

UNIVERSIDAD DE TALCA  
Facultad de Ciencias Forestales  
Escuela de Ingeniería Forestal

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CAUDALES PUNTA EN LAS  
REGIONES DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS Y METROPOLITANA.

MAURICIO ALFREDO VERA CAMIROAGA.

Memoria para optar al título de:  
INGENIERO FORESTAL.

PROFESOR GUÍA: Dr. Roberto Pizarro Tapia.  
TALCA – CHILE  
2008



UNIVERSIDAD DE TALCA  
Facultad de Ciencias Forestales  
Escuela de Ingeniería Forestal

El Sr Mauricio Vera Camiroaga, ha realizado la Memoria "**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CAUDALES PUNTA EN LAS REGIONES DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS Y METROPOLITANA**" como uno de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal, con la colaboración del Profesor Guía el Dr. Roberto Pizarro Tapia.

La comisión de Calificación constituida por los profesores Dr. Roberto Pizarro Tapia y Dr. Ricardo Baettig Palma, han evaluado con nota 6,9 (seis coma nueve)

**MARCIA VASQUEZ SANDOVAL  
DIRECTORA  
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

Talca, Septiembre de 2008.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a en primer lugar a Dios por sobre todas las cosas, por ser la luz que ha guiado mi camino por siempre.

A la memoria de mi madre que en paz descanse y que siempre será lo mas más importante en mi vida, la que me protege día a día.

A mi profesor guía de esta memoria Dr. Ing. Roberto Pizarro Tapia, por su apoyo incansable, además de sus sabios consejos

A mi padre, mi hermana y mi tía por ser mi familia y mi pilar en mi formación valórica y profesional.

A la gente cercana a mi en la Universidad, mis compañeros de curso, mis profesores que han marcado mi formación y muchos otros colaboradores y amigos que me han ayudado a crecer en todo aspecto y me han entregado su apoyo en esta casa de estudios.

En especial a todos mis grandes amigos y amigas que no son muchos pero son buenos, a mis amigos de la Universidad, de mi comuna Villa Alegre y a todos los que me dieron su ánimo en mi tiempo de trabajo por lograr culminar mi proceso estudiantil, cuando trabajaba incansablemente día y noche, por lograr que mi madre y mi gente me vean realizado profesional y personalmente.

Finalmente, me gustaría agradecer a todo el mundo que guardo en mi corazón, que aunque no es tan cercana de mí siempre, se merecen mi respeto y admiración.

## RESUMEN

El presente estudio aborda la aplicabilidad hidrológica de 4 modelos probabilísticos, correspondientes a las funciones de distribución de probabilidad de Gumbel, Goodrich, Log-Normal y Pearson Tipo III, aplicados a series anuales de caudales máximos, obtenidas de estaciones fluviométricas, ubicadas en la Región Metropolitana y en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, zona central de Chile.

Se procedió a ajustar cada función, a calcular la probabilidad y el valor que adoptarían los caudales máximos anuales para los períodos de retorno 10, 20, 30, 40 y 50 años. Además, a través del test de bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov (K-S), y el coeficiente de determinación  $R^2$ , fue posible establecer las funciones que mejor se ajustan a los caudales punta, para ambas regiones.

La función de distribución de probabilidad de Gumbel, se presentó como la más apropiada en el ajuste de caudales máximos anuales para ambas Regiones, la cual entregó un coeficiente de determinación promedio de un 95,4% y aprobó el 100% de las pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov. Aunque otras funciones presentaron similares resultados, se eligió la función de Gumbel por su mayor facilidad de cálculo y aplicación a series hidrológicas.

El estudio permitió concluir que en los últimos años eventualmente ha existido un aumento de los caudales máximos anuales, lo cual podría confirmar desde el punto de vista hidrológico, procesos de cambio climático, que han generado un mayor aporte de caudales, a través del retroceso de los glaciares.

Se desprende la necesidad de extender el estudio a las distintas Regiones del país, de tal forma de tener información hidrológica actual y vigente, para poder entender el comportamiento de los caudales en las variadas zonas climáticas. Ello, porque los caudales están en función de muchos factores ambientales, y puede acusar situaciones de alto riesgo por cambio climático u otras razones naturales o antrópicas, y por tanto, conocer su comportamiento pasado y sus tendencias a futuro, permitiría llevar a cabo con la suficiente antelación, acciones conducentes a una mejor gestión en lo que respecta al uso y abastecimiento de agua, para la población de Chile.

## SUMMARY

The present study examines the hydrologic applicability of four probabilistic models to annual series of maximum flows. These models are Gumbel, Goodrich, Log-Normal and Pearson Type III. This study was in fluvial stations of the Región del Maule and Región del Libertador Bernardo O'Higgins, including the principal basins for both Regions.

Every adjusted Function, were calculate the probability and value that there would adopt maximum annual flows for the return periods 10, 20, 30, 40 and 50 years. By means of the Kolmogorov Smirnov test (K-S) and the coefficient of determination ( $R^2$ ), it was possible to determine the probability distribution function that better represent the series of maximum flows for both Regions.

The probability distribution function of appeared like most adapted for the maximum annual flows, and in the obtaining of the most probable values for the different return periods, for both Regions, and that delivered a R square for all the stations of 94 % and an approved 100 % of the tests of goodness of fit Kolmogorov-Smirnov (K-S). Though other functions presented similar results, Gumbel's function was chosen by major facility of calculation and application to hydrological series.

The study allowed to conclude that in the last years eventually existed an increase of the maximum annual flows, which might confirm from the hydrological point of view, processes of climatic change, which have generated a major contribution of flows, across the setback of the glaciers.

There becomes detached the need to extend the study to the different Regions of the country, of such a way of having hydrological current and in force information, to be able to understand the behavior of the flows in the varied climatic zones. It, because the flows are depending on many environmental factors, and this can accuse situations of high risk for climatic change or other natural reasons or anthropics, and therefore, know this past behavior and the trends to future, it would allow to carry out with the sufficient anticipation, actions conducive to a better management regarding the use and water supply, for the population of Chile.

## ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>2.- OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>3.- REVISIÓN BIBIOGRÁFICA</b>	
3.1 Aspectos generales de las variables hidrológicas y su relación con el cambio climático	4
3.2 Tratamiento probabilístico de la información	6
3.3 Formas de determinar la probabilidad	8
3.4 Funciones de distribución de probabilidad	9
3.4.1 Función Normal	9
3.4.2 Función de Gumbel	11
3.4.3 Función de Goodrich	11
3.4.4 Función Pearson Tipo III	12
3.4.5 Función Log-Normal	13
3.4.6 Algunos trabajos relacionados con las Funciones de Distribución de Probabilidad	14
<b>4.- ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>16</b>
4.1 Región Metropolitana	16
4.2 Región del Libertador Bernardo O`Higgins	18
<b>5.- METODOLOGÍA</b>	<b>21</b>
5.1 Fases Metodológicas	21

5.1.1 Revisión Bibliográfica	21
5.1.2 Recopilación de la Información Estadística	21
5.1.3 Generación y Tratamiento Inicial de la Información pluviométrica	23
5.1.4 Cálculo de la Probabilidad de Excedencia	29
5.1.5 Determinación de la Función que Posee un Mejor Ajuste	29
5.1.6 Análisis y Discusión de los Resultados	30
5.1.7 Conclusiones y Recomendaciones	30
5.2 Materiales y Equipos	31
<b>6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>32</b>
6.1 Caudales máximos instantáneos	32
6.2 Estadígrafos de Posición y Dispersión	37
6.3 Bondad de Ajuste	39
6.4 Probabilidad de Caudales Máximos para Distintos Períodos de Retorno	46
<b>7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>53</b>
7.1 Total de Datos Representativos de las Zonas de Estudio	53
7.2 Obtención de la Información	54
7.3 Comportamiento de los caudales máximos según latitud	55
7.4 Relación entre los Caudales Máximos	57
7.5 Comportamiento global de los Caudales a Través del Tiempo	59
7.6. Coeficiente de variación	62
7.7 Calidad de los ajustes	63
7.8 Caudales máximos y mínimos con respecto al promedio histórico	65
7.9 Variabilidad Regional	67
7.10 Comportamiento de caudales máximos a través del tiempo	71
7.11 Años con más frecuencia que existen caudales punta	80

7.12 Cálculo de la probabilidad de cada serie para $T = 30$ años	91
--	----

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

8.1 Conclusiones	94
------------------	----

8.2 Recomendaciones	96
---------------------	----

<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>97</b>
------------------------	-----------

## **APÉNDICES**

## **ANEXOS**

## 1.- INTRODUCCIÓN

El fenómeno del cambio climático genera muchas inquietudes acerca del comportamiento de algunas variables; es por esto que, variables hidrológicas como las precipitaciones y los caudales, muestran un papel fundamental en este aspecto, debido a que son variables directamente influenciadas por fenómenos de amplio espectro temporal y espacial.

Por otra parte, para solucionar los problemas que implican el diseño de obras y la planificación hidrológica, se debe recurrir al estudio de la probabilidad, dado que dichos problemas se refieren a eventos que se podrían producir en el futuro, sin base en una estimación real, (Linsley *et. al.*, 1988). Sin embargo no solamente se debe estimar la magnitud del diseño, también se debe indicar la probabilidad de excedencia, con el fin de dar un cierto grado de seguridad a la obra, o bien el riesgo de falla, (Muñoz, 2004). De esta forma es necesario construir un modelo probabilístico, en donde se debe contar con una función de distribución de probabilidad (FDP), que represente la variable hidrológica de interés.

Las crecidas corresponden a fenómenos de concentración. Según Ollero (1996), son procesos naturales, sin periodicidad, constituidos por un incremento importante y repentino del caudal en un sistema fluvial, el cual lleva consigo un ascenso del nivel de la corriente, que puede desbordar el cauce menor para ocupar progresivamente el cauce mayor, hasta alcanzar un máximo, o caudal-punta y descender a continuación. Según Paoli *et al.* (1998), las crecidas que se presentan en términos hidrológicos, poseen un grado de riesgo y una probabilidad de excedencia diferente, según el caudal máximo, el volumen o la duración que se considere. Como consecuencia de ello las obras y medidas no estructurales que se disponen, estarán sometidas a un nivel de riesgo diferente según la variable utilizada, para determinar valores de diseño correspondientes a un determinado período de retorno.

En este marco, esta memoria tiene como fin realizar un aporte al conocimiento de las funciones de distribución de probabilidad que mejor ajustan el comportamiento de los caudales máximos instantáneos (caudales punta), tanto de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, como de la Región Metropolitana y así poder ampliar la investigación de este tipo de variables, para futuros estudios.

## **2.- OBJETIVOS**

### **2.1- Objetivo General**

- Comparar el comportamiento que presentan los caudales máximos instantáneos, a través de las funciones de distribución de probabilidad Gumbel, Goodrich, Log-Normal y Pearson tipo III.

### **2.2.- Objetivo Específico**

- Estimar la probabilidad de excedencia para los períodos de retorno de  $T=30$ ,  $T=50$  y  $T=100$  años de los caudales punta en las distintas estaciones fluviométricas de la Región Metropolitana y la Región de O'Higgins.
- Analizar el comportamiento de los caudales máximos instantáneos de las Regiones Metropolitana y de O'Higgins, con respecto a la Región del Maule.

### 3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1.- Aspectos Generales de las Variables Hidrológicas y su Relación con el Cambio Climático

Dentro de las variables hidrológicas existentes, la precipitación es definida como el fenómeno físico que describe la transferencia de agua en forma líquida o sólida entre la atmósfera y el suelo (Llamas, 1993).

Para Aparicio (1997), desde el punto de vista hidrológico, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y la medición de ésta, forma el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso del agua. Así mismo, la precipitación es un término general para designar la caída del agua bajo cualquiera de sus formas, sobre la superficie terrestre: lluvia, nieve, granizo y sus modificaciones (Llamas, 1993).

Por otra parte y según Pizarro *et al.* (1993), se denomina caudal o gasto, al volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo, donde la unidad de medida más comúnmente empleada es m<sup>3</sup>/s.

En los últimos años, se ha demostrado que el planeta ha ido registrado mayores temperaturas, por lo que se puede predecir con cierto grado de seguridad, que el fenómeno de cambio climático en el futuro podría ser muy sensible en Chile, debido a que este país se encuentra en una zona de transición climática, lo que pasaría a ser muy impactante, principalmente para la disponibilidad y uso del recurso hídrico. Por ello, la influencia de este fenómeno sobre el comportamiento de los caudales punta, podría verse aumentada (Pizarro *et al.* 2006).

En este marco Morales *et al.* (2005), estudió la relación existente entre las precipitaciones caídas y los caudales generados en zonas de influencia glaciar de la Región del Maule. Así, el estudio abarcó las cuencas de los ríos Lontué y Colorado, ubicadas en la Región del Maule, donde se buscaba inferir acerca de la tendencia del comportamiento de las variables precipitación y caudal en los últimos 30 años, con el fin de determinar si existía influencia del derretimiento glaciar en los caudales de dichas

cuencas. Este estudio muestra que tanto en la cuenca de Lontué, como en la cuenca del Colorado, las precipitaciones han tendido a disminuir en los últimos 30 años, mientras que los caudales se han mantenido constantes en el tiempo, lo que estaría indicando que existen aportaciones externas a las precipitaciones, como podrían ser aguas provenientes del derretimiento glaciar. Como conclusión el estudio señala que sería posible que las precipitaciones en la zona sigan disminuyendo a través del tiempo, dado que ha sido la tendencia en los últimos 30 años, mientras que los caudales se seguirán manteniendo e inclusive podrían aumentar producto del aporte de aguas provenientes del derretimiento glaciar y ello hasta el límite que definen las reservas de agua de dichos glaciares.

Otro estudio del impacto del cambio climático, enfocado desde el punto de vista de la hidrología, fue el que se realizó en el estado de California, el cual se basó en el análisis y aplicación de modelos, para determinar la sensibilidad de algunas variables hidrológicas, donde se encontraron grandes cambios en la magnitud de los caudales punta, obteniéndose un mayor aumento de éstos en proporción a las precipitaciones; además, se pudo demostrar en este estudio, que el aumento de las temperaturas estarían derritiendo o disminuyendo los sectores mayor o menor presencia de nieve (Miller *et. al.*, 2003).

Si bien ha habido una pérdida de masa glaciar durante décadas, y en general hay modificaciones que ha sufrido la Tierra en diversos aspectos a lo largo del tiempo, que han generado alertas mundiales, derivado de la magnitud y extensión del fenómeno, existen evidencias de que el fenómeno de cambio climático se ha agudizado en las últimas décadas (Casassa *et al.*, 2005). Así mismo, se piensa que dicho cambio climático, va a traer consigo consecuencias que involucran de forma directa el comportamiento de los caudales, las cuales pueden ser muy perjudiciales para los seres vivos, como lo son el aumento de las frecuencias de inundaciones, la escasez de agua para millones de personas, las amenazas de subida del nivel del mar y la destrucción de comunidades costeras y hábitats (Combes *et. al.*, 2002).

### 3.2.- Tratamiento Probabilístico de la Información hidrológica

Según Chow *et al.* (1994), al conjunto de observaciones  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , de la variable aleatoria, se denomina *muestra*. Una muestra es sacada de una población hipotéticamente infinita, que posee propiedades estadísticas constantes. Las propiedades de una muestra pueden cambiar de una muestra a otra y, el conjunto de todas las muestras posibles que puede extraerse de una población, se conoce como *espacio muestral*, en donde un evento es un subconjunto muestral. Si las observaciones de una muestra están idénticamente distribuidas, éstas pueden ordenarse para formar un *histograma de frecuencia*. Ahora bien, si el número de observaciones  $n_i$  en el intervalo  $i$  que cubre un cierto rango, se divide por el número total de observaciones  $n$ , el resultado se conoce como *frecuencia relativa*. Asimismo, la suma de los valores de la frecuencia relativa hasta un punto dado, es la *función de frecuencia acumulada*, y en su límite, cuando  $n \rightarrow \infty$  y  $\Delta x \rightarrow 0$ , se denomina *función de distribución de probabilidad* (F.D.P.). De igual forma, la derivada o incremento finito de la F.D.P., se conoce como *función de densidad de probabilidad* (f.d.p.).

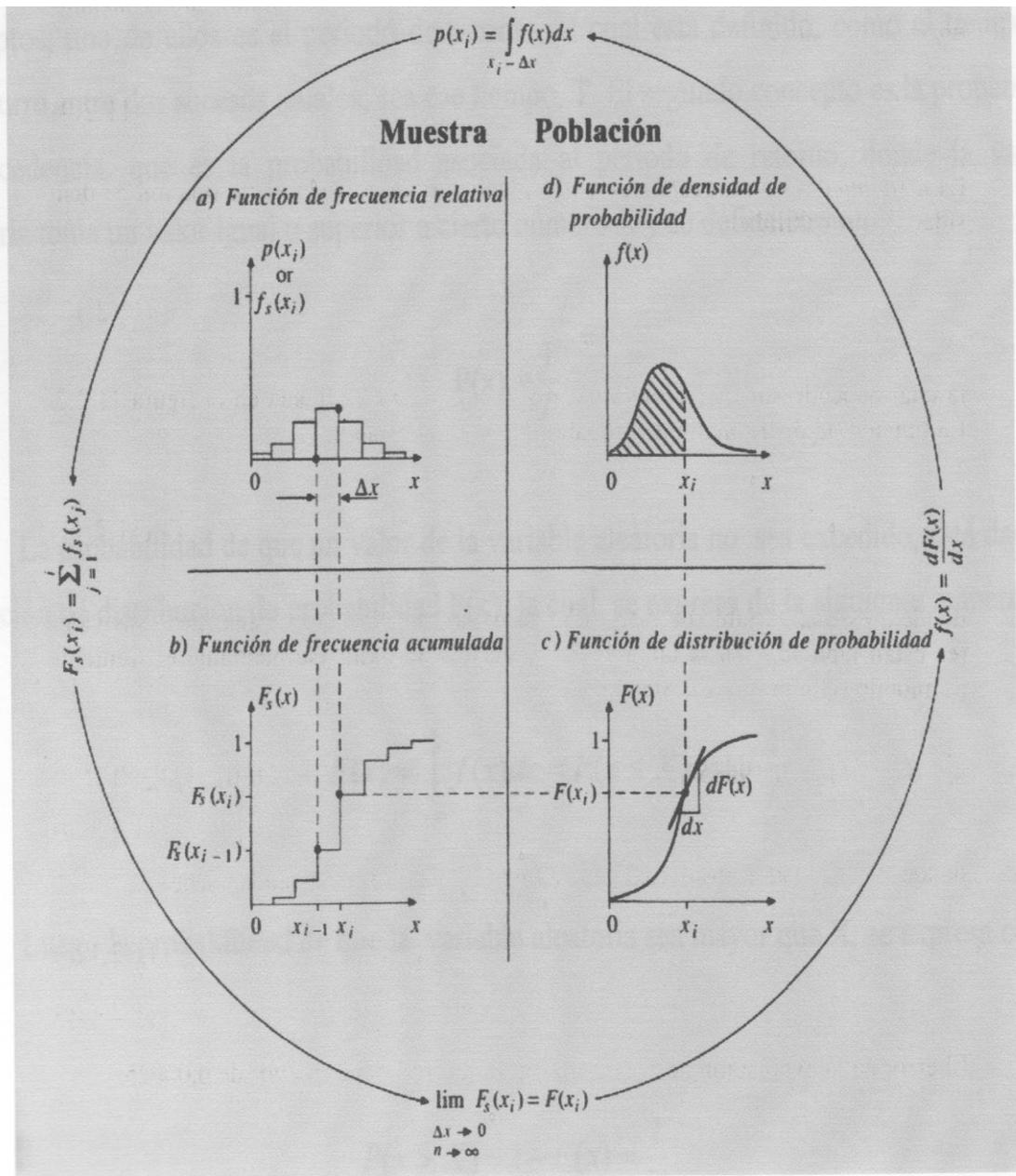


Figura N°1: Funciones de frecuencia de la muestra y funciones de probabilidad de la población. (Fuente: Chow et al., 1994).

### 3.3.- Formas de Determinar la Probabilidad

Pizarro y Novoa (1986), afirman que para conseguir definir la probabilidad implícita es preciso consignar dos conceptos previos, que son el período de retorno y la probabilidad de excedencia.

Período de retorno: Se define como el tiempo que transcurre entre dos sucesos iguales. Sea ese tiempo T.

Probabilidad de excedencia: Es la probabilidad asociada al período de retorno.

$$P(x > X) = \frac{1}{T}$$

En otras palabras la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor igual o inferior a cierto número X, está dada por la función de distribución de probabilidad F(X).

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}, \text{ considerando que } -\infty \leq x \leq \infty$$

Luego, la probabilidad de que x sea mayor que X, viene a estar dada por la función complementaria.

$$P(x > X) = 1 - F(X) = \frac{1}{T} = 1 - \int_{-\infty}^x f(x)dx$$

### 3.4.- Funciones de Distribución de Probabilidad

En cuanto a las funciones de distribución utilizadas en el análisis probabilístico, aunque existe un número importante de éstas, son sólo unas cuantas las utilizadas en hidrología, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos, han sido probados en repetidas ocasiones y sólo se han ajustado satisfactoriamente a ciertos modelos teóricos (Chavarri, 2004).

#### 3.4.1.- Distribución Normal

El uso de esta función, en términos hidrológicos, debe utilizarse en zonas húmedas donde el valor medio es alto, no siendo recomendable para valores extremos (Linsley *et. al.*, 1988).

Esta función es el modelo más utilizado y con mayor importancia en el campo de la estadística, sin embargo su uso es muy limitado en hidrología, dado que las variables raramente se comportan de esta forma (Varas y Bois, 1998).

Según Chow *et. al.* (1994), las principales limitaciones de la distribución normal en la descripción de variables hidrológicas son, por un lado, que ésta varía a lo largo de un rango continuo  $(-\infty, \infty)$ , mientras que a la vez la mayor parte de estas variables son no-negativas; por otro lado, la distribución normal es simétrica alrededor de la media, mientras que la información hidrológica tiende a ser asimétrica. Su función de densidad de probabilidad esta dada por:

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

Donde:

$x$ : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

$\mu$ : Media de la población.

$\sigma$ : Desviación estándar de la población

e: Constante de Neper

Luego, la función de distribución de probabilidad es:

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

Pero la forma de resolverla se simplifica cuando se le asigna una variable estandarizada, cuya expresión es la siguiente:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Donde:

$\mu$  = media

$\sigma$  = desviación estándar

$x$  = valor a asumir por la variable aleatoria

De acuerdo con lo anterior, Z es una variable aleatoria con media cero y desviación estándar uno llamada distribución normal estándar:

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

### 3.4.2.- Distribución Gumbel

Pizarro y Novóa 1986, plantean que la ley de distribución de Gumbel, ha demostrado poseer una adecuada capacidad de ajuste, a valores máximos de caudales. Así mismo y según Aparicio 1997, la función de distribución de probabilidad de Gumbel se comporta de la siguiente forma:

$$P(x \leq X) = F(x) = e^{-e^{-d(x-\mu)}}$$

Donde:

$x$ : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

$e$ : Constante de Neper.

$\mu$  y  $d$ : Parámetros

Los parámetros de la distribución de una muestra de tamaño infinito, tienden a los siguientes valores, en base a la media aritmética y la desviación estándar de la muestra:

$$d = \frac{1}{0,779696 * S} \quad ; \quad \mu = \bar{x} - 0,450047 * S$$

### 3.4.3.- Distribución de Goodrich

La función de Goodrich, es la que posee la cualidad de que elimina valores extremos, es decir aquellos cuya probabilidad de ocurrencia es muy pequeña. Por lo mismo, consigue suprimir las distorsiones que pueda provocar un solo valor anómalo. Posee la siguiente función de distribución de probabilidad (Pizarro *et. al.*, 1993).

$$P(x \leq X) = F(X) = 1 - e^{-a(x-x_1)^{1/p}} \quad \text{Para } X_1 < X \leq \infty$$

En tanto los parámetros se determinan a partir del siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{m^3}{s^3} = P(p) \quad ; \quad a^{2p} = \frac{1}{s^2} [\Gamma(2p+1) - \Gamma^2(p+1)] \quad ; \quad X_1 = \bar{x} - \frac{\Gamma(p+1)}{a^p}$$

Donde:

$m_3$  : Momento central de orden tres.

$S^3$  : Desviación típica al cubo.

$P(p)$ : Función auxiliar de Goodrich.

$S^2$  : Varianza muestral.

$\Gamma$  : Función Gamma.

$\bar{x}$  : Media muestral.

$e$  : Constante de Neper

### 3.4.4.- Distribución Pearson Tipo III

La distribución Pearson Tipo III se aplicó por primera vez en la hidrología por Foster (1924), para poder describir la probabilidad de caudales máximos anuales. Cuando la información es muy asimétrica positivamente, se utiliza una transformación Log para reducir su asimetría, la cual se presenta de la siguiente forma (Chow *et. al.*, 1994):

$$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)} \left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)^{\beta-1} dx$$

Donde los parámetros de la distribución pueden ser estimados en función del promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar (S) de la muestra, por medio de las siguientes expresiones:

$$\alpha = \frac{S}{\sqrt{\beta}} \quad ; \quad \beta = \left(\frac{2}{\gamma}\right)^2 \quad ; \quad \delta = \bar{x} - \alpha\beta$$

Donde:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}, \gamma : \text{Coeficiente de sesgo}$$

e : Constante de Neper

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$ : parámetros

S: Desviación típica

$\bar{x}$  : media aritmética

Los resultados del estudio de Kroll y Vogel (2002, en 1505 estaciones de Estados Unidos, determinan que la función de Pearson Tipo III, es la que mejor representa a las series de caudales mínimos intermitentes, donde se presentan descargas con valores cero.

### 3.4.5.- Distribución Log-Normal

Según Chow *et. al.* (1994), la distribución Log-Normal tiene la ventaja sobre la distribución normal de que está limitada a ( $X > 0$ ) y también que la transformación Log tiende a reducir la asimetría positiva comúnmente encontrada en la información hidrológica, debido a que al tomar los logaritmos, se reduce una proporción mayor de los números grandes en relación a los pequeños. Presenta la siguiente función de distribución de probabilidad:

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

Donde los parámetros existentes que se basan en los logaritmos de la variable aleatoria, están definidos de la siguiente forma:

$$a = \sum_{i=1}^n \frac{\ln x_i}{n}$$

$$\beta = \sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - a)^2}{n}$$

Donde:

$\chi$ : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

$\alpha, \beta$ : Parámetros

e: Constante de Neper

### 3.4.6.- Algunos Trabajos Relacionados con las Funciones de Distribución de Probabilidad

Para Waylen *et al.* (1982), en las cascadas del noreste pacífico de las montañas de E.E.U.U, se propuso un método de valoración de frecuencia en los procesos que generan inundaciones, donde desde el punto de vista estadístico, el estudio hidrológico pudo ser avalado con el estudio de la función de distribución de probabilidad de Gumbel, la cual interpretó procesos mixtos de caudales producidos por deshielos y por precipitaciones.

El empleo de la función de distribución de probabilidad de Gumbel para análisis de frecuencia en inundaciones, es propuesto para valores extremos de caudales en los procesos de inundación del río Ashuapmushuam en la provincia de Québec, Canadá por (Yue *et. al.*,1999). Ellos trabajan en su estudio, con distribuciones conjuntas, además de volúmenes y períodos de retorno asociados, para determinar que esta distribución es la más apropiada en la evaluación de las inundaciones en dicha zona.

Blazkova y Beven (2003), realizan una serie de estudios que se basan en modelos continuos, de frecuencias de inundación, donde se busca a través de la aplicación de la función de distribución de probabilidad de Goodrich, determinar la probabilidad de excedencia asociada, para los caudales punta. Así obtienen muy buenos resultados que aportan una mayor claridad para la evaluación del grado de seguridad en el funcionamiento de la obra.

Muñoz (2004), en su análisis de la variable hidrológica caudal máximo para la Región del Maule, Chile, propone que las funciones de distribución de probabilidad que mejor ajustan a los datos de la cuenca del río Purapel, es la Log-Normal, mientras que para la cuenca del río Achibueno, las series se ven mejor reflejadas por la función Pearson tipo III.

Según Sullivan *et.al.* (2004), la variación repentina en la magnitud y frecuencia de los caudales máximos del río Camello, puede contribuir al aumento de cambios en el uso de las tierras, por problemas de inundación. Los cambios en la magnitud y frecuencia de los caudales, fueron determinados con la función de distribución de probabilidad de Gumbel.

Aguilera (2007), propone las funciones de distribución de probabilidad Gumbel, Goodrich, Log-Normal y Pearson tipo III, para la estimación de caudales máximos en las estaciones fluviométricas de la Región del Maule, Chile, concluyendo que la función de Gumbel es la más adecuada para este tipo de variables. Así mismo, se obtuvieron buenos resultados con la función de distribución de Goodrich, mientras que la función Pearson Tipo III, no presentó buenos ajustes para dicha zona de estudio.

## 4.- ANTECEDENTES GENERALES

Este estudio abarca las Regiones Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins, ambas ubicadas en la zona central de Chile, caracterizadas por un clima semiárido o subhúmedo con precipitaciones que van desde los 250 mm a los 500 mm, anuales y con sistemas hidrográficos de régimen pluvial y pluvionival.

### 4.1.- Región Metropolitana

La Región Metropolitana, la cual se encuentra ubicada en la zona central de Chile, entre los 32°55' y los 34°19' de latitud sur, y entre los 69°46' y 71° 43' de longitud oeste, aproximadamente. Limita al norte y al oeste con la Región de Valparaíso, al este con Argentina y al sur con la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Tiene una superficie de 15.403,2 Km<sup>2</sup>, lo que representa un 2,05% del territorio nacional (excluido el Territorio Chileno Antártico).

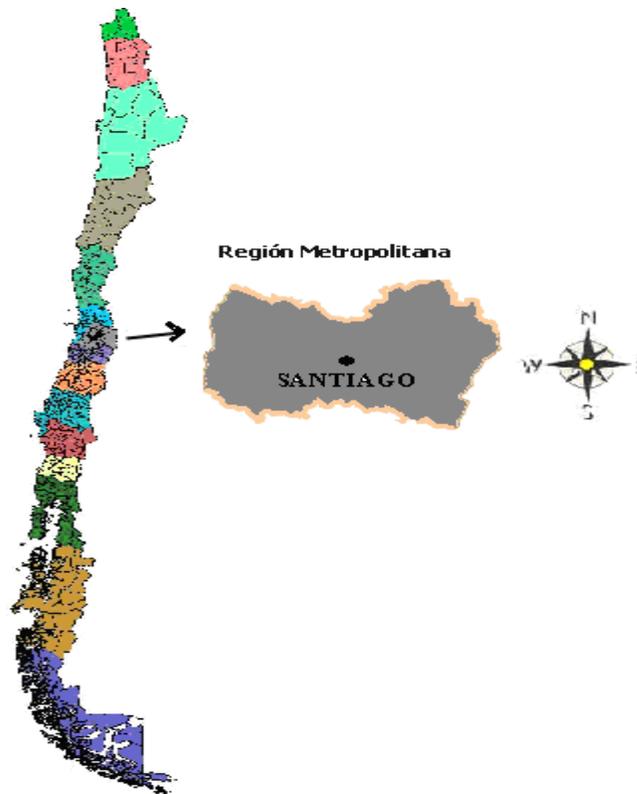
El relieve de la Región Metropolitana de Santiago presenta tres unidades que, de oriente a poniente, son la Cordillera de los Andes, la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa. La Cordillera de los Andes en esta región, se presenta alta y maciza, alcanzando un ancho aproximado de 60 kilómetros y su continuidad se ve interrumpida por numerosos ríos y quebradas que originan valles y cajones cordilleranos de penetración. La Cordillera de la Costa es el límite con la Región de Valparaíso y su fisonomía se presenta como un cordón compacto Sur Norte, que delimita por el poniente con la Cuenca de Santiago, con alturas superiores a los 2.000 metros. La cuenca de Santiago tiene una longitud de 80 kilómetros, la cual en su mayoría se encuentra ocupada por el área urbana.

En cuanto a la hidrografía, su principal hoya es la del río Maipo y sus tributarios. Es de origen mixto, ya que sus aguas provienen tanto de las precipitaciones de invierno como de los deshielos. Posee una cuenca que drena unos 15.380 Km<sup>2</sup> y su caudal promedio es de 92,3 m<sup>3</sup>/s. El Maipo tiene sus orígenes en la Cordillera de los Andes, específicamente en la confluencia de los ríos Cruz de Piedra, Alvarado y Argüelles. El río Maipo recibe en la cordillera tres grandes tributarios. Ellos son los ríos Volcán, Colorado y Yeso. En la cuenca de Santiago, recibe por el norte las aguas de otro afluente, el río Mapocho, que drena la cuenca que atraviesa la ciudad de Santiago. En el curso inferior su

principal tributario es el estero Puangue, de origen pluvial, por lo que su aporte de aguas se produce en invierno. En el curso medio del río Maipo, recibe los ríos Clarillo y Angostura. Finalmente, tras un recorrido de 250 kilómetros, las aguas del Maipo van a desembocar en el Pacífico, a la altura de la localidad de Llole. En torno a su cuenca, el Maipo presenta una alta concentración poblacional e industrial, lo que ha traído como consecuencia el problema de las crecidas y de contaminación de sus aguas. Cabe destacar que el río Maipo es el principal colector de las aguas de la Región Metropolitana y concentra el 70% de la demanda actual de agua potable y cerca de un 90% de las demandas de regadío. El río Mapocho, mencionado como afluente del Maipo, es el eje de un sistema hidrográfico importante que se alimenta de las lluvias y el derretimiento de las nieves, y que cruza la región de este a oeste. Otra cuenca de interés en la Región Metropolitana es la laguna de Aculeo, de carácter endorreica. Está enclavada junto a los Altos de Cantillana.

El clima de esta región es templado cálido, del tipo continental. Esta última característica está acentuada porque la Cordillera de la Costa actúa como biombo climático, impidiendo que la moderadora influencia marina actúe sobre la Cuenca de Santiago. Este clima se caracteriza por un irregular régimen de precipitaciones, que se concentran en los meses de otoño e invierno, con un promedio anual de 384 mm. También presenta un verano seco, con temperaturas que en ocasiones superan los 30° C. La temperatura media anual de esta zona es de 14°C, con una media invernal de 9°C y una media en verano de 22,7°C. En el sector cordillerano las condiciones son más extremas, siendo frecuentes las temperaturas inferiores a los 0° C, por lo que se configura un clima más frío. Estas características, unidas a la abundante precipitación en forma de nieve, generan óptimas condiciones para el desarrollo de deportes de invierno en los varios centros de esquí que existen. En el valle longitudinal, el clima cálido, sumado a la presencia de fértiles tierras y buena disponibilidad de agua, permite el desarrollo de una activa agricultura, orientada a la producción de hortalizas y frutales.

Las estaciones pluviométricas presentes en la Región Metropolitana son Caleu, Los Panguiles, Villa Alhué, Carmen de las Rozas, Melipilla, Cerro Calán, Ramón Quebrada, Terrazas Oficina Central D.G.A., Rincón de los Valles, Rungue Embalse, Til-Til, Embalse el Yeso, San Gabriel, San José Retén, Antupirén y Pirque. En tanto, las estaciones fluviométricas presentes son El Manzano, El Cabimbao, San Alfonso, Los Almendros y Rinconada de Maipú.



**Figura N°2 : Región Metropolitana, zona de estudio.**

#### **4.2.- Región del Libertador Bernardo O`Higgins**

Esta Región se sitúa geográficamente entre los paralelos 33°51' y 35°01' de latitud sur y 72 °02' y 70° 02' de longitud oeste. La superficie territorial es de 16.387 Km<sup>2</sup>, lo que en relación al total de Chile Continental en superficie, corresponde al 2,3%. Limita al oeste con el Océano Pacífico, al este con la República Argentina, al norte con la Región de Valparaíso y la Región Metropolitana y al sur con la Región del Maule.

En cuanto a su relieve, éste es clásico de la zona central, ya que por ejemplo la cordillera de la costa es un cordón que decrece en altura alcanzando apenas 800 msnm y se desvía hacia el interior de la Región, lo que le da mayor amplitud a las planicies litorales, las cuales alcanzan su máximo desarrollo, con 25 a 30 Km de ancho. Para el caso de la depresión intermedia, se puede mencionar que está cortada por dos angosturas: la de Paine, por el norte y la de Regolemu, por el sur, al norte de San

Fernando. La Cordillera de los Andes también desciende en altura con respecto a la Región Metropolitana, ya que su máxima cima es el cerro Alto de los Arrieros, que posee 4.990 msnm.

En cuanto a la hidrografía se puede mencionar que el Río Rapel, es el principal curso de la Región de O'Higgins. Está formado por la confluencia de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, lo cual constituye la principal cuenca hidrográfica de la Región, con 14.800 Km de extensión y 70 Km de extensión hasta su desembocadura en el mar. Fuera de sus dos afluentes principales, también llegan a su cauce las aguas de los esteros Las Palmas y Alhué, que provienen de la Región Metropolitana. En el curso bajo del río Rapel, se encuentra la central del mismo nombre, la cual tiene una longitud cercana a los 40 km y posee una capacidad de almacenamiento de 695.000.000 m<sup>3</sup>. Aguas abajo de dicha central hidroeléctrica, el río Rapel además actúa como límite natural con la Región Metropolitana y luego con la Quinta Región, hasta su desembocadura en la localidad de Navidad. El río Cachapoal, que nace en el cerro Piuquenes (4.460 m), en la Cordillera de los Andes, y drena la zona norte de la región, tiene una cuenca de 6.400 Km<sup>2</sup>. Recibe el tributo de varios cursos de agua, como son el estero Cipresitos y los ríos Las Leñas, Cortaderal, Los Cipreses, Pangal, Coya y Claro. En la Depresión Intermedia recibe las aguas de los ríos Claro y Zamorano.

El río Tinguiririca tiene una cuenca de 4.730 Km<sup>2</sup> y nace de la unión de los cauces de los ríos Damas, Azufre, Portillo y San José. Con posterioridad, recibe como afluentes a los ríos Claro (distinto a los anteriores), Clarillo y después, ya en la Depresión Intermedia, al estero Chimbarongo.

