



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS REGIONES METROPOLITANA Y  
DE O'HIGGINS EN BASE AL COMPORTAMIENTO ESPACIAL Y TEMPORAL  
DE LAS PRECIPITACIONES**

**CLAUDIA VANESA GONZÁLEZ MORALES**

**Memoria para optar al Título de:  
INGENIERO FORESTAL**

**PROFESOR GUÍA: Dr. Ing. ROBERTO PIZARRO TAPIA**

**TALCA – CHILE**

**2006**



**UNIVERSIDAD DE TALCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

La Srta. Claudia Vanesa González Morales, ha realizado la Memoria: “Caracterización Climática de las Regiones Metropolitana y de O’Higgins en Base al Comportamiento Espacial y Temporal de las Precipitaciones”, como uno de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal. El Profesor Guía es el Dr. Roberto Pizarro Tapia.

La comisión de Calificación constituida por los profesores Dr. Roberto Pizarro Tapia y la Pr. Ursula Doll, han evaluado con nota 7,0 (siete, cero).

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

Talca, Abril del 2006

## ***DEDICATORIA***

*“A mi familia, gracias por apoyarme y acompañarme en esta etapa de crecimiento personal.....”*

*Gracias a Dios por poner en  
mi camino a excelentes y maravillosas  
personas...*

## AGRADECIMIENTOS

A mis compañeros y amigos Andrés, Cristian, Lastenia, Sandra y Catalina, gracias por compartir conmigo los buenos y los malos momentos, este donde este siempre estarán en mi corazón.

A Luis Araya (Luchito), gracias por escucharme, aguantarme y ayudarme en todo lo que pudiste, te mereces lo mejor de la vida amigo porque eres una persona maravillosa.

A mis queridos Profesores Alejandro Troncoso y Olga Contreras, por darme la oportunidad de trabajar con ellos durante muchos años en el Laboratorio de Biología, cuya experiencia me fue enriquecedora.

A mi Profesor Guía Roberto Pizarro, gracias por darme la oportunidad de desarrollar esta memoria bajo su guía y permitirme conocer la gran persona que es.

A los padres de Lastenia, gracias por cobijarme en su casa en forma desinteresada y hacerme sentir una mas de la familia, que Dios me los conserve por muchos años más, los quiero mucho.

Muchas gracias Sra. Anita e Inge por dejarme entrar a su casa y compartir junto a ustedes muy buenos momentos.

A ti Juan Pablo, me faltan palabras para agradecerte todo lo que has hecho por mi, le doy gracias a la vida por haberte encontrado, te quiero mucho y espero estar contigo muchos años mas.

A mi madre Esmeralda, un ejemplo de paciencia para todos los que la conocen, para mi lo que mas amo en el mundo, grande ma.

A Maria Eliana, muchas gracias por tu sencillez, amabilidad y dedicación, muchas veces fuiste la voz de mi conciencia y me alentaste a seguir adelante cuando ya no tenia ganas de hacerlo.

Agradezco también a la D.G.A de Talca, que me facilito los datos de precipitación de ambas regiones para poder desarrollar esta memoria, cooperando una vez más con la Investigación en el área Hidrológica.

Finalmente gracias, muchas gracias a todos aquellos que por alguna razón he olvidado mencionar y que de alguna u otra manera me acompañaron a cerrar este ciclo de mi vida.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. OBJETIVOS</b>	2
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	3
3.1.- Cambio Climático.	3
3.2.- Precipitación.	4
3.3.- Distribución espacial y temporal de las precipitaciones.	5
3.4.- Índice de Fournier.	5
3.5.- Índice Modificado de Fournier.	6
3.6.- Índice de Concentración de Precipitaciones.	7
3.7.- Promedios Móviles.	8
3.8.- Ajuste a una Función de Distribución de Probabilidad (FDP).	9
3.8.1. Periodo de retorno.	9
3.8.2. Probabilidad de excedencia.	10
3.8.3. Función de Gumbel.	10
3.9.- Test de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.	11
3.10. Coeficiente de variación.	13
<b>4. ANTECEDENTES GENERALES</b>	14
4.1.- Antecedentes del área en estudio.	14
4.1.1. Región Metropolitana.	14
4.1.2. Región de O'Higgins.	15

<b>5. MATERIALES Y METODOLOGÍA</b>	<b>18</b>
5.1.- Materiales.	18
5.2.- Pasos Metodológicos.	18
5.2.1. Revisión Bibliográfica.	18
5.2.2. Obtención de la Información.	18
5.2.3. Selección de las estaciones analizadas.	19
5.2.3.1. Región Metropolitana.	19
5.2.3.2. Región de O'Higgins.	20
5.2.4. Procesamiento de la información.	21
5.2.4.1. Estimación de las Precipitaciones anuales.	21
5.2.4.2. Obtención de los Índices.	21
i.- Cálculo del Índice de Concentraciones de las Precipitaciones.	22
ii.- Cálculo del Índice de Fournier.	22
iii.- Cálculo del Índice Modificado de Fournier.	23
iv.- Cálculo del Índice Modificado de Fournier-Maule Propuesto.	23
5.2.5. Cálculo de los Promedios Móviles.	24
5.2.6. Ajuste a una Función de Distribución de Probabilidad.	24
5.3. - Presentación y análisis de resultados.	26
5.4. - Conclusiones y recomendaciones.	26
<b>6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>27</b>
6.1.-Precipitaciones anuales.	27
i.- Región Metropolitana.	27
ii.- Región de O'Higgins.	28
6.1.1. Promedios Móviles de las precipitaciones.	28
6.1.2.-Ajuste a la Función de Distribución de probabilidad de Gumbel.	34
i.- Región Metropolitana.	35
ii. Región de O'Higgins.	36

6.1.3. Probabilidad de excedencia para los distintos períodos de cada estación.	36
i.    Región Metropolitana.	37
ii.   Región de O'Higgins.	37
6.2.- Obtención de los Índices.	40
6.2.1. Promedios Móviles.	40
6.3.- Ajuste a la función de Distribución de probabilidad de Gumbel.	57
6.3.1. Prueba de Bondad de Ajuste	57
6.3.2. Probabilidad de excedencia para los distintos períodos de cada estación.	57
<b>7. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>74</b>
7.1.- Análisis del comportamiento temporal de las precipitaciones y los Índices utilizados.	74
i.    Región Metropolitana.	74
ii.   Región de O'Higgins.	75
7.2.  Tendencias de las precipitaciones.	75
i.    Región Metropolitana.	79
ii.   Región de O'Higgins.	80
7.3.- Análisis de los Índices utilizados en el estudio.	81
7.3.1. Índice de Concentración de las Precipitaciones.	81
7.3.2. Índice de Fournier.	82
7.3.3. Índice Modificado de Fournier.	83
7.3.4. Índice Modificado de Fournier-Maule.	84
7.4.- Relación de las precipitaciones con los Índices en estudios	85
7.4.1. Relación del ICP en función de las precipitaciones.	85
7.4.2. Relación del IF como función de las Precipitaciones.	86
7.4.3. Relación del IMF como función de las Precipitaciones.	87
7.4.4. Relación del IMFM como función de las Precipitaciones.	88



7.5.- Periodos con mayor influencia en las tendencias de las precipitaciones.	89
7.5.1. Influencia de la década del '80 en la tendencia de las precipitaciones.	90
i.    Región Metropolitana.	90
ii.   Región de O'Higgins.	91
7.5.2. Influencia de la década del '90 en la tendencia de las precipitaciones.	92
i.    Región Metropolitana.	93
ii.   Región de O'Higgins.	94
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>95</b>
8.1.- Conclusiones.	95
8.2.- Recomendaciones.	97
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>98</b>

## APÉNDICES

- I.** Precipitaciones anuales.
  - i. Región Metropolitana.
  - ii. Región de O'Higgins.
- II.** Índice de Concentración de Precipitaciones.
  - i. Región Metropolitana.
  - ii. Región de O'Higgins.
- III.** Índice de Fournier.
  - i. Región Metropolitana.
  - ii. Región de O'Higgins.
- IV.** Índice Modificado de Fournier.
  - i. Región Metropolitana.
  - ii. Región de O'Higgins.
  
- IV.** Índice Modificado de Fournier – Maule.
  - i. Región Metropolitana.
  - ii. Región de O'Higgins.
- V.** Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.
  - i. Región Metropolitana.
  - ii. Región de O'Higgins.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del Índice de Fournier.	6
Tabla 2. Clasificación del Índice de Modificado de Fournier.	7
Tabla 3. Coordenadas de ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas seleccionadas para la Región Metropolitana.	19
Tabla 4. Coordenadas de ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas seleccionadas para la Región de O'Higgins.	20
Tabla 5. Clasificación del Índice de Concentración de las Precipitaciones.	22
Tabla 6. Valores de precipitación media de cada estación (mm) Región Metropolitana.	27
Tabla 7. Valores de precipitación media de cada estación (mm) Región de O'Higgins.	28
Tabla 8. Estaciones seleccionadas para el ajuste y comparación de períodos Región Metropolitana.	35
Tabla 9. Estaciones seleccionadas para el ajuste y comparación de períodos Región de O'Higgins.	36
Tabla 10. Valores de precipitación (mm) anual excedente en la Región Metropolitana.	38
Tabla 11. Valores de precipitación (mm) anual excedente en la Región de O'Higgins.	39
Tabla 12. Valores de ICP anual excedente en la Región Metropolitana.	58
Tabla 13. Valores del IF anual excedente en la Región Metropolitana.	60
Tabla 14. Valores del IMF anual excedente en la Región Metropolitana.	62
Tabla 15. Valores del IMF <sub>M</sub> anual excedente en la Región Metropolitana.	64
Tabla 16. Valores de ICP anual excedente en la Región de O'Higgins.	66
Tabla 17. Valores del IF anual excedente en la Región de O'Higgins.	68
Tabla 18. Valores del IMF anual excedente en la Región de O'Higgins.	70
Tabla 19. Valores del IMF <sub>M</sub> anual excedente en la Región de O'Higgins.	72
Tabla 20. Resumen de las tendencias de precipitación para la R. Metropolitana.	74
Tabla 21. Resumen de las tendencias de precipitación para la R. de O'Higgins.	75
Tabla 22. Promedios de precipitación para las décadas '60, '70, '80, '90.	79

Tabla 23. Promedios de precipitación para las décadas '60, '70, '80, '90.	80
Tabla 24. Valores de la pendiente, para la serie de datos completos y serie sin la década de los '80.	90
Tabla 25. Valores de la pendiente, para la serie de datos completos y serie sin la década de los '80.	91
Tabla 26. Valores de la pendiente, para la serie de datos completas y serie sin la década de los '90.	93
Tabla 27. Valores de la pendiente, para la serie de datos completas y serie sin la década de los '90.	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las estaciones Pluviométricas en la región Metropolitana y Región de O'Higgins.	17
Figura 2a. Promedios Móviles para las Precipitaciones Región Metropolitana.	30
Figura 2b. Promedios Móviles para las Precipitaciones Región Metropolitana.	31
Figura 2c. Promedios Móviles para las Precipitaciones Región de O'Higgins.	32
Figura 2d. Promedios Móviles para las Precipitaciones Región de O'Higgins.	33
Figura 3a. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de Precipitaciones Región Metropolitana.	41
Figura 3b. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de Precipitaciones Región Metropolitana.	42
Figura 4a. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región Metropolitana.	43
Figura 4b. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región Metropolitana.	44
Figura 5a. Promedios Móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región Metropolitana.	45
Figura 5b. Promedios Móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región Metropolitana.	46
Figura 6a. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule Región Metropolitana.	47
Figura 6b. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule Región Metropolitana.	48
Figura 7a. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de Precipitaciones Región de O'Higgins.	49
Figura 7b. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de Precipitaciones Región de O'Higgins.	50
Figura 8a. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región de O'Higgins.	51
Figura 8b. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región de O'Higgins.	52
Figura 9a. Promedios móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región de O'Higgins.	53
Figura 9b. Promedios móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región de O'Higgins.	54

Figura 10a. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule Región de O'Higgins.	55
Figura 10b. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule Región de O'Higgins.	56
Figura 11. Ubicación de las estaciones con tendencias al aumento de precipitación en la Región Metropolitana.	78
Figura 12. Precipitación anual v/s ICP de la estación Yeso Embalse R. Metropolitana.	85
Figura 13. Precipitación anual v/s ICP de la estación San Fernando. R. de O'Higgins.	86
Figura 14. Precipitación anual v/s IF de la estación Yeso Embalse R. Metropolitana.	86
Figura 15. Precipitación anual v/s IF de la estación San Fernando. R. de O'Higgins.	87
Figura 16. Precipitación anual v/s IMF de la estación Yeso Embalse R. Metropolitana.	87
Figura 17. Precipitación anual v/s IMF de la estación San Fernando R. de O'Higgins.	88
Figura 18. Precipitación anual v/s IMFM estación Yeso Embalse R. Metropolitana.	88
Figura 19. Precipitación anual v/s IMFM estación San Fernando R. de O'Higgins.	89

## SUMMARY

This study is based on the temporal analysis of temporal and regional behavior of precipitation in thirty-six precipitation measuring stations, of which sixteen are located in the Metropolitan Region and twenty in the O'Higgins Region. The Fournier index (FI), the Modified Fournier index (MFI), the Index of precipitation concentration (IPC) and the Modified Fournier index Maule (MFIM), were used for the analysis, having as information bases the monthly and annual precipitations. It is important to emphasize that the MFIM was created especially for this study.

The analysis of the data was made by means of the use of Movable Averages and the Gumbel Probability Distribution Function (PDF). In the first case the series of complete data from each station was used to characterize its tendency according to the behavior of each indicator. Next, for the Gumbel PDF the series of each station were divided into periods of twenty years with the following periods of analysis: 1941-1960, 1961-1980 and 1981-2004.

From the analysis of the information it is concluded that a tendency toward decreasing precipitation in the O'Higgins Region would exist, influenced by the decade of the 80s, whereas the Metropolitan Region did not demonstrate any clear tendency. On the other hand, it was observed that the precipitation concentration has stayed relatively stable over time in the Coastal Range, Central Valley and the Andean Foothills of both regions. Also, it was possible to verify that the zone of heavier precipitation corresponds to the Andean Foothills followed by the Coastal Range and the Central Valley. Also, it is possible to state that, in general, both regions present a high variability in terms of the temporal distribution and climatic aggressiveness, showing greater values in the Metropolitan Region.

## RESUMEN

Este estudio está basado en el análisis del comportamiento temporal y espacial de las precipitaciones de treinta y seis estaciones pluviométricas, de las cuales dieciséis se encuentran ubicadas de la Región Metropolitana y veinte en la Región de O'Higgins. Para tales efectos fueron calculados los Índices de Fournier (IF), el Índice Modificado de Fournier (IMF), el Índice de concentración de precipitaciones (ICP) y el Índice Modificado de Fournier Maule (IMFM), utilizando como información base, las precipitaciones mensuales y anuales. Es importante destacar que el IMFM fue creado especialmente para este estudio.

El análisis de los datos fue realizado mediante la utilización de los Promedios Móviles y la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel (FDP). En el primer caso se trabajó con la serie de datos completa de cada estación, de modo de caracterizar su tendencia de acuerdo al comportamiento de cada indicador. Luego, para el ajuste a la FDP de Gumbel, las series de cada estación fueron divididas en periodos de veinte años estableciéndose los siguientes periodos de análisis: 1941–1960, 1961– 1980 y 1981– 2004.

Del análisis de la información, se concluyó que existiría una tendencia a la disminución de las precipitaciones en la Región de O'Higgins, influenciada principalmente por la década de los '80, mientras que la Región Metropolitana no evidenció una tendencia clara. Por otro lado, se observó que la concentración de precipitaciones se ha mantenido relativamente estable en el tiempo en la Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Precordillera Andina de ambas regiones. Asimismo, se pudo verificar que la zona de mayor agresividad pluvial corresponde a la Precordillera Andina, seguida de la Cordillera de la Costa y la Depresión Intermedia. Conjuntamente, se pudo constatar que en general ambas regiones presentan una alta variabilidad en términos de la distribución temporal y de la agresividad climática, verificándose mayores valores en la Región Metropolitana.



## 1.- INTRODUCCIÓN

La distribución de las precipitaciones sobre la superficie terrestre, no es homogénea y Chile no se escapa a esta condición, debido principalmente a una gran variabilidad climática y orográfica existente a lo largo del territorio nacional. Por otra parte, la variación climática del país se puede explicar por la amplia extensión latitudinal, partiendo desde un clima desértico en la zona norte, pasando por un clima de transición en la zona central (seco en verano, húmedo en invierno), hasta un clima lluvioso en el sur, mientras que la influencia longitudinal está dada por la presencia de los cordones montañosos de la Cordillera de la Costa y de la Cordillera de los Andes (desde el Oeste al Este). De acuerdo a lo anterior y dependiendo de las condiciones particulares de cada región, las precipitaciones pueden ser abundantes o escasas, presentándose en forma líquida o sólida.

Por otra parte, en la última década ha existido una gran preocupación mundial por el cambio climático que se está produciendo y las alteraciones que esto podría causar. Chile no ha estado indiferente a tales cambios y por ende ya se han realizado algunos estudios en la zona norte, con series de precipitaciones de 20 a 30 años, los cuales han arrojado rasgos de variación significativos en la distribución espacial y temporal de las precipitaciones (CEPAL, 2000).

De manera de contribuir al conocimiento de estas materias, se estudiarán desde un punto de vista pluviométrico las regiones Metropolitana y O'Higgins, estimando distintos parámetros que establezcan el grado de variación de la variable precipitación en tales regiones. Así y como una forma de contribuir a la adecuada utilización de los recursos hídricos, es que el Departamento de Gestión Forestal y Ambiental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Talca junto con la Dirección General de Aguas (DGA), se ha planteado realizar el estudio y posterior caracterización del comportamiento pluviométrico de las regiones Metropolitana y O'Higgins.

## **2.- OBJETIVOS**

### **2.1.- Objetivo general**

Establecer el comportamiento de las precipitaciones en base a su distribución espacial y temporal en las regiones Metropolitana y O'Higgins.

### **2.2.- Objetivos específicos**

- Determinar el grado de concentración y agresividad temporal de las precipitaciones a partir del Índice de Fournier, Índice de Fournier Modificado y algún otro indicador construido para tal propósito.
  
- Determinar para el conjunto de estaciones pluviométricas de las regiones Metropolitana y O'Higgins, la variación de las tendencias de precipitación en los últimos años.

### **3.-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1.- Cambio climático**

La enorme cantidad de partículas en suspensión y la cada vez mas creciente concentración de CO<sub>2</sub> en la tropósfera, han provocado un efecto conocido como invernadero, el cual progresivamente está generando un calentamiento de la tierra (Cabrera, 2000). Los efectos del calentamiento terrestre están generando aumentos en la temperatura media global del aire cerca de la superficie terrestre, entre 0,3 y 0,6 °C desde fines del siglo XIX (CONAMA, 2002).

Producto del aumento de la temperatura del aire a nivel mundial, se prevé la presencia futura de fenómenos o trastornos climáticos y ambientales, de los cuales algunos ya se están presentando en sus comienzos, los cuales son entre otros, la disminución de los glaciares de la cordillera y el aumento del nivel del mar. Asociado a estos fenómenos se esperan inundaciones de regiones costeras, cambios en los hielos polares, aumento de la desertificación, escasez del agua y cambios en la vegetación global (Echarri, 1998).

Lo anterior se postula en base al análisis de datos meteorológicos y oceanológicos entre otras variables, correspondientes a zonas extensas y durante periodos de varios decenios o más, que han entregado evidencias de la existencia de cambios sistemáticos importantes en el clima (CONAMA, 2002).

