.

2.1 Descripción de la zona

El área de estudio, la Región Hidrológica 10 (RH10), está situada en la porción noroccidental de la República Mexicana, entre los $105^{\circ} 30'$ y $109^{\circ} 00'$ de longitud oeste y los $23^{\circ} 30'$ y $28^{\circ} 00'$ de latitud norte que corresponde a la vertiente occidental que vierte sus aguas al Océano Pacífico; tiene una extensión aproximada de $333,230 \text{ km}^2$ que cubre la mayor parte del Estado de Sinaloa y pequeñas porciones de los estados de Durango, Chihuahua y Sonora, en la Fig 2.1 se muestra la localización del área de estudio.

El régimen de lluvias abarca el verano y parte del otoño, lo que produce un aumento general de los porcentajes invernales. De acuerdo con sus elementos morfológicos más característicos, se distinguen dos sectores climáticos predominantes: la llanura en la mitad occidental y la zona montañosa al oriente.

En el espacio más externo de la llanura costera, que no supera los 200 m, el clima es cálido, seco y semiseco, mientras que en la mitad interior es cálido y subhúmedo, al pie de la sierra. En las estribaciones montañosas, la variación de la altura permite la manifestación de

diferentes áreas que se diferencian por la temperatura dentro de un ámbito subhúmedo; se identifican, así los climas semicálido, templado y semifrío en alturas superiores a los 2000 m que cubren gran parte del norte y este de la zona.

Se trata, por lo tanto, de un dominio de montaña subtropical, con su correspondiente degradación en el fondo de los valles intermontanos de pendiente pronunciada, como es el caso del Río Remedios, afluente directo del San Lorenzo, donde el grado de humedad decrece sensiblemente. Existe por una doble variación climática que se resuelve en sentido oeste-este y en altura, determinado principalmente por la distribución de la humedad.

La distribución de las precipitaciones, por su parte, permite a las consideraciones morfológicas anteriores, cuyo reflejo en las variaciones espaciales de los volúmenes pluviométricos es muy claro; ello hace posible dividir la zona en dos ámbitos característicos: el sector externo de la llanura costera, mas occidental, árido y semiárido, que recibe menos de 700 mm al año, Higuera por ejemplo reporta 485 mm y Culiacán mas al interior, 671.4 mm y el resto del área que pertenece al dominio subhúmedo.

Con precipitaciones que oscilan entre 800 mm en la parte menos elevada y más de 1200 mm en las alturas entre 1600 y 1800 m, San Miguel del Cantil, por ejemplo, al norte, en torno a la Quebrada San Gregorio, recibe 1477.2 mm al año, mientras que en lo más profundo de la depresión del Río Remedios, las lluvias no alcanzan los 700 mm, y en el valle del Río Piaxtla, en el extremo suroriental del área, resultan inferiores a 800 mm. El óptimo pluviométrico viene marcado, en especial, por dos factores: la exposición de las formaciones respecto al impacto de las tormentas tropicales y la altitud que elevan notablemente los porcentajes invernales de lluvias en dos sectores montañosos de la mitad oriental, al norte y sur del Río Remedios

Con respecto a las temperaturas se aprecian también, los dos sectores altimétricos y una tendencia inversa a las precipitaciones; de este modo, se identifican dos espacios: la llanura donde se registran promedios en torno a 24 °C y la montaña, donde éstos no superan los 10°C en las zonas más elevadas y la temperatura predominante es de 18°C, entre los 1800 y 2000 m, además es posible establecer variaciones significativas dentro de estas áreas.

Al oeste, una estrecha franja próxima al litoral donde las temperaturas son inferiores a 24°C, Higueiras de Sinaloa, por ejemplo registra un promedio de 23.8°C conjunto de la llanura de suave pendiente, el promedio térmico supera los 24.5°C, hasta los 600 m Culiacán, por ejemplo, reporta 24.6°C.

La evapotranspiración real media anual, según el sistema de Thornwaite (1948), varía de 500 a 600 mm en la planicie costera y aumenta siguiendo la configuración topográfica hacia el noreste, los 800 mm es el valor más significativo y se presenta al pie de la Sierra Madre Occidental y en la zona de las presas Sanalona y Comedero, así como en las cumbres de la Sierra Madre.

El déficit medio anual de agua más importante se localiza en la costa sinaloense, con valores que oscilan entre 800 y 900 mm. Este valor disminuye hasta 500 mm en el pie de la sierra y es nulo en las cumbres del noreste.

La costa de Sinaloa es afectada por los ciclones generados en la primera zona matriz de huracanes, localizado en el Golfo de Tehuantepec; la actividad de esta zona se inicia en mayo, sin embargo los meteoros que afectan a la zona de estudio los formados de julio en adelante, son de mayor potencia y por lo regular describen una parábola que por la forma del litoral mexicano les hace viajar paralelo a la costa Sinaloense.

La segunda provincia se localiza en la parte montañosa, comprende en forma parcial a las subprovincias: Pie de la Sierra, que comprende la superficie limitada por la planicie hasta las estribaciones de la Sierra Madre, sus rasgos son sierras bajas con lomerío y valles aluviales intermontanos con lomerío al norte y oeste de Culiacán; Subprovincia Gran Meseta y cañones Duranguenses, ocupa la parte noreste y se caracteriza por las sierras altas con cañones y algunas mesetas con cañadas; Mesetas y cañadas del Sur, se ubican al suroeste del área, sus rasgos fisiográficos más importantes son las sierras altas con cañadas.

2.2 Estudio fisiográfico de la zona

El área de estudio comprende la totalidad de la región hidrológica No. 10 denominada Sinaloa, perteneciente a la vertiente occidental. Se tienen 42 estaciones hidrométricas ubicadas a lo largo y ancho de la región en estudio. Se localizan 4 presas de almacenamiento de gran importancia: Miguel Hidalgo y Costilla, Josefa Ortiz de Domínguez, Adolfo López Mateos y Presa Sanalona. En la Fig 2.2 se muestra la localización de 42 estaciones mencionadas. A continuación se describen los factores más importantes que inciden en la determinación de las características fisiográficas de las cuencas.

Permeabilidad – La permeabilidad del terreno es un factor importante en la tasa de escurrimiento, en virtud de que la Litología y su control estructural inciden directamente en la cantidad de escurrimiento generado, por lo que los materiales que lo constituyen se clasificaron según su capacidad de infiltración, como de permeabilidad baja, media, medio-alta y alta.

La permeabilidad baja se manifiesta en las unidades litológicas de origen ígneo, que se encuentran principalmente en la parte este y norte de la región. La permeabilidad alta se

encuentra distribuida principalmente en la parte poniente de la región, así como en los pequeños valles intermontanos y riberas de las corrientes principales.

Escurrecimientos – Analizando en primer orden la permeabilidad del terreno, su uso actual así como la precipitación media, nos encontramos con 4 de los 5 rangos que agrupan los coeficientes de escurrecimiento considerados.

Las unidades de menor escurrecimiento es donde el rango varía desde 0 hasta 5%, se localiza en la porción oeste de la región, donde la permeabilidad es alta, con una vegetación medianamente densa y precipitación entre 600 y 500 mm. Las unidades cuyo coeficiente de escurrecimiento varía entre los 5 y 10% se encuentran principalmente al sur que corresponde a un área donde la permeabilidad es alta y tiene una cubierta vegetal media y baja, teniendo una precipitación de alrededor de los 600 mm.

El escurrecimiento máximo en donde los coeficientes varían entre 20 y 30%, se encuentran en áreas diseminadas al este de la zona, se presenta en estas áreas una vegetación baja y una precipitación entre 1000 y 1200 mm.

Precipitación – La precipitación es uno de los factores primordiales que influyen en el escurrecimiento, ya que dependiendo de su intensidad, frecuencia y rapidez con que el suelo es saturado y comienza a escurrir.

La precipitación media anual fluctúa un poco menos de 500 mm hasta un poco más de 1200 mm, la mínima precipitación se presenta en el oeste del área, que son las partes más bajas topográficamente y aumenta de ahí en forma proporcional a la altura, hasta alcanzar su máximo valor en el noroeste.

Cubierta vegetal – La densidad de la cubierta vegetal del suelo incide en la cantidad de escurrimiento generado, al actuar como retardador de éste, propiciando la infiltración. En el área de estudio la cubierta vegetal varía de un valor entre denso hasta escaso.

En las partes altas de la sierra que se localizan al noreste abundan las biomásas forestales de bosques de pino y encino considerada como densidad alta. Con densidad media encontramos gran parte del valle de Culiacán cuya vegetación predominante son el pastizal y la agricultura de riego anual y semipermanente. La mínima densidad se localiza en la parte central de la región, donde la vegetación predominante es de cultivo de temporal anual y al igual que las anteriores se presentan pequeñas áreas con características similares diseminadas en toda el área de trabajo.

2.3 Características fisiográficas de la cuenca

Se pretende emplear una muestra de gastos de varias cuencas de una región extensa con características similares; se usó como ejemplo la Región Hidrológica 10 dada su importancia a nivel de producción en el renglón agrícola.

En la Tabla 2.1 se indican las características consideradas, y se presenta a continuación una breve descripción de éstas.

Área y perímetro del parteaguas de la cuenca - Se entiende como área drenada de una cuenca, el área en proyección horizontal encerrada por el parteaguas. Tradicionalmente el perímetro de esta área se obtiene con un curvímetro, midiendo su longitud total en km; mientras que el área se determina con un planímetro y se expresa en kilómetros cuadrados. Actualmente el perímetro y área se calculan con equipo de computadoras usando un software adecuado sobre un

plano digitalizado. Existen además programas de software específicos, como el HECWRC, para estudios hidrológicos.

TABLA 2.1 - Características fisiográficas empleadas en el estudio

VARIABLE	DESCRIPCION	UNIDADES
AREA	Área drenada hasta la estación	km ²
PRECMEDA	Precipitación media anual	mm
PENDCUEN	Pendiente media de la cuenca	m/km
ELEV MED	Elevación media de la cuenca	msnm
LONGITUD	Longitud de la corriente principal	km
PENDCAUC	Pendiente de la corriente principal	m/km
PARMFORM	Parámetro de forma	1/km
FRECUENC	Frecuencia de corriente	1/km ²
DENSIDAD	Densidad de drenaje	1/km
CENTLAT	Latitud del centroide de la cuenca	grados
CENTLON	Longitud del centroide de la cuenca	grados
COEFESCR	Coefficiente de escurrimiento	
ORDEN	Orden de la corriente principal	
PERIMET	Perímetro del parteaguas	km
TEMPER	Temperatura media anual	°C

Estas mediciones se pueden efectuar en un plano editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) realizados en diversas escalas.

Precipitación media anual - La precipitación media anual se calcula por el método de las isoyetas, se emplea para ello un plano de isoyetas medias anuales a la misma escala del que se emplea en el cálculo de las áreas.

La altura de la precipitación media se calcula con la expresión siguiente

$$hp_{media} = \sum_{i=1}^n hp_i \frac{A_i}{A} \quad (2.1)$$

donde

- A área total de la cuenca, en km^2
- A_i área entre isoyetas, en km^2
- hp altura de precipitación entre isoyetas, en mm
- hp_m altura de precipitación media, en mm
- n número de tramos entre isoyetas

Pendiente media de la cuenca - Para aplicar el criterio de Horton se traza una malla en donde el eje de las abscisas sigue aproximadamente el sentido del cauce principal.

Una vez hecho lo anterior, se mide la longitud de cada línea de la malla comprendida dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se valúa como:

$$S_x = \frac{Nx D}{Lx} \quad \text{y} \quad S_y = \frac{Ny D}{Ly} \quad (2.2)$$

donde

- D desnivel constante entre curvas de nivel, en m
- Lx longitud total de las líneas de la malla en la dirección x , comprendidas dentro de la cuenca, en m
- Ly longitud total de las líneas de la malla en la dirección y , comprendidas dentro de la cuenca

N_x número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla con las curvas de nivel en la dirección x

N_y número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla con las curvas de nivel en la dirección y

S_x pendiente de la cuenca en la dirección x

S_y pendiente de la cuenca en la dirección y

Finalmente, Horton considera que la pendiente media de la cuenca puede determinarse como se muestra a continuación

$$S_c = \frac{ND \sec \theta}{L} \quad (2.3)$$

donde

$$L = L_x + L_y$$

$$N = N_x + N_y$$

θ es el ángulo entre las líneas de la malla y las curvas de nivel

Como resulta demasiado laborioso determinar la $\sec \theta$ de cada intersección, Horton sugiere usar un valor promedio de 1.57.

En la práctica, y para propósitos de comparación, es igualmente eficaz ignorar el término $\sec \theta$, o bien considerar el promedio aritmético o geométrico de las pendientes S_x y S_y como pendiente de la cuenca.

En este trabajo, se utiliza este criterio, por ser el más apropiado para calcular esta característica.

Elevación media de la cuenca - La variación en elevación de una cuenca, así como su elevación media, pueden obtenerse fácilmente con el método de las intersecciones. El mapa

topográfico de la cuenca se divide en cuadrados de igual tamaño, considerando que por lo menos 100 intersecciones estén comprendidas dentro de la cuenca.

La elevación media de la cuenca se calcula como el promedio de las elevaciones de todas las intersecciones.

Para aplicar el método de las intersecciones, se utiliza la malla que se traza para calcular la pendiente media. Así, para los puntos de intersección que queden dentro de la cuenca, se toman las elevaciones de cada punto. Finalmente la elevación media es igual a la suma de todas las elevaciones entre el número total de intersecciones.

Orden y longitud de la corriente principal - Otras características importantes de cualquier cuenca son las trayectorias o el arreglo de los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. La razón de su importancia se manifiesta en la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante. Por otra parte, la forma de drenaje proporciona indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca.

Las características de una red de drenaje pueden describirse, principalmente, de acuerdo con el *orden de las corrientes, longitud de tributarios y densidad de corriente*.

Antes de hablar del orden de las corrientes conviene ver su clasificación. Todas las corrientes pueden dividirse en tres clases generales, dependiendo del tipo de escurrimiento, el cuál está relacionado con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca.

Así, una corriente puede ser *efímera, intermitente o perenne*. Una corriente efímera es aquella que sólo lleva agua cuando llueve e inmediatamente después. Una corriente intermitente lleva agua la mayor parte del tiempo pero, generalmente, en época de lluvias su aporte cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. El procedimiento más común para ésta clasificación es considerar como corrientes de orden uno, aquellas que no tienen ningún tributario; de orden dos a las que sólo tienen tributarios de orden uno; de orden tres aquellas corrientes con dos o más tributarios de orden dos, etc. Así, el orden de la corriente principal indicará la extensión de la red de corrientes dentro de la cuenca.

Para hacer esta clasificación se requiere de un plano de la cuenca que incluya tanto corrientes perennes como intermitentes. Una vez que se sabe cual es el orden de la red de drenaje, es fácil determinar cual es la corriente principal; se siguen las corrientes de mayor orden partiendo de la estación hasta llegar a la parte más alta de la cuenca (en un tributario de orden 1).

Sin embargo, no se debe perder de vista que la escala del plano base es determinante en este concepto; la Ley de Horton de números de ríos, Horton (1945) determina que la relación de bifurcaciones es relativamente constante de un orden a otro, ésta, es una buena alternativa cuando estos problemas son significativos.

Pendiente de la corriente principal - La pendiente de un tramo de río es el desnivel que existe entre los extremos inicial y final, y la distancia horizontal de dicho tramo. El concepto de pendiente de la corriente principal representa un valor medio; ya que cada tramo de río tiene su propia pendiente.

De esta manera, dividiendo el cauce en n número de tramos; el perfil del río se aproximará más al real mientras mayor sea este número y la pendiente del cauce será la real conforme disminuya la distancia horizontal de cada tramo analizado.

La técnica Taylor y Schwartz, propone la siguiente fórmula que se basa en considerar que el río está formado por una serie de canales con pendiente uniforme.

$$S = \left(\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)^2 \quad (2.4)$$

donde

- n número de tramos en que se divide el río
 S_1, S_2, \dots, S_n pendiente de cada tramo
 S pendiente media del río

Parámetro de forma - Esta característica indica de una manera muy precisa la forma que tiene cada cuenca, expresándola como una relación entre el perímetro de ésta (P) y su área (A) se expresa en km^{-1} , y es un buen indicador de como será la respuesta al escurrimiento a partir de la forma de la cuenca.

Sin embargo, también en este concepto está muy ligada la escala del plano que se emplea para calcular (P) y (A).

$$P_f = \frac{P}{A} \quad (2.5)$$

Esto influye en el escurrimiento, ya que entre mayor sea el valor de (P_f) mayor será el perímetro por km^2 de área, que se encuentre limitando la cuenca.

Frecuencia de la corriente - La frecuencia junto con la densidad de drenaje, son dos de las características que intentan describir la relación lluvia-escurrimiento de una cuenca, la frecuencia de la corriente se expresa como la relación entre el número total de corrientes (N_s) y el área drenada (A).

$$Fc = \frac{N_s}{A} \quad (2.6)$$

Para determinar el número de corrientes (N_s) se consideran solo las corrientes perennes e intermitentes. La corriente principal se cuenta como una desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Después se tendrán todos los tributarios de orden inferior, desde su nacimiento hasta la unión con la corriente principal, así sucesivamente hasta llegar a los tributarios de orden uno.

Esta relación no siempre proporciona una medida real de la eficiencia de drenaje, pues puede suceder que se tengan dos cuencas con la misma frecuencia de corriente y estén drenadas en muy diferente forma, dependiendo de la longitud de la corriente principal y de sus tributarios.

Densidad de drenaje - Esta característica es la que proporciona una información más real que la anterior, ya que se expresa como longitud de las corrientes (L) por unidad de área drenada (A).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (2.7)$$

Ubicación del centroide de la cuenca - El centroide o centro de gravedad, es el lugar geométrico en donde se supone concentrada toda la superficie drenada por la cuenca. Este punto se determina para efectos de diseño y se designa como el centro de la tormenta que es empleada en un modelo lluvia-escorrentamiento.

Los ejes coordenados utilizados para este cálculo, generalmente, son los paralelos de latitud y meridianos de longitud. Para una exacta determinación de este punto, se sugiere descomponer el área total de la cuenca (A_T) en n figuras regulares, cuyos centroides (X_i , Y_i) y áreas (A_i) sean conocidos; hasta que, de una manera aproximada se logre reproducir la forma de la cuenca.

El siguiente paso es calcular las coordenadas del centro de gravedad, para esto se hace uso de la fórmula para superficies geométricas compuestas, que está dada por:

$$X_C = \frac{X_1 A_1 + X_2 A_2 + \dots + X_N A_N}{A_T} \quad (2.8)$$

$$Y_C = \frac{Y_1 A_1 + Y_2 A_2 + \dots + Y_N A_N}{A_T} \quad (2.9)$$

donde

- X_i distancia para cada figura de su centroide al eje vertical de referencia.
- Y_i distancia para cada figura de su centroide al eje horizontal de referencia.
- A_i área para cada i énsima figura en que se divide la cuenca.
- A_T área total de la cuenca.
- X_C distancia del centro de gravedad de la cuenca al eje vertical de referencia.
- Y_C distancia del centro de gravedad de la cuenca al eje horizontal de referencia.

Coefficiente de escurrimiento - Se define como coeficiente de escurrimiento anual a la relación entre el volumen del escurrimiento directo y el volumen total de lluvia.

$$C = \frac{V_e}{V_{II}} \quad (2.10)$$

donde

- C coeficiente de escurrimiento, adimensional
- V_e volumen de escurrimiento directo, en m^3
- V_{II} volumen total de lluvia, en m^3

Este coeficiente, también puede obtenerse a través de tablas en función de usos indicativos de la tierra y tipos de superficie; ellas aparecen en libros o manuales relacionados con Hidrología. Sin embargo, para lograr la selección correcta del coeficiente de escurrimiento, no basta con escogerlo de alguna tabla o multiplicarlo por valores arbitrarios. Se recomienda que

cuando existan áreas tributarias en zonas con diferentes valores de (C) se utilice un coeficiente ponderado, según sea la magnitud de cada área.

Para obtener un coeficiente ponderado es necesario conocer los diferentes usos del suelo. Los coeficientes de escurrimiento asociados a los distintos tipos de suelos, pueden obtenerse de tablas, Campos (1987). Se pueden emplear para el estudio cartas geológicas, fisiográficas, de vegetación y de uso del suelo de planos editados por la Coordinación General de Servicios Nacionales del INEGI de los cuales se obtiene la información mostrada en la Tabla 2.2.

TABLA 2.2 - Coeficientes de escurrimiento para diversos tipos de vegetación

Uso de suelo	Área km ²	Coef. de escurrimiento
Selva Baja	7098	0.17
Bosque de Encino Pino	15791	0.22
Matorral	1204	0.20
Agrícola de temporal	1926	0.10

En la Tabla 2.3 se muestra el resumen de las características fisiográficas y climatológicas de las cuencas por estación hidrométrica de la Región Hidrológica 10.

2.4 Análisis de frecuencias de gastos máximos anuales

El análisis de frecuencias de gastos máximos anuales de una serie $Q_t, t=1, 2, 3, \dots, n$ se emplea para proveer la magnitud de un Q_T de cierto periodo de retorno T , por medio del ajuste de una distribución de probabilidad, la cual es seleccionada como la mejor de entre un grupo de ellas.

La secuencia de análisis, en forma general, es la siguiente:

Paso 1 – Se recaba la información de la serie Q_{ij} , $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, ms$, donde n es el número de eventos por serie y ms es el número de series en la información. En este punto se verifica la calidad y cantidad de la información. En las Tablas 2.4a y 2.4b se muestran las series de gastos máximos instantáneos anuales de las 42 estaciones pluviométricas ubicadas en la región en estudio.

Paso 2 – Verificar la homogeneidad de la serie mediante las pruebas de Helmert, t de Student y Cramer con las ecuaciones (1.20 a 1.24) del Subcapítulo 1.4. En las Tablas 2.5, 2.6 y 2.7 se muestran los resultados de las tres pruebas de homogeneidad: Helmert, t de Student y Cramer de las 42 series de eventos de la región en estudio.

Paso 3 – Se calculan los estadísticos muestrales de la serie, esto es, media (\bar{x}), varianza (S^2), desviación estándar (S), coeficiente de asimetría (g), curtosis (k) y coeficiente de variación (CV) con las ecuaciones mostradas en el Subcapítulo 1.2. En la Tabla 2.8 se muestran los estadísticos muestrales de las 42 series de eventos de la Región Hidrológica 10.

Paso 4 – Verificar con la prueba de Anderson la independencia de eventos de la serie, con las ecuaciones (1.125) y (1.126) del Subcapítulo 1.5. Se verificaron las 42 series de eventos de la zona en estudio las cuales se muestran en la Tabla 2.9.

Paso 5 – La serie Q_i se ordena de mayor a menor, asignando un nuevo número de orden m , $m = 1, 2, 3, \dots, n$, (el 1 al evento mayor), se calcula el periodo de retorno y una probabilidad de no excedencia con las ecuaciones 1.117 y 1.118. Se tomó como ejemplo la serie de datos de la estación San Francisco, misma que se muestra en la Tabla 2.10 en donde se obtuvieron los periodos de retorno y probabilidades de no excedencia.

Paso 6 – A la serie Q_i se le ajustan las diferentes distribuciones de probabilidad para el análisis de máximos anuales: Normal (N). Log Normal con 2 y 3 parámetros ($LN2$ y $LN3$),

Gamma con 2 y 3 parámetros, Log Pearson Tipo III, Gumbel, General de Valores Extremos (*GVE*) y Valores Extremos de 2 componentes (*VE2*). Se selecciona la distribución de probabilidad que arroje el mínimo error estándar de ajuste (*EE*) con la ecuación (1.127) del Subcapítulo 1.6. En las Tablas 2.11a, 2.11b, 2.11c y 2.11d se muestran los máximos anuales ajustados a diferentes distribuciones de probabilidad de las estaciones San Francisco, Álamos, La Huerta y Acatitán, así como el error estándar de cada una. El menor *EE* de todas estas distribuciones lo arroja la distribución Gamma de 3 parámetros con estimadores de Momentos de Probabilidad Pesada, por lo tanto es la distribución que se selecciona.

Paso 7 – Una vez que se obtiene la distribución de mejor ajuste de la serie Q_t es posible calcular los eventos Q_T y sus límites de confianza para los periodos de retorno $T = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000, 5000$ y 10000 años. En las Tablas 2.12a, 2.12b, 2.12c y 2.12d se muestran los resultados de gastos contra periodo de retorno de las estaciones antes mencionadas, así como los límites de confianza al 90, 95 y 99 por ciento, los cuales se obtienen con las expresiones (1.128 a 1.132) del Subcapítulo 1.7.

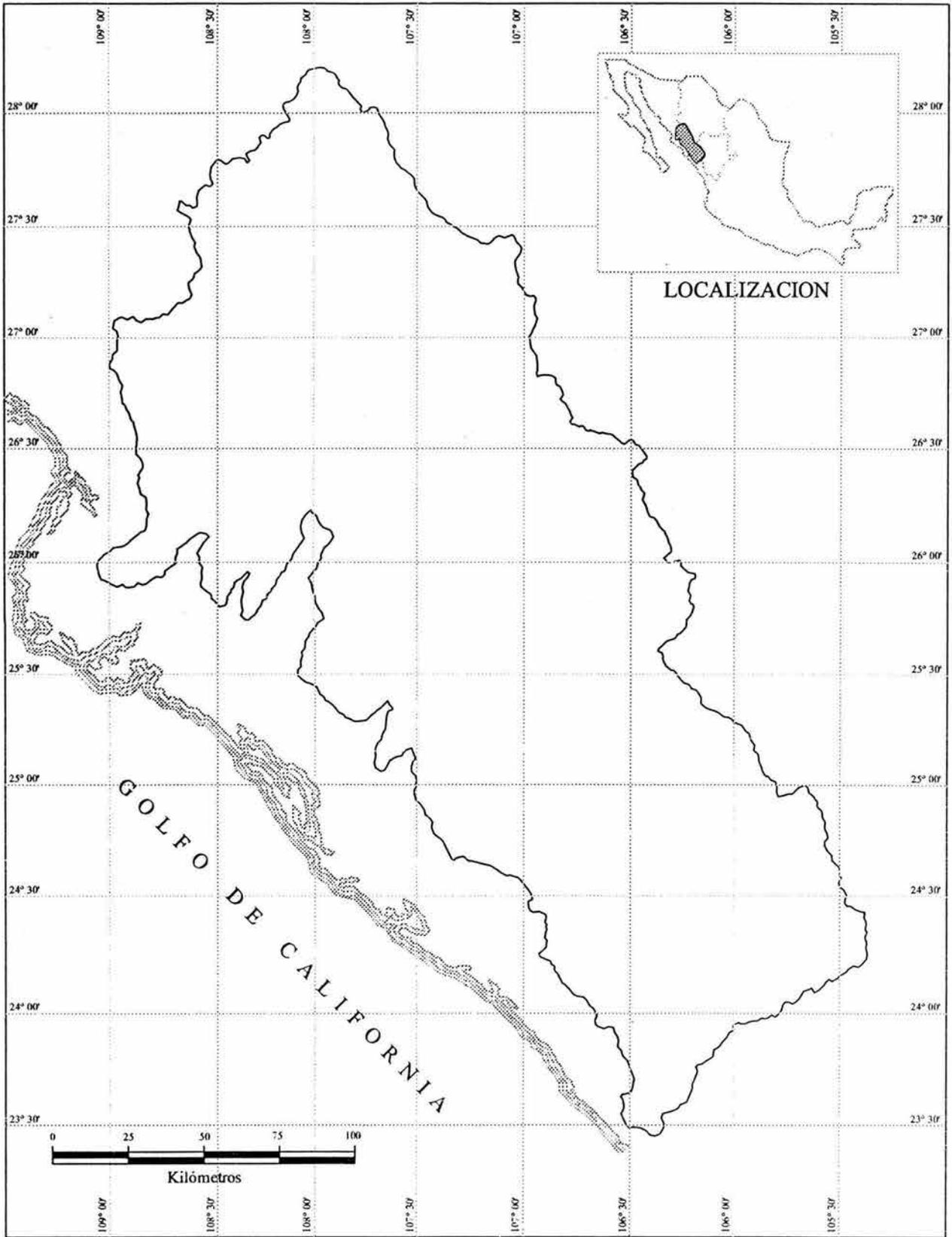


Fig 2.1 - Localización de la Región Hidrológica 10

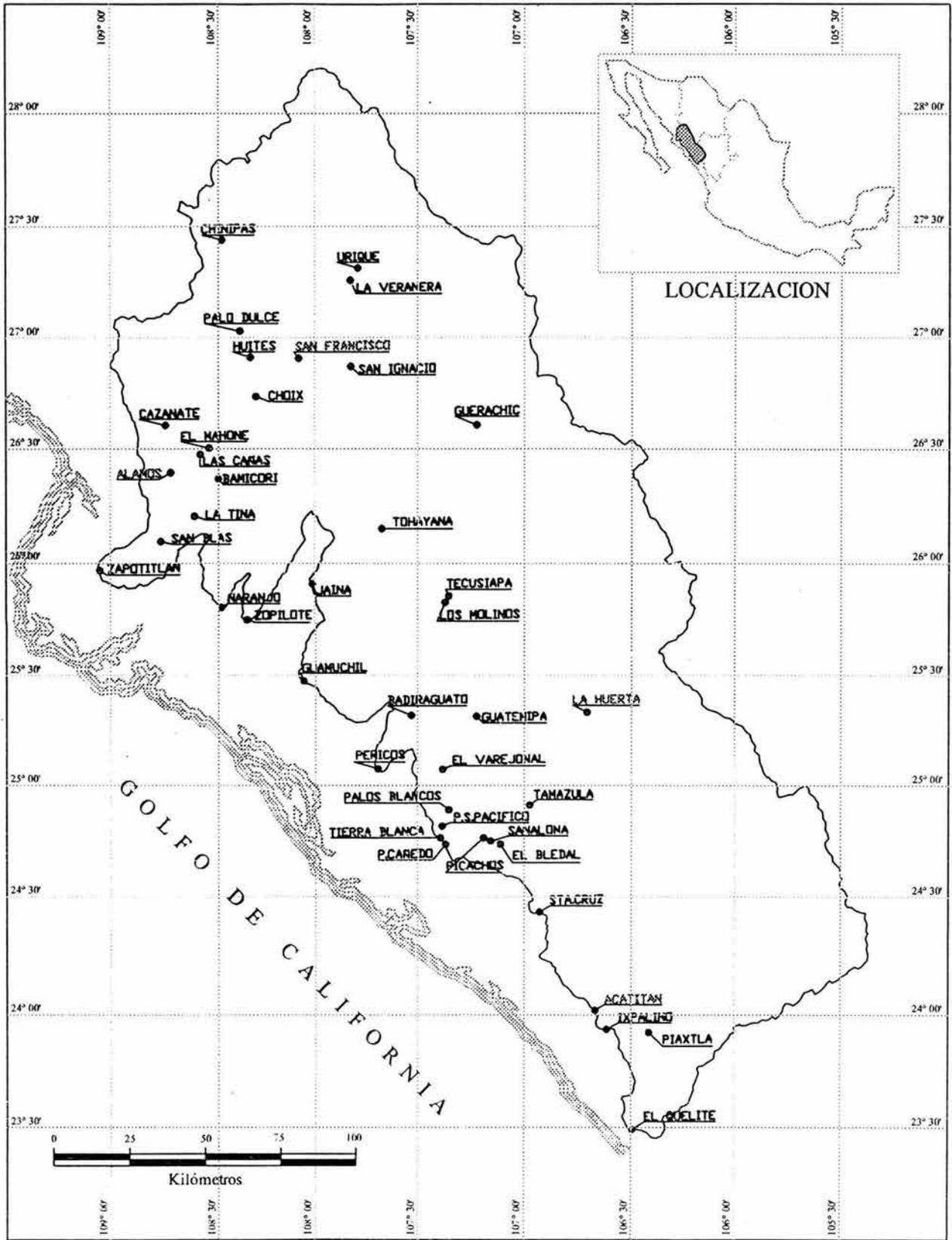


Fig 2.2 - Localización de las 42 estaciones hidrométricas - Región Hidrológica 10

TABLA 2.3
Características Fisiográficas y Climatológicas de la Región Hidrológica 10