Se pueden distinguir cuatro tipos de climas, según algunas variables como las precipitaciones, la humedad, la nubosidad y la variación térmica, los cuales son los siguientes: El de tipo frío montañoso, que oscila entre los 600 msnm y los 4.000 msnm en la Cordillera de los Andes, en donde la temperatura desciende a 0° C en invierno, mientras que las precipitaciones son principalmente sólidas y alcanzan los 700 a 1500 mm anuales. El clima Mediterráneo, interior que se da en la Depresión Intermedia, con veranos calurosos y secos e inviernos frescos y húmedos. La temperatura media durante los meses fríos es 7° C, y en el verano, de 20° C. Las precipitaciones se incrementan de norte a sur; mientras en Rancagua el promedio anual es 400 mm, en San Fernando es 700 mm. En cuanto al clima Mediterráneo de la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, aunque es parecido al interior, es mucho más árido. Pero, en el caso del Clima Costero, las planicies litorales y la vertiente occidental de

la Cordillera de la Costa reciben la influencia marítima, lo que se manifiesta en: mucha humedad; el incremento de las precipitaciones, con un promedio anual en el norte de 500 mm y en el sur de 1000 mm; y una oscilación térmica que no supera los 7 °C.

Las estaciones pluviométricas presentes en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins son Pichilemu, Rapel, La Candelaria, La Palma, El Membrillo, Litueche, Ranguili, Nihue Barahona, Rengo, San Fernando, Viña Vieja, Coltauco, Convento Viejo, Millahue, Cocalán, Pichidegua, Rancagua Endesa, La Rufina, Las Nieves Central, Popeta. Mientras que las estaciones fluviométricas son Puente Termas, Teno, Quilamuta, Santa Teresa, Puente el Niche, Junta Cortaderal, Puente Arqueado, Puente Termas de Cauquenes, El Valle, Hacienda Las Nieves, Tunca, Junta Río Cachapoal, Junta Río Claro, Pangal, Bajo Los Briones, Los Olmos.



Figura N°3 : Región del Libertador Bernardo O'Higgins, zona de estudio.

## **5.- METODOLOGÍA**

El presente estudio, se basa en el análisis comparativo de cuatro modelos probabilísticos correspondientes a las funciones de distribución de probabilidad de Gumbel, Goodrich, Log-Normal y Pearson tipo III, para los caudales máximos instantáneos (caudales punta), presentados por las estaciones fluviométricas de las regiones Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins; éstas dependientes de la Dirección General de Aguas de Chile, (DGA). El objetivo de este estudio, es determinar cuál de estas distribuciones ajusta de mejor forma a los datos reales.

### **5.1.- Fases Metodológicas**

#### **5.1.1.- Revisión bibliográfica**

Es la primera etapa dentro de las fases metodológicas y de gran utilidad para la realización del estudio, ya que en ésta se procedió a recopilar información de tipo estadística, tanto en lo que respecta a la variable hidrológica de interés en este estudio, a saber los caudales máximos instantáneos, los parámetros asociados y las funciones de distribución que mejor se ajustan a la tendencia de los datos. Asimismo, se revisaron estudios correspondientes a la materia en análisis, en revistas científicas, en libros y en sitios de Internet.

#### **5.1.2.- Recopilación de la Información Estadística**

La información requerida para realizar la investigación, fue proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA) de cada Región administrativa. Es el caso tanto de la Región Metropolitana, que proporcionó información de 6 estaciones, y de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, que proporcionó información de 16 estaciones. La realización de investigaciones de este tipo, requiere de información de calidad en cuanto a los datos con que se cuenta y además precisa de series lo más extensas posibles, para poder conocer una tendencia del comportamiento de los datos a través del tiempo, hecho que se consiguió sólo en algunas estaciones, porque un porcentaje importante de ellas

fue puesta en funcionamiento en los últimos 15 años. Además es importante señalar que para los años que faltó información, se optó por no completar para no producir ningún tipo de sesgo.

Los conjuntos de series de datos para los caudales de ambas regiones, se presentan a continuación:

**Tabla N°1: Estaciones fluviométricas de la Región Metropolitana.**

Estaciones	Ubicación		Período
	Lat.S	Long.W	
Río Maipo en el Manzano, (El Manzano)	33° 35'	70° 22'	1979 - 2007
Río Maipo en el Cabimbao, (El Cabimbao)	33° 43'	71° 33'	1965 - 2007
Río Maipo en las Melosas, (Las Melosas)	33° 50'	70° 11'	1965 - 1972*, 1974-2007
Río Maipo en San Alfonso, (San Alfonso)	33° 43'	70° 17'	1965 - 2007
Río Mapocho en los Almendros, (Los Almendros)	33° 22'	70° 27'	1965-1968*, 1979-2007
Río Mapocho en Rinconada de Maipú, (Rinc. Maipú)	33° 29'	70° 49'	1965 - 2007

\* Estaciones con información intermedia faltante

**Tabla N°2: Estaciones fluviométricas de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.**

Estaciones	Ubicación		Período
	Lat.S	Long.W	
Canal Sauzal en Puente Termas, (Pte. Termas)	34° 14'	70° 33'	2005-2007
Canal Teno, (Teno)	34° 48'	71° 05'	2002-2003
Estero Alhué en Quilamuta, (Quilamuta)	34° 03'	71° 14'	1970-2007
Estero Nilahue en Santa Teresa, (Sta. Teresa)	34° 34'	71° 47'	1985-2007
Estero Zamorano en Puente el Niche, (Pte. el Niche)	34° 25'	71° 10'	1985-2007
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal, (Jta. Cortaderal)	34° 20'	70° 22'	1989-2007
Río Cachapoal en Puente Arqueado (Pte. Arqueado)	34° 16'	71° 22'	2002-2007
Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes, (Pte. Term. Cauquenes)	34° 15'	70° 34'	2002-2007
Río Claro en El Valle, (El Valle)	34° 41'	70° 52'	1970-2007
Río Claro en Hacienda Las Nieves, (Hda. las Nieves)	34° 29'	70° 42'	1960-2007
Río Claro en Tunca, (Tunca)	34° 22'	71° 05'	1994-2007
Río Cortaderal ante Junta Río Cachapoal, (Jta. Cachapoal)	34° 22'	70° 19'	1985-2007
Río Las Leñas ante Junta Río Claro, (Jta. Río Claro)	34° 21'	70° 18'	2006-2007
Río Pangal en Pangal, (Pangal)	34° 14'	70° 19'	1985-2007
Río Tinguiririca Bajo Los Briones, (Bajo los Briones)	34° 46'	70° 49'	1984-2007
Río Tinguiririca en Los Olmos, (Los Olmos)	34° 29'	71° 22'	2002-2007

### 5.1.3.- Generación y Tratamiento Inicial de la Información Fluviométrica

Como se señaló, la información fue proporcionada directamente por la DGA, por lo tanto no fue necesario realizar transformaciones con limnigramas, ni curvas de descarga, para obtener los caudales máximos instantáneos. Luego, para cada serie de datos, se determinaron por una parte, los estadígrafos de posición, también llamados de tendencia central, para indicar alrededor de qué valor se agruparon los datos obtenidos, como es el caso de la media, y por otra parte, los estadígrafos de dispersión. Estos estadígrafos o estadísticos, extraen información de una muestra, indicando las características de la población:

- **Media  $\mu$ :** Es el valor esperado de la variable misma o primer momento respecto al origen. Muestra la tendencia central de la distribución.

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

El valor estimado de la media a partir de la muestra es:

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

- **Varianza  $\sigma^2$ :** Mide la variabilidad de los datos. Es el segundo momento, con respecto al origen.

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x)dx$$

El valor estimado de la varianza a partir de la muestra es:

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

- **Desviación Estándar:** Es una medida de la variabilidad, ya que es la raíz cuadrada, de los cuadrados de las diferencias y, su valor estimado, se denota como:

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

#### 5.1.4.- Determinación de Parámetros de las Funciones

Posteriormente, con el resultado de los estadísticos de las series de datos, se procedió a calcular los respectivos parámetros de cada FDP y a realizar un ajuste a las series anuales de caudales máximos para ambas regiones, y para cada función, las cuales fueron elegidas debido a que la bibliografía existente indica que son las más usadas para el estudio de variables hidrológicas.

##### a) Función de Distribución Log –Normal:

Esta FDP, exige como primer paso calcular 2 parámetros que pertenecen a esta distribución, los cuales son  $\alpha$  y  $\beta$ , los que resultan de una aplicación logarítmica a la variable en estudio y cuya expresión se presenta a continuación:

$$a = \sum_{i=1}^n \frac{\ln x_i}{n}$$

$$\beta = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - a)^2}{n} \right]$$

Estos estadígrafos representan el promedio aritmético y la desviación estándar de los logaritmos de la variable respectivamente. Luego, la función de distribución de probabilidad es:

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

Donde:

x: Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

$\alpha, \beta$ : Parámetros

e: Constante de Neper

En el mismo caso que la distribución normal, se asigna z como una variable estandarizada:

$$z = \frac{\ln x - a}{\beta}$$

Y la probabilidad se encuentra en la tabla Normal, donde el valor de la variable x es:

$$x = e^{\beta * z + a}$$

### b) Función de Distribución Pearson Tipo III:

En una primera instancia, y como ya se ha señalado, esta FDP plantea el cálculo de los tres parámetros que son utilizados para el ajuste de la función:

$$\alpha = \frac{S}{\sqrt{\beta}} \quad \beta = \left(\frac{2}{\gamma}\right)^2 \quad \delta = \bar{x} - \alpha\beta$$

Donde todos los términos son conocidos. Sin embargo,  $y$  representa el coeficiente de sesgo el cual se encuentra definido por:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$$

Donde la variable estandarizada  $y$  se presenta a continuación:

$$y = \frac{x - \delta}{a}$$

Posteriormente, el ajuste, se realizó a través de la tabla chi-cuadrado, donde:

$$x^2 = 2y$$

$$\mu = 2\beta$$

La función de distribución Pearson tipo III es estrictamente válida cuando  $\beta = n/2$ , donde  $n$  es un entero positivo cualquiera. Según Aparicio (1997), si  $2\beta$  es no entero, puede considerarse el entero más próximo o bien interpolar. Así la FDP, responde a la siguiente expresión

$$F(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)} \left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)^{\beta-1} dx$$

Donde:

$x$ : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$ : Parámetros

$e$ : Constante de Neper

Por lo tanto, el valor que asume la variable aleatoria  $x$  a partir de lo anteriormente señalado, se define como:

$$x = ya + \delta$$

Y la probabilidad es obtenida a través de los valores presentes en la tabla de percentiles de la distribución  $\chi^2$ , con  $n$  grados de libertad.

### c) Función de Distribución de Gumbel:

Los parámetros necesarios para poder ajustar este modelo son obtenidos a través de las siguientes expresiones:

$$d = \frac{1}{0,779696 * S} \quad \mu = \bar{x} - 0,450047 * S$$

Donde la función de distribución de probabilidades de Gumbel queda representada de la siguiente forma:

$$F(x) = e^{-e^{-d(x-\mu)}}$$

Al despejar el valor de la variable aleatoria de la función original, se obtiene lo siguiente:

$$x = \mu - \frac{\ln(-\ln(F(x)))}{d}$$

Donde:

$\chi$ : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

e: Constante de Neper

$\mu$  y d: Parámetros

#### d) Función de Distribución de Goodrich:

Antes de calcular el ajuste, es necesario obtener una serie de parámetros mediante los siguientes sistemas de ecuaciones:

$$\frac{m^3}{s^3} = P(p) \quad ; \quad a^{2p} = \frac{1}{s^2} [\Gamma(2p+1) - \Gamma^2(p+1)] \quad ; \quad X_1 = \bar{x} - \frac{\Gamma(p+1)}{a^p}$$

Donde:

$m_3$  : Momento central de orden tres

$S^3$  : Desviación típica al cubo

$P(p)$ : Función auxiliar de Goodrich

$S^2$  : Varianza muestral

$\Gamma$  : Función Gamma

$\bar{x}$  : Media muestral

e : Constante de Neper

Para que la función tenga una validez matemática, el rango de X debe encontrarse entre  $-\infty$  y  $X_1$ , es decir  $X_1 < X \leq \infty$

$$F(X) = 1 - e^{-a(x-x_1)^{1/p}}$$

Donde:

$\chi$ : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

$\alpha$ , p y  $X_1$ : Parámetros

e: Constante de Neper

Finalmente, despejando la variable aleatoria  $x$  de la función de distribución de probabilidad de Goodrich, se obtiene lo siguiente:

$$x = x_1 + \frac{1}{a^p} [-\ln(1 - F(X))]^p$$

### 5.1.5.- Cálculo de la Probabilidad de Excedencia

En esta investigación se contemplaron los períodos 10, 20, 30, 40, 50 y 100 años, para todas las estaciones de ambas regiones en estudio y se procedió a confeccionar una tabla con los caudales máximos asociados, correspondientes a los períodos ya nombrados y según los 4 modelos analizados.

### 5.1.6.- Determinación de la Función que Posee un Mejor Ajuste

Para determinar la calidad del ajuste, se realizó una contrastación para cada dato que se obtuvo en la frecuencia acumulada y en la frecuencia teórica acumulada; para ello se utilizaron métodos cuantitativos, para la determinación de la bondad del ajuste, como el coeficiente de determinación  $R^2$  y el test de Kolmogorov-Smirnov (Aguilera, 2007).

**Coficiente de Determinación  $R^2$ :** Según Pizarro y Novoa (1986), este coeficiente indica qué proporción de la variación total de la frecuencia observada, es explicada por la frecuencia teórica acumulada:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (F_n(x)_i - F(x)_i)^2}{\sum (F_n(x)_i - \bar{F}_n(x))^2}$$

Donde:

$R^2$  : Coeficiente de determinación;  $0 \leq R^2 \leq 1$

$\overline{F_n(x)_i}$ : Media de las frecuencias observadas acumuladas

$F_n(x)_i$ : Frecuencia observada

$F(x)_i$ : Frecuencia teórica acumulada

**Test de Kolmogorov-Smirnov:** Es necesario determinar la frecuencia observada acumulada y la frecuencia teórica acumulada; una vez determinadas ambas frecuencias, se obtiene el supremo de las diferencias entre ambas (Pizarro y Novoa, 1986), lo que define al estadígrafo Dc de Kolmogorov-Smirnov.

$$Dc = \sup |F_n(x)_i - F(x)_i|$$

Si la diferencia suprema es menor que la diferencia tabulada por tabla, definida en base al tamaño de la muestra, se está en presencia de un buen ajuste con el nivel de confianza asumido. Para ello se utiliza la tabla de valores críticos de K-S, que se entrega en el anexo N°2.

### **5.1.7.- Análisis y Discusión de los Resultados**

El análisis se realizó en base a los resultados que presentaron tanto los estadígrafos de posición y dispersión de cada serie de ambas zonas de estudio, además de los resultados que arrojaron los test de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov y el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, donde de esta forma se pudo encontrar los mejores ajustes.

### **5.1.8.- Conclusiones y Recomendaciones**

A partir de los resultados, se generaron conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados inicialmente. Finalmente, se indicaron recomendaciones que pueden ser convenientes, para el desarrollo futuro en lo que compete a la ampliación de este estudio a otras Regiones del País, y en lo que respecta al conocimiento de las mejores distribuciones que representen el comportamiento de la variable en estudio.

## 5.2.- Materiales y Equipos

Los materiales requeridos para la elaboración de este estudio fueron los siguientes:

- Bases de datos de la variable de interés en este caso, referidas a los caudales máximos instantáneos anuales correspondiente a los últimos 40 años existentes, facilitados por las respectivas DGA.
- Carta topográfica IGM, en formato analógico, escala 1:250.000 del año 1954, para ambas Regiones presentes en el estudio.
- Equipos computacionales como PC, impresora y scanner.
- Programas computacionales para la manipulación y elaboración de la información requerida y un posterior desarrollo escrito del estudio, básicamente Office 2003 (Word y Excel).

## **6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos de la investigación para ambas Regiones.

### **6.1.- Caudales Máximos Instantáneos**

La Tabla N°3, indica los valores de los distintos caudales máximos para las estaciones presentes en la Región Metropolitana, establecidos como valores promedios, máximos y mínimos, además de la superficie de cada cuenca. Asimismo todas las estaciones de esta Región fueron consideradas para el estudio, dado que todas ellas presentan una longitud en la serie de datos mayor o igual a 14 años.

**Tabla N°3: Caudales punta para las estaciones de la Región Metropolitana.**

<b>Estaciones</b>	<b>Superficie de la Cuenca (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s) Promedio</b>	<b>Caudal punta máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año de registro</b>	<b>Caudal punta mínimo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año de registro</b>	<b>Años de la serie</b>
Río Maipo en el Manzano Cuenca del Maipo	4968	439,78	1430,32	1991	14,52	1968	43
Río Maipo en el Cabimbao Cuenca del Maipo	15040	1443,5	5095,36	1987	1,37	1996	29
Río Maipo en las Melosas Cuenca del Maipo	1488	162,42	427,68	1986	0,03	1968	27
Río Maipo en San Alfonso Cuenca del Maipo	2850	267,45	740,4	1993	8,24	1970	43
Río Mapocho en los Almendros Cuenca del Mapocho	620	84,41	330,19	1986	0,04	2000	33
Río Mapocho en Rinconada de Maipú Cuenca del Mapocho	4068	253,57	1124,67	2002	1,38	1968	43

La Tabla N°4, indica los valores de los distintos caudales máximos para las estaciones presentes en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, establecidos como valores promedios, máximos y mínimos y donde se consideraron las estaciones con una longitud en la serie de datos que fuera mayor o igual a 14 años. Por lo tanto las estaciones Canal Sauzal en Puente Termas, Canal Teno, Río Cachapoal en Puente Arqueado, Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes, Río Claro en Tunca, Río Cortaderal ante Junta Río Cachapoal, Río Las Leñas ante Junta Río Claro y Río Tinguiririca en Los Olmos, mencionadas en la metodología, no se les realizaron los cálculos de parámetros ni ajustes, debido a que presentan una escasez de datos, no cumpliendo con el mínimos requerido.

**Tabla N°4: Caudales punta para las estaciones de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.**

<b>Estaciones</b>	<b>Superficie de la Cuenca (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s) Promedio</b>	<b>Caudal punta máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año de registro</b>	<b>Caudal punta mínimo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año Q p(min)</b>	<b>Años de la serie</b>
Estero Alhué en Quilamuta, Cuenca del Maipo	779	172,51	547,2	1997	0,005	1986- 1987	38
Estero Nilahue  en Santa Teresa, Cuenca Costera Rapel-Nilahue	1390	456,06	1396,7	2002	0,001	1990- 1991- 1995- 1997	23
Estero Zamorano en Puente el Niche, Cuenca del Rapel	990	543,59	1189,06	2000	0,47	1997	23
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal, Cuenca del Rapel	880	221,14	486,8	1991	2,54	1995	19
Río Claro en El Valle, Cuenca del Rapel	358	223,03	621,1	1977	0,094	1996	38
Río Claro en Hacienda Las Nieves, Cuenca del Rapel	276	109,08	451,36	1993	0,491	1969	48
Río Claro en Tunca, Cuenca del Rapel	368	330,14	775,21	2000	4,34	1996	14
Río Pangal en Pangal, Cuenca del Rapel	358	99,63	188,48	1997	0,101	1988	23
Río Tinguiririca Bajo Los Briones, Cuenca del Rapel	1435	378,61	1007,3	2006	2,13	1999	23

El caudal punta máximo de la Región Metropolitana con respecto al caudal punta máximo de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins es de 1 a 5 veces mayor. Este máximo es registrado en la estación Río Maipo en el Cabimbao.

## **6.2.- Cálculo de los Parámetros de las Funciones**

A continuación, para las Tabla N°5 y N°6, se presentan los resultados de los parámetros estadísticos, calculados para cada una de las funciones de distribución de probabilidad, además de los estadísticos de posición y dispersión, media y desviación estándar, tanto para la Región Metropolitana como para la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

**Tabla N° 5: Parámetros de las estaciones de la Región Metropolitana para cada modelo.**

Estaciones	$\bar{X}$	S	Parámetros por cada función estudiada									
			Gumbel		Log-Normal		Goodrich			Pearson Tipo III		
			$\mu$	d	$\alpha$	$\beta$	p	a	X1	$\beta$	$\alpha$	$\bar{\delta}$
Río Maipo en el Manzano	439,78	276,19	315,48	0,0046	5,91	0,61	0,77	2E-04	-236,9	2,2	184,5	26,4
Río Maipo en el Cabimbao	1443,5	1344,91	838,23	0,001	6,83	0,99	0,70	9E-06	-1524,0	3,0	779,4	-877,4
Río Maipo en las Melosas	162,42	81,39	125,79	0,0158	4,98	0,49	0,75	8E-04	-29,8	2,4	53,1	37,6
Río Maipo en San Alfonso	267,45	147,00	201,29	0,0087	5,46	0,51	0,79	5E-04	-107,1	2,0	103,3	58,3
Río Mapocho en los Almendros	84,42	96,01	41,20	0,0134	3,70	1,34	0,77	7E-04	-150,8	2,2	64,6	-58,3
Río Mapocho en Rinconada de Maipú	253,57	240,81	145,20	0,0053	5,14	0,91	0,89	5E-04	-571,2	1,4	201,6	-34,1

$\bar{X}$  y S: Promedio y desviación de cada estación

Tabla N° 6: Parámetros de las estaciones de la Región de O'Higgins para cada modelo.

Estaciones	$\bar{X}$	S	Parámetros por cada función estudiada									
			Gumbel		Log-Normal		Goodrich			Pearson Tipo III		
			$\mu$	d	$\alpha$	$\beta$	p	a	$x_1$	$\alpha$	$\beta$	$\delta$
Estero Alhué en Quilamuta	172,51	168,23	96,80	0,008	4,29	1,66	0,53	0.00001	-155,47	59,551	8,0	-302,7
Estero Nilahue en Santa Teresa	456,06	385,08	282,76	0,003	5,27	2,16	0,53	3E-06	-294,69	135,979	8,0	-634,4
Estero Zamorano en Puente el Niche	543,59	427,88	351,03	0,003	5,66	1,47	0,35	2E-09	-580,03	47,737	80,3	-3291,6
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	221,14	98,16	176,97	0,013	5,32	0,39	0,71	0.0004	1,71	58,173	2,8	55,5
Río Claro en El Valle	223,03	156,04	152,80	0,008	5,15	0,77	0,67	0.0002	-108,55	85,577	3,3	-61,5
Río Claro en Hacienda Las Nieves	109,08	107,87	60,54	0,012	4,21	1,03	0,82	0.0009	-185,11	79,375	1,8	-37,5
Río Claro en Tunca	330,14	250,93	217,21	0,005	5,40	1,00	0,36	1E-08	-312,15	30,892	66,0	-1708,2
Río Pangal en Pangal	99,63	42,30	80,59	0,030	4,52	0,42	0,48	8E-05	15,61	12,237	12,0	-46,6
Río Tinguiririca Bajo Los Briones	378,61	259,05	262,02	0,005	5,73	0,64	0,67	7E-05	-171,85	140,655	3,4	-98,5

$\bar{X}$  y S: Promedio y desviación de cada estación

### 6.3.- Cálculo de la Bondad del Ajuste para Cada Serie y Función ajustada

Se procedió a calcular los ajustes respectivos de todas las series de datos de las estaciones que poseen registros de ambas regiones a cada una de las 4 funciones de distribución de probabilidad. Las pruebas utilizadas fueron el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) y el coeficiente de determinación  $R^2$ . Las tablas 7,8,9 y 10, presentan la expresión matemática de las F.D.P. y sus respectivas medidas de bondad de ajuste.

#### 6.3.1.- Bondad de Ajuste para estaciones de la Región Metropolitana

Tabla N°7: Ajuste de la función de Gumbel.

Estaciones	Función Gumbel ajustada	$R^2$	K-S		
			Dt	Dc	Resultado
Río Maipo en El Manzano	$F(X) = e^{-e^{-0.0046(x-31548)}}$	0,97	0,207	0,104	Acepta Ho
Río Maipo en El Cabimbao	$F(X) = e^{-e^{-0.001(x-83823)}}$	0,95	0,246	0,145	Acepta Ho
Río Maipo en Las Melosas	$F(X) = e^{-e^{-0.0158(x-12579)}}$	0,98	0,258	0,075	Acepta Ho
Río Maipo en San Alfonso	$F(X) = e^{-e^{-0.0087(x-20129)}}$	0,97	0,207	0,082	Acepta Ho
Río Mapocho en Los Almendros	$F(X) = e^{-e^{-0.00134(x-41.20)}}$	0,92	0,234	0,154	Acepta Ho
Río Mapocho en Rinconada de Maipú	$F(X) = e^{-e^{-0.0053(x-14520)}}$	0,93	0,207	0,146	Acepta Ho

**Tabla N°8: Ajuste de la función Log-Normal.**

Estaciones	Función Log-Normal ajustada	R <sup>2</sup>	K-S		
			Dc	Dt	Resultado
Río Maipo en El Manzano	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.61)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.91}{0.61} \right)^2} dx$	0,98	0,207	0,094	Acepta Ho
Río Maipo en El Cabimbao	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.99)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 6.83}{0.99} \right)^2} dx$	0,97	0,246	0,109	Acepta Ho
Río Maipo en Las Melosas	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.49)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 4.98}{0.49} \right)^2} dx$	0,98	0,258	0,075	Acepta Ho
Río Maipo en San Alfonso	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.51)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.46}{0.51} \right)^2} dx$	0,99	0,207	0,065	Acepta Ho
Río Mapocho en Los Almendros	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(1.34)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 3.70}{1.34} \right)^2} dx$	0,97	0,234	0,117	Acepta Ho
Río Mapocho en Rinconada de Maipú	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.91)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.14}{0.91} \right)^2} dx$	0,99	0,207	0,075	Acepta Ho

**Tabla N°9: Ajuste de la función Goodrich.**

Estaciones	Función Goodrich ajustada	R <sup>2</sup>	K-S	
			Dt	Dc
Río Maipo en El Manzano	$F(X) = 1 - e^{-0.0002(x+2369)^{1/0.77}}$	0,75	0,207	0,293
Río Maipo en El Cabimbao	$F(X) = 1 - e^{-0.000009(x+1524)^{1/0.7}}$	0,83	0,246	0,298
Río Maipo en Las Melosas	$F(X) = 1 - e^{-0.0008(x+29.8)^{1/0.75}}$	0,64	0,258	0,263

(Continuación Tabla N°9)

Estaciones	Función Goodrich ajustada	R <sup>2</sup>	K-S		
			Dt	Dc	Resultado
Río Maipo en San Alfonso	$F(X) = 1 - e^{-0.0005(x+107.1)^{1/0.79}}$	0,68	0,207	0,321	Rechaza Ho
Río Mapocho en Los Almendros	$F(X) = 1 - e^{-0.0007(x+1508)^{1/0.77}}$	0,86	0,234	0,372	Rechaza Ho
Río Mapocho en Rinconada de Maipú	$F(X) = 1 - e^{-0.0005(x+571.2)^{1/0.89}}$	0,40	0,207	0,456	Rechaza Ho

Tabla N°10: Ajuste de la función Pearson Tipo III.

Estaciones	Función Pearson Tipo III ajustada	R <sup>2</sup>	K-S		
			Dt	Dc	Resultado
Río Maipo en El Manzano	$F(x) = \frac{1}{184.5\Gamma(2.2)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-26.4}{26.4}\right)} \left(\frac{x-26.4}{26.4}\right) dx$	0,96	0,207	0,115	Acepta Ho
Río Maipo en El Cabimbao	$F(x) = \frac{1}{779.4\Gamma(3.0)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+877.4}{-877.4}\right)} \left(\frac{x+877.4}{-877.4}\right) dx$	0,95	0,246	0,136	Acepta Ho
Río Maipo en Las Melosas	$F(x) = \frac{1}{53.1\Gamma(2.4)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-37.6}{37.6}\right)} \left(\frac{x-37.6}{37.6}\right) dx$	0,97	0,258	0,098	Acepta Ho
Río Maipo en San Alfonso	$F(x) = \frac{1}{103.3\Gamma(2.0)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-58.3}{58.3}\right)} \left(\frac{x-58.3}{58.3}\right) dx$	0,98	0,207	0,092	Acepta Ho
Río Mapocho en Los Almendros	$F(x) = \frac{1}{64.6\Gamma(2.2)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+58.3}{-58.3}\right)} \left(\frac{x+58.3}{-58.3}\right) dx$	0,92	0,234	0,21	Acepta Ho
Río Mapocho en Rinconada de Maipú	$F(x) = \frac{1}{201.6\Gamma(1.4)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+34.1}{-34.1}\right)} \left(\frac{x+34.1}{-34.1}\right) dx$	0,95	0,207	0,136	Acepta Ho

### 6.3.2.- Bondad de Ajuste para estaciones de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins

Tabla N°11: Ajuste de la función de Gumbel.

Estaciones	Función de Gumbel ajustada	R <sup>2</sup>	K-S		
			Dt	Dc	Resultado
Estero Alhué en Quilamuta	$F(X) = e^{-e^{-0.008(x-96.80)}}$	0,93	0,221	0,158	Acepta Ho
Estero Nilahue en Santa Teresa	$F(X) = e^{-e^{-0.003(x-28276)}}$	0,97	0,280	0,093	Acepta Ho
Estero Zamorano en Puente el Niche	$F(X) = e^{-e^{-0.003(x-35103)}}$	0,92	0,280	0,133	Acepta Ho
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	$F(X) = e^{-e^{-0.013(x-17697)}}$	0,97	0,301	0,102	Acepta Ho
Río Claro en El Valle	$F(X) = e^{-e^{-0.008(x-15280)}}$	0,98	0,221	0,111	Acepta Ho
Río Claro en Hacienda Las Nieves	$F(X) = e^{-e^{-0.012(x-6054)}}$	0,95	0,196	0,135	Acepta Ho
Río Claro en Tunca	$F(X) = e^{-e^{-0.005(x-21721)}}$	0,86	0,349	0,16	Acepta Ho
Río Pangal en Pangal	$F(X) = e^{-e^{-0.030(x-8059)}}$	0,97	0,280	0,100	Acepta Ho
Río Tinguirica Bajo Los Briones	$F(X) = e^{-e^{-0.005(x-26202)}}$	0,95	0,28	0,149	Acepta Ho

**Tabla N°12: Ajuste de la función Log-Normal.**

Estaciones	Función Log-Normal ajustada	R <sup>2</sup>	K-S		
			Dt	Dc	Resultado
Estero Alhué en Quilamuta	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.77)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.15}{0.77} \right)^2} dx$	0,98	0,221	0,113	Acepta Ho
Estero Nilahue en Santa Teresa	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(2.16)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.27}{2.16} \right)^2} dx$	0,81	0,28	0,219	Acepta Ho
Estero Zamorano en Puente el Niche	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(1.47)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.66}{1.47} \right)^2} dx$	0,89	0,28	0,164	Acepta Ho
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.39)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.32}{0.39} \right)^2} dx$	0,97	0,301	0,093	Acepta Ho
Río Claro en El Valle	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.77)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.15}{0.77} \right)^2} dx$	0,98	0,221	0,113	Acepta Ho
Río Claro en Hacienda Las Nieves	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(1.03)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 4.21}{1.03} \right)^2} dx$	0,98	0,196	0,087	Acepta Ho
Río Claro en Tunca	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(1.00)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.40}{1.00} \right)^2} dx$	0,90	0,349	0,19	Acepta Ho
Río Pangal en Pangal	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.42)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 4.52}{0.42} \right)^2} dx$	0,98	0,28	0,093	Acepta Ho
Río Tinguiririca Bajo Los Briones	$F(x) = \frac{1}{2\pi x(0.64)} \int_0^x e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln x - 5.73}{0.64} \right)^2} dx$	0,96	0,28	0,13	Acepta Ho

Tabla N°13: Ajuste de la función de Goodrich.

Estaciones	Función Goodrich ajustada	R <sup>2</sup>	K-S	
			Dt	Dc
Estero Alhué en Quilamuta	$F(X) = 1 - e^{-0.00001(x+155.47)^{1/0.53}}$	0,95	0,221	0,155
Estero Nilahue en Santa Teresa	$F(X) = 1 - e^{-0.000003(x+294.69)^{1/0.53}}$	0,98	0,280	0,086
Estero Zamorano en Puente el Niche	$F(X) = 1 - e^{2E-9(x+58003)^{1/0.35}}$	0,94	0,280	0,114
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	$F(X) = 1 - e^{-0.0004(x-1.709)^{1/0.71}}$	0,83	0,301	0,247
Río Claro en El Valle	$F(X) = 1 - e^{-0.0002(x+108.5)^{1/0.67}}$	0,88	0,221	0,171
Río Claro en Hacienda Las Nieves	$F(X) = 1 - e^{-0.0009(x+185.5)^{1/0.82}}$	0,60	0,196	0,402
Río Claro en Tunca	$F(X) = 1 - e^{1E-8(x+3121535)^{1/0.36}}$	0,90	0,349	0,19
Río Pangal en Pangal	$F(X) = 1 - e^{8E-5(x-15.6)^{1/0.48}}$		0,280	0,100
Río Tinguiririca Bajo los Briones	$F(X) = 1 - e^{7E-5(x+1718)^{1/0.67}}$	0,87	0,280	0,227

**Tabla N°14: Ajuste de la función Pearson Tipo III.**

Estaciones	Función de Pearson Tipo III ajustada	R <sup>2</sup>	K-S		
			Dt	Dc	Resultado
Estero Alhué en Quilamuta	$F(x) = \frac{1}{59.5\Gamma(8)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+302.7}{-302.7}\right)} \left(\frac{x+302.7}{-302.7}\right) dx$	0,94	0,221	0,154	Acepta Ho
Estero Nilahue en Santa Teresa	$F(x) = \frac{1}{135.9\Gamma(8.0)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+634.4}{-634.4}\right)} \left(\frac{x+634.4}{-634.4}\right) dx$	0,97	0,279	0,085	Acepta Ho
Estero Zamorano en Puente el Niche	$F(x) = \frac{1}{47.7\Gamma(80.3)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+3291.6}{-3291.6}\right)} \left(\frac{x+3291.6}{-3291.6}\right) dx$	0,95	0,28	0,116	Acepta Ho
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	$F(x) = \frac{1}{58.1\Gamma(2.8)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+55.5}{-55.5}\right)} \left(\frac{x+55.5}{-55.5}\right) dx$	0,95	0,301	0,142	Acepta Ho
Río Claro en El Valle	$F(x) = \frac{1}{85.6\Gamma(3.3)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+61.5}{-61.5}\right)} \left(\frac{x+61.5}{-61.5}\right) dx$	0,95	0,221	0,147	Acepta Ho
Río Claro en Hacienda Las Nieves	$F(x) = \frac{1}{79.4\Gamma(1.8)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+37.5}{-37.5}\right)} \left(\frac{x+37.5}{-37.5}\right) dx$	0,93	0,196	0,141	Acepta Ho
Río Claro en Tunca	$F(x) = \frac{1}{30.8\Gamma(66)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+1708.2}{-1708.2}\right)} \left(\frac{x+1708.2}{-1708.2}\right) dx$	0,91	0,349	0,13	Acepta Ho
Río Pangal en Pangal	$F(x) = \frac{1}{12.2\Gamma(12)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+46.6}{-46.6}\right)} \left(\frac{x+46.6}{-46.6}\right) dx$	0,97	0,28	0,109	Acepta Ho
Río Tinguiririca Bajo los Briones	$F(x) = \frac{1}{140.6\Gamma(3.4)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x+98.5}{-98.5}\right)} \left(\frac{x+98.5}{-98.5}\right) dx$	0,94	0,28	0,159	Acepta Ho

#### 6.4.- Probabilidad de Caudales Máximos para los Distintos Períodos de Retorno

A continuación, se presentan los valores probables de los caudales máximos de las distintas estaciones en ambas regiones, para los distintos períodos de retorno (10, 20, 30, 50 y 100 años), de tal manera de conocer cómo se comporta dicha variable a través del tiempo.