En relación al ciclo hidrológico, se espera que con el aumento de temperatura aumente la evaporación y la nubosidad, lo que aumentaría las precipitaciones, aunque no hay consenso de si será sólo en invierno y en todas partes por igual. Algunos modelos predicen desecación en algunas áreas y aumento de precipitación en otras, pero, sin embargo, no logran coincidir entre sí (Gallardo, 1997).

En la décima región de Chile, entre 1961 y 2000, todas las estaciones meteorológicas regionales mostraron la tendencia a la disminución de las precipitaciones, presentándose una tasa máxima de 15 mm en la estación de Valdivia (39°38'S). Además, los glaciares ubicados en esta región han experimentado durante las recientes décadas un significativo retroceso frontal (Bown, 2004).

### 3.2.- Precipitación

Fernández (1995) clasifica las precipitaciones según el mecanismo de ascenso que determina la condensación por enfriamiento adiabático, en los siguientes tipos:

- *Ciclónicas o frontales*; son aquellas que están asociadas a los frentes o borrascas.
- *Convectivas*; son aquellas relacionadas con las corrientes ascendentes y que suelen ser lluvias de tipo tormentoso.
- *Orográficas*; se producen cuando una masa de aire es forzada a ascender por encima de una barrera montañosa.

Según Cuadrat y Pita (2000), “el término precipitación expresa todas las formas de humedad caídas directamente sobre el suelo en estado líquido o sólido, aunque en general sólo la lluvia y la nieve desprendidas de las masas nubosas contribuyen de modo significativo a los totales pluviométricos”.

Para Llamas (1993), la precipitación es definida como el fenómeno físico que describe la transferencia de agua, en base líquida o sólida, entre la atmósfera y el suelo.

Tanto la distribución temporal y espacial de las precipitaciones, como su cantidad y frecuencia, son de una alta variabilidad y de aquí la importancia que representa estudiar el clima aportando al conocimiento de los mecanismos de su formación, sus variedades, sus características y los balances de agua (Cuadrat y Pita, 2000).

### 3.3.- Distribución espacial y temporal de precipitaciones

Según Hufty (1984), las lluvias provenientes de frentes cálidos (lluvias finas), se distribuyen con bastante regularidad y aumentan con el relieve, mientras que la distribución de los chubascos (lluvias de tormenta), es mucho más aleatoria. La variabilidad regional de las precipitaciones depende, entonces y al mismo tiempo, de la topografía y de las frecuencias de los tipos de perturbaciones que afectan a una determinada región.

Con respecto a lo anterior, Fernández (1995) establece que la variabilidad de las precipitaciones es el rasgo que mejor define a este elemento climático y que adquiere una mayor importancia en climas de transición, como lo es el clima mediterráneo. De acuerdo al autor, la variabilidad tanto espacial como temporal está en relación a la dinámica general de la atmósfera, de la cual dependen el régimen pluviométrico anual y las oscilaciones interanuales, que sumados a la topografía y el relieve introducen desequilibrios muy marcados en la distribución espacial de las precipitaciones.

En cuanto a la concentración de las precipitaciones, se puede decir que este concepto se refiere a cómo se comportan las precipitaciones, ya sea en su cantidad anual, en su variación estacional y en la duración de la estación lluviosa de un año cualquiera. Es decir si las precipitaciones de la época lluviosa se encuentran concentradas sobre un periodo corto o más largo del año (Schulze *et al*, 1997).

### 3.4.- Índice de Fournier

Fournier (1960) citado por Jordán y Bellinfante (2000), estableció un Índice de Agresividad Climática o Índice de Fournier (IF) como alternativa a los índices propuestos por otros autores, cuya obtención y cálculo son de mucha complejidad. Este índice muestra una alta correlación con la cantidad de sedimentos arrastrados por la escorrentía. El cálculo se hace en base a estaciones que posean datos representativos de la zona de estudio, utilizando la siguiente expresión:

$$IF_j = \frac{P_{\max_j}^2}{P_m}$$

Donde:

$IF_j$  = Índice de Fournier, para el año  $j$ .

$P_{\max_j}$  = Precipitación correspondiente al mes más lluvioso del año  $j$ .

$P_m$  = Precipitación media anual.

Además Jordán y Bellinfante (2000) establecen que es necesario considerar que en zonas cuyo régimen pluvial presenta más de una máxima mensual de precipitación, o en zonas donde los valores pluviométricos son en general elevados, el IF solo considera el mes de mayor precipitación, despreciando los valores del resto de los meses.

En el cuadro siguiente se presenta la tabla de clasificación del Índice de Fournier, adaptada para las regiones en estudio por Cornejo (2005), tabla construida en base a la clasificación utilizada en la elaboración de la Guía Metodológica para la Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas Secas de América Latina y el Caribe (2005).

Tabla 1. Clasificación del Índice de Fournier (IF)

<b>Clase</b>	<b>IF</b>	<b>Descripción</b>
1	50<	<i>Muy Bajo</i>
2	50-100	<i>Bajo</i>
3	100-150	<i>Moderado</i>
4	150-200	<i>Alto</i>
5	>200	<i>Muy Alto</i>

Fuente: Cornejo, F. (2005).

### 3.5- Índice Modificado de Fournier.

Arnoldus (1978), citado por Jordán y Bellinfante (2000), propone una modificación del IF, en la que se consideran no sólo la precipitación mensual del mes más húmedo, sino que la precipitación de cada mes. De esta forma el índice queda definido de la siguiente manera:

$$IMF_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} (P_{ij})^2}{P_m}$$

Donde:

IMF<sub>j</sub> = Índice Modificado de Fournier, para el año j.

P<sub>m(ij)</sub> = Precipitación mensual del mes i (mm), del año j

P<sub>m</sub> = Precipitación media anual.

A continuación se presenta la tabla de clasificación del Índice Modificado de Fournier, tabla construida en base a la clasificación utilizada en la elaboración de la Guía Metodológica para la Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas Secas de América Latina y el Caribe (2005) y adaptada para las regiones en estudio por Cornejo (2005).

Tabla 2. Clasificación del Índice Modificado de Fournier (IMF)

<b>Clase</b>	<b>IMF</b>	<b>Descripción</b>
1	100<	<i>Muy Bajo</i>
2	100-200	<i>Bajo</i>
3	200-300	<i>Moderado</i>
4	300-400	<i>Alto</i>
5	>400	<i>Muy Alto</i>

Fuente: Cornejo, F. (2005).

### 3.6.- Concentración de precipitaciones

Con el fin de estimar la agresividad de las lluvias, a partir de la variabilidad temporal de las precipitaciones mensuales, Oliver (1980) propuso el *índice de concentración de las precipitaciones* (ICP), expresando sus valores en %, mediante la siguiente fórmula:

$$ICP_j = 100 \frac{\sum_{i=1}^{12} p_{ij}^2}{P_j^2}$$

Donde:

$ICP_j$  = Índice de Concentración de las Precipitaciones, para el año  $j$ , expresado como porcentaje.

$p_{ij}$  = Precipitación del mes  $i$  en el año  $j$ .

$P_j$  = Precipitación anual del año  $j$ .

Según Schulze *et al* (1997), este Índice puede determinar si las precipitaciones de la época lluviosa, se encuentran concentradas sobre un período corto o más largo del año.

Su valor oscila entre 8.3 % y 100 %; así, un índice bajo equivale a una distribución uniforme de las lluvias (similar cantidad en todos los meses), mientras que un 100 %, corresponde a la concentración en un solo mes, de las lluvias caídas.

### 3.7.- Promedios Móviles.

Estos tienen la propiedad de tender a reducir la cantidad de variación presente en un conjunto de datos, así como la eliminación de los patrones cíclicos, estacionales e irregulares, dejando sólo el movimiento de tendencia (Spiegel y Stephens, 2002).

A continuación se presenta la fórmula de cálculo de los Promedios Móviles mediante la siguiente expresión:

$$PM = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$



Donde:

PM = Promedio Móvil.

D<sub>t</sub> = Valor de la variable D en un tiempo t.

n = Número de períodos considerados.

### **3.8.- Ajuste a una función de distribución de probabilidad (FDP)**

Nania, L (2003), determina que el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, se puede resumir en forma compacta en una función matemática y en los parámetros asociados a la información probabilística de la muestra.

González y Carrasco (1996), citados por Muñoz (2004), postulan que el modelado probabilístico de los eventos máximos, consiste en un conjunto de análisis y cálculos, enfocados a aplicar una ley de probabilidades en una serie cronológica de magnitudes organizadas según el año hidrológico, que sea capaz de caracterizar adecuadamente los parámetros estadísticos y los valores para diferentes probabilidades de las variables en estudio.

#### **3.8.1.- Periodo de retorno**

En hidrología, en la mayoría de los casos se prefiere trabajar con periodos de retorno en lugar de probabilidades, debido a que es un concepto que resulta más claro, ya que tiene las mismas unidades (tiempo) que la vida útil de las obras y puede compararse con ésta.

El periodo de retorno “T” se define como el tiempo que transcurre entre dos sucesos iguales o el número de años en que, en promedio, se presenta un nuevo evento de igual magnitud (Aparicio, 2003).

### 3.8.2.- Probabilidad de excedencia

Es la probabilidad asociada al período de retorno; es la probabilidad de que un evento (valor de una variable aleatoria) sea superado en un año cualquiera (Bedient y Huber, 1992).

Así:

$$\text{Probabilidad de Excedencia} = P(x) = \frac{1}{T}$$

Dicho de otra forma, la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor igual o inferior a un cierto número  $X$ , está dado por la función de distribución de probabilidad  $F(X)$  (Pizarro y Novoa, 1986).

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

De donde, la probabilidad de que  $x$  sea mayor que  $X$  viene dada por la función complementaria.

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

### 3.8.3.- Función de Gumbel

Según Varas y Bois (1998), una distribución límite o asintótica para  $y$  es llamada distribución de valores extremos tipo I, o modelo de Gumbel. Este modelo representa la distribución límite del mayor valor entre  $n$  valores  $X_i$ , independientes e idénticamente distribuidos, con una distribución de tipo exponencial, a medida que  $n$  crece indefinidamente.

La función de distribución acumulada, se define a través de la siguiente expresión:

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

Donde:

x = Valor a asumir por la variable aleatoria.

d,  $\mu$  = Parámetros a ajustar de la función.

e = Constante de Neper.

Pizarro y Novoa (1986), incluyen esta ley de distribución dentro del conjunto de distribuciones a ajustar, para distintas series de datos en estudio, ya que ha demostrado poseer una adecuada capacidad de ajuste a valores extremos de caudales y precipitación en distintos períodos de tiempo.

### 3.9.- Test de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov

La bondad de ajuste se refiere a la asimilación de datos observados de una variable cualquiera, a una función matemática previamente establecida y reconocida (Pizarro y Novoa, 1986).

Según Canavos (1988), Kolmogorov-Smirnov es una prueba no paramétrica apropiada para funciones de distribución continua  $F(X)$ , cuando los datos no se encuentran agrupados y las muestras son de un tamaño pequeño. Ésta se basa en una comparación (valor absoluto de la máxima diferencia) entre las funciones de distribución acumulativa que se observan en la muestra ordenada  $F_n(X)_i$  y la distribución propuesta bajo la hipótesis nula  $F(X)_i$ . Si la comparación revela una diferencia significativa suficientemente grande entre las funciones de distribución muestral y la propuesta, entonces la hipótesis nula de que la distribución es  $F(X)$ , se rechaza.

De lo anterior, se desprende que es necesario determinar la frecuencia observada acumulada y la frecuencia teórica acumulada. Para obtener la frecuencia observada se ordenan los datos de menor a mayor y luego se aplica la siguiente expresión de Weibull (EIAS, 2004).

$$F_n(X) = \frac{n}{N+1}$$

Donde:

$F_n(X)$  = Frecuencia observada acumulada.

$n$  = Número total de orden ascendente de la serie de datos.

$N$  = Numero total de datos.

Para este estudio, la frecuencia teórica acumulada se determina a través de la función de Gumbel, definida anteriormente en el punto 3.8.3.

Finalmente se calcula el supremo de las diferencias; éste consiste en determinar la máxima diferencia de las frecuencias, en valor absoluto. Este valor se denomina con la letra  $D$  y su expresión se presenta a continuación:

$$D = \text{Sup} |F_n(X)_i - F(X)_i|$$

Donde:

$D$  = Supremo de las diferencias.

$F_n(X)$  = Frecuencia observada acumulada.

$F(X)_i$  = Frecuencia teórica acumulada.

Una vez obtenido el supremo de las diferencias, se procede a compararlo con el valor obtenido de la tabla Kolmogorov-Smirnov.

Para aceptar el ajuste se debe cumplir la siguiente:

$$D_t > D_c$$

Es decir que el valor obtenido de la tabla K-S, debe ser mayor que el supremo de las diferencias (EIAS, 2004).

### 3.10.- Coeficiente de variación

A medida que la desviación estándar aumenta, aumenta también la dispersión de la información (Chow *et al*, 1998).

Según Lipschutz y Schiller (2000), una gran desventaja de la desviación típica como medida de variación o dispersión es que depende de las unidades de medida y de la muestra o población. Si se supone que la variación es la desviación típica  $S$  (o  $\sigma$ ) y la media es la media  $X$  (promedio) o  $\mu$ , entonces la variación relativa se llama *Coeficiente de variación*, que se representa por  $V$  y que se describe según la siguiente expresión matemática:

$$V = (\sigma/\mu) * 100$$

Este coeficiente expresa la magnitud de la dispersión de una variable aleatoria con respecto a su valor esperado.  $V$  es una medida estandarizada de la variación con respecto a la media (Canavos, 1988).

## 4.- ANTECEDENTES GENERALES

### 4.1.- Antecedentes del Área en estudio

#### 4.1.1.- Región Metropolitana

Este estudio se realizó en 37 estaciones pluviométricas de la región Metropolitana. Esta región se ubica entre los paralelos 32°55' y 34°19' de latitud Sur y entre los paralelos 69°47' y 71°43' de longitud Oeste; deslinda al N y W con la región de Valparaíso; al Sur, limita con la VI región y, finalmente, el E de la región lo constituye la frontera con la República Argentina. Consta con una superficie de 15.554,51 km<sup>2</sup> que comparada con el total del país, sólo representa el 2.05% del país, siendo la región más pequeña de la nación.

El relieve que presenta esta región corresponde a tres unidades de relieve que son de Oriente a Poniente, la Cordillera de Los Andes, la cuenca de Santiago y la Cordillera de la Costa. La Cordillera de los Andes 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 a la cuenca de Santiago con alturas sobre los 2000 metros. La cuenca de Santiago tiene una longitud de 80 kilómetros, la cual en su gran mayoría está ocupada por el área urbana (BCN, 2005).

Las principales características climáticas de la región Metropolitana corresponden al tipo *mediterráneo*, de estación seca larga y con un corto invierno lluvioso. La temperatura media anual es de 14° C; el mes más cálido corresponde a enero, alcanzando una temperatura media de 22° C, y el más frío a julio, con 7° C. En el sector de Colina y en menor grado en la zona de Santiago, existen climas más áridos y con mayores fluctuaciones térmicas, que reflejan la penetración del *clima de estepa*,

fenómeno que se debe a la presencia de la cordillera costera relativamente alta, que actúa como pantalla dificultando la penetración de las condiciones climáticas marítimas.

El promedio anual de precipitación alcanza los 350 mm; las precipitaciones decrecen desde la costa hacia la depresión intermedia, para aumentar nuevamente en la cordillera de Los Andes, originándose de esta manera las líneas bioclimáticas generales de la región y de la zona central de Chile. Las precipitaciones presentan gran irregularidad, debido a que un año puede ser muy lluvioso y el siguiente muy seco (Inzunza, 2005).

#### **4.1.2.- Región de O'Higgins**

La región del Libertador Bernardo O'Higgins se localiza en la macrozona central del país, aproximadamente entre los 34° y los 35° de latitud Sur. Abarca una superficie de 16.365 Km<sup>2</sup>, representando el 2,2% del territorio nacional continental. Sus límites son por el Norte la Región Metropolitana de Santiago a los 33°50' latitud Sur, y por el Sur, la Región del Maule a los 34° 45' latitud Sur; limita al Oeste con el Océano Pacífico y al Este con la Cordillera de Los Andes.

Las características de relieve más importantes son la presencia de cuatro fajas de relieve longitudinales: Cordillera de Los Andes, Depresión Intermedia, Cordillera de la Costa y Planicies Costeras. La Cordillera de los Andes tiene en esta región una altitud que varía entre los 3.000 a 4.000 msnm y un ancho aproximado de 50 km. La depresión intermedia se presenta con formas planas generadas por la erosión fluvial, destacando al Norte de la región la cuenca de Rancagua, que se extiende desde Angostura del Paine hasta Angostura de Pelequén por el Sur. La Cordillera de la Costa se presenta baja y de formas redondeadas que no alcanzan los 2.000 m.

La región de O'Higgins presenta un clima mediterráneo cálido, de estación seca prolongada, con lluvias invernales que se concentran entre mayo y Agosto. El promedio de precipitaciones anuales es de 563 mm, observándose un aumento de éstas a medida que se avanza hacia el Sur. En la temporada invernal las mínimas de temperatura

bordean los 0 °C y las máximas, unos 15 °C; mientras tanto, en verano, las máximas alcanzan los 30 °C y las mínimas superan los 12 °C (BCN, 2005).

El clima predominante corresponde al *templado mediterráneo* (templado nuboso en el litoral y mediterráneo calido en la Depresión Intermedia), el cual presenta variaciones por efecto de la topografía local. En la costa se presenta nuboso, mientras que hacia el interior, debido a la sequedad, se presentan fuertes contrastes térmicos. Las precipitaciones son mayores en la costa y en la Cordillera de Los Andes, debido a que la Cordillera de la Costa dificulta la entrada de los sistemas frontales hacia el valle central (Inzunza, 2005).



## **5.- MATERIALES Y METODOLOGÍA**

### **5.1.- Materiales**

Los materiales utilizados para el desarrollo de esta memoria fueron:

- ❖ Las series de datos de precipitación correspondientes a cada una de las estaciones pluviométricas de las regiones Metropolitana y O'Higgins.
- ❖ Equipos computacionales (PC con los programas básicos, impresora, scanner).
- ❖ Programas computacionales para el procesamiento de los datos y desarrollo escrito del estudio (Microsoft Word y Microsoft Excel).

### **5.2.- Fases Metodológicas**

#### **5.2.1.- Revisión Bibliográfica**

En esta parte del estudio se recopiló información relacionada con los aspectos más importantes de los Índices de Fournier, Índice Modificado de Fournier y del Índice de Concentración de las Precipitaciones, además de la Función de Distribución de Gumbel y de los Promedios Móviles. Toda la información recopilada se extrajo de textos de hidrología, revistas de ciencia, memorias o tesis relacionadas con el tema, e información proveniente de Internet.

#### **5.2.2.- Recopilación de información**

La información de precipitación que se utilizó en este estudio, corresponde a dieciséis estaciones pluviométricas seleccionadas de un total de treinta y siete estaciones distribuidas en la región Metropolitana; y de veinte estaciones pluviométricas de un total de veintiséis estaciones distribuidas en la región de O'Higgins.

La información anterior fue aportada por la Dirección General de Aguas de Talca (DGA), que consistió en información pluviométrica de carácter mensual y anual.

### 5.2.3.- Selección de las estaciones analizadas

#### 5.2.3.1.- Región Metropolitana

La región Metropolitana hasta el año 2004 posee un total de treinta y siete estaciones pluviométricas, cada una con diferentes periodos de registro de información. Debido a lo anterior, fue necesario establecer un criterio de selección que permitiera escoger las estaciones más representativas de la Región. Este criterio se basó en la cantidad de años de información que posee cada estación. Por consiguiente, se tomó como mínimo un período de registro de veinte años, con lo que se llegó a un total de dieciséis estaciones seleccionadas (tabla 3).