No. ESTACION	AREA km ²	PRECMED mm	PENDCUENC m/km	ELEVEMED msnm	LONGITUD km	PENDCAUCE m/km	PARMFORM 1/km	FRECUEN 1/km ²	DENSIDAD 1/km	CENTLAT grados	CENTLON grados	COEFESCUF (adim)	ORDEN	PERIMET km	TEMPER °C
1 ZAPOTITLAN	34450	789.42	0.0406	1651	440	0.00342	0.0336	0.0046	0.0128	26.93	107.80	0.188	5	1158	23
2 SAN BLAS	33590	799.52	0.0414	1683	402	0.00353	0.0324	0.0046	0.0120	26.95	107.82	0.188	5	1088	23
3 LA TINA	275	654.73	0.0167	405	30	0.00413	0.2109	0.0036	0.0738	26.17	108.52	0.166	2	58	23
4 BAMICORI	223	800.45	0.0061	415	20	0.00490	0.3366	0.0045	0.0906	26.37	108.40	0.162	1	75	23
5 LAS CAÑAS	29529	825.14	0.0445	1760	342	0.00538	0.0328	0.0049	0.0118	26.98	107.68	0.192	5	968	23
6 EL NAHONE	29428	826.08	0.0445	1760	337	0.00548	0.0326	0.0049	0.0117	26.98	107.68	0.192	5	959	23
7 CHOIX	1403	972.06	0.0221	1050	82	0.00234	0.1447	0.0050	0.0513	26.57	108.07	0.172	3	203	21
8 HUITES	26020	822.80	0.0493	1913	267	0.00685	0.0324	0.0051	0.0097	27.03	107.58	0.197	5	843	15
9 PALO DULCE	6323	911.37	0.0569	1742	184	0.01028	0.0614	0.0044	0.0269	27.60	108.20	0.210	4	388	15
10 CHINIPAS	5098	909.69	0.0600	1940	131	0.01449	0.0651	0.0047	0.0235	27.70	108.15	0.211	4	332	15
11 SAN FRANCISCO	17531	773.47	0.0504	2016	246	0.00720	0.0379	0.0058	0.0131	26.80	107.80	0.191	4	665	25
12 SAN IGNACIO	10920	802.23	0.0536	2002	209	0.01041	0.0497	0.0067	0.0183	26.57	107.17	0.183	4	543	21
13 LA VERANERA	4106	739.77	0.0363	2355	137	0.01565	0.0852	0.0049	0.0312	27.30	107.40	0.215	3	350	11
14 URIQUE	4000	738.56	0.0358	2409	127	0.01537	0.0843	0.0050	0.0300	27.30	107.37	0.215	3	337	11
15 GUERACHIC	6262	818.71	0.0423	2322	145	0.01249	0.0564	0.0053	0.0216	26.37	106.80	0.177	4	353	17
16 ALAMOS	2270	634.25	0.0158	505	124	0.00184	0.1093	0.0035	0.0520	26.77	108.80	0.156	3	248	23
17 CAZANATE	1813	654.11	0.0156	556	93	0.00156	0.1120	0.0033	0.0458	26.85	108.82	0.161	3	203	23
18 JAINA	8179	982.60	0.0518	1279	177	0.01014	0.0560	0.0056	0.0241	26.00	107.43	0.187	4	458	21
19 TOHAYANA	5281	1003.39	0.0579	1603	131	0.01130	0.0583	0.0064	0.0235	25.97	107.27	0.193	4	308	19
20 TECUSIAPA	3773	1040.37	0.0666	1894	90	0.01504	0.0861	0.0053	0.0220	26.00	107.12	0.197	4	325	15
21 LOS MOLINOS	501	919.96	0.0417	1300	35	0.02159	0.1936	0.0020	0.0639	25.73	107.27	0.182	2	97	23
22 NARANJO	2064	809.04	0.0209	586	107	0.00760	0.1177	0.0029	0.0484	26.20	108.30	0.158	3	243	23
23 ZOPILOTE	666	743.32	0.0283	438	68	0.00690	0.1922	0.0030	0.0871	26.00	108.23	0.158	2	128	25
24 GUAMUCHIL	1645	767.17	0.0096	201	65	0.00698	0.1173	0.0030	0.0383	25.53	107.83	0.145	3	193	25
25 PERICOS	270	734.26	0.0130	150	31	0.00613	0.2778	0.0037	0.1111	25.20	107.62	0.153	1	75	25
26 TIERRA BLANCA	11614	977.22	0.0434	1541	276	0.00603	0.0527	0.0030	0.0215	25.45	106.85	0.180	4	612	13
27 PUERTO S.PACIFICO	11434	978.50	0.0434	1541	268	0.00632	0.0525	0.0031	0.0214	25.45	106.85	0.180	4	600	13
28 PALOS BLANCOS	11409	982.29	0.0434	1563	256	0.00649	0.0508	0.0031	0.0210	25.45	106.85	0.181	4	580	13
29 EL VAREJONAL	10987	990.33	0.0470	1653	233	0.00680	0.0519	0.0029	0.0191	25.48	106.80	0.182	4	570	13
30 BADIRAGUATO	1018	983.50	0.0520	595	59	0.02118	0.1473	0.0029	0.0570	25.60	107.50	0.187	2	150	23
31 GUATENIPA	8252	1006.34	0.0491	1995	178	0.01202	0.0594	0.0032	0.0194	25.50	106.58	0.185	4	490	17
32 LA HUERTA	6149	1019.94	0.0412	2218	117	0.01569	0.0631	0.0036	0.0171	25.53	106.42	0.182	4	388	13
33 PUERTO CAÑEDO	4086	1045.49	0.0433	775	117	0.00470	0.0710	0.0037	0.0289	25.00	106.90	0.185	3	290	25
34 SANALONA	3657	1080.66	0.0518	895	85	0.00438	0.0662	0.0036	0.0202	25.02	106.83	0.191	3	242	25
35 PICACHOS	3280	1106.39	0.0518	895	85	0.00438	0.0729	0.0040	0.0213	25.02	106.83	0.191	3	239	25
36 TAMAZULA	2241	1171.95	0.0684	1146	48	0.01024	0.0848	0.0036	0.0192	25.05	106.77	0.196	3	190	23
37 EL BLEDAL	371	856.13	0.0206	268	31	0.00799	0.2372	0.0027	0.0809	24.70	107.00	0.185	1	88	25
38 SANTA CRUZ	8919	1068.89	0.0532	1690	180	0.01267	0.0561	0.0085	0.0205	24.70	106.18	0.199	4	500	13
39 ACATITAN	1884	1046.59	0.0497	727	115	0.01131	0.1131	0.0080	0.0515	24.32	106.55	0.200	3	213	25
40 IXPALINO	6166	1006.73	0.0430	1394	174	0.01310	0.0592	0.0070	0.0264	24.13	106.03	0.205	4	365	11
41 PIAXTLA	5307	1044.76	0.0496	1645	142	0.01689	0.0660	0.0066	0.0239	24.15	105.98	0.208	4	350	11
42 EL QUELITE	835	720.06	0.0084	212	42	0.00579	0.1653	0.0096	0.0515	23.65	106.37	0.182	2	138	25

TABLA 2.4
Gastos Máximos Instantáneos de la Región Hidrológica 10

	ZAPOTITLAN	SAN BLAS	LA TINA	BAMICORI	LAS CAÑAS	EL NAHONE	CHOIX	HUITES	PALO DULCE	CHINIPAS	SAN FRANCISCO	SAN IGNACIO	LA VERANERA	URIQUE	GUERACHIC	ALAMOS	CAZANATE	JAINA	TOHAYANA	TECUSIAPA	LOS MOLINOS	
	ESTACIONES HIDROMÉTRICAS																					
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1924																						
1925																						
1926																						
1927																						
1928																						
1929																						
1930																						
1931																						
1932																						
1933																						
1934																						
1935																						
1936																						
1937																						
1938																						
1939																						
1940																						
1941		1562						2085			1326							759				
1942		2284						2531			1558							2065				
1943		12675						14376			2292							6991				
1944		3447						2580			1376							580				
1945		1636						1499			894							714				
1946		1154						1165			559							746				
1947		1142						1127			1137							771				
1948		3280			842			623			1668					137		693				
1949		9200			10000			2298			4710					395		2614				
1950		3800			4579			3229			2920					133		2336				
1951				58	946			677			493					77		437				
1952				153	2264			1266			695		88			248		594				
1953				124	1210			1025			678			120	209	42		546				
1954				405	1619			955			683			371	260	177		516				
1955				379	7477		112	4780			3101			1343	595	542		1600				
1956				379	659		74	532			583			138	496	297		639				
1957				170	129		73	593	248		434			143	181	246		362	420			
1958				192	3888		220	1045	455		3750			861	354	445		2232	1560	601	85	
1959				67	1624		299	1908	743		1572			384	525	669		616	343	387	33	
1960	563		60	89	8562		1150	15000	6800		6640			561	5300	376		2003	2239	1525	99	
1961	488		73	155	697		159	1396	472		880			250	320	114		795	793	581	116	
1962	213		75	46	329		376	1520	347		997			285	422	115		1137	888	816	231	
1963	648		34	110	824		407	2702	584		2134			407	1860	521		1226	1814	1547	161	
1964	609		120	94	607		250	1319	481		735			565	547	175		454	392	271	206	
1965	127		17	650	172		464	1944	1360	1178	952			272	495	258		292	650	329	496	
1966	1480		71	93	1507	197	275	2420	674	406	2144							958	812	620	262	
1967	512		113	49	595	271	300	2506	635	843	1175	1341			282		7	21	900	1251	1010	
1968	1131		778	438	10000	194	336	1534	530	363	1308	1164			216		90	1338	1298	767	273	
1969	41		30	22	213	203	248	1508	1100	721	605	960			115		106	199	340	295	287	
1970	82		2	138	420	176	136	1559	390	417	980	860			88			218	357	311	212	
1971	498		115	44	766	150	360	2200	1283	1420	950	884			308			3223	1109	1060	894	
1972	720		10	70		164	273	2225	688	1152	2129	1740			274			715	932	908	2521	
1973	711		47	141		180	351	7960	1370	1516	4855	3075			319			185	1349	1570	3075	
1974	479		110	650		192	194	4001	1588	1742		1897			354			424	680	963	976	
1975	69		110	100		215	192	1067	383	430		1002			308			111	488	368		
1976	69		29	495		205	580	3233	740	420		4020			293			198	900	809		
1977	60		160	214		207	189	1119	333	752		861			79			259	791	672		
1978	729		58	94		189	348	6178	535	1446		1696			300			475	989	1500		
1979	1529		2	54		196	576	4443	1825	2158		2210			716			509	1620	1930		
1980	198		156	363		189	417	1474	562	720		876			338			685	400	331		
1981	2786		122	134		216	1700	2508	1180	980		1765			285			1365	2832	952		
1982			193	54		217	748	1530	951	1001		1369			243			988	4440	2580		
1983			72			165	588	8000	1010	1740		1795			282			255	179	1713		
1984						218		5496	190	1271		1413			563			375	694	736		
1985						224		3385	843	1605		1898			387			250	1213	1580		
1986								1374											494			
1987								1245														
1988								2299														
1989								1345														
1990								11350														
1991								2509														
1992								2006														
1993								1180														
1994																						

TABLA 2.4 (Continuación)
Gastos Máximos Instantáneos de la Región Hidrológica 10

AÑO	ESTACIONES HIDROMÉTRICAS																						
	NARANJO	ZOPILETE	GUAMUCHIL	PERICOS	TIERRA BLANCA	PUERTO S. PACÍFICO	PALOS BLANCOS	EL VAREJONAL	BADIRAGUATO	GUATENIPA	LA HUERTA	PUERTO CAÑEDO	SANALONA	PICACHOS	TAMAZULA	EL BLEDAL	SANTA CRUZ	ACATITAN	IXPALINO	PIAXTLA	EL QUELITE		
1924						4562																	
1925						2624																	
1926						3821																	
1927						3102																	
1928						1122																	
1929						947																	
1930						3580																	
1931						1320																	
1932						5751						2848											
1933					1350	1780						486											
1934					1268	2427						1377											
1935					2006	3755						1570											
1936					725	1690						994											
1937					1426	2676						692	505										
1938			335		1579	2412						868	962		766								
1939	277	162	299		2451	5599	4160					1943	1587		597								
1940	170	35	255			2335	1648					1526	1088		170								
1941	90	10	65			4008	2808					1904	1220		119								
1942	1405	400	445			5039	5113					939	833		65								
1943	1776	819	1550			11000	8340					1852	1704		157	2103							
1944	221	110	392			4000	2091					2276	1896		197	2142							
1945	403	116	916			4755	3000					3232	2660		414	1023							
1946	304	194	241			701	582					429	375		291	838							
1947	61	23	530			782	1009					332	346		174	1161							
1948	659	690	648			790	1006					398	273		233	1062							
1949	1320	776	375			2760	2209					455	485		155	784							
1950	374	182	272			5228	4140					151	158		44	1086							
1951	31	75	422			330	475					74	227		227	488							
1952	96	386	377			398	842					42	169		169	677							
1953	90	487	1173			3490	2794					64	669		669	807				1046			
1954	185	54	219			1227	1264					54	54		31	553				709			
1955	475	206	3507			3152	2780					415	94		152	1252	579			1045			
1956	57	377	165			361	753					94	283		91	370	350			322			
1957	190	70	526			378	485					283	283		283	330	321			240			
1958	3093	1030	1014			5715	3883					615	615		433	1958	840	1902		1344			
1959	593	337	1610			1280	1280		361			240	240		132	762	702	722		510			
1960	334	177	137	39		5048	1226	435				529	378		529	1074	1510	566		444	117		
1961	119	230	525	170		1845	1656	276				378	378		122	1280	646	864		821	290		
1962	434	331	985	227		830	1034	4220				1000	1000	1304	1000	1002	1674	1766		1276	624		
1963	433	806	459	353		992	400	420				377	377	894	336	3680	622	2205		2855	157		
1964	223	82	390	69		104	106	236				276	276	592	258	861	457	707		652	272		
1965	534	293	449	230		150	168	213	675			153	153	228	92	889	710	1334		614	1600		
1966	330	611	688	141		171	69	922	565			273	273	607	122	1166	1191	842		631	563		
1967	684	710	720	91		172		480	2037			303	303	907	326	950	553	1056		937	101		
1968	1720	452	200	152		725		435	5000			1600	1600	723	1576	7000	4600	6200		6399	1008		
1969	255	10	312	82		97		64	435	175		264	264	292	228	784	400	872		799	183		
1970	435	838	520	322		240		250	798	659		136	136	509	82	921	568	1020		765	173		
1971	600	318	1045	219		86		435	1670	530		326	326	590	276	812	422	546		503	166		
1972	405	275	31	307		82		470	4230	1931		421	421	1246	380	3332	1830	4365		3527	1080		
1973	1150	518	13	198		140		585	2431	1251		304	304	463	296	898	792	801		640	160		
1974	800	298		186		335		600	1717	1260		504	504	361	311	2790	2005	1957		464	464		
1975	349	561		186		1713		290	488	273		629	629	564	490	620	1410	450		464	464		
1976	1995	508		76		72		320	3127	1250		45	45	564	60	1495	830	975		296	296		
1977	73	370		143		236		250	451	331		66	66	364	123	836	625	949		253	253		
1978	230	93		176		1633		245	860	322		185	185	620	255	940	542	405		55	55		
1979	104	43		103		1633		890	3050	1605		473	473	313	303	3080	355	939		110	110		
1980	755	320		308		135		461	825	451		228	228	362	226	1550	1404	1374		664	664		
1981	2040	924		353		1860		9245	3392	1475		238	238	443	210	306	1555	2582		1743	1743		
1982	1630	796		362		256		2388	1350	609		74	74	375	67	151	638	660		115	115		
1983	889	189		236		92		277	1650	1303		450	450	518	51	83	921	1440		532	532		
1984	296	334		267		66		481	976	683		183	183	160	126	907				382	382		
1985	542	447		258		268		614	3937	1774		603	603	584	278	875	2470			610	610		
1986																							
1987																							
1988																							
1989																							
1990																							
1991																							
1992																							
1993																							
1994																							

TABLA 2.5
Prueba estadística de Helmert aplicada a los valores históricos de la Región Hidrológica 10

	Periodo de registro	Tamaño de muestra	Tolerancia	Secuencia	Cambios		HELMERT
No. ESTACION	de-hasta	n_j	$(n_j - 1)^{1/2}$	S	C	S-C	$ S-C < (n_j - 1)^{1/2}$
1 ZAPOTITLAN	1960 - 1981	22	4.58	10	11	1.00	OK
2 SAN BLAS	1941 - 1950	10	3.00	5	4	1.00	OK
3 LA TINA	1960 - 1983	24	4.80	11	12	1.00	OK
4 BAMICORI	1951 - 1982	32	5.57	19	12	7.00	
5 LAS CAÑAS	1948 - 1971	24	4.80	13	10	3.00	OK
6 EL MAHONE	1966 - 1985	20	4.36	10	9	1.00	OK
7 CHOIX	1955 - 1983	29	5.29	19	9	10.00	
8 HUITES	1941 - 1993	53	7.21	34	18	16.00	
9 PALO DULCE	1957 - 1985	29	5.29	12	16	4.00	OK
10 CHINIPAS	1965 - 1985	21	4.47	14	6	8.00	
11 SAN FRANCISCO	1941 - 1973	33	5.66	17	15	2.00	OK
12 SAN IGNACIO	1967 - 1985	19	4.24	7	11	4.00	OK
13 LA VERANERA	1952 - 1965	14	3.61	5	8	3.00	OK
14 URIQUE	1967 - 1985	19	4.24	11	7	4.00	OK
15 GUERACHIC	1953 - 1965	13	3.46	8	4	4.00	
16 ALAMOS	1948 - 1969	22	4.58	9	12	3.00	OK
17 CAZANATE	1967 - 1985	19	4.24	14	4	10.00	
18 JAINA	1941 - 1986	46	6.71	23	22	1.00	OK
19 TOHAYANA	1957 - 1985	29	5.29	11	17	6.00	
20 TECUSIAPA	1958 - 1974	17	4.00	9	7	2.00	OK
21 LOS MOLINOS	1958 - 1970	13	3.46	9	3	6.00	
22 NARANJO	1939 - 1985	47	6.78	32	14	18.00	
23 ZOPILOTE	1939 - 1985	47	6.78	23	23	0.00	OK
24 GUAMUCHIL	1938 - 1973	36	5.92	21	14	7.00	
25 PERICOS	1960 - 1985	26	5.00	18	7	11.00	
26 TIERRA BLANCA	1933 - 1939	7	2.45	3	3	0.00	OK
27 PTO S. PACIFICO	1924 - 1958	35	5.83	14	20	6.00	
28 PALOS BLANCOS	1939 - 1985	47	6.78	29	17	12.00	
29 EL VAREJONAL	1960 - 1966	7	2.45	5	1	4.00	
30 BADIRAGUATO	1959 - 1985	27	5.10	22	4	18.00	
31 GUATENIPA	1965 - 1985	21	4.47	9	11	2.00	OK
32 LA HUERTA	1969 - 1985	17	4.00	5	11	6.00	
33 PUERTO CAÑEDO	1932 - 1953	22	4.58	14	7	7.00	
34 SANALONA	1944 - 1985	42	6.40	23	18	5.00	OK
35 PICACHOS	1937 - 1943	7	2.45	1	5	4.00	
36 TAMAZULA	1962 - 1984	23	4.69	14	8	6.00	
37 EL BLEDAL	1938 - 1985	48	6.86	30	17	13.00	
38 SANTA CRUZ	1943 - 1985	43	6.48	25	17	8.00	
39 ACATITAN	1955 - 1985	31	5.48	15	15	0.00	OK
40 IXPALINO	1953 - 1983	31	5.48	15	15	0.00	OK
41 PIAXTLA	1958 - 1973	16	3.87	9	6	3.00	OK
42 EL QUELITE	1960 - 1985	26	5.00	12	13	1.00	OK

TABLA 2.6
Prueba estadística t de Student aplicado a los registros históricos de la Región Hidrológica 10

	Periodo de registro	Tamaño de muestra	Conjunto 1	Media 1	Varianza 1	Conjunto 2	Media 2	Varianza 2	Estadístico	t de Student	Prueba
No. ESTACION		n_j	n_1	X_1	S_1^2	n_2	X_2	S_2^2	$ t_d $	t	
1 ZAPOTITLAN	1960 - 1981	22	11	536	446	11	713	812	0.6066	2.090	OK
2 SAN BLAS	1941 - 1950	10	5	4321	4731	5	3715	3296	0.2101	2.310	OK
3 LA TINA	1960 - 1983	24	12	210	210	12	89	62	0.5297	2.070	OK
4 BAMICORI	1951 - 1982	32	16	198	168	16	191	190	0.0991	2.040	OK
5 LAS CAÑAS	1948 - 1971	24	12	2936	3051	12	2058	3406	0.6373	2.070	OK
6 EL MAHONE	1966 - 1985	20	10	194	33	10	199	16	0.3992	2.100	OK
7 CHOIX	1955 - 1983	29	15	316	258	15	460	387	1.1346	2.050	OK
8 HUITES	1941 - 1993	53	27	2707	3582	27	3131	2526	0.4874	2.010	OK
9 PALO DULCE	1957 - 1985	29	15	1073	1619	15	899	478	0.3803	2.050	OK
10 CHINIPAS	1965 - 1985	21	11	926	501	11	1138	558	0.8718	2.090	OK
11 SAN FRANCISCO	1941 - 1973	33	17	1477	1171	17	1896	1686	0.8048	2.040	OK
12 SAN IGNACIO	1967 - 1985	19	10	1694	1061	10	1790	894	0.2017	2.110	OK
13 LA VERANERA	1952 - 1965	14	7	438	484	7	389	132	0.2373	0.237	
14 URIQUE	1967 - 1985	19	10	256	89	10	349	176	1.3708	2.110	OK
15 GUERACHIC	1953 - 1965	13	7	374	166	7	1353	1818	1.2566	2.200	OK
16 ALAMOS	1948 - 1969	22	11	249	159	11	246	205	0.0355	2.090	OK
17 CAZANATE	1967 - 1985	19	10	538	964	10	536	379	0.0070	2.110	OK
18 JAINA	1941 - 1986	46	23	1347	1411	23	1048	927	0.8294	2.020	OK
19 TOHAYANA	1957 - 1985	29	15	920	611	15	1178	620	1.0884	2.050	OK
20 TECUSIAPA	1958 - 1974	17	9	760	465	9	1151	984	0.9831	2.130	OK
21 LOS MOLINOS	1958 - 1970	13	7	133	77	7	192	64	1.3733	2.200	OK
22 NARANJO	1939 - 1985	47	24	532	711	24	704	583	0.8919	2.020	OK
23 ZOPILOTE	1939 - 1985	47	24	303	278	24	422	260	1.4797	2.020	OK
24 GUAMUCHIL	1938 - 1973	36	18	668	799	18	544	415	0.5680	2.020	OK
25 PERICOS	1960 - 1985	26	13	185	102	13	219	89	0.8879	2.060	OK
26 TIERRA BLANCA	1933 - 1939	7	4	1337	525	4	1545	709	0.3727	2.570	OK
27 PTO S. PACIFICO	1924 - 1958	35	18	2973	1424	18	3006	2785	0.0435	2.040	OK
28 PALOS BLANCOS	1939 - 1985	47	24	2433	1917	24	504	603	4.5538	2.020	
29 EL VAREJONAL	1960 - 1966	7	4	1079	522	4	186	149	2.6021	2.570	
30 BADIRAGUATO	1959 - 1985	27	14	658	1044	14	1223	2372	0.7696	2.060	OK
31 GUATENIPA	1965 - 1985	21	11	1822	1549	11	1828	1292	0.0083	2.090	OK
32 LA HUERTA	1969 - 1985	17	9	851	597	9	950	583	0.3255	2.130	OK
33 PUERTO CAÑEDO	1932 - 1953	22	11	1377	684	11	846	1090	1.3051	2.090	OK
34 SANALONA	1944 - 1985	42	21	546	626	21	355	331	1.2063	2.020	OK
35 PICACHOS	1937 - 1943	7	4	1036	445	4	1211	366	0.4825	2.570	OK
36 TAMAZULA	1962 - 1984	23	12	696	338	12	461	106	2.1515	2.080	
37 EL BLEDAL	1938 - 1985	48	24	259	203	24	313	332	0.6608	2.020	OK
38 SANTA CRUZ	1943 - 1985	43	22	1150	753	22	1385	1534	0.6229	2.020	OK
39 ACATITAN	1955 - 1985	31	16	983	1042	16	1052	649	0.2135	2.040	OK
40 IXPALINO	1953 - 1983	31	16	1345	1406	16	1596	1581	0.4522	2.040	OK
41 PIAXTLA	1958 - 1973	16	8	1065	798	8	1775	2116	0.8314	2.140	OK
42 EL QUELITE	1960 - 1985	26	13	487	471	13	450	436	0.2017	2.060	OK

TABLA 2.7
Prueba estadística de Cramer aplicada a los registros históricos de la Región Hidrológica 10

	Periodo de registro	Tamaño de muestra	Media de muestra	desv est de muestra	Tamaño del (60%)	Media (60%)	Desv est (60%)	Estadístico	Tamaño del (30%)	Media (30%)	Desv est (30%)	Estadístico	t de Student	Prueba
No. ESTACION		n	X	S	n ₁	X ₁	S ₁	t ₉₀	n ₂	X ₂	S ₂	t ₃₀	t	
1 ZAPOTITLAN	1960 - 1981	22	625	645	13	613	780	0.0975	7	777	1037	0.7002	2.090	OK
2 SAN BLAS	1941 - 1950	10	4018	3857	6	3369	3068	0.5960	3	5427	3278	0.6964	2.310	OK
3 LA TINA	1960 - 1983	24	107	152	14	85	62	0.8365	7	109	68	0.0496	2.070	OK
4 BAMICORI	1951 - 1982	32	195	177	19	205	207	0.4038	10	230	205	0.7248	2.040	OK
5 LAS CAÑAS	1948 - 1971	24	2497	3194	14	2157	3174	0.6160	7	1953	3577	0.5260	2.070	OK
6 EL MAHONE	1966 - 1985	20	198	26	12	203	17	0.8789	6	205	23	0.6892	2.100	OK
7 CHOIX	1955 - 1983	29	393	337	17	425	366	0.6084	9	549	475	1.6597	2.050	OK
8 HUITES	1941 - 1993	53	2940	3125	32	2973	2402	0.0922	16	3379	2879	0.6591	2.010	OK
9 PALO DULCE	1957 - 1985	29	976	1196	17	881	468	0.5092	9	825	497	0.4294	2.050	OK
10 CHINIPAS	1965 - 1985	21	1061	524	13	1214	544	1.6668	6	1220	394	0.8799	2.090	OK
11 SAN FRANCISCO	1941 - 1973	33	1725	1450	20	1830	1623	0.4991	10	1583	1265	0.3560	2.040	OK
12 SAN IGNACIO	1967 - 1985	19	1622	813	11	1719	881	0.6037	6	1519	381	0.3433	2.110	OK
13 LA VERANERA	1952 - 1965	14	413	341	8	448	207	0.4344	4	382	136	0.2074	2.180	OK
14 URIQUE	1967 - 1985	19	303	148	11	345	168	1.5395	6	350	116	0.8768	2.110	OK
15 GUERACHIC	1953 - 1965	13	890	1391	8	1228	1720	1.0347	4	831	688	0.0914	2.200	OK
16 ALAMOS	1948 - 1969	22	248	179	13	261	195	0.4259	7	205	172	0.7102	2.090	OK
17 CAZANATE	1967 - 1985	19	555	728	11	497	382	0.4024	6	653	451	0.3648	2.110	OK
18 JAINA	1941 - 1986	46	1197	1190	28	1067	863	0.8962	14	1219	1139	0.0797	2.020	OK
19 TOHAYANA	1957 - 1985	29	1049	630	17	1075	649	0.2663	9	1333	715	1.6046	2.050	OK
20 TECUSIAPA	1958 - 1974	17	976	793	10	1086	951	0.6689	5	1536	1206	2.0200	2.130	OK
21 LOS MOLINOS	1958 - 1970	13	159	73	8	188	61	1.8344	4	199	50	1.2447	2.200	OK
22 NARANJO	1939 - 1985	47	622	656	28	752	719	1.6756	14	804	668	1.2416	2.020	OK
23 ZOPILOTE	1939 - 1985	47	363	276	28	425	274	1.9132	14	405	246	0.6747	2.020	OK
24 GUAMUCHIL	1938 - 1973	36	606	630	22	685	749	0.9048	11	439	306	1.0267	2.020	OK
25 PERICOS	1960 - 1985	26	202	95	16	231	86	1.9832	8	258	88	2.0351	2.060	OK
26 TIERRA BLANCA	1933 - 1939	7	1544	553	4	1545	709	0.0083	2	2015	617	1.5033	2.570	OK
27 PTO S. PACIFICO	1924 - 1958	35	2960	2205	21	3070	2639	0.3486	11	2166	2019	1.3939	2.040	OK
28 PALOS BLANCOS	1939 - 1985	47	1482	1726	28	862	1206	3.2820	14	609	729	2.3538	2.020	OK
29 EL VAREJONAL	1960 - 1966	7	666	635	4	186	149	5.4733	2	119	70	1.5279	2.570	OK
30 BADIRAGUATO	1959 - 1985	27	958	1854	16	1113	2229	0.5137	8	1825	3077	1.6088	2.060	OK
31 GUATENIPA	1965 - 1985	21	1889	1393	13	1866	1192	0.0884	6	2022	1316	0.2728	2.090	OK
32 LA HUERTA	1969 - 1985	17	934	574	10	980	558	0.3823	5	1169	507	1.0747	2.130	OK
33 PUERTO CAÑEDO	1932 - 1953	22	1111	929	13	934	1037	1.0735	7	217	174	3.6358	2.090	OK
34 SANALONA	1944 - 1985	42	451	504	25	378	329	1.1416	13	306	204	1.2073	2.020	OK
35 PICACHOS	1937 - 1943	7	1128	419	4	1211	366	0.5574	2	1269	616	0.5011	2.570	OK
36 TAMAZULA	1962 - 1984	23	584	278	14	526	232	1.1977	7	459	118	1.4031	2.080	OK
37 EL BLEDAL	1938 - 1985	48	286	273	29	311	308	0.7508	14	229	128	0.9291	2.020	OK
38 SANTA CRUZ	1943 - 1985	43	1277	1213	26	1442	1481	1.0867	13	1058	959	0.7623	2.020	OK
39 ACATITAN	1955 - 1985	31	1032	865	19	1178	1035	1.1397	9	1046	664	0.0602	2.040	OK
40 IXPALINO	1953 - 1983	31	1318	1218	19	1514	1458	1.0839	9	1086	666	0.6760	2.040	OK
41 PIAXTLA	1958 - 1973	16	1420	1588	10	1547	1927	0.3680	5	1247	1280	0.2676	2.140	OK
42 EL QUELITE	1960 - 1985	26	469	445	16	454	435	0.1936	8	526	547	0.4182	2.060	OK

TABLA 2.8
Estadísticos de Gastos Máximos Instantáneos de la Región Hidrológica 10

	Periodo de registro	Tamaño de muestra	Gasto máximo promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Asimetría	Curtosis	Coefficiente de Variación
No. ESTACION	años	X	S ²	S	g	k	Cv	
1 ZAPOTITLAN	1960 - 1981	22	625	416596	645	2.032	5.182	1.003
2 SAN BLAS	1941 - 1950	10	4018	14877941	3857	1.710	2.120	0.960
3 LA TINA	1960 - 1983	24	107	23181	152	4.003	17.986	1.429
4 BAMICORI	1951 - 1982	32	195	31209	177	1.395	1.005	0.908
5 LAS CAÑAS	1948 - 1971	24	2497	10202597	3194	1.598	1.197	1.279
6 EL MAHONE	1966 - 1985	20	198	690	26	0.689	2.104	0.132
7 CHOIX	1955 - 1983	29	393	113243	337	2.591	8.069	0.856
8 HUITES	1941 - 1993	53	2940	9766205	3125	2.625	7.004	1.063
9 PALO DULCE	1957 - 1985	29	976	1429607	1196	4.397	21.618	1.225
10 CHINIPAS	1965 - 1985	21	1061	274979	524	0.305	-0.823	0.494
11 SAN FRANCISCO	1941 - 1973	33	1725	2102655	1450	1.885	3.511	0.841
12 SAN IGNACIO	1967 - 1985	19	1622	661606	813	1.699	3.396	0.501
13 LA VERANERA	1952 - 1965	14	413	116622	341	1.780	3.528	0.826
14 URIQUE	1967 - 1985	19	303	21912	148	1.158	2.858	0.489
15 GUERACHIC	1953 - 1965	13	890	1936060	1391	3.111	10.059	1.564
16 ALAMOS	1948 - 1969	22	248	31962	179	0.826	-0.054	0.722
17 CAZANATE	1967 - 1985	19	555	529789	728	3.059	10.638	1.311
18 JAINA	1941 - 1986	46	1197	1415780	1190	3.202	12.724	0.994
19 TOHAYANA	1957 - 1985	29	1049	396492	630	0.666	-0.278	0.600
20 TECUSIAPA	1958 - 1974	17	976	628348	793	1.662	2.426	0.812
21 LOS MOLINOS	1958 - 1970	13	159	5374	73	-0.030	-0.838	0.461
22 NARANJO	1939 - 1985	47	622	429735	656	1.873	3.622	1.054
23 ZOPILOTE	1939 - 1985	47	363	76114	276	0.687	-0.462	0.759
24 GUAMUCHIL	1938 - 1973	36	606	397525	630	3.085	12.476	1.041
25 PERICOS	1960 - 1985	26	202	9067	95	0.109	-0.959	0.471
26 TIERRA BLANCA	1933 - 1939	7	1544	305969	553	0.369	0.483	0.358
27 PTO S. PACIFICO	1924 - 1958	35	2960	4862082	2205	1.410	3.709	0.745
28 PALOS BLANCOS	1939 - 1985	47	1482	2980491	1726	1.917	4.473	1.165
29 EL VAREJONAL	1960 - 1966	7	666	402982	635	0.609	-1.462	0.954
30 BADIRAGUATO	1959 - 1985	27	958	3435679	1854	3.924	16.480	1.935
31 GUATENIPA	1965 - 1985	21	1889	1940983	1393	0.841	-0.405	0.738
32 LA HUERTA	1969 - 1985	17	934	329826	574	0.286	-1.380	0.615
33 PUERTO CAÑEDO	1932 - 1953	22	1111	862474	929	0.776	-0.230	0.836
34 SANALONA	1944 - 1985	42	451	253929	504	3.003	9.992	1.118
35 PICACHOS	1937 - 1943	7	1128	175872	419	0.048	-0.670	0.372
36 TAMAZULA	1962 - 1984	23	584	77280	278	1.378	1.752	0.476
37 EL BLEDAL	1938 - 1985	48	286	74733	273	2.826	10.422	0.956
38 SANTA CRUZ	1943 - 1985	43	1277	1470657	1213	2.957	11.385	0.950
39 ACATITAN	1955 - 1985	31	1032	747399	865	2.635	9.043	0.838
40 IXPALINO	1953 - 1983	31	1318	1484112	1218	2.794	8.933	0.924
41 PIAXTLA	1958 - 1973	16	1420	2520955	1588	2.484	6.371	1.118
42 EL QUELITE	1960 - 1985	26	469	198193	445	1.719	2.620	0.950