##### 6.4.1.- Caudales Máximos para los Distintos Períodos de Retorno para la Región Metropolitana y para las series completas de datos

**Tabla N°15: Caudales máximos para la estación Río Maipo en el Manzano (m<sup>3</sup>/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	210	333	225	193
20	0,050	0,950	264	441	366	248
30	0,033	0,967	295	502	474	283
40	0,025	0,975	316	544	558	300
50	0,020	0,980	333	576	632	324
100	0,010	0,990	386	673	911	371

Período de registro de la estación: 1979-2007

**Tabla N°16: Caudales máximos para la estación Río Maipo en el Cabimbao (m<sup>3</sup>/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	3198	4326	3282	3253
20	0,050	0,950	3953	5509	4700	4033
30	0,033	0,967	4387	6162	5696	4500
40	0,025	0,975	4693	6611	6420	4734
50	0,020	0,980	4930	6952	7046	5046
100	0,010	0,990	5662	7977	9232	5669

Período de registro de la estación: 1965-2007

**Tabla N°17: Caudales máximos para la estación Río Maipo en Las Melosas (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	269	362	272	283
20	0,050	0,950	314	448	325	332
30	0,033	0,967	341	496	358	363
40	0,025	0,975	359	530	380	377
50	0,020	0,980	373	555	398	398
100	0,010	0,990	418	631	455	438

Período de registro de la estación: 1965-1972, 1974-2007

**Tabla N°18: Caudales máximos para la estación Río Maipo en el San Alfonso (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	459	673	453	460
20	0,050	0,950	542	853	546	548
30	0,033	0,967	589	955	603	605
40	0,025	0,975	623	1025	641	632
50	0,020	0,980	649	1079	673	669
100	0,010	0,990	729	1243	774	745

Período de registro de la estación: 1965-2007

**Tabla N°19: Caudales máximos para la estación Río Mapocho en Los Almendros (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	210	333	225	193
20	0,050	0,950	264	441	366	248
30	0,033	0,967	295	502	474	283
40	0,025	0,975	316	544	558	300
50	0,020	0,980	333	576	632	324
100	0,010	0,990	386	673	911	371

Período de registro de la estación: 1965-1968, 1979-2007

**Tabla N°20: Caudales máximos para la estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	568	1235	547	596
20	0,050	0,950	703	1710	761	753
30	0,033	0,967	781	1982	907	859
40	0,025	0,975	835	2173	1013	908
50	0,020	0,980	878	2320	1103	974
100	0,010	0,990	1009	2771	1413	1105

Período de registro de la estación: 1965-2007

**6.4.2.- Caudales Máximos para los Distintos Períodos de Retorno para la Región del Libertador Bernardo O'Higgins**

**Tabla N°21: Caudales máximos para la estación Estero Alhué en Quilamuta (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	392	419	608	397
20	0,050	0,950	486	504	1110	480
30	0,033	0,967	541	550	1531	531
40	0,025	0,975	579	581	1870	555
50	0,020	0,980	609	604	2185	587
100	0,010	0,990	700	673	3435	650

Período de registro de la estación: 1970-2007

**Tabla N°22: Caudales máximos para la estación Estero Nilahue en Santa Teresa (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	958	1019	3101	963
20	0,050	0,950	1175	1215	6795	1154
30	0,033	0,967	1299	1319	10334	1269
40	0,025	0,975	1387	1390	13424	1324
50	0,020	0,980	1454	1443	16448	1396
100	0,010	0,990	1664	1599	29673	1541

Período de registro de la estación: 1985-2007

**Tabla N°23: Caudales máximos para la estación Estero Zamorano en Puente el Niche (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	1102	1112	1905	1124
20	0,050	0,950	1342	1276	3252	1306
30	0,033	0,967	1480	1361	4327	1427
40	0,025	0,975	1577	1417	5172	1476
50	0,020	0,980	1653	1459	5940	1646
100	0,010	0,990	1886	1580	8881	1653

Período de registro de la estación: 1985-2007

**Tabla N°24: Caudales máximos para la estación Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	349	437	336	364
20	0,050	0,950	404	526	387	422
30	0,033	0,967	436	576	418	457
40	0,025	0,975	458	610	438	474
50	0,020	0,980	476	636	454	498
100	0,010	0,990	529	713	505	544

Período de registro de la estación: 1989-2007

**Tabla N°25: Caudales máximos para la estación Río Claro en El Valle (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	427	535	464	452
20	0,050	0,950	514	660	614	542
30	0,033	0,967	565	728	713	597
40	0,025	0,975	600	775	782	623
50	0,020	0,980	628	811	841	657
100	0,010	0,990	712	918	1038	730

Período de registro de la estación: 1970-2007

**Tabla N°26: Caudales máximos para la estación Río Claro en Hacienda Las Nieves (m<sup>3</sup>/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	250	435	252	271
20	0,050	0,950	310	583	366	339
30	0,033	0,967	345	667	447	382
40	0,025	0,975	370	725	506	403
50	0,020	0,980	389	770	558	432
100	0,010	0,990	447	906	739	490

Período de registro de la estación: 1960-2007

**Tabla N°27: Caudales máximos para la estación Río Claro en Tunca (m<sup>3</sup>/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	658	662	796	661
20	0,050	0,950	798	759	1143	765
30	0,033	0,967	879	810	1387	831
40	0,025	0,975	936	843	1565	862
50	0,020	0,980	981	868	1719	897
100	0,010	0,990	1117	939	2258	968

Período de registro de la estación: 1994-2007

**Tabla N°28: Caudales máximos para la estación Río Pangal en Pangal (m<sup>3</sup>/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	155	157	156	157
20	0,050	0,950	179	176	181	176
30	0,033	0,967	192	186	196	189
40	0,025	0,975	202	193	206	194
50	0,020	0,980	209	198	215	202
100	0,010	0,990	232	213	240	216

Período de registro de la estación: 1985-2007

**Tabla N°29: Caudales máximos para la estación Río Tinguiririca Bajo Los Briones (m³/s).**

Período de retorno	$P(x > X)$	$P(x \leq X)$	Gumbel	Goodrich	Log-Normal	Pearson Tipo III
10	0,100	0,900	717	896	701	745
20	0,050	0,950	862	1102	885	893
30	0,033	0,967	946	1216	1002	984
40	0,025	0,975	1005	1294	1083	1027
50	0,020	0,980	1050	1353	1150	1083
100	0,010	0,990	1191	1529	1371	1203

### 6.5.- Períodos de Retorno para Máximos Registrados

Derivado de que la función de distribución de Gumbel entregó buenos resultados de calidad de ajuste y es además la de más fácil utilización, fue considerada para determinar qué período de retorno corresponde a cada caudal máximo, lo cual se entrega en las tablas N°30 y 31.

#### 6.5.1.- Períodos de Retorno, asociados a los registros máximos de caudales en la Región Metropolitana

**Tabla N°30: Caudal máximo registrado y período de retorno asociado para cada estación de la Región Metropolitana.**

Estación	Máximo Registrado (m³/s)	Año de Registro	Período de retorno T (años) según Gumbel
Río Maipo en el Manzano	1430,3	1991	178
Río Maipo en el Cabimbao	5095,4	1987	58
Río Maipo en las Melosas	427,7	1986	117
Río Maipo en San Alfonso	740,4	1993	111
Río Mapocho en Los Almendros	330,2	1986	48
Río Mapocho en Rinconada de Maipú	1124,7	2002	185

**6.5.2.- Períodos de Retorno, asociados a los registros máximos de caudales en la Región del Libertador Bernardo O`Higgins**

**Tabla N°31: Caudal máximo registrado y período de retorno asociado para cada estación de la Región del Libertador Bernardo O`Higgins.**

<b>Estación</b>	<b>Máximo Registrado (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año de registro</b>	<b>Período de retorno T (años) según Gumbel</b>
Estero Alhué en Quilamuta	547,2	1997	31
Estero Nilahue en Santa Teresa	1396,7	2002	41
Estero Zamorano en Puente el Niche	1189,1	2000	13
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	486,8	1991	58
Río Claro en El Valle	621,1	1977	47
Río Claro en Hacienda Las Nieves	451,4	1993	105
Río Claro en Tunca	775,2	2000	18
Río Pangal en Pangal	188,5	1997	27
Río Tinguiririca Bajo Los Briones	1007,3	2006	41

## 7.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión y análisis de resultados se realizará en base a los distintos aspectos técnicos considerados para propiciar un desglose más acabado de los resultados obtenidos.

### 7.1.- Total de Datos Representativos de las Zonas de Estudio

En este primer análisis, es importante considerar que la información obtenida, para ambas Regiones, es la totalidad con que cuentan las Direcciones Regionales de Aguas respectivas, en cuanto a datos fluviales de los últimos 40 años aproximadamente. De esta forma se presenta la figura N°6, que indica la cantidad de registros existentes para cada año, del total de series consideradas para ambas regiones.

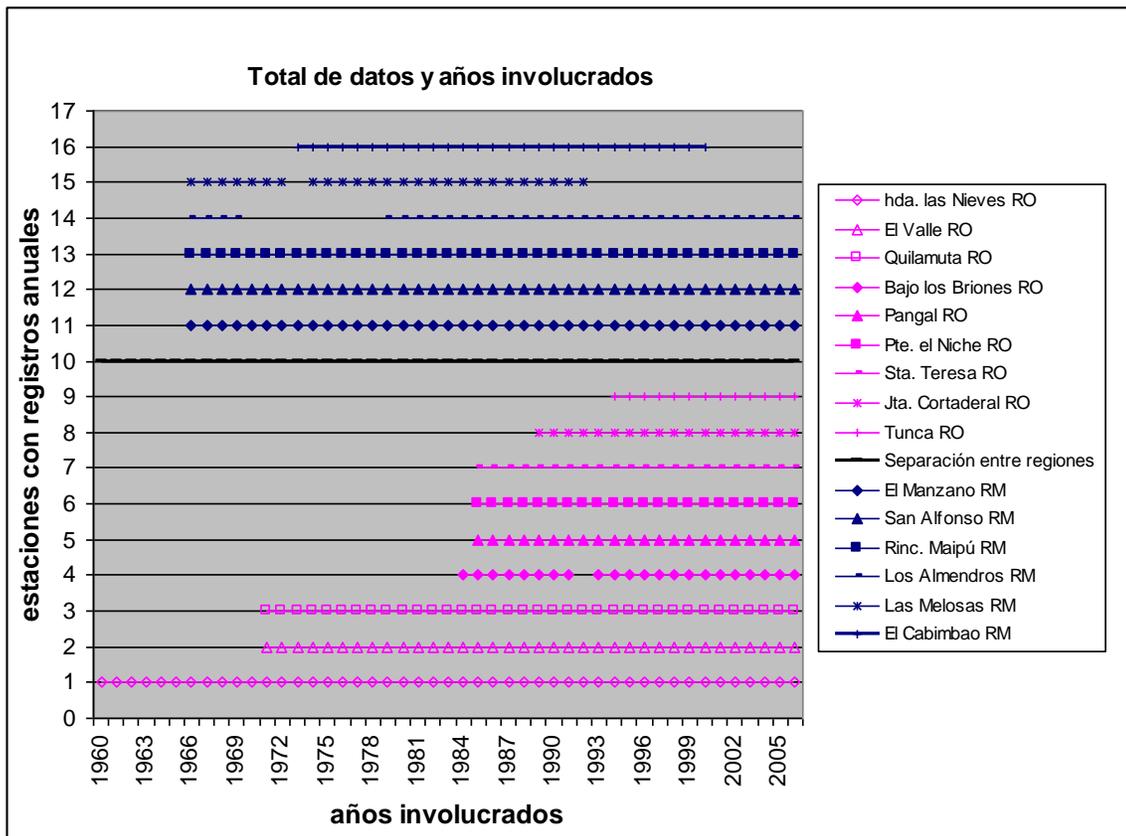


Figura N°4: Total de datos y años involucrados para ambas regiones.

Del gráfico se desprende que la Región del Libertador Bernardo O'Higgins (RO), posee un número de estaciones que representa 75% más de estaciones, que las estaciones de la Región Metropolitana (RM), hecho que llama la atención. Sin embargo la Región Metropolitana posee una superficie de 15.403,2 Km<sup>2</sup> y la Región del Libertador Bernardo O'Higgins 16.387 Km<sup>2</sup>, en donde se verifica que una estación pluviométrica en la RM, cubre un espacio de 2.567,2 km<sup>2</sup>, en tanto en la Región de O'Higgins ese valor alcanza a 1.820 km<sup>2</sup>. Ahora bien, eso es considerando para O'Higgins, sólo las estaciones que se utilizarán en este estudio. A futuro y cuando las nuevas estaciones acumulen una mayor cantidad de datos en sus series de registros, la Región de O'Higgins podrá contar con una estación por cada 1024 km<sup>2</sup>, hecho altamente auspicioso.

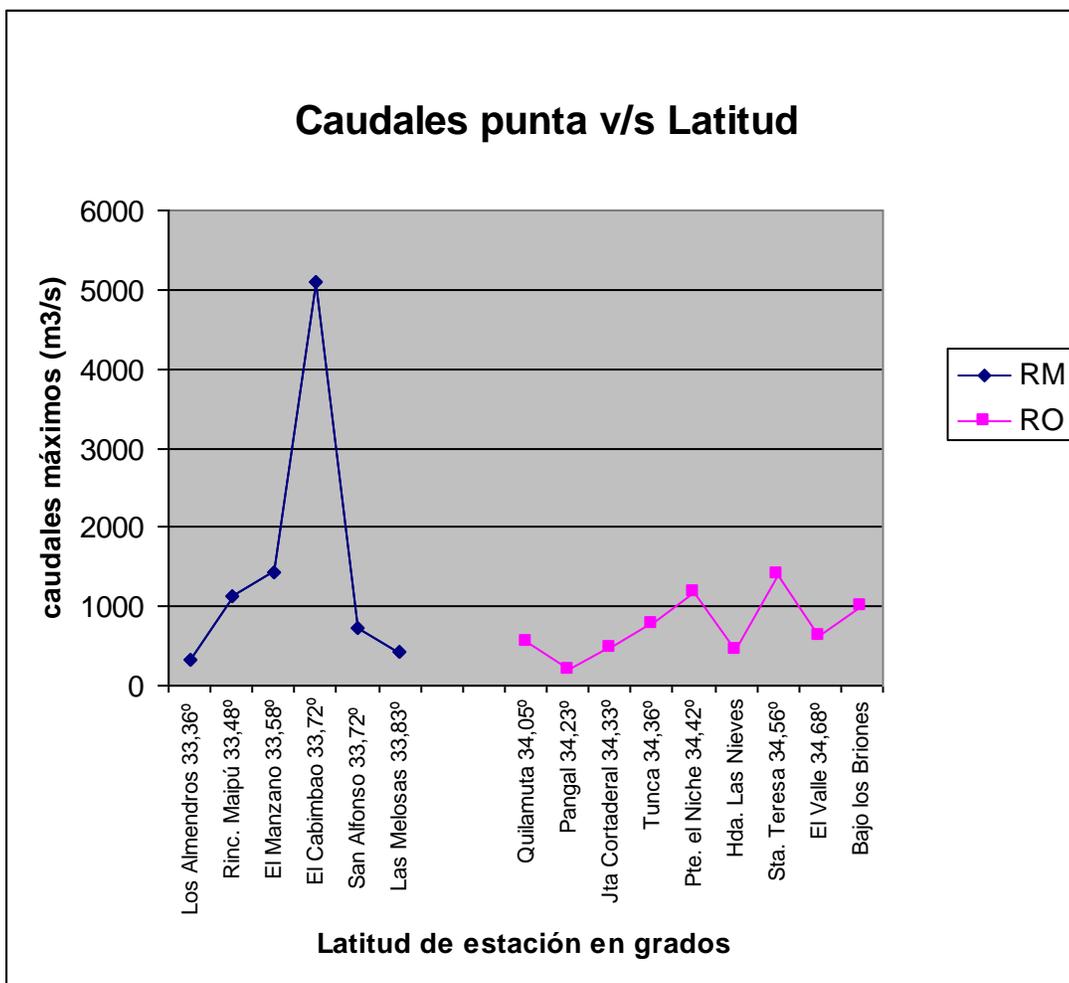
## **7.2.- Obtención de información**

En cuanto a este punto es imprescindible considerar que la información de parámetros estadísticos se calculó con la totalidad de datos proporcionados, de tal forma que no se hizo ningún tipo de completación, lo que le da un carácter fidedigno a la información utilizada. En los casos en que faltó información para uno o más años intermedios, se optó por no completar, como ya se señaló, para no producir sesgos de ninguna forma en la información original. La cantidad de datos en algunos casos y específicamente en algunas estaciones de la Región de Libertador Bernardo O'Higgins, no es muy extensa; por el contrario, existe el caso de estaciones donde no se presentaron muchos años de registro, con estaciones que poseen 2 años de información, lo que da cuenta de la instalación reciente de estas unidades.

Llama la atención que exista carencia de datos en años recientes como desde el año 1993-2007 en la estación Río Maipo en el Cabimbao. Ott (1971), citado por Linsley *et al* (1988), propone que con un registro de 20 años, la probabilidad es del 80% de que el caudal de diseño sea sobrestimado y que el 45% de los valores sobrestimados excedan en más de un 30% el valor real. Debido a esto, se recomienda usar series de datos superiores a 20 años, para un análisis de frecuencia más preciso. Otros autores, como Pizarro *et. al.* (1986), señala que se necesita de 15 años, como mínimo, para realizar inferencias estadísticas con una precisión mínimamente aceptable.

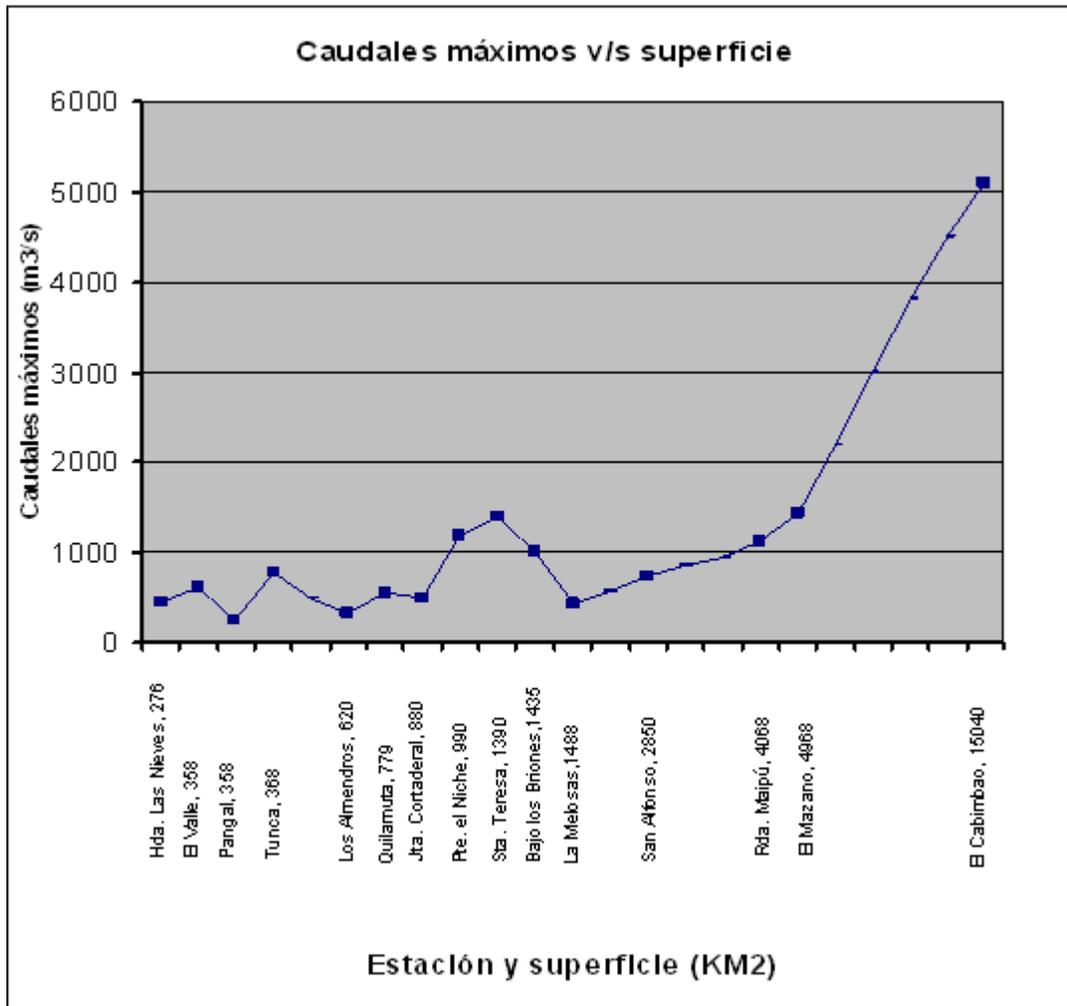
### 7.3 Comportamiento de los caudales máximos instantáneos según latitud de cada estación y superficie

A continuación se presentan la siguiente Figuras N°5, que indica cómo se comportan los caudales punta, a medida que la ubicación de cada estación presente en el estudio (tanto Región Metropolitana, como Región del Libertador Bernardo O'Higgins), se encuentre geográficamente más al sur, de tal forma de comprender si existe alguna tendencia a aumento de los caudales máximos en forma latitudinal.



Figuras N°5: Caudales máximos según latitud de cada estación.

Como se puede apreciar, no existe una relación clara entre los caudales máximos registrados y la latitud de la estación. Por lo tanto, se realizó una gráfica entre los caudales punta máximos observados y la superficie de la cuenca, cuyos resultados se presentan en la figura N°6.



**Figuras N°6: Caudales máximos con respecto a la superficie de cada estación.**

Las estaciones de la Región Metropolitana, que pertenecen a las cuencas del Río Maipo y Mapocho, presentan valores más altos de caudales y a su vez están ubicadas en las superficies más grandes. Esto confirmaría que mientras más grande es la zona de aportación de aguas, los registros de caudales punta serían mayores. Una estación que lo representa evidentemente es la estación Río Maipo en el Cabimbao (15.040 km<sup>2</sup>), en la cual su caudal máximo alcanza los 5.095,36m<sup>3</sup>/s.

#### 7.4.- Relación entre los caudales máximos instantáneos y la superficie, para ambas regiones

A continuación se presentan las Tablas N°32 y N°33, que muestran la relación existente entre los caudales máximos ( $m^3/s$ ), y la superficie ( $km^2$ ) de la cuenca, para ambas regiones.

##### 7.4.1. Región Metropolitana

Tabla N°32: Caudales punta con respecto a la superficie de la cuenca.

Estaciones	Superficie de la Cuenca ( $Km^2$ )	Caudal punta máximo ( $m^3/s$ )	Relación entre caudal punta y superficie ( $m^3/s/Km^2$ )
Río Maipo en el Manzano, Cuenca del Maipo	4968	1430,32	0,288
Río Maipo en el Cabimbao Cuenca del Maipo	15040	5095,36	0,339
Río Maipo en las Melosas Cuenca del Maipo	1488	427,68	0,287
Río Maipo en San Alfonso Cuenca del Maipo	2850	740,4	0,260
Río Mapocho en los Almendros Cuenca del Mapocho	620	330,19	0,533
Río Mapocho en Rinconada de Maipú Cuenca del Mapocho	4068	1124,67	0,276

## 7.4.2. Región del Libertador Bernardo O'Higgins

Tabla N°33: Caudales punta con respecto a la superficie de la cuenca.

Estaciones	Superficie de la Cuenca (Km <sup>2</sup> )	Caudal punta máximo (m <sup>3</sup> /s)	Relación entre caudal punta y superficie (m <sup>3</sup> /s/Km <sup>2</sup> )
Estero Alhué en Quilamuta, Cuenca del Maipo	779	547,2	0,702
Estero Nilahue en Santa Teresa, Cuenca Costera Rapel-Nilahue	1390	1396,7	1,005
Estero Zamorano en Puente el Niche, Cuenca del Rapel	990	1189,06	1,201
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal, Cuenca del Rapel	880	486,8	0,553
Río Claro en El Valle, Cuenca del Rapel	358	621,1	1,735
Río Claro en Hacienda Las Nieves, Cuenca del Rapel	276	451,36	1,635
Río Claro en Tunca, Cuenca del Rapel	368	775,21	2,107
Río Pangal en Pangal, Cuenca del Rapel	358	188,48	0,526
Río Tinguiririca Bajo Los Briones, Cuenca del Rapel	1435	1007,3	0,702

Al parecer existe una tendencia inversa en que a mayor superficie, el coeficiente  $Q_p/S$ , tiende a disminuir, como lo muestra la figura N°7.

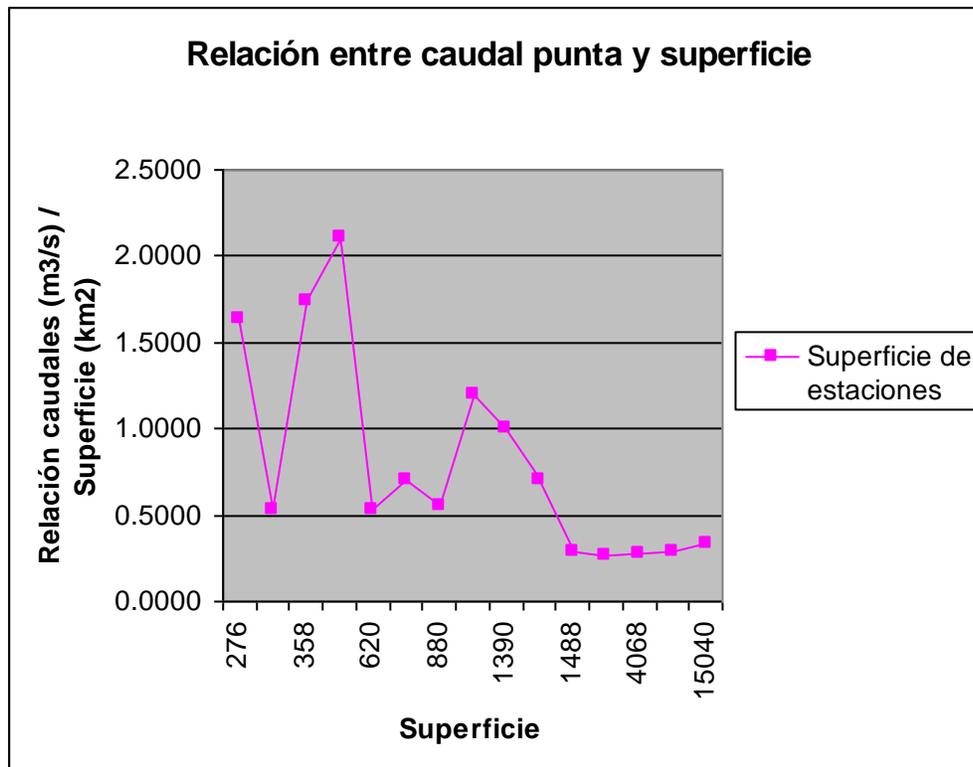
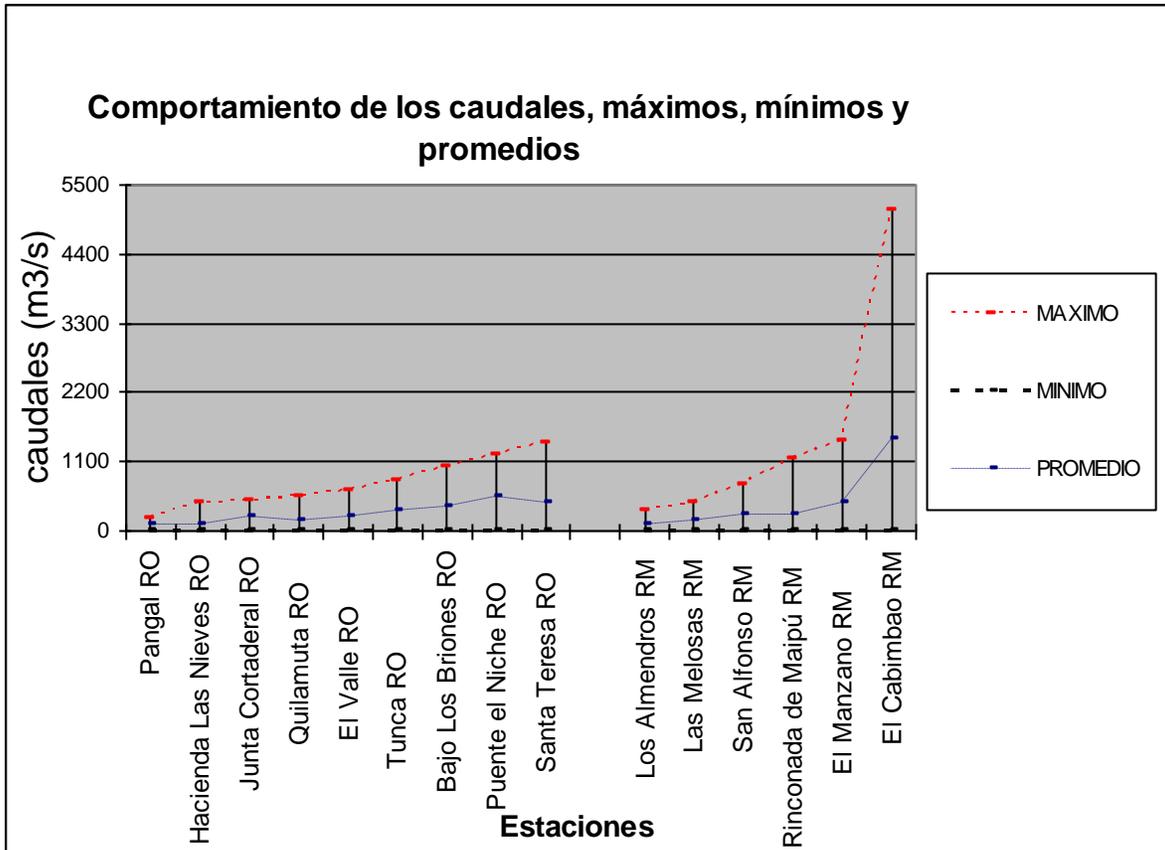


Figura N°7: Gráfico de relación entre coeficiente  $Q_p/s$  y superficie.

### 7.3.- Comportamiento global de los Caudales punta máximos, mínimos y promedios

En general los datos de caudales máximos presentan una alta variabilidad, en los registros de ambas regiones, y difieren mucho en algunos casos en el total de años dentro de una estación, presentándose en algunos casos datos extremos muy variables, entre las estaciones pertenecientes a una misma zona de estudio. Esta variabilidad se encuentra representada en la Figura N°7, la cual muestra el comportamiento de los caudales máximos, mínimos y promedios de todas las estaciones pertenecientes a ambas regiones, considerando para ello a las estaciones de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins y luego las de la Región Metropolitana.



**Figura N°8: Gráfico del comportamiento de los caudales punta (máximos y mínimos) y promedio entre todas las estaciones de ambas regiones.**

Como se puede observar en la figura N°8, para la Región Metropolitana, la estación que presenta un valor promedio mayor es la estación el Cabimbao, con 1.443,5 m<sup>3</sup>/s, la cual está ubicada en la sub-cuenca Maipo bajo y abarca una superficie de 15.040 Km<sup>2</sup>. La estación que posee un promedio menor dentro de dicha Región, es Los Almendros, con un valor mas de 13 veces menor, la cual alcanza los 84,4 m<sup>3</sup>/s; esta estación, se encuentra en la sub-cuenca del Río Mapocho alto y posee una superficie de 620 Km<sup>2</sup>.

Para el caso de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, los caudales promedio se presentan con valores similares en la mayoría de sus estaciones, donde el caudal promedio máximo se presenta en la estación Puente el Niche, alcanzando 544 m<sup>3</sup>/s, la cual está ubicada en la sub-cuenca del Cachapoal bajo, con una superficie de 990 Km<sup>2</sup>. Mientras que la estación con un menor promedio es

Pangal con 100 m<sup>3</sup>/s, estación ubicada en la sub-cuenca del Cachapoal alto, la cual posee 590 Km<sup>2</sup>. Dichas diferencias podrían atribuirse al régimen de precipitaciones que posee cada cuenca, ya que en este caso el tamaño de las superficies, demuestra que la estación que abarca una mayor zona de aporte, posee un muy superior promedio de caudales máximos registrado.

En cuanto a los caudales máximos, la estación El Cabimbao de la Región Metropolitana se escapa con un valor de 5.095 m<sup>3</sup>/s, donde los valores máximos de todas las estaciones, se encuentran muy por debajo del valor señalado.

En el caso de los caudales punta mínimos, éstos no presentan mayor aumento en ninguna de las 2 Regiones, manteniéndose en valores ínfimos, solo escapándose en la estación Rio Maipo en el Cabimbao, con 14,5 m<sup>3</sup>/s.

Los registros de ambas Regiones, presentan algunas estaciones con datos extremos en algunos años. En base a esta consideración, Ashkar *et al*, (1994), definen que los "outliers", presentados en las series históricas pueden definirse como valores extremos, los cuales son muy superiores a los demás. Estos datos extremos se pueden explicar de la Tabla N°3, para el caso de la Región Metropolitana, donde el 80% de los caudales máximos representados en las 6 estaciones presentes, se registran en el período 1986-1991, un período de gran cantidad de lluvias, y en donde un tercio de los registros corresponde al año 1986.

De la misma forma el 50% de las estaciones, presentó el menor caudal mínimo registrado en el año 1968, lo que reflejó un año de sequía.

En el caso de la Región del Libertador Bernardo O`Higgins, el 25% de las estaciones coincide en que el caudal máximo se presenta el año 2006, (Tabla N°4), lo que podría indicar que existe un aumento de los caudales en el último tiempo, pero no es del todo seguro, debido a que esta Región presenta una gran cantidad de estaciones instaladas en años muy recientes.

### 7.3.1- Coeficiente de variación

Con el fin de conocer qué proporción existe entre las medias de los caudales máximos y sus desviaciones típicas, y poder entender de mejor forma el porcentaje de variabilidad existente entre los valores presentados para cada una de las estaciones de ambas regiones, se procedió a calcular el Coeficiente de variación, el cual está dado por la siguiente fórmula:

$$Cv = \frac{s}{x} * 100$$

Para esto, la Figura N°9 presenta el Coeficiente de variación para las Regiones Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins, respectivamente.

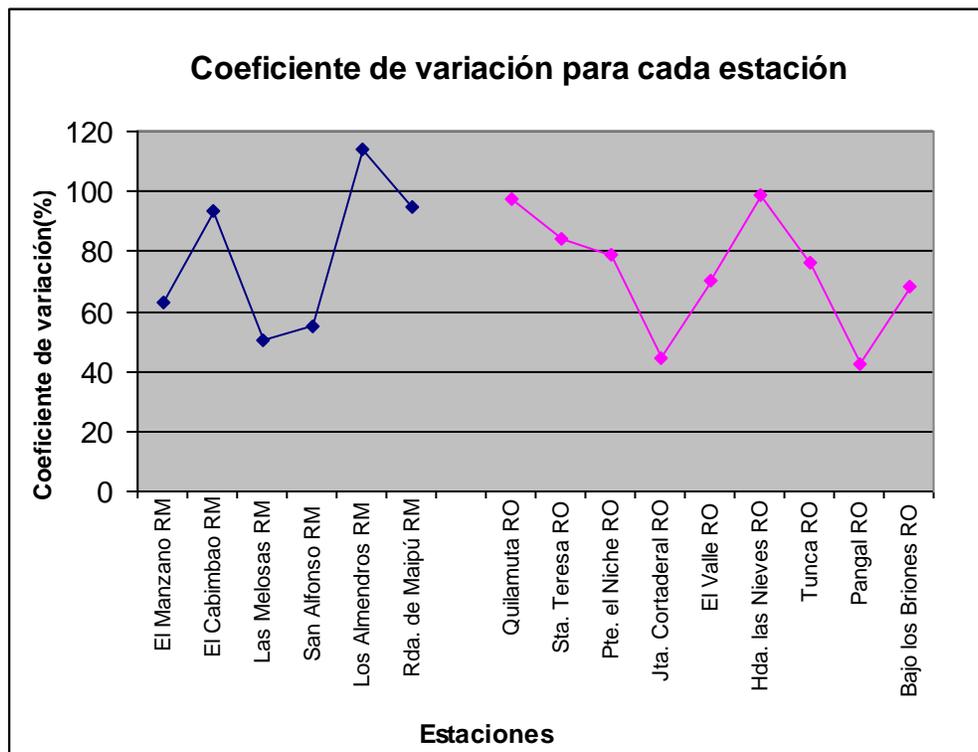


Figura N°9: Coeficiente de variación para todas las estaciones presentes en el estudio

En las estaciones de la Región Metropolitana, el coeficiente de variación más alto lo presenta la estación Río Mapocho en los Almendros, alcanzando un valor del 114%, lo que es muy alto e indicaría que los datos están muy dispersos. Para el caso de la Región del Libertador Bernardo O`higgins, se alcanzan valores cercanos al 100% en 2 estaciones, a saber, Quilamuta y Hacienda las Nieves, mientras que el resto de las estaciones se encuentra con valores que fluctúan entre el 40% y el 80% del coeficiente de variación.

#### **7.4.- Calidad de los ajustes**

En la Región Metropolitana y de acuerdo al test de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, aplicado en las 4 funciones, (Gumbel, Goodrich, Log-Normal y Pearson Tipo III), para las series anuales de caudales máximos, los resultados presentan un 75% de aceptación. En términos específicos las funciones Gumbel, Log-Normal y Pearson Tipo III presentan un 100% de aceptación, mientras que la función Goodrich obtiene un 0% de aceptación en el test K-S.

En cuanto a la Región del Libertador Bernardo O`Higgins, las 4 funciones consideradas entregar un 100% de aceptación a dicha prueba de bondad de ajuste.

Con respecto al coeficiente de determinación  $R^2$ , éste alcanzó una bondad de ajuste promedio de un 89,53%, para la Región Metropolitana. Este valor se ve disminuído debido a que la función Goodrich, presentó un  $R^2$  más bajo (69,3%).

En tanto, en la Región del Libertador Bernardo O`Higgins, el  $R^2$  presentó un promedio de 93%, lo que es bastante bueno y señala que el comportamiento de la FDP, alcanzó resultados satisfactorios.

A continuación se presentan los resultados entregados por ambas pruebas en las Tablas N°34 y N°35.

**Tabla N°34: Bondad Promedio del  $R^2$ , para el Conjunto de Estaciones, de ambas Regiones.**

Función	Región Metropolitana Promedio $R^2$ (%)	Región de O`Higgins Promedio $R^2$ (%)	Promedio
Gumbel	95,45%	95,45%	95,43%
Log-Normal	98%	93,88%	95,94%
Goodrich	69,3%	87,75%	78,53%
Pearson Tipo III	95,4%	94,92%	95,16%
Promedio	89,53%	93%	

**Tabla N°35: Porcentaje Promedio, de aceptación de K-S para el Conjunto de Estaciones, de ambas Regiones.**

Función	Región Metropolitana Porcentaje de aceptación	Región de O`Higgins Porcentaje de aceptación	Promedio
Gumbel	100%	100%	100%
Log-Normal	100%	100%	100%
Goodrich	0%	100%	50%
Pearson Tipo III	100%	100%	100%
Promedio	75%	100%	

Por lo tanto, se puede determinar que las funciones Gumbel, Log-Normal y Pearson Tipo III, presentan los valores más altos de  $R^2$  (cercaos al 95%), y un 100% de aceptación de K-S, por lo que podría decirse que las 3 funciones son adecuadas para el ajuste de caudales máximos. Si bien la función Log Normal presenta un  $R^2$ , promedio, levemente más alto (95,94%), se recomienda utilizar la función de Gumbel, debido a que es la más fácil de determinar, dado que presenta una menor cantidad de parámetros a estimar.

## 7.5.- Caudales Máximos y Mínimos con el Respeto al Promedio Histórico

Para conocer con qué cantidad de datos las estaciones de ambas regiones superan los promedios históricos y cuántos están por debajo de este valor, además de conocer la relación existente entre los caudales máximos con respecto a los promedios y los mínimos, se presenta a continuación la Tabla N°36, siguiendo el orden respectivo ya realizado anteriormente; primero, considerando las estaciones de la Región Metropolitana y luego las de la Región del Libertador Bernardo O`Higgins.