Tabla 3.- Coordenadas de ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas seleccionadas para la Región Metropolitana.

Estación	Latitud	Longitud	Período de registro	Registro real (años)
	Sur	Oeste		
Embalse el Yeso	33° 40' 00"	70° 05' 00"	1962-2004	40
San Gabriel	33° 47' 00"	70° 14' 00"	1977-2004	26
San José Reten	33° 38' 00"	70° 21' 00"	1971-2004	31
Pirque	33° 40' 00"	70° 35' 00"	1967-2004	30
Cerro Calán	33° 24' 00"	70° 32' 00"	1975-2004	29
Antupirén	33° 30' 00"	70° 31' 00"	1979-2004	24
Ramón Quebrada	33° 26' 00"	70° 32' 00"	1980-2004	20
Terrazas Ofic. Cen. D.G.A.	33° 26' 00"	70° 39' 00"	1960-2004	44
Rincón de los Valles	32° 57' 00"	70° 46' 00"	1957-2004	46
Caleu	33° 00' 00"	71° 00' 00"	1957-2004	40
Rungue Embalse	33° 01' 00"	70° 54' 00"	1943-2004	52
Til - Til	33° 06' 00"	70° 56' 00"	1943-1972	22
Carmen de la Rosas	33° 45' 00"	71° 09' 00"	1930-2004	67
Melipilla	33° 42' 00"	71° 13' 00"	1971-2004	30
Los Panguiles	33° 26' 00"	71° 01' 00"	1981-2004	24
Villa Alhué	34° 02' 00"	71° 05' 00"	1979-2004	25

### 5.2.3.2.- Región de O'Higgins

Dentro de la región de O'Higgins, hasta el año 2004 existe un total de veintiséis estaciones pluviométricas, cada una con diferentes periodos de registro de información pluviométrica. A esta región se le aplicó el mismo criterio de selección que a la región Metropolitana. De acuerdo a este criterio, fueron seleccionadas veinte estaciones con un registro mayor a veinte años (tabla 4).

Tabla 4.- Coordenadas de ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas seleccionadas para la Región de O'Higgins.

Estación	Latitud	Longitud	Período de registro	Registro real (años)
	Sur	Oeste		
Rancagua Endesa	34° 10' 00"	70° 45' 00"	1978-2004	26
Coltauco	34° 17' 00"	71° 05' 00"	1978-2004	26
Popeta	34° 26' 00"	70° 47' 00"	1970-2004	35
Las Nieves Central	34° 29' 00"	70° 45' 00"	1970-2004	30
Rengo	34° 24' 00"	70° 52' 00"	1971-2004	32
San Fernando	34° 35' 00"	70° 58' 00"	1971-2004	33
Viña Vieja	34° 26' 00"	71° 03' 00"	1960-2003	37
Millahue	34° 31' 00"	71° 13' 00"	1972-2004	32
Pichidegua	34° 21' 00"	71° 17' 00"	1974-2004	31
La Rufina	34° 44' 00"	70° 46' 00"	1960-2004	45
Convento Viejo	34° 46' 00"	71° 06' 00"	1971-2004	33
La Candelaria	34° 50' 00"	71° 27' 00"	1974-1972	30
Cocalán	34° 12' 00"	71° 16' 00"	1978-2004	26
Litueche	34° 07' 00"	71° 43' 00"	1979-2004	26
Rapel	33° 57' 00"	71° 44' 00"	1960-2004	44
Pichilemu	34° 23' 00"	72° 00' 00"	1980-2004	24
El Membrillo	34° 48' 00"	71° 38' 00"	1981-2004	23
Ranguili	34° 51' 00"	71° 43' 00"	1981-2004	23
La palma	34° 56' 00"	71° 37' 00"	1981-2004	23
Nilahue Barahona	34° 34' 00"	71° 45' 00"	1969-2004	31

## **5.2.4.- Procesamiento de la información**

### **5.2.4.1.- Estimación de las Precipitaciones anuales**

Los valores de precipitación se trabajaron en forma anual. Éstos fueron obtenidos, a través de la suma de las precipitaciones mensuales de cada año y en cada estación. Por otra parte, las series se dividieron en periodos de +/- 20 años.

Posteriormente, estos valores fueron analizados a través de los promedios móviles y la Función de Distribución de Gumbel.

Una vez obtenidos los valores de los Promedios Móviles para cada estación seleccionada, se graficó la información obtenida con el objetivo de revisar la existencia de alguna tendencia en las precipitaciones. Lo anterior se realizó mediante el análisis de la pendiente de la gráfica de cada estación.

Con la precipitación asociada a las distintas probabilidades de ocurrencia, obtenidas con la función de Gumbel para cada estación seleccionada, se construyeron tablas para cada región y para distintos periodos de retorno, en que se dividió la serie total de cada estación. De acuerdo a la información obtenida, se evaluó la existencia de alguna tendencia en las precipitaciones, la influencia de las décadas de los '60, '70, '80 y '90, y su variación temporal.

### **5.2.4.2.- Obtención de los Índices**

En esta etapa del estudio, se realizó el cálculo anual del Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP), el Índice de Fournier (IF) y el Índice Modificado de Fournier, además del cálculo de los Promedios Móviles (para todos los índices). También se hizo el ajuste de todos los índices anteriormente mencionados, a través de la Función de Distribución de Probabilidad (FDP) de Gumbel. Todo lo anterior se trabajó, tomando como base las precipitaciones mensuales de cada estación.

Por otro lado, se trabajó en la propuesta de un nuevo índice, basado en el modelo de Fournier y denominado Índice Modificado de Fournier-Maule (IMFM).

### **i).- Cálculo del Índice de Concentración de las Precipitaciones**

Este Índice se obtuvo anualmente utilizando como base la precipitación mensual y fue calculado para todas las estaciones seleccionadas en cada región.

El valor de este índice, oscila entre 8.3 y 100 %; si este valor es bajo, equivale a una distribución uniforme de las lluvias y, si este valor es alto, determina una elevada concentración de las mismas.

Su cálculo se realiza como la sumatoria del cuadrado de la precipitación de cada mes, dividida por la precipitación anual elevada al cuadrado (capítulo 3).

Su análisis, se obtiene de acuerdo a la clasificación propuesta por CAZALAC, en la Guía Metodológica para la Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas Secas de América Latina y el Caribe (2005).

Tabla 5. Clasificación del Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP).

PCI	Clasificación
8.3 – 10	<i>Uniforme</i>
10 – 15	<i>Moderadamente Estacional</i>
15 – 20	<i>Estacional</i>
20 – 50	<i>Altamente Estacional</i>
50 – 100	<i>Irregular</i>

Fuente: CAZALAC (2005).

### **ii).- Cálculo del Índice de Fournier**

Su cálculo se realiza, como se señaló anteriormente, elevando la precipitación del mes más lluvioso al cuadrado, y dividiéndola por la precipitación media anual. Este

índice se obtuvo anualmente, utilizando como base la precipitación mensual y fue calculado para todas las estaciones seleccionadas en cada región.

### iii).- Cálculo del Índice Modificado de Fournier

Su cálculo se realizó de manera anual, al igual que el índice de Fournier, utilizando como base la precipitación mensual y fue realizado para todas las estaciones seleccionadas en cada región. El cálculo de este índice se obtiene realizando la sumatoria al cuadrado de las precipitaciones mensuales del año “j” y dividiéndola por la precipitación media anual.

### iv).- Cálculo del Índice Modificado de Fournier-Maule propuesto

Tal como se mencionó en el apartado 5.2.5, se propuso la utilización de un nuevo índice, con el cual se pretende profundizar en el comportamiento de las precipitaciones anuales. Este índice pretende explicar el comportamiento de las precipitaciones en relación a su promedio anual.

El índice propuesto queda definido mediante la siguiente expresión:

$$IMFM_j = \frac{\left( \sum_{i=1}^{n=12} P_{ij} \right)^2}{P_m}$$

Donde:

IMFM <sub>j</sub>	= Índice Modificado de Fournier-Maule, para el año j
P <sub>ij</sub>	= Precipitación del mes i en el año j
P <sub>m</sub>	= Precipitación media anual

Este índice contempla que, si la precipitación de un año “j” es igual a la precipitación media anual, el valor del IMFM será el valor del promedio anual.

Por tanto, si la precipitación de un año cualquiera supera notoriamente a la precipitación media, el índice crecerá notoriamente; si son iguales, el índice tomaría el valor de la precipitación media; y si las precipitaciones anuales son menores que la precipitación media, el índice entregará un valor ostensiblemente menor a dicha media.

### **5.2.5.- Cálculo de los Promedios Móviles**

Los promedios Móviles fueron aplicados a los índices analizados en este estudio (ICP, IF, IMF e IMFM). Una vez obtenidos los Promedios Móviles para cada índice, se procedió a realizar un análisis gráfico de éstos, versus los tiempos involucrados, de manera de identificar tendencias en los índices estudiados.

La visualización de la tendencia, se obtuvo revisando la pendiente que manifestó cada gráfica y de acuerdo a esto se construyó una tabla resumen de tendencias para las dieciséis estaciones seleccionadas en la región Metropolitana y para las veinte estaciones seleccionadas en la región de O'Higgins.

Para la obtención de los Promedios Móviles, se utilizó un período de tres años, es decir,  $n = 3$ .

### **5.2.6.- Ajuste a una Función de Distribución de Probabilidad**

Para el ajuste de las precipitaciones y de todos los índices propuestos, a través de la FDP de Gumbel, fue necesario agrupar las series anuales de cada estación en períodos aproximados de veinte años ( $20 \pm 4$  años). Las series anuales quedan agrupadas en periodos que van desde 1941-1960, 1961-1980 y 1981-2004. La división anterior, permitió realizar una comparación entre los distintos periodos ajustados de una misma estación, lo que permitió determinar o identificar posibles cambios en las tendencias de las precipitaciones.

Una vez determinados los períodos, se estableció como parámetro de comparación, para las precipitaciones y los índices estudiados, la probabilidad de excedencia, es decir, que los valores calculados para las precipitaciones e índices, asociados a las distintas probabilidades de ocurrencia y de acuerdo a los periodos de retorno utilizados en este estudio (50, 75 y 100 años), superen su valor.

A continuación se muestra como queda su expresión:

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

Además, el ajuste a la función de Gumbel requiere que los datos se ordenen de manera ascendente, es decir de menor a mayor, para así proceder a calcular los parámetros  $d$  y  $\mu$  de la FDP.

Para la determinación de los parámetros se utilizaron las siguientes expresiones:

$$\mu = y - 0.450047 * S$$

$$d = \frac{1}{0.779696 * S}$$

Donde:

$d, \mu$  = Parámetros a determinar.

$y$  = Media aritmética de la serie de datos considerada.

$S$  = Desviación típica de la muestra de datos considerada.

En este estudio se esta ajustando la muestra a la función de distribución de Gumbel; por ende, en este caso la hipótesis nula queda definida de la siguiente forma:

$H_0$ : Los datos se ajustan a la función de distribución elegida.

$H_1$ : Los datos no se ajustan a la función de distribución elegida



## 6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1.-Precipitaciones anuales

En el apéndice I, se entregan los valores anuales de precipitación de las dieciséis estaciones seleccionadas en la Región Metropolitana y de las veinte estaciones seleccionadas para la Región de O'Higgins.

Con la información del apéndice I, se obtuvieron las Tablas 6 y 7, en donde se muestra la ubicación y el promedio anual de precipitación de cada estación en estudio, de acuerdo a la cantidad de años con información que éstas poseen.

#### i) Región Metropolitana

Tabla 6. Valores de precipitación media de cada estación (mm).

Estación	Latitud	Longitud	Período de registro	Ubicación	Pp media
	Sur	Oeste			
Caleu	33° 00' 00"	71° 00' 00"	1957-2004	Cordillera de la Costa	577,7
Los Panguiles	33° 26' 00"	71° 01' 00"	1981-2004	Cordillera de la Costa	361,5
Villa Alhué	34° 02' 00"	71° 05' 00"	1979-2004	Cordillera de la Costa	508,6
Carmen de la Rosas	33° 45' 00"	71° 09' 00"	1930-2004	Cordillera de la Costa	452,6
Melipilla	33° 42' 00"	71° 13' 00"	1971-2004	Cordillera de la Costa	395,4
Cerro Calán	33° 24' 00"	70° 32' 00"	1975-2004	Depresión Intermedia	441,5
Ramón Quebrada	33° 26' 00"	70° 32' 00"	1980-2004	Depresión Intermedia	385,2
Terrazas Ofic. Cen. D.G.A.	33° 26' 00"	70° 39' 00"	1960-2004	Depresión Intermedia	324,5
Rincón de los Valles	32° 57' 00"	70° 46' 00"	1957-2004	Depresión Intermedia	296,6
Rungue Embalse	33° 01' 00"	70° 54' 00"	1943-2004	Depresión Intermedia	372,5
Til - Til	33° 06' 00"	70° 56' 00"	1943-1972	Depresión Intermedia	306,3
Embalse el Yeso	33° 40' 00"	70° 05' 00"	1962-2004	Precordillera Andina	581,9
San Gabriel	33° 47' 00"	70° 14' 00"	1977-2004	Precordillera Andina	650,8
San José Reten	33° 38' 00"	70° 21' 00"	1971-2004	Precordillera Andina	541,3
Antupirén	33° 30' 00"	70° 31' 00"	1979-2004	Precordillera Andina	462,2
Pirque	33° 40' 00"	70° 35' 00"	1967-2004	Precordillera Andina	470,1

## ii) Región de O'Higgins

Tabla 7. Valores de precipitación media de cada estación (mm).

Estación	Latitud	Longitud	Período de registro	Ubicación	Pp media
	Sur	Oeste			
Pichilemu	34° 23' 00"	72° 00' 00"	1980-2004	Planicie Litoral	523,8
Rapel	33° 57' 00"	71° 44' 00"	1960-2004	Cordillera de la Costa	559,2
La Candelaria	34° 50' 00"	71° 27' 00"	1974-1972	Cordillera de la Costa	837,1
La Palma	34° 56' 00"	71° 37' 00"	1981-2004	Cordillera de la Costa	647,8
El Membrillo	34° 48' 00"	71° 38' 00"	1981-2004	Cordillera de la Costa	725
Litueche	34° 07' 00"	71° 43' 00"	1979-2004	Cordillera de la Costa	724,5
Ranguili	34° 51' 00"	71° 43' 00"	1981-2004	Cordillera de la Costa	707,1
Nilahue Barahona	34° 34' 00"	71° 45' 00"	1969-2004	Cordillera de la Costa	604,3
Rengo	34° 24' 00"	70° 52' 00"	1971-2004	Depresión Intermedia	563,8
San Fernando	34° 35' 00"	70° 58' 00"	1971-2004	Depresión Intermedia	771,9
Viña Vieja	34° 26' 00"	71° 03' 00"	1960-2003	Depresión Intermedia	584,7
Coltauco	34° 17' 00"	71° 05' 00"	1978-2004	Depresión Intermedia	664,8
Convento Viejo	34° 46' 00"	71° 06' 00"	1971-2004	Depresión Intermedia	721,2
Millahue	34° 31' 00"	71° 13' 00"	1972-2004	Depresión Intermedia	732,9
Cocalán	34° 12' 00"	71° 16' 00"	1978-2004	Depresión Intermedia	548
Pichidegua	34° 21' 00"	71° 17' 00"	1974-2004	Depresión Intermedia	567,6
Rancagua Endesa	34° 10' 00"	70° 45' 00"	1978-2004	Precordillera Andina	452,2
La Rufina	34° 44' 00"	70° 46' 00"	1960-2004	Precordillera Andina	1116,9
Las Nieves Central	34° 29' 00"	70° 45' 00"	1970-2004	Precordillera Andina	828,9
Popeta	34° 26' 00"	70° 47' 00"	1970-2004	Precordillera Andina	622,3

### 6.1.1.- Promedios Móviles de las precipitaciones

El análisis del comportamiento de las precipitaciones, a través de los promedios móviles, se realizó por medio de gráficos, en base a las dieciséis estaciones seleccionadas anteriormente para la Región Metropolitana y a las veinte seleccionadas para la Región de O'Higgins. Las estaciones fueron distribuidas en dos gráficos respectivamente, para hacer más clara su visualización.

Las líneas de tendencia generadas de las estaciones de ambas regiones, a través de los promedios móviles presentaron cortes, equivalentes al año o años con información faltante (montos de precipitación anual). Lo anterior, no afectó la visión general que se aprecia en dichas tendencias.

Los valores entregados por los promedios móviles muestran claramente una alta variabilidad del monto anual de las precipitaciones. Esta variación se pudo observar en la mayoría de las estaciones en estudio y en ambas regiones, siendo más evidente en la Región Metropolitana.

A continuación se muestran las gráficas de los Promedios Móviles de las precipitaciones. Las gráficas para la Región Metropolitana se muestran en las figuras 2a y 2b, mientras que las graficas para la Región de O'Higgins se muestran en las figuras 2c y 2d.

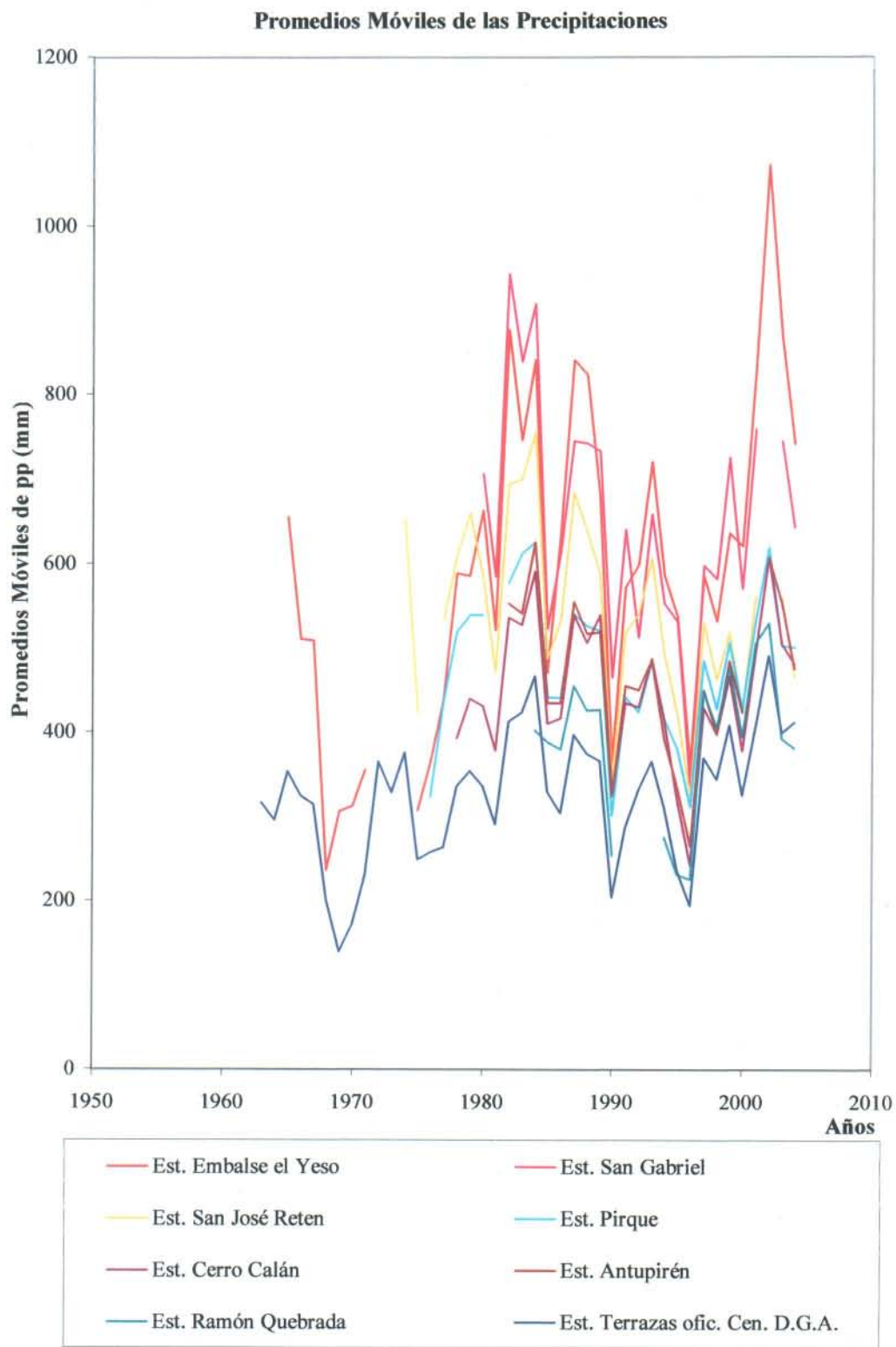


Figura 2a. Promedios Móviles para las Precipitaciones, Región Metropolitana.