TABLA 2.9

Prueba de Independencia de Eventos de las Series de Gastos de la Región Hidrológica 10

		Período de registro	Tamaño de muestra	Tiempos de retraso	Límite inferior (95%)	Coef. de autocorrelación serial	Límite superior (95%)	ANDERSON
No.	ESTACION		n_j	k	L_l	r_k	L_s	$L_l < r_k < L_s$
1	ZAPOTITLAN	1960 - 1981	22	7	-0.51	-0.02	0.39	O.K.
2	SAN BLAS	1941 - 1950	10	3	-0.78	0.02	0.52	O.K.
3	LA TINA	1960 - 1983	24	8	-0.49	-0.07	0.38	O.K.
4	BAMICORI	1951 - 1982	32	11	-0.41	-0.15	0.34	O.K.
5	LAS CAÑAS	1948 - 1971	24	8	-0.49	-0.14	0.38	O.K.
6	EL MAHONE	1966 - 1985	20	7	-0.53	0.37	0.41	O.K.
7	CHOIX	1955 - 1983	29	10	-0.44	0.01	0.35	O.K.
8	HUITES	1941 - 1993	53	18	-0.32	-0.02	0.27	O.K.
9	PALO DULCE	1957 - 1985	29	10	-0.44	-0.60	0.35	No pasa
10	CHINIPAS	1965 - 1985	21	7	-0.52	0.18	0.40	O.K.
11	SAN FRANCISCO	1941 - 1973	33	11	-0.41	-0.05	0.33	O.K.
12	SAN IGNACIO	1967 - 1985	19	6	-0.55	-0.26	0.42	O.K.
13	LA VERANERA	1952 - 1965	14	5	0.00	0.00	0.00	O.K.
14	URIQUE	1967 - 1985	19	6	-0.55	0.14	0.42	O.K.
15	GUERACHIC	1953 - 1965	13	4	-0.67	-0.14	0.48	O.K.
16	ALAMOS	1948 - 1969	22	7	-0.51	0.19	0.39	O.K.
17	CAZANATE	1967 - 1985	19	6	-0.55	0.12	0.42	O.K.
18	JAINA	1941 - 1986	46	15	-0.34	0.06	0.29	O.K.
19	TOHAYANA	1957 - 1985	29	10	-0.44	0.02	0.35	O.K.
20	TECUSIAPA	1958 - 1974	17	6	-0.58	0.23	0.43	O.K.
21	LOS MOLINOS	1958 - 1970	13	4	-0.67	-0.07	0.48	O.K.
22	NARANJO	1939 - 1985	47	16	-0.34	0.02	0.29	O.K.
23	ZOPILOTE	1939 - 1985	47	16	-0.34	-0.11	0.29	O.K.
24	GUAMUCHIL	1938 - 1973	36	12	-0.39	-0.23	0.32	O.K.
25	PERICOS	1960 - 1985	26	9	-0.46	0.16	0.37	O.K.
26	TIERRA BLANCA	1933 - 1939	7	2	-0.94	-0.28	0.57	O.K.
27	PTO S. PACIFICO	1924 - 1958	35	12	-0.39	0.18	0.32	O.K.
28	PALOS BLANCOS	1939 - 1985	47	16	-0.34	0.28	0.29	O.K.
29	EL VAREJONAL	1960 - 1966	7	2	-0.94	0.54	0.57	O.K.
30	BADIRAGUATO	1959 - 1985	27	9	-0.46	0.11	0.36	O.K.
31	GUATENIPA	1965 - 1985	21	7	-0.52	-0.23	0.40	O.K.
32	LA HUERTA	1969 - 1985	17	6	-0.59	-0.37	0.44	O.K.
33	PUERTO CAÑEDO	1932 - 1953	22	7	-0.51	0.38	0.39	O.K.
34	SANALONA	1944 - 1985	42	14	-0.36	-0.02	0.30	O.K.
35	PICACHOS	1937 - 1943	7	2	-0.94	-0.24	0.57	O.K.
36	TAMAZULA	1962 - 1984	23	8	-0.49	0.07	0.39	O.K.
37	EL BLEDAL	1938 - 1985	48	16	-0.34	-0.05	0.28	O.K.
38	SANTA CRUZ	1943 - 1985	43	14	-0.35	-0.13	0.30	O.K.
39	ACATITAN	1955 - 1985	31	10	-0.42	-0.20	0.34	O.K.
40	IXPALINO	1953 - 1983	31	10	-0.42	-0.17	0.34	O.K.
41	PIAXTLA	1958 - 1973	16	5	-0.60	-0.14	0.45	O.K.
42	EL QUELITE	1960 - 1985	26	9	-0.46	-0.14	0.37	O.K.

TABLA 2.10 Gastos máximos anuales en orden descendente de la Estación San Francisco
Años de registro = 33

Año	Q_i	m	$Q(m^3/s)$	$T=(n+1)/m$	$P=1-1/T$
1941	1326	1	6640	34.000000	0.9706
1942	1558	2	4855	17.000000	0.9412
1943	2292	3	4710	11.333333	0.9118
1944	1376	4	3750	8.500000	0.8824
1945	894	5	3101	6.800000	0.8529
1946	559	6	2920	5.666667	0.8235
1947	1137	7	2292	4.857143	0.7941
1948	1668	8	2144	4.250000	0.7647
1949	4710	9	2134	3.777778	0.7353
1950	2920	10	2129	3.400000	0.7059
1951	493	11	1668	3.090909	0.6765
1952	695	12	1572	2.833333	0.6471
1953	678	13	1558	2.615385	0.6176
1954	683	14	1376	2.428571	0.5882
1955	3101	15	1326	2.266667	0.5588
1956	583	16	1308	2.125000	0.5294
1957	434	17	1175	2.000000	0.5000
1958	3750	18	1137	1.888889	0.4706
1959	1572	19	997	1.789474	0.4412
1960	6640	20	980	1.700000	0.4118
1961	880	21	952	1.619048	0.3824
1962	997	22	950	1.545455	0.3529
1963	2134	23	894	1.478261	0.3235
1964	735	24	880	1.416667	0.2941
1965	952	25	735	1.360000	0.2647
1966	2144	26	695	1.307692	0.2353
1967	1175	27	683	1.259259	0.2059
1968	1308	28	678	1.214286	0.1765
1969	605	29	605	1.172414	0.1471
1970	980	30	583	1.133333	0.1176
1971	950	31	559	1.096774	0.0882
1972	2129	32	493	1.062500	0.0588
1973	4855	33	434	1.030303	0.0294

TABLA 2.11a
Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (San Francisco)

T=(n+1)/m	P=1-1/T	Normal	Normal	Log Normal 2	Log Normal 2	Gamma 2	Gamma 2	Gamma 3	Gamma 3	Gumbel VEI	Gumbel VEI
		M y MV	M-L	M y MV	M	MV	M-L	M	MPP	M-L	M
34.00	0.9706	4465	4134	5052	5270	4596	8167	5362	5938	4770	5042
17.00	0.9412	3994	3720	4013	4339	3883	6086	4344	4610	4035	4241
11.33	0.9118	3685	3448	3451	3792	3457	4934	3756	3870	3598	3765
8.50	0.8824	3446	3238	3070	3402	3150	4149	3343	3362	3283	3422
6.80	0.8529	3246	3062	2784	3097	2908	3561	3023	2980	3034	3151
5.67	0.8235	3071	2909	2556	2846	2707	3096	2764	2676	2827	2925
4.86	0.7941	2915	2771	2368	2633	2535	2714	2545	2425	2649	2731
4.25	0.7647	2770	2644	2207	2446	2383	2392	2355	2212	2491	2560
3.78	0.7353	2636	2526	2066	2281	2247	2115	2189	2029	2350	2405
3.40	0.7059	2509	2414	1942	2131	2123	1874	2039	1868	2220	2265
3.09	0.6765	2388	2308	1830	1994	2010	1662	1905	1726	2101	2134
2.83	0.6471	2271	2205	1729	1869	1904	1474	1782	1599	1989	2012
2.62	0.6176	2158	2106	1636	1752	1805	1305	1668	1485	1883	1898
2.43	0.5882	2047	2008	1550	1642	1712	1153	1564	1382	1783	1789
2.27	0.5588	1939	1913	1470	1539	1623	1016	1466	1287	1687	1684
2.13	0.5294	1831	1818	1394	1442	1539	891	1374	1202	1595	1584
2.00	0.5000	1725	1725	1324	1349	1458	778	1288	1123	1506	1486
1.89	0.4706	1618	1631	1256	1261	1380	675	1207	1051	1419	1392
1.79	0.4412	1511	1536	1192	1176	1305	581	1130	984	1334	1299
1.70	0.4118	1402	1441	1130	1093	1231	495	1056	923	1250	1207
1.62	0.3824	1291	1344	1071	1014	1159	416	986	866	1166	1117
1.55	0.3529	1178	1244	1013	936	1088	345	918	814	1083	1026
1.48	0.3235	1061	1141	957	861	1018	281	854	767	1000	935
1.42	0.2941	940	1035	902	787	949	223	791	723	916	844
1.36	0.2647	813	923	848	714	880	172	731	684	830	750
1.31	0.2353	679	805	794	642	810	127	673	648	742	654
1.26	0.2059	535	678	740	570	740	88	617	617	650	555
1.21	0.1765	378	540	685	498	668	56	562	589	554	449
1.17	0.1471	203	387	629	426	594	31	509	567	450	336
1.13	0.1176	4	211	571	352	516	13	458	549	336	212
1.10	0.0882	-236	1	508	275	432	3	408	536	205	69
1.06	0.0588	-545	-271	436	194	338	0	360	530	45	-105
1.03	0.0294	-1016	-685	347	104	222	-5	317	530	-183	-353
		EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
		716	719	434	369	518	568	333	235	510	480

M Estimadores por Momentos
 MV Estimadores por Máxima Verosimilitud
 M-L Estimadores por Momentos-L
 MPP Estimadores por Momentos de Probabilidad Pesada

TABLA 2.11b
Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (Alamos)

T=(n+1)/m	P=1-1/T	Normal	Normal	Log Normal 2	Log Normal 2	Gamma 2	gamma 2	gamma 3	gamma 3	Gumbel VEI	Gumbel VEI
		M y MV	M-L	M y MV	M	MV	M-L	M	MPP	M-L	M
23.00	0.96	554	555	1005	615	654	991	621	646	618	601
11.50	0.91	491	492	701	506	531	709	504	531	514	501
7.67	0.87	449	449	552	442	457	555	435	462	451	441
5.75	0.83	415	416	456	394	405	450	386	411	405	398
4.60	0.78	387	388	388	357	363	372	348	371	369	363
3.83	0.74	362	362	337	326	329	311	316	338	338	334
3.29	0.70	339	339	295	299	299	261	289	308	311	308
2.88	0.65	317	318	261	275	273	219	265	282	287	286
2.56	0.61	297	297	232	254	250	184	244	259	266	265
2.30	0.57	277	277	207	234	228	153	225	237	245	245
2.09	0.52	257	257	185	216	209	127	208	216	226	227
1.92	0.48	238	238	166	198	190	104	191	197	208	210
1.77	0.43	218	218	148	182	173	84	176	179	190	193
1.64	0.39	198	198	132	166	156	66	162	161	172	176
1.53	0.35	178	177	117	151	140	50	148	143	155	159
1.44	0.30	156	156	104	136	124	37	135	126	138	143
1.35	0.26	133	133	91	121	109	26	122	109	120	126
1.28	0.22	108	107	79	106	94	16	110	92	101	108
1.21	0.17	80	79	67	91	79	9	97	74	81	89
1.15	0.13	47	46	56	75	63	3	85	55	59	68
1.10	0.09	4	3	44	57	46	1	72	34	33	43
1.05	0.04	-59	-60	31	37	27	0	59	8	-4	8
		EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
		49	48	87	33	25	108	38	23	29	34

M Estimadores por Momentos
 MV Estimadores por Máxima Verosimilitud
 M-L Estimadores por Momentos-L
 MPP Estimadores por Momentos de Probabilidad Pesada

TABLA 2.11c
Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (La Huerta)

		Normal	Normal	Log Normal	Log Normal	Gamma 2	gamma 2	gamma 3	gamma 3	Gumbel VEI	Gumbel VEI
T=(n+1)/m	P=1-1/T	M y MV	M-L	M y MV	M	MV	M-L	M	MPP	M-L	M
18.00	0.94	1849	1878	2424	1980	2040	3143	2002	1931	2036	1957
9.00	0.89	1635	1657	1840	1648	1684	2243	1625	1661	1687	1634
6.00	0.83	1490	1507	1526	1444	1467	1742	1402	1486	1476	1438
4.50	0.78	1373	1387	1313	1294	1307	1399	1243	1351	1322	1294
3.60	0.72	1273	1283	1154	1173	1179	1142	1119	1238	1197	1178
3.00	0.67	1181	1189	1026	1070	1070	938	1015	1139	1091	1080
2.57	0.61	1096	1101	919	979	975	770	927	1048	997	993
2.25	0.56	1014	1017	828	897	889	630	849	964	912	914
2.00	0.50	934	934	747	821	810	510	779	883	833	840
1.80	0.44	854	852	673	750	735	406	716	804	757	770
1.64	0.39	772	767	606	682	664	316	656	726	684	701
1.50	0.33	687	679	543	615	595	237	601	646	611	634
1.38	0.28	596	585	483	548	527	169	547	563	537	565
1.29	0.22	495	482	424	481	458	110	496	475	459	493
1.20	0.17	379	361	365	410	386	61	445	376	375	415
1.13	0.11	233	211	303	331	307	24	395	258	276	323
1.06	0.06	19	-9	230	235	211	2	341	95	144	201
		EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
		156	151	211	166	160	448	199	145	152	166

M :estimadores por Momentos
 MV :estimadores por Máxima Verosimilitud
 M-L :estimadores por Momentos-L
 MPP :estimadores por Momentos de Probabilidad Pesada

TABLA 2.11d
Ajuste de distribuciones de probabilidad de Gastos Máximos (Acatitán)

		Normal	Normal	Log Normal	Log Normal	Gamma 2	gamma 2	gamma 3	gamma 3	Gumbel VEI	Gumbel VEI
T=(n+1)/m	P=1-1/T	M y MV	M-L	M y MV	M	MV	M-L	M	MPP	M-L	M
32.00	0.97	2642	2367	2758	3096	2597	4587	3190	3350	2708	2968
16.00	0.94	2358	2131	2226	2542	2206	3437	2513	2594	2294	2490
10.67	0.91	2171	1976	1933	2216	1971	2796	2133	2174	2047	2205
8.00	0.88	2026	1856	1733	1983	1801	2358	1870	1888	1869	2000
6.40	0.84	1905	1755	1581	1801	1667	2029	1672	1672	1729	1837
5.33	0.81	1798	1667	1459	1651	1554	1767	1513	1502	1612	1702
4.57	0.78	1703	1588	1357	1523	1458	1551	1381	1361	1511	1586
4.00	0.75	1614	1515	1270	1412	1372	1369	1269	1242	1422	1482
3.56	0.72	1532	1446	1193	1313	1295	1211	1172	1140	1341	1389
3.20	0.69	1454	1382	1125	1223	1225	1074	1086	1052	1268	1304
2.91	0.66	1379	1320	1063	1141	1160	953	1010	973	1199	1225
2.67	0.63	1307	1260	1007	1066	1100	844	942	903	1135	1151
2.46	0.59	1236	1201	955	995	1044	747	880	841	1075	1082
2.29	0.56	1167	1144	906	929	990	659	824	784	1017	1015
2.13	0.53	1099	1088	861	867	939	580	773	733	962	951
2.00	0.50	1032	1032	818	808	890	507	726	687	909	890
1.88	0.47	964	976	777	752	843	441	682	644	857	830
1.78	0.44	896	919	738	698	797	381	642	606	806	771
1.68	0.41	827	862	701	647	752	325	605	571	756	713
1.60	0.38	756	804	665	596	708	275	571	539	706	656
1.52	0.34	684	744	629	548	665	228	539	510	657	598
1.45	0.31	609	682	595	500	622	186	509	483	607	541
1.39	0.28	531	617	561	453	579	148	482	459	556	482
1.33	0.25	449	548	527	407	536	114	457	438	504	422
1.28	0.22	361	475	493	362	493	84	434	420	451	360
1.23	0.19	265	396	459	316	448	58	414	404	394	295
1.19	0.16	158	308	423	270	402	36	396	391	334	226
1.14	0.13	37	207	386	223	353	18	380	381	268	149
1.10	0.09	-108	87	346	175	300	6	368	374	192	62
1.07	0.06	-295	-68	301	124	241	1	359	371	100	-45
1.03	0.03	-579	-304	243	67	166	0	357	370	-30	-195
		EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
		492	490	358	310	394	370	272	249	386	365

M Estimadores por Momentos
 MV Estimadores por Máxima Verosimilitud
 M-L Estimadores por Momentos-L
 MPP Estimadores por Momentos de Probabilidad Pesada

TABLA 2.12a

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación San Francisco y sus Límites de Confianza al 90%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{\min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{\max}
2	0.5	0.3665	169.1352	845	1123	1401
5	0.8	1.4999	259.5758	2045	2472	2899
10	0.9	2.2504	332.9906	3099	3647	4195
20	0.95	2.9702	407.3839	4245	4915	5585
50	0.98	3.9019	506.6224	5874	6707	7541
100	0.99	4.6001	582.2300	7181	8139	9097
500	0.998	6.2136	759.1313	10431	11680	12929
1000	0.999	6.9073	835.7512	11914	13289	14664
5000	0.9998	8.5171	1014.3273	15530	17199	18867
10000	0.9999	9.2103	1091.4482	17157	18953	20748

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación San Francisco y sus Límites de Confianza al 95%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{\min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{\max}
2	0.5	0.3665	169.1352	791	1123	1454
5	0.8	1.4999	259.5758	1963	2472	2981
10	0.9	2.2504	332.9906	2994	3647	4300
20	0.95	2.9702	407.3839	4116	4915	5714
50	0.98	3.9019	506.6224	5714	6707	7700
100	0.99	4.6001	582.2300	6997	8139	9280
500	0.998	6.2136	759.1313	10191	11680	13168
1000	0.999	6.9073	835.7512	11650	13289	14927
5000	0.9998	8.5171	1014.3273	15210	17199	19187
10000	0.9999	9.2103	1091.4482	16813	18953	21092

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación San Francisco y sus Límites de Confianza al 99%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{\min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{\max}
2	0.5	0.3665	169.1352	687	1123	1559
5	0.8	1.4999	259.5758	1803	2472	3140
10	0.9	2.2504	332.9906	2789	3647	4505
20	0.95	2.9702	407.3839	3866	4915	5965
50	0.98	3.9019	506.6224	5402	6707	8012
100	0.99	4.6001	582.2300	6639	8139	9639
500	0.998	6.2136	759.1313	9724	11680	13635
1000	0.999	6.9073	835.7512	11135	13289	15442
5000	0.9998	8.5171	1014.3273	14586	17199	19812
10000	0.9999	9.2103	1091.4482	16141	18953	21764

TABLA 2.12b

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación Alamos y sus Límites de Confianza al 90%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{\min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{\max}
2	0.5	0.3665	33.1283	152	207	261
5	0.8	1.4999	50.8428	303	386	470
10	0.9	2.2504	65.2225	400	507	615
20	0.95	2.9702	79.7938	492	623	754
50	0.98	3.9019	99.2315	607	770	934
100	0.99	4.6001	114.0407	692	880	1068
500	0.998	6.2136	148.6901	886	1131	1375
1000	0.999	6.9073	163.6975	969	1238	1507
5000	0.9998	8.5171	198.6750	1160	1487	1813
10000	0.9999	9.2103	213.7806	1242	1594	1945

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación Alamos y sus Límites de Confianza al 95%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{\min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{\max}
2	0.5	0.3665	33.1283	142	207	272
5	0.8	1.4999	50.8428	287	386	486
10	0.9	2.2504	65.2225	380	507	635
20	0.95	2.9702	79.7938	466	623	779
50	0.98	3.9019	99.2315	576	770	965
100	0.99	4.6001	114.0407	656	880	1104
500	0.998	6.2136	148.6901	839	1131	1422
1000	0.999	6.9073	163.6975	917	1238	1559
5000	0.9998	8.5171	198.6750	1097	1487	1876
10000	0.9999	9.2103	213.7806	1175	1594	2013

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación Alamos y sus Límites de Confianza al 99%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{\min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{\max}
2	0.5	0.3665	33.1283	121	207	292
5	0.8	1.4999	50.8428	255	386	517
10	0.9	2.2504	65.2225	339	507	675
20	0.95	2.9702	79.7938	417	623	828
50	0.98	3.9019	99.2315	515	770	1026
100	0.99	4.6001	114.0407	586	880	1174
500	0.998	6.2136	148.6901	748	1131	1514
1000	0.999	6.9073	163.6975	816	1238	1660
5000	0.9998	8.5171	198.6750	975	1487	1998
10000	0.9999	9.2103	213.7806	1043	1594	2145

TABLA 2.12c

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación La Huerta y sus Límites de Confianza al 90%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{max}
2	0.5	0.3665	130.9257	668	883	1098
5	0.8	1.4999	200.9348	1071	1402	1732
10	0.9	2.2504	257.7644	1280	1704	2128
20	0.95	2.9702	315.3514	1451	1970	2489
50	0.98	3.9019	392.1708	1643	2288	2933
100	0.99	4.6001	450.6978	1770	2512	3253
500	0.998	6.2136	587.6352	2025	2992	3959
1000	0.999	6.9073	646.9458	2122	3187	4251
5000	0.9998	8.5171	785.1797	2328	3620	4912
10000	0.9999	9.2103	844.8781	2410	3800	5190

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación La Huerta y sus Límites de Confianza al 95%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{max}
2	0.5	0.3665	130.9257	626	883	1140
5	0.8	1.4999	200.9348	1008	1402	1796
10	0.9	2.2504	257.7644	1199	1704	2209
20	0.95	2.9702	315.3514	1352	1970	2588
50	0.98	3.9019	392.1708	1519	2288	3057
100	0.99	4.6001	450.6978	1628	2512	3395
500	0.998	6.2136	587.6352	1840	2992	4144
1000	0.999	6.9073	646.9458	1919	3187	4455
5000	0.9998	8.5171	785.1797	2081	3620	5159
10000	0.9999	9.2103	844.8781	2143	3800	5456

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación La Huerta y sus Límites de Confianza al 99%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{max}
2	0.5	0.3665	130.9257	546	883	1220
5	0.8	1.4999	200.9348	884	1402	1919
10	0.9	2.2504	257.7644	1040	1704	2368
20	0.95	2.9702	315.3514	1158	1970	2783
50	0.98	3.9019	392.1708	1278	2288	3299
100	0.99	4.6001	450.6978	1350	2512	3673
500	0.998	6.2136	587.6352	1478	2992	4506
1000	0.999	6.9073	646.9458	1520	3187	4853
5000	0.9998	8.5171	785.1797	1597	3620	5643
10000	0.9999	9.2103	844.8781	1623	3800	5976

TABLA 2.12d

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación Acatitan y sus Límites de Confianza al 90%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{max}
2	0.5	0.3665	97.7931	526	687	848
5	0.8	1.4999	150.0854	1195	1442	1689
10	0.9	2.2504	192.5335	1792	2109	2426
20	0.95	2.9702	235.5473	2445	2832	3220
50	0.98	3.9019	292.9265	3377	3859	4341
100	0.99	4.6001	336.6424	4127	4681	5235
500	0.998	6.2136	438.9259	5999	6721	7443
1000	0.999	6.9073	483.2271	6855	7650	8445
5000	0.9998	8.5171	586.4789	8948	9912	10877
10000	0.9999	9.2103	631.0698	9890	10928	11967

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación Acatitan y sus Límites de Confianza al 95%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{max}
2	0.5	0.3665	97.7931	495	687	878
5	0.8	1.4999	150.0854	1148	1442	1737
10	0.9	2.2504	192.5335	1732	2109	2486
20	0.95	2.9702	235.5473	2370	2832	3294
50	0.98	3.9019	292.9265	3284	3859	4433
100	0.99	4.6001	336.6424	4021	4681	5341
500	0.998	6.2136	438.9259	5861	6721	7582
1000	0.999	6.9073	483.2271	6703	7650	8598
5000	0.9998	8.5171	586.4789	8763	9912	11062
10000	0.9999	9.2103	631.0698	9691	10928	12166

Gastos-Periodo de Retorno de la Estación Acatitan y sus Límites de Confianza al 99%

T(años)	P(1-1/T)	$y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$	S_T	Q_T^{min}	Q_T (Gamma MPP)	Q_T^{max}
2	0.5	0.3665	97.7931	435	687	939
5	0.8	1.4999	150.0854	1056	1442	1829
10	0.9	2.2504	192.5335	1613	2109	2605
20	0.95	2.9702	235.5473	2225	2832	3439
50	0.98	3.9019	292.9265	3104	3859	4613
100	0.99	4.6001	336.6424	3814	4681	5548
500	0.998	6.2136	438.9259	5591	6721	7852
1000	0.999	6.9073	483.2271	6406	7650	8895
5000	0.9998	8.5171	586.4789	8401	9912	11423
10000	0.9999	9.2103	631.0698	9303	10928	12554

Capítulo **3**

**Aplicación de técnicas regionales en la
Región Hidrológica 10**

Capítulo 3

APLICACIÓN DE TÉCNICAS REGIONALES EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA 10

El análisis regional de frecuencias de eventos extremos, suministra la forma de inferir eventos para ciertos periodos de retorno en sitios con escasa o nula información, a través del empleo de la información hidrométrica (Gastos Máximos Anuales) y las características fisiográficas y meteorológicas de la cuenca en el sitio de estudio y/o de sus cuencas vecinas. Este proceso de análisis se puede resumir en cuatro pasos:

- a) Análisis de las distribuciones de frecuencias de la información hidrológica de la zona (ver Capítulo 2).
- b) Aplicación de las técnicas para la delimitación de regiones homogéneas
- c) Aplicación de diferentes técnicas regionales para obtener los gastos de diseño contra periodo de retorno del sitio en estudio y
- d) Verificación de la opción más adecuada o determinación de la mejor función de distribución.

3.1 Delimitación de regiones homogéneas

En general, la delimitación regional se ha sustentado en considerar áreas geográficamente continuas, límites políticos o administrativos. Sin embargo, si la variabilidad espacial de las características fisiográficas o hidrológicas es grande, la consideración de homogeneidad no se puede garantizar.

A las técnicas que ubican estaciones en forma iterativa, con base en un algoritmo puramente matemático se les denominan *técnicas de racimo*. Con esta metodología no es necesario que una cuenca se encuentre dentro de un grupo que sea geográficamente contiguo. Estas regiones podría decirse, serán comunes respecto a sus series de datos en un espacio variable multidimensional antes que en el espacio geográfico. Sin embargo, existen numerosos problemas asociados a la regionalización, y en particular al análisis de grupos. El problema común en las técnicas de regionalización, es el relacionado con la selección de las variables para evaluar el grado de similitud entre las diferentes cuencas.

Algunas cuencas son similares con respecto a cierta variable, como la cubierta forestal o la lluvia anual, pero no a otras, como son las características fisiográficas. Además, con el análisis por racimos, literalmente cualquier conjunto de variables es capaz de generar grupos. Lo cual es muy útil ya que de esta manera se podrá seleccionar las variables de acuerdo con la importancia del problema. Si dichas variables son medidas a partir de longitudes de registros grandes, esto contribuirá a obtener una mayor similitud de aquellas características que se obtienen a partir de registros cortos.

Otro problema en el análisis por racimos, es la variedad de los diferentes algoritmos que pueden emplearse para formar grupos. Desafortunadamente, las diferentes técnicas de agrupación aplicadas a un mismo registro, a menudo producen estructuras que son sustancialmente

diferentes. Puede pensarse que la selección de la región es un problema trivial, sin embargo, la inclusión o exclusión de información dentro del modelo regional puede producir estimadores Q_T poco confiables.

A continuación se presentan cuatro criterios que pueden emplearse para la identificación de regiones homogéneas. Cabe mencionar que estas técnicas no son excluyentes entre si, sino que manejadas adecuadamente pueden ser complementadas y definir de manera más confiable la región.

3.1.1 Método geográfico

Esta técnica se basa en suponer que una región es homogénea, dada la proximidad de sus cuencas, donde la delimitación se puede realizar trazando un radio de 80 km a partir del centro de gravedad del sitio de proyecto y tomando toda la información proveniente de los sitios que quedan dentro de este radio.

3.1.2 Método de los trazos multidimensionales

Nathan y McMahon (1990) desarrollaron una técnica de regionalización que resuelve los problemas asociados con la selección de una adecuada técnica de racimos, la definición de la región homogénea y la predicción del grupo de membresía al cual pertenecería una nueva cuenca. El método emplea la técnica de regresión lineal múltiple para seleccionar las características fisiográficas y/o meteorológicas más adecuadas.

La heterogeneidad de los grupos que se forman de manera preliminar se evalúa mediante una técnica de posicionamiento propuesta por Andrews (1972), en la cual un punto en el espacio multidimensional se representa por una curva en dos dimensiones de acuerdo a la función

$$f(t) = \frac{X_1}{\sqrt{2}} + X_2 \text{sen}(t) + X_3 \cos(t) + X_4 \text{sen}(2t) + X_5 \cos(2t) + \dots \quad (3.1)$$

donde X_1, X_2, \dots son las características fisiográficas y/o meteorológicas obtenidas del análisis de regresión y la función se evalúa en el rango $-\pi \leq t \leq \pi$.

El hecho de que esta función preserve las distancias, la hace una técnica ideal de comparación visual para la formación de grupos homogéneos. Los racimos de cuencas con comportamientos similares aparecen como una banda de curvas muy próximas unas de otras.

Una característica del método, que no se identifica en forma inmediata, consiste en que los resultados que se obtienen dependen del tipo y del ordenamiento de las variables seleccionadas. Las primeras variables son asociadas con componentes cíclicas de baja frecuencia y las últimas de alta frecuencia. Las bajas frecuencias son más fáciles de observar, de esta manera, X_1 representará a aquella que en el análisis de regresión resultó más significativa desde el punto de vista estadístico, X_2 a la segunda, y así sucesivamente.

Una vez que se han desarrollado las funciones del tipo $f(t)$ para cada uno de los sitios involucrados, se generarán envolventes que formen conjuntos de curvas de comportamiento similar y se derivará una curva media $f(t)$ que represente los atributos físicos de cada grupo formado.

3.1.3 Método del coeficiente de variación

Esta técnica también hace uso de una comparación gráfica entre atributos estadísticos de los registros analizados. Para cada una de las series j , por ejemplo de gastos máximos anuales, se obtienen con las expresiones (1.76 y 1.87) los estadísticos muestrales \bar{x}_j y Cv_j . Posteriormente, se construye una gráfica situando en el eje de las ordenadas los coeficientes Cv_j y en las abscisas las relaciones (\bar{x}_j / A_j) , donde A_j son las áreas drenadas de cada uno de los sitios j . Los grupos se forman por la concentración de puntos alrededor de determinado valor del coeficiente de variación.

Es importante considerar que la técnica requiere que los estadísticos \bar{x}_j y Cv_j se estimen de registros con distribución Normal, de tal manera que ninguna de las dos variables tenga tal influencia que pueda desproporcionar a la otra. Como esta condición no siempre se cumple será necesario transformar las series originales mediante el procedimiento de normalización de Box-Cox de doble potencia.

3.1.4 Método de la región de influencia

En esta técnica, cada sitio se considera el centro de su propia región (Burn, 1988, 1990). La identificación de una región de influencia se apoya en la medición de la distancia Euclidiana en un espacio de atributos multidimensionales. El conjunto de atributos (características fisiográficas y/o climatológicas) se relaciona a las características de los eventos extremos. También se define una función de peso que refleja la importancia relativa de cada sitio dentro de la región.

La distancia Euclidiana D_{jb} entre una estación cualquiera j y la estación base b , para la cual se genera la región de influencia, se expresa como

$$D_{jb} = \left[\sum_{i=1}^p (C_j^i - C_b^i)^2 \right]^{1/2} \quad (3.2)$$

$$C_j^i = \frac{X_j^i}{S(X^i)} \quad (3.3)$$

$$C_b^i = \frac{X_b^i}{S(X^i)} \quad (3.4)$$

donde

p número de atributos considerados

C_j^i, C_b^i valores estandarizados de atributo i para los sitios j y estación base b

X_j^i valores del atributo i del sitio j

X_b^i valores del atributo i de la estación base b

$S(X^i)$ desviación estándar del atributo i considerando todos los sitios j

El proceso de estandarización elimina las unidades de cada atributo y reduce cualquier diferencia de escala dentro del rango de valores.