**Tabla N°36: Cantidad de datos por encima y debajo del promedio de caudales, y relación entre caudales máximos con respecto a medios y mínimos.**

<b>Estaciones Región Metropolitana</b>	<b>Nº de datos sobre el promedio histórico (%)</b>	<b>Nº de datos bajo el promedio histórico (%)</b>	<b>Qmax/ Qmedio</b>	<b>Qmax/ Qmin</b>
el Manzano	42%	58%	3,3	99
el Cabimbao	34%	66%	3,5	3714
las Melosas	41%	59%	2,6	11880
San Alfonso	35%	65%	2,8	90
los Almendros	39%	61%	3,9	8255
Rinconada de Maipú	35%	65%	4,4	810
<b>Estaciones Región de O`Higgins</b>				
Quilamuta	39%	61%	3,2	109440
Santa Teresa	39%	61%	3,1	1396700
Puente el Niche	43%	57%	2,2	2530
Junta Cortaderal	42%	58%	2,2	192
El Valle	34%	66%	2,8	6607
Las Nieves	42%	58%	4,1	919
Tunca	50%	50%	2,3	179
Pangal	39%	61%	1,9	1866
Bajo Los Briones	35%	65%	2,7	473

Existe una relación cercana entre los caudales máximos con respecto a los caudales promedio, debido a que no los superan en más de 4 veces. En cuanto a los caudales máximos con respecto a los caudales mínimos, la diferencia es muy grande, debido a que los valores de los mínimos registrados son casi despreciables.

En cuanto al promedio histórico, para la Región Metropolitana, todas las estaciones presentes, poseen un mayor porcentaje de datos que están por debajo de éste; estos porcentajes fluctúan levemente alrededor del promedio que es de un 62%.

En el caso de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, existe solo una estación que presenta la misma cantidad de registros tanto por sobre como por debajo del promedio histórico (Estación Tunca), mientras que las demás estaciones, también presentan valores cercanos a un 60% por bajo el promedio histórico, y por ende el 40% restante sobre dicho promedio.

Lo expuesto con anterioridad, puede ser representado gráficamente, para lo cual se tomaron las estaciones El Cabimbao en la Región Metropolitana y la estación Hacienda Las Nieves en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, a modo de ejemplo.

Así, ambas gráficas demuestran que la mayoría de los datos se encuentran por bajo el promedio; esto da cuenta de la variabilidad de la información y en donde los caudales altos son valores esporádicos que ayudan a generar un promedio que supera a la mayoría de los datos de la serie.

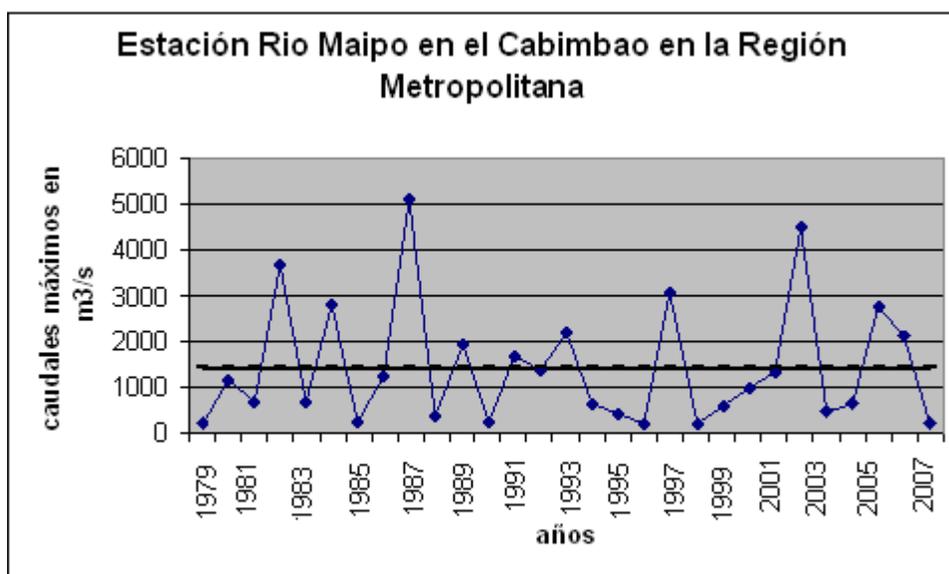
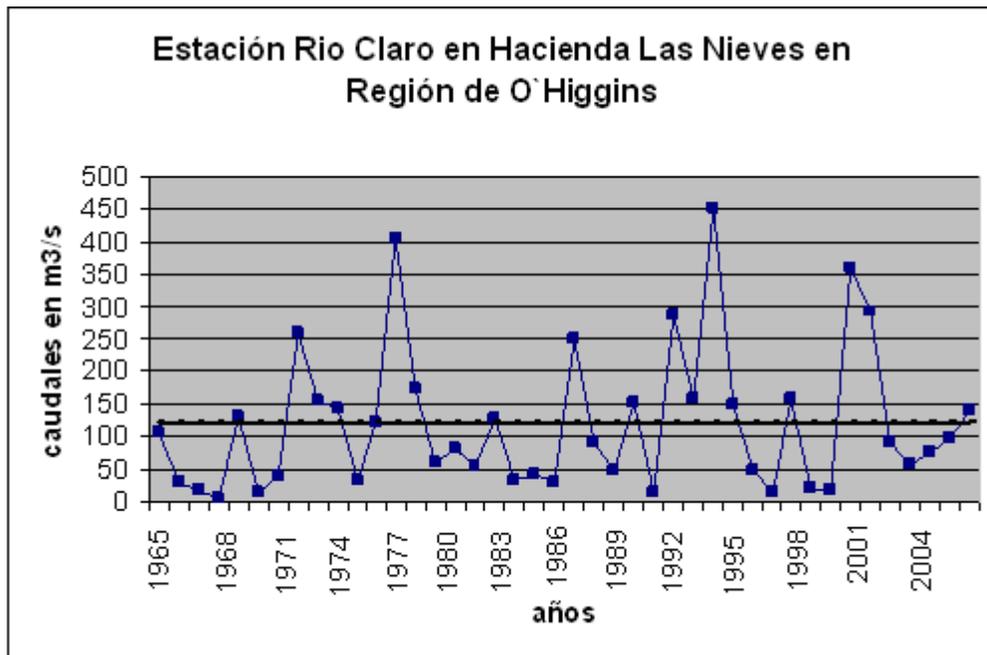


Figura N°10: Caudales máximos instantáneos anuales, estación río Maipo en el Cabimbao



**Figura N°11: Caudales máximos instantáneos anuales, estación río Maipo en el Cabimbao**

Se puede observar gráficamente que existen en algunos casos los denominados outliers o extremos dentro de la serie, que en este caso representa el período 1979-2007. La presencia de estos datos se puede deber a la ocurrencia de máximos históricos de las series, derivadas de lluvias excepcionalmente grandes y debido a la directa relación entre las precipitaciones y los caudales máximos (Muñoz, 2004).

### 7.6.- Variabilidad Regional

Con el fin de comprender la relación y el comportamiento existente entre los caudales que se presentaron en este estudio, se elaboró un índice relativo de magnitud de crecidas para ambas Regiones, el cual representa la relación existente entre la estación que presenta el mayor caudal, y las demás estaciones con distintos valores de caudal.

En este índice, se consideraron los valores reales empíricos y los valores para períodos de retorno T=30 y T=50, al igual que en el estudio similar realizado por Aguilera (2007), el cual queda definido con la siguiente expresión:

$$IRmc = \frac{Q_{\max} E_{\text{mayor}}}{Q_{\max} i}$$

Donde:

*IRmc* = Índice relativo de magnitud de crecidas

*Q max E mayor* = Caudal máximo anual de la estación con el valor mayor

*Q max i* = Caudal máximo estación i

Para la Región Metropolitana, se consideró como estación patrón, a la estación El Cabimbao. Mientras que para la Región del Libertador Bernardo O`Higgins, lo fue la estación Santa Teresa.

A continuación se presentan las tablas de los resultados del índice de magnitud de crecidas, tanto para los valores reales de caudales máximos, como para los valores probables en los períodos de retorno de 30 y 50 años, con el objetivo de entender sus comportamientos a través del tiempo

**Tabla N°37: Caudales máximos reales, para estaciones de la Región Metropolitana.**

Estaciones	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) (T=30)	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) (T=50)	IRmc		
				Caudales reales	T=30	T=50
Río Maipo en el Cabimbao	5095,4	4387,1	4929,9	1,0	1,0	1,0
Río Maipo en el Manzano	1430,3	1044,3	1155,7	3,6	4,2	4,3
Río Mapocho en Rinconada de Maipú	1124,7	780,6	877,8	4,5	5,6	5,6
Río Maipo en San Alfonso	740,4	589,2	648,5	6,9	7,4	7,6
Río Maipo en las Melosas	427,7	340,6	373,4	11,9	12,9	13,2
Río Mapocho en los Almendros	330,2	294,6	333,3	15,4	14,9	14,8

Donde:

Caudal max: Son los caudales reales máximos de cada serie

Caudal max (T=30): Son los caudales máximos probables para un período de retorno de 30 años

Caudal max (T=50): Son los caudales máximos probables para un período de retorno de 50 años

**Tabla N°38: Caudales máximos reales, para estaciones de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.**

Estaciones	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) (T=30)	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s) (T=50)	IRmc		
				Caudales reales	T=30	T=50
Estero Nilahue en Santa Teresa	1396,7	1298,9	1454,3	1	1	1
Estero Zamorano en Puente el Niche	1189,1	1480,1	1652,8	1,2	0,9	0,9
Río Tinguiririca Bajo Los Briones	1007,3	945,6	1050,1	1,4	1,4	1,4
Río Claro en Tunca	775,2	879,4	980,6	1,8	1,5	1,5
Río Claro en El Valle	621,1	564,6	627,5	2,2	2,3	2,3
Estero Alhué en Quilamuta	547,2	540,7	608,6	2,6	2,4	2,4
Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	486,8	436	475,6	2,9	3,0	3,1
Río Claro en Hacienda Las Nieves	451,4	345,2	388,7	3,1	3,8	3,7
Río Pangal en Pangal	188,5	192,2	209,3	7,4	6,8	6,9

Donde:

Caudal max: Son los caudales reales máximos de cada serie

Caudal max (T=30): Son los caudales máximos probables para un período de retorno de 30 años

Caudal max (T=50): Son los caudales máximos probables para un período de retorno de 50 años

Como se puede observar en la tabla N°38, la estación Río Maipo en el Cabimbao, sobrepasa 15,4 veces el caudal máximo real, de la estación río Mapocho en Los Almendros, donde esta estación es la que presenta los valores más bajos, y se mantiene a través del tiempo, tanto para 30 como para 50 años.

En cuanto a La Región de O'Higgins, los valores observados en la Tabla N°39, muestran que la estación Río Nihue en Santa Teresa, es la que presenta un mayor valor de caudal máximo y al ser comparado con la estación Río Pangal en Pangal, ésta la supera en 7,4 veces, disminuyendo en T = 50 a 6,9 veces.

### **7.7.- Comportamiento de los caudales máximos a través del tiempo**

De tal forma de ampliar este análisis y conocer de mejor forma el comportamiento de los caudales máximos a través del tiempo en la zona central del país, se consideró incluir adicionalmente información fluviométrica de 3 estaciones de la Región del Maule, analizadas en el estudio realizado por Aguilera en el 2007, de modo de ejemplificar de forma más clara, la tendencia de estos caudales a través del tiempo.

Para esto, se consideró graficar 3 estaciones por Región, cuyos nombres y períodos son presentados en la siguiente tabla.

**Tabla N°39: Período considerado para cada estación, perteneciente al estudio.**

Región	Estación	Período considerado
Metropolitana	El Manzano	1965-2006
Metropolitana	San Alfonso	1965-2006
Metropolitana	Rinconada de Maipú	1965-2006
O`Higgins	Hacienda Las Nieves	1970-2006
O`Higgins	Quilamuta	1970-2007
O`Higgins	El Valle	1970-2008
Maule	Ancoa	1970-2009
Maule	Purapel	1970-2010
Maule	Quiriquina	1970-2011

Como se puede apreciar para cada Región se seleccionó una estación con un período más extenso (1965-2006) y dos estaciones correspondientes al período 1970-2006. Ello con el fin de analizar los períodos y en el marco de la información con que se cuenta.

La idea es poder hacer un análisis comparativo del comportamiento gráfico de la estación de una Región con respecto a la de otra, y después poder comparar si esa tendencia tiene alguna similitud de tal forma de entender cómo se comportan los caudales punta aportados por una gran cantidad de cuencas de Chile central.

A continuación, se presentan las estaciones pertenecientes a cada una de las 3 regiones estudiadas y su representación gráfica; las restantes estaciones que se consideraron con una amplia cantidad de datos, son presentadas en el Apéndice N°3: Así, las figuras 12, 13 y 14, presentan el comportamiento temporal de los caudales punta, para las estaciones de la Región Metropolitana: Río Maipo en El Manzano (1965-2006), Río Maipo en San Alfonso (1970-2006) y, Río Mapocho en Rinconada de Maipú (1970-2006).

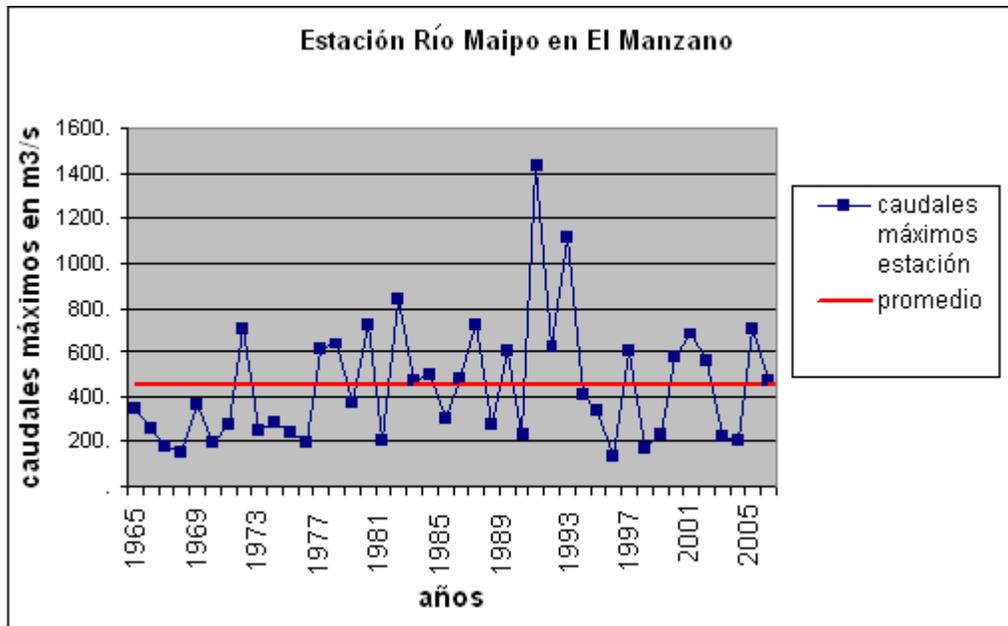


Figura N°12: Caudales máximos estación Río Maipo, en el Manzano de la Región Metropolitana.

De esta gráfica, se desprende que la mayoría de los caudales máximos, han presentado valores entre los 200 m³/s y 800 m³/s, con un promedio de 448 m³/s, escapándose abruptamente en 1991 y 1993, años en los cuales se presentan los valores más altos, alcanzando 1430 m³/s y 1112 m³/s. Posteriormente para los últimos 2 años los valores superan al promedio histórico.

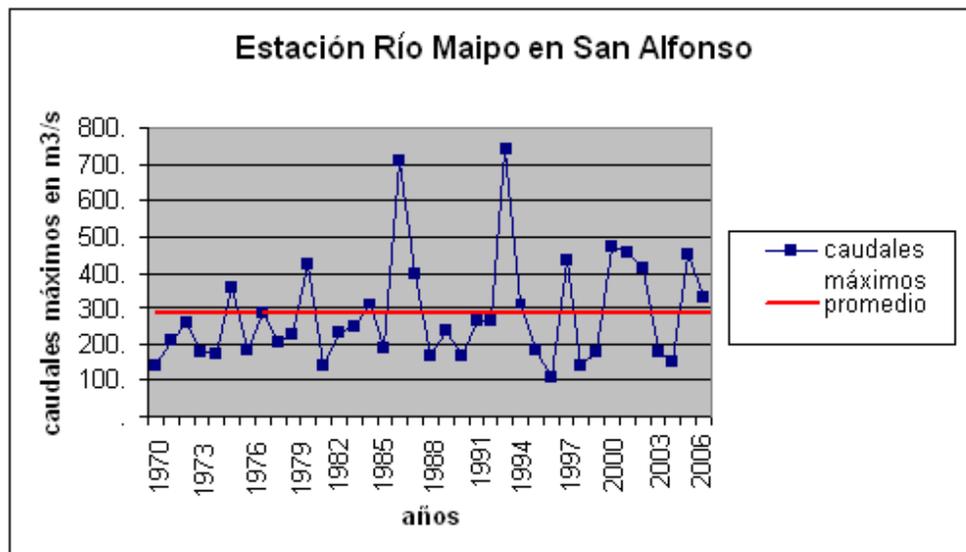
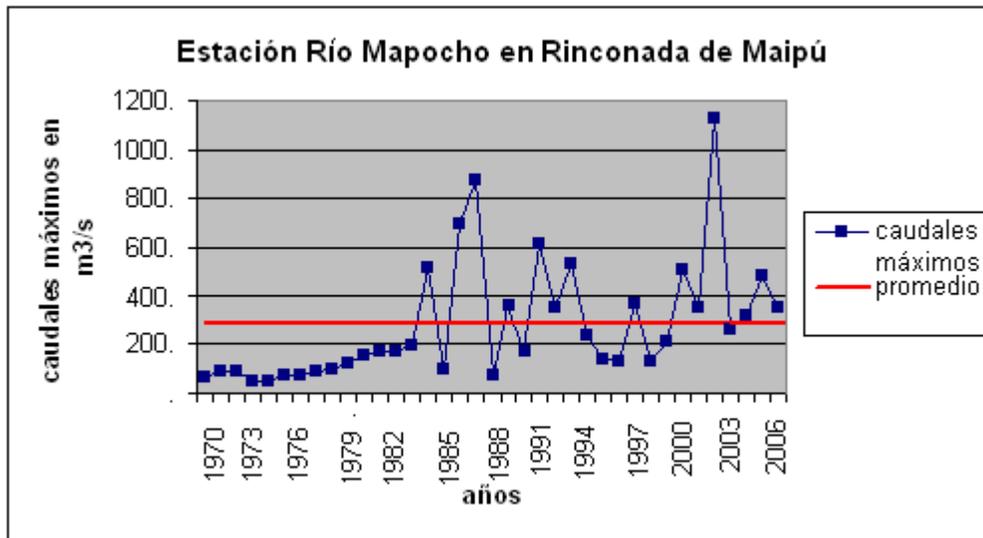


Figura N°13: Caudales máximos estación Río Maipo, en San Alfonso de la Región Metropolitana.

La figura 13, muestra que la mayoría de los caudales máximos, presentan valores entre los 200 m<sup>3</sup>/s y los 400 m<sup>3</sup>/s, con un promedio cercano a los 300 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, en los años 1986 y 1993, también se presentan 2 valores que se escapan de los demás datos, alcanzando 709 m<sup>3</sup>/s y 740 m<sup>3</sup>/s. Pero, desde el 2000 en adelante, se aprecian 4 años de registros, que superan los 400 m<sup>3</sup>/s.

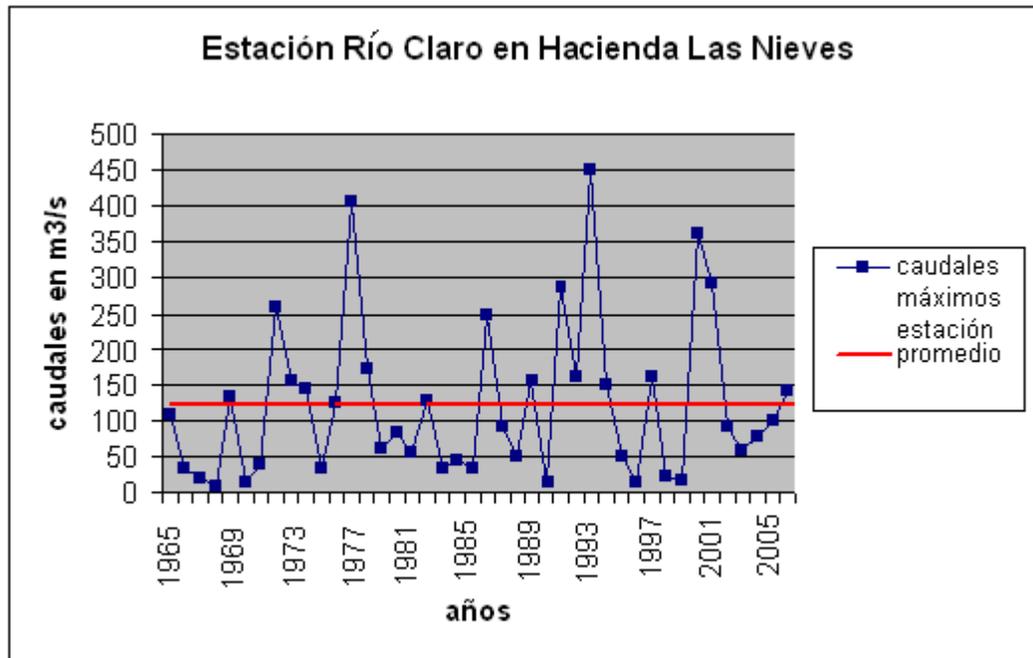


**Figura N°14: Caudales máximos estación Río Mapocho, en Rinconada de Maipú de la Región Metropolitana.**

En la figura 14 se puede apreciar que entre los años 1970 y 1983, se presentan valores por debajo de los 200 m<sup>3</sup>/s, considerando que la media es de 280 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, desde 1984 hasta el 2006, se han presentado 14 de los 26 años con registros por sobre la media.

En el año 2002, se registra un caudal que se escapa de los demás años, alcanzando los 1124 m<sup>3</sup>/s. Desde este año en adelante los valores se han mantenido por sobre el promedio general.

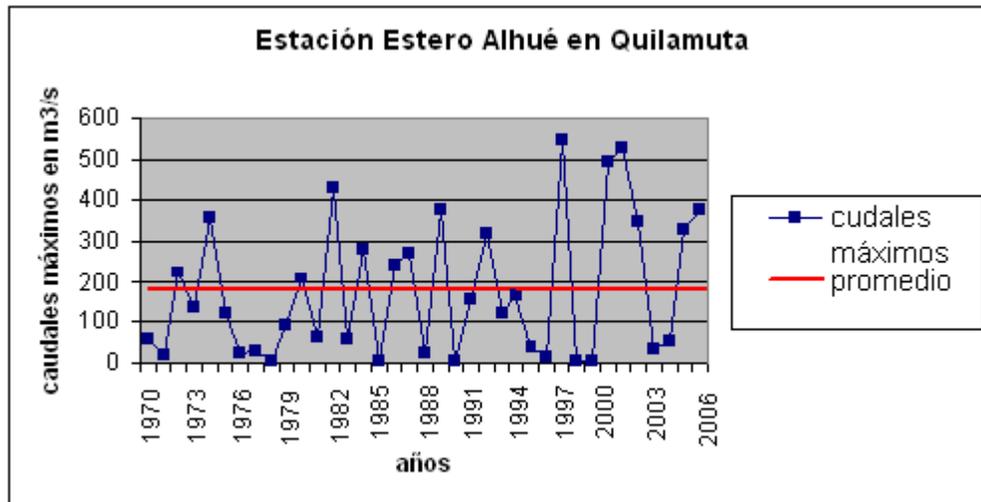
Las figuras 15, 16 y 17, dan cuenta del comportamiento temporal de los caudales punta para las estaciones de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins: Río Claro en Hacienda Las Nieves (1965-2006), Río Maipo en El Manzano (1965-2006), Estero Alhué en Quilamuta, (1970-2006) y, Río Claro en el Valle (1970-2006).



**Figura N°15: Caudales máximos estación Río Claro, en Hacienda Las Nieves de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.**

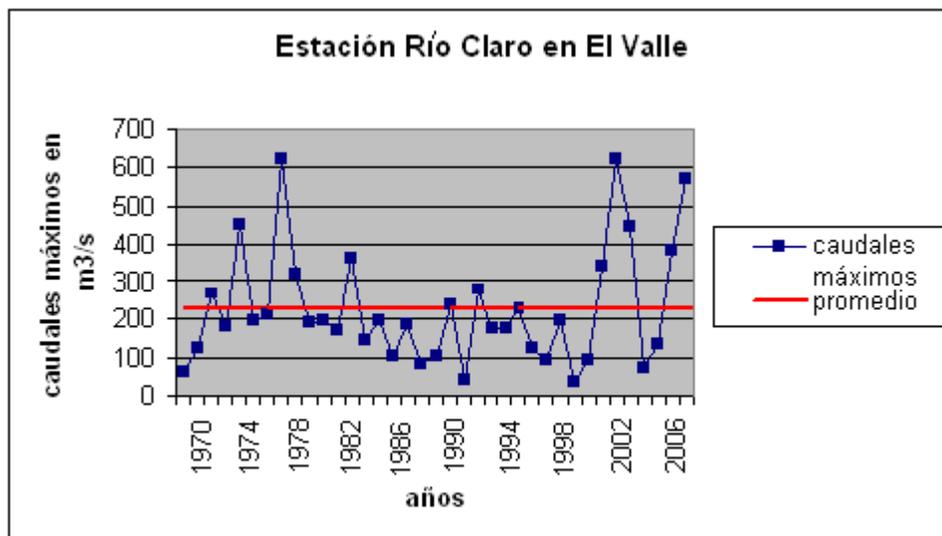
Como se aprecia en la figura 15, esta estación presenta muchos registros que se escapan de la media, como es el caso de los años 1977, 1991, 1993 y 2000, incluso llegando a alcanzar valores cercanos a los 450 m<sup>3</sup>/s (año 1993), considerando que el promedio bordea los 120 m<sup>3</sup>/s.

Por otra parte, se puede apreciar que en los últimos 3 años, los caudales máximos van aumentando paulatinamente, llegando a superar la media en el 2006.



**Figura N°16: Caudales máximos estación Estero Alhué, en Quilamuta, de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.**

En la figura 16, queda claramente demostrado que el registro tiene fluctuaciones, con muchos máximos y mínimos y todos estos valores se aprecian muy alejados de la media, donde el máximo se alcanza en 1997. Es notorio que de 1997 en adelante, se alcanzan 3 caudales punta por sobre o cercanos a 500 m³/s, hecho no registrado anteriormente, ni siquiera en la década del 80.

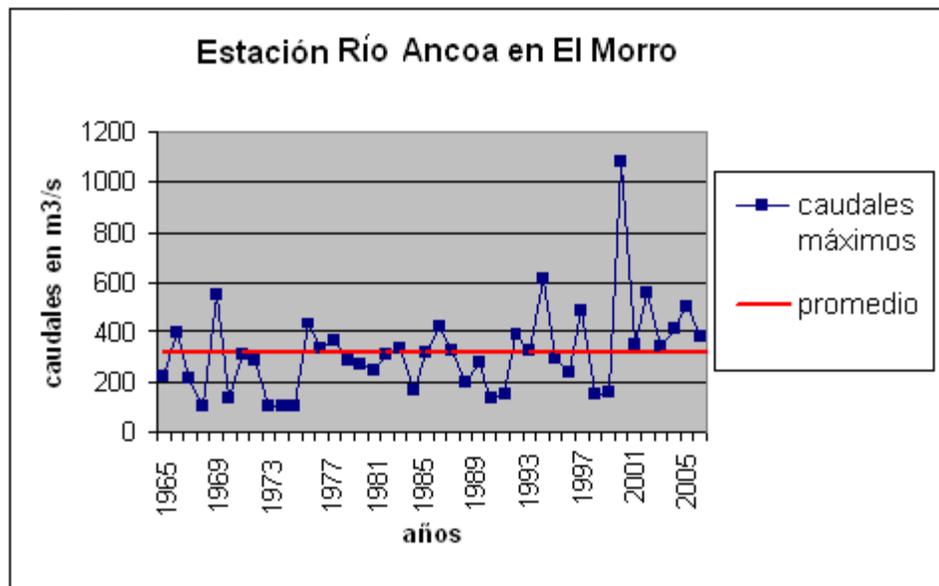


**Figura N°17: Caudales máximos estación Río Claro en el Valle, de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.**

La figura 17 muestra que existe una gran cantidad de caudales registrados desde 1979 hasta 1997, con valores relativamente cercanos o bajos al promedio histórico.

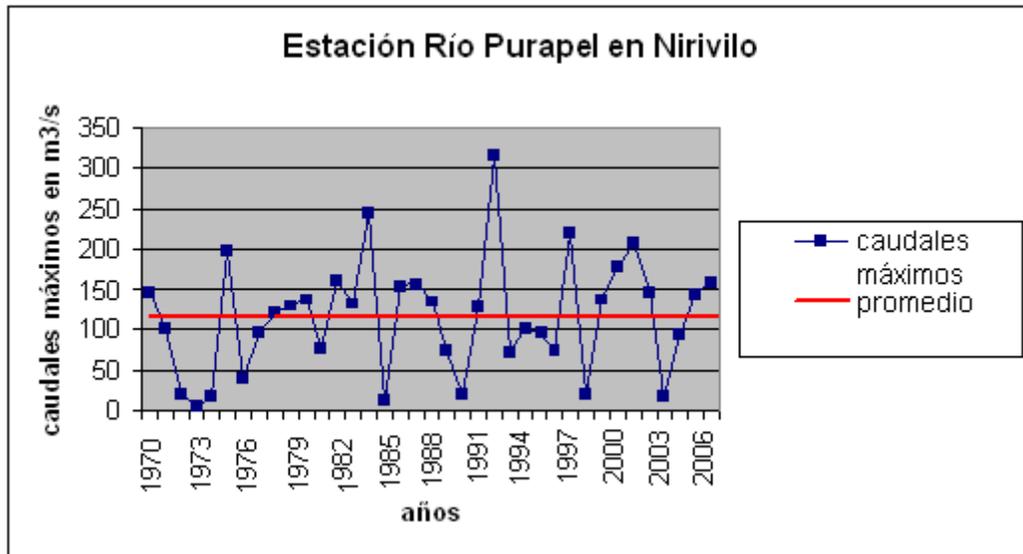
Al calcular un promedio entre los primeros 20 años y los 16 restantes, se puede evidenciar que el primer período entrega un valor de 212 m<sup>3</sup>/s, mientras que el segundo, un valor de 249 m<sup>3</sup>/s, lo que muestra de forma evidente como han aumentado en el último período los caudales, sobre todo desde el 2000 en adelante.

Las figuras 18, 19 y 20, muestran el comportamiento temporal de los caudales punta para las estaciones de la Región del Maule: Estación Río Ancoa en El Morro, (1965-2006), Río Purapel en Nirivilo, (1970-2006) y, Río Longaví en Quiriquina, (1970-2006).



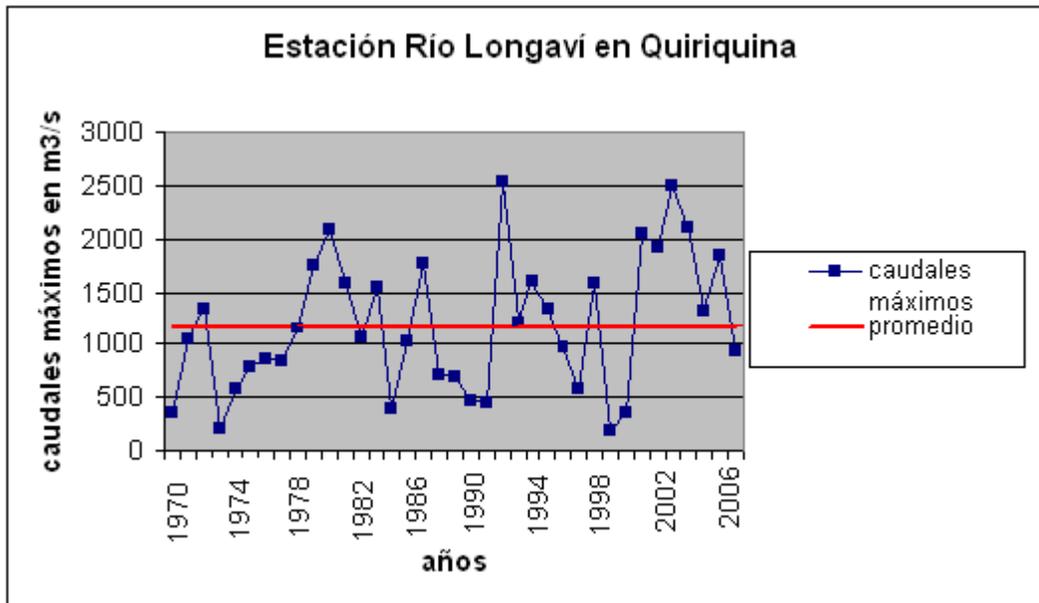
**Figura N°18: Caudales máximos estación Río Ancoa, en el Morro de la Región del Maule.**

El promedio histórico que se registra en esta estación alcanza los 317 m<sup>3</sup>/s. Para el caso de los primeros 10 años, la mayoría de los registros son inferiores a la media. Avanzados los años, los caudales tienden a estabilizarse, en valores que fluctúan entre los 300 m<sup>3</sup>/s y 500 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, se puede apreciar que el año 2000, se registró un caudal máximo muy superior, alcanzando los 1080 m<sup>3</sup>/s; desde entonces los valores no han bajado de la media.



**Figura Nº19: Caudales máximos estación Río Purapel, en Nirivilo de la Región del Maule.**

La figura 19, presenta una tendencia muy marcada, de tal forma que en el transcurso de los años, se presentan datos extremos, ya sea superiores o inferiores a la media. Los mayores valores de caudal se presentan en los años 1975, 1984, 1992, 1997. En los últimos años, al igual que en las figuras anteriores se evidencia un aumento de los caudales punta.



**Figura N°20: Caudales máximos estación Río Longaví, en Quiriquina de la Región del Maule**

El promedio de los caudales punta, para esta estación es de 1180 m³/s, lo que es bastante alto. Sin embargo, si se obtiene un promedio de los primeros 20 años y de los restantes de 16 años, se obtiene para el primer un valor de 1980 m³/s y para el segundo 1998 m³/s. Ello también queda evidenciado, desde el año 2000 en adelante, en donde los cuáles superan notoriamente a la media de esta estación.

## 7.8.- Años con más frecuencias en que existen caudales punta

Con el fin de determinar si los caudales punta, se han presentado en la zona central de Chile en mayores ocasiones en las últimas décadas, se procedió a confeccionar la Tabla N° 40, la cual presenta los períodos de tiempo y la cantidad de máximos que se han registrado en esos períodos, para la comparación de las 3 regiones.

**Tabla N°40: Períodos con mayor frecuencia de existencia de caudales punta.**

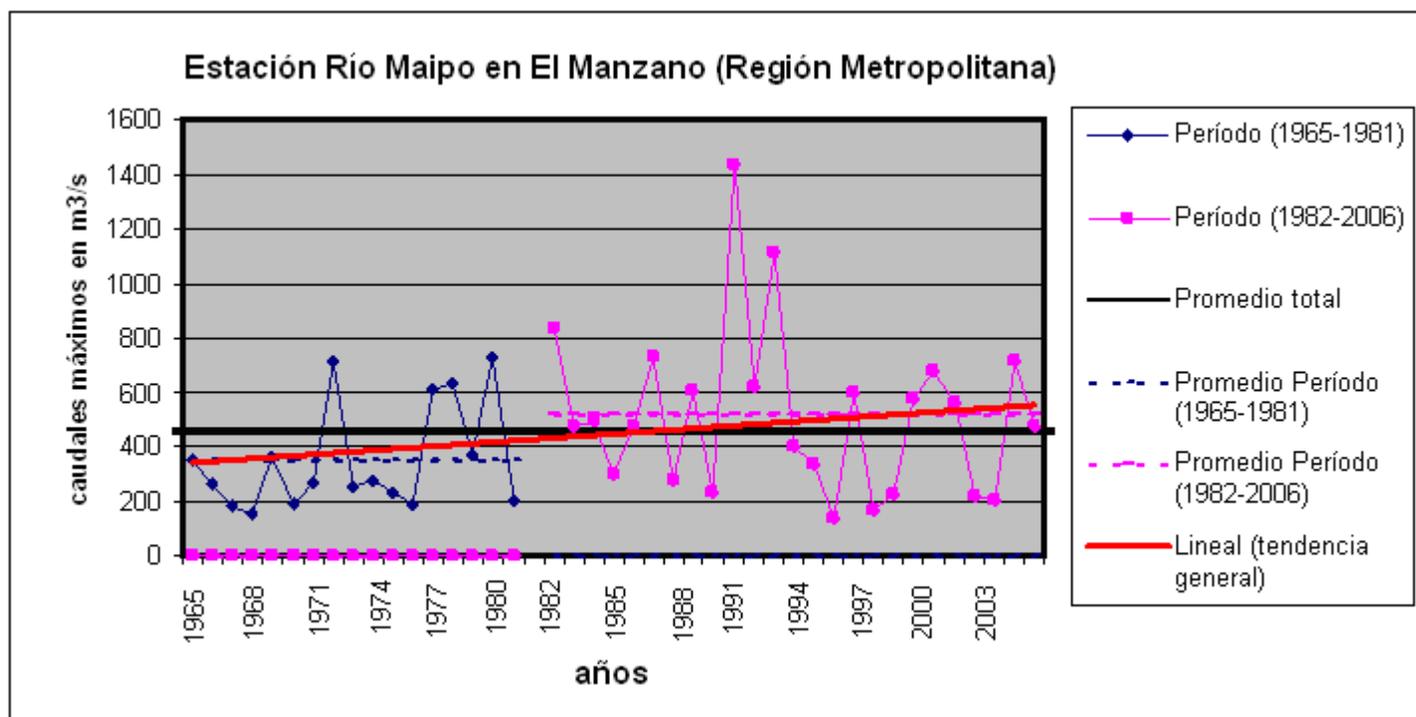
Década	Cantidad de Estaciones con Q punta		
	Metropolitana	B. O'Higgins	Maule
60-69	3	-	-
70-79	1	1	2
80-89	-	-	1
90-99	1	4	3
00-06	1	4	6

Para la región Metropolitana se consideró el total de 6 estaciones presentes, donde se muestra que los valores más altos fueron encontrados en la década de los 60. Para el caso de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, se contemplaron las 9 estaciones en estudio, de las cuales, prácticamente la mitad presenta máximos entre los años 2000-2006. En tanto, para la Región del Maule, se consideraron las 12 estaciones con mayor cantidad de registros presentes en el estudio de Aguilera 2006, donde también se repite que la mayor cantidad de máximos, se presentan en los últimos 6 años.