**Promedios Móviles de las Precipitaciones**

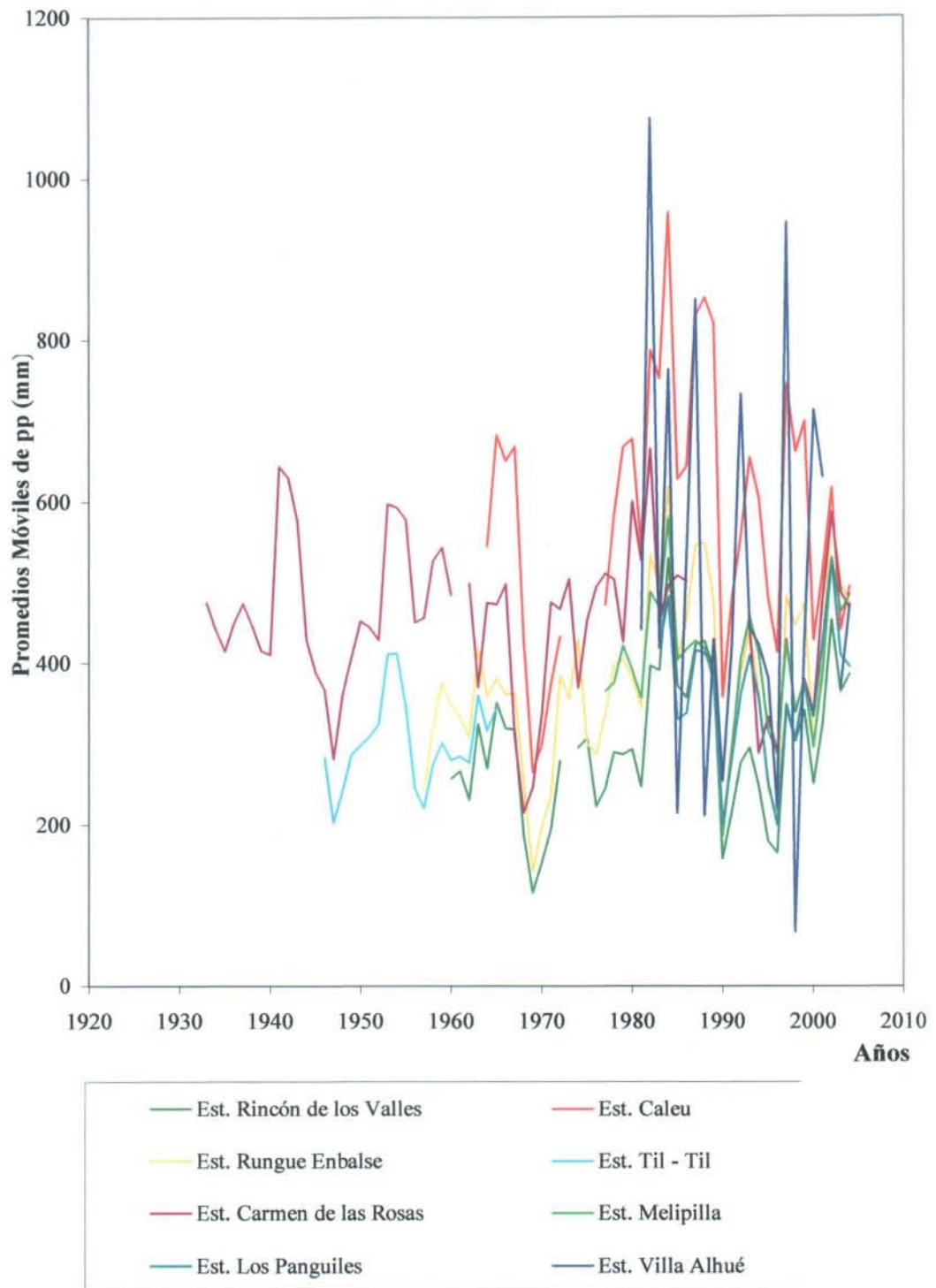


Figura 2b. Promedios Móviles para las Precipitaciones, Región Metropolitana.

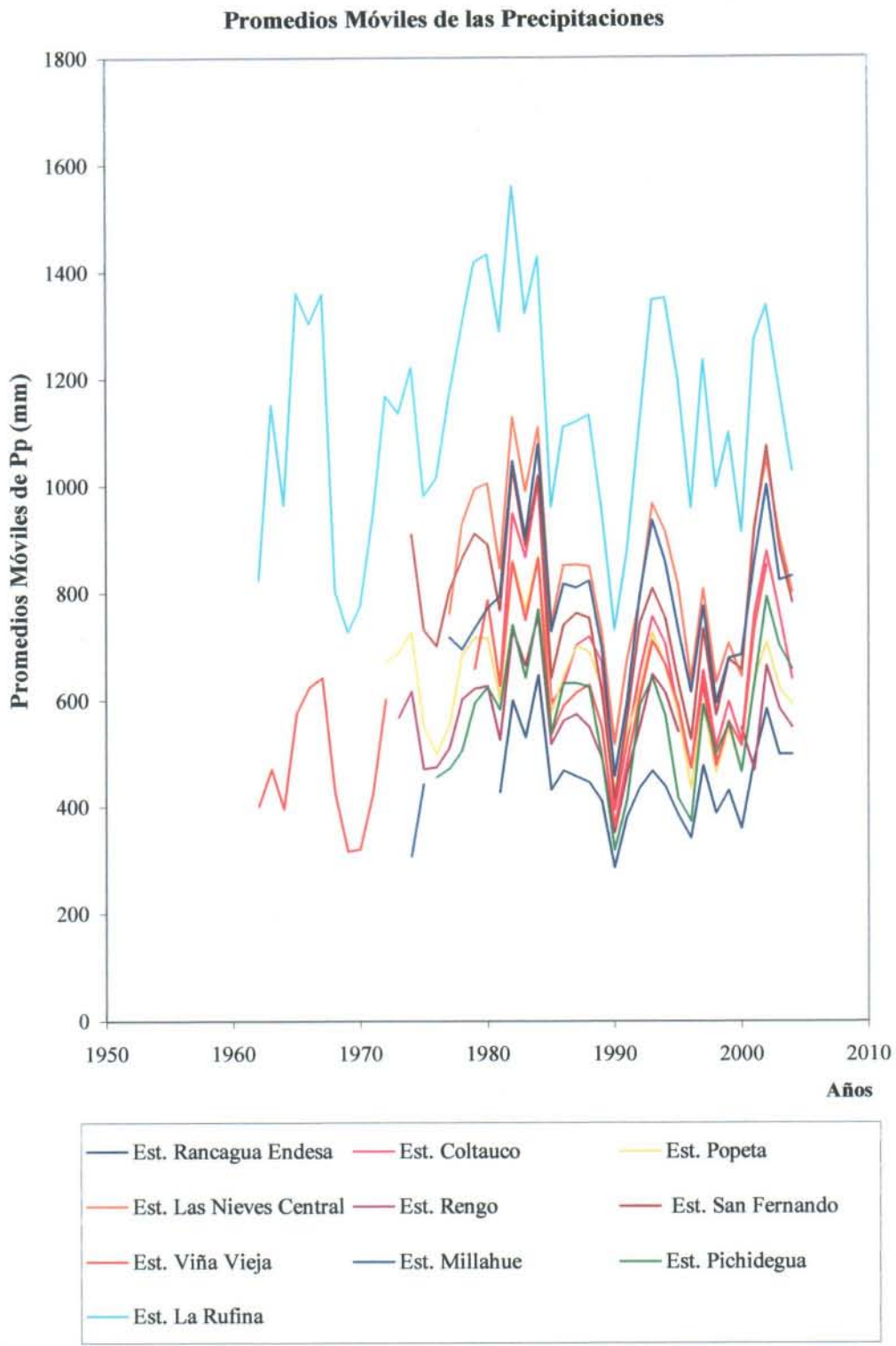


Figura 2c. Promedios Móviles para las Precipitaciones, Región de O'Higgins.

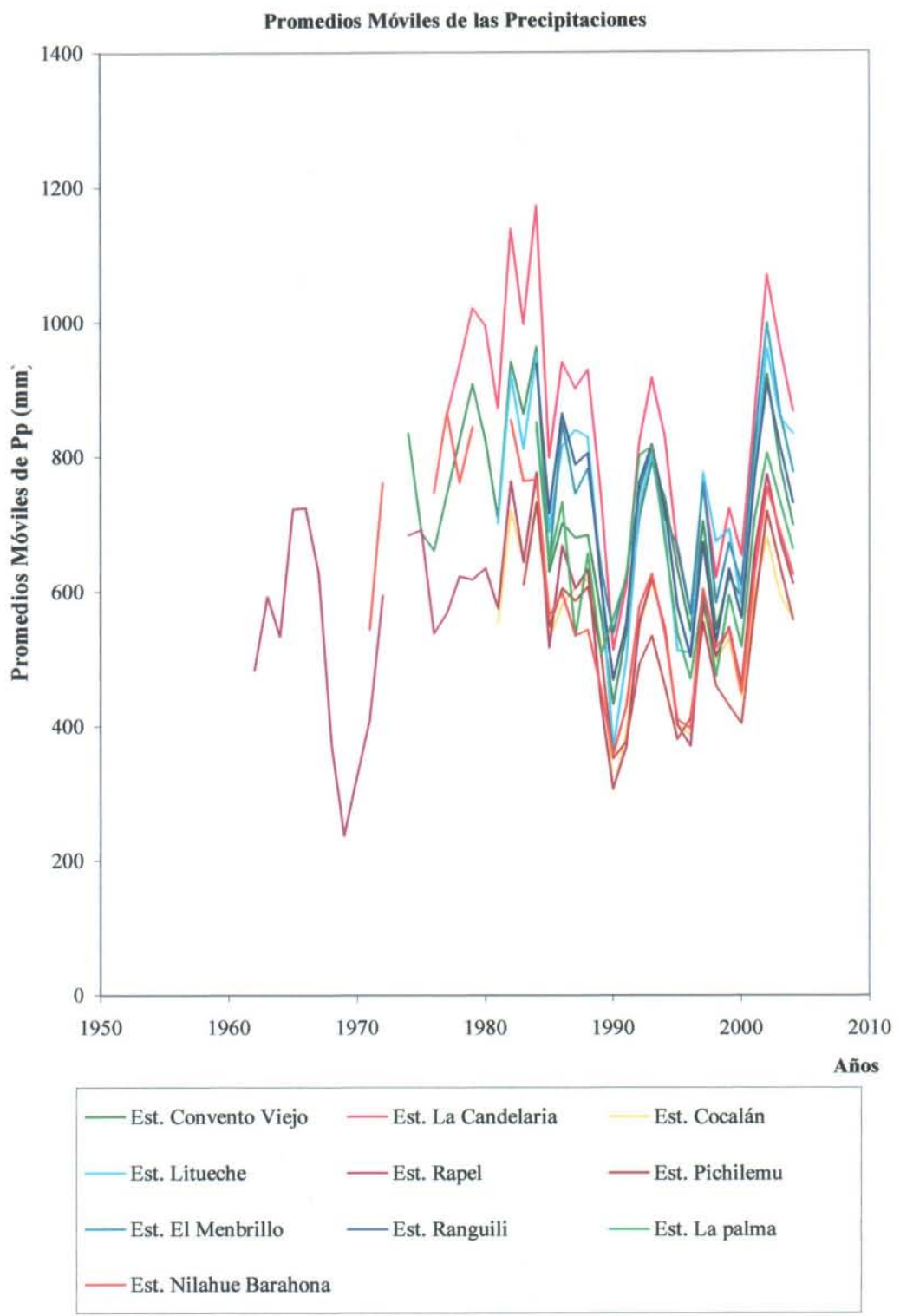


Figura 2d. Promedios Móviles para las Precipitaciones, Región de O'Higgins.

### 6.1.2.- Ajuste a la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel

Cabe destacar que la longitud de la serie de datos de cada estación, no permitió realizar una división de periodos equivalentes, excepto para el primer periodo que quedó con un rango de 24 años para todas las estaciones ajustadas.

La finalidad del ajuste radicó en establecer una variación de las probabilidades de exceder un cierto valor de precipitación, para un periodo de retorno dado (50, 75, 100). Es decir, qué probabilidades existen de que las precipitaciones excedan los valores asociados a 50, 75 y 100 años. Los ajustes se realizaron a las series con un rango mínimo de años de información de 24 años, para el primer periodo que va desde 1981–2004 y de (20 +/- 4 años) para el resto de los periodos que van desde 1961–1980 hasta 1941-1960; lo anterior es válido para las dos regiones en estudio.

El ajuste fue aplicado a *catorce* de las dieciséis estaciones seleccionadas en la Región Metropolitana y a *diecisiete* de las veinte estaciones seleccionadas para la Región de O'Higgins, debido a que del total de estaciones de ambas regiones, sólo las seleccionadas cumplen con el periodo mínimo establecido para este estudio.

De las catorce estaciones ajustadas en la Región Metropolitana, solo seis permitieron la comparación entre más de un período de análisis. Asimismo, de las diecisiete estaciones seleccionadas en la Región de O'Higgins, sólo dos estaciones permitieron la comparación entre más de un período. Las estaciones restantes de ambas regiones sólo poseen un período ajustado, lo que no permite hacer inferencia alguna.

De acuerdo a las tablas del apéndice VI, se determinó que el ajuste a los datos de precipitación anual de ambas regiones, fue aceptado en un 100 %.

En el apéndice VI (tabla 88 a la tabla 118), se presentan los resultados de la prueba de bondad de ajuste utilizada para verificar el ajuste de las precipitaciones e índices a la Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel.



Las estaciones seleccionadas en la Región Metropolitana y Región de O'Higgins para el ajuste y posterior análisis entre periodos, se muestran a continuación en la tabla 8 y 9.

**i) Región Metropolitana**

Tabla 8. Estaciones seleccionadas para el ajuste y comparación de periodos.

Estación	Latitud	Longitud	Período de registro	Registro real (años)
	Sur	Oeste		
Embalse el Yeso	33° 40' 00"	70° 05' 00"	1962-2004	40
San Gabriel	33° 47' 00"	70° 14' 00"	1977-2004	26
San José Reten	33° 38' 00"	70° 21' 00"	1971-2004	31
Pirque	33° 40' 00"	70° 35' 00"	1967-2004	30
Cerro Calán	33° 24' 00"	70° 32' 00"	1975-2004	29
Antupirén	33° 30' 00"	70° 30' 00"	1979-2004	24
Terrazas Ofic. Cen. D.G.A.	33° 26' 00"	70° 39' 00"	1960-2004	44
Rincón de los Valles	32° 57' 00"	70° 46' 00"	1957-2004	46
Caleu	33° 00' 00"	71° 00' 00"	1957-2004	40
Rungue Embalse	33° 01' 00"	70° 54' 00"	1943-2004	52
Carmen de las Rosas	33° 45' 00"	71° 09' 00"	1930-2004	67
Melipilla	33° 42' 00"	71° 13' 00"	1971-2004	30
Los Panguiles	33° 26' 00"	71° 06' 00"	1981-2004	24
Villa Alhué	34° 02' 00"	71° 05' 00"	1979-2004	25

## ii) Región de O'Higgins


Tabla 9. Estaciones seleccionadas para el ajuste y comparación de periodos.


Estación	Latitud	Longitud	Período de registro	Pp media
	Sur	Oeste		
Rancagua Endesa	34° 10' 00"	70° 45' 00"	1978-2004	26
Coltauco	34° 17' 00"	71° 05' 00"	1978-2004	26
Popeta	34° 26' 00"	70° 47' 00"	1970-2004	35
Las Nieves Central	34° 29' 00"	70° 45' 00"	1970-2004	30
Rengo	34° 24' 00"	70° 52' 00"	1971-2004	32
San Fernando	34° 35' 00"	70° 58' 00"	1971-2004	33
Viña Vieja	34° 26' 00"	71° 03' 00"	1960-2003	37
Millahue	34° 31' 00"	71° 13' 00"	1972-2004	32
Pichidegua	34° 21' 00"	71° 17' 00"	1974-2004	31
La Rufina	34° 44' 00"	70° 46' 00"	1960-2004	45
Convento Viejo	34° 46' 00"	71° 06' 00"	1971-2004	33
La Candelaria	34° 50' 00"	71° 27' 00"	1974-1972	30
Cocalán	34° 12' 00"	71° 16' 00"	1978-2004	26
Litueche	34° 07' 00"	71° 43' 00"	1979-2004	26
Rapel	33° 57' 00"	71° 44' 00"	1960-2004	44
Pichilemu	34° 23' 00"	72° 00' 00"	1980-2004	24
Nilahue Barahona	34° 34' 00"	71° 45' 00"	1969-2004	31

### 6.1.3.- Probabilidad de excedencia para los distintos períodos de cada estación

A continuación, en las Tablas 10 y 11 se presentan los valores de excedencia de precipitación para los periodos de retorno de 50, 75 y 100 años, en la Región Metropolitana y en la Región de O'Higgins respectivamente.

Para hacer más fácil la evaluación de las tendencias, se le asignó un color determinado a cada tendencia, es decir, tendencia al aumento y tendencia a la disminución en los montos de precipitación. La asignación de colores se muestra a continuación:

 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor de precipitación asociado a los distintos períodos de retorno.

 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor de precipitación asociado a los distintos períodos de retorno.

### **i) Región Metropolitana**

De la tabla 10, se desprende que la totalidad de las estaciones de la Región Metropolitana que poseen más de un lapso ajustado a la F.D.P. de Gumbel, muestran una tendencia al aumento de las probabilidades de excedencia. Las estaciones que poseen sólo un lapso de ajuste, no permiten establecer tendencia alguna entre los lapsos considerados, pero sí manifiestan diferencias entre los distintos periodos de retorno.

### **ii) Región de O'Higgins**

De la tabla 11, correspondiente a la Región de O'Higgins, se verifica que las dos estaciones que poseen más de un período, muestran claramente una tendencia a la disminución de las probabilidades de excedencia de los valores de precipitación. Además, las quince estaciones restantes, sólo presentan un periodo ajustado, lo que no permite la realización de inferencias de tendencia.

Tabla 10. Valores de precipitación (mm) anual excedente en la Región Metropolitana.