El grupo de atributos seleccionados son función de la información disponible en la red de estaciones. La elección de los atributos requiere de cierto juicio ingenieril, sin embargo, pueden obtenerse como en la técnica de delimitación multidimensional al examinar la correlación entre las características estadísticas de los eventos extremos y las características fisiográficas y/o climatológicas.

El siguiente paso dentro del proceso de identificación de la región de influencia implica proponer un valor de tolerancia que acote la medida de la distancia. Así, se pueden excluir todas aquellas estaciones que tengan una distancia más grande que el valor promedio \bar{D}_{jb} desde el sitio base.

Dado que no todas las estaciones se incluyen en la región de influencia se propone una función ponderada que refleje la importancia relativa de cada estación en la estimación de los gastos extremos en el sitio base. La función ponderada es de la forma:

$$W_{jb} = 1 - \left[\frac{\bar{D}_{jb}}{\xi} \right]^C \quad (3.5)$$

$$\sum W_{jb} = 1 \quad j=1,2,\dots \text{ número de estaciones en la región} \quad (3.6)$$

donde

W_{jb} factor de peso de la estación j en la región de influencia del sitio b

ξ, C son parámetros a estimarse ($C > 0$)

El efecto de ξ es para darle un valor de tolerancia a la función ponderada para las estaciones. Por esta razón, el valor de ξ debe ser mayor o igual al valor de la tolerancia. Si ξ es igual a la tolerancia, las estaciones en el umbral no tendrán contribución para la determinación de los gastos extremos en el sitio base. Los valores mayores incrementarán la ponderación de todas las estaciones incluidas en la región. La constante C determinará la tasa de decremento de los pesos con la distancia.

Una vez que se ha definido una probable región de influencia para un sitio específico se requiere determinar si alguna de las estaciones vecinas presenta cierta discordancia con la estación base, para ello se establece una medida en términos de las relaciones τ_1, τ_2, τ_3 de los momentos-L.

Si se considera (Hosking y Wallis, 1993):

$$u_i = [\tau_2^i, \tau_3^i, \tau_4^i]^T \quad (3.7)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{ms} \sum_{i=1}^{ms} u_i \quad (3.8)$$

$$SC = \frac{1}{ms-1} \sum_{i=1}^{ms} (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (3.9)$$

donde

u_i vector que contiene las relaciones de los momentos-L de cada sitio i en la región

\bar{u} promedio no pesado de los valores u_i

SC matriz de covarianza muestral de los valores u_i

ms número total de estaciones en la región

T indica transpuesta

Entonces la medida de discordancia D_i de un sitio i se define como

$$D_i = \frac{1}{3} (u_i - \bar{u})^T (SC)^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (3.10)$$

Se establece que si $D_i > 3$ indica que el sitio i tiene diferencias significativas en el conjunto de estaciones dentro de la región de influencia de la estación base, por lo que debe considerarse su exclusión e incorporación en otra región.

Una vez que se ha delimitado la región de influencia para un sitio base, se debe determinar su homogeneidad. Hosking y Wallis (1993) propusieron una prueba sustentada en la varianza pesada V de los coeficientes de variación-L (τ_2).

$$V = \frac{\sum_{i=1}^{ms} n_i (\tau_{i2}^i - \bar{\tau}_2)^2}{\sum_{i=1}^{ms} n_i} \quad (3.11)$$

donde

τ_{i2}^i coeficiente de variación-L para el sitio i

$\bar{\tau}_2$ promedio de los coeficientes τ_{i2}^i en la región

ms número total de estaciones en la región, incluyendo la estación base

n_i longitud de registro de la estación i

La medida de homogeneidad requiere de un estimado de la media y desviación estándar de V , definidos por μ_v y σ_v . Estos deben obtenerse mediante un proceso de simulación, el cual consiste en generar 500 muestras aleatorias de tamaños $n_i, i = 1, 2, \dots, ms$, siguiendo la distribución Wakeby o Kappa, para posteriormente obtener para cada una de ellas los valores de τ_{i2}^i y $\bar{\tau}_2$ que al emplear la expresión (3.11) generará una muestra simulada de varianzas pesadas y por lo tanto, es posible obtener los valores μ_v y σ_v . Con estos valores es posible calcular la medida de homogeneidad como:

$$H = \frac{V - \mu_v}{\sigma_v} \quad (3.12)$$

donde

Hosking y Wallis (1993) proponen los siguientes indicadores

Si $(H < 1)$ La región es aceptablemente homogénea

Si $(1 \leq H < 2)$ La región es posiblemente no homogénea

Si $(H > 2)$ La región es definitivamente no homogénea

3.2 Técnicas regionales

La mayoría de las técnicas regionales se basan en series de máximos anuales y unas pocas en series de excedentes anuales. Son varias las técnicas regionales que se han desarrollado en los últimos años, entre otras, se pueden mencionar Cunnane (1988): a) Método de estaciones año, b) Método de Dalrymple, c) Método basado en momentos adimensionales, d) Método basado en estadísticos de orden, e) Método de extensión de registros, f) Método USWRC (United States Water Resources Council), g) Método Bayesiano, h) Método basado en momentos estandarizados de probabilidad pesada, i) Método de valores extremos de dos componentes (TCEV), j) Aplicación regional de la transformación de Box-Cox, k) Método de estimación multivariada de Valores Extremos y l) Estimación simultánea de parámetros en sitio y regional.

A continuación se presenta la notación y definiciones que son comunes para las técnicas regionales: Q_i^j son los eventos analizados para cada estación j , para $j=1$ hasta el número total de sitios ms , y desde $i=1$ hasta el tamaño de muestra n_i con un registro total de $n_T = \sum_{j=1}^{ms} n_j$ estaciones-año, y es una muestra aleatoria que pertenece a una población común de la región.

Generalmente, las técnicas regionales requieren de procesos de estandarización de las muestras del tipo $\frac{Q_i^j}{Q_m^j}$ donde Q_m^j son algunos estadísticos de ubicación y escala de la muestra, en este caso Q_m^j se toma como el valor medio \bar{Q}^j . A continuación se da una descripción de los métodos, *Aplicación regional de la transformación de Box-Cox y Momentos estandarizados de probabilidad pesada* tema central del trabajo que se expone.

3.2.1 Aplicación regional de la transformación de Box-Cox

La mayor parte de la teoría de probabilidades y de las técnicas estadísticas se han desarrollado tomando en cuenta que las variables que se modelan se distribuyen en forma Normal, esto es, que el coeficiente de asimetría es igual a cero ($\gamma = 0$) y el de curtosis es igual a tres ($\kappa = 3$). En Hidrología es bastante difícil encontrarlos con muestras normales, por ello, y a fin de utilizar los modelos de regresión se utiliza el proceso de transformación conocido como de Box-Cox.

Chander et al. (1978) propuso el uso de esta transformación normalizante para la estimación de eventos hidrológicos \bar{Q}_T^j en una estación de aforos con registros Q_i , $i=1,2,\dots,n$ como

$$X_i = \frac{(Q_i)^\lambda - 1}{\lambda} \quad \text{para } \lambda \neq 0 \quad (3.13)$$

$$X_i = \ln Q_i \quad \text{para } \lambda = 0 \quad (3.14)$$

donde

Q_i , $i=1,2,\dots,n$ es la serie a normalizar

X_i , $i=1,2,\dots,n$ es la serie transformada

λ es un parámetro de transformación de potencia

Los eventos \bar{Q}_T se obtienen como

$$\bar{X}_T = \mu_x + \sigma_x U_T \quad (3.15)$$

$$\bar{Q}_T = (1 + \lambda \bar{X}_T)^{1/\lambda} \quad \text{para } \lambda \neq 0 \quad (3.16)$$

$$\bar{Q}_T = \exp(\bar{X}_T) \quad \text{para } \lambda = 0 \quad (3.17)$$

Esta técnica puede extenderse fácilmente para aplicarse regionalmente a las series homogéneas e independientes. A continuación se detalla el procedimiento

Paso 1. Recabar la información sobre los eventos Q_i^j , $i=1,2,\dots,n$; $j=1,2,\dots,ms$, de la región en estudio.

Paso 2. Probar dentro de región analizada la homogeneidad de las series de datos. Para este propósito se emplean las técnicas de Helmert, t de Student y Cramer expuestas en el Subcapítulo 1.4.

Paso 3. Con las expresiones (1.76, 1.79, 1.82, 1.85, 1.86 y 1.87) del Subcapítulo 1.2 se obtienen los estadísticos muestrales (\bar{x} , S^2 , S , g , k , Cv) de las series Q_i^j , para $j=1$ hasta ms .

Paso 4. Para cada serie j se verifica mediante la prueba de Anderson la independencia de los eventos Q_i^j , para $j=1$ hasta ms , con las ecuaciones (1.125) y (1.126) del Subcapítulo 1.5.

Paso 5. Para cada una de las series Q_i^j se obtiene el valor de la transformación normalizante ($\tilde{\lambda}_j$).

Paso 6. Debido a la variabilidad del coeficiente ($\tilde{\lambda}_j$) se obtiene un valor regional ($\tilde{\lambda}_R$) como

$$\tilde{\lambda}_R = \bar{\lambda} = \frac{1}{ms} \sum_{j=1}^{ms} \tilde{\lambda}_j \quad (3.18)$$

Paso 7. Se generan las series X_i^j , $i=1,2,\dots,nj$; $j=1,2,\dots, ms$ como

$$X_i^j = \frac{(Q_i^j)^{\tilde{\lambda}_R}}{\tilde{\lambda}_R} \quad \text{para } \tilde{\lambda}_R \neq 0 \quad (3.19)$$

$$X_i^j = Ln(Q_i^j) \quad \text{para } \tilde{\lambda}_R = 0 \quad (3.20)$$

Paso 8. Para cada una de las series X_i^j se obtienen los estadísticos media μ_x^j y desviación estándar σ_x^j con las expresiones (1.76), (1.79) y (1.86) del Subcapítulo 1.2.

Paso 9. Si se requieren los eventos \hat{Q}_T^j entonces se calculan de la forma siguiente:

$$\hat{X}_T^j = \mu_T^j + \sigma_T^j U_T \quad (3.21)$$

$$\hat{Q}_T^j = (\hat{\lambda}_R \hat{X}_T^j + 1)^{1/\hat{\lambda}_R} \quad \text{para } \hat{\lambda}_R \neq 0 \quad (3.22)$$

$$\hat{Q}_T^j = \exp(\hat{X}_T^j) \quad \text{para } \hat{\lambda}_R = 0 \quad (3.23)$$

donde U_T es la Variable Normal estándar $N(0,1)$

3.2.2 Método de los momentos estandarizados de probabilidad pesada

Este método regional fue propuesto por Wallis (1980) y consiste en

Paso 1. Recabar la información sobre los eventos Q_i^j , $i=1,2,\dots,n$; $j=1,2,\dots,ms$ de la región en estudio.

Paso 2. Probar dentro de la región analizada la homogeneidad de las series de datos. Para este propósito se emplean las técnicas de Helmert, t de Student y Cramer expuestas en el Subcapítulo 1.4.

Paso 3. Se obtienen los estadísticos muestrales $(\bar{x}, S^2, S, g, k, Cv)$ de las series Q_i^j para $j=1,2,\dots,ms$, con las expresiones (1.76, 1.79, 1.82, 1.85, 1.86 y 1.87) del Subcapítulo 1.2.

Paso 4. Para cada serie j se verifica mediante la prueba de Anderson la independencia de los eventos Q_i^j , para $j=1$ hasta ms , con las ecuaciones (1.125) y (1.126) del Subcapítulo 1.5.

Paso 5. Con las expresiones (1.101 a 1.104) del Subcapítulo 1.2, se obtienen los momentos de probabilidad pesada $(\hat{M}^j_{(0)}, \hat{M}^j_{(1)}, \hat{M}^j_{(2)}, \hat{M}^j_{(3)})$ para las series Q_i^j .

Paso 6. Para cada estación j se procede a estandarizar los momentos de probabilidad pesada de la forma

$$\hat{m}^j_k = \frac{\hat{M}^j_{(k)}}{\hat{M}^j_{(0)}} \quad (3.24)$$

Paso 7. Se estiman los momentos regionales de probabilidad pesada promediándolos de la forma

$$m^R_{(k)} = \frac{n_j}{n_T} \sum_{j=1}^{ms} \hat{m}^j_{(k)} \quad (3.25)$$

donde n_j longitud de registro en la estación j

n_T longitud total de las estaciones-año de la región.

Paso 8. Los momentos regionales se emplean para estimar los parámetros de las distribuciones Gamma-3, Gumbel, GVE, Weibull, o Wakeby.

Paso 9. Una vez que se obtiene la distribución de mejor ajuste para cada uno de los sitios $j=1,2,\dots,ms$, es posible calcular los eventos \hat{Q}_T^j para los periodos de retorno $T = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000, 5000$ y $10,000$ años, como

$$\hat{Q}_T^j = \bar{Q}_j \hat{X}_T^j \quad (3.26)$$

donde

\bar{Q}_j media de la serie Q_i^j

\hat{X}_T^j valor estimado directamente del Paso 8, recordando que la serie modelada está estandarizada de acuerdo con la expresión (3.24).

Es importante mencionar que una vez obtenido los momentos regionales de probabilidad pesada, también se puede utilizar la técnica de los momentos-L para el cálculo de los parámetros de las funciones de probabilidad.

3.3 Aplicación de las técnicas regionales

La metodología que se presenta, se enfoca en analizar las técnicas regionales:

a) *Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox*

b) *Método de los Momentos Estandarizados de Probabilidad Pesada*

para obtener los eventos de diseño en cuencas no aforadas; donde dicha transferencia se realiza a través de la estimación de parámetros en forma univariada. El mecanismo para evaluar estas técnicas de análisis regional fue el siguiente:

a) Se definieron cuatro estaciones hidrométricas aforadas (San Francisco, Álamos, La Huerta y Acatitán) y se trabajaron como “no aforadas”,

b) Se aplicó el método geográfico como técnica de delimitación regional suponiendo que la región es homogénea y la delimitación se realizó trazando un radio de 80 km a partir del centro de gravedad del sitio de estudio.

c) La Región Hidrológica 10 se divide en dos subregiones 1 y 2 con 23 y 19 estaciones de aforo respectivamente (Fig 3.1). Adicionalmente la RH10 se subdivide en tres zonas A, B y C con 19, 10 y 13 estaciones respectivamente (Fig 3.2). La regionalización mencionada se obtuvo de estudios previos de aplicación de técnicas regionales en la RH10, Galván (1997).

d) Se analizan también las regiones de influencia de cada una de las cuatro estaciones definidas como “no aforadas” (Figuras 3.3 a 3.6).

e) Con las ecuaciones regionales obtenidas se calcularon los eventos para el período que abarcaba el registro. Para cada una de las opciones se calcula el error medio cuadrático (*EMC*) que proporcionó un resultado evaluatorio; permitiendo con éste, seleccionar las opciones con menor error.

f) Por medio de las ecuaciones regionales se obtuvieron los eventos de diseño en las cuatro estaciones, para los diferentes períodos de retorno que se asignan al diseño de obras hidráulicas (2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años). El mismo proceso se realizó para obtener los eventos de diseño en las cuatro estaciones, pero mediante un análisis en sitio. Concluyendo que al representar gráficamente los valores estimados para cada estación en papel tipo logarítmico, visualmente se verifica que opción es la más adecuada para predecir eventos extremos en cuencas “no aforadas”, tanto por las técnicas de *Estimación regional*, como por la de delimitación regional o *Análisis en sitio*.

g) Del punto anterior se observan las gráficas y se deduce cual opción de las ya analizadas es la más eficiente para predecir eventos de diseño dentro del análisis regional para cuencas no aforadas.

3.3.1 Estimación por el método *Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox*.

Los pasos 1 al 4 del Subcapítulo 3.2.1 se obtuvieron en la estimación de las distribuciones de frecuencias de probabilidad de la región hidrológica completa en el Capítulo 2.

Los eventos $X_i = \ln Q_i$, para $\lambda = 0$ se calcularon para cada una de la estaciones pertenecientes a las subregiones 1, 2, A, B, C y las regiones de influencia de las 4 estaciones (San Francisco, Álamos, La Huerta y Acatitán). De las series normalizadas se calcularon los parámetros estadísticos, media (μ_x) y desviación estándar (σ_x). Estos parámetros se muestran en las Tablas 3.1a, b, c, d en las columnas 2 y 3. En las columnas 4 y 5 de las mismas tablas se listan el *AREA* y $\ln(\text{AREA})$ de las cuencas que pertenecen a las regiones de influencia. En las columnas restantes 6, 7 y 8 se listan los datos requeridos para calcular el valor de los estimadores

regionales (μ_x^R) y (σ_x^R) , estos es, la columna 6, $[\mu_x \text{Ln}(\text{AREA})]$ resulta de multiplicar las columnas 2 y 5; la columna 7, $[\sigma_x \text{Ln}(\text{AREA})]$ se obtiene del producto de las columnas 3 y 5, y la columna 8, $[\text{Ln}(\text{AREA})]^2$ es el resultado del cuadrado de la columna 5.

Los estimadores regionales (μ_x^R) y (σ_x^R) se calculan como

$$\mu_x^R = \bar{a}_\mu + \hat{b}_\mu \text{Ln}(A) \quad (3.27)$$

$$\sigma_x^R = \bar{a}_\sigma + \hat{b}_\sigma \text{Ln}(A) \quad (3.28)$$

Con la técnica de regresión se obtienen los estimadores regionales (μ_x^R) y (σ_x^R) al asociar los valores de las tablas en modelos de la forma $[\mu_x = a + b_1 \text{Ln}(\text{AREA})]$ y para la desviación estándar $[\sigma_x = a + b_1 \text{Ln}(\text{AREA})]$ se obtiene el AREA sólo como variable significativa que al resolver los sistemas formados con las expresiones siguientes:

Para obtener μ_x^R

$$\bar{a}_\mu = \frac{\sum \mu_x \sum [\text{Ln}(A)]^2 - \sum \text{Ln}(A) \sum \mu_x \text{Ln}(A)}{n \sum [\text{Ln}(A)]^2 - [\sum \text{Ln}(A)]^2} \quad (3.29)$$

$$\hat{b}_\mu = \frac{n \sum \mu_x \text{Ln}(A) - \sum \text{Ln}(A) \sum \mu_x}{n \sum [\text{Ln}(A)]^2 - [\sum \text{Ln}(A)]^2} \quad (3.30)$$

Para obtener σ_x^R

$$\bar{a}_\sigma = \frac{\sum \sigma_x \sum [\text{Ln}(A)]^2 - \sum \text{Ln}(A) \sum \sigma_x \text{Ln}(A)}{n \sum [\text{Ln}(A)]^2 - [\sum \text{Ln}(A)]^2} \quad (3.31)$$

$$\hat{b}_\sigma = \frac{n \sum \sigma_x \text{Ln}(A) - \sum \text{Ln}(A) \sum \sigma_x}{n \sum [\text{Ln}(A)]^2 - [\sum \text{Ln}(A)]^2} \quad (3.32)$$

Por ejemplo para la estación San Francisco, (área de influencia)

$$\text{Media regional, } \mu_x^R = 3.1883 + (0.3605) \text{ Ln (área)}$$

$$\mu_x^R = 3.1883 + (0.3605) (9.7717) = 6.7113$$

$$\text{Desv. estándar, } \sigma_x^R = 1.4366 + (-0.0907) (9.7717) = 0.5502$$

Para la estación San Francisco, (subregión 1)

$$\text{Media regional, } \mu_x^R = 2.0643 + (0.4867) (9.7717) = 6.8205$$

$$\text{Desv. estándar, } \sigma_x^R = 1.2469 + (-0.0512) (9.7717) = 0.7462$$

Para la estación San Francisco, (subregión A)

$$\text{Media regional, } \mu_x^R = 2.0838 + (0.4766) (9.7717) = 6.7407$$

$$\text{Desv. estándar, } \sigma_x^R = 1.4171 + (-0.0674) (9.7717) = 0.7582$$

Para la estación San Francisco, (región completa)

$$\text{Media regional, } \mu_x^R = 2.5144 + (0.4564) (9.7717) = 6.9742$$

$$\text{Desv. estándar, } \sigma_x^R = 0.9818 + (-0.0193) (9.7717) = 0.7935$$

Al aplicar las expresiones 3.21, 3.23 y 1.131

$$\hat{X}_T^R = \mu^R + \sigma^R U_T \quad \text{donde } U_T \text{ variable Normal estándar } N(0,1)$$

$$\hat{Q}_T^R = \exp(\hat{X}_T^R) \quad \text{para } \hat{\lambda}_R = 0$$

se obtienen los estimadores regionales (Q_T^R) para los diferentes periodos de retorno (T). Los resultados se muestran en las Tablas 3.2a, b, c y d. En las Figuras 3.7a, b, c y d, se presentan gráficamente los valores estimados para cada estación en papel tipo logarítmico. En el eje de las abscisas se representa a los periodos de retorno (T) mientras que los gastos máximos (Q_T^R) se muestran en el eje de las ordenadas, visualmente se verifica qué opción es más adecuada para predecir eventos extremos en cuencas “no aforadas”.

3.3.2 Estimación por el Método de los Momentos Estandarizados de Probabilidad Pesada.

Los pasos 1 al 4 del Subcapítulo 3.2.2 se obtuvieron en la estimación de las distribuciones de frecuencias de probabilidad de la región hidrológica completa en el Capítulo 2.

Se obtienen los momentos de probabilidad pesada ($\widehat{M}^j_{(0)}, \widehat{M}^j_{(1)}, \widehat{M}^j_{(2)}, \widehat{M}^j_{(3)}$) para las series (Q_i^j), con las expresiones (1.101 a 1.104) del Subcapítulo 1.2.

$$\widehat{M}_{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.33)$$

$$\widehat{M}_{(1)} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} x_i(n-i) \quad (3.34)$$

$$\widehat{M}_{(2)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-2} x_i(n-i)(n-i-1) \quad (3.35)$$

$$\widehat{M}_{(3)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^{n-3} x_i(n-i)(n-i-1)(n-i-2) \quad (3.36)$$

Este proceso se efectúa en todas las series de datos de las estaciones hidrométricas comprendidas dentro las zonas o subregiones de estudio para inferir las relaciones gastos contra periodo de retorno de las cuatro estaciones “no aforadas”. Estos resultados se muestran en las columnas 3, 4, 5 y 6 de las Tablas 3.3a, b, c y d.

En cada estación j se procede a estandarizar los momentos de probabilidad pesada de la forma

$$\widehat{m}^j_k = \frac{\widehat{M}^j_{(k)}}{\widehat{M}^j_{(0)}} \quad (3.37)$$

Estos resultados se muestran en las columnas 7, 8, 9 y 10 de las Tablas 3.3a, b, c y d.

Se estiman los momentos regionales de probabilidad pesada promediándolos de la forma

$$m^R_{(k)} = \frac{n_j}{n_T} \sum_{j=1}^{ms} \hat{m}^j_{(k)} \quad (3.38)$$

donde n_j longitud de registro en la estación j

n_T longitud total de las estaciones-año de la región.

Los momentos regionales calculados se emplean para estimar los parámetros de las distribuciones Gamma-3 (ubicación (x_0), escala (α) y forma (β), con las siguientes expresiones (Jing et al, 1989):

$$\hat{\beta} = 4/(CS)^2 \quad (3.39)$$

$$\hat{\alpha} = [SD(|CS|/CS)]/\beta^{1/2} \quad (3.40)$$

$$x_0 = \hat{M}_{(0)} - \hat{\alpha}\hat{\beta} \quad (3.41)$$

$$R = \frac{\hat{M}_{(2)} - (\hat{M}_{(0)}/3)}{\hat{M}_{(1)} - (\hat{M}_{(0)}/2)} \quad (3.42)$$

$$CS = -20.15278973 + 20.04052245(R), \text{ si } R < 0, \text{ entonces } CS = -CS \quad (3.43)$$

$$H = -6.528013777 + 9.69577(R) \quad (3.44)$$

$$CV = H \left(\frac{\hat{M}_{(1)}}{\hat{M}_{(0)}} - 0.5 \right) \quad (3.45)$$

$$SD = H \left(\hat{M}_{(1)} - \frac{\hat{M}_{(0)}}{2} \right) \quad (3.46)$$

Una vez que se obtiene la distribución de mejor ajuste para cada uno de los sitios $j=1,2,\dots, ms$, es posible calcular los eventos (Q_T^j) para los periodos de retorno $T = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000, 5000$ y $10,000$ años, como

$$\hat{Q}_T^j = \bar{Q}_j \hat{X}_T^j \quad (3.47)$$

donde \bar{Q}_j media de la serie Q_i^j

X_T^j valor estimado directamente de los parámetros calculados con la expresión

$$X_T^j = \bar{x}_o + \alpha\beta \left(1 - \frac{1}{9\beta} + U_T \sqrt{\frac{1}{9\beta}} \right)^3 \quad (3.48)$$

donde U_T es la Variable Normal estándar $N(0,1)$ y recordando que la serie modelada está estandarizada de acuerdo con la expresión (3.24).

Los valores obtenidos se muestran en las Tablas 3.4a, b, c y d. Asimismo en las Figuras 3.8a, b, c y d se presentan gráficamente los valores estimados para cada estación en papel tipo logarítmico. En el eje de las abscisas se representa a los períodos de retorno (Tr) mientras que los gastos máximos (Q) se dibujan en el eje de las ordenadas, visualmente se verifica que opción es más adecuada para predecir eventos extremos en cuencas “no aforadas”.

Una vez obtenidos los momentos regionales de probabilidad pesada, se utiliza la técnica de los momentos-L. Aplicamos las expresiones:

$$\bar{\alpha} = \frac{\lambda_2}{Ln(2)} \quad (3.49)$$

$$\bar{\nu} = \lambda_1 - 0.577216\bar{\alpha} \quad (3.50)$$

para obtener estimadores regionales Q_T^R de la distribución Gumbel por momentos-L de la forma:

$$X_T^R = \bar{\alpha} - \bar{\nu}Ln[-Ln(1-1/T)] \quad (3.51)$$

$$Q_T^R = \exp(X_T^R) \quad (3.52)$$

Los valores obtenidos se muestran en las Tablas 3.5a, b, c y d. Mientras que en las Figuras 3.9a, b, c y d, se presentan gráficamente los valores estimados para cada estación en papel tipo logarítmico. En el eje de las abscisas se representa a los períodos de retorno (Tr) mientras que los gastos máximos (Q) se dibujan en el eje de las ordenadas, visualmente se verifica qué opción es más adecuada para predecir eventos extremos en cuencas “no aforadas”.

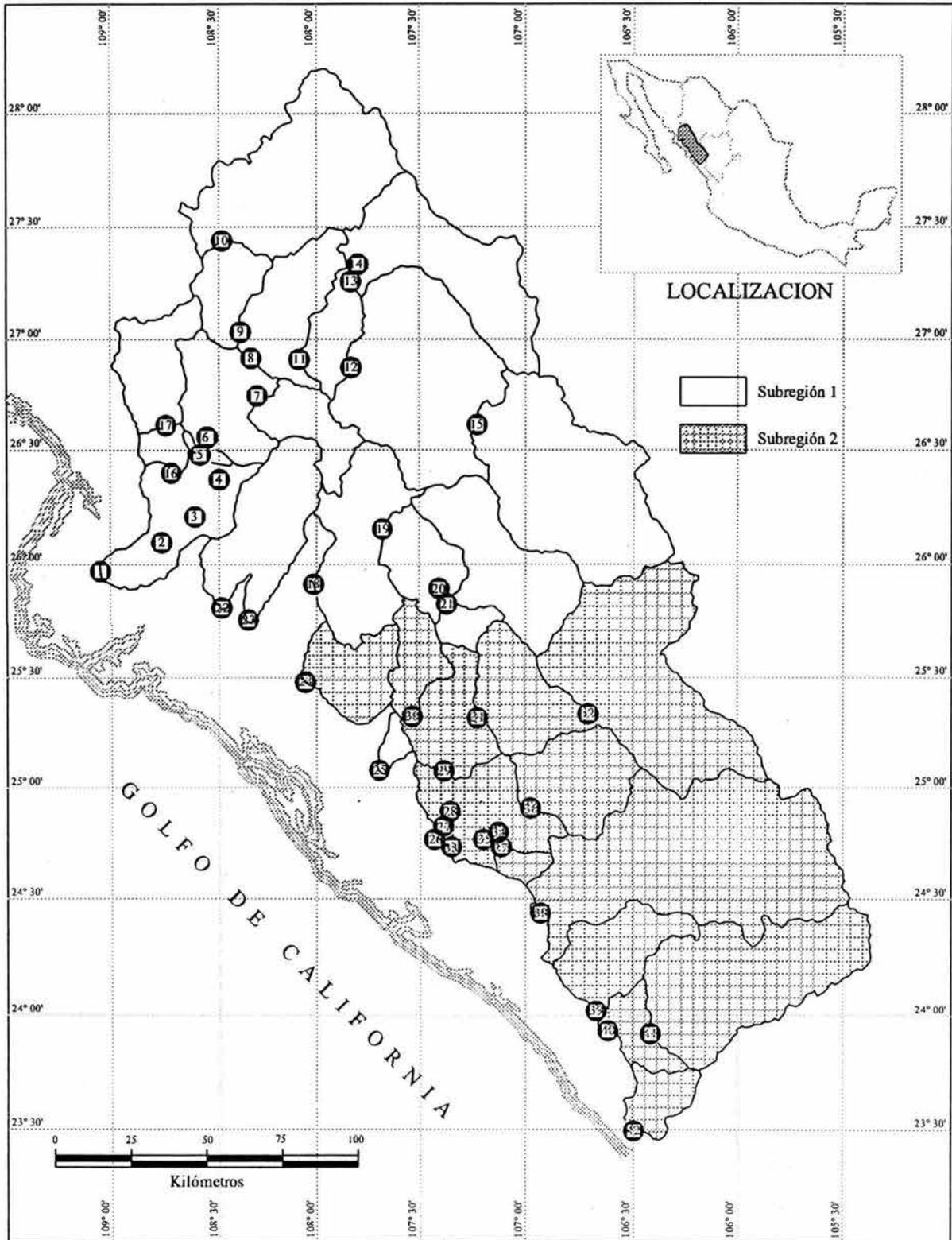


Fig 3.1 - Delimitación de las subregiones 1 y 2 con las estaciones de aforo

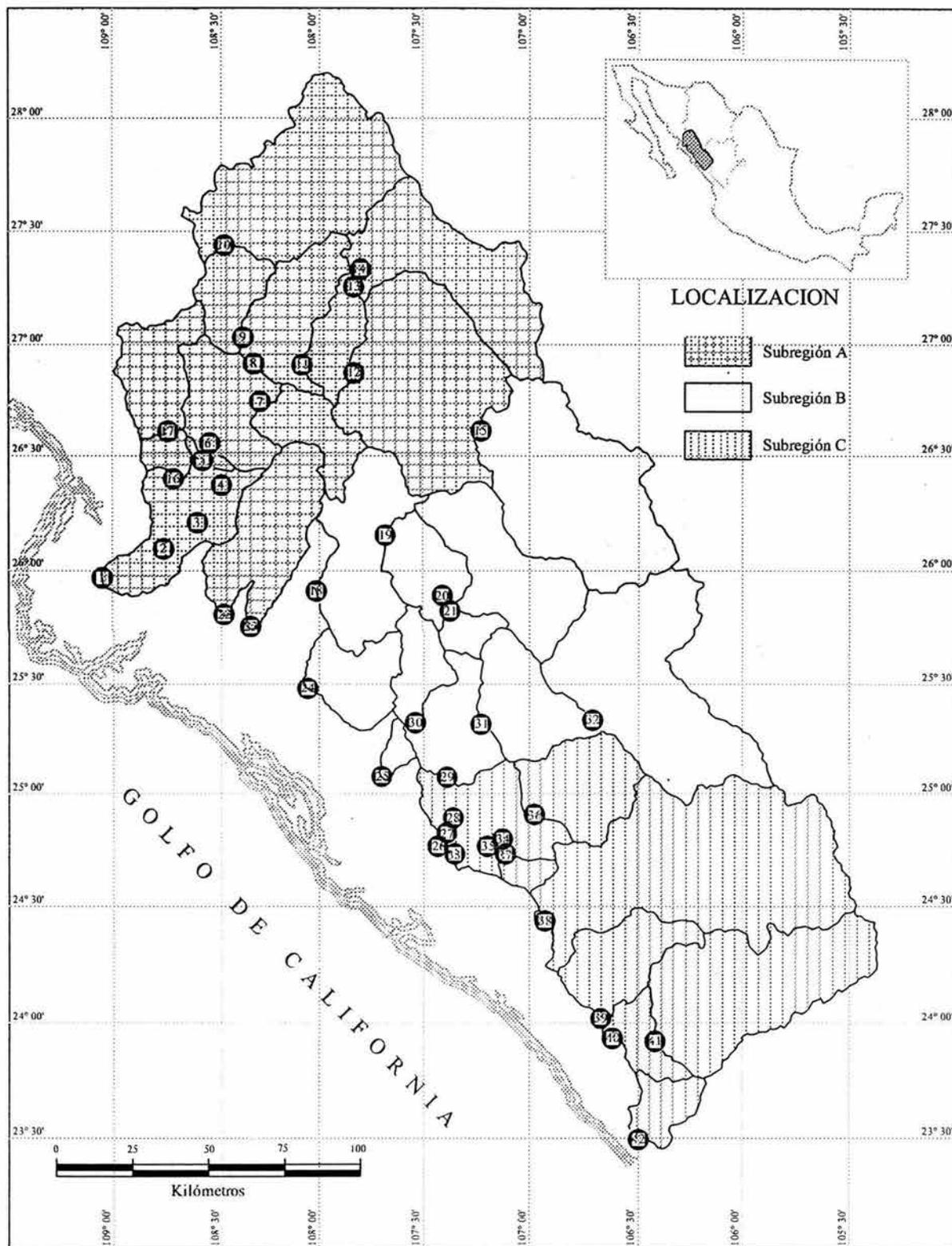


Fig 3.2 - Delimitación de las subregiones A, B y C con las estaciones de aforo

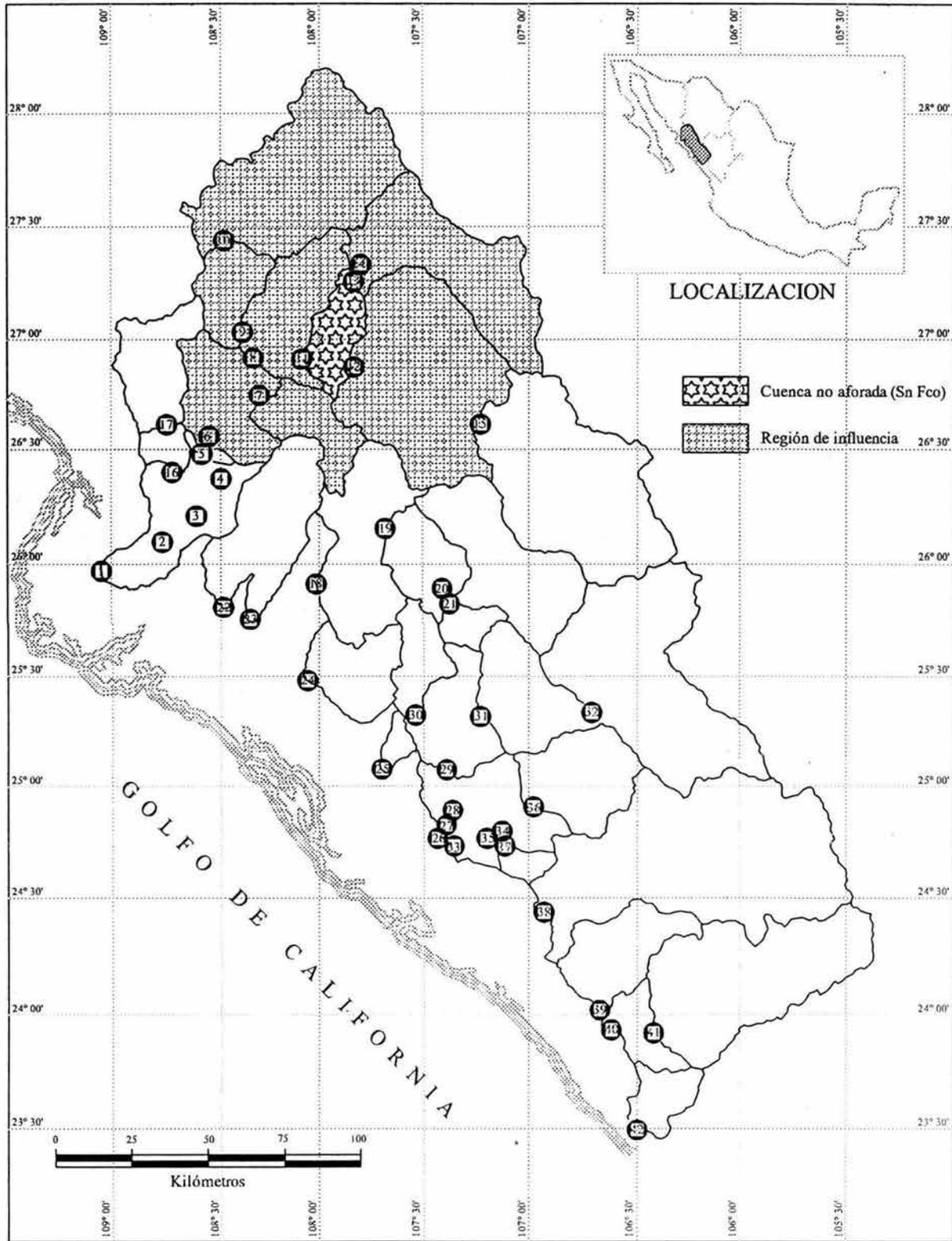


Fig 3.3 - Región de influencia de la estación San Francisco con estaciones de aforo