De manera de entender de mejor forma el comportamiento de los caudales punta observados anteriormente, las series se dividieron en 2 períodos. Así, la serie total que corresponde a los años 1965-2006, se separó en 2 series de datos; la primera consideró los años 1965-1981 y la segunda los años 1982-2006.

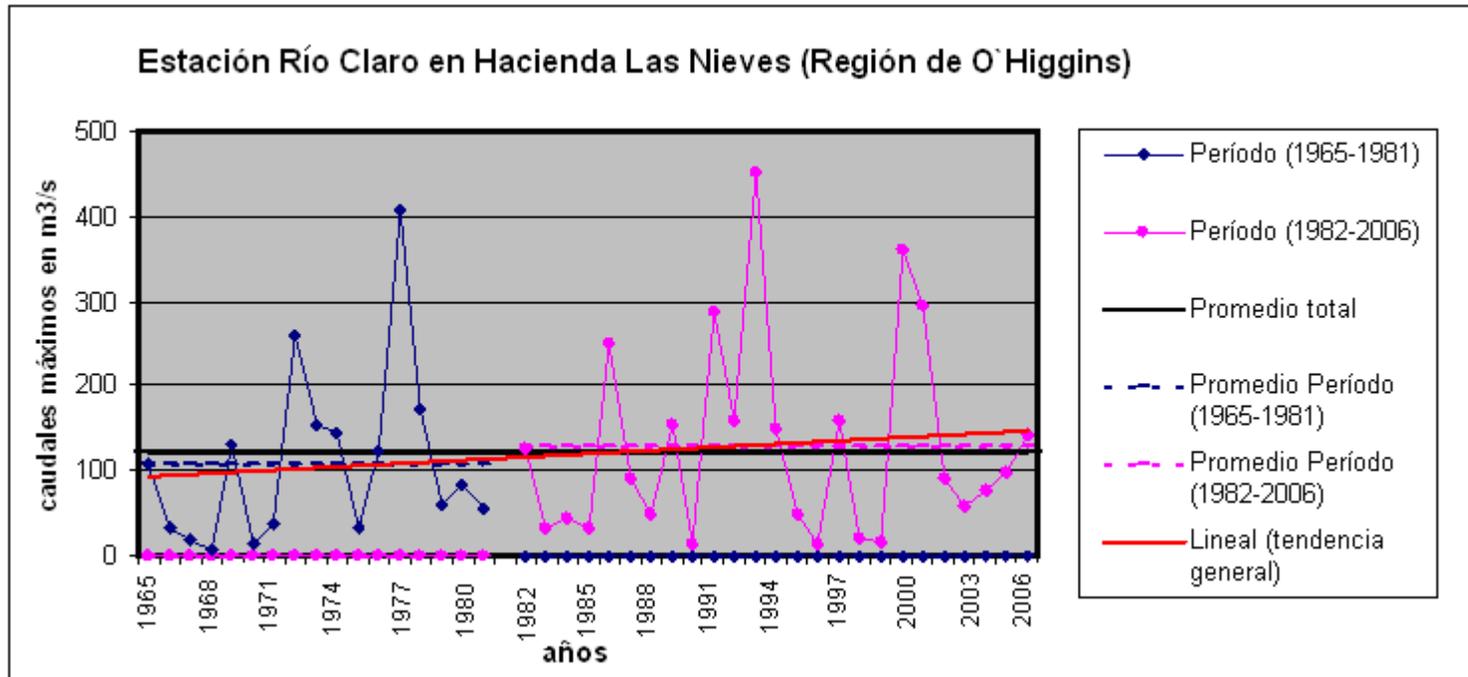
Por otra parte la serie que considera el total de años desde 1970-2006, se separó en los años 1970-1981 y 1982-2006.

Se procedió a graficar cada serie separada en los períodos ya descritos para las 9 estaciones analizadas anteriormente (3 de cada Región), en donde se incluyó el promedio de cada serie, el promedio de la serie total o completa ya visto en las figuras anteriores, y la tendencia de los datos a través del tiempo, para poder conocer con un mayor nivel de detalle, el comportamiento de dichos caudales.



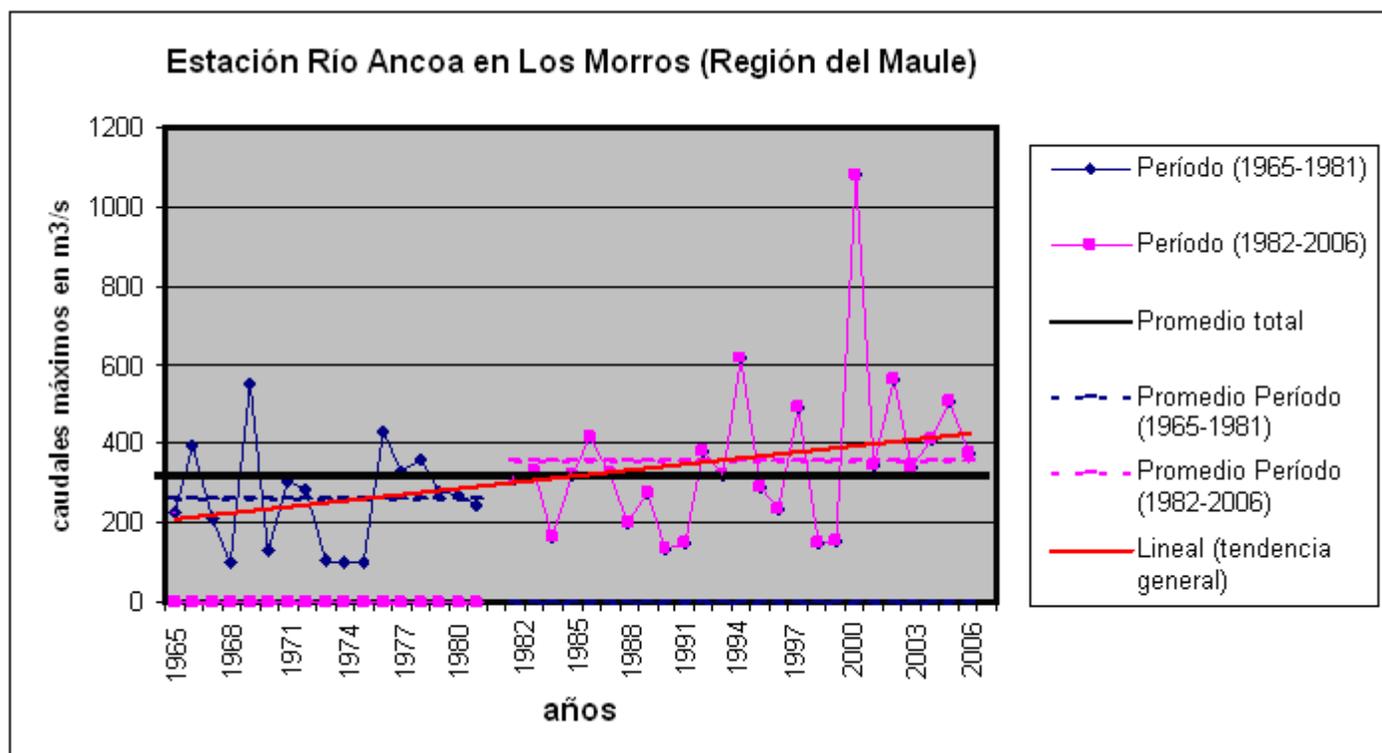
**Figura N°21: Caudales máximos estación Río Maipo, en El Manzano de la Región Metropolitana.**

Se puede observar en un análisis más detallado de los caudales máximos, que el promedio general es de 448 m³/s, mientras que al separar las series, el primer período tiene un promedio de 351 m³/s, y en el caso del segundo período, este promedio alcanza un valor de 513 m³/s. Esto queda demostrado en la línea de tendencia de los datos, que si bien no es tan pronunciada, entrega valores más altos en los últimos años.



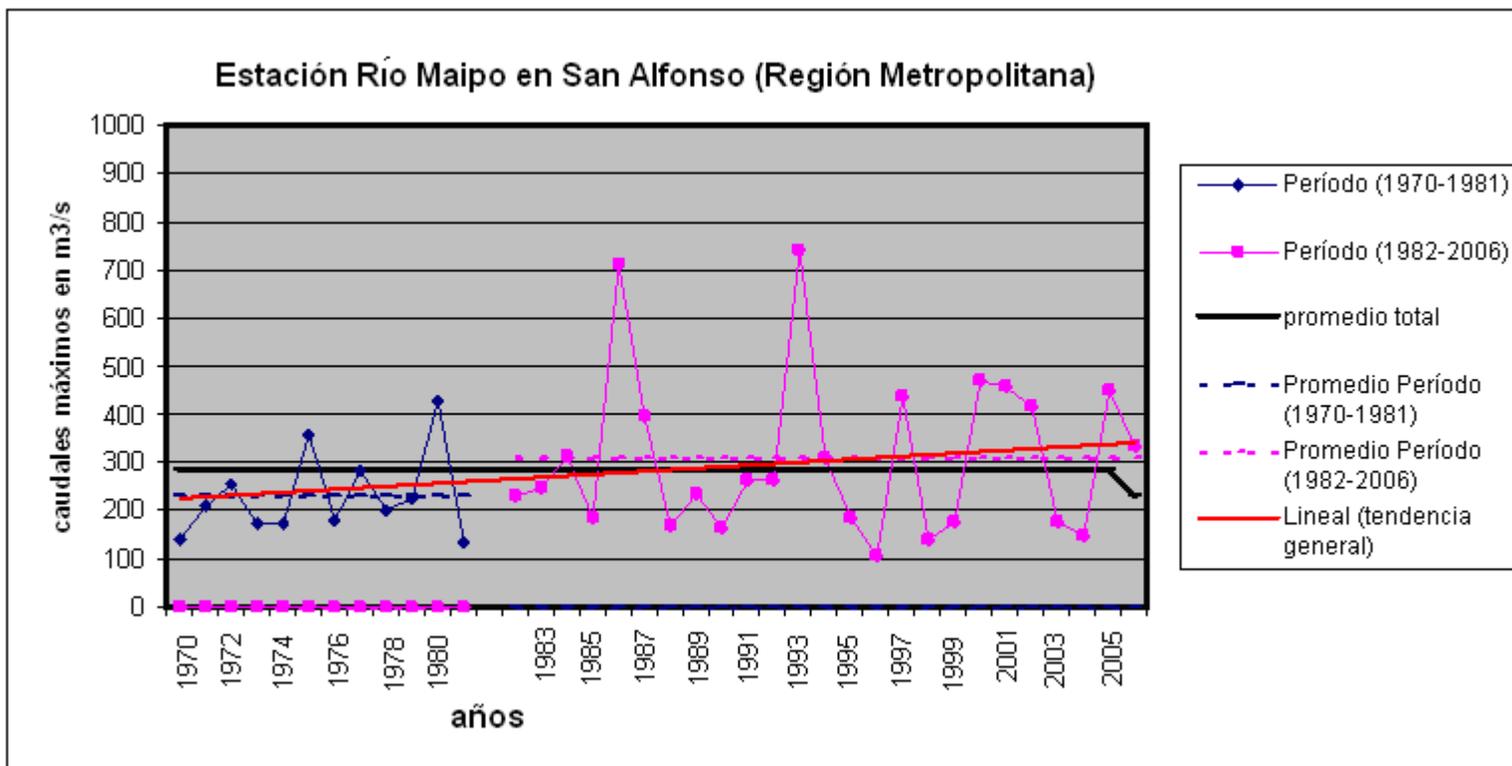
**Figura N°22: Caudales máximos estación Río Claro, en Hacienda Las Nieves de la Región del Libertador Bernardo O`Higgins.**

En esta estación, se presentan más fluctuaciones que en la anterior, donde el promedio general es de 120 m³/s. Para el primer período, el caudal promedio es más bajo también, alcanzando 108 m³/s; en el caso del segundo período este promedio es levemente superior a la media y alcanza un valor de 129 m³/s. En esta estación, la línea de tendencia de los datos es más ascendente que lo que muestra la gráfica de Río Maipo en El Manzano.



**Figura N°23: Caudales máximos estación Río Ancoa, en Los Morros de la Región del Maule.**

Para esta estación, también sus valores son fluctuantes, pero se acercan más a la media, donde el promedio general alcanza los 317 m³/s. Así mismo, para el primer período de datos elegidos, sigue siendo menor con 260 m³/s, y en el caso del segundo período, el caudal promedio es también levemente superior a la media y alcanza un valor de 356 m³/s. Esta gráfica muestra una línea de tendencia general más pronunciada que las anteriores.



**Figura N°24: Caudales máximos estación Río Maipo, en San Alfonso de la Región Metropolitana.**

Se puede observar que los caudales máximos, presentados para la primera estación, presentan un promedio general de 283 m³/s. Pero, en cuanto al período 1, éste es mucho más bajo, alcanzando 230 m³/s, en tanto que el promedio del segundo período es levemente superior con 308 m³/s. Esto queda demostrado en la línea de tendencia general, que también indica ascenso, aunque los datos son muy fluctuantes alrededor de la media.

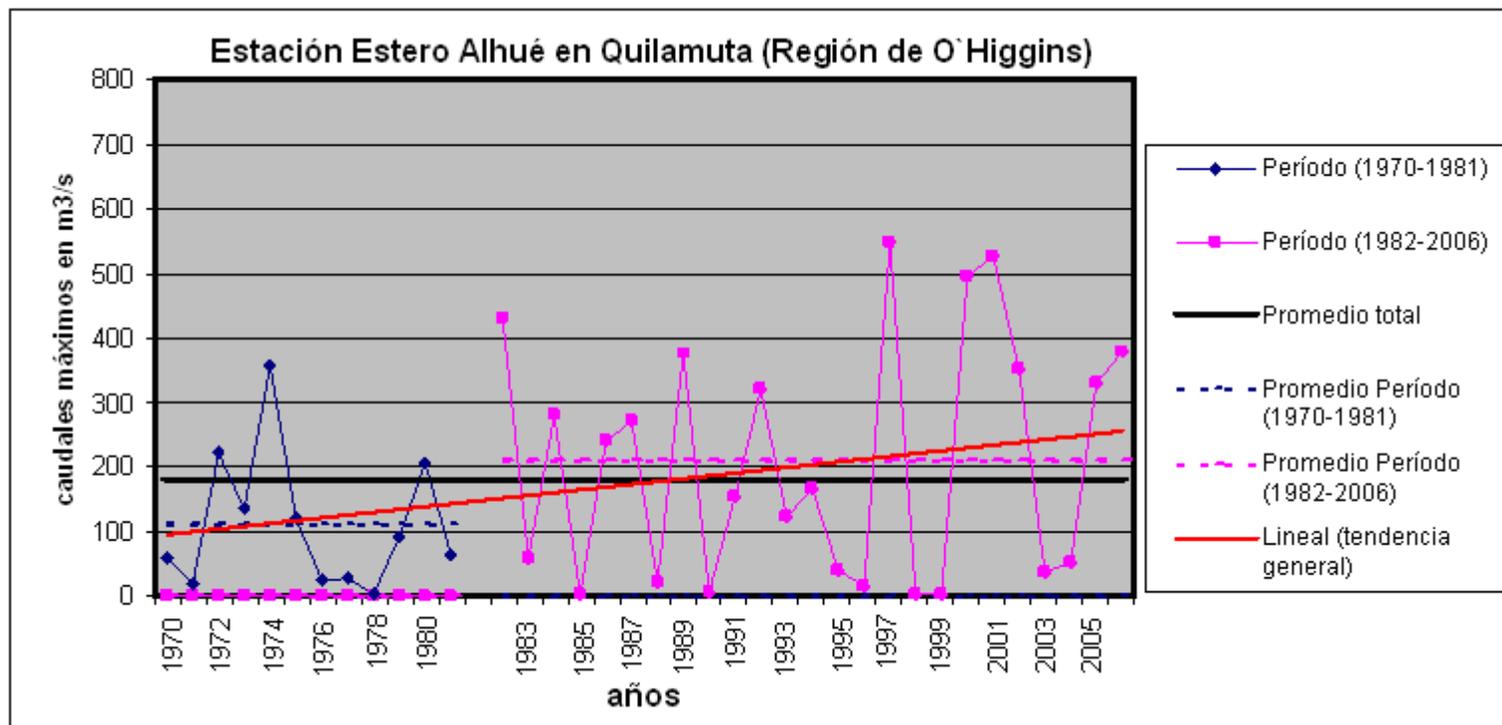
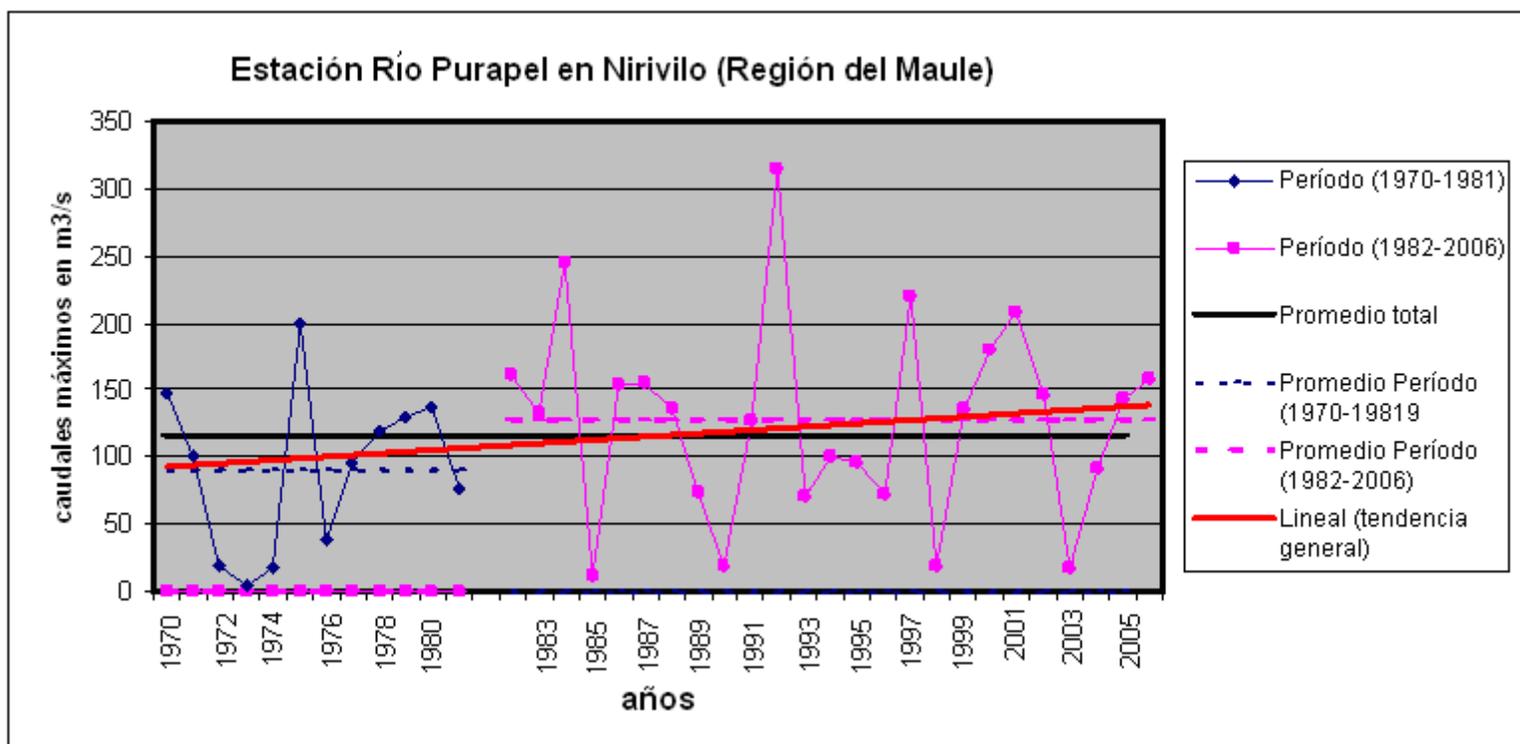


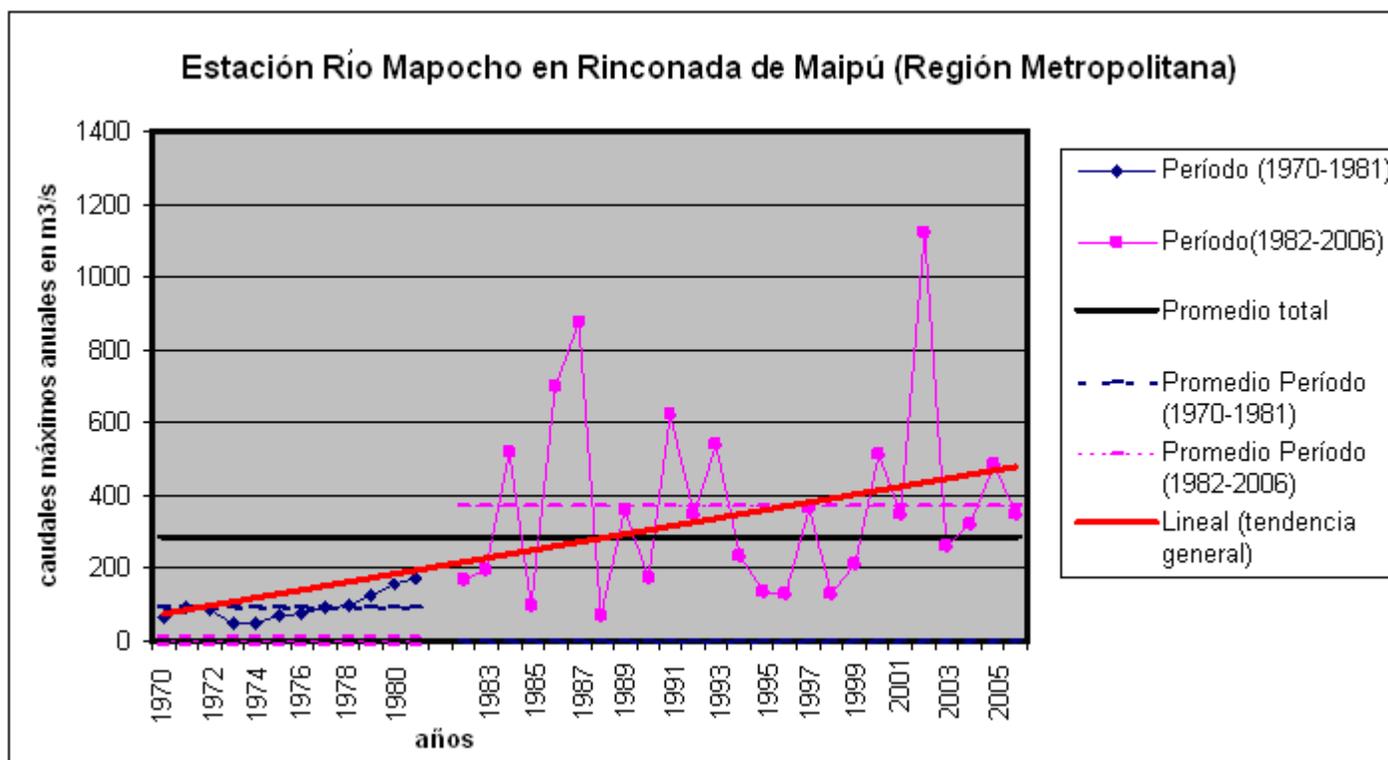
Figura N°25: Caudales máximos estación Estero Alhué, en Quilamuta de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

En esta estación, se presentan muchas fluctuaciones con muchos valores extremos tanto bajos como altos; el promedio total, alcanza a los 177 m³/s. En el caso del primer período, el promedio denota un monto de 110 m³/s, mientras que en el segundo período, el promedio de los caudales máximos es de 208 m³/s. La tendencia general, de la serie en es más pronunciada que en la estación anterior, de Río Maipú en San Alfonso.



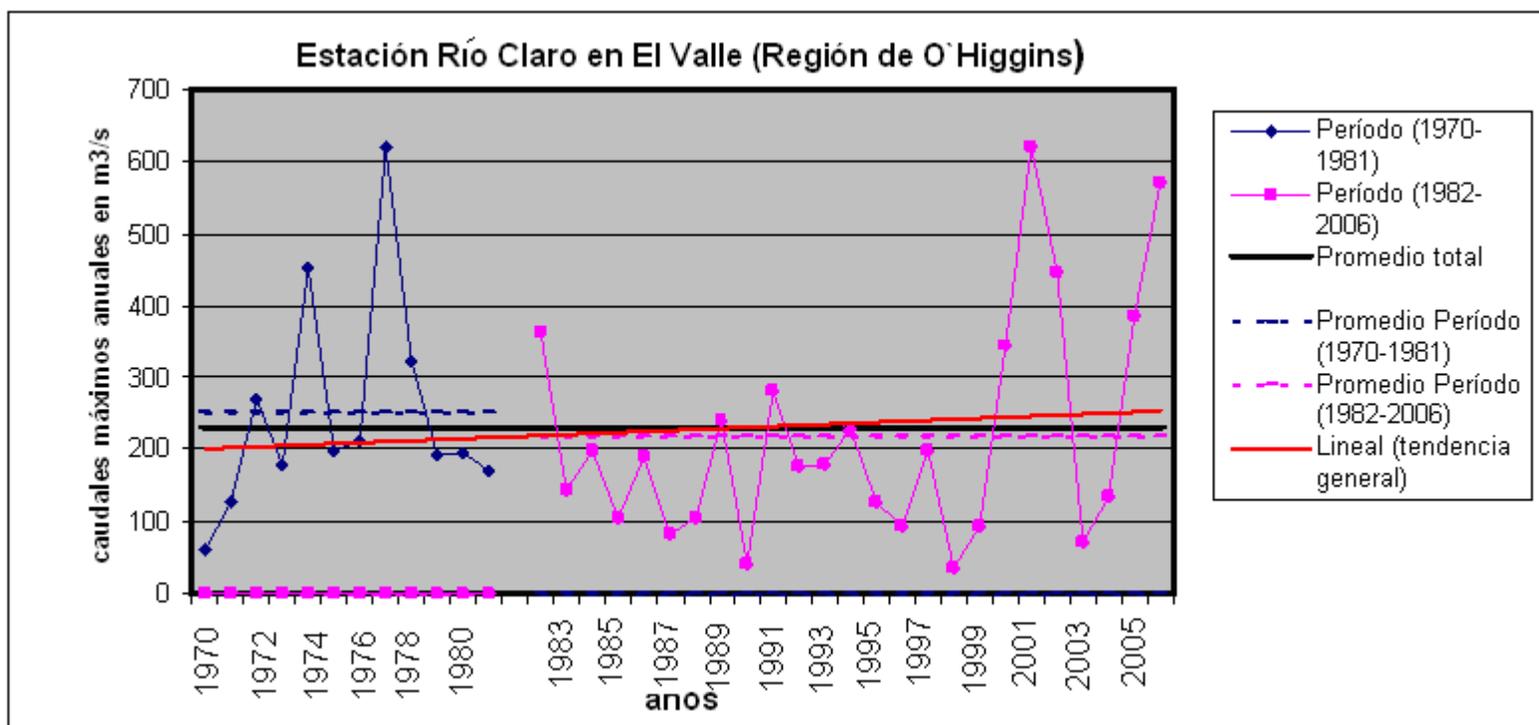
**Figura N°26: Caudales máximos estación Río Purapel, en Nirivilo de la Región del Maule.**

Para esta estación, el promedio total es de 115 m<sup>3</sup>/s. En el primer período de datos considerado, este promedio es de 90 m<sup>3</sup>/s, mientras que en el segundo período, el valor asciende a 127 m<sup>3</sup>/s. Se puede apreciar que en ambos períodos, hay valores por sobre y bajo la media general, muy extremos. Esta gráfica muestra una línea de tendencia general ascendente, pero no de forma pronunciada.



**Figura N°27: Caudales máximos estación Río Mapocho, en Rinconada de Maipú de la Región Metropolitana.**

Para esta estación, su promedio general es de 281 m³/s. En el caso del primer período, este promedio es muy bajo, alcanzando los 94 m³/s, período que presenta una forma levemente ascendente. En el caso del segundo período, el promedio alcanza los 370 m³/s. Así se verifica que en los últimos años han aumentado los caudales, lo que claramente se evidencia con la línea de tendencia de toda la serie, la cual es muy pronunciada.



**Figura N°28: Caudales máximos estación Río Claro, en el Valle de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.**

El promedio general alcanza un total de 250 m<sup>3</sup>/s, mientras que en el primer período, el promedio es mayor, alcanzando los 228 m<sup>3</sup>/s; este período cuenta con un par de datos extremos muy marcados. Para el segundo período, los valores de caudal son más o menos constantes, aumentando sólo en los últimos años; este período presenta un promedio de 218 m<sup>3</sup>/s, valor menor a la media general.

La tendencia de los caudales es ascendente, y marca un cambio en los últimos 10 años.

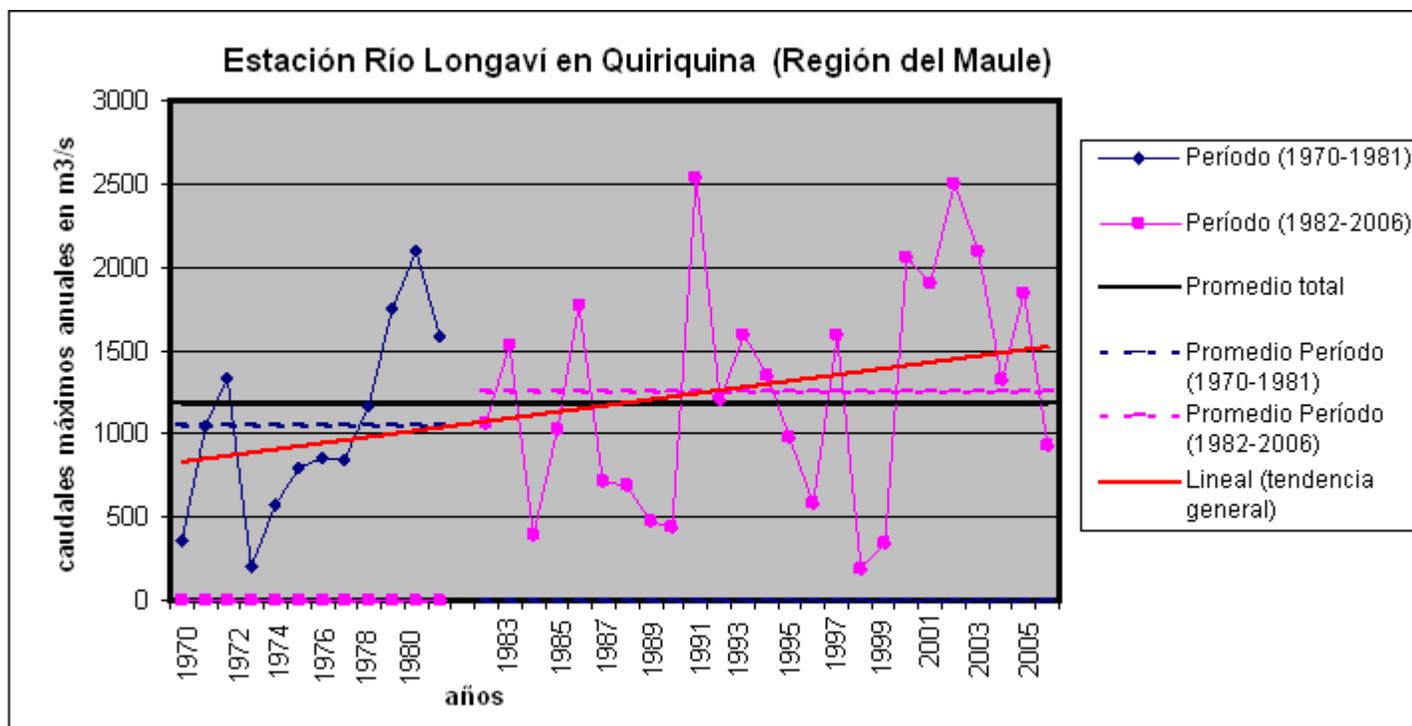


Figura N°29: Caudales máximos estación Río Longaví, en Quiriquina de la Región del Maule.

Para la última estación, el promedio general es de 1181 m³/s. De igual forma el primer período alcanza un valor promedio de 1049 m³/s, mientras que para el segundo período, la media muestra un valor de 1245 m³/s.

Esta gráfica denota una línea de tendencia al final del período 2, que indica claramente que los caudales han aumentado últimamente.

De las gráficas anteriores, se puede inferir que mayoritariamente los segundos períodos considerados, muestran un valor promedio de caudal mayor que los primeros períodos; asimismo, las gráficas de las curvas de tendencia general, son todas ascendentes, hecho que está claramente influenciado por los valores de caudales del segundo período en comento. Adicionalmente, esto implica que los caudales en el tiempo están tendiendo a mostrar valores más altos.

### **7.9.- Cálculo de la Probabilidad de los Rangos de Cada Serie Según la Función de Gumbel**

Con el fin de corroborar lo evidenciado en las gráficas, se procedió a calcular la probabilidad y los valores que adoptaría la variable de interés (caudales máximos), para el período de retorno 30 años, a cada una de las estaciones analizadas. Para esto, se consideró la función de distribución de probabilidad de Gumbel. Aguilera (2007), concluyó en su estudio de la Región del Maule, que esta es una de las funciones, que presenta mayor flexibilidad para caudales máximos, aunque esto debe ser refrendado por las medidas de bondad de ajuste. Así mismo, Önoz and Bayazit (1999), en su estudio de caudales mínimos en 16 regiones de Europa, determinaron en forma general que la función de distribución de Gumbel, es la más recomendable en su uso.

Se mantuvo la división de cada serie en los períodos 1965-1981 y 1982-2006, y los períodos 1970-1981 y 1982-2006, para las estaciones que contemplan menor cantidad de datos. Posteriormente se procedió a calcular la probabilidad y los valores que adoptaría la variable para el período de retorno nombrado, de tal forma de conocer estadísticamente si se corrobora el aumento de los caudales punta en los últimos años.

A continuación se presentan los valores de caudales máximos asociados al período de retorno 30 años, comparados para ambos períodos. Así mismo, los valores de probabilidad de Gumbel asociados, se presentan en las tablas del Apéndice N°4:

**Tabla N°41: Caudales máximos asociados al período de retorno 30 años para los períodos considerados, para las distintas estaciones.**

Estación	Período de retorno	$P(x \leq X)$	Período 1965-1981 (m <sup>3</sup> /s)	Período 1982-2006 (m <sup>3</sup> /s)	Diferencia %
El Manzano (Región Metropolitana)	30	0.967	776	1178	52
Hda. Las Nieves (Región de O`Higgins)	30	0.967	333	385	16
Ancoa (Región del Maule)	30	0.967	547	791	45
San Alfonso (Región Metropolitana)	30	0.967	424	674	59
Quilamuta (Región de O`Higgins)	30	0.967	342	613	79
Nirivilo Región del Maule)	30	0.967	223	290	30
Rda. Maipú Región Metropolitana)	30	0.967	179	933	421
El Valle (Región de O`Higgins)	30	0.967	584	563	-4
Quiriquina (Región del Maule)	30	0.967	2289	2742	20

En prácticamente todos los casos de las estaciones pertenecientes a cada una de las 3 series analizadas gráfica y estadísticamente, se observa que para una misma probabilidad, se encuentran mayores valores de caudal máximo en el segundo período.

Así, se puede decir que la gran mayoría de las estaciones aumentan sus caudales en su segundo período entre un 20% y un 80%, con respecto al primero.

Existen 2 casos particulares, los cuales son la estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú para la Región Metropolitana y la estación Río Claro en El Valle, para la Región de O`Higgins. Así, la estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú, hace una estimación de los valores de caudal, que supera el primer período en 4 veces aproximadamente, lo que llama la atención, considerando que las demás estaciones no llegan al doble.

La otra estación que se diferencia de las demás, es El Valle, en la Región de O'Higgins, la cual presentó valores que demuestran una disminución de los caudales entre el primer y segundo período considerado, aunque esta disminución es muy pequeña y casi despreciable.

Según los resultados presentados, en el cálculo de la variable, para el período de retorno 30 años, se corroboraría un aumento de los caudales punta, para los últimos años.

En base a las interrogantes que surgen, acerca de los posibles procesos de cambio climático que se estarían generando en los últimos años, estos resultados, podrían ayudar a corroborar lo descrito por algunos autores en la revisión bibliográfica presentada, en donde se ha señalado que existe un aumento del derretimiento glaciar, lo que estaría provocando en cuencas de origen andino, una mayor presencia de caudales con valores extremos.

## 8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1.- Conclusiones

A continuación se presentan las principales conclusiones de este estudio:

- La función de distribución de probabilidad de Goodrich, presenta la calidad más baja en los ajustes en las estaciones, pudiendo concluirse que esta función no es recomendable para estimar el comportamiento de los caudales máximos, al menos en la Región Metropolitana.
- En la obtención de los valores de los caudales para períodos de retorno, se presentó una variabilidad entre funciones, siendo la función Log-Normal la que presenta los datos más variables, para la Región del Libertador Bernardo O'Higgins; mientras que en la Región Metropolitana, la mayor variabilidad la presentó la función de Goodrich.
- Por los resultados alcanzados de bondad de ajuste y por la facilidad del cálculo, se concluye que en ambas regiones, la función de distribución de probabilidad de Gumbel es la más adecuada para su aplicación a los caudales máximos.
- Se concluye que en ambas regiones, se verifican mayores caudales en tanto las superficies de cuenca sean mayores.
- Por medio de valores promedios, gráficas de tendencia y ajustes de funciones de distribución de probabilidad, asociado lo anterior a la segmentación de las series de datos en un período y otro reciente, se concluye que mayoritariamente los caudales presentan una tendencia a registrar mayores valores en los períodos recientes.
- Finalmente se pudo evidenciar gráfica y estadísticamente, que en los últimos años ha existido un aumento de los caudales máximos anuales, lo cual podría confirmar desde el

punto de vista hidrológico, procesos de cambio climático, eventualmente que han generado un mayor aporte de caudales, a través del retroceso de los glaciares.