Periodos	1941-1960			1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Probabilidad asociada <math>F(X) = (1 - 1/T)</math></b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Est. Embalse el Yeso	-	-	-	1089,3	1166,5	1221,1	1623,8	1742	1825,7
Est. San Gabriel	-	-	-	-	-	-	1523,8	1631,1	1707
Est. San José Reten	-	-	-	-	-	-	1200,6	1282,9	1341,2
Est. Pirque	-	-	-	-	-	-	1038,4	1107	1155,7
Est. Cerro Calán	-	-	-	-	-	-	996,8	1064	1111,6
Est. Antupirén	-	-	-	-	-	-	1024,7	1093,8	1142,8
Est. Terrazas ofic. Cen. D.G.A.	-	-	-	614,7	654,6	682,9	803,4	858,7	897,9
Est. Rincón de los Valles	-	-	-	562,5	599,2	625,1	872,4	939,5	987,1
Est. Caleu	-	-	-	1156,2	1234,3	1289,5	1633	1758,1	1846,7
Est. Rungue Embalse	-	-	-	719,6	766,5	799,6	1125,1	1211,4	1272,5
Est. Carmen de la Rosas	868,3	919,6	956	912,5	969,9	1010,5	1017,1	1085,5	1134
Est. Melipilla	-	-	-	-	-	-	934,4	1000,1	1046,7
Est. Los Panguiles	-	-	-	-	-	-	848,7	908,6	951
Est. Villa Alhué	-	-	-	-	-	-	1162,7	1243,1	1300

Tabla 11. Valores de precipitación (mm) anual excedente en la Región de O'Higgins.

Periodos	1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>F (X) = ( 1- 1/T)</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Est. Rancagua Endesa	-	-	-	947,0	1008,0	1051,1
Est. Coltauco	-	-	-	1495,5	1597,9	1670,4
Est. Popeta	-	-	-	1252,5	1331,0	1386,5
Est. Las Nieves Central	-	-	-	1638,4	1739,6	1811,2
Est. Rengo	-	-	-	1087,5	1152,0	1197,7
Est. San Fernando	-	-	-	1596,3	1702,1	1777,0
Est. Viña Vieja	-	-	-	1337,0	1423,6	1485,0
Est. Millahue	-	-	-	1589,2	1688,9	1759,5
Est. Pichidegua	-	-	-	1230,5	1311,6	1369,1
Est. La Rufina	2224,7	2361,9	2459,1	2187,8	2318,5	2411,1
Est. Convento Viejo	-	-	-	1400,3	1487,5	1549,3
Est. La Candelaria	-	-	-	1693,9	1802,1	1878,6
Est. Cocalán	-	-	-	1157,8	1233,3	1286,7
Est. Litueche	-	-	-	1508,2	1604,9	1673,3
Est. Rapel	1172,3	1247,6	1301,0	947,0	1008,0	1051,1
Est. Pichilemu	-	-	-	1033,7	1096,4	1140,7
Est. Nihue Barahona	-	-	-	1139,9	1209,8	1259,3

## **6.2.- Obtención de los Índices**

Los índices ICP, IMF, IF e IMFM, fueron obtenidos en base a las precipitaciones mensuales y anuales de cada una de las estaciones seleccionadas para cada región. Es decir, dieciséis estaciones pluviométricas seleccionadas en la Región Metropolitana y veinte seleccionadas en la Región de O'Higgins.

Estos índices fueron obtenidos para aquellas estaciones que tuviesen un registro de datos igual o superior a veinte años. Asimismo, fueron jerarquizados de acuerdo a cada una de las tablas de clasificación propuesta para cada índice, por diferentes autores.

Los resultados de la aplicación de estos índices se muestran desde el apéndice II al V (tablas 40 a la 87).

### **6.2.1.- Promedios Móviles**

Para realizar el análisis de los promedios móviles e índices para cada región, se utilizaron gráficos de cada uno de los índices estudiados. Es decir, gráficos de Índice de Concentración de las precipitaciones, Índice de Fournier, Índice Modificado de Fournier e Índice Modificado Fournier-Maule. Su aplicación fue realizada para el análisis de las tendencias.

Es importante señalar que, en la gráfica de los promedios móviles para cada índice, se observó una alta variación de los valores anuales en ambas regiones, siendo ésta mayor para todos los índices en la Región Metropolitana y más baja en la Región de O'Higgins. Las gráficas construidas para la visualización de las tendencias se muestran a continuación en las figuras de la 3a a la 6b para la Región Metropolitana y en las figuras de la 7a a la 10b para la Región de O'Higgins.

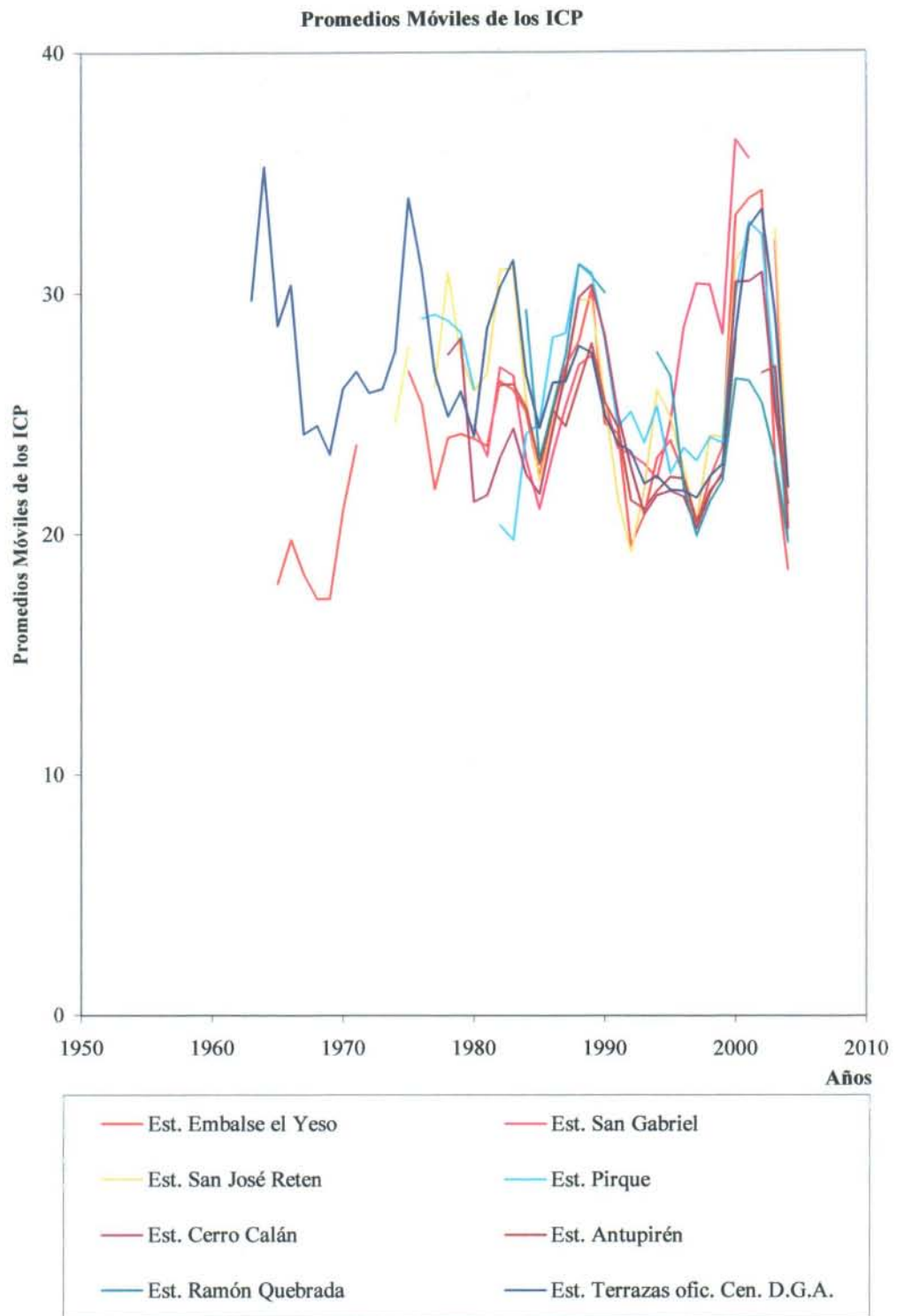


Figura 3a. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de precipitaciones. Región Metropolitana.

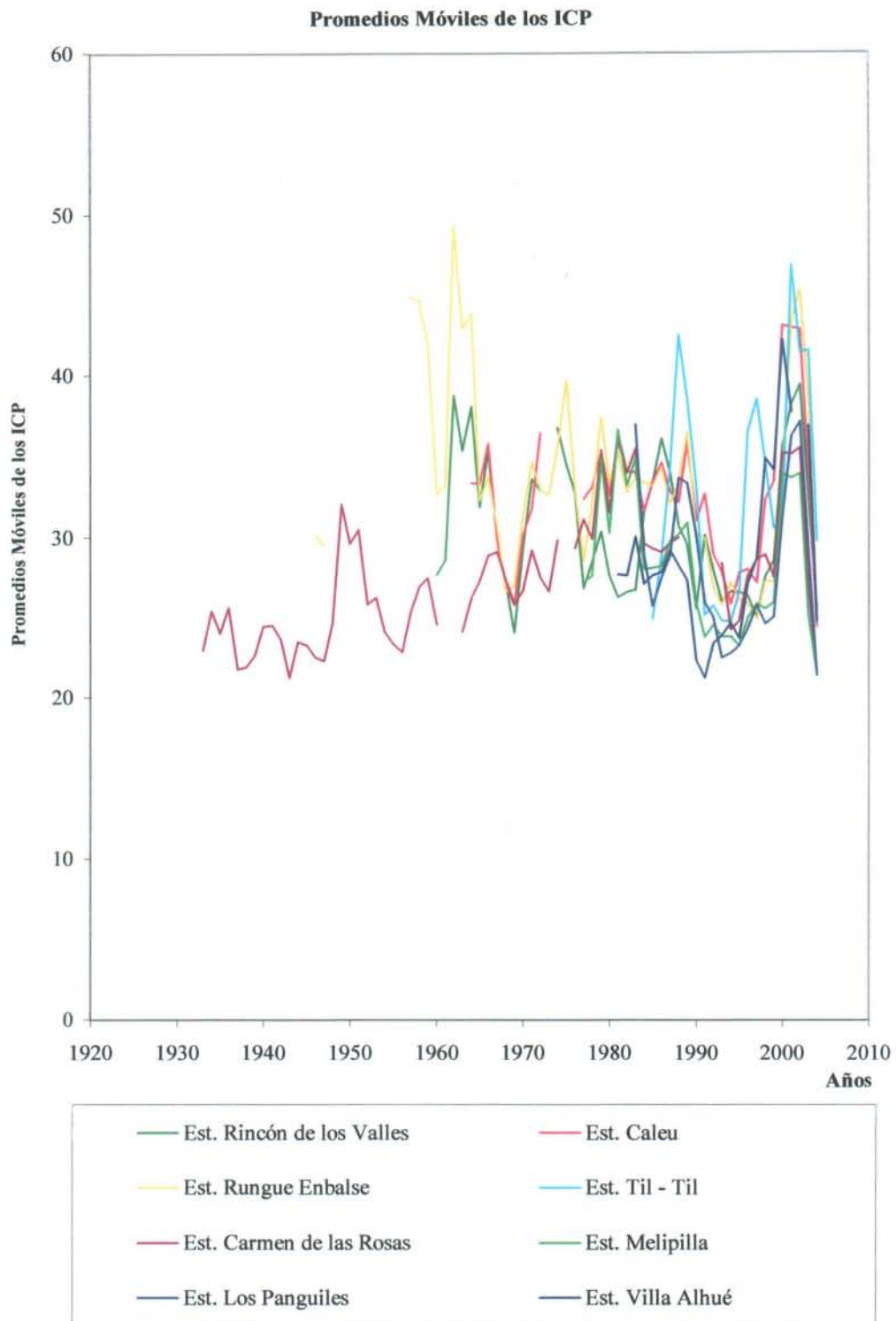


Figura 3b. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de Precipitaciones. Región Metropolitana.



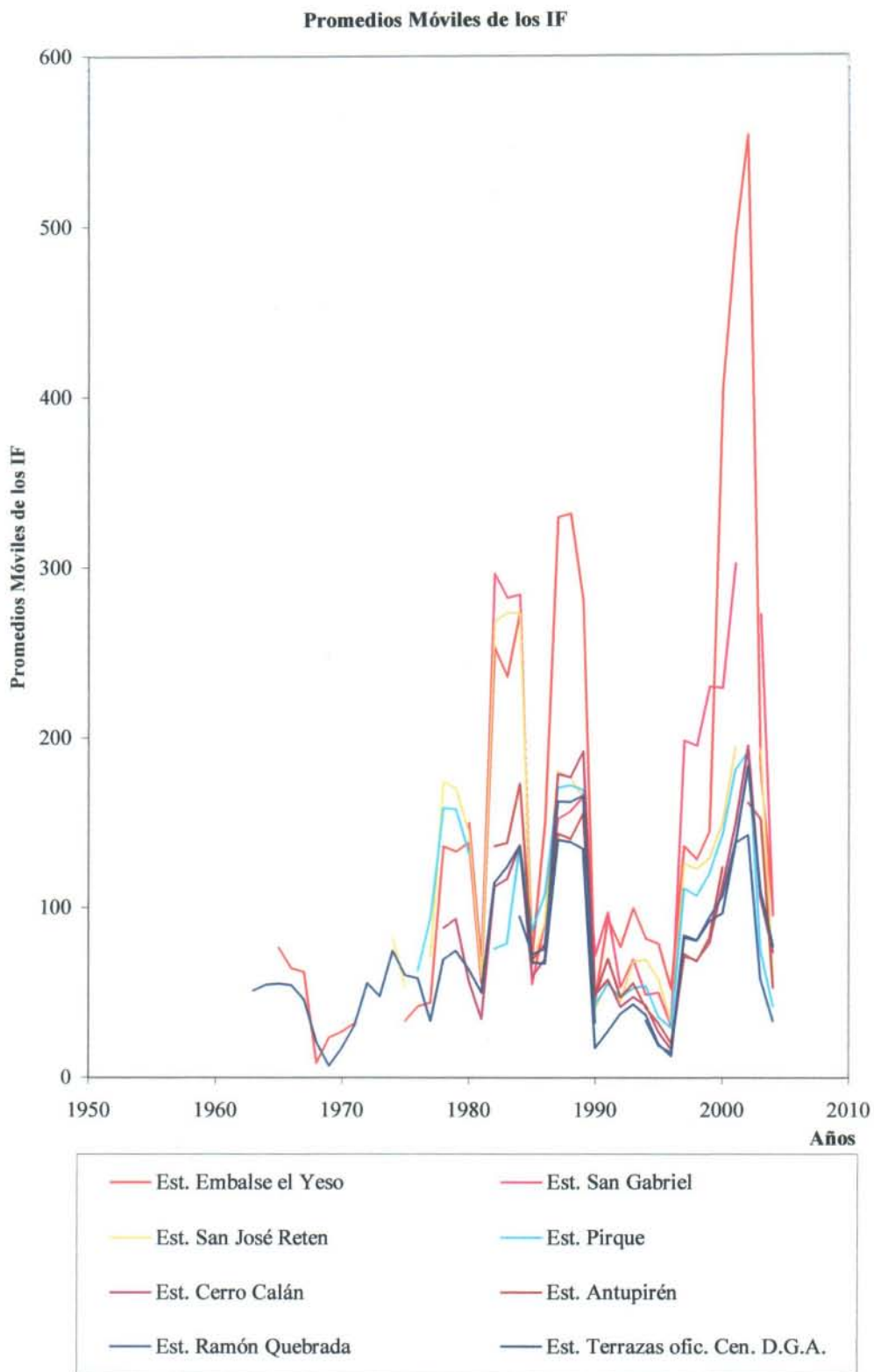


Figura 4a. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región Metropolitana.

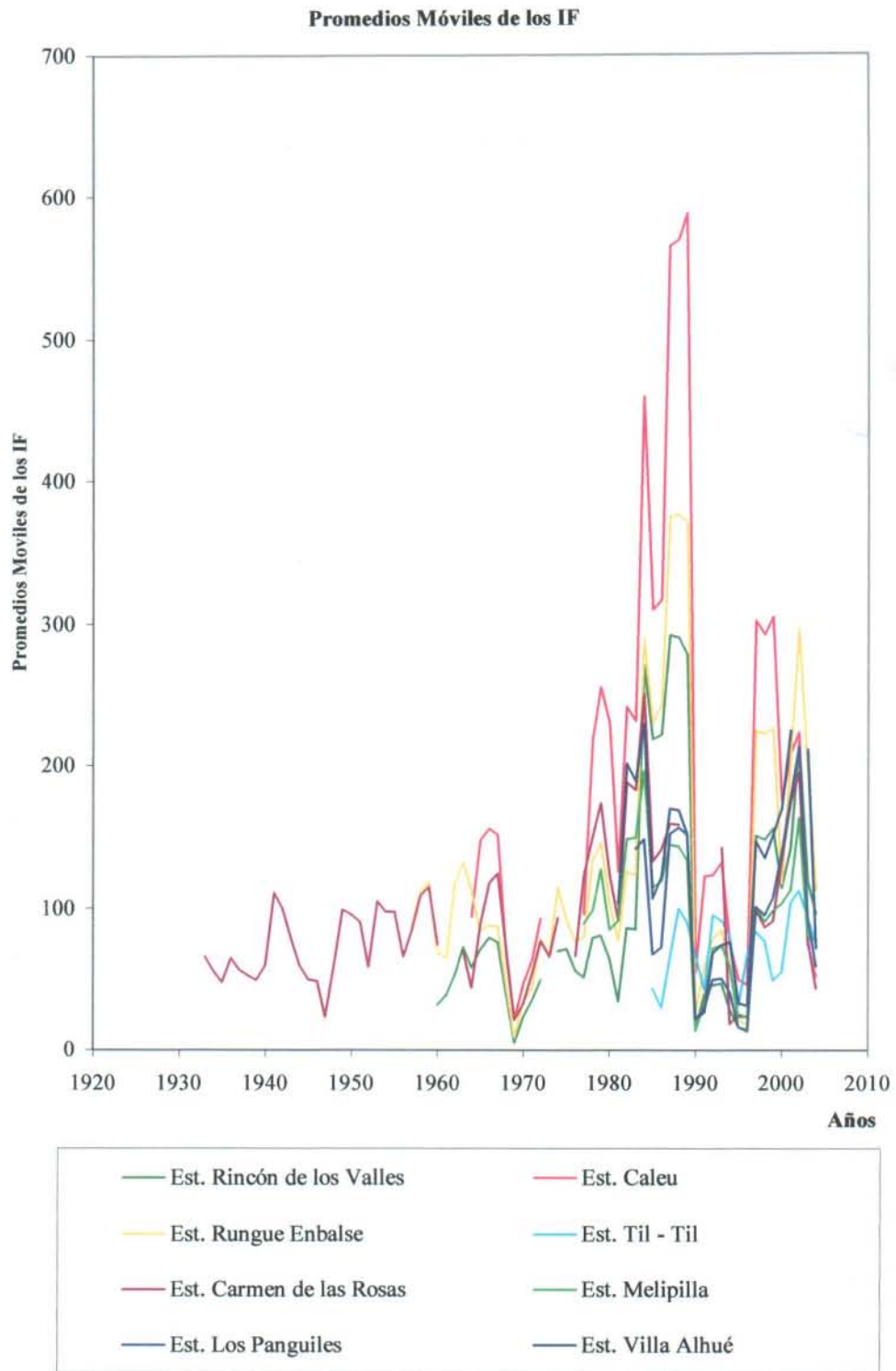


Figura 4b. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región Metropolitana.