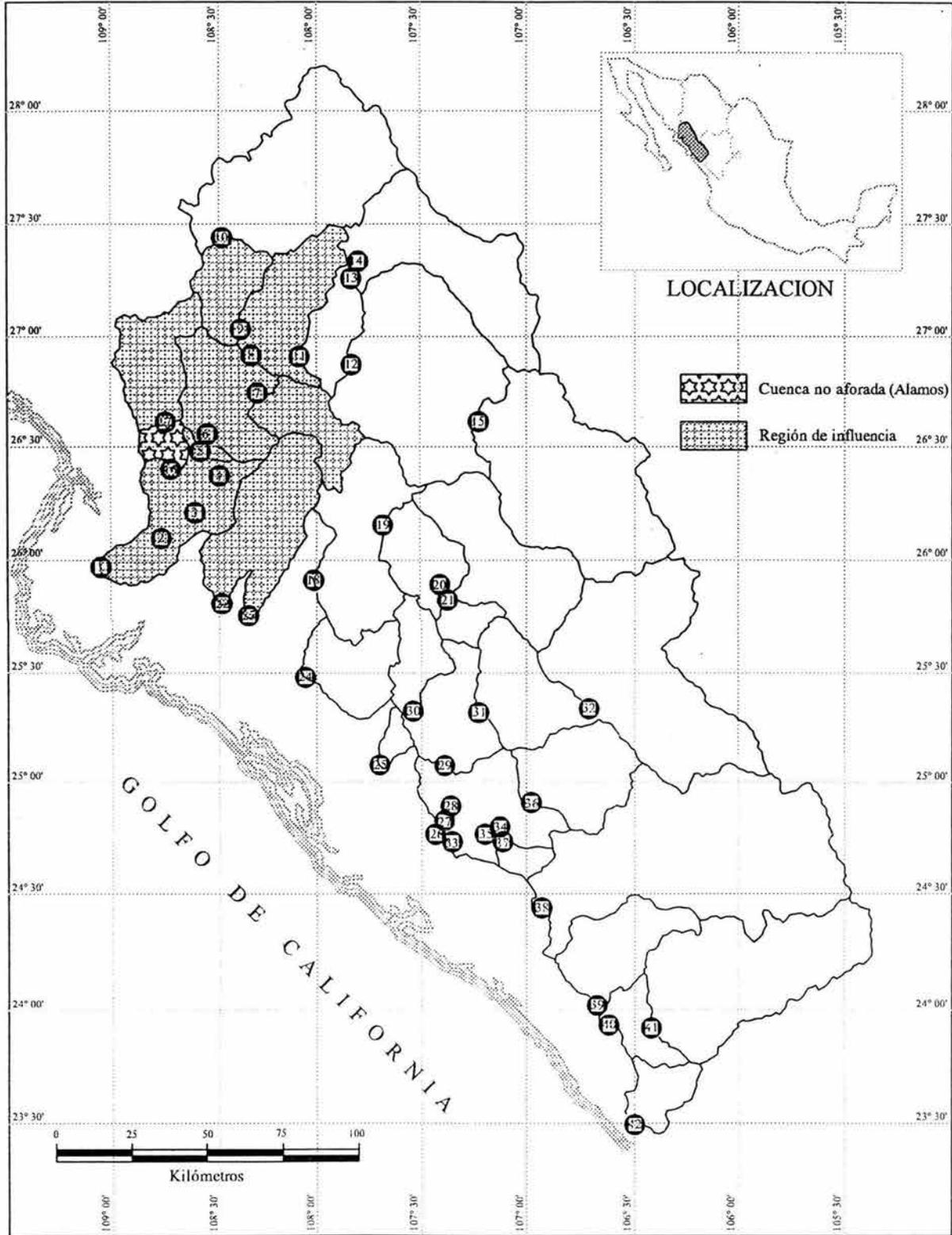


Fig 3.4 - Región de influencia de la estación Álamos con estaciones de aforo

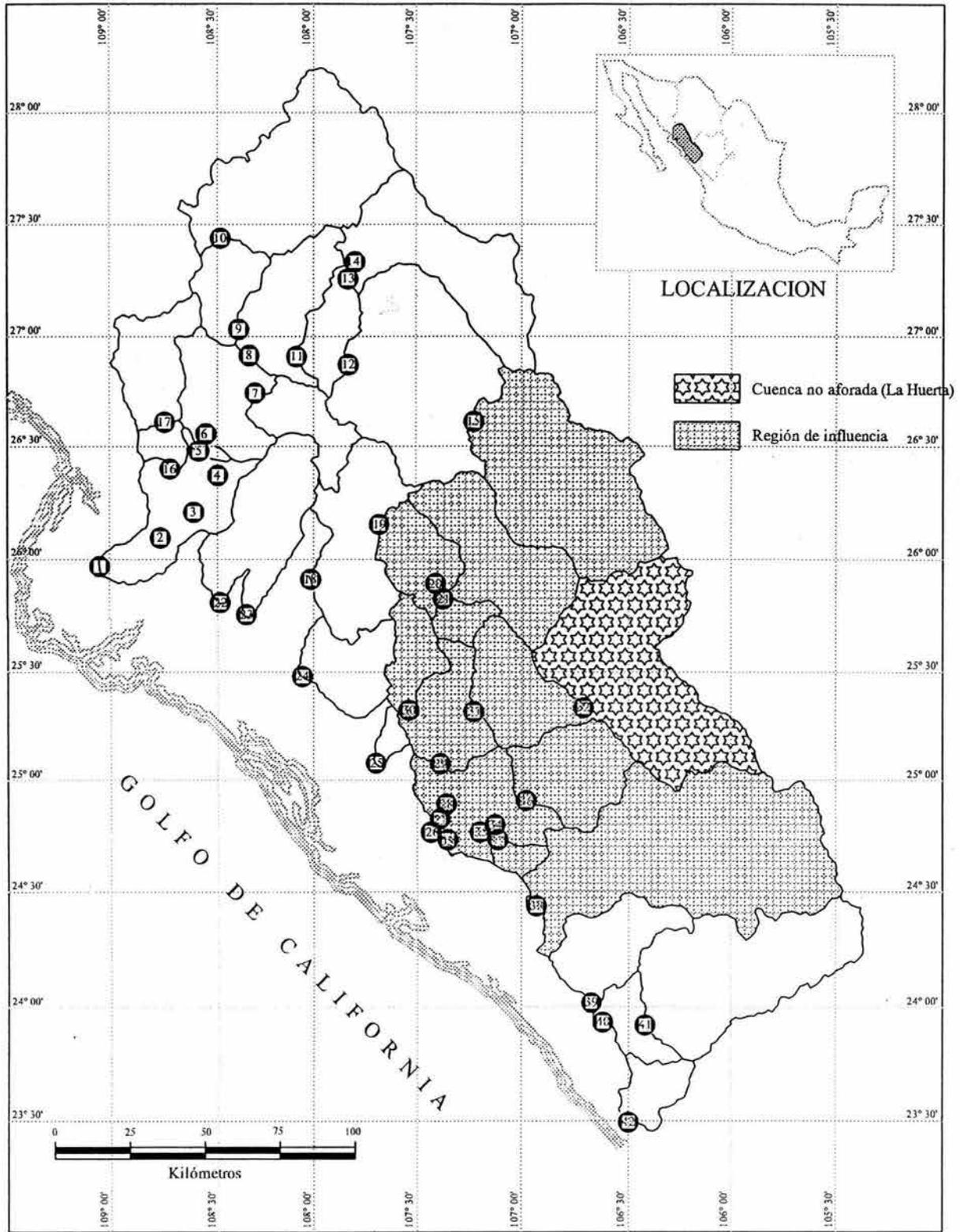


Fig 3.5 - Región de influencia de la estación La Huerta con estaciones de aforo

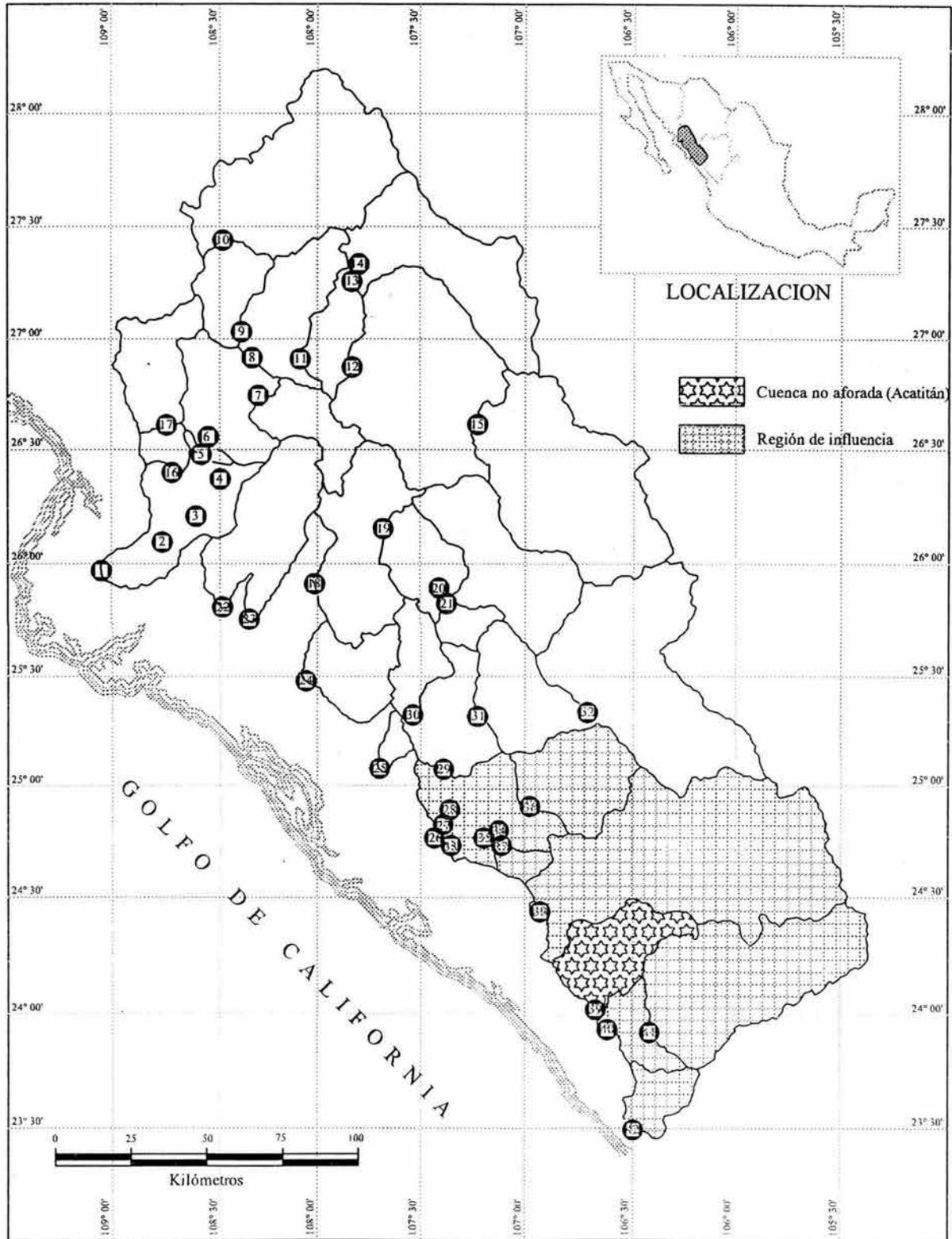


Fig 3.6 - Región de influencia de la estación Acatitán con estaciones de aforo

TABLA 3.1a
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región de influencia de la estación San Francisco

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
Sumas	64.1203	6.2550	111091	89.4178	576.2536	55.2006	807.6083
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		3.1883	0.3605	9.7717	6.7113		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		1.4366	-0.0907	9.7717	0.5502		

Subregión 1 - San Francisco

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
18 JAINA	6.8012	0.7128	8179	9.0093	61.2746	6.4216	81.1679
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
Sumas	141.4185	18.7898	233705	193.0015	1211.1290	155.1005	1669.7483
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.0643	0.4867	9.7717	6.8205		
Desvest regional = $a+bLn(AREA)$		1.2469	-0.0512	9.7717	0.7462		

Subregión A - San Francisco

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
Sumas	116.3043	16.0716	215971	160.9681	1006.7333	133.1308	1408.6316
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.0838	0.4766	9.7717	6.7407		
Desvest regional = $a+bLn(AREA)$		1.4171	-0.0674	9.7717	0.7582		

TABLA 3.1a (continúa)
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región Hidrológica 10 (completa)

No. ESTACION	MEDIA μ_g	DESV EST σ_g	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEstLn(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
18 JAINA	6.8012	0.7128	8179	9.0093	61.2746	6.4216	81.1679
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
24 GUAMUCHIL	5.9761	1.0595	1645	7.4055	44.2561	7.8464	54.8414
25 PERICOS	5.1721	0.5783	270	5.5984	28.9556	3.2374	31.3423
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	263.9478	34.5507	333229	346.9386	2214.7093	283.9528	2941.2026

Estación San Francisco

	a	b	Ln(A)	Est Regional
Media regional = $a+bLn(AREA)$	2.5144	0.4564	9.7717	6.9742
Desvest regional = $a+bLn(AREA)$	0.9818	-0.0193	9.7717	0.7935

TABLA 3.1b
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región de influencia de la estación Alamos

No. ESTACION	MEDIA μ_g	DESV EST σ_g	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
Sumas	91.4264	13.3995	190683	126.3133	790.1173	110.0994	1107.7282
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.2293	0.4591	9.7717	6.7152		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		1.4162	-0.0621	9.7717	0.8094		

Subregión 1 - Alamos

No. ESTACION	MEDIA μ_g	DESV EST σ_g	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
18 JAINA	6.8012	0.7128	8179	9.0093	61.2746	6.4216	81.1679
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
Sumas	141.4185	18.7898	233705	193.0015	1211.1290	155.1005	1669.7483
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.0643	0.4867	7.7275	5.8255		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		1.2469	-0.0512	7.7275	0.8510		

Subregión A - Alamos

No. ESTACION	MEDIA μ_g	DESV EST σ_g	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
Sumas	116.3043	16.0716	215971	160.9681	1006.7333	133.1308	1408.6316
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.0838	0.4766	7.7275	5.7665		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		1.4171	-0.0674	7.7275	0.8961		

TABLA 3.1b (continúa)
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región Hidrológica 10 (completa)

No. ESTACION	MEDIA μ_w	DESV EST σ_w	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26200	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
18 JAINA	6.8012	0.7128	8179	9.0093	61.2746	6.4216	81.1679
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
24 GUAMUCHIL	5.9761	1.0595	1645	7.4055	44.2561	7.8464	54.8414
25 PERICOS	5.1721	0.5783	270	5.5984	28.9556	3.2374	31.3423
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	263.9478	34.5507	333229	346.9386	2214.7093	283.9528	2941.2026

Estación Álamos

	a	b	Ln(A)	Est Regional
Media regional = $a+bLn(AREA)$	-0.0661	0.7608	7.7275	5.8129
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$	-0.0258	0.0996	7.7275	0.7438

TABLA 3.1c
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región de influencia de la estación La Huerta

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
Sumas	109.6497	14.0135	99234	141.1273	919.1751	117.5671	1189.8007
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.3912	0.4889	8.2044	6.4025		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		0.2627	0.0677	8.2044	0.8177		

Subregión 2 - La Huerta

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
23							
24 GUAMUCHIL	5.9761	1.0595	1645	7.4055	44.2561	7.8464	54.8414
25 PERICOS	5.1721	0.5783	270	5.5984	28.9556	3.2374	31.3423
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	122.5294	15.7609	99524	153.9370	1003.5803	128.8523	1271.4544
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.8248	0.4473	8.7240	6.7272		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		0.4428	0.0477	8.7240	0.8592		

Subregión B - La Huerta

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
18 JAINA	6.8012	0.7128	8179	9.0093	61.2746	6.4216	81.1679
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
24 GUAMUCHIL	5.9761	1.0595	1645	7.4055	44.2561	7.8464	54.8414
25 PERICOS	5.1721	0.5783	270	5.5984	28.9556	3.2374	31.3423
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
Sumas	62.2533	8.1368	46055	79.0097	498.8011	65.2580	639.2744
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.5751	0.4620	8.7240	6.6056		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		0.3038	0.0645	8.7240	0.8668		

TABLA 3.1c (continúa)
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región Hidrológica 10 (completa)

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
18 JAINA	6.8012	0.7128	8179	9.0093	61.2746	6.4216	81.1679
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
24 GUAMUCHIL	5.9761	1.0595	1645	7.4055	44.2561	7.8464	54.8414
25 PERICOS	5.1721	0.5783	270	5.5984	28.9556	3.2374	31.3423
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	263.9478	34.5507	333229	346.9386	2214.7093	283.9528	2941.2026

Estación La Huerta

	a	b	Ln(A)	Est Regional
Media regional = $a+bLn(AREA)$	-0.0661	0.7608	8.7240	6.5711
Desv. Estándar regional = $a+bLn(AREA)$	-0.0258	0.0996	8.7240	0.8430

TABLA 3.1d
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región de influencia de la estación Acatitán

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst Ln(A)	[Ln(A)] ²
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	91.3156	11.6170	82190	116.2652	764.3077	97.4243	979.8697
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		3.0662	0.4162	7.5412	6.2048		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		0.2796	0.0663	7.5412	0.7792		

Subregión 2 - Acatitán

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst Ln(A)	[Ln(A)] ²
23							
24 GUAMUCHIL	5.9761	1.0595	1645	7.4055	44.2561	7.8464	54.8414
25 PERICOS	5.1721	0.5783	270	5.5984	28.9556	3.2374	31.3423
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	122.5294	15.7609	99524	153.9370	1003.5803	128.8523	1271.4544
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.8248	0.4473	7.5412	6.1981		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		0.4428	0.0477	7.5412	0.8028		

Subregión C - Acatitán

No. ESTACION	MEDIA μ_y	DESV EST σ_y	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst Ln(A)	[Ln(A)] ²
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	85.3902	10.3423	71203	106.9608	709.1749	85.5641	893.2966
		a	b	Ln(A)	Est Regional		
Media regional = $a+bLn(AREA)$		2.4666	0.4985	7.5412	6.2262		
Desv.Estándar regional = $a+bLn(AREA)$		0.5036	0.0355	7.5412	0.7712		

TABLA 3.1d (continúa)
Estadísticos y áreas de las series normalizadas con la transformación Box-Cox
Región Hidrológica 10 (completa)

No. ESTACION	MEDIA μ_q	DESV EST σ_q	AREA km ²	LN(Area) km ²	(Media)Ln(A)	DesvEst)Ln(A)	[Ln(A)] ²
1 ZAPOTITLAN	5.8882	1.1862	34450	10.4473	61.5152	12.3929	109.1453
2 SAN BLAS	7.9637	0.8240	33590	10.4220	82.9974	8.5877	108.6177
3 LA TINA	4.0199	1.3464	275	5.6168	22.5790	7.5625	31.5481
4 BAMICORI	4.9044	0.8710	223	5.4072	26.5192	4.7099	29.2375
5 LAS CAÑAS	7.0832	1.2625	29529	10.2931	72.9081	12.9949	105.9485
6 EL NAHONE	5.2822	0.1305	29428	10.2897	54.3518	1.3424	105.8780
7 CHOIX	5.7189	0.7129	1403	7.2464	41.4411	5.1663	52.5099
8 HUITES	7.6477	0.7650	26020	10.1666	77.7510	7.7775	103.3602
9 PALO DULCE	6.5740	0.7071	6323	8.7519	57.5357	6.1885	76.5966
10 CHINIPAS	6.8316	0.5586	5098	8.5366	58.3185	4.7683	72.8736
11 SAN FRANCISCO	7.1880	0.7088	17531	9.7717	70.2396	6.9261	95.4866
12 SAN IGNACIO	7.2938	0.4393	10920	9.2984	67.8199	4.0847	86.4593
13 LA VERANERA	5.7455	0.7779	4106	8.3202	47.8041	6.4723	69.2258
14 URIQUE	5.5882	0.5470	4000	8.2940	46.3491	4.5371	68.7913
15 GUERACHIC	6.2504	0.9079	6262	8.7423	54.6428	7.9373	76.4270
16 ALAMOS	5.1651	1.0206	2270	7.7275	39.9137	7.8868	59.7148
17 CAZANATE	5.7751	1.0960	1813	7.5027	43.3290	8.2228	56.2911
18 JAINA	6.8012	0.7128	8179	9.0093	61.2746	6.4216	81.1679
19 TOHAYANA	6.7598	0.6653	5281	8.5719	57.9440	5.7030	73.4770
20 TECUSIAPA	6.6151	0.7500	3773	8.2356	54.4798	6.1764	67.8255
21 LOS MOLINOS	4.9380	0.5902	501	6.2166	30.6974	3.6687	38.6462
22 NARANJO	5.9277	1.0662	2064	7.6324	45.2428	8.1376	58.2535
23 ZOPILOTE	5.4566	1.1437	666	6.5013	35.4752	7.4352	42.2668
24 GUAMUCHIL	5.9761	1.0595	1645	7.4055	44.2561	7.8464	54.8414
25 PERICOS	5.1721	0.5783	270	5.5984	28.9556	3.2374	31.3423
26 TIERRA BLANCA	7.2821	0.3856	11614	9.3600	68.1600	3.6088	87.6090
27 PUERTO S.PACIFICO	7.6669	0.9103	11434	9.3443	71.6421	8.5064	87.3168
28 PALOS BLANCOS	6.5403	1.3818	11409	9.3422	61.1007	12.9092	87.2759
29 EL VAREJONAL	5.9254	1.2747	10987	9.3045	55.1327	11.8602	86.5731
30 BADIRAGUATO	6.1876	0.9744	1018	6.9256	42.8529	6.7483	47.9639
31 GUATENIPA	7.2625	0.7926	8252	9.0182	65.4947	7.1482	81.3281
32 LA HUERTA	6.6154	0.7391	6149	8.7240	57.7133	6.4477	76.1090
33 PUERTO CAÑEDO	6.4891	1.2545	4086	8.3153	53.9588	10.4320	69.1446
34 SANALONA	5.7260	0.8678	3657	8.2044	46.9783	7.1197	67.3122
35 PICACHOS	6.9611	0.4135	3280	8.0956	56.3542	3.3473	65.5387
36 TAMAZULA	6.2740	0.4387	2241	7.7147	48.4021	3.3844	59.5162
37 EL BLEDAL	5.3301	0.8161	371	5.9162	31.5340	4.8280	35.0014
38 SANTA CRUZ	6.8258	0.8511	8919	9.0959	62.0873	7.7415	82.7361
39 ACATITAN	6.7069	0.6523	1884	7.5412	50.5777	4.9192	56.8690
40 IXPALINO	6.9190	0.6991	6166	8.7268	60.3812	6.1011	76.1571
41 PIAXTLA	6.9050	0.7687	5307	8.5768	59.2226	6.5929	73.5612
42 EL QUELITE	5.7639	0.9028	835	6.7274	38.7759	6.0735	45.2583
Sumas	263.9478	34.5507	333229	346.9386	2214.7093	283.9528	2941.2026

Estación Acatitán

	a	b	Ln(A)	Est Regional
Media regional = $a+bLn(AREA)$	-0.0661	0.7608	7.5412	5.6711
Desv. Estándar regional = $a+bLn(AREA)$	-0.0258	0.0996	7.5412	0.7252

TABLA 3.2a
Estimadores Q-T por el método Aplicación Regional de la transformación Box-Cox
Región de influencia - San Francisco

T	P=1-1/T	U_T	X_R	Q_R
2	0.5000	-0.0000001010	6.7112	822
5	0.8000	0.8414567174	7.1742	1305
10	0.9000	1.2817287565	7.4165	1663
20	0.9500	1.6452114401	7.6165	2031
50	0.9800	2.0541885887	7.8415	2544
100	0.9900	2.3267853326	7.9915	2956
500	0.9980	2.8785061077	8.2951	4004
1000	0.9990	3.0905222258	8.4117	4499
5000	0.9998	3.5402444620	8.6592	5763
10000	0.9999	3.7191242962	8.7576	6359

Subregión 1 - San Francisco

T	P=1-1/T	U_T	X_R	Q_R
2	0.5000	-0.0000001010	6.8205	916
5	0.8000	0.8414567174	7.4484	1717
10	0.9000	1.2817287565	7.7770	2385
20	0.9500	1.6452114401	8.0482	3128
50	0.9800	2.0541885887	8.3534	4245
100	0.9900	2.3267853326	8.5568	5202
500	0.9980	2.8785061077	8.9685	7852
1000	0.9990	3.0905222258	9.1267	9198
5000	0.9998	3.5402444620	9.4623	12866
10000	0.9999	3.7191242962	9.5958	14703

Subregión A - San Francisco

T	P=1-1/T	U_T	X_R	Q_R
2	0.5000	-0.0000001010	6.7407	846
5	0.8000	0.8414567174	7.3787	1602
10	0.9000	1.2817287565	7.7125	2236
20	0.9500	1.6452114401	7.9882	2946
50	0.9800	2.0541885887	8.2983	4017
100	0.9900	2.3267853326	8.5049	4939
500	0.9980	2.8785061077	8.9233	7505
1000	0.9990	3.0905222258	9.0840	8814
5000	0.9998	3.5402444620	9.4250	12395
10000	0.9999	3.7191242962	9.5607	14195

Región completa - San Francisco

T	P=1-1/T	U_T	X_R	Q_R
2	0.5000	-0.0000001010	6.9742	1069
5	0.8000	0.8414567174	7.6419	2084
10	0.9000	1.2817287565	7.9913	2955
20	0.9500	1.6452114401	8.2797	3943
50	0.9800	2.0541885887	8.6043	5455
100	0.9900	2.3267853326	8.8206	6772
500	0.9980	2.8785061077	9.2584	10492
1000	0.9990	3.0905222258	9.4266	12414
5000	0.9998	3.5402444620	9.7835	17738
10000	0.9999	3.7191242962	9.9254	20443

TABLA 4.2b
Estimadores Q-T por el método Aplicación Regional de la transformación Box-Cox
Región de influencia - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.7152	825
5	0.8000	0.8414567174	7.3963	1630
10	0.9000	1.2817287565	7.7527	2328
20	0.9500	1.6452114401	8.0469	3124
50	0.9800	2.0541885887	8.3779	4350
100	0.9900	2.3267853326	8.5986	5424
500	0.9980	2.8785061077	9.0451	8477
1000	0.9990	3.0905222258	9.2167	10064
5000	0.9998	3.5402444620	9.5807	14483
10000	0.9999	3.7191242962	9.7255	16740

Subregión 1 - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	5.8255	339
5	0.8000	0.8414567174	6.5416	693
10	0.9000	1.2817287565	6.9162	1008
20	0.9500	1.6452114401	7.2255	1374
50	0.9800	2.0541885887	7.5735	1946
100	0.9900	2.3267853326	7.8055	2454
500	0.9980	2.8785061077	8.2750	3925
1000	0.9990	3.0905222258	8.4554	4701
5000	0.9998	3.5402444620	8.8381	6892
10000	0.9999	3.7191242962	8.9903	8025

Subregión A - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	5.7665	319
5	0.8000	0.8414567174	6.5205	679
10	0.9000	1.2817287565	6.9150	1007
20	0.9500	1.6452114401	7.2407	1395
50	0.9800	2.0541885887	7.6072	2013
100	0.9900	2.3267853326	7.8515	2569
500	0.9980	2.8785061077	8.3458	4213
1000	0.9990	3.0905222258	8.5358	5094
5000	0.9998	3.5402444620	8.9388	7622
10000	0.9999	3.7191242962	9.0991	8947

Región completa - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	5.8129	335
5	0.8000	0.8414567174	6.4388	626
10	0.9000	1.2817287565	6.7662	868
20	0.9500	1.6452114401	7.0366	1137
50	0.9800	2.0541885887	7.3408	1542
100	0.9900	2.3267853326	7.5435	1888
500	0.9980	2.8785061077	7.9539	2847
1000	0.9990	3.0905222258	8.1115	3333
5000	0.9998	3.5402444620	8.4460	4657
10000	0.9999	3.7191242962	8.5791	5319

TABLA 4.2c
Estimadores Q-T por el método Aplicación Regional de la transformación Box-Cox
Región de influencia - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.4025	603
5	0.8000	0.8414567174	7.0906	1201
10	0.9000	1.2817287565	7.4506	1721
20	0.9500	1.6452114401	7.7478	2317
50	0.9800	2.0541885887	8.0823	3237
100	0.9900	2.3267853326	8.3052	4045
500	0.9980	2.8785061077	8.7563	6351
1000	0.9990	3.0905222258	8.9297	7553
5000	0.9998	3.5402444620	9.2975	10911
10000	0.9999	3.7191242962	9.4438	12629

Subregión 2 - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.7272	835
5	0.8000	0.8414567174	7.4502	1720
10	0.9000	1.2817287565	7.8285	2511
20	0.9500	1.6452114401	8.1408	3432
50	0.9800	2.0541885887	8.4922	4876
100	0.9900	2.3267853326	8.7264	6163
500	0.9980	2.8785061077	9.2004	9902
1000	0.9990	3.0905222258	9.3826	11880
5000	0.9998	3.5402444620	9.7690	17484
10000	0.9999	3.7191242962	9.9227	20388