## 8.2.- Recomendaciones

Las recomendaciones que se pueden proponer para este y futuros estudios relacionados al tema, son:

- Se recomendaría ampliar este estudio a diversas variables hidrológicas, debido a que de esta forma se puede tener en consideración mayor información, para conocer con mejor certidumbre el comportamiento climático de este último tiempo, desde el punto de vista de la hidrología.
- Se sugiere ampliar la cantidad de funciones de distribución de probabilidad, debido a que la función de Gumbel es la que mejor se ajusta para ambas Regiones, pero las otras 3 restantes, han variado en sus resultados para distintas zonas, por lo que es necesario contar con más modelos adaptables a los datos hidrológicos.
- Se recomienda ampliar las series de datos a más de 30 años, para obtener valores probables más precisos; para esto es necesario obtener las series de mayor antigüedad y volver a repetir este estudio en un futuro próximo, para seguir estudiando los procesos climáticos de cambio, que se pueden estar manifestando.
- Por último, se sugiere extender este estudio, a las distintas Regiones del país, de tal forma de tener información hidrológica actual y vigente, para poder entender el comportamiento de los caudales en las variadas zonas climáticas. Esto es de alta importancia, porque esta variable es función de muchos factores climáticos y puede acusar situaciones de alto riesgo, en lo que respecta al uso y abastecimiento seguro de agua, para la población de Chile.

## 9.- BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, M.A. 2007. Análisis de las funciones de distribución de probabilidad para caudales máximos en la Región del Maule. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 86 p.

Aparicio, F. 1997. Fundamentos de Hidrología de Superficie. 11 ed. México. Editorial Limusa S.A. 303 p.

Ashakar, F.; T.B.M.J Ouarda, R. Roy and B. Bobée. 1993. Robust estimators in hydrologic frequency analysis, in Engineering Hydrology. Edited by C.Y, Am. Soc. Civ. Eng. 347-352 p.

Blazkova, S.; Beven, K.; 2003. Flood frequency estimation by continuous simulation of subcatchment rainfalls and discharges with the aim improving dam safety assessment in a large basin in the Czech Republic. Journal of hydrology. 294 (1-4) 153-172. Consultado 03 Junio 2008. Disponible en base de datos Science Direct.

Casassa, G.; Echelmeyer, K.; Neumann, T.; Raymond, Ch.; Rignot, E.; Rivera, A. 2005. Retreat of Glaciar Tyndall, Patagonia, over the last half-century. Journal of Glaciology. 51 (1) 239-247. Consultado 28 Jul. 2008. Disponible en <http://www.glaciologia.cl/textos/raymd.pdf>

Chavarri, E. 2004. Curso IA-4026, Hidrología Aplicada. (en línea). Consultado 19 nov. 2007. Disponible en [http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/echv\\_7.html](http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/echv_7.html)

Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. 1994. Hidrología aplicada. Colombia. Editorial McGraw-Hill. Interamericana S.A. 584 p.

Combes, S.; Prentice, M.; Hansen, L.; Rosentrater, L. 2002. Climate change and global glacier decline. (en línea). Consultado 06 diciembre 2007. Disponible en: [http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/glacier\\_sraportti.pdf](http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/glacier_sraportti.pdf)

Foster, H. 1988. Theoretical frequency curves and their application to engineering problems. Trans. Am. Soc. Civ. Eng. 87 (2) 142-173.

Kroll, C.; Vogel, R. 2002. The probability distribution of low streamflow series in the United States. Journal of Hydrologic Engineering. EEUU. ASCE, 7(2), 137-146.

Linsley, R.; Kohler, M.; Paulus, J. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A. 386 p.

Llamas. 1993. Hidrología General. Edición española. Servicio Editorial Universidad del País Vasco. 635 p.

Miller N., Bashford K., Strem E. 2003. Potential Impacts of Climate Change on California hydrology Journal of the American Water Resources Association 39 (4), 771–784. Consultado 13 junio 2008. Disponible en base de datos Dialnet.

Morales, C. M. 2005. Análisis de las escorrentías mensuales y anuales de la cuenca del Lontué y la potencial influencia glaciaria en la producción de agua. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 127 p.

Muñoz, M.F. 2004. Análisis de algunas de las variables hidrológicas y su ajuste a funciones de distribución de probabilidad, en tres cuencas de la Región del Maule. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 86 p.

Ollero, A. 1996. El curso medio del Ebro: geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos. (en línea). Consultado 26 Jun. 2008. Disponible en <http://www.ingeba.euskalnet.net/lurralde/lurranet/lur20/200oller/ollero20.htm>

Önoz, B.; Bayazit, M. T. 2001. Effect of the occurrence process of the peaks over threshold on the flood estimates. Journal of hydrology. 224 (1-2) 86-96. Consultado 06 Abril 2008. Disponible en base de datos Sciece Direct.

Paoli C.; Cacik P.; Bolzicco J. 1998. Análisis de riesgo conjunto en la determinación de crecidas de proyectos de regímenes complejos. (en línea). Consultado 24 nov. 2007. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/2986/1/52article.pdf>

Pizarro, R.; González, P.; Wittersheim, M.; Saavedra, J.; Soto, C. 1993. Elementos técnicos de Hidrología III. Proyecto regional sobre el uso y conservación del recurso hídrico en áreas de América Latina y el Caribe. Talca, Chile. Editorial Universidad de Talca. 136 p.

Pizarro, R.; Novoa, P. 1986. Elementos técnicos de Hidrología I. Instructivos técnicos. La Serena, Chile. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura. 57 p.

Pizarro, R.; Morales, C; Moran, L.; Vargas, J.; Sanguesa, C.; Godoy, C.; 2006. Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile 2005. Santiago. Chile. Capítulo 2. Aguas Continentales. Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile. Editorial LOM. 371 p.

Sullivan, A.; Ternan, J.; Williams, A. Land use change and hydrological response in the Camel catchment, Cornwall. Applied Geography. 24 (2) 119-137. Consultado 06 diciembre 2007. Disponible en base de datos Science Direct.

Varas, E.; Bois, P. 1998. Hidrología probabilística. Santiago. Chile. Editorial Universidad Católica de Chile. 156 p.

Waylen, P.; Woo, M. Prediction of Annual Floods Generated by Mixed Processes. Water Resources Research. 18 (4) 1283-1286. Consultado 03 Junio 2008. Disponible en base de datos CSA.

Yue, S.; Ouarda, T.; Bobée, B.; 2006, Legendre, P.; Bruneau, P. The Gumbel mixed model for flood frequency analysis. Journal of hydrology. 226 (1-2) 88-100. Consultado 06 diciembre 2007. Disponible en base de datos Science Direct.

# APÉNDICES

**Apéndice 1:** Ejemplo práctico de los distintos parámetros de la función de distribución que posee la más fácil utilidad y que además presentó buenos ajustes en este estudio, de modo de aclarar de una mejor forma los cálculos realizados en el estudio. Para eso se consideró la estación Río Maipo en el Manzano perteneciente a la Región Metropolitana.

Tabla N°42: Caudales máximos instantáneos estación Río Maipo en el Manzano.

años	caudales máximos
1965	348,42
1966	258,40
1967	181,12
1968	149,66
1969	364,76
1970	192,68
1971	270,52
1972	709,84
1973	251,28
1974	278,80
1975	235,60
1976	192,32
1977	607,60
1978	634,80
1979	367,28
1980	726,12
1981	202,60
1982	838,20
1983	469,90
1984	494,16
1985	299,22
1986	474,32
1987	725,82
1988	275,30
1989	600,76
1990	232,70
1991	1.430,32
1992	621,00
1993	1.112,40
1994	403,60
1995	333,08
1996	134,84
1997	596,80
1998	166,91

1999	226,30
------	--------

Continuación Tabla N°42

2000	571,72
2001	678,43
2002	558,95
2003	219,01
2004	200,61
2005	711,50
2006	471,72
2007	90,99

Lo primero es calcular los estadísticos de posición y dispersión (media y desviación estándar, respectivamente):

n= 43 datos

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

$$\bar{x} = 439.78$$

$$S = 276.19$$

Ajuste de la serie a las distintas funciones:

- FDP Gumbel:

$$P(x \leq X) = F(x) = e^{-e^{-d(x-\mu)}}$$

Parámetros considerados en la función:

$$d = \frac{1}{0,779696 * S}$$

$$d = 0.0046$$

$$\mu = \bar{x} - 0,450047 * S$$

$$\mu = 315.48$$

Luego, reemplazando en la ecuación que representa la función queda, la siguiente expresión:

$$F(X) = e^{-e^{-0.004(x-315.48)}}$$

Por otra parte las medidas de bondad del ajuste se calculan a continuación:

$$Dc = \sup |F_n(x)_i - F(x)_i|$$

Para ello se utiliza la tabla de valores críticos de K-S, al percentil 0.95 y con n grados de libertad (ver tabla en Anexos).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (F_n(x)_i - F(x)_i)^2}{\sum (F_n(x)_i - \bar{F}_n(x))^2}$$

Donde:

$R^2$  : Coeficiente de determinación;  $0 \leq R^2 \leq 1$ .

$\bar{F}_n(x)_i$  : Media de las frecuencias observadas acumuladas.

$F_n(x)_i$  : Frecuencia observada.

$F(x)_i$  : Frecuencia teórica acumulada

Tabla N° 43: Datos para la bondad del ajustes.

n° orden	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	90,993	0,023	0,059
2	134,840	0,045	0,099
3	149,660	0,068	0,115
4	166,909	0,091	0,136
5	181,120	0,114	0,155
6	192,320	0,136	0,170
7	192,680	0,159	0,171
8	200,612	0,182	0,182

9	202,600	0,205	0,185
10	219,012	0,227	0,209
11	226,296	0,250	0,220
12	232,700	0,273	0,230
13	235,600	0,295	0,235
14	251,280	0,318	0,260

Continuación Tabla N° 43:

15	258,400	0,341	0,272
16	270,520	0,364	0,292
17	275,300	0,386	0,300
18	278,800	0,409	0,306
19	299,220	0,432	0,340
20	333,080	0,455	0,398
21	348,420	0,477	0,424
22	364,760	0,500	0,451
23	367,280	0,523	0,456
24	403,600	0,545	0,515
25	469,900	0,568	0,614
26	471,720	0,591	0,616
27	474,320	0,614	0,620
28	494,160	0,636	0,647
29	558,946	0,659	0,724
30	571,723	0,682	0,738
31	596,800	0,705	0,763
32	600,760	0,727	0,767
33	607,600	0,750	0,773
34	621,000	0,773	0,785
35	634,800	0,795	0,797
36	678,425	0,818	0,831
37	709,840	0,841	0,852
38	711,504	0,864	0,853
39	725,820	0,886	0,862
40	726,120	0,909	0,862
41	838,200	0,932	0,916
42	1112,400	0,955	0,976
43	1430,320	0,977	0,994

De esta forma al despejar el valor que asume la variable aleatoria  $x$ , la expresión toma el siguiente valor:

$$x = \mu - \frac{\ln(-\ln(F(x)))}{d}$$

$$x = 315.48 - \frac{\ln(-\ln(F(x)))}{0.0046}$$

Donde  $F(x) = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}$ , con T = período de retorno ya sea 10, 20, 30, 40, 50 o 100 años. Se considera para este ejemplo un período de 10 años.

$$F(x) = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{10}, = 0.9, \text{ por lo que a reemplazar el valor de } x \text{ es:}$$

$$x = 315.48 - \frac{\ln(-\ln(0.9))}{0.0046}$$

$x = 800$ , Así es posible establecer probabilidades asociadas a períodos de retorno y el correspondiente valor que asume la variable aleatoria en este caso los caudales punta para dicho período.



## Apéndice 2

Tabla Nº44 : Serie de caudales máximos, período 1965-2007, Región Metropolitana.

años	ESTACIONES					
	Río Maipo en el Manzano	Río Maipo en el Cabimbao	Río Maipo en las Melosas	Río Maipo en San Alfonso	Río Mapocho en losAlmendros	Río Mapocho en Rinconada de Maipú
1965	348.42	-	163.60	277.30	84.16	112.00
1966	258.40	-	120.00	222.28	20.48	112.00
1967	181.12	-	99.96	164.40	7.50	40.88
1968	149.66	-	36.64	78.36	1.77	17.06
1969	364.76	-	182.00	211.10	-	53.22
1970	192.68	-	61.46	138.66	-	65.57
1971	270.52	-	128.00	209.80	-	90.18
1972	709.84	-	248.40	256.42	-	88.70
1973	251.28	-	-	174.60	-	51.04
1974	278.80	-	112.00	171.00	-	50.50
1975	235.60	-	132.80	358.96	-	70.26
1976	192.32	-	81.26	181.94	-	76.10
1977	607.60	-	169.00	285.50	-	91.70
1978	634.80	-	194.80	202.54	-	97.40
1979	367.28	220.52	140.80	225.16	132.00	123.00
1980	726.12	1.157.96	221.60	426.00	119.76	157.00
1981	202.60	686.92	98.00	137.00	18.71	172.00
1982	838.20	3.674.20	301.00	232.00	90.00	171.12
1983	469.90	706.72	177.82	245.94	30.52	197.40
1984	494.16	2.806.00	220.30	312.12	42.42	516.48
1985	299.22	241.12	131.04	187.18	23.10	95.90
1986	474.32	1.249.04	427.68	709.92	330.20	698.92
1987	725.82	5.095.36	271.00	395.02	234.42	875.20
1988	275.30	372.88	125.56	167.20	22.02	70.30

Continuación Tabla N°44

años	ESTACIONES					
	Río Maipo en el Manzano	Río Maipo en el Cabimbao	Río Maipo en las Melosas	Río Maipo en San Alfonso	Río Mapocho en los Almendros	Río Mapocho en Rinconada de Maipú
1989	600.76	1.945.40	161.70	235.48	140.92	360.48
1990	232.70	238.60	98.98	165.36	14.57	172.96
1991	1.430.32	1.674.30	137.88	262.52	136.64	619.32
1992	621.00	1.375.30	142.00	261.40	24.32	348.00
1993	1.112.40	2.193.80	-	740.40	305.00	538.16
1994	403.60	630.36	-	310.40	10.87	235.60
1995	333.08	431.28	-	184.84	10.51	135.44
1996	134.84	218.80	-	106.90	6.38	128.40
1997	596.80	3.069.00	-	435.10	86.14	364.60
1998	166.91	234.00	-	141.32	6.74	133.16
1999	226.30	604.00	-	175.76	31.55	210.84
2000	571.72	1.013.86	-	470.46	103.66	513.03
2001	678.43	1.320.20	-	455.38	110.06	348.90
2002	558.95	4.502.00	-	413.84	49.60	1.124.67
2003	219.01	460.02	-	176.30	10.51	262.37
2004	200.61	667.16	-	149.54	50.80	319.74
2005	711.50	2.754.85	-	448.63	325.64	486.83
2006	471.72	2.115.45	-	333.88	198.65	346.76
2007	90.99	202.51	-	62.36	6.10	160.41

Tabla N°45 : Serie de caudales máximos, período 1960-2007, Region de O`Higgins.

años	ESTACIONES		
	Estero Alhué en Quilamuta	Río Claro en Hacienda Las Nieves	Rio Claro en El Valle
1960	-	16.224	-
1961	-	48.532	-
1962	-	22.08	-
1963	-	37.24	-
1964	-	22.434	-
1965	-	106.4	-
1966	-	31.796	-
1967	-	18.6	-
1968	-	7.562	-
1969	-	131.64	-
1970	59.392	15.144	61.918
1971	19.336	38.28	125.52
1972	220.92	260.28	269.06
1973	134.24	154.68	179.5
1974	358.08	144.64	450.96
1975	118.6	33.636	199
1976	23.66	123.44	212.72
1977	28.032	405.6	621.1
1978	4.52	172.46	321.6
1979	93.516	61.336	192.84
1980	206.8	83.04	195.88
1981	64.4	55.284	171.92
1982	429.42	127.2	362.8
1983	59.528	33.836	143.28

1984	280.74	44.16	197.32
1985	4.35	32	105

Continuación Tabla N°45

años	ESTACIONES		
	Estero Alhué en Quilamuta	Río Claro en Hacienda Las Nieves	Río Claro en El Valle
1986	240.76	249.8	189
1987	270.38	91.618	83.19
1988	22.236	49.59	106.1
1989	376.7	153.8	239
1990	5.572	13.91	42.004
1991	154.56	287.08	280.76
1992	320	158.84	177.72
1993	121.66	451.36	178.38
1994	165.94	150.32	229.4
1995	39.1	49.476	126.08
1996	14.1	14.304	93.1
1997	547.2	159.26	198.84
1998	4.102	21.5	34.916
1999	2.577	17.22	93.4
2000	494.282	360.72	344.54
2001	526.248	293.8	620.659
2002	350.086	90.93	445.89
2003	35.619	59.306	71.412
2004	51.446	76.023	135.047
2005	328.472	98.79	385.031
2006	377.18	141.608	570.902
2007	1.666	19.128	19.333

Tabla N°46 : Serie de caudales máximos, período 1985-2007, Región de O`Higgins.

años	ESTACIONES						
	Estero Nilahue en Sta. Teresa	Estero Zamorano en Pte. el Niche	Río Cachapoal 5 km aguas abajo Junta Cortaderal	Río Claro en Tunca	Río Cortaderal ante Junta Río Cachapoal	Río Pangal en Pangal	Río Tinguiririca Bajo Los Briones
1984	-	-	-	-	-	-	165
1985	92.32	58.56	-	-	61.18	91.488	187.6
1986	1028.2	1170.14	-	-	359.18	81.98	203
1987	759.36	959.52	-	-	90.66	158.3	349
1988	250.08	8.4	-	-	74.732	112.88	174.8
1989	343.18	734.4	150.06	-	71.768	88.25	361.16
1990	10.926	43.42	125.6	-	80.232	47.548	107.92
1991	517.1	402	486.8	-	60.644	154.28	564.8
1992	923.08	705.8	157.16	-	-	83.558	-
1993	247.52	311.06	295.16	-	-	78.092	287.32
1994	233.92	503.44	227.4	408.28	-	63.228	565
1995	429.8	320.06	228	110.5	-	68.359	226.2
1996	64.4	45.76	138	40.75	-	43.933	139.02
1997	482.78	1064.876	305.24	524.56	-	188.48	331.2
1998	6.875	9.305	116.553	44.92	-	62.421	221.64
1999	313.48	350.578	132.476	166.485	-	61.4	107.764
2000	735.98	1189.057	285.767	775.205	-	173.512	616.368
2001	973.64	1187.523	189.596	657.463	-	131.118	452.364
2002	1396.7	795.823	206.743	457.304	-	121.129	624.61
2003	160.26	285.56	222.46	106.576	-	107.982	576.16
2004	205.54	227.749	401.453	210.517	-	152.186	229.76
2005	438.4	937.678	207.796	519.826	-	93.273	997.058
2006	875.76	1063.7	188.688	535.457	71.061	77.663	1007.302
2007	0.062	128.21	136.762	64.178	66.704	50.498	212.995

Tabla Nº 47: Serie de caudales máximos, período 2002-2007, Región de O`Higgins.

años	ESTACIONES					
	Canal Sauzal en Puente Termas	Canal Teno	Río Cachapoal en Puente Arqueado	Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes	Río Las Leñas ante Junta Río Claro	Río Tinguiririca en Los Olmos
2002	-	83.913	384.56	546.45	-	194.476
2003	-	129.263	760.24	952.36	-	812.16
2004	-	-	1057.676	687.2	-	455.139
2005	74.338	-	1430.823	701.6	-	1313.07
2006	73.562	-	1499.108	651.2	25.906	1902.56
2007	73.406	-	289.868	232.75	25.122	142.467

Tabla Nº 48 : Serie de caudales máximos, período 1960-2006, Región del Maule.

años	ESTACIONES											
	Ancoa	Nirivilo	Quiriquina	Jta. con Claro	San Manuel	Las Rastras	Quella	Jta. Colorado	El Castillo	Camarico	Longitudinal	Armerillo
1960	145.74	29	489.8	124.7	584.4	-	-	-	-	-	-	701.8
1961	330.16	60.48	1305	485.6	402.2	2.15	-	-	-	-	-	2143.88
1962	118.4	33.8	219.4	206.14	217.4	119.6	-	-	-	-	500.4	457.96
1963	210.56	97.12	990	429.84	465	253	939.6	-	-	313.32	1416	898.76
1964	105.92	12.22	261	200.48	207.80	107.6	366	-	262	126.72	762.6	731.36
1965	224.2	159	1336	492.4	580.80	372.8	1015.8	-	31.7	611.1	1935.6	1840.92
1966	394.18	137	606	314	444.6	270.6	760	-	578	339.52	1462	1111.32
1967	209.38	12.9	474.6	160	489.2	83.9	456	51.96	526	458.22	582.4	624
1968	99.2	1.92	90.18	50.6	121.6	16.62	71	27.54	82.5	132.16	187.2	180.5
1969	553.68	133	1197.6	712.5	885.2	453.8	1645.8	152.8	715	292.52	1410	1941.44
1970	131.52	148	363	102.8	454.8	203.2	872.6	48.1	393	620.7	589.6	594.5

1971	305.68	100	1044	442.02	639.3	309.4	979	199	665	243.64	1696	1626.02
------	--------	-----	------	--------	-------	-------	-----	-----	-----	--------	------	---------

Continuación Tabla N°48

años	ESTACIONES											
	Ancoa	Nirivilo	Quiriquina	Jta. con Claro	San Manuel	Las Rastras	Quella	Jta. Colorado	El Castillo	Camarico	Longitudinal	Armerillo
1972	284.2	19.6	1336	471.66	624.48	581.2	2102.6	281	146	561.88	3064	2133.06
1973	104.13	4.29	198.4	562.28	99.88	-	755	302.18	92.3	180.64	1826	2013.24
1974	101.11	17.82	573	238.4	517	106.5	1010.6	213.36	946.5	127.36	2828	1273.52
1975	102.02	199.2	791.8	163.1	1030.4	99.76	2319.6	243.24	942.5	468.8	2412	973.4
1976	432.48	38.83	855.2	346.06	651.8	16.47	718.4	254.96	1024	407.26	1780.2	1630.8
1977	330.38	95.93	840.8	691.8	690.6	287.96	1058.9	319.5	1024	468.8	1851.88	1809.6
1978	362.68	119.76	1162.8	712.92	635.28	428.26	707.6	410	1149.4	865.04	2195.5	437.04
1979	283.2	130.3	1752	639.84	951.9	343.38	1745.32	395	1612.6	410.38	1480	-
1980	269.6	136.8	2089.4	714.28	902.22	470.43	1730.56	466	1504.8	638.4	-	-
1981	246	76.82	1587.2	314.84	696	289.22	794.4	275	1208	282.4	1658	-
1982	310.8	161	1054.8	545.8	579.52	425.29	1638.6	295	1502	599	2058	-
1983	330.6	133	1540.8	200.8	866.8	247	1915.4	88.12	420	284.6	1960	-
1984	163.2	245	398.4	416.8	354.4	342.72	1376.4	127.4	1030	1723.8	1248	-
1985	319.6	12.4	1027.8	238	709.2	353.64	963	125	1713	471.9	1329.2	-
1986	417.4	153	1773.2	943	775.2	698.8	1585.6	63.62	684.5	244.74	1750	-
1987	324.4	155.64	713.78	203.4	502	465.04	1151.56	264.68	713	419	1014.14	-
1988	200.12	135.7	696.3	266.86	507.46	222.36	798.96	83.45	477.08	61.38	482.8	-
1989	276	73.4	471.56	502.16	435.6	298.29	470.28	144.36	474.8	860.4	330.6	-
1990	135.24	19.6	445.12	149.4	346.8	75.34	344.04	58.75	2877.9	835.46	361.32	-
1991	151.28	127.7	2534.9	672.42	948.28	397.16	1953.9	447.86	1635.7	455.56	2823.69	-
1992	383.94	315.22	1204.56	429.82	796.76	458.05	1420.92	247.1	606.8	744.72	1020.59	-
1993	323.7	71.33	1596.72	525	857.44	287.33	1802.66	358.36	1558.7	257.34	1607.56	-
1994	617.18	100.63	1343.44	460.44	888.26	150.55	1756.6	375.41	406.8	198.4	1801.49	-
1995	289.65	95.47	972.18	334.4	635.6	291.75	784.78	224.51	624	566.48	506.28	-



1982	299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Continuación Tabla N°49

años	ESTACIONES												
	Jta. con palos	Las Brisas	La Recova	C. Desemboc.	Los Queñes	El Arrayán	Bodega	Forel	Licantén	L. Desemboc.	Ñiquen	Y. Buenas	Infiernillo
1983	153.2	919	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	216.8	2851.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	195.2	3021.6	-	-	-	-	1561	-	-	-	-	-	78.8
1986	129.6	4892.6	-	834.4	528	-	3940	-	-	-	-	-	94.2
1987	352.1	5006.8	754.8	737.9	162.4	721.6	2221	-	4638.3	796.8	574.2	553.4	29.5
1988	152.4	2933.2	396.8	246.9	131.6	588.5	1988	1223	663.2	581.2	614.2	414.2	358.8
1989	206.6	2046.8	591.8	151.6	298.1	304	1135	401.4	1360.7	132.3	405.4	315.8	146.8
1990	106.7	1340.3	370.5	46.8	72.2	70.8	664.5	310.9	334	61.4	349.7	204.6	194.3
1991	501.3	6464	2621.2	259.4	397.8	257.7	3616	1135.8	1797.2	360.1	1044.8	557.5	146
1992	518.7	5693.3	1502.3	681.1	315	635.8	4000	223	1666.7	854.9	1040.4	824.6	211.1
1993	498.7	4641.4	1061	272.5	336.5	256.3	2913	-	1241.2	70.6	1076	210.5	58.9
1994	407.4	5558.9	1760	290.4	138.6	309	2705	-	1502.5	26.1	1113.5	557	121
1995	322.02	2696.06	874.62	232.94	175.56	176.16	1476	-	1116.4	66.93	722.48	400.48	211.12
1996	258.1	1297.2	636.2	91.1	111.9	116.9	681.8	356.9	154.3	45.1	422.8	110.5	98.9
1997	416.4	5566.8	1400.6	599	381	509.1	3071	9179.9	2526.2	490.9	964.4	555.5	246.2
1998	169	570.4	293.5	13.8	68.7	11.2	154.7	779	236	25.1	109.4	52.8	238.5
1999	165.2	3104.2	390.3	431.5	96.7	398.8	1938	4173.3	1200.6	254.4	533	410.6	218.8
2000	689.6	7623.4	1641.1	794.2	499.8	1032.1	4228	17212.9	4195.5	475.6	1378.6	470.4	239.3
2001	465	3920	1394.6	666.3	419.2	673.4	3285	10780.8	3343.5	649.5	1302.3	429.5	288
2002	639.6	3341.8	1834.3	922.4	329.1	926.6	1972	16665.6	3206.8	152.3	1109.6	270.3	204.3
2003	518.6	2981	1313.6	77.1	270.8	75.5	1150	3652.8	1177.6	30.7	116	154.1	187.5
2004	625.2	2341.4	976.1	226.4	285.5	264	999	3334.3	1482.9	320.6	587.5	181.5	-

2005	480.7	5140.2	1323.6	184.8	304.1	845	3205	8673.1	2394.9	592.6	1031.8	297.2	-
2006	316.2	-	755.6	204	188.9	264	2377	5707.6	1620.2	3.1	882.2	246.4	

Tabla N° 50: Serie de caudales máximos, período 1999-2006, Región del Maule.

años	ESTACIONES		
	Sauzal	Rauquen	El Salto
1999	0.18	1460.8	972.04
2000	246.5	1962.2	940.08
2001	293.86	2100.1	950.27
2002	203.25	1755.3	875.42
2003	42.4	690.78	-
2004	125.9	961.66	-
2005	321.15	1674.6	-
2006	-	1254.3	-

### Apéndice 3

#### 2.1 Frecuencias observadas y teóricas acumuladas para las funciones de distribución de probabilidad Región Metropolitana

Tabla Nº 51 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Maipo en el Manzano.

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1965	348.420	90.993	0.0227	0.05865	0.01148	0.29538	0.04884
2	1966	258.40	134.840	0.0455	0.09889	0.05122	0.33798	0.12019
3	1967	181.120	149.660	0.0682	0.11534	0.07171	0.35213	0.14821
4	1968	149.660	166.909	0.0909	0.13621	0.09933	0.36842	0.18082
5	1969	364.760	181.120	0.1136	0.15470	0.12462	0.38169	0.20769
6	1970	192.680	192.320	0.1364	0.17005	0.14584	0.39205	0.22886
7	1971	270.520	192.680	0.1591	0.17055	0.14654	0.39238	0.22954
8	1972	709.840	200.612	0.1818	0.18182	0.16216	0.39966	0.24454
9	1973	251.280	202.60	0.2045	0.18469	0.16613	0.40148	0.24830
10	1974	278.80	219.012	0.2273	0.20906	0.19972	0.41636	0.27919
11	1975	235.60	226.296	0.2500	0.22023	0.21497	0.42290	0.29290
12	1976	192.320	232.70	0.2727	0.23021	0.22849	0.42861	0.30495
13	1977	607.60	235.60	0.2955	0.23478	0.23464	0.43118	0.31041
14	1978	634.80	251.280	0.3182	0.25993	0.26808	0.44499	0.33992
15	1979	367.280	258.40	0.3409	0.27157	0.28329	0.45120	0.35331
16	1980	726.120	270.520	0.3636	0.29166	0.30910	0.46166	0.37612
17	1981	202.60	275.30	0.3864	0.29965	0.31923	0.46575	0.38512
18	1982	838.20	278.80	0.4091	0.30553	0.32662	0.46874	0.39170
19	1983	469.90	299.220	0.4318	0.34013	0.36917	0.48594	0.43013
20	1984	494.160	333.080	0.4545	0.39791	0.43670	0.51365	0.49385
21	1985	299.220	348.420	0.4773	0.42394	0.46575	0.52587	0.51612

Continuación Tabla N°51

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
22	1986	474.320	364.760	0.5000	0.45138	0.49550	0.53865	0.53793
23	1987	725.820	367.280	0.5227	0.45558	0.49998	0.54060	0.54129
24	1988	275.30	403.60	0.5455	0.51470	0.56105	0.56805	0.58978
25	1989	600.760	469.90	0.5682	0.61375	0.65598	0.61507	0.67828
26	1990	232.70	471.720	0.5909	0.61628	0.65829	0.61631	0.68071
27	1991	1430.320	474.320	0.6136	0.61987	0.66157	0.61807	0.68418
28	1992	621.0	494.160	0.6364	0.64652	0.68565	0.63128	0.71066
29	1993	1112.40	558.946	0.6591	0.72409	0.75311	0.67200	0.77403
30	1994	403.60	571.723	0.6818	0.73769	0.76459	0.67960	0.78272
31	1995	333.080	596.80	0.7045	0.76277	0.78556	0.69410	0.79978
32	1996	134.840	600.760	0.7273	0.76655	0.78869	0.69634	0.80247
33	1997	596.80	607.60	0.7500	0.77295	0.79399	0.70018	0.80713
34	1998	166.909	621.0	0.7727	0.78505	0.80397	0.70759	0.81624
35	1999	226.296	634.80	0.7955	0.79693	0.81373	0.71507	0.82563
36	2000	571.723	678.425	0.8182	0.83080	0.84135	0.73768	0.85531
37	2001	678.425	709.840	0.8409	0.85197	0.85854	0.75303	0.87668
38	2002	558.946	711.504	0.8636	0.85302	0.85940	0.75383	0.87781
39	2003	219.012	725.820	0.8864	0.86179	0.86652	0.76055	0.88755
40	2004	200.612	726.120	0.9091	0.86197	0.86666	0.76069	0.88776
41	2005	711.504	838.20	0.9318	0.91552	0.91064	0.80817	0.92982
42	2006	471.720	1112.40	0.9545	0.97560	0.96454	0.89156	0.97958
43	2007	90.993	1430.320	0.9773	0.99437	0.98664	0.94653	0.99500

Tabla N°52 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Maipo en San Alfonso.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1965	277.30	62.36	0.0227	0.03471	0.00538	0.28419	0.0050
2	1966	222.28	78.36	0.0455	0.05378	0.01739	0.31253	0.0174
3	1967	164.40	106.90	0.0682	0.10244	0.06516	0.36177	0.0830
4	1968	78.36	137.00	0.0909	0.17338	0.15030	0.41159	0.1809
5	1969	211.10	138.66	0.1136	0.17780	0.15578	0.41427	0.1866
6	1970	138.66	141.32	0.1364	0.18499	0.16469	0.41854	0.1955
7	1971	209.80	149.54	0.1591	0.20789	0.19309	0.43163	0.2233
8	1972	256.42	164.40	0.1818	0.25166	0.24696	0.45483	0.2734
9	1973	174.60	165.36	0.2045	0.25457	0.25051	0.45631	0.2766
10	1974	171.00	167.20	0.2273	0.26018	0.25734	0.45913	0.2828
11	1975	358.96	171.00	0.2500	0.27186	0.27149	0.46493	0.2955
12	1976	181.94	174.60	0.2727	0.28303	0.28495	0.47039	0.3076
13	1977	285.50	175.76	0.2955	0.28665	0.28930	0.47214	0.3115
14	1978	202.54	176.30	0.3182	0.28834	0.29132	0.47295	0.3134
15	1979	225.16	181.94	0.3409	0.30608	0.31245	0.48140	0.3323
16	1980	426.00	184.84	0.3636	0.31527	0.32331	0.48570	0.3421
17	1981	137.00	187.18	0.3864	0.32271	0.33206	0.48916	0.3499
18	1982	232.00	202.54	0.4091	0.37189	0.38883	0.51145	0.4015
19	1983	245.94	209.80	0.4318	0.39517	0.41505	0.52174	0.4259
20	1984	312.12	211.10	0.4545	0.39933	0.41970	0.52357	0.4303
21	1985	187.18	222.28	0.4773	0.43489	0.45886	0.53907	0.4679
22	1986	709.92	225.16	0.5000	0.44397	0.46871	0.54301	0.4776
23	1987	395.02	232.00	0.5227	0.46535	0.49167	0.55225	0.5004
24	1988	167.20	235.48	0.5455	0.47612	0.50310	0.55690	0.5087
25	1989	235.48	245.94	0.5682	0.50796	0.53644	0.57066	0.5336
26	1990	165.36	256.42	0.5909	0.53893	0.56821	0.58411	0.5586
27	1991	262.52	261.40	0.6136	0.55328	0.58272	0.59039	0.5705

Continuación Tabla N°52

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
28	1992	261.40	262.52	0.6364	0.55648	0.58593	0.59180	0.5732
29	1993	740.40	277.30	0.6591	0.59737	0.62648	0.60996	0.6084
30	1994	310.40	285.50	0.6818	0.61900	0.64753	0.61977	0.6279
31	1995	184.84	310.40	0.7045	0.67978	0.70529	0.64835	0.6873
32	1996	106.90	312.12	0.7273	0.68370	0.70895	0.65026	0.6914
33	1997	435.10	333.88	0.7500	0.73016	0.75177	0.67371	0.7433
34	1998	141.32	358.96	0.7727	0.77671	0.79376	0.69913	0.7771
35	1999	175.76	395.02	0.7955	0.83154	0.84228	0.73279	0.8209
36	2000	470.46	413.84	0.8182	0.85510	0.86291	0.74906	0.8437
37	2001	455.38	426.00	0.8409	0.86868	0.87477	0.75912	0.8585
38	2002	413.84	435.10	0.8636	0.87806	0.88296	0.76642	0.8696
39	2003	176.30	448.63	0.8864	0.89087	0.89415	0.77693	0.8860
40	2004	149.54	455.38	0.9091	0.89677	0.89931	0.78201	0.8942
41	2005	448.63	470.46	0.9318	0.90890	0.90994	0.79302	0.9058
42	2006	333.88	709.92	0.9545	0.98825	0.98352	0.91300	0.9853
43	2007	62.36	740.40	0.9773	0.99098	0.98657	0.92250	0.9894

Tabla N°53 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Maipo en el Cabimbao.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1979	220.520	202.512	0.0333	0.15985	0.06612	0.33117	0.168537
2	1980	1157.960	218.80	0.0667	0.16443	0.07657	0.33480	0.173553
3	1981	686.920	220.520	0.1000	0.16492	0.07770	0.33518	0.174082
4	1982	3674.20	234.0	0.1333	0.16876	0.08663	0.33818	0.178233

Continuación Tabla N°53

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
5	1983	706.720	238.60	0.1667	0.17008	0.08972	0.33920	0.179650
6	1984	2806.0	241.120	0.2000	0.17080	0.09142	0.33976	0.180426
7	1985	241.120	372.880	0.2333	0.21044	0.18425	0.36882	0.221000
8	1986	1249.040	431.280	0.2667	0.22897	0.22517	0.38155	0.238984
9	1987	5095.360	460.025	0.3000	0.23829	0.24485	0.38779	0.247836
10	1988	372.880	604.0	0.3333	0.28642	0.33706	0.41863	0.296242
11	1989	1945.40	630.360	0.3667	0.29545	0.35268	0.42420	0.305142
12	1990	238.60	667.161	0.4000	0.30814	0.37382	0.43194	0.317568
13	1991	1674.30	686.920	0.4333	0.31499	0.38484	0.43607	0.324240
14	1992	1375.30	706.720	0.4667	0.32187	0.39567	0.44020	0.330926
15	1993	2193.80	1013.860	0.5000	0.42922	0.53732	0.50226	0.434634
16	1994	630.360	1157.960	0.5333	0.47845	0.58925	0.52999	0.483290
17	1995	431.280	1249.040	0.5667	0.50872	0.61820	0.54702	0.510716
18	1996	218.80	1320.20	0.6000	0.53178	0.63899	0.56006	0.529050
19	1997	3069.0	1375.30	0.6333	0.54925	0.65408	0.57000	0.543247
20	1998	234.0	1674.30	0.6667	0.63728	0.72296	0.62133	0.620284
21	1999	604.0	1945.40	0.7000	0.70617	0.77054	0.66408	0.690133
22	2000	1013.860	2115.448	0.7333	0.74392	0.79498	0.68905	0.733946
23	2001	1320.20	2193.80	0.7667	0.75993	0.80508	0.70008	0.752237
24	2002	4502.0	2754.855	0.8000	0.85148	0.86126	0.77059	0.830486
25	2003	460.025	2806.0	0.8333	0.85803	0.86526	0.77631	0.837619
26	2004	667.161	3069.0	0.8667	0.88767	0.88360	0.80391	0.874299
27	2005	2754.855	3674.20	0.9000	0.93528	0.91495	0.85695	0.927004
28	2006	2115.448	4502.0	0.9333	0.97007	0.94221	0.90946	0.966729
29	2007	202.512	5095.360	0.9667	0.98289	0.95510	0.93589	0.980795