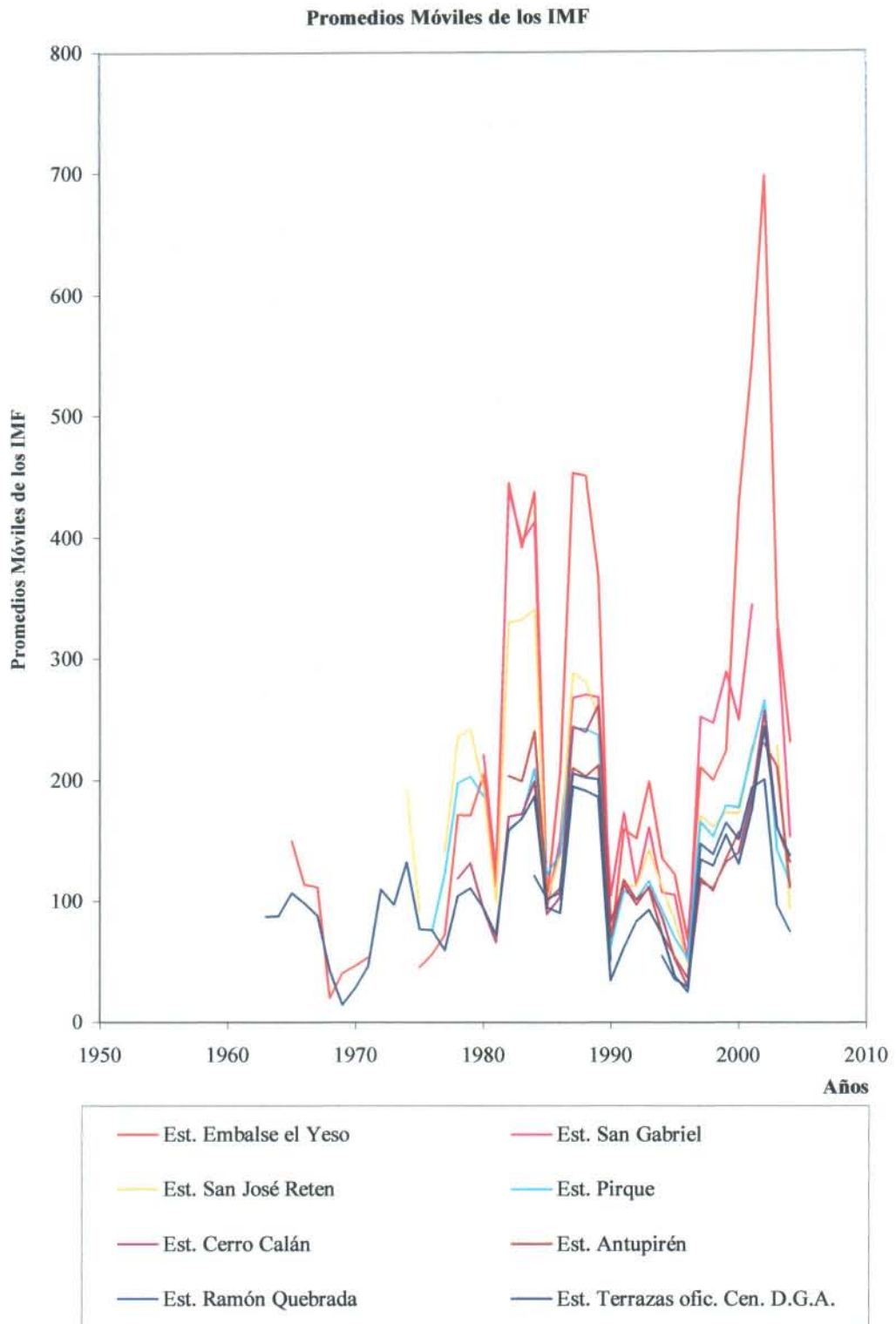


Figura 5a. Promedios Móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región Metropolitana.

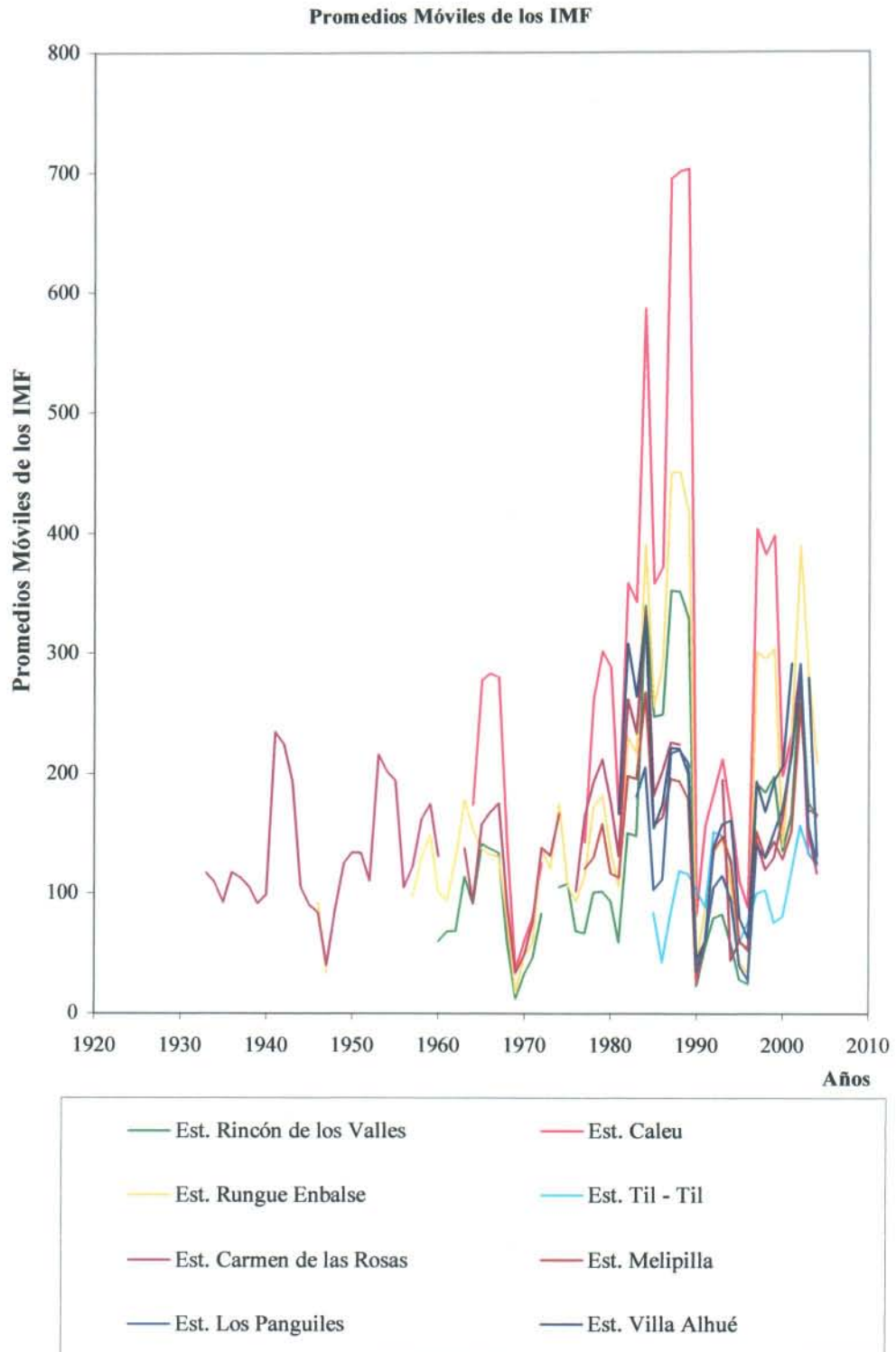


Figura 5b. Promedios Móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región Metropolitana.

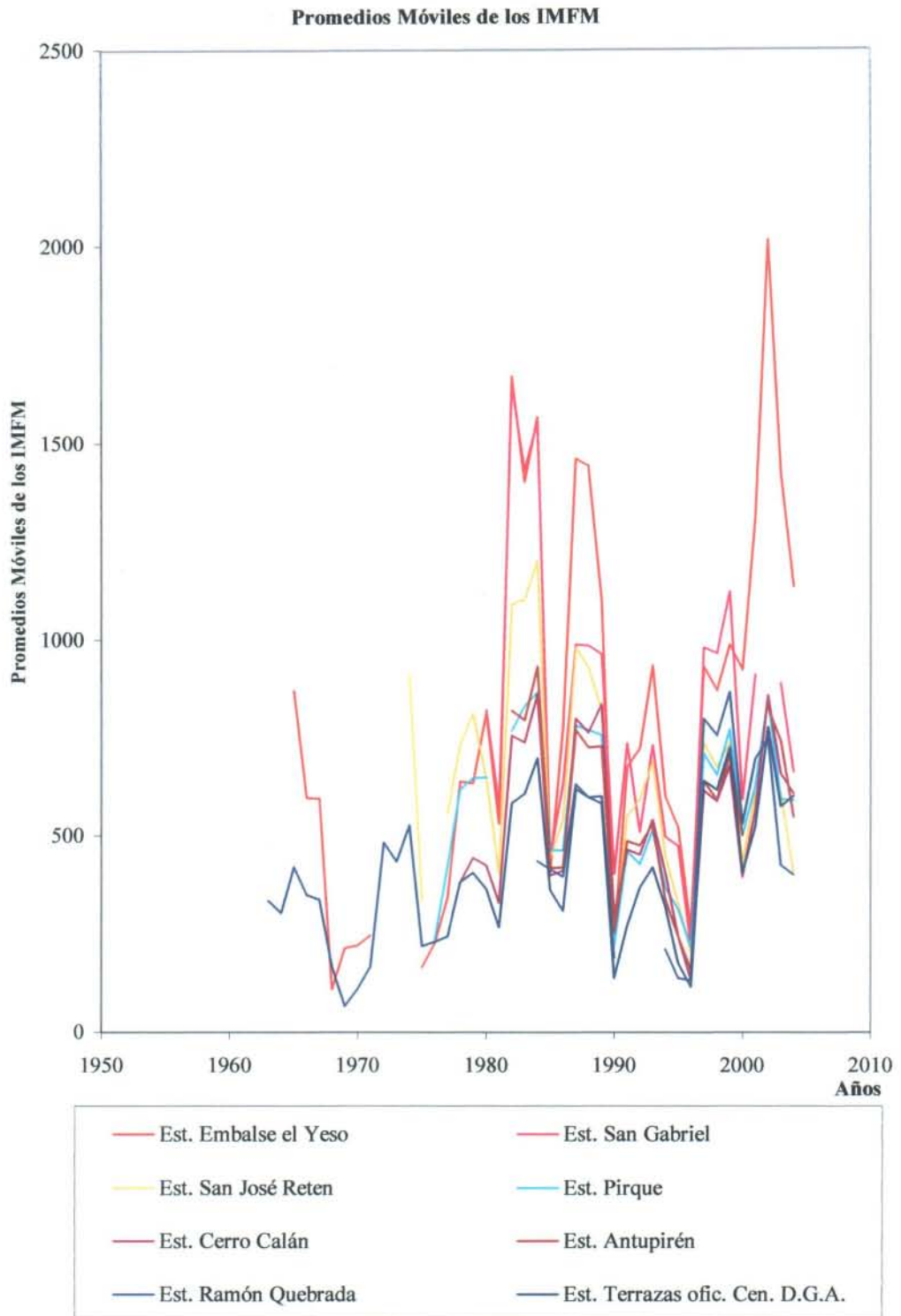


Figura 6a. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule. Región Metropolitana.

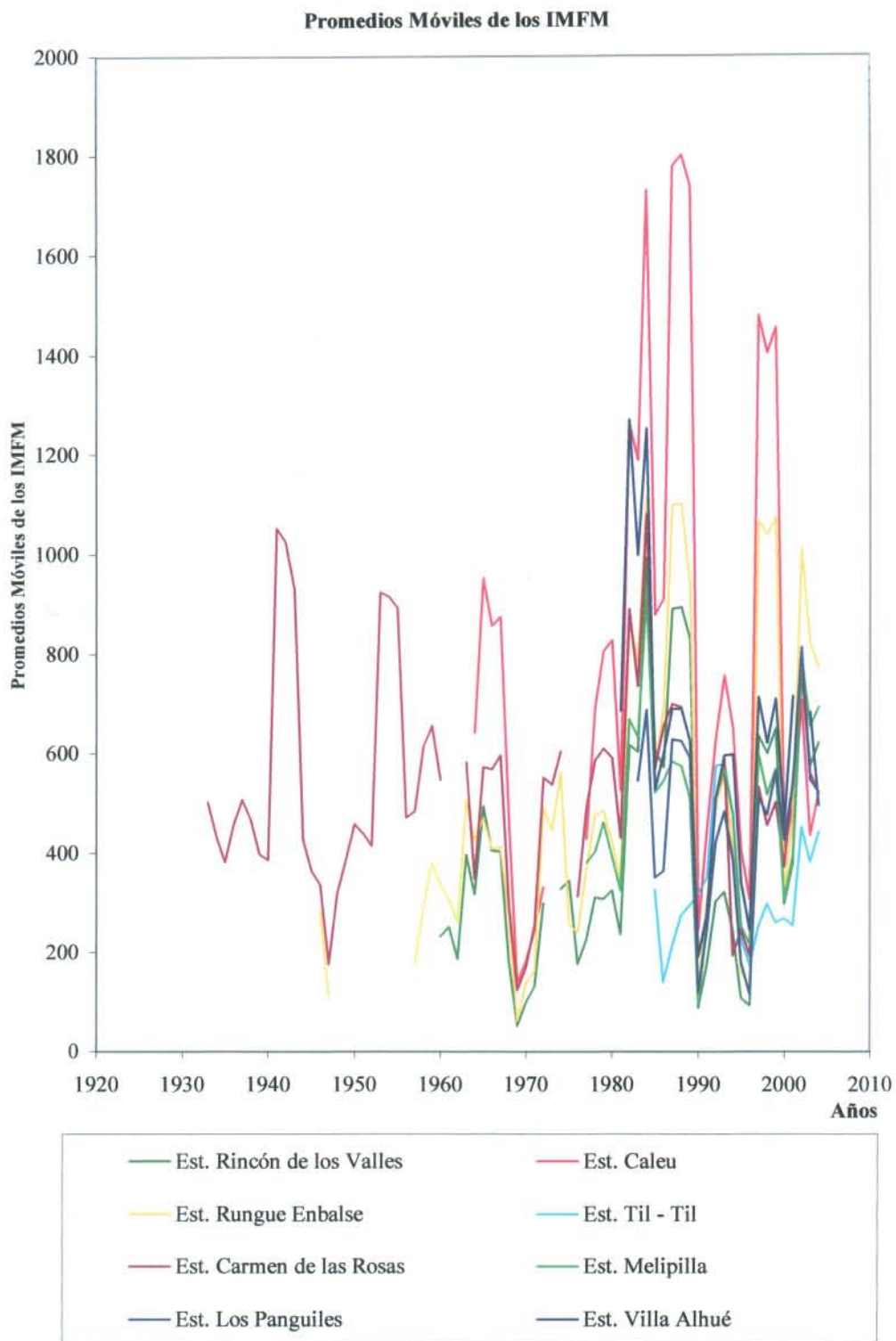


Figura 6b. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule. Región Metropolitana.

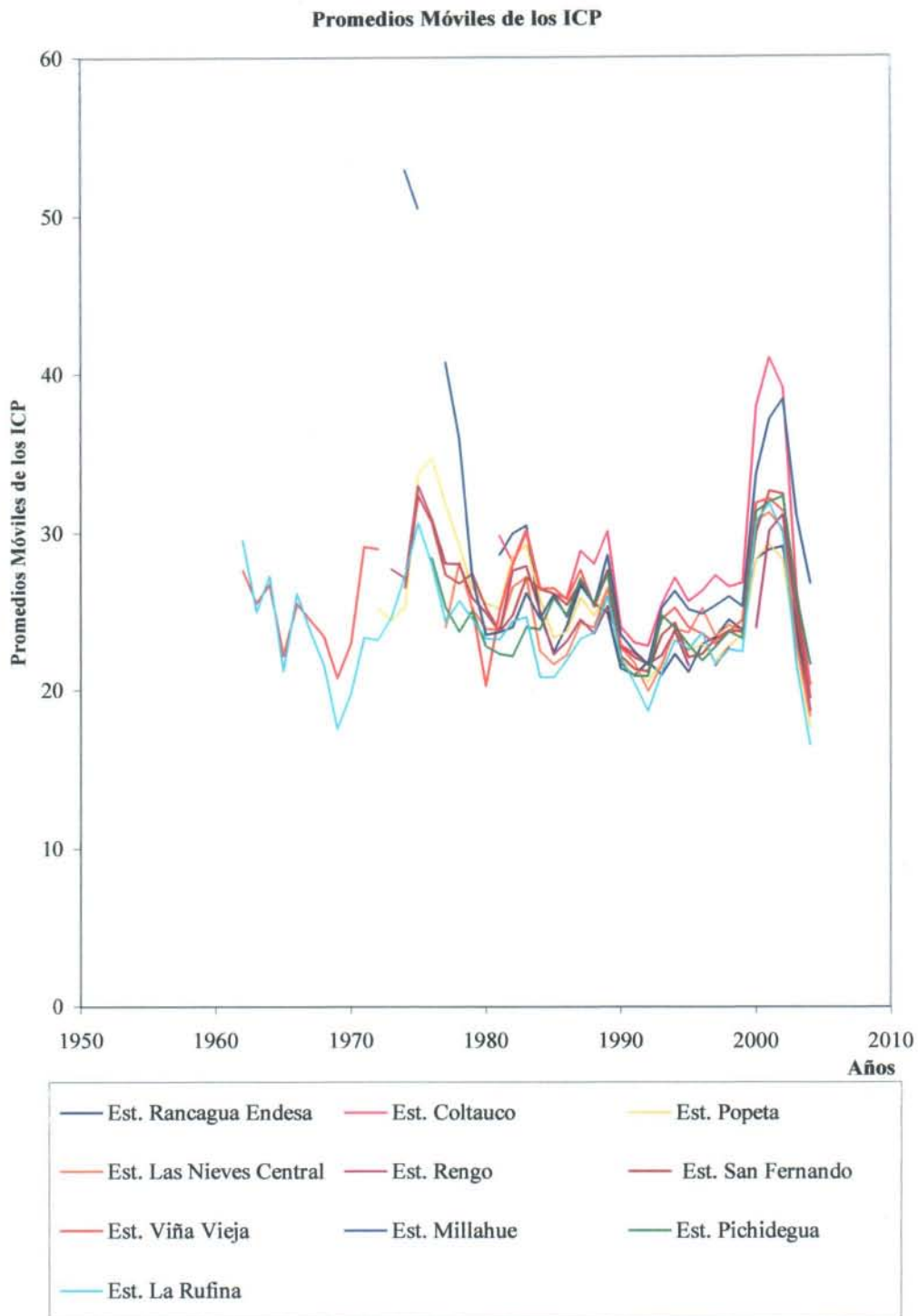


Figura 7a. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de Precipitaciones. Región de O'Higgins.