Subregión B - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.6056	739
5	0.8000	0.8414567174	7.3350	1533
10	0.9000	1.2817287565	7.7166	2245
20	0.9500	1.6452114401	8.0316	3077
50	0.9800	2.0541885887	8.3861	4386
100	0.9900	2.3267853326	8.6224	5555
500	0.9980	2.8785061077	9.1007	8961
1000	0.9990	3.0905222258	9.2844	10769
5000	0.9998	3.5402444620	9.6743	15903
10000	0.9999	3.7191242962	9.8293	18570

Región completa - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.5711	714
5	0.8000	0.8414567174	7.2804	1452
10	0.9000	1.2817287565	7.6516	2104
20	0.9500	1.6452114401	7.9580	2858
50	0.9800	2.0541885887	8.3028	4035
100	0.9900	2.3267853326	8.5326	5077
500	0.9980	2.8785061077	8.9976	8084
1000	0.9990	3.0905222258	9.1764	9666
5000	0.9998	3.5402444620	9.5555	14122
10000	0.9999	3.7191242962	9.7063	16421

TABLA 4.2d
Estimadores Q-T por el método Aplicación Regional de la transformación Box-Cox
Región de influencia - Acatitán

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.2048	495
5	0.8000	0.8414567174	6.8604	954
10	0.9000	1.2817287565	7.2035	1344
20	0.9500	1.6452114401	7.4867	1784
50	0.9800	2.0541885887	7.8054	2454
100	0.9900	2.3267853326	8.0178	3035
500	0.9980	2.8785061077	8.4477	4664
1000	0.9990	3.0905222258	8.6129	5502
5000	0.9998	3.5402444620	8.9633	7811
10000	0.9999	3.7191242962	9.1027	8980

Subregión 2 - Acatitán

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.1981	492
5	0.8000	0.8414567174	6.8735	966
10	0.9000	1.2817287565	7.2270	1376
20	0.9500	1.6452114401	7.5188	1842
50	0.9800	2.0541885887	7.8471	2558
100	0.9900	2.3267853326	8.0659	3184
500	0.9980	2.8785061077	8.5088	4958
1000	0.9990	3.0905222258	8.6790	5878
5000	0.9998	3.5402444620	9.0400	8434
10000	0.9999	3.7191242962	9.1836	9736

Subregión C - Acatitán

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	6.2262	506
5	0.8000	0.8414567174	6.8751	968
10	0.9000	1.2817287565	7.2147	1359
20	0.9500	1.6452114401	7.4950	1799
50	0.9800	2.0541885887	7.8104	2466
100	0.9900	2.3267853326	8.0206	3043
500	0.9980	2.8785061077	8.4461	4657
1000	0.9990	3.0905222258	8.6096	5484
5000	0.9998	3.5402444620	8.9564	7758
10000	0.9999	3.7191242962	9.0944	8905

Región completa - Acatitán

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	5.6711	290
5	0.8000	0.8414567174	6.2814	535
10	0.9000	1.2817287565	6.6006	736
20	0.9500	1.6452114401	6.8642	957
50	0.9800	2.0541885887	7.1608	1288
100	0.9900	2.3267853326	7.3585	1570
500	0.9980	2.8785061077	7.7586	2342
1000	0.9990	3.0905222258	7.9124	2731
5000	0.9998	3.5402444620	8.2385	3784
10000	0.9999	3.7191242962	8.3682	4308

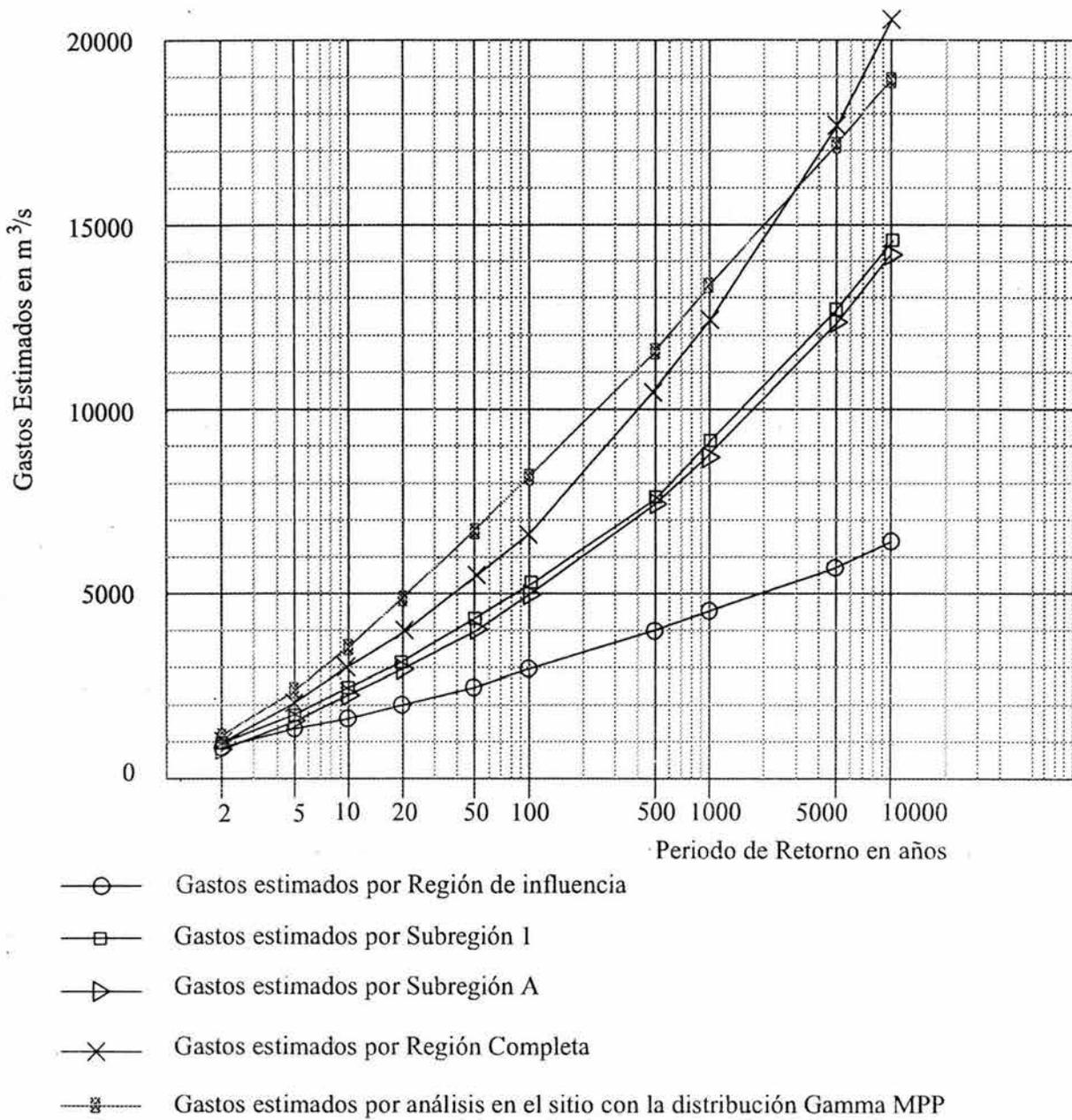


Figura 3.7a - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox de la estación **San Francisco**

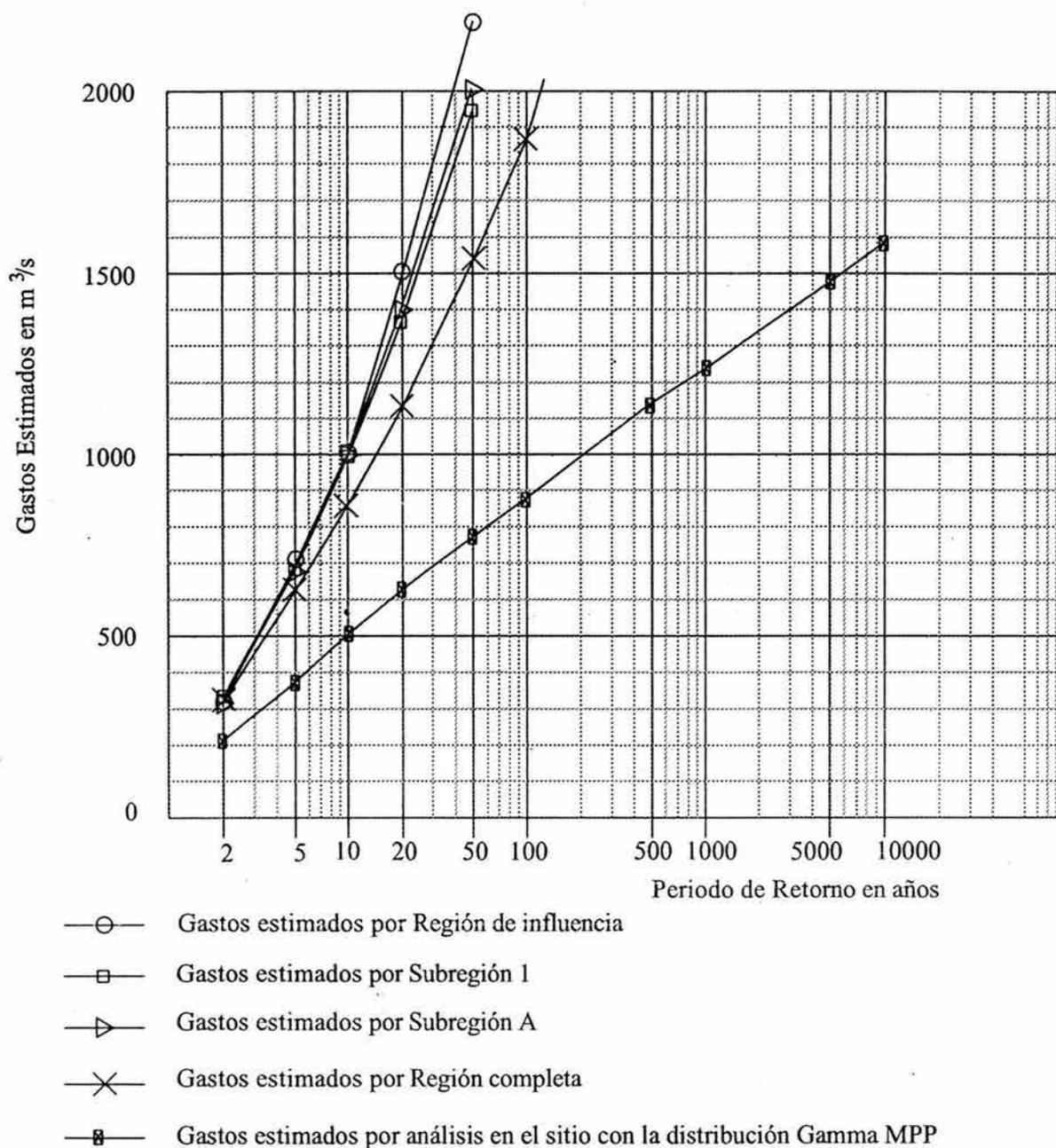


Figura 3.7b - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox de la estación **Álamos**

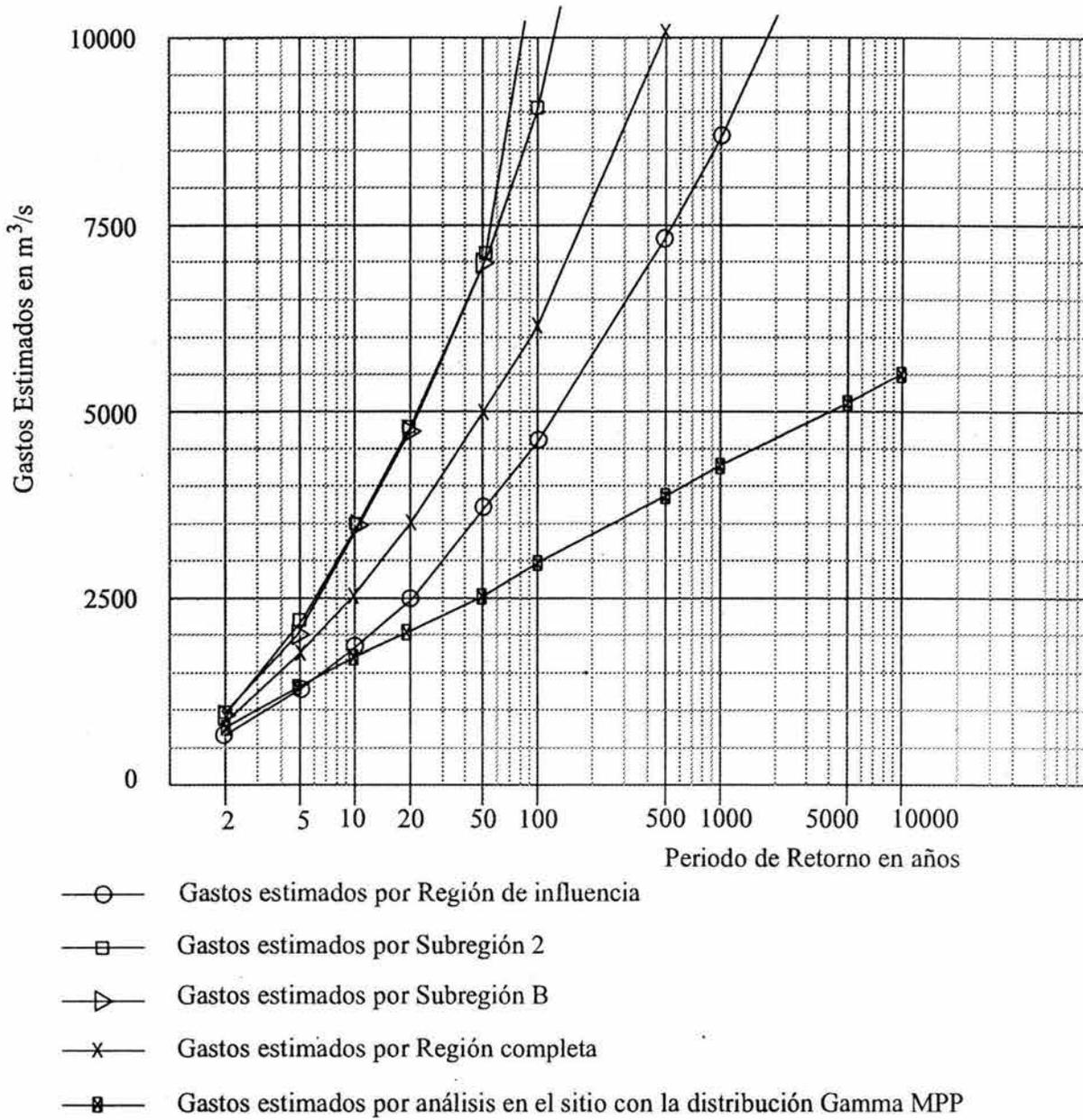


Figura 3.7c - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox de la estación **La Huerta**

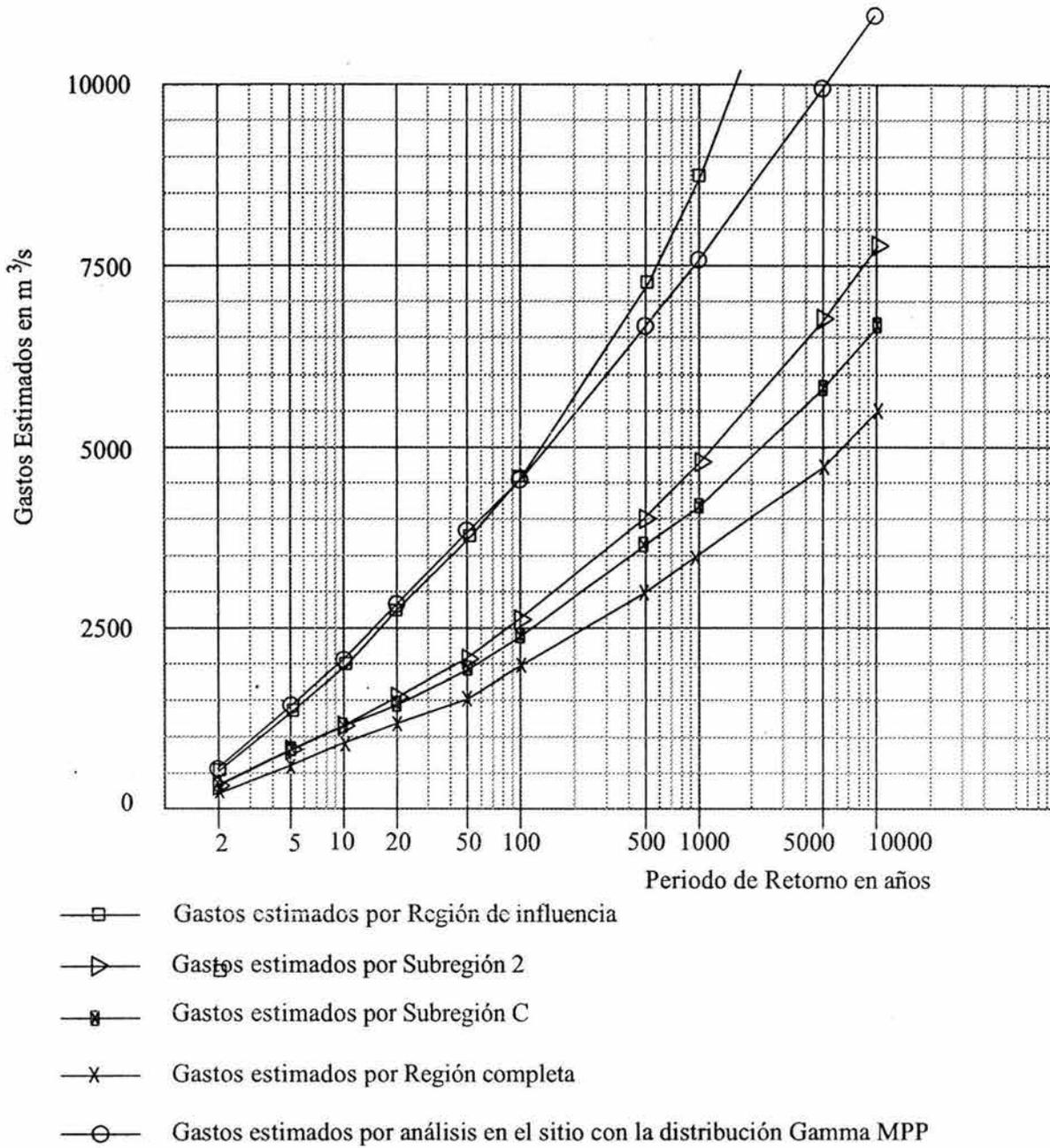


Figura 3.7d - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por el método Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox de la estación **Acatitán**

TABLA 3.3a
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región de influencia de la estación San Francisco

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
Q medio	250	1724.64		Momentos Regionales		1.3200	0.8989	0.7135	0.6054

Estimadores regionales alpha beta X₀
 1.5267 0.5122 0.5380

Subregión 1 - San Francisco

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
18 JAINA	46	1197.37	854.10	696.27	600.56	1.0000	0.7133	0.5815	0.5016
19 TOHAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
Q medio	602	1724.64		Momentos Regionales		1.2608	0.8946	0.7201	0.6138

Estimadores regionales alpha beta X₀
 1.5293 0.5975 0.3470

Subregión A - San Francisco

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
Q medio	497	1724.64		Momentos Regionales		1.2616	0.9023	0.7304	0.6253

Estimadores regionales alpha beta X₀
 1.6745 0.5413 0.3552

TABLA 3.3a (continúa)
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región Hidrológica 10 (completa) - Estación San Francisco

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
18 JAINA	46	1197.37	854.10	696.27	600.56	1.0000	0.7133	0.5815	0.5016
19 TOHAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
24 GUAMUCHIL	36	605.83	443.93	362.57	312.49	1.0000	0.7328	0.5985	0.5158
25 PERICOS	26	202.08	128.87	95.46	76.10	1.0000	0.6377	0.4724	0.3766
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207
Q medio	1114	1724.64		Momentos Regionales		1.2442	0.8829	0.7092	0.6031
				Estimadores regionales		1.4286	0.6514	0.3136	

TABLA 3.3b
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región de influencia de la estación Alamos

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
Momentos Regionales	432	247.5455		Momentos Regionales		0.7639	0.5509	0.4469	0.3824

Estimadores regionales alpha beta X_s
 1.0045 0.5733 0.1881

Subregión 1 - Álamos

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
18 JAINA	46	1197.37	854.10	696.27	600.56	1.0000	0.7133	0.5815	0.5016
19 THAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
Q medio	602	247.55		Momentos Regionales		0.8405	0.5964	0.4801	0.4092

Estimadores regionales alpha beta X_s
 1.0196 0.5975 0.2313

Subregión A - Álamos

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
Q medio	497	247.55		Momentos Regionales		0.8410	0.6015	0.4869	0.4169

Estimadores regionales alpha beta X_s
 1.1163 0.5413 0.2368

TABLA 3.3b (continúa)
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región Hidrológica 10 (completa) - Estación Álamos

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados				
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)	
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355	
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408	
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703	
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104	
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153	
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845	
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763	
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260	
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178	
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856	
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869	
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910	
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907	
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780	
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497	
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580	
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931	
18 JAINA	46	1197.37	854.10	696.27	600.56	1.0000	0.7133	0.5815	0.5016	
19 TOHAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190	
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858	
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736	
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438	
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638	
24 GUAMUCHIL	36	605.83	443.93	362.57	312.49	1.0000	0.7328	0.5985	0.5158	
25 PERICOS	26	202.08	128.87	95.46	76.10	1.0000	0.6377	0.4724	0.3766	
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555	
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504	
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744	
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357	
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750	
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645	
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188	
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897	
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295	
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540	
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843	
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977	
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924	
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741	
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909	
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605	
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207	
Q medio	1114	247.55				0.8294	0.5886	0.4728	0.4020	
			Momentos Regionales							
						alpha	beta	X₀		
						0.9524	0.6514	0.2091		
			Estimadores regionales							

TABLA 3.3c
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región de influencia de la estación La Huerta

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
19 TOHAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
Momentos Regionales	418	934.2353		Momentos Regionales		0.6914	0.4897	0.3916	0.3315

Estimadores regionales alpha beta X_0
 0.7044 0.7794 0.1424

Subregión 2 - La Huerta

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
24 GUAMUCHIL	36	605.83	443.93	362.57	312.49	1.0000	0.7328	0.5985	0.5158
25 PERICOS	26	202.08	128.87	95.46	76.10	1.0000	0.6377	0.4724	0.3766
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207
Momentos Regionales	512	934.2353		Momentos Regionales		0.6309	0.4477	0.3588	0.3042

Estimadores regionales alpha beta X_0
 0.6760 0.7269 0.1395

Subregión B - La Huerta

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
18 JAINA	46	1197.37	854.10	696.27	600.56	1.0000	0.7133	0.5815	0.5016
19 TOHAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736
24 GUAMUCHIL	36	605.83	443.93	362.57	312.49	1.0000	0.7328	0.5985	0.5158
25 PERICOS	26	202.08	128.87	95.46	76.10	1.0000	0.6377	0.4724	0.3766
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188
Q medio	239	934.2353		Momentos Regionales		0.7113	0.5040	0.4021	0.3390

Estimadores regionales alpha beta X_0
 0.6723 0.8809 0.1191

TABLA 3.3c (continúa)
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región Hidrológica 10 (completa) - Estación La Huerta

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
18 JAINA	46	1197.37	854.10	696.27	600.56	1.0000	0.7133	0.5815	0.5016
19 TOHAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
24 GUAMUCHIL	36	605.83	443.93	362.57	312.49	1.0000	0.7328	0.5985	0.5158
25 PERICOS	26	202.08	128.87	95.46	76.10	1.0000	0.6377	0.4724	0.3766
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207
Q medio	1114	934.24		Momentos Regionales		0.6409	0.4548	0.3654	0.3107
				Estimadores regionales		alpha	beta	X₀	
						0.7360	0.6514	0.1616	

TABLA 4.3d
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región de influencia de la estación Acatitán

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207
Momentos Regionales	385	1031.5806		Momentos Regionales		1.1273	0.7980	0.6384	0.5403

alpha **beta** **X_s**
 Estimadores regionales **1.1728** **0.7515** **0.2460**

Subregión 2 - Acatitán

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
24 GUAMUCHIL	36	605.83	443.93	362.57	312.49	1.0000	0.7328	0.5985	0.5158
25 PERICOS	26	202.08	128.87	95.46	76.10	1.0000	0.6377	0.4724	0.3766
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207
Momentos Regionales	912	1031.5806		Momentos Regionales		1.1504	0.8164	0.6542	0.5546

alpha **beta** **X_s**
 Estimadores regionales **1.2327** **0.7269** **0.2544**

Subregión C - Acatitán

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207
Q medio	378	1031.5806		Momentos Regionales		1.0661	0.7487	0.5978	0.5063

alpha **beta** **X_s**
 Estimadores regionales **1.1219** **0.7064** **0.2737**

TABLA 3.3d (continúa)
Estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región Hidrológica 10 (completa) - Estación La Huerta

No. ESTACION	n	Momentos de probabilidad Pesada				Momentos estandarizados			
		M(0)	M(1)	M(2)	M(3)	m(0)	m(1)	m(2)	m(3)
1 ZAPOTITLAN	22	624.64	473.53	388.86	334.48	1.0000	0.7581	0.6225	0.5355
2 SAN BLAS	10	4018.00	2996.43	2495.50	2173.11	1.0000	0.7458	0.6211	0.5408
3 LA TINA	24	106.54	82.03	68.89	60.76	1.0000	0.7699	0.6466	0.5703
4 BAMICORI	32	194.50	142.88	116.39	99.27	1.0000	0.7346	0.5984	0.5104
5 LAS CAÑAS	24	2497.04	2024.88	1740.18	1536.41	1.0000	0.8109	0.6969	0.6153
6 EL NAHONE	20	198.40	106.43	73.47	56.44	1.0000	0.5364	0.3703	0.2845
7 CHOIX	29	392.93	274.57	219.69	187.13	1.0000	0.6988	0.5591	0.4763
8 HUITES	53	2940.17	2148.16	1776.32	1546.59	1.0000	0.7306	0.6042	0.5260
9 PALO DULCE	29	975.86	703.17	579.13	505.33	1.0000	0.7206	0.5935	0.5178
10 CHINIPAS	21	1061.00	683.34	510.68	409.17	1.0000	0.6441	0.4813	0.3856
11 SAN FRANCISCO	33	1724.64	1222.06	985.79	839.80	1.0000	0.7086	0.5716	0.4869
12 SAN IGNACIO	19	1622.42	1022.79	775.03	634.39	1.0000	0.6304	0.4777	0.3910
13 LA VERANERA	14	413.43	295.84	238.24	202.87	1.0000	0.7156	0.5763	0.4907
14 URIQUE	19	302.63	189.52	140.96	114.41	1.0000	0.6262	0.4658	0.3780
15 GUERACHIC	13	889.54	710.19	627.82	577.92	1.0000	0.7984	0.7058	0.6497
16 ALAMOS	22	247.55	174.43	136.79	113.37	1.0000	0.7046	0.5526	0.4580
17 CAZANATE	19	555.00	433.20	369.73	329.16	1.0000	0.7805	0.6662	0.5931
18 JAINA	46	1197.37	854.10	696.27	600.56	1.0000	0.7133	0.5815	0.5016
19 TOHAYANA	29	1048.86	703.40	538.78	439.46	1.0000	0.6706	0.5137	0.4190
20 TECUSIAPA	17	975.65	693.44	557.41	473.97	1.0000	0.7107	0.5713	0.4858
21 LOS MOLINOS	13	159.15	101.29	74.76	59.45	1.0000	0.6365	0.4697	0.3736
22 NARANJO	47	621.89	472.82	391.50	338.17	1.0000	0.7603	0.6295	0.5438
23 ZOPILOTE	47	363.26	259.65	203.74	168.48	1.0000	0.7148	0.5609	0.4638
24 GUAMUCHIL	36	605.83	443.93	362.57	312.49	1.0000	0.7328	0.5985	0.5158
25 PERICOS	26	202.08	128.87	95.46	76.10	1.0000	0.6377	0.4724	0.3766
26 TIERRA BLANCA	7	1543.57	935.67	685.02	548.73	1.0000	0.6062	0.4438	0.3555
27 PUERTO S.PACIFICO	35	2960.49	2073.17	1614.93	1333.46	1.0000	0.7003	0.5455	0.4504
28 PALOS BLANCOS	47	1481.77	1172.20	982.26	851.08	1.0000	0.7911	0.6629	0.5744
29 EL VAREJONAL	7	665.57	520.10	425.45	356.54	1.0000	0.7814	0.6392	0.5357
30 BADIRAGUATO	27	957.89	781.89	698.73	646.61	1.0000	0.8163	0.7294	0.6750
31 GUATENIPA	21	1888.76	1336.69	1055.79	877.26	1.0000	0.7077	0.5590	0.4645
32 LA HUERTA	17	934.24	634.20	483.88	391.30	1.0000	0.6788	0.5179	0.4188
33 PUERTO CAÑEDO	22	1111.45	819.61	652.80	544.25	1.0000	0.7374	0.5873	0.4897
34 SANALONA	42	450.64	331.92	274.00	238.60	1.0000	0.7365	0.6080	0.5295
35 PICACHOS	7	1128.43	691.90	504.53	399.41	1.0000	0.6132	0.4471	0.3540
36 TAMAZULA	23	583.61	365.68	275.22	224.30	1.0000	0.6266	0.4716	0.3843
37 EL BLEDAL	48	285.96	205.56	166.30	142.31	1.0000	0.7188	0.5815	0.4977
38 SANTA CRUZ	43	1276.67	906.88	732.53	628.65	1.0000	0.7103	0.5738	0.4924
39 ACATITAN	31	1031.58	717.99	575.46	489.12	1.0000	0.6960	0.5578	0.4741
40 IXPALINO	31	1317.77	929.27	752.23	646.84	1.0000	0.7052	0.5708	0.4909
41 PIAXTLA	16	1419.81	1058.95	896.97	795.83	1.0000	0.7458	0.6317	0.5605
42 EL QUELITE	26	468.54	347.44	284.51	243.96	1.0000	0.7415	0.6072	0.5207
Q medio	1114	1031.58		Momentos Regionales		1.1688	0.8294	0.6662	0.5665
				Estimadores regionales		alpha	beta	X_s	
						1.3420	0.6514	0.2946	

TABLA 3.4a**Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada****Región de influencia - San Francisco**

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.9135	1575
5	0.8000	0.8414567174	1.8065	3116
10	0.9000	1.2817287565	2.5933	4473
20	0.9500	1.6452114401	3.4463	5944
50	0.9800	2.0541885887	4.6562	8030
100	0.9900	2.3267853326	5.6252	9701
500	0.9980	2.8785061077	8.0284	13846
1000	0.9990	3.0905222258	9.1226	15733
5000	0.9998	3.5402444620	11.7857	20326
10000	0.9999	3.7191242962	12.9818	22389

Subregión 1 - San Francisco

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.8399	1449
5	0.8000	0.8414567174	1.8366	3167
10	0.9000	1.2817287565	2.6801	4622
20	0.9500	1.6452114401	3.5783	6171
50	0.9800	2.0541885887	4.8354	8339
100	0.9900	2.3267853326	5.8325	10059
500	0.9980	2.8785061077	8.2811	14282
1000	0.9990	3.0905222258	9.3877	16190
5000	0.9998	3.5402444620	12.0658	20809
10000	0.9999	3.7191242962	13.2630	22874

Subregión A - San Francisco

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.8101	1397
5	0.8000	0.8414567174	1.8292	3155
10	0.9000	1.2817287565	2.7137	4680
20	0.9500	1.6452114401	3.6663	6323
50	0.9800	2.0541885887	5.0109	8642
100	0.9900	2.3267853326	6.0840	10493
500	0.9980	2.8785061077	8.7358	15066
1000	0.9990	3.0905222258	9.9400	17143
5000	0.9998	3.5402444620	12.8647	22187
10000	0.9999	3.7191242962	14.1760	24448

Región completa - San Francisco

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.8446	1457
5	0.8000	0.8414567174	1.8307	3157
10	0.9000	1.2817287565	2.6481	4567
20	0.9500	1.6452114401	3.5106	6054
50	0.9800	2.0541885887	4.7089	8121
100	0.9900	2.3267853326	5.6544	9752
500	0.9980	2.8785061077	7.9641	13735
1000	0.9990	3.0905222258	9.0037	15528
5000	0.9998	3.5402444620	11.5120	19854
10000	0.9999	3.7191242962	12.6304	21783

TABLA 3.4b
Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región de influencia - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.4898	121
5	0.8000	0.8414567174	1.1261	279
10	0.9000	1.2817287565	1.6702	413
20	0.9500	1.6452114401	2.2524	558
50	0.9800	2.0541885887	3.0700	760
100	0.9900	2.3267853326	3.7202	921
500	0.9980	2.8785061077	5.3210	1317
1000	0.9990	3.0905222258	6.0459	1497
5000	0.9998	3.5402444620	7.8028	1932
10000	0.9999	3.7191242962	8.5892	2126