Tabla N° 54 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Mapocho en Los Almendros.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1965	84.16	1.77	0.0294	0.18390	0.01076	0.40190	0.23960
2	1966	20.48	6.10	0.0588	0.20224	0.08221	0.41317	0.26290
3	1967	7.50	6.38	0.0882	0.20343	0.08724	0.41389	0.26438
4	1968	1.77	6.74	0.1176	0.20500	0.09388	0.41482	0.26633
5	1979	132.00	7.50	0.1471	0.20833	0.10782	0.41680	0.27044
6	1980	119.76	10.51	0.1765	0.22159	0.16095	0.42453	0.28658
7	1981	18.71	10.51	0.2059	0.22162	0.16105	0.42455	0.28662
8	1982	90.00	10.87	0.2353	0.22321	0.16712	0.42546	0.28853
9	1983	30.52	14.57	0.2647	0.23994	0.22657	0.43488	0.30842
10	1984	42.42	18.71	0.2941	0.25912	0.28567	0.44533	0.33070
11	1985	23.10	20.48	0.3235	0.26740	0.30862	0.44975	0.34019
12	1986	330.20	22.02	0.3529	0.27469	0.32766	0.45359	0.34848
13	1987	234.42	23.10	0.3824	0.27982	0.34047	0.45627	0.35429
14	1988	22.02	24.32	0.4118	0.28564	0.35445	0.45929	0.36085
15	1989	140.92	30.52	0.4412	0.31554	0.41823	0.47444	0.39415
16	1990	14.57	31.55	0.4706	0.32055	0.42779	0.47694	0.39970
17	1991	136.64	42.42	0.5000	0.37385	0.51427	0.50279	0.45815
18	1992	24.32	49.60	0.5294	0.40906	0.55994	0.51939	0.49676
19	1993	305.00	50.80	0.5588	0.41491	0.56685	0.52212	0.50227
20	1994	10.87	84.16	0.5882	0.56926	0.70525	0.59385	0.62946
21	1995	10.51	86.14	0.6176	0.57771	0.71113	0.59785	0.63702
22	1996	6.38	90.00	0.6471	0.59387	0.72205	0.60556	0.65175
23	1997	86.14	103.66	0.6765	0.64778	0.75579	0.63192	0.70383
24	1998	6.74	110.06	0.7059	0.67125	0.76941	0.64380	0.72825
25	1999	31.55	119.76	0.7353	0.70457	0.78786	0.66124	0.75776
26	2000	103.66	132.00	0.7647	0.74279	0.80801	0.68227	0.78155
27	2001	110.06	136.64	0.7941	0.75618	0.81487	0.68997	0.79057
28	2002	49.60	140.92	0.8235	0.76801	0.82086	0.69693	0.79889

Continuación Tabla N°54

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
29	2003	10.51	198.65	0.8529	0.88509	0.87923	0.77903	0.90516
30	2004	50.80	234.42	0.8824	0.92710	0.90198	0.81979	0.93755
31	2005	325.64	305.00	0.9118	0.97094	0.93142	0.88148	0.97602
32	2006	198.65	325.64	0.9412	0.97787	0.93756	0.89555	0.98038
33	2007	6.10	330.20	0.9706	0.97916	0.93881	0.89845	0.98134

Tabla N° 55 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Maipo en las Melosas.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1965	163.60	36.64	0.0357	0.01699	0.00306	0.19615	0.0050
2	1966	120.00	61.46	0.0714	0.06355	0.04365	0.28302	0.0303
3	1967	99.96	81.26	0.1071	0.13303	0.12454	0.35062	0.1050
4	1968	36.64	98.00	0.1429	0.21236	0.21802	0.40557	0.1942
5	1969	182.00	98.98	0.1786	0.21748	0.22394	0.40872	0.1995
6	1970	61.46	99.96	0.2143	0.22261	0.22984	0.41184	0.2047
7	1971	128.00	112.00	0.2500	0.28860	0.30416	0.44958	0.2699
8	1972	248.40	120.00	0.2857	0.33436	0.35389	0.47386	0.3147
9	1974	112.00	125.56	0.3214	0.36655	0.38803	0.49033	0.3459
10	1975	132.80	128.00	0.3571	0.38069	0.40281	0.49746	0.3596
11	1976	81.26	131.04	0.3929	0.39828	0.42104	0.50625	0.3767
12	1977	169.00	132.80	0.4286	0.40844	0.43147	0.51129	0.3865
13	1978	194.80	137.88	0.4643	0.43757	0.46107	0.52565	0.4150
14	1979	140.80	140.80	0.5000	0.45414	0.47770	0.53378	0.4314
15	1980	221.60	142.00	0.5357	0.46090	0.48445	0.53709	0.4381
16	1981	98.00	161.70	0.5714	0.56674	0.58715	0.58916	0.5358
17	1982	301.00	163.60	0.6071	0.57631	0.59620	0.59395	0.5437

Continuación Tabla N°55:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
18	1983	177.82	169.00	0.6429	0.60281	0.62108	0.60735	0.5660
19	1984	220.30	177.82	0.6786	0.64374	0.65903	0.62852	0.6024
20	1985	131.04	182.00	0.7143	0.66207	0.67586	0.63825	0.6197
21	1986	427.68	194.80	0.7500	0.71387	0.72299	0.66683	0.6726
22	1987	271.00	220.30	0.7857	0.79810	0.79876	0.71852	0.7646
23	1988	125.56	221.60	0.8214	0.80176	0.80204	0.72097	0.7675
24	1989	161.70	248.40	0.8571	0.86516	0.85919	0.76777	0.8255
25	1990	98.98	271.00	0.8929	0.90354	0.89443	0.80199	0.8745
26	1991	137.88	301.00	0.9286	0.93873	0.92784	0.84073	0.9184
27	1992	142.00	427.68	0.9643	0.99145	0.98464	0.94067	0.9874

Tabla N° 56 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1965	112.00	17.06	0.0227	0.13824	0.00608	0.47862	0.08327
2	1966	112.00	40.88	0.0455	0.17501	0.05985	0.49392	0.13819
3	1967	40.88	50.50	0.0682	0.19092	0.09239	0.49999	0.16105
4	1968	17.06	51.04	0.0909	0.19183	0.09432	0.50033	0.16233
5	1969	53.22	53.22	0.1136	0.19551	0.10219	0.50169	0.16751
6	1970	65.57	65.57	0.1364	0.21692	0.14869	0.50937	0.19686
7	1971	90.18	70.26	0.1591	0.22526	0.16682	0.51226	0.20802

Continuación Tabla N°56:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
8	1972	88.70	70.30	0.1818	0.22533	0.16698	0.51229	0.20812
9	1973	51.04	76.10	0.2045	0.23578	0.18946	0.51584	0.22190
10	1974	50.50	88.70	0.2273	0.25896	0.23787	0.52348	0.25167
11	1975	70.26	90.18	0.2500	0.26172	0.24347	0.52437	0.25483
12	1976	76.10	91.70	0.2727	0.26457	0.24921	0.52529	0.25808
13	1977	91.70	95.90	0.2955	0.27247	0.26493	0.52781	0.26706
14	1978	97.40	97.40	0.3182	0.27530	0.27049	0.52870	0.27027
15	1979	123.00	112.00	0.3409	0.30319	0.32300	0.53735	0.30148
16	1980	157.00	112.00	0.3636	0.30319	0.32300	0.53735	0.30148
17	1981	172.00	123.00	0.3864	0.32449	0.36041	0.54378	0.32500
18	1982	171.12	128.40	0.4091	0.33501	0.37805	0.54690	0.33654
19	1983	197.40	133.16	0.4318	0.34431	0.39320	0.54964	0.34672
20	1984	516.48	135.44	0.4545	0.34877	0.40032	0.55095	0.35159
21	1985	95.90	157.00	0.4773	0.39099	0.46344	0.56316	0.39769
22	1986	698.92	160.41	0.5000	0.39766	0.47274	0.56506	0.40498
23	1987	875.20	171.12	0.5227	0.41852	0.50078	0.57099	0.42787
24	1988	70.30	172.00	0.5455	0.42023	0.50301	0.57148	0.42976
25	1989	360.48	172.96	0.5682	0.42209	0.50543	0.57201	0.43181
26	1990	172.96	197.40	0.5909	0.46895	0.56255	0.58526	0.48406
27	1991	619.32	210.84	0.6136	0.49413	0.59061	0.59239	0.50853
28	1992	348.00	235.60	0.6364	0.53910	0.63682	0.60525	0.54382
29	1993	538.16	262.37	0.6591	0.58523	0.67979	0.61875	0.58198
30	1994	235.60	319.74	0.6818	0.67387	0.75247	0.64631	0.66374
31	1995	135.44	346.76	0.7045	0.71049	0.77953	0.65866	0.70226
32	1996	128.40	348.00	0.7273	0.71209	0.78068	0.65922	0.70402

Continuación Tabla N°56:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
33	1997	364.60	348.90	0.7500	0.71324	0.78150	0.65962	0.70530
34	1998	133.16	360.48	0.7727	0.72781	0.79184	0.66479	0.72181
35	1999	210.84	364.60	0.7955	0.73285	0.79537	0.66661	0.72768
36	2000	513.03	486.83	0.8182	0.85036	0.87282	0.71670	0.82410
37	2001	348.90	513.03	0.8409	0.86850	0.88432	0.72651	0.84232
38	2002	1.124.67	516.48	0.8636	0.87073	0.88574	0.72777	0.84472
39	2003	262.37	538.16	0.8864	0.88398	0.89415	0.73562	0.85979
40	2004	319.74	619.32	0.9091	0.92308	0.91951	0.76318	0.90742
41	2005	486.83	698.92	0.9318	0.94896	0.93741	0.78761	0.93273
42	2006	346.76	875.20	0.9545	0.97972	0.96231	0.83362	0.96964
43	2007	160.41	1.124.67	0.9773	0.99459	0.97987	0.88297	0.99065

## 2.2 Frecuencias observadas y teóricas acumuladas para las funciones de distribución de probabilidad Región del Libertador Bernardo O'Higgins

Tabla Nº 57: frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Canal Sauzal en Puente Termas.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	2005	74.338	73.406	0.2500	0.2404	0.2335	0.2536	0.2426
2	2006	73.562	73.562	0.5000	0.3849	0.3398	0.3654	0.3614
3	2007	73.406	74.338	0.7500	0.8781	0.8729	0.8652	0.8615

Tabla Nº 58 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Canal Teno.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	2002	83.913	83.913	0.3333	0.2489	0.2398	0.2452	0.4998
2	2003	129.263	129.263	0.6667	0.7972	0.7602	0.7543	0.5002

Tabla Nº 59: frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Estero Alhué e Quilamuta.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1970	59.392	1.666	0.0256	0.1268	0.0122	0.1802	0.15286
2	1971	19.336	2.577	0.0513	0.1286	0.0233	0.1820	0.15463
3	1972	220.92	4.102	0.0769	0.1317	0.0434	0.1850	0.15759
4	1973	134.24	4.35	0.1026	0.1322	0.0467	0.1855	0.15808
5	1974	358.08	4.52	0.1282	0.1325	0.0490	0.1858	0.15841
6	1975	118.6	5.572	0.1538	0.1347	0.0630	0.1879	0.16045
7	1976	23.66	14.1	0.1795	0.1528	0.1642	0.2050	0.17704

Continuación Tabla N°59:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
8	1977	28.032	19.336	0.2051	0.1645	0.2150	0.2158	0.18722
9	1978	4.52	22.236	0.2308	0.1711	0.2401	0.2218	0.19287
10	1979	93.516	23.66	0.2564	0.1744	0.2517	0.2247	0.19564
11	1980	206.8	28.032	0.2821	0.1847	0.2850	0.2339	0.20414
12	1981	64.4	35.619	0.3077	0.2030	0.3353	0.2500	0.21890
13	1982	429.42	39.1	0.3333	0.2117	0.3557	0.2574	0.22567
14	1983	59.528	51.446	0.3590	0.2434	0.4182	0.2842	0.24968
15	1984	280.74	59.392	0.3846	0.2645	0.4519	0.3016	0.26922
16	1985	4.35	59.528	0.4103	0.2648	0.4524	0.3019	0.26955
17	1986	240.76	64.4	0.4359	0.2780	0.4711	0.3127	0.28158
18	1987	270.38	93.516	0.4615	0.3587	0.5595	0.3778	0.35348
19	1988	22.236	118.6	0.4872	0.4288	0.6145	0.4338	0.41543
20	1989	376.7	121.66	0.5128	0.4372	0.6203	0.4406	0.42298
21	1990	5.572	134.24	0.5385	0.4716	0.6424	0.4684	0.45405
22	1991	154.56	154.56	0.5641	0.5253	0.6732	0.5124	0.50351
23	1992	320	165.94	0.5897	0.5542	0.6884	0.5364	0.52681
24	1993	121.66	206.8	0.6154	0.6490	0.7331	0.6187	0.61048
25	1994	165.94	220.92	0.6410	0.6783	0.7459	0.6453	0.63940
26	1995	39.1	240.76	0.6667	0.7163	0.7620	0.6808	0.68003
27	1996	14.1	270.38	0.6923	0.7663	0.7829	0.7299	0.74069
28	1997	547.2	280.74	0.7179	0.7819	0.7894	0.7458	0.75714
29	1998	4.102	320	0.7436	0.8333	0.8112	0.8005	0.80538
30	1999	2.577	328.472	0.7692	0.8428	0.8154	0.8112	0.81579
31	2000	494.282	350.086	0.7949	0.8650	0.8253	0.8364	0.84235
32	2001	526.248	358.08	0.8205	0.8725	0.8288	0.8451	0.85217
33	2002	350.086	376.7	0.8462	0.8884	0.8363	0.8640	0.87505
34	2003	35.619	377.18	0.8718	0.8887	0.8365	0.8644	0.87564
35	2004	51.446	429.42	0.8974	0.9239	0.8549	0.9079	0.91944

Continuación Tabla N°59:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
36	2005	328.472	494.282	0.9231	0.9528	0.8731	0.9455	0.95467
37	2006	377.18	526.248	0.9487	0.9629	0.8807	0.9587	0.96540
38	2007	1.666	547.2	0.9744	0.9683	0.8853	0.9657	0.97244

Tabla N° 60 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Estero Nilahué en Santa Teresa.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1985	92.32	0.062	0.0417	0.0770	0.0001	0.1272	0.1013
2	1986	1028.2	6.875	0.0833	0.0816	0.0653	0.1324	0.1071
3	1987	759.36	10.926	0.1250	0.0843	0.0965	0.1356	0.1105
4	1988	250.08	64.4	0.1667	0.1263	0.3088	0.1794	0.1561
5	1989	343.18	92.32	0.2083	0.1517	0.3683	0.2037	0.1798
6	1990	10.926	160.26	0.2500	0.2223	0.4654	0.2661	0.2377
7	1991	517.1	205.54	0.2917	0.2744	0.5103	0.3094	0.2834
8	1992	923.08	233.92	0.3333	0.3083	0.5336	0.3370	0.3141
9	1993	247.52	247.52	0.3750	0.3248	0.5438	0.3503	0.3288
10	1994	233.92	250.08	0.4167	0.3279	0.5456	0.3528	0.3316
11	1995	429.8	313.48	0.4583	0.4055	0.5858	0.4149	0.4001
12	1996	64.4	343.18	0.5000	0.4414	0.6017	0.4438	0.4323
13	1997	482.78	429.8	0.5417	0.5418	0.6405	0.5260	0.5215
14	1998	6.875	438.4	0.5833	0.5513	0.6438	0.5339	0.5292
15	1999	313.48	482.78	0.6250	0.5983	0.6599	0.5740	0.5690
16	2000	735.98	517.1	0.6667	0.6324	0.6712	0.6039	0.5998
17	2001	973.64	735.98	0.7083	0.8017	0.7268	0.7666	0.7777
18	2002	1396.7	759.36	0.7500	0.8151	0.7315	0.7809	0.7902
19	2003	160.26	875.76	0.7917	0.8704	0.7523	0.8430	0.8529
20	2004	205.54	923.08	0.8333	0.8882	0.7598	0.8640	0.8783

Continuación Tabla N°60

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
21	2005	438.4	973.64	0.8750	0.9047	0.7672	0.8841	0.9027
22	2006	875.76	1028.2	0.9167	0.9199	0.7747	0.9031	0.9170
23	2007	0.062	1396.7	0.9583	0.9758	0.8141	0.9757	0.9800

Tabla N° 61: frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Estero Zamorano en Puente el Niche.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1985	58.56	8.4	0.0417	0.0613	0.0095	0.1085	0.1051
2	1986	1170.14	9.305	0.0833	0.0617	0.0113	0.1090	0.1057
3	1987	959.52	43.42	0.1250	0.0809	0.1045	0.1266	0.1268
4	1988	8.4	45.76	0.1667	0.0823	0.1109	0.1279	0.1283
5	1989	734.4	58.56	0.2083	0.0905	0.1451	0.1349	0.1362
6	1990	43.42	128.21	0.2500	0.1423	0.2954	0.1767	0.1794
7	1991	402	227.749	0.2917	0.2353	0.4380	0.2460	0.2411
8	1992	705.8	285.56	0.3333	0.2962	0.4976	0.2908	0.2871
9	1993	311.06	311.06	0.3750	0.3239	0.5203	0.3114	0.3089
10	1994	503.44	320.06	0.4167	0.3338	0.5278	0.3188	0.3166
11	1995	320.06	350.578	0.4583	0.3674	0.5518	0.3443	0.3427
12	1996	45.76	402	0.5000	0.4239	0.5875	0.3884	0.3867
13	1997	1064.876	503.44	0.5417	0.5309	0.6445	0.4779	0.4734
14	1998	9.305	705.8	0.5833	0.7080	0.7240	0.6524	0.6396
15	1999	350.578	734.4	0.6250	0.7284	0.7327	0.6753	0.6629
16	2000	1189.057	795.823	0.6667	0.7683	0.7500	0.7221	0.7130
17	2001	1187.523	937.678	0.7083	0.8417	0.7833	0.8158	0.8012
18	2002	795.823	959.52	0.7500	0.8510	0.7877	0.8283	0.8128
19	2003	285.56	1063.7	0.7917	0.8886	0.8070	0.8802	0.8681

Continuación Tabla N°61:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
20	2004	227.749	1064.876	0.8333	0.8890	0.8072	0.8807	0.8687
21	2005	937.678	1170.14	0.8750	0.9177	0.8239	0.9208	0.9127
22	2006	1063.7	1187.523	0.9167	0.9217	0.8264	0.9263	0.9175
23	2007	128.21	1189.057	0.9583	0.9221	0.8266	0.9268	0.9179

Tabla N° 62 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Rio Cachapoal 5 km. aguas abajo junta Cortaderal.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1989	150.06	116.553	0.0500	0.1106	0.0807	0.2967	0.0910
2	1990	125.6	125.6	0.1000	0.1414	0.1125	0.3241	0.1252
3	1991	486.8	132.476	0.1500	0.1672	0.1400	0.3447	0.1536
4	1992	157.16	136.762	0.2000	0.1843	0.1585	0.3575	0.1712
5	1993	295.16	138	0.2500	0.1894	0.1640	0.3611	0.1764
6	1994	227.4	150.06	0.3000	0.2414	0.2211	0.3965	0.2261
7	1995	228	157.16	0.3500	0.2738	0.2568	0.4169	0.2559
8	1996	138	188.688	0.4000	0.4240	0.4223	0.5033	0.3985
9	1997	305.24	189.596	0.4500	0.4283	0.4270	0.5057	0.4027
10	1998	116.553	206.743	0.5000	0.5078	0.5129	0.5493	0.4802
11	1999	132.476	207.796	0.5500	0.5125	0.5180	0.5518	0.4850
12	2000	285.767	222.46	0.6000	0.5759	0.5853	0.5870	0.5392
13	2001	189.596	227.4	0.6500	0.5961	0.6066	0.5984	0.5562
14	2002	206.743	228	0.7000	0.5985	0.6091	0.5998	0.5583

Continuación Tabla N°62:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
15	2003	222.46	285.767	0.7500	0.7856	0.8000	0.7168	0.7542
16	2004	401.453	295.16	0.8000	0.8078	0.8218	0.7331	0.7717
17	2005	207.796	305.24	0.8500	0.8293	0.8429	0.7498	0.7905
18	2006	188.688	401.453	0.9000	0.9482	0.9546	0.8703	0.9323
19	2007	136.762	486.8	0.9500	0.9827	0.9851	0.9316	0.9777

Tabla N° 63 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Rio Cachapoal en Puente Arqueado.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	2002	384.56	289.868	0.1429	0.0747	0.0806	0.1278	0.4527
2	2003	760.24	384.56	0.2857	0.1289	0.1611	0.1686	0.4600
3	2004	1057.676	760.24	0.4286	0.4480	0.5004	0.3934	0.4890
4	2005	1430.823	1057.676	0.5714	0.6822	0.6848	0.6099	0.5120
5	2006	1499.108	1430.823	0.7143	0.8600	0.8214	0.8397	0.5408
6	2007	289.868	1499.108	0.8571	0.8805	0.8385	0.8703	0.5461

Tabla N° 64 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Cachapoal en puente Termas de Cauquenes.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	2002	546.45	232.75	0.1429	0.0079	0.0291	0.0611	0.0327
2	2003	952.36	546.45	0.2857	0.4156	0.4509	0.3464	0.3764
3	2004	687.2	651.2	0.4286	0.6087	0.5951	0.5110	0.5452
4	2005	701.6	687.2	0.5714	0.6649	0.6377	0.5712	0.5995
5	2006	651.2	701.6	0.7143	0.6857	0.6537	0.5953	0.6212
6	2007	232.75	952.36	0.8571	0.9081	0.8483	0.9237	0.9032

Tabla N° 65 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Claro en el Valle.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1970	61.918	19.333	0.0256	0.0500	0.0025	0.1883	0.0354
2	1971	125.52	34.916	0.0513	0.0717	0.0204	0.2193	0.0563
3	1972	269.06	42.004	0.0769	0.0832	0.0353	0.2335	0.0689
4	1973	179.5	61.918	0.1026	0.1212	0.0948	0.2737	0.1058
5	1974	450.96	71.412	0.1282	0.1420	0.1294	0.2929	0.1292
6	1975	199	83.19	0.1538	0.1700	0.1752	0.3167	0.1583
7	1976	212.72	93.1	0.1795	0.1953	0.2148	0.3366	0.1827
8	1977	621.1	93.4	0.2051	0.1960	0.2160	0.3372	0.1835
9	1978	321.6	105	0.2308	0.2274	0.2624	0.3604	0.2121
10	1979	192.84	106.1	0.2564	0.2304	0.2668	0.3626	0.2148
11	1980	195.88	125.52	0.2821	0.2861	0.3418	0.4008	0.2644
12	1981	171.92	126.08	0.3077	0.2878	0.3439	0.4019	0.2660
13	1982	362.8	135.047	0.3333	0.3144	0.3768	0.4193	0.2909
14	1983	143.28	143.28	0.3590	0.3391	0.4058	0.4350	0.3138
15	1984	197.32	171.92	0.3846	0.4255	0.4980	0.4883	0.3935
16	1985	105	177.72	0.4103	0.4427	0.5149	0.4988	0.4096

Continuación Tabla N°65:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
17	1986	189	178.38	0.4359	0.4447	0.5168	0.5000	0.4115
18	1987	83.19	179.5	0.4615	0.4480	0.5200	0.5020	0.4146
19	1988	106.1	189	0.4872	0.4758	0.5462	0.5189	0.4410
20	1989	239	192.84	0.5128	0.4870	0.5564	0.5256	0.4517
21	1990	42.004	195.88	0.5385	0.4957	0.5643	0.5309	0.4602
22	1991	280.76	197.32	0.5641	0.4998	0.5680	0.5334	0.4642
23	1992	177.72	198.84	0.5897	0.5041	0.5718	0.5360	0.4684
24	1993	178.38	199	0.6154	0.5046	0.5722	0.5363	0.4688
25	1994	229.4	212.72	0.6410	0.5427	0.6054	0.5595	0.5055
26	1995	126.08	229.4	0.6667	0.5869	0.6421	0.5869	0.5417
27	1996	93.1	239	0.6923	0.6112	0.6615	0.6021	0.5626
28	1997	198.84	269.06	0.7179	0.6807	0.7150	0.6474	0.6278
29	1998	34.916	280.76	0.7436	0.7052	0.7332	0.6640	0.6533
30	1999	93.4	321.6	0.7692	0.7790	0.7871	0.7178	0.7420
31	2000	344.54	344.54	0.7949	0.8132	0.8118	0.7450	0.7728
32	2001	620.659	362.8	0.8205	0.8369	0.8291	0.7652	0.7944
33	2002	445.89	385.031	0.8462	0.8622	0.8477	0.7882	0.8207
34	2003	71.412	445.89	0.8718	0.9140	0.8877	0.8419	0.8928
35	2004	135.047	450.96	0.8974	0.9174	0.8904	0.8458	0.8988
36	2005	385.031	570.902	0.9231	0.9683	0.9371	0.9175	0.9589
37	2006	570.902	620.659	0.9487	0.9788	0.9492	0.9374	0.9742
38	2007	19.333	621.1	0.9744	0.9789	0.9493	0.9376	0.9744

Tabla N° 66 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Claro en Hacienda Las Nieves.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1960	16.224	7.562	0.0204	0.1530	0.0178	0.4227	0.1132
2	1961	48.532	13.91	0.0408	0.1754	0.0648	0.4354	0.1411
3	1962	22.08	14.304	0.0612	0.1768	0.0683	0.4362	0.1428
4	1963	37.24	15.144	0.0816	0.1799	0.0758	0.4379	0.1465
5	1964	22.434	16.224	0.1020	0.1839	0.0857	0.4400	0.1513
6	1965	106.4	17.22	0.1224	0.1876	0.0951	0.4420	0.1556
7	1966	31.796	18.6	0.1429	0.1927	0.1082	0.4447	0.1617
8	1967	18.6	19.128	0.1633	0.1947	0.1133	0.4458	0.1640
9	1968	7.562	21.5	0.1837	0.2038	0.1364	0.4504	0.1744
10	1969	131.64	22.08	0.2041	0.2060	0.1420	0.4515	0.1770
11	1970	15.144	22.434	0.2245	0.2074	0.1455	0.4522	0.1786
12	1971	38.28	31.796	0.2449	0.2448	0.2355	0.4703	0.2197
13	1972	260.28	32	0.2653	0.2456	0.2374	0.4706	0.2206
14	1973	154.68	33.636	0.2857	0.2524	0.2525	0.4738	0.2278
15	1974	144.64	33.836	0.3061	0.2532	0.2543	0.4741	0.2287
16	1975	33.636	37.24	0.3265	0.2674	0.2847	0.4805	0.2436
17	1976	123.44	38.28	0.3469	0.2717	0.2938	0.4825	0.2482
18	1977	405.6	44.16	0.3673	0.2967	0.3427	0.4934	0.2739
19	1978	172.46	48.532	0.3878	0.3156	0.3767	0.5014	0.2930
20	1979	61.336	49.476	0.4082	0.3196	0.3837	0.5031	0.2972
21	1980	83.04	49.59	0.4286	0.3201	0.3845	0.5033	0.2977
22	1981	55.284	55.284	0.4490	0.3449	0.4250	0.5136	0.3226
23	1982	127.2	59.306	0.4694	0.3625	0.4516	0.5208	0.3402
24	1983	33.836	61.336	0.4898	0.3714	0.4644	0.5243	0.3491
25	1984	44.16	76.023	0.5102	0.4353	0.5466	0.5496	0.4133
26	1985	32	83.04	0.5306	0.4652	0.5800	0.5614	0.4440
27	1986	249.8	90.93	0.5510	0.4982	0.6138	0.5743	0.4785
28	1987	91.618	91.618	0.5714	0.5011	0.6166	0.5754	0.4815

Continuación Tabla N°66:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
29	1988	49.59	98.79	0.5918	0.5302	0.6439	0.5868	0.5091
30	1989	153.8	106.4	0.6122	0.5601	0.6701	0.5987	0.5328
31	1990	13.91	123.44	0.6327	0.6229	0.7201	0.6243	0.5856
32	1991	287.08	127.2	0.6531	0.6359	0.7297	0.6297	0.5973
33	1992	158.84	131.64	0.6735	0.6509	0.7405	0.6361	0.6111
34	1993	451.36	141.608	0.6939	0.6829	0.7627	0.6501	0.6421
35	1994	150.32	144.64	0.7143	0.6922	0.7689	0.6542	0.6514
36	1995	49.476	150.32	0.7347	0.7090	0.7801	0.6619	0.6691
37	1996	14.304	153.8	0.7551	0.7190	0.7865	0.6666	0.6799
38	1997	159.26	154.68	0.7755	0.7215	0.7881	0.6677	0.6826
39	1998	21.5	158.84	0.7959	0.7329	0.7954	0.6732	0.6955
40	1999	17.22	159.26	0.8163	0.7340	0.7961	0.6737	0.6968
41	2000	360.72	172.46	0.8367	0.7678	0.8171	0.6905	0.7378
42	2001	293.8	249.8	0.8571	0.9000	0.8963	0.7749	0.8661
43	2002	90.93	260.28	0.8776	0.9112	0.9032	0.7846	0.8826
44	2003	59.306	287.08	0.8980	0.9346	0.9184	0.8078	0.9117
45	2004	76.023	293.8	0.9184	0.9395	0.9217	0.8133	0.9166
46	2005	98.79	360.72	0.9388	0.9722	0.9467	0.8606	0.9584
47	2006	141.608	405.6	0.9592	0.9836	0.9579	0.8859	0.9754
48	2007	19.128	451.36	0.9796	0.9905	0.9663	0.9073	0.9833

Tabla N° 67 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Claro en Tunca.

n° orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1994	408.28	40.75	0.0667	0.0851	0.0512	0.1283	0.1286
2	1995	110.5	44.92	0.1333	0.0896	0.0619	0.1322	0.1331
3	1996	40.75	64.178	0.2000	0.1123	0.1161	0.1513	0.1539
4	1997	524.56	106.576	0.2667	0.1720	0.2404	0.1980	0.1998
5	1998	44.92	110.5	0.3333	0.1781	0.2514	0.2027	0.2040
6	1999	166.485	166.485	0.4000	0.2736	0.3918	0.2738	0.2702
7	2000	775.205	210.517	0.4667	0.3553	0.4809	0.3353	0.3362
8	2001	657.463	408.28	0.5333	0.6862	0.7229	0.6304	0.6256
9	2002	457.304	457.304	0.6000	0.7459	0.7583	0.6972	0.6952
10	2003	106.576	519.826	0.6667	0.8082	0.7952	0.7733	0.7717
11	2004	210.517	524.56	0.7333	0.8123	0.7977	0.7786	0.7760
12	2005	519.826	535.457	0.8000	0.8215	0.8032	0.7904	0.7859
13	2006	535.457	657.463	0.8667	0.9000	0.8534	0.8967	0.8969
14	2007	64.178	775.205	0.9333	0.9439	0.8869	0.9558	0.9526

Tabla N° 68: frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Cortaderal ante Junta Río Cachapoal.

n° orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1985	61.180	60.644	0.1000	0.3677	0.2665	0.6201	0.3933
2	1986	359.180	61.180	0.2000	0.3687	0.2717	0.6203	0.3967
3	1987	90.660	66.704	0.3000	0.3791	0.3259	0.6216	0.4313
4	1988	74.732	71.061	0.4000	0.3873	0.3682	0.6227	0.4586
5	1989	71.768	71.768	0.5000	0.3886	0.3750	0.6229	0.4630

Continuación Tabla N°68:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
6	1990	80.232	74.732	0.6000	0.3941	0.4030	0.6236	0.4816
7	1991	60.644	80.232	0.7000	0.4045	0.4534	0.6249	0.5095
8	2006	71.061	90.660	0.8000	0.4239	0.5415	0.6274	0.5481
9	2007	66.704	359.180	0.9000	0.8045	0.9953	0.6869	0.9707

Tabla N° 69 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río las Leñas ante Junta Río Claro.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	2006	25.906	25.122	0.3333	0.2489	0.2398	0.2461	0.4812
2	2007	25.122	25.906	0.6667	0.7972	0.7602	0.7540	0.5194

Tabla N° 70 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Pangal en Pangal.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1985	91.488	43.933	0.0417	0.0479	0.0420	0.0776	0.0763
2	1986	81.98	47.548	0.0833	0.0657	0.0616	0.0986	0.0919
3	1987	158.3	50.498	0.1250	0.0829	0.0808	0.1173	0.1079
4	1988	112.88	61.4	0.1667	0.1671	0.1739	0.1972	0.1889
5	1989	88.25	62.421	0.2083	0.1764	0.1840	0.2055	0.1965
6	1990	47.548	63.228	0.2500	0.1840	0.1922	0.2120	0.2025
7	1991	154.28	68.359	0.2917	0.2348	0.2463	0.2554	0.2406
8	1992	83.558	77.663	0.3333	0.3352	0.3500	0.3387	0.3264

Continuación Tabla N°70:

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
9	1993	78.092	78.092	0.3750	0.3400	0.3548	0.3427	0.3305
10	1994	63.228	81.98	0.4167	0.3833	0.3982	0.3786	0.3674
11	1995	68.359	83.558	0.4583	0.4009	0.4156	0.3932	0.3824
12	1996	43.933	88.25	0.5000	0.4525	0.4664	0.4368	0.4270
13	1997	188.48	91.488	0.5417	0.4874	0.5002	0.4667	0.4578
14	1998	62.421	93.273	0.5833	0.5062	0.5183	0.4830	0.4747
15	1999	61.4	107.982	0.6250	0.6467	0.6521	0.6120	0.6005
16	2000	173.512	112.88	0.6667	0.6868	0.6899	0.6515	0.6413
17	2001	131.118	121.129	0.7083	0.7463	0.7459	0.7132	0.7101
18	2002	121.129	131.118	0.7500	0.8056	0.8018	0.7786	0.7755
19	2003	107.982	152.186	0.7917	0.8921	0.8848	0.8820	0.8788
20	2004	152.186	154.28	0.8333	0.8984	0.8909	0.8898	0.8891
21	2005	93.273	158.3	0.8750	0.9095	0.9018	0.9037	0.9046
22	2006	77.663	173.512	0.9167	0.9420	0.9342	0.9444	0.9434
23	2007	50.498	188.48	0.9583	0.9627	0.9557	0.9695	0.9669

Tabla N° 71 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Tinguiririca bajo Los Briones.

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	1984	165	107.764	0.0417	0.1169	0.0550	0.2691	0.1109
2	1985	187.6	107.92	0.0833	0.1171	0.0553	0.2693	0.1111
3	1986	203	139.02	0.1250	0.1590	0.1132	0.3072	0.1578
4	1987	349	165	0.1667	0.1986	0.1713	0.3388	0.1969

Continuación Tabla N°71

nº orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
5	1988	174.8	174.8	0.2083	0.2144	0.1946	0.3506	0.2116
6	1989	361.16	187.6	0.2500	0.2356	0.2256	0.3659	0.2308
7	1990	107.92	203	0.2917	0.2620	0.2633	0.3843	0.2544
8	1991	564.8	212.995	0.3333	0.2795	0.2877	0.3961	0.2713
9	1993	287.32	221.64	0.3750	0.2948	0.3087	0.4062	0.2860
10	1994	565	226.2	0.4167	0.3030	0.3197	0.4116	0.2937
11	1995	226.2	229.76	0.4583	0.3094	0.3283	0.4157	0.2997
12	1996	139.02	287.32	0.5000	0.4138	0.4585	0.4810	0.3972
13	1997	331.2	331.2	0.5417	0.4916	0.5447	0.5283	0.4714
14	1998	221.64	349	0.5833	0.5220	0.5762	0.5467	0.5012
15	1999	107.764	361.16	0.6250	0.5422	0.5965	0.5591	0.5173
16	2000	616.368	452.364	0.6667	0.6773	0.7215	0.6451	0.6378
17	2001	452.364	564.8	0.7083	0.7998	0.8226	0.7343	0.7699
18	2002	624.61	565	0.7500	0.8000	0.8227	0.7345	0.7700
19	2003	576.16	576.16	0.7917	0.8097	0.8304	0.7423	0.7780
20	2004	229.76	616.368	0.8333	0.8411	0.8551	0.7691	0.8070
21	2005	997.058	624.61	0.8750	0.8470	0.8596	0.7743	0.8129
22	2006	1007.302	997.058	0.9167	0.9741	0.9633	0.9283	0.9694
23	2007	212.995	1007.302	0.9583	0.9753	0.9646	0.9307	0.9714

Tabla N° 72 : frecuencias observadas y teóricas acumuladas, estación Río Tinguiririca en Los Olmos (CA).

n° orden	año	caudal maximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel	Log-Normal	Goodrich	Pearson Tipo III
1	2002	194.476	142.467	0.1429	0.1481	0.0988	0.1805	0.1710
2	2003	812.16	194.476	0.2857	0.1765	0.1614	0.2044	0.1929
3	2004	455.139	455.139	0.4286	0.3430	0.4326	0.3379	0.3221
4	2005	1313.07	812.16	0.5714	0.5756	0.6510	0.5357	0.5247
5	2006	1902.56	1313.07	0.7143	0.8038	0.8026	0.7731	0.7688
6	2007	142.467	1902.56	0.8571	0.9293	0.8865	0.9315	0.9563

### Apéndice 3

#### 3.1 Gráficos del comportamiento de los caudales a través del tiempo, para la Región Metropolitana

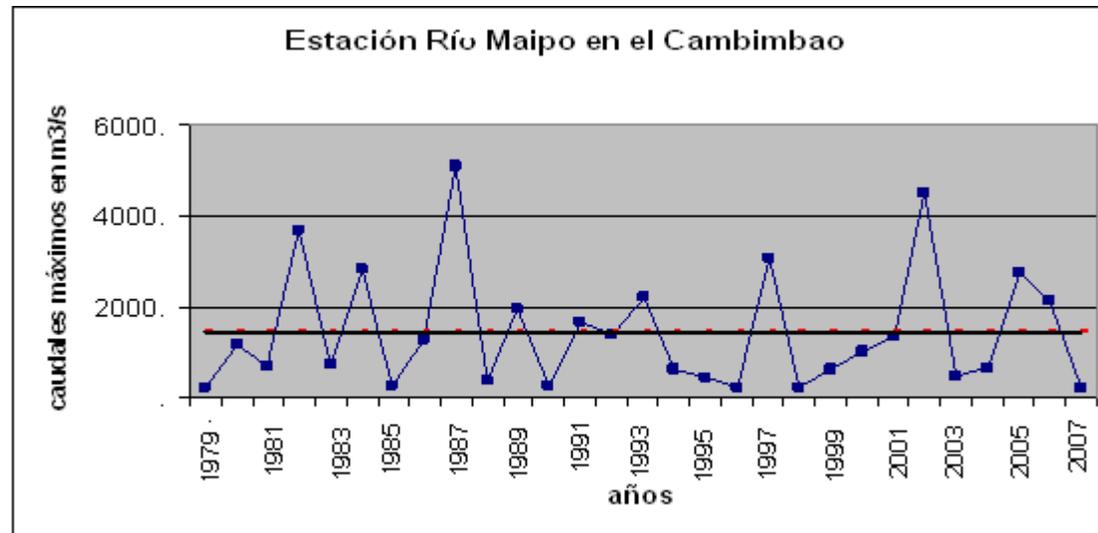


Figura N°30: caudales máximos para la Estación Río Maipo en el Cabimbao de la Región Metropolitana

3.2 Gráficos del comportamiento de los caudales a través del tiempo, para la Región del Libertador Bernardo O´higgins



Figura Nº31: caudales máximos para la Estación Estero Nilahue en Santa Teresa de la Región del Libertador Bernardo O´Higgins.