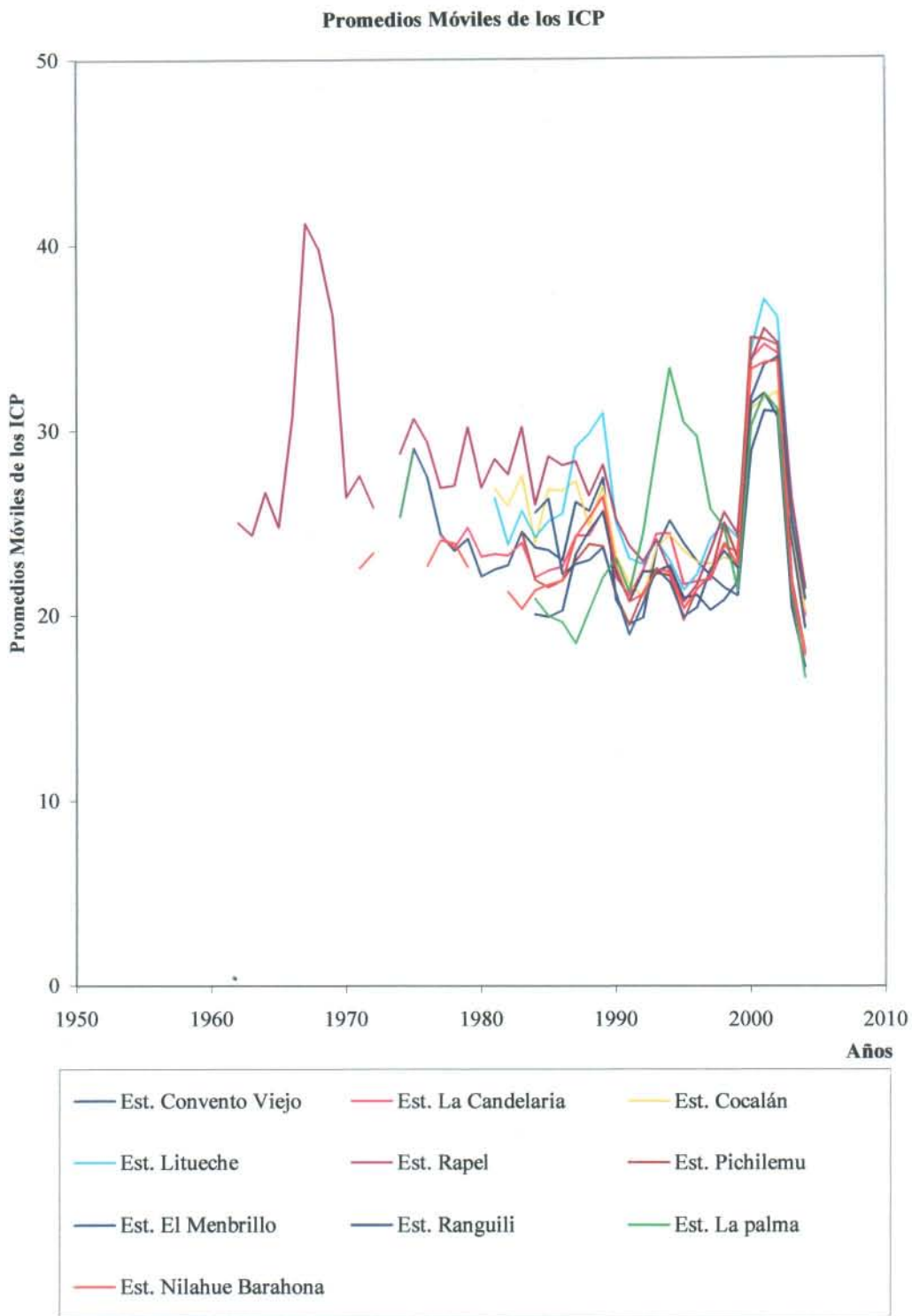


Figura 7b. Promedios Móviles para el Índice de Concentración de Precipitaciones. Región de O'Higgins.



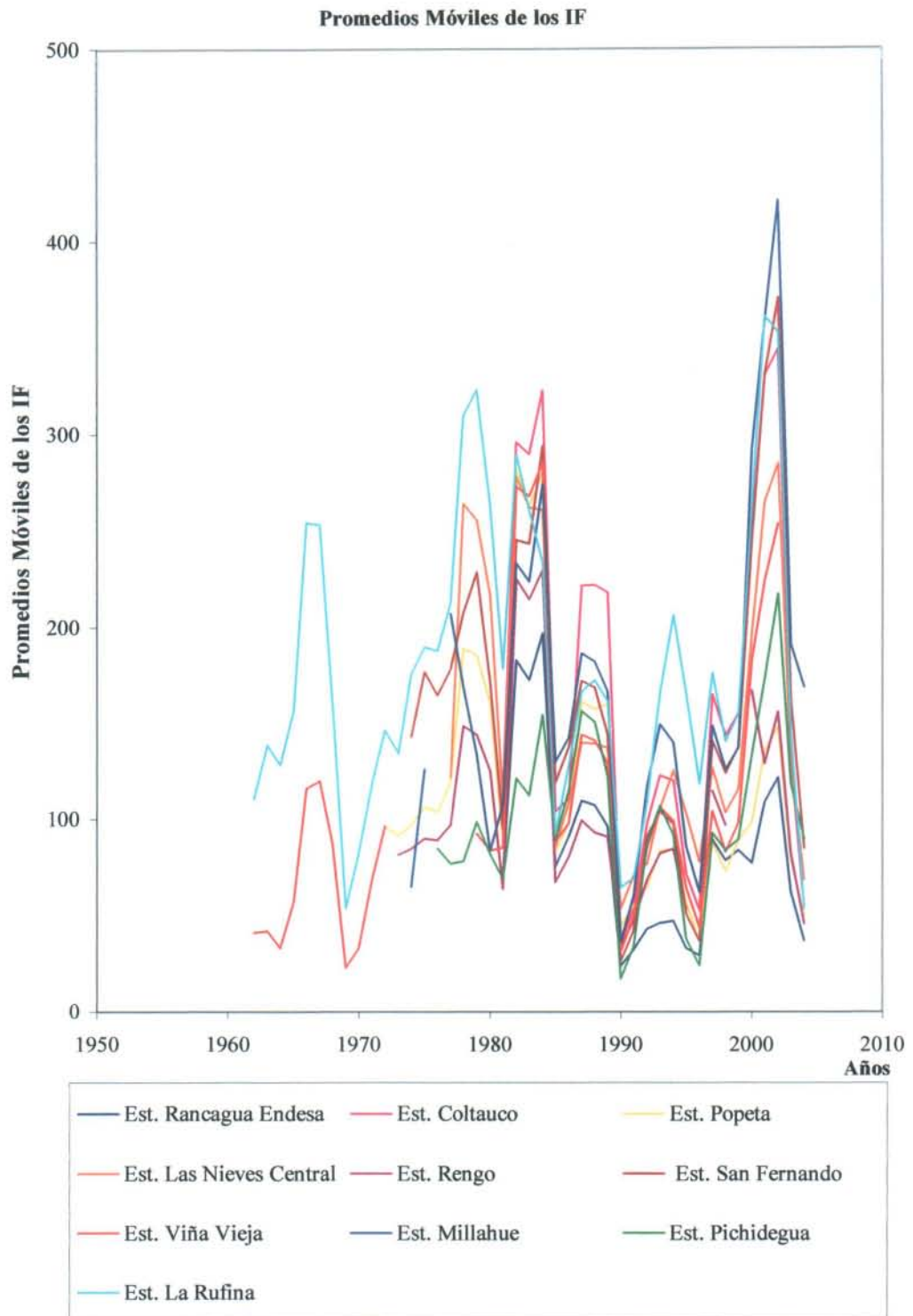


Figura 8a. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región de O'Higgins.

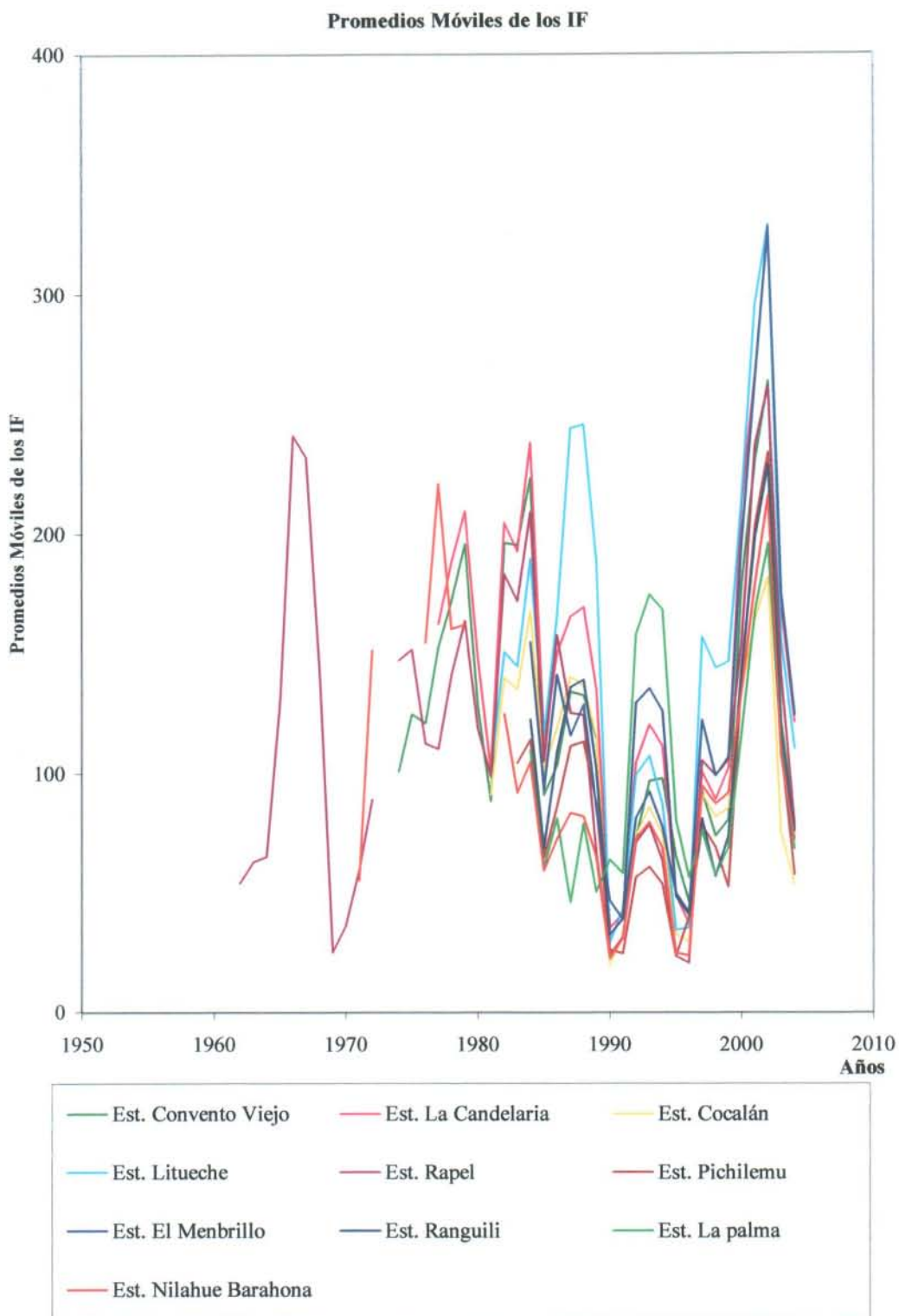


Figura 8b. Promedios Móviles para el Índice de Fournier. Región de O'Higgins.

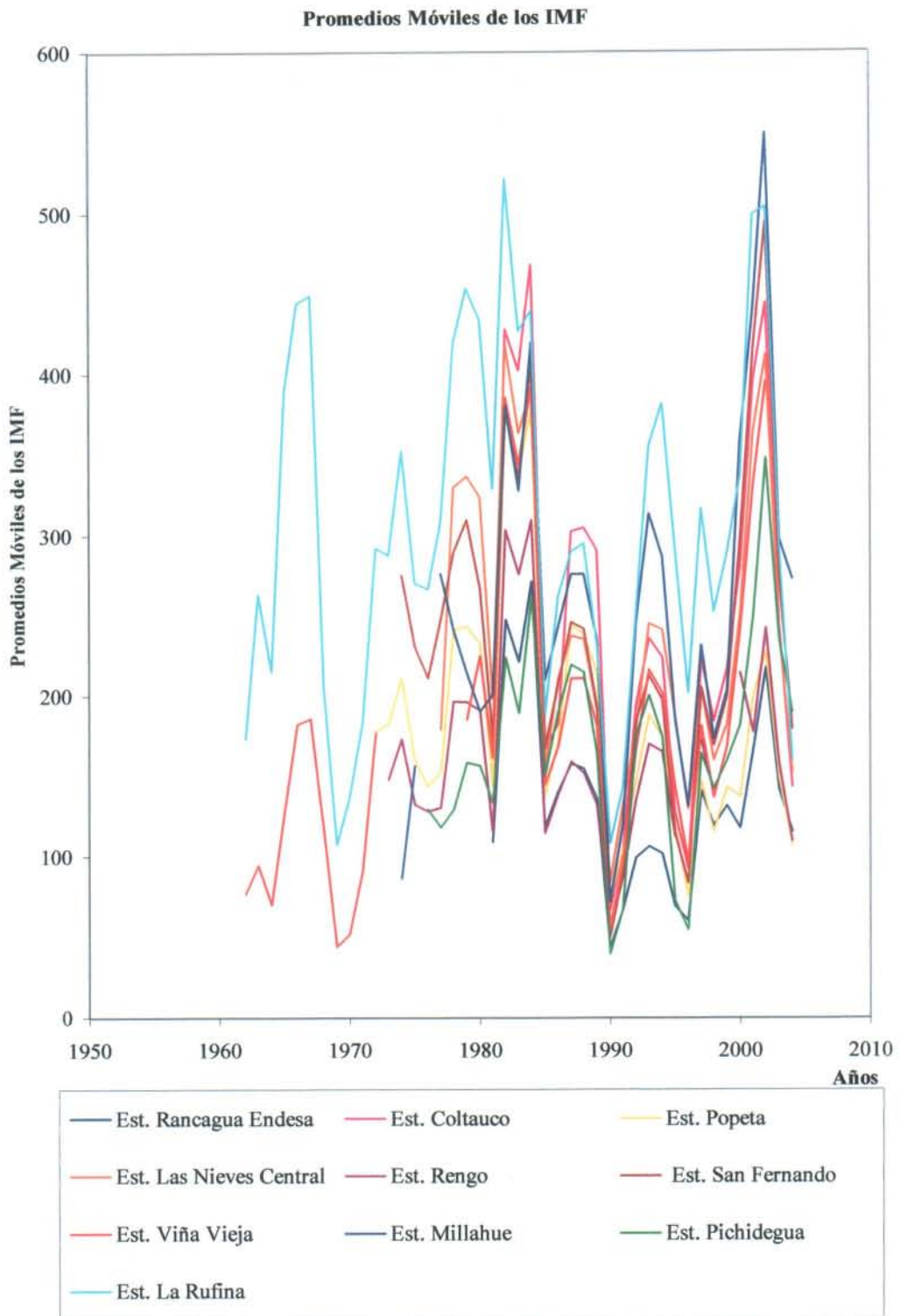


Figura 9a. Promedios móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región de O'Higgins.

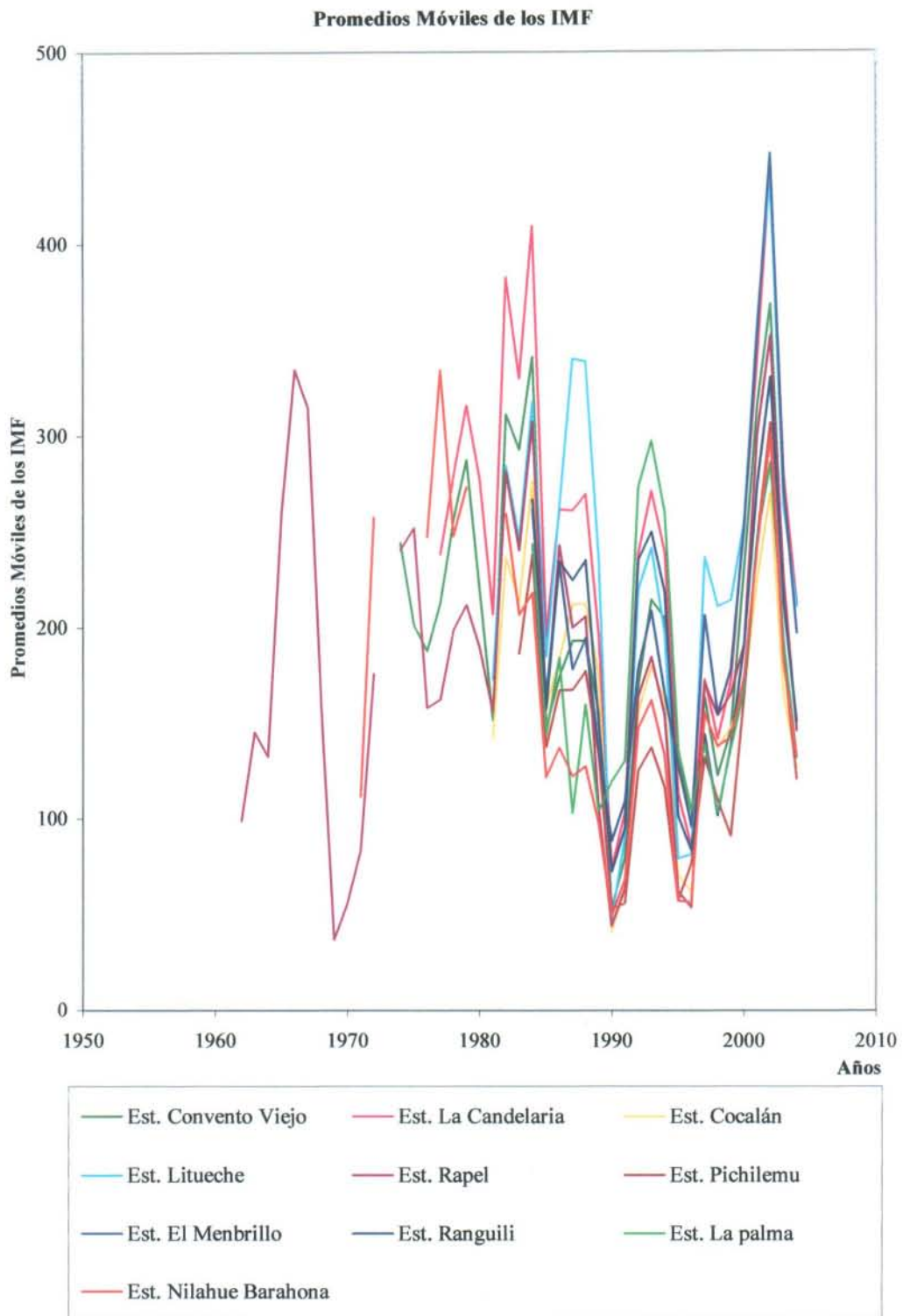


Figura 9b. Promedios móviles para el Índice Modificado de Fournier. Región de O'Higgins.