Subregión 1 - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.5600	139
5	0.8000	0.8414567174	1.2244	303
10	0.9000	1.2817287565	1.7867	442
20	0.9500	1.6452114401	2.3855	591
50	0.9800	2.0541885887	3.2236	798
100	0.9900	2.3267853326	3.8883	963
500	0.9980	2.8785061077	5.5207	1367
1000	0.9990	3.0905222258	6.2584	1549
5000	0.9998	3.5402444620	8.0439	1991
10000	0.9999	3.7191242962	8.8420	2189

Subregión A - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.5401	134
5	0.8000	0.8414567174	1.2194	302
10	0.9000	1.2817287565	1.8091	448
20	0.9500	1.6452114401	2.4442	605
50	0.9800	2.0541885887	3.3406	827
100	0.9900	2.3267853326	4.0560	1004
500	0.9980	2.8785061077	5.8239	1442
1000	0.9990	3.0905222258	6.6266	1640
5000	0.9998	3.5402444620	8.5764	2123
10000	0.9999	3.7191242962	9.4506	2339

Región completa - Álamos

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.5630	139
5	0.8000	0.8414567174	1.2205	302
10	0.9000	1.2817287565	1.7654	437
20	0.9500	1.6452114401	2.3404	579
50	0.9800	2.0541885887	3.1393	777
100	0.9900	2.3267853326	3.7696	933
500	0.9980	2.8785061077	5.3094	1314
1000	0.9990	3.0905222258	6.0025	1486
5000	0.9998	3.5402444620	7.6747	1900
10000	0.9999	3.7191242962	8.4203	2084

TABLA 3.4c
Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada
Región de influencia - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.4885	456
5	0.8000	0.8414567174	1.0333	965
10	0.9000	1.2817287565	1.4674	1371
20	0.9500	1.6452114401	1.9171	1791
50	0.9800	2.0541885887	2.5333	2367
100	0.9900	2.3267853326	3.0144	2816
500	0.9980	2.8785061077	4.1774	3903
1000	0.9990	3.0905222258	4.6966	4388
5000	0.9998	3.5402444620	5.9415	5551
10000	0.9999	3.7191242962	6.4936	6067

Subregión 2 - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.4382	409
5	0.8000	0.8414567174	0.9389	877
10	0.9000	1.2817287565	1.3437	1255
20	0.9500	1.6452114401	1.7661	1650
50	0.9800	2.0541885887	2.3478	2193
100	0.9900	2.3267853326	2.8039	2619
500	0.9980	2.8785061077	3.9107	3654
1000	0.9990	3.0905222258	4.4064	4117
5000	0.9998	3.5402444620	5.5978	5230
10000	0.9999	3.7191242962	6.1273	5724

Subregión B - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.5143	480
5	0.8000	0.8414567174	1.0742	1004
10	0.9000	1.2817287565	1.5095	1410
20	0.9500	1.6452114401	1.9553	1827
50	0.9800	2.0541885887	2.5605	2392
100	0.9900	2.3267853326	3.0299	2831
500	0.9980	2.8785061077	4.1568	3883
1000	0.9990	3.0905222258	4.6572	4351
5000	0.9998	3.5402444620	5.8519	5467
10000	0.9999	3.7191242962	6.3800	5960

Región completa - La Huerta

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.4351	406
5	0.8000	0.8414567174	0.9431	881
10	0.9000	1.2817287565	1.3642	1274
20	0.9500	1.6452114401	1.8085	1690
50	0.9800	2.0541885887	2.4258	2266
100	0.9900	2.3267853326	2.9129	2721
500	0.9980	2.8785061077	4.1027	3833
1000	0.9990	3.0905222258	4.6383	4333
5000	0.9998	3.5402444620	5.9304	5540
10000	0.9999	3.7191242962	6.5066	6079

TABLA 3.4d**Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada****Región de influencia - Acatitán**

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.7913	816
5	0.8000	0.8414567174	1.6782	1731
10	0.9000	1.2817287565	2.3903	2466
20	0.9500	1.6452114401	3.1307	3230
50	0.9800	2.0541885887	4.1478	4279
100	0.9900	2.3267853326	4.9438	5100
500	0.9980	2.8785061077	6.8717	7089
1000	0.9990	3.0905222258	7.7338	7978
5000	0.9998	3.5402444620	9.8034	10113
10000	0.9999	3.7191242962	10.7223	11061

Subregión 2 - Acatitán

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.7991	824
5	0.8000	0.8414567174	1.7121	1766
10	0.9000	1.2817287565	2.4504	2528
20	0.9500	1.6452114401	3.2205	3322
50	0.9800	2.0541885887	4.2813	4416
100	0.9900	2.3267853326	5.1130	5274
500	0.9980	2.8785061077	7.1313	7357
1000	0.9990	3.0905222258	8.0352	8289
5000	0.9998	3.5402444620	10.2077	10530
10000	0.9999	3.7191242962	11.1733	11526

Subregión C - Acatitán

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.7479	772
5	0.8000	0.8414567174	1.5639	1613
10	0.9000	1.2817287565	2.2280	2298
20	0.9500	1.6452114401	2.9227	3015
50	0.9800	2.0541885887	3.8818	4004
100	0.9900	2.3267853326	4.6349	4781
500	0.9980	2.8785061077	6.4658	6670
1000	0.9990	3.0905222258	7.2869	7517
5000	0.9998	3.5402444620	9.2621	9555
10000	0.9999	3.7191242962	10.1407	10461

Región completa - Acatitán

T	P=1-1/T	U _T	X _R	Q _R
2	0.5000	-0.0000001010	0.7934	818
5	0.8000	0.8414567174	1.7198	1774
10	0.9000	1.2817287565	2.4877	2566
20	0.9500	1.6452114401	3.2978	3402
50	0.9800	2.0541885887	4.4235	4563
100	0.9900	2.3267853326	5.3117	5479
500	0.9980	2.8785061077	7.4815	7718
1000	0.9990	3.0905222258	8.4581	8725
5000	0.9998	3.5402444620	10.8143	11156
10000	0.9999	3.7191242962	11.8649	12240

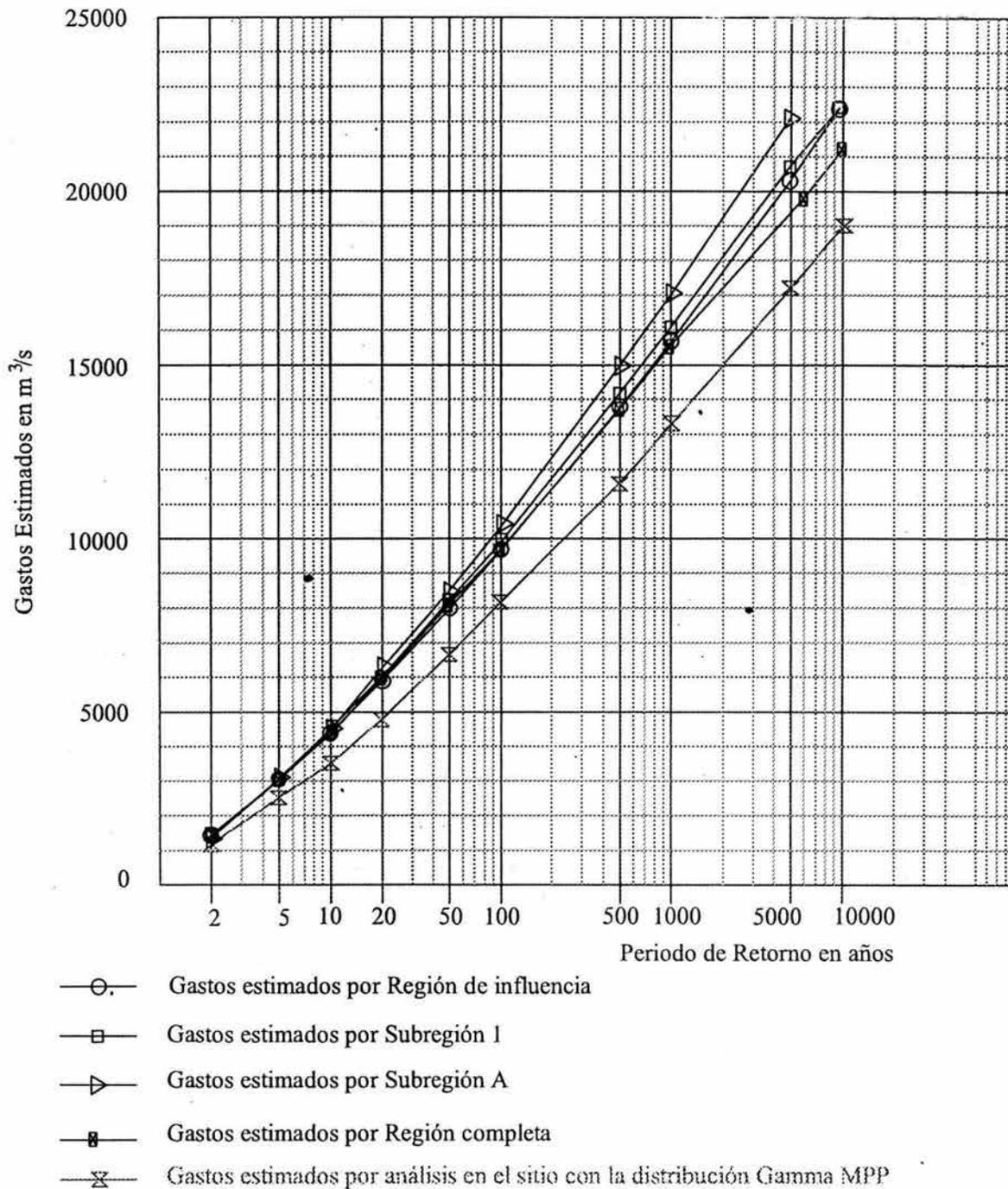


Figura 3.8a - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) de la estación **San Francisco**

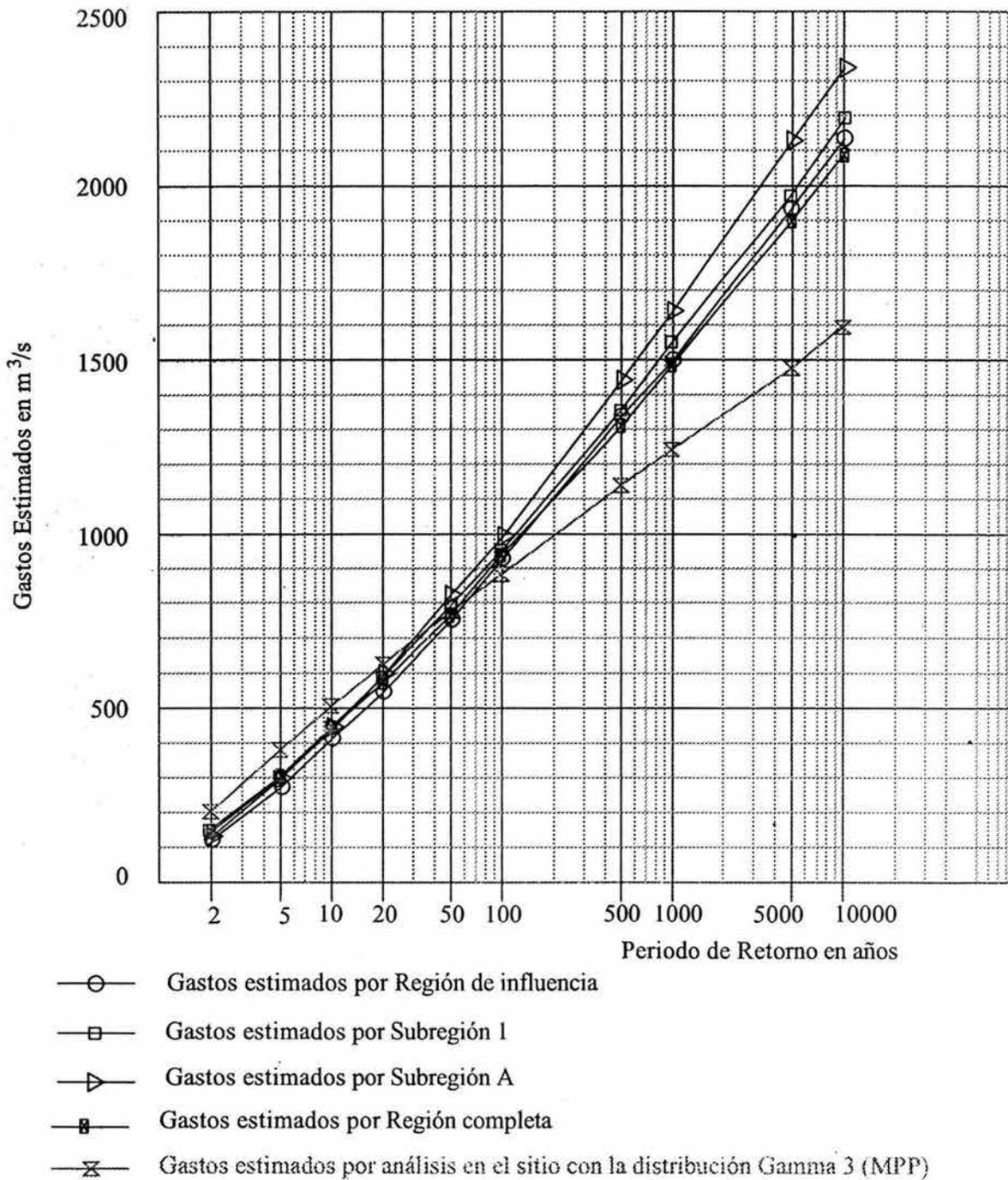


Figura 3.8b - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) de la estación Álamos

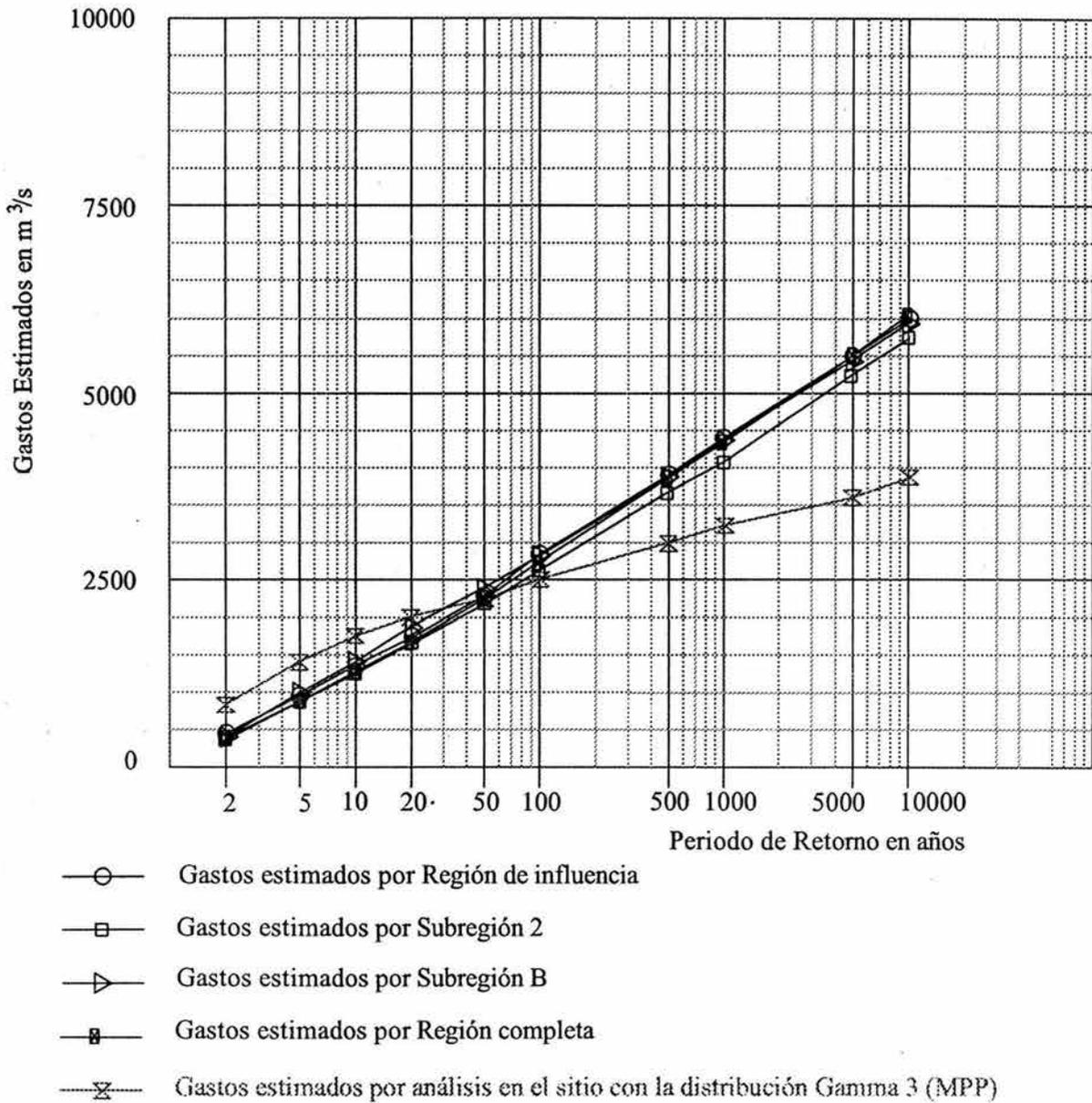


Figura 3.8c - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) de la estación **La Huerta**

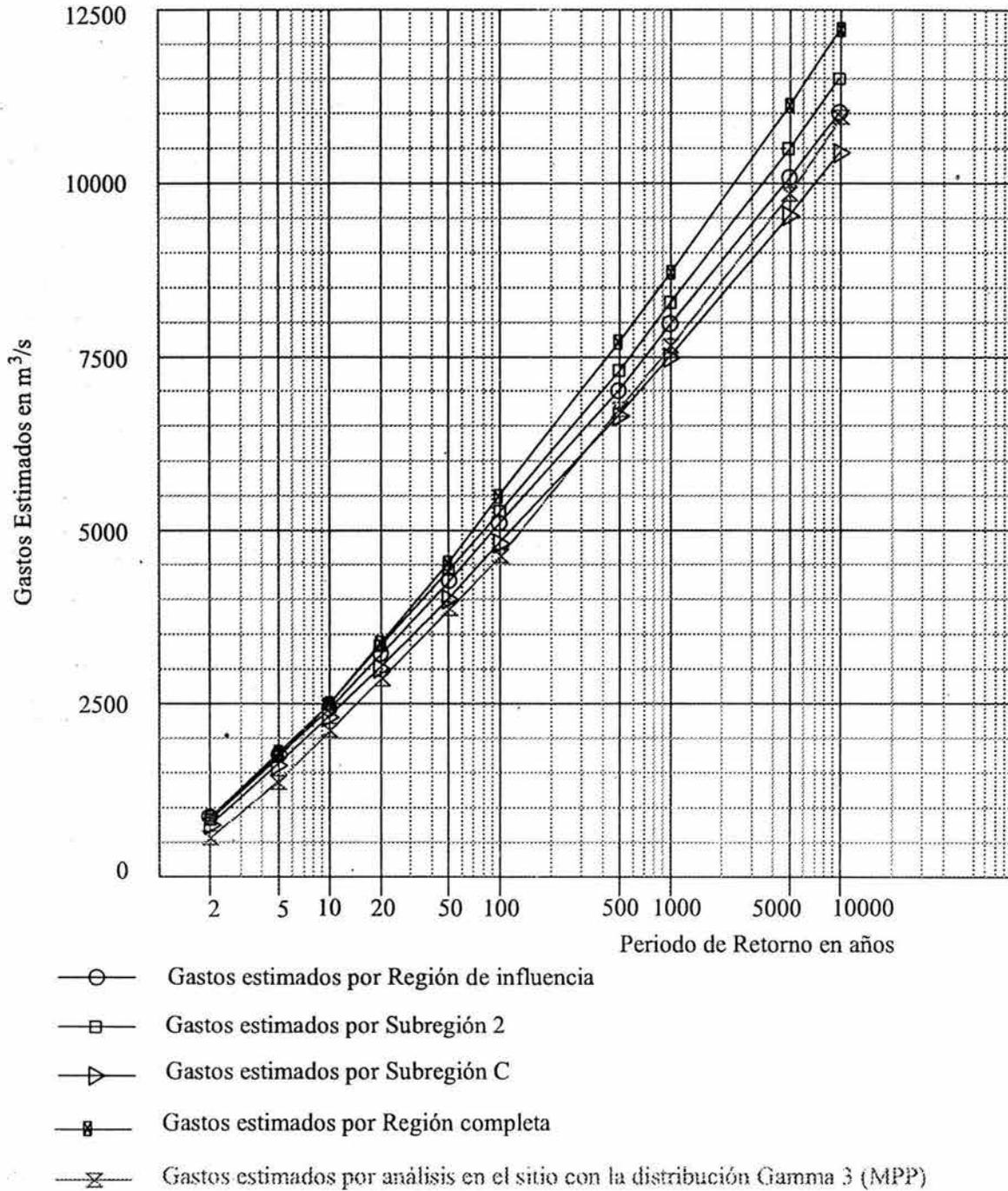


Figura 3.8d - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) de la estación **Acatitán**

TABLA 3.5a

Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada con la distribución Gumbel por momentos-L

Región de influencia - San Francisco

$\alpha = 0.6892$

$\nu = 0.9222$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	1.17477401	2026
5	0.80000000	1.95598266	3373
10	0.90000000	2.47321076	4265
20	0.95000000	2.96934837	5121
50	0.98000000	3.61154761	6229
100	0.99000000	4.09278558	7059
500	0.99800000	5.20485305	8976
1000	0.99900000	5.68294615	9801
5000	0.99980000	6.79251861	11715
10000	0.99990000	7.27030112	12539

Subregión 1 - San Francisco

$\alpha = 0.7624$

$\nu = 0.8207$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	1.10015176	1897
5	0.80000000	1.96430643	3388
10	0.90000000	2.53645201	4374
20	0.95000000	3.08526779	5321
50	0.98000000	3.79565353	6546
100	0.99000000	4.32798767	7464
500	0.99800000	5.55813060	9586
1000	0.99900000	6.08698597	10498
5000	0.99980000	7.31436898	12615
10000	0.99990000	7.84288079	13526

Subregión A - San Francisco

$\alpha = 0.7834$

$\nu = 0.8094$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	1.09649912	1891
5	0.80000000	1.98445551	3422
10	0.90000000	2.57235990	4436
20	0.95000000	3.13629192	5409
50	0.98000000	3.86624406	6668
100	0.99000000	4.41324047	7611
500	0.99800000	5.67726567	9791
1000	0.99900000	6.22068750	10728
5000	0.99980000	7.48187676	12904
10000	0.99990000	8.02494556	13840

Región completa - San Francisco

$\alpha = 0.7525$

$\nu = 0.8098$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	1.08560826	1872
5	0.80000000	1.93852743	3343
10	0.90000000	2.50323413	4317
20	0.95000000	3.04491436	5251
50	0.98000000	3.74606386	6461
100	0.99000000	4.27147673	7367
500	0.99800000	5.48562569	9461
1000	0.99900000	6.00760503	10361
5000	0.99980000	7.21902994	12450
10000	0.99990000	7.74067018	13350

TABLA 3.5b

Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada con la distribución Gumbel por momentos-L

Región de influencia - Álamos

$$\alpha = 0.4876$$

$$\nu = 0.4824$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.66114259	164
5	0.80000000	1.21384186	300
10	0.90000000	1.57977686	391
20	0.95000000	1.93079051	478
50	0.98000000	2.38514167	590
100	0.99000000	2.72561392	675
500	0.99800000	3.51239333	869
1000	0.99900000	3.85064062	953
5000	0.99980000	4.63565482	1148
10000	0.99990000	4.97368238	1231

Subregión 1 - Álamos

$$\alpha = 0.5083$$

$$\nu = 0.5471$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.73343451	182
5	0.80000000	1.30953762	324
10	0.90000000	1.69096801	419
20	0.95000000	2.05684520	509
50	0.98000000	2.53043568	626
100	0.99000000	2.88532511	714
500	0.99800000	3.70542040	917
1000	0.99900000	4.05799065	1005
5000	0.99980000	4.87624599	1207
10000	0.99990000	5.22858719	1294

Subregión A - Álamos

$$\alpha = 0.5223$$

$$\nu = 0.5396$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.73099941	181
5	0.80000000	1.32297034	327
10	0.90000000	1.71490660	425
20	0.95000000	2.09086128	518
50	0.98000000	2.57749604	638
100	0.99000000	2.94216031	728
500	0.99800000	3.78484378	937
1000	0.99900000	4.14712500	1027
5000	0.99980000	4.98791784	1235
10000	0.99990000	5.34996370	1324

Región completa - Álamos

$$\alpha = 0.5017$$

$$\nu = 0.5399$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.72373884	179
5	0.80000000	1.29235162	320
10	0.90000000	1.66882275	413
20	0.95000000	2.02994291	503
50	0.98000000	2.49737590	618
100	0.99000000	2.84765116	705
500	0.99800000	3.65708379	905
1000	0.99900000	4.00507002	991
5000	0.99980000	4.81268663	1191
10000	0.99990000	5.16044679	1277

TABLA 3.5c

Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada con la distribución Gumbel por momentos-L

Región de influencia - La Huerta

$$\alpha = 0.4155$$

$$\nu = 0.4515$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.60383706	564
5	0.80000000	1.07479413	1004
10	0.90000000	1.38660870	1295
20	0.95000000	1.68570871	1575
50	0.98000000	2.07286300	1937
100	0.99000000	2.36298066	2208
500	0.99800000	3.03339828	2834
1000	0.99900000	3.32162003	3103
5000	0.99980000	3.99053352	3728
10000	0.99990000	4.27856804	3997

Subregión 2 - La Huerta

$$\alpha = 0.3817$$

$$\nu = 0.4106$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.55044366	514
5	0.80000000	0.98302086	918
10	0.90000000	1.26942460	1186
20	0.95000000	1.54414995	1443
50	0.98000000	1.89975373	1775
100	0.99000000	2.16622873	2024
500	0.99800000	2.78201176	2599
1000	0.99900000	3.04674536	2846
5000	0.99980000	3.66114683	3420
10000	0.99990000	3.92570845	3668

Subregión B - La Huerta

$$\alpha = 0.4281$$

$$\nu = 0.4642$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.62109605	580
5	0.80000000	1.10631098	1034
10	0.90000000	1.42756549	1334
20	0.95000000	1.73572052	1622
50	0.98000000	2.13459560	1994
100	0.99000000	2.43349635	2273
500	0.99800000	3.12421034	2919
1000	0.99900000	3.42115778	3196
5000	0.99980000	4.11032210	3840
10000	0.99990000	4.40707664	4117

Región completa - La Huerta

$$\alpha = 0.3877$$

$$\nu = 0.4172$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.55925274	522
5	0.80000000	0.99863534	933
10	0.90000000	1.28954486	1205
20	0.95000000	1.56859225	1465
50	0.98000000	1.92979047	1803
100	0.99000000	2.20045771	2056
500	0.99800000	2.82592839	2640
1000	0.99900000	3.09482683	2891
5000	0.99980000	3.71889421	3474
10000	0.99990000	3.98761797	3725

TABLA 3.5d
Estimación Q-T por el método estandarización de momentos de probabilidad pesada
con la distribución Gumbel por momentos-L

Región de influencia - Acatitán

$$\alpha = 0.6762$$

$$\nu = 0.7370$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.98480041	1016
5	0.80000000	1.75119632	1807
10	0.90000000	2.25861710	2330
20	0.95000000	2.74534729	2832
50	0.98000000	3.37536960	3482
100	0.99000000	3.84748266	3969
500	0.99800000	4.93846387	5094
1000	0.99900000	5.40749171	5578
5000	0.99980000	6.49602521	6701
10000	0.99990000	6.96474835	7185

Subregión 2 - Acatitán

$$\alpha = 0.6960$$

$$\nu = 0.7487$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	1.00375020	1035
5	0.80000000	1.79256745	1849
10	0.90000000	2.31483310	2388
20	0.95000000	2.81580285	2905
50	0.98000000	3.46425681	3574
100	0.99000000	3.95018180	4075
500	0.99800000	5.07308027	5233
1000	0.99900000	5.55582977	5731
5000	0.99980000	6.67620893	6887
10000	0.99990000	7.15864482	7385

Subregión C - Acatitán

$$\alpha = 0.6221$$

$$\nu = 0.7070$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	0.93505858	965
5	0.80000000	1.64016678	1692
10	0.90000000	2.10700976	2174
20	0.95000000	2.55481675	2635
50	0.98000000	3.13445698	3233
100	0.99000000	3.56881575	3682
500	0.99800000	4.57255258	4717
1000	0.99900000	5.00407285	5162
5000	0.99980000	6.00555772	6195
10000	0.99990000	6.43679766	6640

Región completa - Acatitán

$$\alpha = 0.7069$$

$$\nu = 0.7607$$

T	P=1-1/T	X _R	Q _R
2	0.50000000	1.01981382	1052
5	0.80000000	1.82104092	1879
10	0.90000000	2.35152297	2426
20	0.95000000	2.86037410	2951
50	0.98000000	3.51902968	3630
100	0.99000000	4.01259936	4139
500	0.99800000	5.15316353	5316
1000	0.99900000	5.64350775	5822
5000	0.99980000	6.78151297	6996
10000	0.99990000	7.27153866	7501

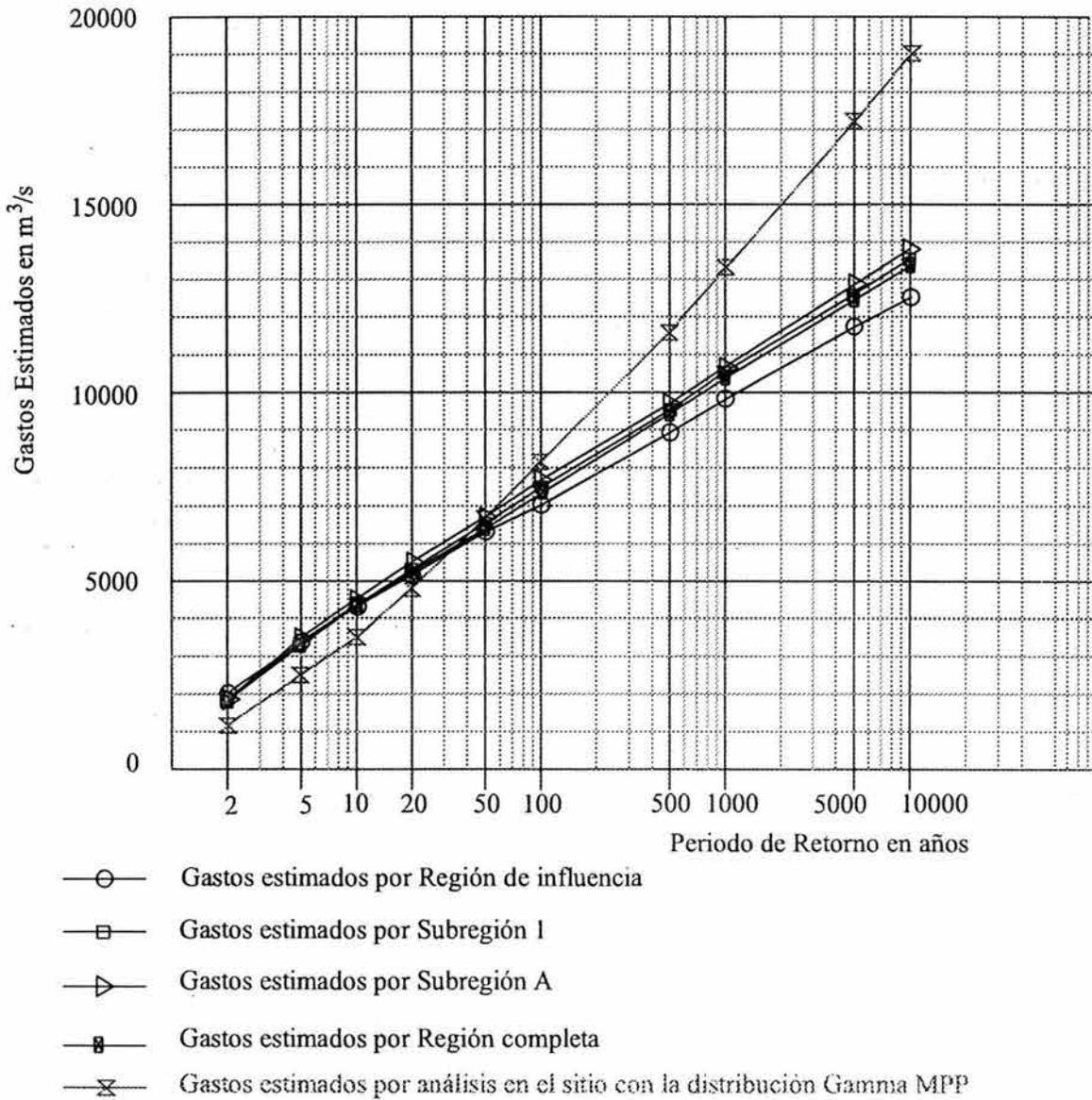


Figura 3.9a - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación **San Francisco**