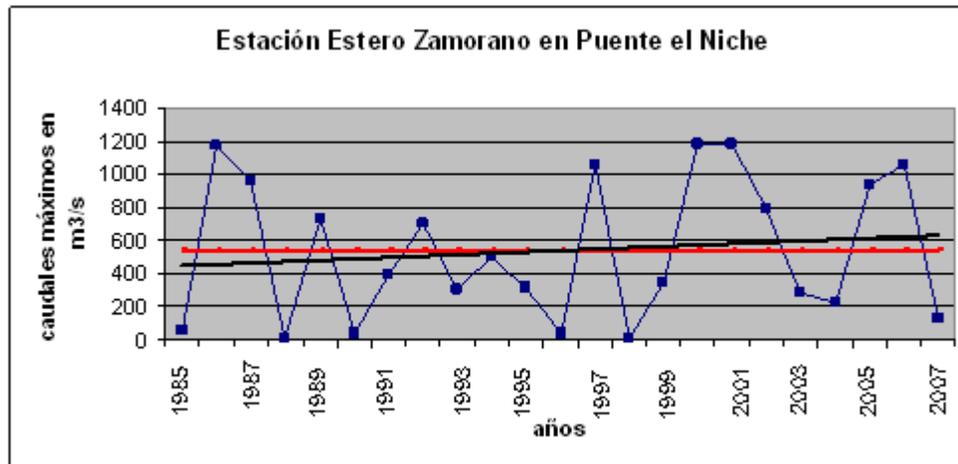
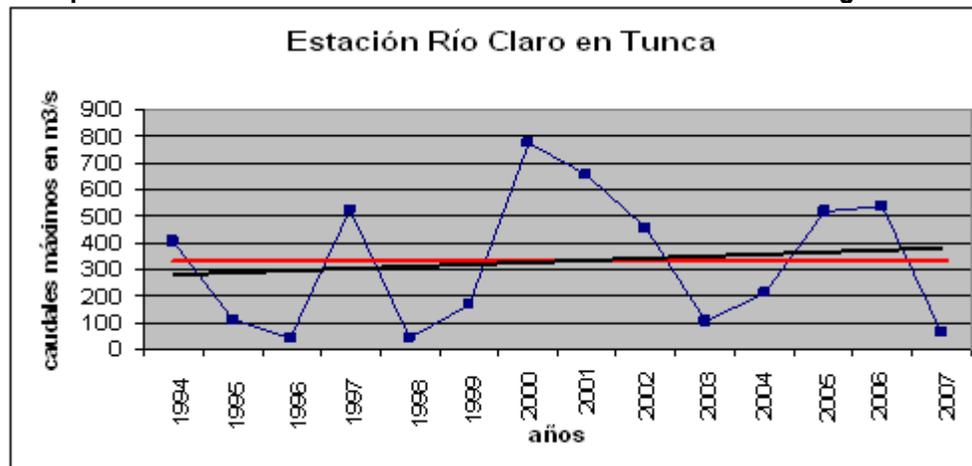
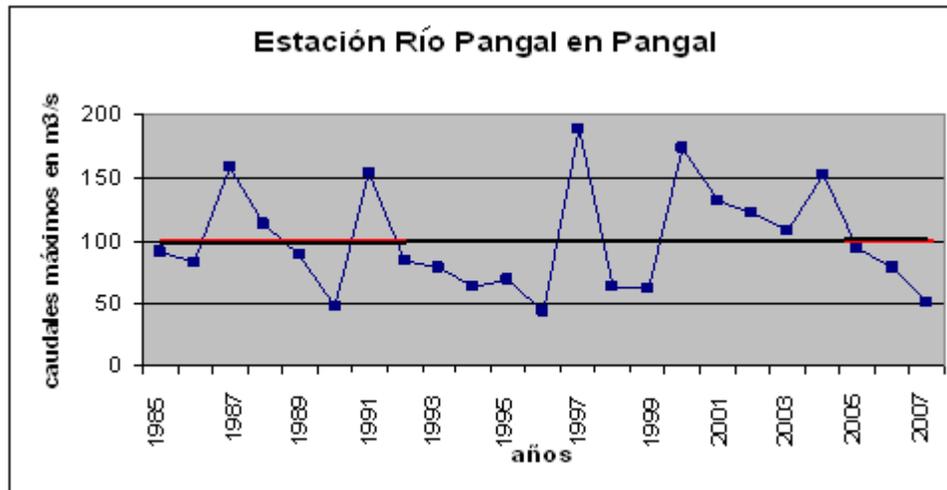


Figura Nº32: caudales máximos para la Estación Estero Zamorano en Puento el Niche de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

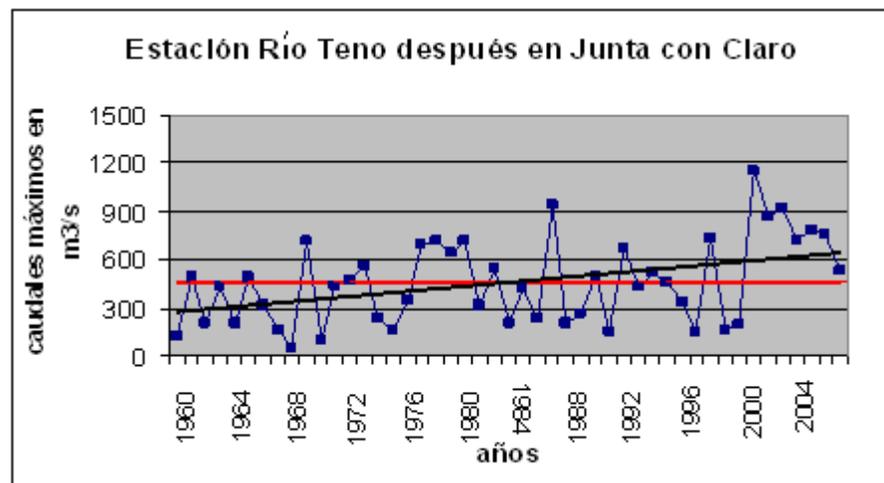


Nº33: caudales máximos para la Estación Río Claro en Tunca de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

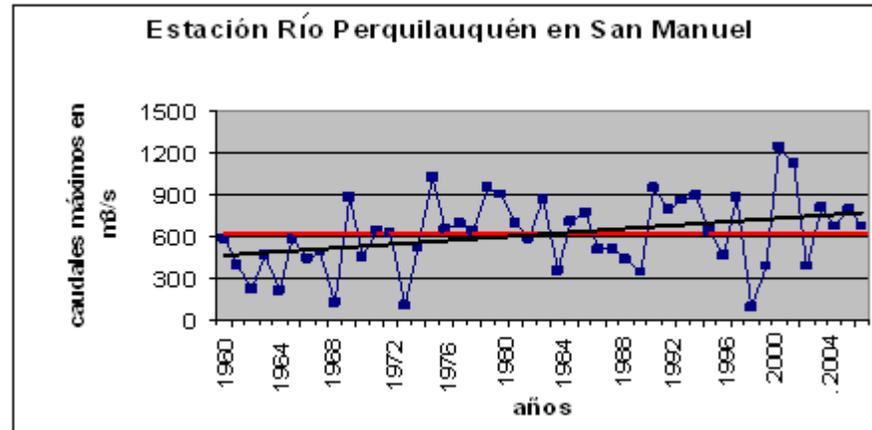


Nº34: caudales máximos para la Estación Río Pangal en Pangal, de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

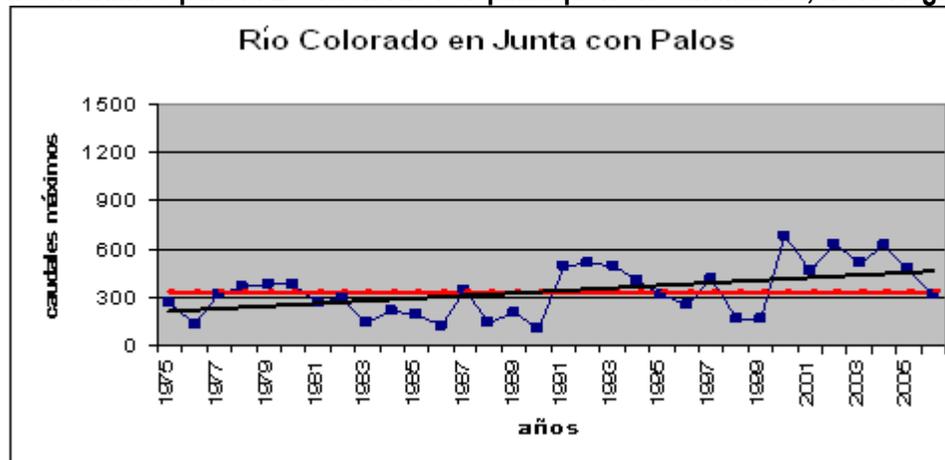
### 3.3 Gráficos del comportamiento de los caudales a través del tiempo, para la Región del Maule



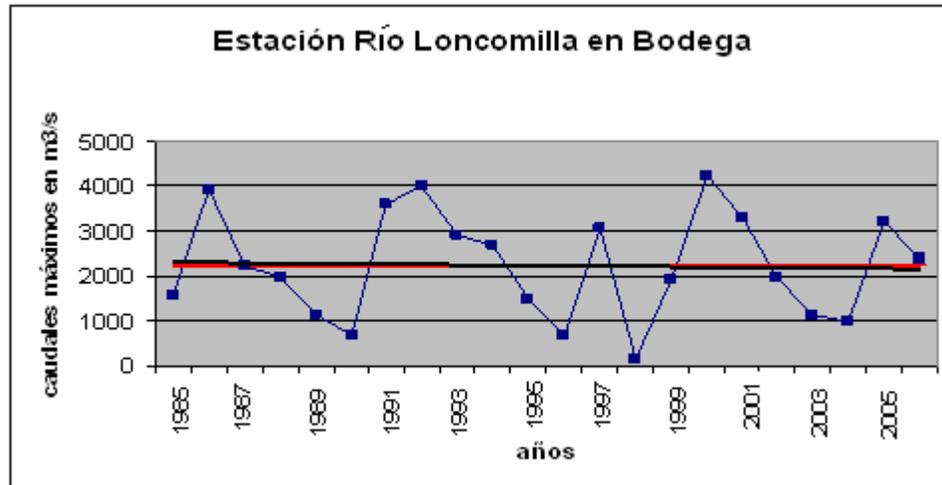
Nº35: caudales máximos para la Estación Río Teno después en Junta con Claro, de la Región del Maule.



Nº36: caudales máximos para la Estación Río Perquilauquén en San Manuel, de la Región del Maule.



Nº37: caudales máximos para la Estación Río Colorado en Junta con Palos, de la Región del Maule.



**Nº38: caudales máximos para la Estación Río Loncomilla en Bodega, de la Región del Maule.**

**Apéndice 4: Valores de probabilidad de Gumbel, para ambos períodos en las 3 Regiones.**

**4.1. Probabilidad de Gumbel para el primer período de las 3 Regiones.**

Tabla N°73: Probabilidad y caudales máximos, estación El Manzano, (Región Metropolitana).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1965	348.42	149.66	0.0556	0.1188
2	1966	258.40	181.12	0.1111	0.1772
3	1967	181.12	192.32	0.1667	0.2005
4	1968	149.66	192.68	0.2222	0.2013
5	1969	364.76	202.60	0.2778	0.2229
6	1970	192.68	235.60	0.3333	0.2991
7	1971	270.52	251.28	0.3889	0.3369
8	1972	709.84	258.40	0.4444	0.3542
9	1973	251.28	270.52	0.5000	0.3837
10	1974	278.80	278.80	0.5556	0.4038
11	1975	235.60	348.42	0.6111	0.5643
12	1976	192.32	364.76	0.6667	0.5984
13	1977	607.60	367.28	0.7222	0.6035
14	1978	634.80	607.60	0.7778	0.9021
15	1979	367.28	634.80	0.8333	0.9175
16	1980	726.12	709.84	0.8889	0.9490
17	1981	202.60	726.12	0.9444	0.9540

Tabla N°74: Probabilidad y caudales máximos, estación Hda. Las Nieves, (Región de O`Higgins).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1965	106.4	7.562	0.0556	0.1381
2	1966	31.796	15.144	0.1111	0.1651
3	1967	18.6	18.6	0.1667	0.1782
4	1968	7.562	31.796	0.2222	0.2316
5	1969	131.64	33.636	0.2778	0.2394
6	1970	15.144	38.28	0.3333	0.2595
7	1971	38.28	55.284	0.3889	0.3359
8	1972	260.28	61.336	0.4444	0.3637
9	1973	154.68	83.04	0.5000	0.4624
10	1974	144.64	106.4	0.5556	0.5621
11	1975	33.636	123.44	0.6111	0.6277
12	1976	123.44	131.64	0.6667	0.6568
13	1977	405.6	144.64	0.7222	0.6995
14	1978	172.46	154.68	0.7778	0.7296
15	1979	61.336	172.46	0.8333	0.7769
16	1980	83.04	260.28	0.8889	0.9192
17	1981	55.284	405.6	0.9444	0.9864

Tabla N°75: Probabilidad y caudales máximos, estación Ancoa, (Región del Maule).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1965	224.2	99.2	0.0556	0.0076
2	1966	394.18	101.11	0.1111	0.0083
3	1967	209.38	102.02	0.1667	0.0087
4	1968	99.2	104.13	0.2222	0.0096
5	1969	553.68	131.52	0.2778	0.0286
6	1970	131.52	209.38	0.3333	0.1909
7	1971	305.68	224.2	0.3889	0.2389
8	1972	284.2	246	0.4444	0.3147
9	1973	104.13	269.6	0.5000	0.3996
10	1974	101.11	283.2	0.5556	0.4481
11	1975	102.02	284.2	0.6111	0.4516
12	1976	432.48	305.68	0.6667	0.5252
13	1977	330.38	330.38	0.7222	0.6032
14	1978	362.68	362.68	0.7778	0.6920
15	1979	283.2	394.18	0.8333	0.7631
16	1980	269.6	432.48	0.8889	0.8305
17	1981	246	553.68	0.9444	0.9450

Tabla N°76: Probabilidad y caudales máximos, estación San Alfonso, (Región Metropolitana).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	138.66	137.00	0.0769	0.11237
2	1971	209.80	138.66	0.1538	0.11837
3	1972	256.42	171.00	0.2308	0.26332
4	1973	174.60	174.60	0.3077	0.28183
5	1974	171.00	181.94	0.3846	0.32032
6	1975	358.96	202.54	0.4615	0.42991
7	1976	181.94	209.80	0.5385	0.46779
8	1977	285.50	225.16	0.6154	0.54450
9	1978	202.54	256.42	0.6923	0.67968
10	1979	225.16	285.50	0.7692	0.77635
11	1980	426.00	358.96	0.8462	0.91654
12	1981	137.00	426.00	0.9231	0.96761

Tabla N°77: Probabilidad y caudales máximos, estación Quilamuta, (Región de O'Higgins).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	59.392	4.52	0.0769	0.12884
2	1971	19.336	19.336	0.1538	0.18064
3	1972	220.92	23.66	0.2308	0.19719
4	1973	134.24	28.032	0.3077	0.21449
5	1974	358.08	59.392	0.3846	0.34949
6	1975	118.6	64.4	0.4615	0.37189
7	1976	23.66	93.516	0.5385	0.49949
8	1977	28.032	118.6	0.6154	0.59952
9	1978	4.52	134.24	0.6923	0.65508
10	1979	93.516	206.8	0.7692	0.83946
11	1980	206.8	220.92	0.8462	0.86296
12	1981	64.4	358.08	0.9231	0.97259

Tabla N°78: Probabilidad y caudales máximos, estación Nirivilo, (Región del Maule).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	148	4.29	0.0769	0.03058
2	1971	100	17.82	0.1538	0.07286
3	1972	19.6	19.6	0.2308	0.08027
4	1973	4.29	38.83	0.3077	0.18651
5	1974	17.82	76.82	0.3846	0.47156
6	1975	199.2	95.93	0.4615	0.60549
7	1976	38.83	100	0.5385	0.63108
8	1977	95.93	119.76	0.6154	0.73857
9	1978	119.76	130.3	0.6923	0.78469
10	1979	130.3	136.8	0.7692	0.80952
11	1980	136.8	148	0.8462	0.84642
12	1981	76.82	199.2	0.9231	0.94512

Tabla N°79: Probabilidad y caudales máximos, estación Rda. Maipú, (Región Metropolitana).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	65.57	50.50	0.0769	0.08896
2	1971	90.18	51.04	0.1538	0.09287
3	1972	88.70	65.57	0.2308	0.23073
4	1973	51.04	70.26	0.3077	0.28517
5	1974	50.50	76.10	0.3846	0.35582
6	1975	70.26	88.70	0.4615	0.50673
7	1976	76.10	90.18	0.5385	0.52351
8	1977	91.70	91.70	0.6154	0.54049
9	1978	97.40	97.40	0.6923	0.60104

10	1979	123.00	123.00	0.7692	0.80460
11	1980	157.00	157.00	0.8462	0.93218
12	1981	172.00	172.00	0.9231	0.95824

Tabla N°80: Probabilidad y caudales máximos, estación El Valle, (Región de O'Higgins).

n° orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	61.918	61.918	0.0769	0.30741
2	1971	125.52	125.52	0.1538	0.50116
3	1972	269.06	171.92	0.2308	0.62652
4	1973	179.5	179.5	0.3077	0.64488
5	1974	450.96	192.84	0.3846	0.67562
6	1975	199	195.88	0.4615	0.68234
7	1976	212.72	199	0.5385	0.68913
8	1977	621.1	212.72	0.6154	0.71767
9	1978	321.6	269.06	0.6923	0.81340
10	1979	192.84	321.6	0.7692	0.87568
11	1980	195.88	450.96	0.8462	0.95627
12	1981	171.92	621.1	0.9231	0.98937
13	1982	362.8	34.916	0.0385	0.08210
14	1983	143.28	42.004	0.0769	0.09447
15	1984	197.32	71.412	0.1154	0.15620
16	1985	105	83.19	0.1538	0.18513

Tabla N°81: Probabilidad y caudales máximos, estación Quiriquina, (Región del Maule).

n° orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	363	198.4	0.0769	0.02114
2	1971	1044	363	0.1538	0.07017
3	1972	1336	573	0.2308	0.19178
4	1973	198.4	791.8	0.3077	0.36560
5	1974	573	840.8	0.3846	0.40634
6	1975	791.8	855.2	0.4615	0.41825
7	1976	855.2	1044	0.5385	0.56640
8	1977	840.8	1162.8	0.6154	0.64766
9	1978	1162.8	1336	0.6923	0.74567
10	1979	1752	1587.2	0.7692	0.84690
11	1980	2089.4	1752	0.8462	0.89189
12	1981	1587.2	2089.4	0.9231	0.94810

#### 4.2. Probabilidad de Gumbel para el segundo período de las 3 Regiones.

Tabla N°82: Probabilidad y caudales máximos, estación El Manzano, (Región Metropolitana).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1982	838.20	134.840	0.0385	0.0616
2	1983	469.90	166.909	0.0769	0.0877
3	1984	494.160	200.612	0.1154	0.1212
4	1985	299.220	219.012	0.1538	0.1419
5	1986	474.320	226.296	0.1923	0.1506
6	1987	725.820	232.70	0.2308	0.1584
7	1988	275.30	275.30	0.2692	0.2146
8	1989	600.760	299.220	0.3077	0.2488
9	1990	232.70	333.080	0.3462	0.2995
10	1991	1430.320	403.60	0.3846	0.4086
11	1992	621.0	469.90	0.4231	0.5085
12	1993	1112.40	471.720	0.4615	0.5112
13	1994	403.60	474.320	0.5000	0.5149
14	1995	333.080	494.160	0.5385	0.5432
15	1996	134.840	558.946	0.5769	0.6287
16	1997	596.80	571.723	0.6154	0.6442
17	1998	166.909	596.80	0.6538	0.6733
18	1999	226.296	600.760	0.6923	0.6778
19	2000	571.723	621.0	0.7308	0.6997
20	2001	678.425	678.425	0.7692	0.7557
21	2002	558.946	711.504	0.8077	0.7838
22	2003	219.012	725.820	0.8462	0.7951
23	2004	200.612	838.20	0.8846	0.8671
24	2005	711.504	1112.40	0.9231	0.9562
25	2006	471.720	1430.320	0.9615	0.9884

Tabla N°83: Probabilidad y caudales máximos, estación Hda. Las Nieves, (Región de O`Higgins).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1982	127.2	13.91	0.0385	0.1370
2	1983	33.836	14.304	0.0769	0.1382
3	1984	44.16	17.22	0.1154	0.1471
4	1985	32	21.5	0.1538	0.1606
5	1986	249.8	32	0.1923	0.1960
6	1987	91.618	33.836	0.2308	0.2025
7	1988	49.59	44.16	0.2692	0.2403
8	1989	153.8	49.476	0.3077	0.2605
9	1990	13.91	49.59	0.3462	0.2610
10	1991	287.08	59.306	0.3846	0.2989
11	1992	158.84	76.023	0.4231	0.3660
12	1993	451.36	90.93	0.4615	0.4260

13	1994	150.32	91.618	0.5000	0.4287
14	1995	49.476	98.79	0.5385	0.4571
15	1996	14.304	127.2	0.5769	0.5638

Continuación Tabla 83:

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
16	1997	159.26	141.608	0.6154	0.6131
17	1998	21.5	150.32	0.6538	0.6411
18	1999	17.22	153.8	0.6923	0.6519
19	2000	360.72	158.84	0.7308	0.6671
20	2001	293.8	159.26	0.7692	0.6683
21	2002	90.93	249.8	0.8077	0.8614
22	2003	59.306	287.08	0.8462	0.9057
23	2004	76.023	293.8	0.8846	0.9121
24	2005	98.79	360.72	0.9231	0.9568
25	2006	141.608	451.36	0.9615	0.9838

Tabla N°84: Probabilidad y caudales máximos, estación Ancoa, (Región del Maule).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1982	310.8	135.24	0.0385	0.0970
2	1983	330.6	151.28	0.0769	0.1220
3	1984	163.2	152.5	0.1154	0.1240
4	1985	319.6	156.62	0.1538	0.1310
5	1986	417.4	163.2	0.1923	0.1426
6	1987	324.4	200.12	0.2308	0.2154
7	1988	200.12	235.4	0.2692	0.2944
8	1989	276	276	0.3077	0.3902
9	1990	135.24	289.65	0.3462	0.4224
10	1991	151.28	310.8	0.3846	0.4714
11	1992	383.94	319.6	0.4231	0.4914
12	1993	323.7	323.7	0.4615	0.5006
13	1994	617.18	324.4	0.5000	0.5022
14	1995	289.65	330.6	0.5385	0.5159
15	1996	235.4	340.66	0.5769	0.5378
16	1997	490.62	347.18	0.6154	0.5517
17	1998	152.5	375.99	0.6538	0.6103
18	1999	156.62	383.94	0.6923	0.6255
19	2000	1080.89	413.29	0.7308	0.6782
20	2001	347.18	417.4	0.7692	0.6851
21	2002	560.35	490.62	0.8077	0.7899
22	2003	340.66	505.87	0.8462	0.8076
23	2004	413.29	560.35	0.8846	0.8604
24	2005	505.87	617.18	0.9231	0.9010
25	2006	375.99	1080.89	0.9615	0.9948

Tabla N°85: Probabilidad y caudales máximos, estación San Alfonso, (Región Metropolitana).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	138.66	137.00	0.0769	0.11237
2	1971	209.80	138.66	0.1538	0.11837
3	1972	256.42	171.00	0.2308	0.26332
4	1973	174.60	174.60	0.3077	0.28183
5	1974	171.00	181.94	0.3846	0.32032
6	1975	358.96	202.54	0.4615	0.42991
7	1976	181.94	209.80	0.5385	0.46779
8	1977	285.50	225.16	0.6154	0.54450
9	1978	202.54	256.42	0.6923	0.67968
10	1979	225.16	285.50	0.7692	0.77635
11	1980	426.00	358.96	0.8462	0.91654
12	1981	137.00	426.00	0.9231	0.96761

Tabla N°86: Probabilidad y caudales máximos, estación Quilamuta, (Región de O'Higgins).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	59.392	4.52	0.0769	0.12884
2	1971	19.336	19.336	0.1538	0.18064
3	1972	220.92	23.66	0.2308	0.19719
4	1973	134.24	28.032	0.3077	0.21449
5	1974	358.08	59.392	0.3846	0.34949
6	1975	118.6	64.4	0.4615	0.37189
7	1976	23.66	93.516	0.5385	0.49949
8	1977	28.032	118.6	0.6154	0.59952
9	1978	4.52	134.24	0.6923	0.65508
10	1979	93.516	206.8	0.7692	0.83946
11	1980	206.8	220.92	0.8462	0.86296
12	1981	64.4	358.08	0.9231	0.97259

Tabla N°87: Probabilidad y caudales máximos, estación Nirivilo, (Región del Maule).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	148	4.29	0.0769	0.03058
2	1971	100	17.82	0.1538	0.07286
3	1972	19.6	19.6	0.2308	0.08027
4	1973	4.29	38.83	0.3077	0.18651
5	1974	17.82	76.82	0.3846	0.47156
6	1975	199.2	95.93	0.4615	0.60549
7	1976	38.83	100	0.5385	0.63108

8	1977	95.93	119.76	0.6154	0.73857
9	1978	119.76	130.3	0.6923	0.78469
10	1979	130.3	136.8	0.7692	0.80952
11	1980	136.8	148	0.8462	0.84642
12	1981	76.82	199.2	0.9231	0.94512

Tabla N°88: Probabilidad y caudales máximos, estación Rda. Maipú, (Región Metropolitana).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	65.57	50.50	0.0769	.08896
2	1971	90.18	51.04	0.1538	.09287
3	1972	88.70	65.57	0.2308	.23073
4	1973	51.04	70.26	0.3077	.28517
5	1974	50.50	76.10	0.3846	.35582
6	1975	70.26	88.70	0.4615	.50673
7	1976	76.10	90.18	0.5385	.52351
8	1977	91.70	91.70	0.6154	.54049
9	1978	97.40	97.40	0.6923	.60104
10	1979	123.00	123.00	0.7692	.80460
11	1980	157.00	157.00	0.8462	.93218
12	1981	172.00	172.00	0.9231	.95824

Tabla N°89: Probabilidad y caudales máximos, estación El Valle, (Región de O'Higgins).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	61.918	61.918	0.0769	.30741
2	1971	125.52	125.52	0.1538	.50116
3	1972	269.06	171.92	0.2308	.62652
4	1973	179.5	179.5	0.3077	.64488
5	1974	450.96	192.84	0.3846	.67562
6	1975	199	195.88	0.4615	.68234
7	1976	212.72	199	0.5385	.68913
8	1977	621.1	212.72	0.6154	.71767
9	1978	321.6	269.06	0.6923	.81340
10	1979	192.84	321.6	0.7692	.87568
11	1980	195.88	450.96	0.8462	.95627
12	1981	171.92	621.1	0.9231	.98937
13	1982	362.8	34.916	0.0385	.08210
14	1983	143.28	42.004	0.0769	.09447
15	1984	197.32	71.412	0.1154	.15620
16	1985	105	83.19	0.1538	.18513

Tabla N°90: Probabilidad y caudales máximos, estación Quiriquina, (Región del Maule).

nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
1	1970	363	198.4	0.0769	.02114

2	1971	1044	363	0.1538	.07017
3	1972	1336	573	0.2308	.19178
nº orden	año	caudal máximo	Orden creciente	frecuencia relativa	Gumbel
8	1977	840.8	1162.8	0.6154	.64766
9	1978	1162.8	1336	0.6923	.74567
10	1979	1752	1587.2	0.7692	.84690
11	1980	2089.4	1752	0.8462	.89189
12	1981	1587.2	2089.4	0.9231	.94810
4	1973	198.4	791.8	0.3077	.36560
5	1974	573	840.8	0.3846	.40634
6	1975	791.8	855.2	0.4615	.41825
7	1976	855.2	1044	0.5385	.56640

Continuación Tabla N°90:

# **ANEXOS**



Anexo 1

TABLA VALORES DE LA FUNCION GAMMA

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	0.994	0.989	0.984	0.978	0.974	0.969	0.964	0.960	0.955
1.1	0.951	0.947	0.944	0.940	0.936	0.933	0.930	0.927	0.924	0.921
1.2	0.918	0.916	0.913	0.911	0.909	0.906	0.904	0.903	0.901	0.899
1.3	0.897	0.896	0.895	0.893	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888
1.4	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
1.5	0.886	0.887	0.887	0.888	0.888	0.889	0.890	0.890	0.891	0.892
1.6	0.894	0.895	0.896	0.897	0.899	0.900	0.902	0.903	0.905	0.907
1.7	0.909	0.911	0.913	0.915	0.917	0.919	0.921	0.924	0.926	0.929
1.8	0.931	0.934	0.937	0.940	0.943	0.946	0.949	0.952	0.955	0.958
1.9	0.962	0.965	0.969	0.972	0.976	0.980	0.984	0.988	0.992	0.996

Anexo 2

TABLA VALORES DE LA FUNCION P (P) AUXILIAR DE GOODRICH

P	P (P)	P	P (P)	P	P (P)	P	P (P)
0.01	-1.000073	0.41	0.385468	0.81	1.456984	1.21	2.674452
0.02	-1.002452	0.42	0.391496	0.82	1.464261	1.22	2.709068
0.03	-0.997070	0.43	0.397677	0.83	1.471921	1.23	2.744007
0.04	-0.991845	0.44	0.404002	0.84	1.479956	1.24	2.779192
0.05	-0.986765	0.45	0.410480	0.85	1.488383	1.25	2.814648
0.06	-0.981809	0.46	0.417111	0.86	1.497224	1.26	2.850379
0.07	-0.977038	0.47	0.423893	0.87	1.506393	1.27	2.886390
0.08	-0.972417	0.48	0.430826	0.88	1.515796	1.28	2.922686
0.09	-0.967910	0.49	0.437910	0.89	1.525439	1.29	2.959269
0.10	-0.963487	0.50	0.445145	0.90	1.535328	1.30	2.996145
0.11	-0.959129	0.51	0.452531	0.91	1.545469	1.31	3.033319
0.12	-0.954896	0.52	0.460068	0.92	1.555868	1.32	3.070794
0.13	-0.950758	0.53	0.467755	0.93	1.566531	1.33	3.108576
0.14	-0.946707	0.54	0.475592	0.94	1.577464	1.34	3.146668
0.15	-0.942723	0.55	0.483579	0.95	1.588673	1.35	3.185076
0.16	-0.938801	0.56	0.491716	0.96	1.600164	1.36	3.223804
0.17	-0.934932	0.57	0.499993	0.97	1.611944	1.37	3.262857
0.18	-0.931108	0.58	0.508410	0.98	1.624020	1.38	3.302240
0.19	-0.927329	0.59	0.516967	0.99	1.636400	1.39	3.341956
0.20	-0.923587	0.60	0.525664	1.00	2.000000	1.40	3.382012
0.21	-0.919886	0.61	0.534501	1.01	2.030087	1.41	3.422412
0.22	-0.916216	0.62	0.543478	1.02	2.060353	1.42	3.463161
0.23	-0.912578	0.63	0.552595	1.03	2.090800	1.43	3.504263
0.24	-0.908973	0.64	0.561852	1.04	2.121433	1.44	3.545725
0.25	-0.905391	0.65	0.571249	1.05	2.152257	1.45	3.587550
0.26	-0.901832	0.66	0.580786	1.06	2.183277	1.46	3.629743
0.27	-0.898297	0.67	0.590463	1.07	2.214494	1.47	3.672311
0.28	-0.894786	0.68	0.600280	1.08	2.245913	1.48	3.715251
0.29	-0.891299	0.69	0.610237	1.09	2.277539	1.49	3.758560
0.30	-0.887836	0.70	0.620334	1.10	2.309368	1.50	3.802230
0.31	-0.884397	0.71	0.630571	1.11	2.341405	1.51	3.846266
0.32	-0.880982	0.72	0.640948	1.12	2.373655	1.52	3.890672
0.33	-0.877591	0.73	0.651465	1.13	2.406123	1.53	3.935451
0.34	-0.874224	0.74	0.662122	1.14	2.438813	1.54	3.980607
0.35	-0.870881	0.75	0.672919	1.15	2.471729	1.55	4.026146
0.36	-0.867552	0.76	0.683856	1.16	2.504864	1.56	4.072118
0.37	-0.864237	0.77	0.694933	1.17	2.538223	1.57	4.118478
0.38	-0.860936	0.78	0.706150	1.18	2.571811	1.58	4.165271
0.39	-0.857649	0.79	0.717507	1.19	2.605633	1.59	4.212528
0.40	-0.854376	0.80	0.729004	1.20	2.640000	1.60	4.260142

Anexo 3

**Distribucion Chi-cuadrado de Pearson**

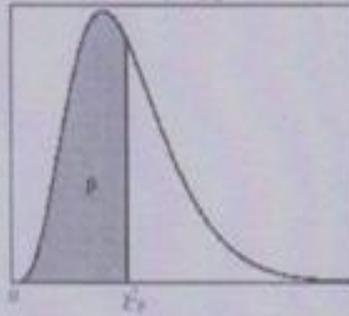
Tabla de la funcion de distribucion:

$$P(\chi^2_x \leq \chi^2_p) = p$$

$\chi^2_p$ : valor tabulado

p: probabilidad acumulada

n: grados de libertad



n/p	0.005	0.01	0.025	0.05	0.1	0.50	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	3.36	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	0.41	0.55	0.83	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	0.68	0.87	1.24	1.64	2.20	5.35	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55
7	0.99	1.24	1.69	2.17	2.83	6.35	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	7.34	13.36	15.51	17.53	20.09	21.98
9	1.73	2.09	2.70	3.31	4.17	8.34	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.23	3.94	4.87	9.34	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	10.34	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	11.34	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	12.34	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	13.34	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	14.34	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	15.34	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	16.34	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.89	17.34	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	18.34	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	19.34	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	20.34	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	21.34	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	22.34	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	23.34	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	24.34	34.38	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	25.34	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	26.34	36.74	40.11	43.19	46.96	49.64
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	27.34	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	28.34	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	29.34	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	39.34	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	59.33	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
120	83.85	86.92	91.57	95.70	100.6	119.33	140.2	146.5	152.2	158.9	163.6

Anexo 4

Distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov ( $D_n$ ).  
 Se tabula  $d$  tal que  $P(D_n > d) = \alpha$ .

$n$	$\alpha$					$n$	$\alpha$				
	0'2	0'1	0'05	0'02	0'01		0'2	0'1	0'05	0'02	0'01
1	0'900	0'950	0'975	0'990	0'995	21	0'226	0'259	0'287	0'321	0'344
2	0'684	0'776	0'842	0'900	0'929	22	0'221	0'253	0'281	0'314	0'337
3	0'565	0'636	0'780	0'785	0'829	23	0'216	0'247	0'275	0'307	0'330
4	0'493	0'565	0'624	0'689	0'734	24	0'212	0'242	0'269	0'301	0'323
5	0'447	0'509	0'563	0'627	0'669	25	0'208	0'238	0'264	0'295	0'317
6	0'410	0'468	0'519	0'577	0'617	26	0'204	0'233	0'259	0'290	0'311
7	0'381	0'436	0'483	0'538	0'576	27	0'200	0'229	0'254	0'284	0'305
8	0'358	0'410	0'454	0'507	0'542	28	0'197	0'225	0'250	0'279	0'300
9	0'339	0'387	0'430	0'480	0'513	29	0'193	0'221	0'246	0'275	0'295
10	0'323	0'369	0'409	0'457	0'489	30	0'190	0'218	0'242	0'270	0'290
11	0'308	0'352	0'391	0'437	0'468	31	0'187	0'214	0'238	0'266	0'285
12	0'296	0'338	0'375	0'419	0'449	32	0'184	0'211	0'234	0'262	0'281
13	0'285	0'325	0'361	0'404	0'432	33	0'182	0'208	0'231	0'258	0'277
14	0'275	0'314	0'349	0'390	0'418	34	0'179	0'205	0'227	0'254	0'273
15	0'266	0'304	0'338	0'377	0'404	35	0'177	0'202	0'224	0'251	0'269
16	0'258	0'295	0'327	0'366	0'392	36	0'174	0'199	0'221	0'247	0'265
17	0'250	0'286	0'318	0'355	0'381	37	0'172	0'196	0'218	0'244	0'262
18	0'244	0'279	0'309	0'346	0'371	38	0'170	0'194	0'215	0'241	0'258
19	0'237	0'271	0'301	0'337	0'361	39	0'168	0'191	0'213	0'238	0'255
20	0'232	0'265	0'294	0'329	0'352	40	0'165	0'189	0'21	0'235	0'252
						> 40	$\frac{1'07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'52}{\sqrt{n}}$	$\frac{1'63}{\sqrt{n}}$