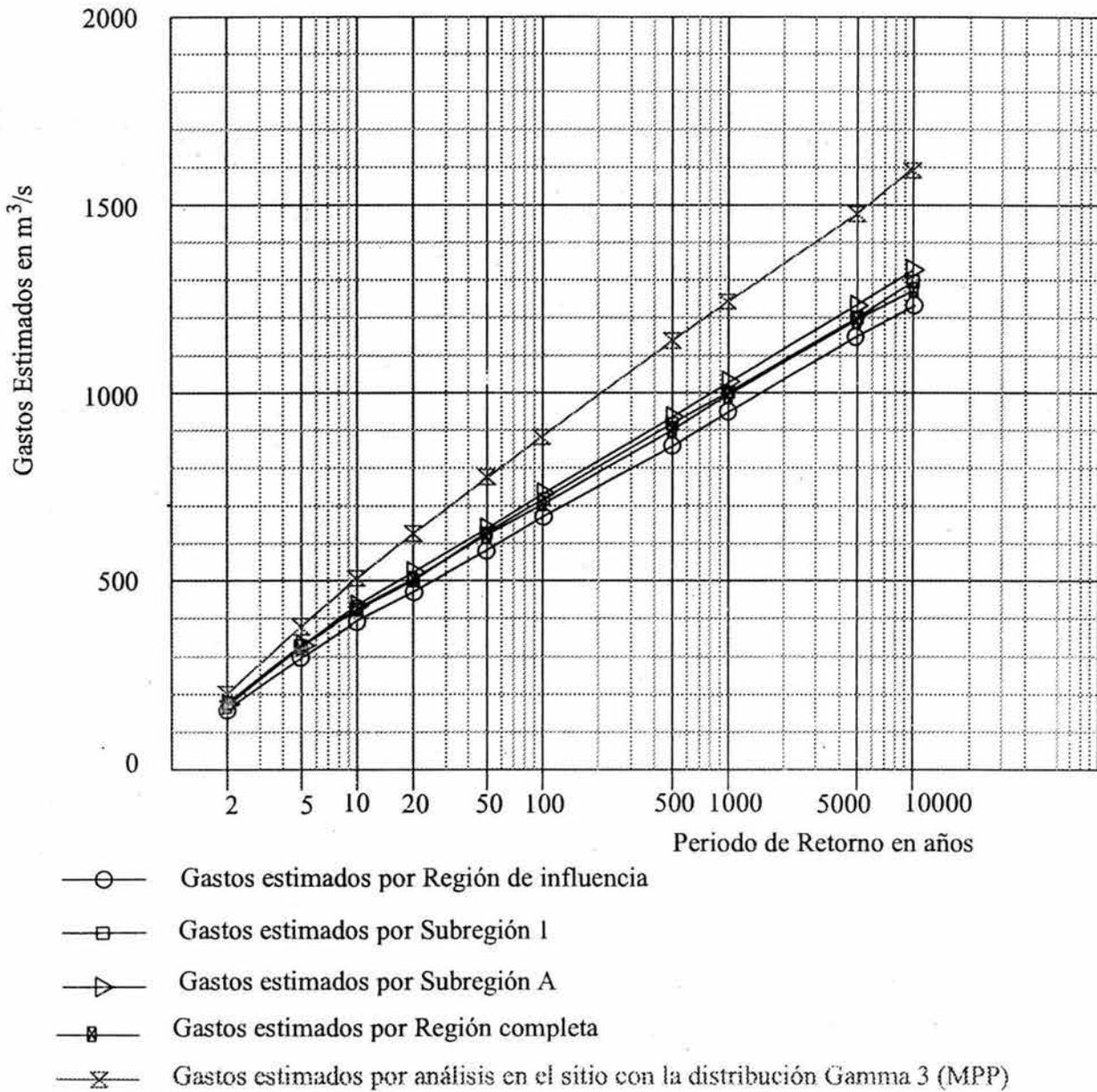


Figura 3.9b - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación **Álamos**

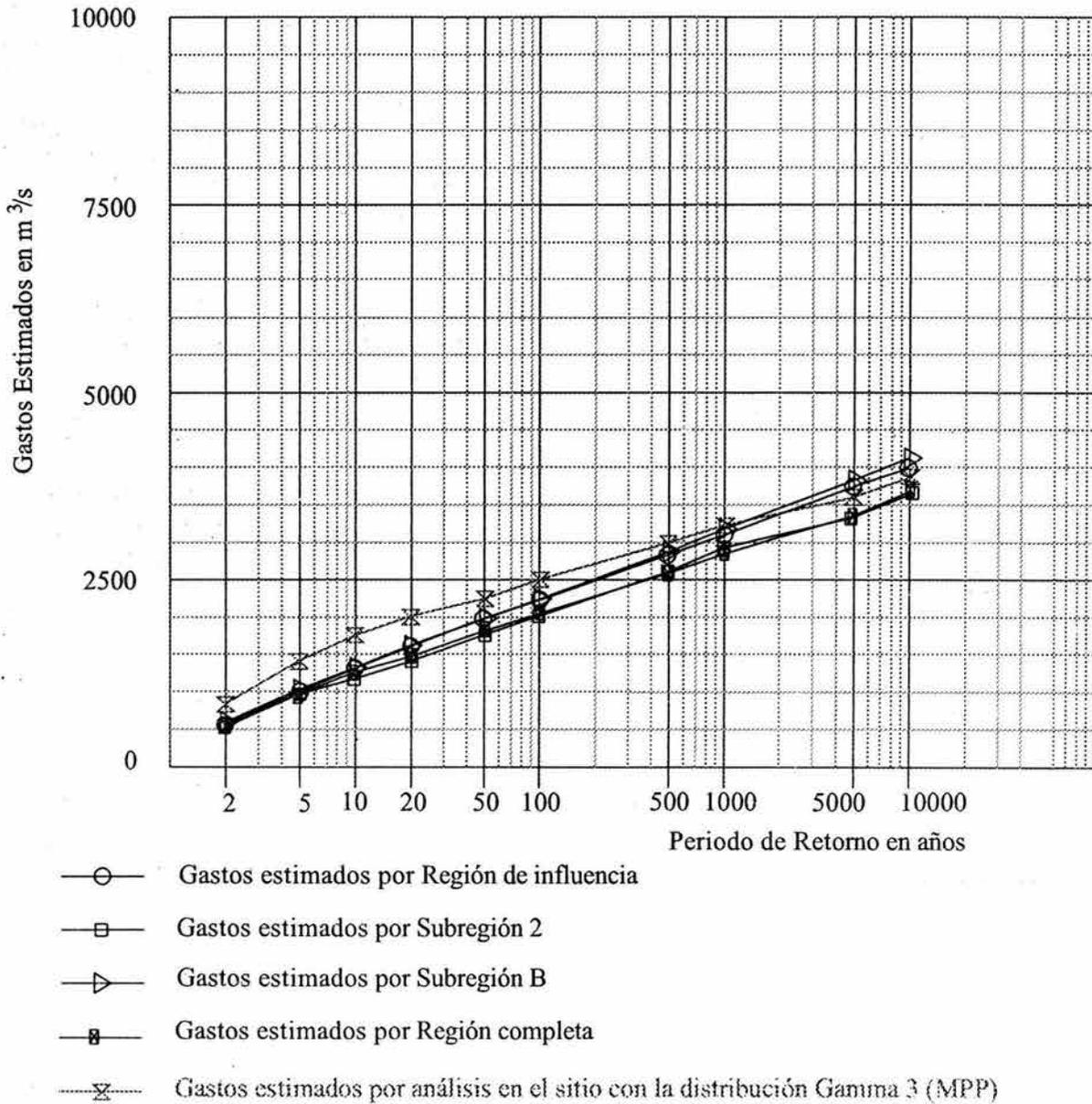


Figura 3.9c - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación **La Huerta**

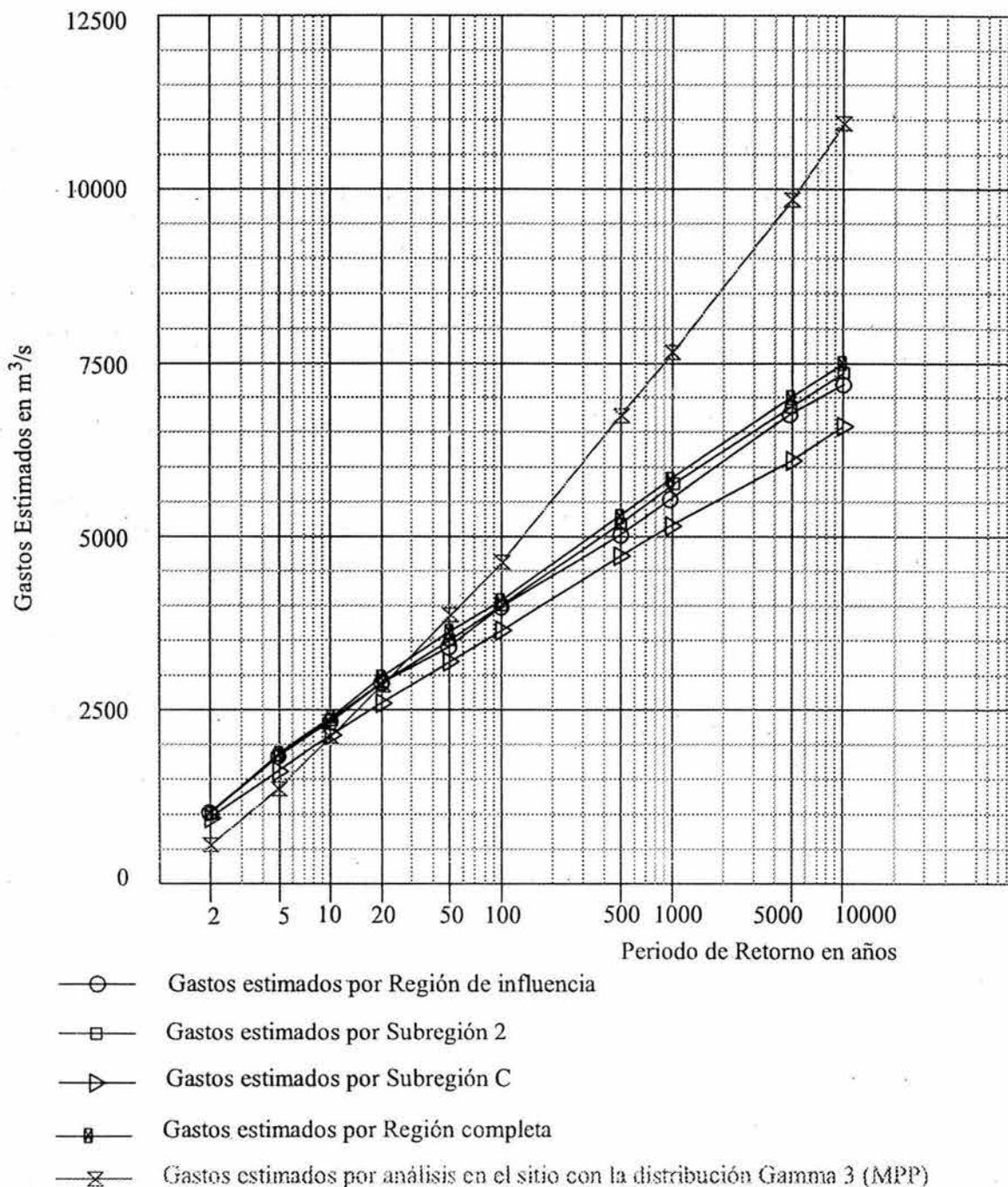


Figura 3.9d - Comparativo de gastos estimados vs periodo de retorno por la técnica Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L de la estación **Acatitán**

Capítulo 4

Conclusiones y recomendaciones

Capítulo 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la búsqueda de mejores métodos para estimar la magnitud y el período de recurrencia de eventos hidrológicos extremos en cuencas no aforadas, los procedimientos regionales han probado ser herramientas convenientes para esta finalidad.

En el trabajo presentado se analizaron dos técnicas regionales: la aplicación regional de la transformación de Box-Cox y el método de estandarización de momentos de probabilidad pesada y dentro de esta última se incluyó la estimación por momentos-L con la distribución Gumbel. Los tres métodos se utilizaron para estimar las relaciones gasto-período de retorno de eventos extremos en cuencas no aforadas.

Asimismo, se expusieron las principales distribuciones de probabilidad; se aplicaron las técnicas de homogeneidad (Helmert, t de Student y Cramer) y la prueba de independencia de eventos (prueba de Anderson) a las series de gastos máximos anuales de la Región Hidrológica

10. Se efectuó el análisis de frecuencias de los gastos máximos anuales de la Región Hidrológica 10 y se definieron las técnicas más conocidas en la selección de la región homogénea.

5.1 Conclusiones

1 - Las pruebas de homogeneidad de la información, pruebas de Helmert, t de Student y Cramer, indican que la información en general es consistente.

2 - Los resultados de la prueba de independencia de eventos (prueba de Anderson), indica que la serie (Q_{ij}) de gastos máximos instantáneos anuales de la Región Hidrológica 10 está compuesta de variables aleatorias.

3 - El análisis de frecuencias de los máximos anuales de la Región Hidrológica 10, se determinó con la prueba de bondad de ajuste de Error Estándar que la distribución que mejor se ajusta a la mayoría de las series analizadas fue la Distribución Gamma de 3 parámetros con estimadores de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP).

4 - La revisión de las gráficas (4.7a, b, c, d), (4.8a, b, c, d) y (4.9a, b, c, d) comparativo de gastos estimados contra periodo de retorno (Figs 4.1, 4.2 y 4.3) muestran que la técnica regional Estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada es el más adecuado en la estimación de las cuatro estaciones (San Francisco, Álamos, La Huerta y Acatitán) que se supusieron como “no aforadas”. Sin embargo el método de estimación por momentos-L con la distribución Gumbel proporciona muy buenos resultados.

5 - La técnica de aplicación regional de la transformación de Box-Cox arroja resultados dispersos y eso se observa en las cuatro estaciones piloto que se tomaron como no aforadas.

6 - Los resultados obtenidos muestran que en las técnicas de delimitación regional, los métodos Geográfico y región de influencia, aparecen generalmente, como los que más se apegan a los registros históricos.

7 - De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se verificó la importancia de la correcta selección de la región homogénea, ya que en los casos analizados, los resultados menos significativos se obtuvieron al considerar las 42 estaciones en los modelos predictivos, al contrario de lo que pudiese pensarse de que a mayor información, mejor resultado.

5.2 Recomendaciones

1 - Debido a que la mayoría de las técnicas regionales hacen uso del análisis de distribución de frecuencias en el sitio, se recomienda utilizar las funciones de distribución bivariadas para el ajuste de los valores de la muestra, ya que de acuerdo a experiencias se ha demostrado la reducción en la incertidumbre, desde el punto de vista estadístico, en la estimación de los parámetros de las distribuciones utilizadas y por tanto en el cálculo de los eventos de diseño.

2 - Las características de las avenidas máximas anuales deberán ser examinadas junto con las consideraciones climáticas y la influencia fisiográfica en los escurrimientos, antes de proponer una solución con alguna de las técnicas regionales mencionadas.

3 - Para la selección de los valores gasto-periodo de recurrencia que le corresponda a una cuenca no aforada, deberá verificarse que se tiene una alta correlación, con la característica fisiográfica o climatológica asociada, y que el modelo de regresión empleado sea el más adecuado.

4 - Para el caso de la correlación y regresión lineal múltiple; el número de variables independientes en los módulos de regresión, deberá ser siempre menor al número de estaciones analizadas.

5 - En la selección de un método de delimitación regional, se deberá probar la homogeneidad de los datos entre cuencas; ya que de esto depende el principio de la transferencia de información regional.

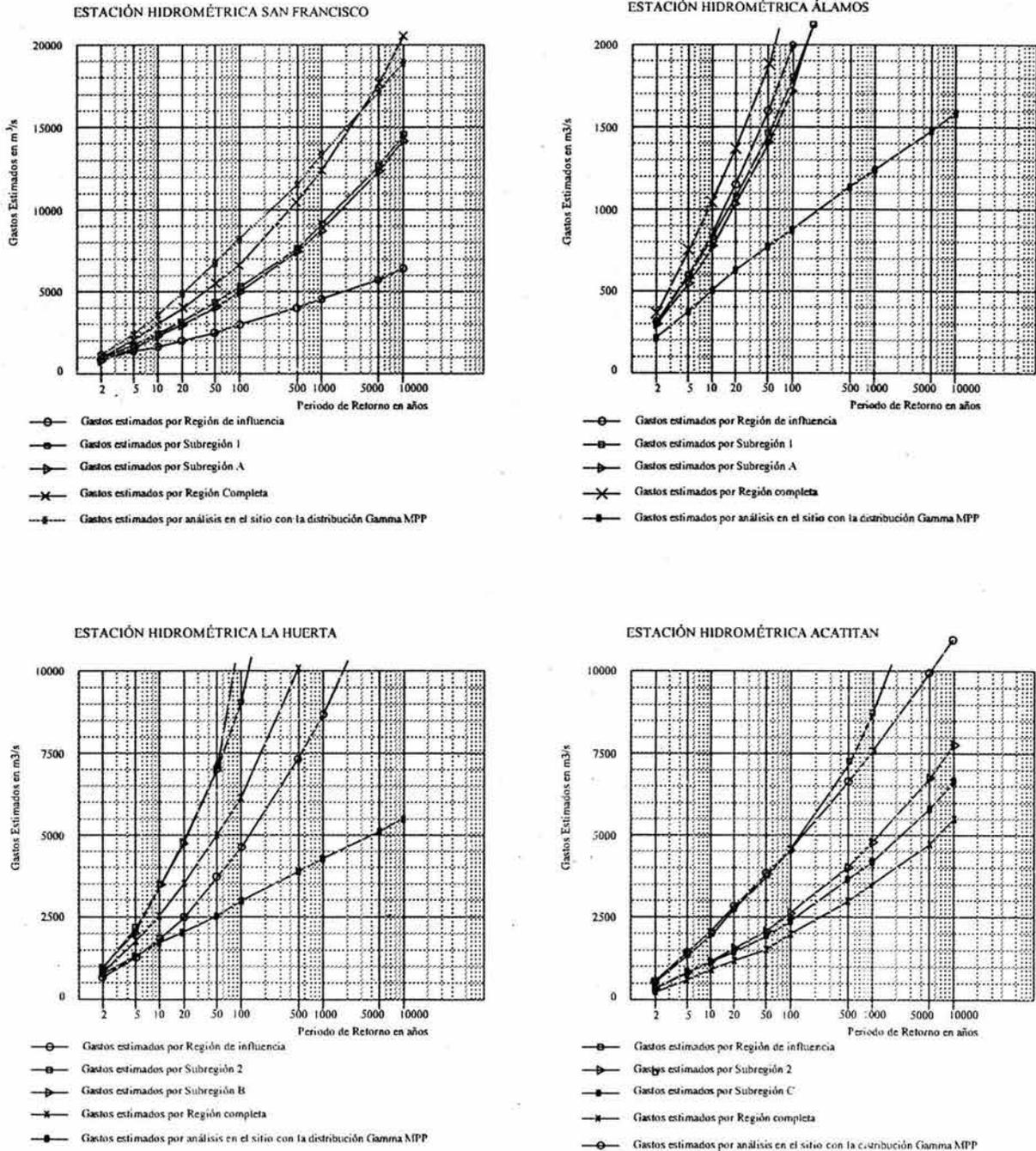


Figura 4.1 - Comparativo de Gastos vs periodo de retorno de las cuatro estaciones piloto estimados con el método Aplicación Regional de la Transformación de Box-Cox

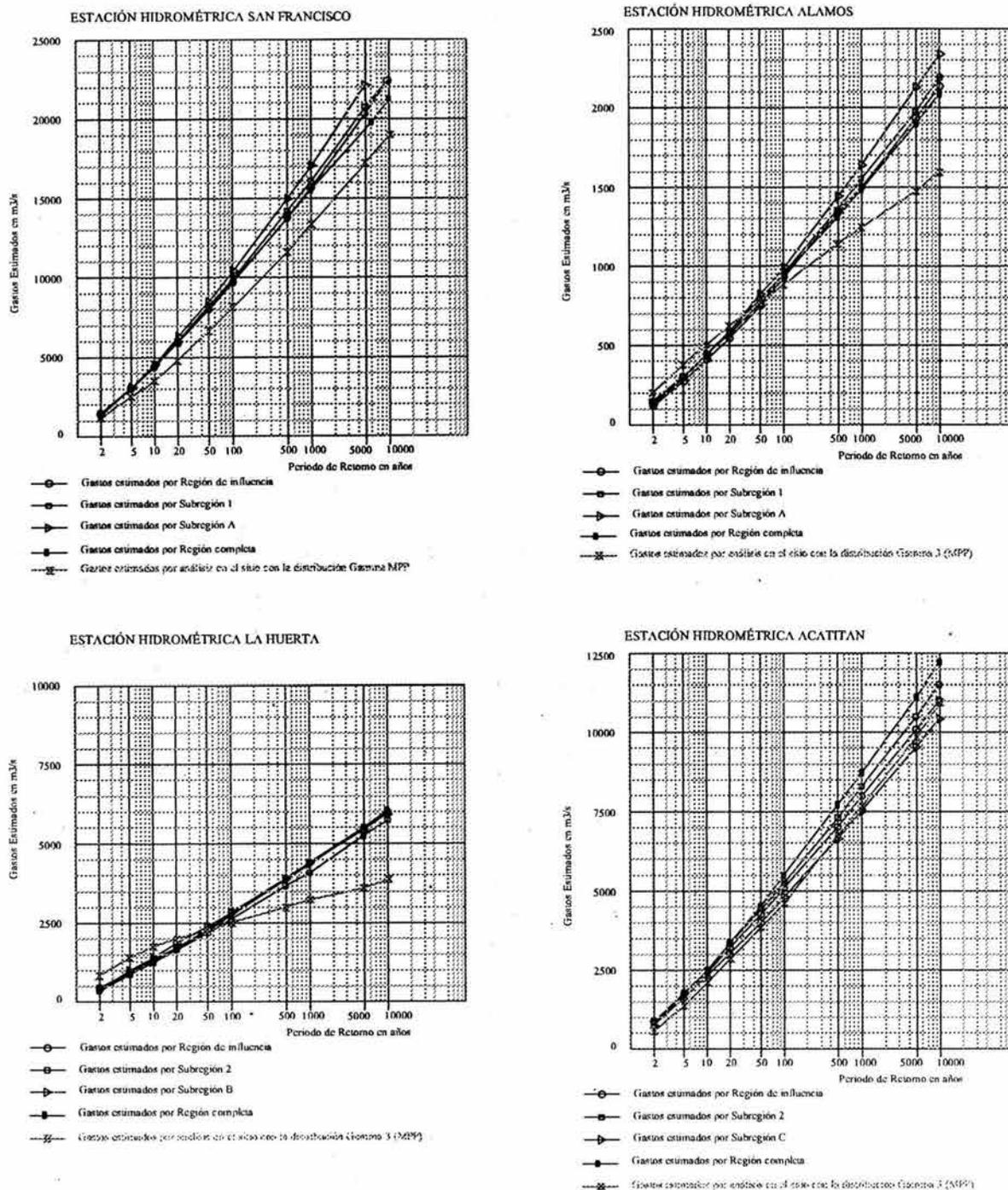


Figura 4.2 - Comparativo de Gastos vs periodo de retorno de las cuatro estaciones piloto estimados con la técnica estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP)

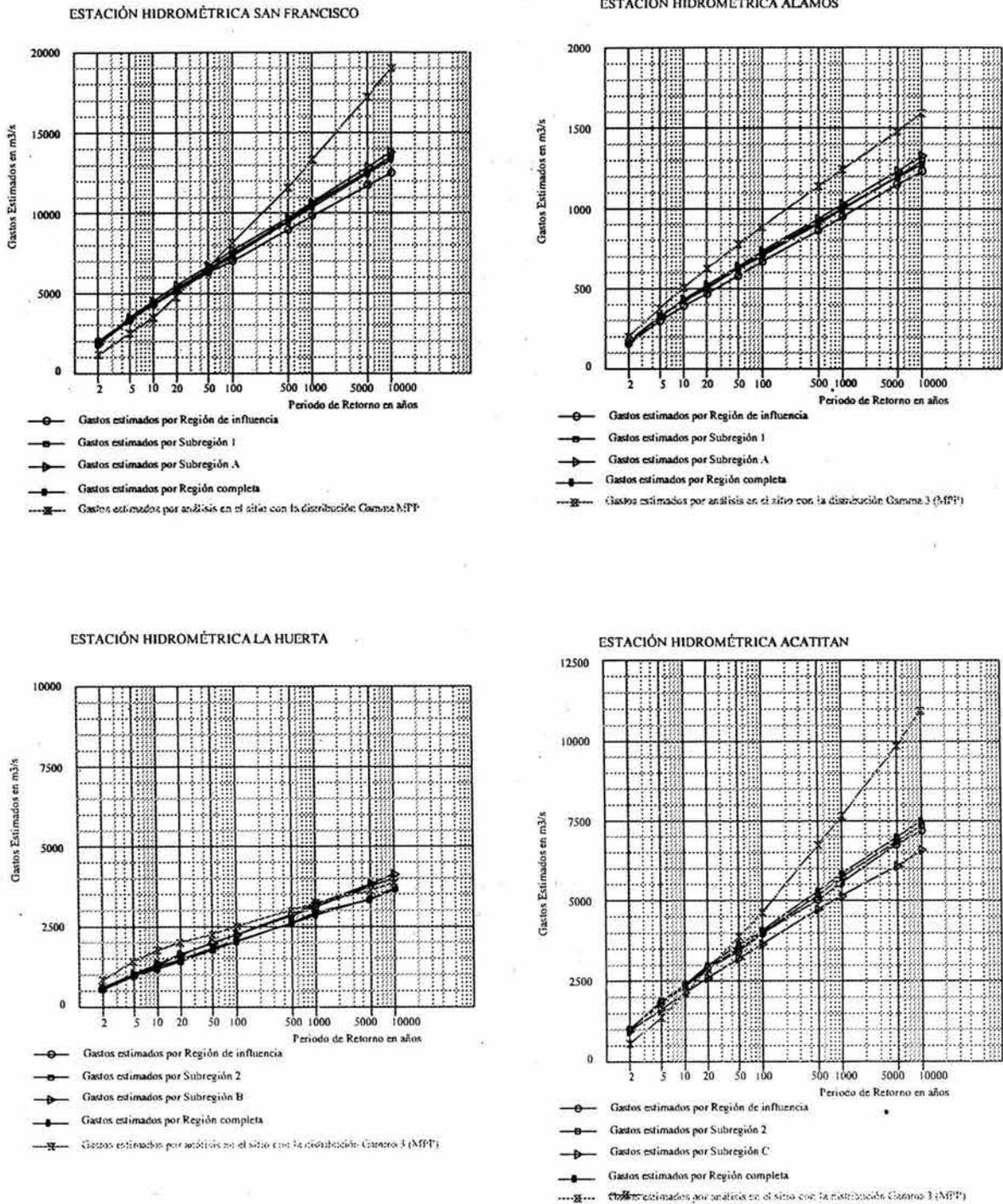


Figura 4.3 - Comparativo de Gastos vs periodo de retorno de las cuatro estaciones piloto estimados con la técnica estandarización de Momentos de Probabilidad Pesada (MPP) con la distribución Gumbel por momentos-L

REFERENCIAS

- Anderson, T. W., 1957.** *Maximum likelihood estimates for a multivariate normal distribution when some observations are missing.* Journal of the American Statistical Association. 52: 220-223
- Andrews, D.F., 1972.** *Plots of high dimensional data.* Biometrics. 28:125-136.
- Box, O. E. P. y O. M. Jenkins., 1970.** *Time series analysis forecasting and control.* Holden day series in time series analysis, San Francisco. USA.
- Box, O. E. P. y M. E. Müller., 1958.** *A note on the generation of normal deviates.* Annals of Mathematics Statistics. 28: 610-611.
- Burn, D.H., 1988.** *Delineation of groups for regional flood frequency analysis.* Journal of Hydrology. 104: 345-364.
- Burn, D.H., 1990.** *Evaluation of regional flood frequency analysis with a region of influence approach.* Water Resources Research. 26(10): 2257-2265.
- Chander, S., Spolia, S. K. y A. Kumar., 1978.** *Flood frequency analysis by power transformation.* Proc. A.S.C.E. J. Hydraul. Div. 104(HY11): 1495-1504.

- Cunnane, C., 1988.** *Methods and merits of regional flood frequency analysis.* Journal of Hydrology 100(1-4): 269-290.
- Escalante, S. C. A. y Reyes C. L., 2000.** *Estimación regional de avenidas de diseño.* Ingeniería Hidráulica en México. 15(2): 47-61.
- Escalante S. C. A. y Reyes C. L., 2002.** *Técnicas Estadísticas en Hidrología.* México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2002, 298 p.
- Greenwood, J.A., Landwehr, J.M. y J. R. Wallis., 1979.** *Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distribution expressable in inverse form.* Water Resources Research. 15(5): 1049-1054.
- Hosking, J.R.M., 1990,** *L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics.* Journal of The Royal Statistics Society. Series. B. 52(1): 105-124.
- Hosking, J.R.M. y J.R. Wallis., 1993.** *Some statistics useful in regional frequency analysis.* Water Resources Research. 29(2): 271-281.
- Jing, D., Dedun 5. y Y. Ronfu., 1989.** *Further research on application of probability weighted moments in estimating parameters of the Pearson type three distribution.* Journal of Hydrology. 100: 239-257.
- Kite, G.W. 1988.** *Frequency and risk analyses in hydrology.* Water Resources Publications. USA. 257p.
- Nathan, R. J. y J. McMahon., 1990.** *Identification of homogeneous regions for the purposes of regionalisation.* Journal of Hydrology. 121: 211-238.
- Salas, J. O., J. W. Delleur, y. Yevjevich y W. L. Lane., 1988.** *Applied modeling of hydrological time series.* Water Resources Publications. USA. 484 p.

Salas, J. O. y G. S. Fegram., 1978. *A seasonal multivariate multilag autoregressive model in hydrology*. Modeling Hydrologic Processes. Water Resources Publications. USA.

BIBLIOGRAFÍA

ACREMAN, M.C., Regional Flood Frequency Analysis in the UK: Recent Research-New Ideas. Institute of Hydrology Wallingford, UK. 1987.

ACREMAN, M.C. AND WILTSHIRE, S.E., Identification of Regional Flood Frequency Analysis. EOS 68(44): 1262 (abstract). 1987.

ANDERSON, R.L., Distribution of the Serial Correlation Coefficients. Anals of Math. Statistics Vol 8 No. 1. March, 1941. 1-13 pp.

ANDREWS, C., "Plots of High Dimensional Data. Biometrics", Journal of Hydrology Number 28, 1972, 125-136 pp.

APARICIO MIJARES, F. J., Fundamentos de Hidrología de Superficie, Limusa, 1992.

BURN, D. H., An appraisal of the "Region of influence" Approach to Flood Frequency Analysis Hydrological Sciences Journal Number 35, 2, 4/1990 149-165 pp.

CAMPOS ARANDA, D. F., Procesos del Ciclo Hidrológico Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Volumen 20, Tomo 1/2, 1987.

CUNNANE, C., Methods and Merits of Regional Flood Frequency Analysis, Journal of Hydrology Number 100, 1988, 269-290 pp.

- ESCALANTE S. C. A. y REYES C. L., Técnicas Estadísticas en Hidrología. México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2002, 298 p.
- GALVÁN BERNAL E., Estimación Regional en Cuencas no Aforadas. Tesis de Maestría División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, 1997. 150 pp.
- GREIS, E.P. AND WOOD, E.F., Regional Flood Frequency Estimation and Network Design. Water Resources Research 1981, 17(4): 1167-1177 pp.
- GUMBEL, E. J., Statistics of Extremes Colombia Univ. Press, New York, NY, 1958.
- GUTIERREZ LOPEZ, M. A. Modelos de Transferencia de Información Hidrológica. Tesis de Maestría División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, 1994. 200 pp.
- HORTON, RE., "Erosional Development of Streams and their Drainage Basin; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Ruli. Ceol. Sot. Am. 1945, vol. 56, 275-370 pp.
- ILAN, T. CH., Statistical Methods in Hydrology U.S.A., Iowa State University, 1977, 378 p.
- HOLDER, L.It, Multiple Regression in Hydrology Great Britain, Institute of Hydrology Wallingford, Oxfordshire, 1985. 147 p.
- HOSKING, J.R.M., WALLIS, J.R. AND WOOD, ES., M Appraisal of the Regional Load Frequency Procedure in the UK "Flood Studies Report". Hydrology Sciences Journal 1985 30(1): 85- 109 pp.
- JUTE, W.C., Frequency and Risk Analysis in Hydrology U.S.A., Water Resources Publications, 1977. 257 p.
- LINSLEY, R., KOBLER, M., PAULUS, J., Hidrología para Ingenieros CECSA, 1984.
- LEITCH, WALL J.R. AND WOOD, E.F., Effect of Regional Heterogeneity on Flood Frequency Estimation. Water Resources Research 1987, 23(2): 313-323 pp.

MOSLEY, P. M. Delimitation of New Zealand Hydrologic Regions. Journal of Hydrology 1981. Number 49, 173-192 pp.

REYES CHÁVEZ, L., Análisis Hidrológico de Sequías. Tesis de Maestría División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM., 1996. 208 p.

SALAS, J.D., DELLEUR, J.W., YE VJE VICH, V. AND LANE, W.L., Applied Modeline of Hydrologic Time Series Water Resources Publications. Littleton, Colo. U.S.A. 1980, 484 pp.

ZRINJI, I. AND BLJRN, D.H., Flood Frequency Analysis for Ungauged Sites using a Region of Influence Approach. Journal of Hydrology 1994, Number 153,1-21 pp.