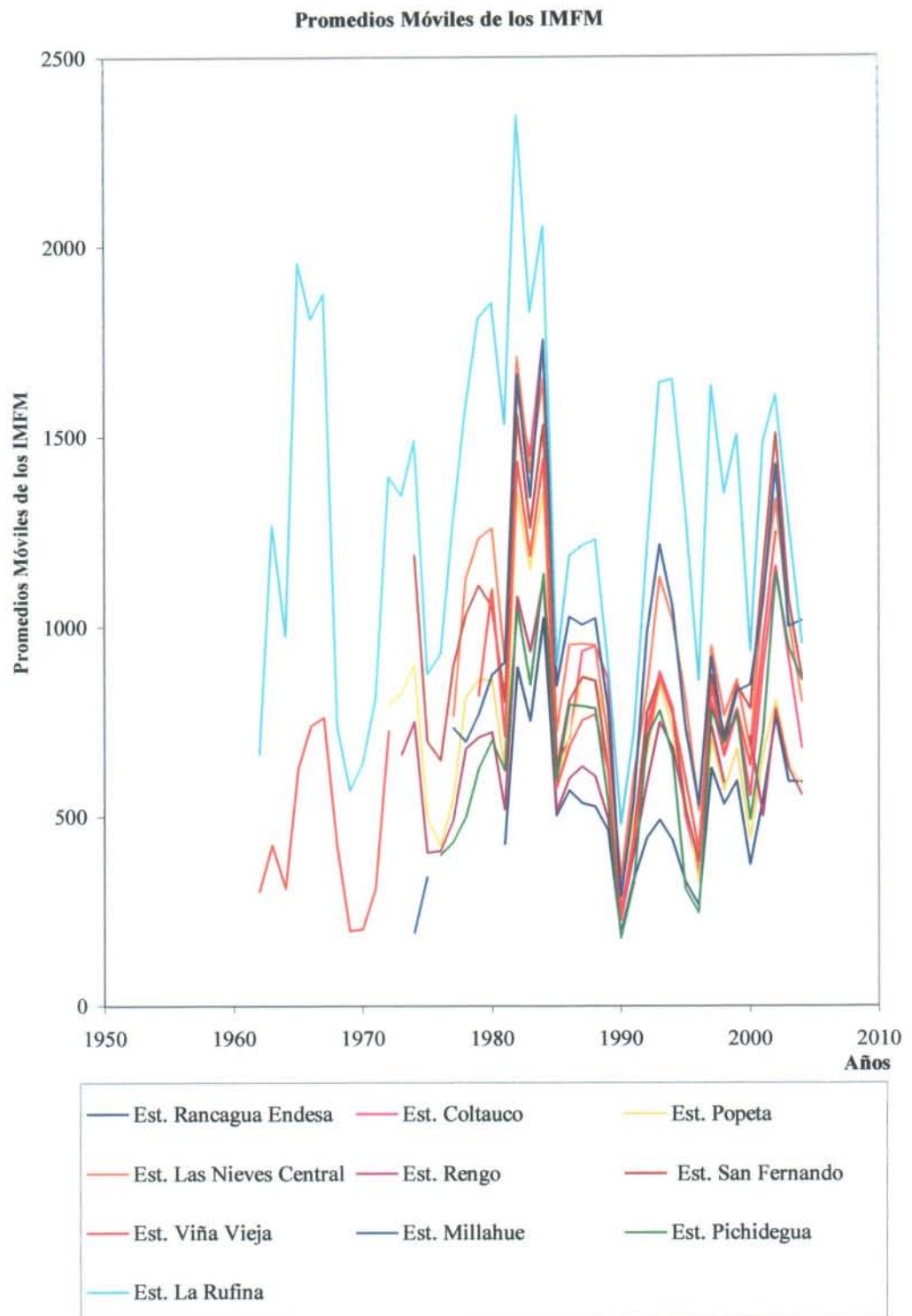


Figura 10a. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule. Región de O'Higgins.

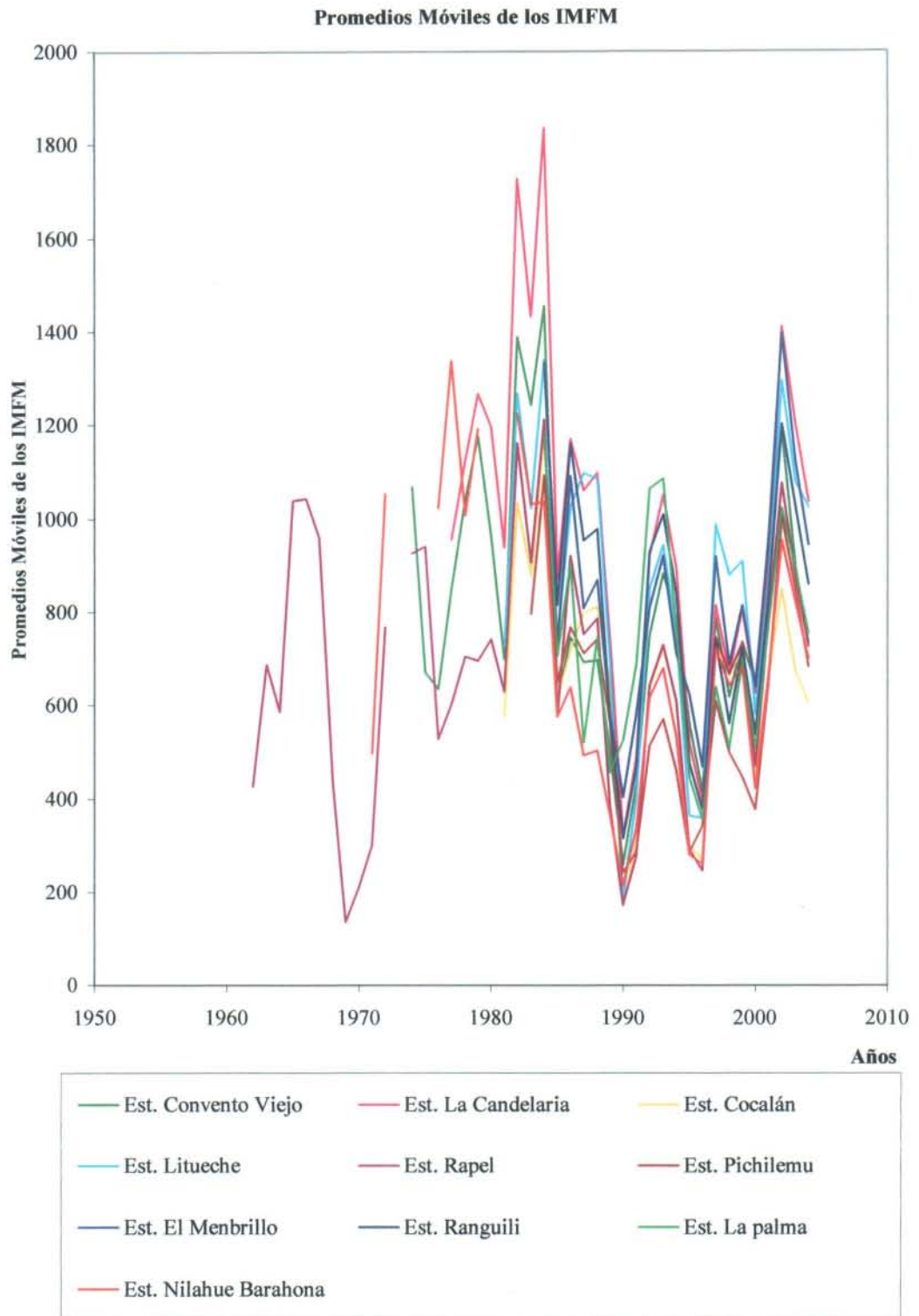


Figura 10b. Promedios Móviles para el Índice Modificado Fournier Maule. Región de O'Higgins.

### **6.3.- Ajuste a la función de Distribución de Probabilidad de Gumbel**

#### **6.3.1.- Prueba de Bondad de Ajuste**

Los resultados de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, aplicada a la Función de Distribución de Gumbel utilizada en este estudio, para el Índice de Concentración de Precipitaciones, Índice de Fournier, Índice Modificado de Fournier e Índice Modificado Fournier Maule, se presentan en el apéndice VI (tabla 88 a la 118).

#### **6.3.2.- Probabilidad de excedencia para los distintos períodos de cada estación**


Con la finalidad de determinar alguna variación de las tendencias, a través de las probabilidades de excedencia para cada índice y para los distintos periodos en que fueron divididas las longitudes de datos de las catorce estaciones seleccionadas en la Región Metropolitana y las veinte seleccionadas en la de O'Higgins, se crearon tablas para cada uno de los índices estudiados (IF, IMF, IMFM), las que serán presentadas a continuación (tabla 12 a la 19).


Aquellas estaciones que poseen un solo periodo analizado, no permitirán inferir comportamiento alguno, ya que no pueden ser comparados con otras estaciones que poseen más de un periodo.

Tabla 12. Valores de ICP anual excedente en la Región Metropolitana.

Periodos	1941-1960			1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Probabilidad asociada <math>F(X) = (1 - 1/T)</math></b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Est. Embalse el Yeso	-	-	-	34,77	36,40	37,55	45,17	47,66	49,42
Est. San Gabriel	-	-	-	-	-	-	44,88	47,21	48,86
Est. San José Reten	-	-	-	-	-	-	45,40	47,85	49,58
Est. Pirque	-	-	-	-	-	-	41,34	43,30	44,69
Est. Cerro Calán	-	-	-	-	-	-	39,33	41,14	42,42
Est. Antupirén	-	-	-	-	-	-	37,04	38,67	39,82
Est. Terrazas ofic. Cen. D.G.A.	-	-	-	47,67	50,20	51,99	44,46	46,74	48,36
Est. Rincón de los Valles	-	-	-	53,99	56,84	58,86	51,80	54,51	56,43
Est. Caleu	-	-	-	49,46	51,66	53,22	59,64	62,96	65,31
Est. Rungue Embalse	-	-	-	71,02	75,42	78,53	61,19	64,83	67,40
Est. Carmen de la Rosas	34,36	35,66	36,58	39,80	41,44	42,60	51,44	54,09	55,97
Est. Melipilla	-	-	-	-	-	-	48,93	51,53	53,37
Est. Los Panguiles	-	-	-	-	-	-	51,85	54,72	56,75
Est. Villa Alhué	-	-	-	-	-	-	49,92	52,60	54,50




 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del Índice de Concentración de las Precipitaciones asociado a un periodo de retorno dado.


 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del Índice de Concentración de las Precipitaciones asociado a un periodo de retorno dado.

De la tabla 12, se desprende que las estaciones Terrazas Oficinas Centrales D.G.A., Rincón de los Valles y Rungue Embalse, presentan una clara tendencia a la disminución en la probabilidad de exceder el valor del ICP. Luego, las estaciones que presentaron un aumento en la probabilidad de exceder el valor del ICP, fueron Embalse el Yeso, Caleu y Carmen de las Rosas. Esta última con una tendencia proveniente de tres periodos de ajuste.

Tabla 13. Valores del IF anual excedente en la Región Metropolitana.

Periodos	1941-1960			1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Probabilidad asociada <math>F(X) = (1 - 1/T)</math></b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Est. Embalse el Yeso	-	-	-	259,98	284,65	302,11	909,19	997,27	1059,62
Est. San Gabriel	-	-	-	-	-	-	646,20	707,56	750,98
Est. San José Reten	-	-	-	-	-	-	547,15	599,46	636,49
Est. Pirque	-	-	-	-	-	-	389,80	425,87	451,39
Est. Cerro Calán	-	-	-	-	-	-	377,51	412,54	437,32
Est. Antupirén	-	-	-	-	-	-	361,28	394,82	418,56
Est. Terrazas ofic. Cen. D.G.A.	-	-	-	150,65	163,39	172,40	336,55	367,48	389,37
Est. Rincón de los Valles	-	-	-	161,60	174,79	184,13	668,41	734,67	781,57
Est. Caleu	-	-	-	433,64	472,25	499,58	1222,13	1343,77	1429,86
Est. Runge Embalse	-	-	-	269,36	291,61	307,36	847,65	930,71	989,49
Est. Carmen de la Rosas	186,05	200,47	210,68	217,81	235,06	247,26	467,02	509,30	539,23
Est. Melipilla	-	-	-	-	-	-	389,10	424,95	450,31
Est. Los Panguiles	-	-	-	-	-	-	404,50	442,45	469,31
Est. Villa Alhué	-	-	-	-	-	-	489,15	534,39	566,40


 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del IF asociado a un periodo de retorno dado.


 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del IF asociado a un periodo de retorno dado.

En este caso, la totalidad de las estaciones que presentan ajustes en más de un periodo, tienen tendencia al aumento de la probabilidad de exceder un cierto valor del IF dado un determinado periodo de retorno. Las estaciones que presentan esta tendencia son las estaciones Embalse el Yeso, Terrazas oficinas Centrales D.G.A, Rincón de los Valles, Caleu, Rungue Embalse y Carmen de las Rosas.

Tabla 14. Valores del IMF anual excedente en la Región Metropolitana.

Periodos	1941-1960			1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Probabilidad asociada <math>F(X) = (1 - 1/T)</math></b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Est. Embalse el Yeso	-	-	-	358,25	390,27	412,94	1165,98	1275,28	1352,63
Est. San Gabriel	-	-	-	-	-	-	854,98	933,34	988,81
Est. San José Reten	-	-	-	-	-	-	684,00	746,96	791,52
Est. Pirque	-	-	-	-	-	-	523,50	569,24	601,62
Est. Cerro Calán	-	-	-	-	-	-	500,92	545,34	576,77
Est. Antupirén	-	-	-	-	-	-	484,73	527,63	557,99
Est. Terrazas ofic. Cen. D.G.A.	-	-	-	236,50	255,86	269,56	457,19	497,86	526,64
Est. Rincón de los Valles	-	-	-	245,96	265,89	280,00	783,91	859,56	913,11
Est Caleu	-	-	-	598,93	650,28	686,63	1453,02	1594,04	1693,86
Est. Runge Embalse	-	-	-	348,00	375,76	395,41	1002,19	1097,24	1164,52
Est. Carmen de la Rosas	363,44	393,06	414,03	368,33	397,53	418,20	589,33	640,33	676,43
Est. Melipilla	-	-	-	-	-	-	529,74	576,73	609,98
Est. Los Panguiles	-	-	-	-	-	-	528,44	576,24	610,07
Est. Villa Alhué	-	-	-	-	-	-	633,07	688,84	728,31


 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del IMF asociado a un periodo de retorno dado.


 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del IMF asociado a un periodo de retorno dado.

Para el Índice Modificado Fournier, en la totalidad de las estaciones se marca una tendencia al aumento de las probabilidades de exceder un cierto valor de éste al igual que las probabilidades de exceder el Índice de Fournier visto anteriormente. Nuevamente las estaciones Embalse el Yeso, Terrazas oficinas Centrales D.G.A, Rincón de los Valles, Caleu, Rungue Embalse y Carmen de las Rosas presentan una tendencia al aumento.

Tabla 15. Valores del IMFM anual excedente en la Región Metropolitana.

Periodos	1941-1960			1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Probabilidad asociada <math>F(X) = (1-1/T)</math></b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Est. Embalse el Yeso	-	-	-	1632,03	1776,05	1877,98	3644,78	3972,50	4204,45
Est. San Gabriel	-	-	-	-	-	-	3011,99	3281,64	3472,50
Est. San José Reten	-	-	-	-	-	-	2272,06	2474,04	2616,99
Est. Pirque	-	-	-	-	-	-	1874,95	2033,67	2146,00
Est. Cerro Calán	-	-	-	-	-	-	1866,28	2027,39	2141,41
Est. Antupirén	-	-	-	-	-	-	1878,48	2040,64	2155,41
Est. Terrazas ofic. Cen. D.G.A.	-	-	-	957,26	1037,47	1094,23	1656,83	1802,32	1905,30
Est. Rincón de los Valles	-	-	-	838,13	907,02	955,77	2093,21	2288,83	2427,29
Est Caleu	-	-	-	1804,55	1956,58	2064,19	4036,62	4421,01	4693,08
Est. Runge Embalse	-	-	-	1112,75	1204,97	1270,25	2774,06	3032,93	3216,14
Est. Carmen de la Rosas	1648,57	1789,40	1889,08	1564,24	1694,13	1786,05	1785,63	1935,55	2041,66
Est. Melipilla	-	-	-	-	-	-	1741,48	1893,29	2000,74
Est. Los Panguiles	-	-	-	-	-	-	1594,48	1734,58	1833,75
Est. Villa Alhué	-	-	-	-	-	-	2134,09	2319,23	2450,26

 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del IMFM asociado a un periodo de retorno dado.


 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del IMFM asociado a un periodo de retorno dado.


Finalmente, la probabilidad de exceder un cierto valor del Índice Modificado Fournier Maule, en la mayoría de las estaciones muestra una tendencia al aumento, en las estaciones Embalse el Yeso, Terrazas oficinas Centrales D.G.A, Rincón de los Valles, Caleu y Rungue Embalse. La excepción la constituye la estación Carmen de las Rosas, que presenta una tendencia a la disminución de las probabilidades de excedencia entre los periodos 1941-1960 y 1961-1980, pero a la vez una tendencia al aumento entre los periodos 1961-1980 y 1981-2004.

Tabla 16. Valores de ICP anual excedente en la Región de O'Higgins.

Periodos	1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>F (X) = (1 - 1/T)</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Est. Rancagua Endesa	-	-	-	39,99	41,91	43,28
Est. Coltauco	-	-	-	50,59	53,39	55,38
Est. Popeta	-	-	-	38,05	39,78	41,01
Est. Las Nieves Central	-	-	-	39,14	40,98	42,29
Est. Rengo	-	-	-	38,29	40,04	41,29
Est. San Fernando	-	-	-	40,08	41,95	43,27
Est. Viña Vieja	-	-	-	40,15	41,93	43,19
Est. Millahue	-	-	-	43,46	45,43	46,82
Est. Pichidegua	-	-	-	40,01	41,89	43,23
Est. La Rufina	41,48	43,58	45,07	39,05	41,01	42,39
Est. Convento Viejo	-	-	-	39,27	41,18	42,52
Est. La Candelaria	-	-	-	42,15	44,34	45,89
Est. Cocalán	-	-	-	41,58	43,61	45,04
Est. Litueche	-	-	-	45,61	48,00	49,69
Est. Rapel	52,29	55,22	57,29	45,44	47,76	49,40
Est. Pichilemu	-	-	-	44,34	46,89	48,70
Est. Nilahue Barahona	-	-	-	42,06	44,38	46,02



 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del Índice de Concentración de las Precipitaciones asociado a un periodo de retorno dado.


 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del Índice de Concentración de las Precipitaciones asociado a un periodo de retorno dado.


La tabla anterior muestra que las estaciones La Rufina y Rapel, poseen más de un periodo de ajuste, presentan una tendencia a la disminución de las probabilidades de exceder el valor del Índice de Concentración de Precipitaciones asociado a los periodos de retorno.

Es relevante mencionar que, del total de diecisiete estaciones a las cuales se les aplicó el ajuste a la Función de Distribución de Gumbel, quince poseen sólo un período, ajustado, que es el más reciente. Estas estaciones son Rancagua Endesa, Coltauco, Popeta, Las Nieves Central, Rengo, San Fernando, Viña Vieja, Millahue, Pichidegua, Convento Viejo, La Candelaria, Cocalán, Litueche, Pichilemu y Nilahue Barahona.

Tabla 17. Valores del IF anual excedente en la Región de O'Higgins.

Periodos	1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>F (X) = ( 1- 1/T)</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Rancagua Endesa				325,86	355,74	376,89
Coltauco	-	-	-	696,76	762,19	808,49
Popeta	-	-	-	467,36	510,97	541,83
Las Nieves Central	-	-	-	513,24	559,06	591,49
Rengo	-	-	-	389,92	425,57	450,79
San Fernando	-	-	-	614,66	671,68	712,04
Viña Vieja	-	-	-	518,6	566,26	600
Millahue	-	-	-	644,5	702,38	743,35
Pichidegua	-	-	-	367,28	399,79	422,79
La Rufina	510,09	551,75	581,23	596,99	649,18	686,12
Convento Viejo	-	-	-	442,53	482,61	510,98
La Candelaria	-	-	-	505,17	550,27	582,19
Cocalán	-	-	-	351,3	382,57	404,71
Litueche	-	-	-	551,89	601,59	636,77
Rapel	375,8	408,44	431,54	411,78	448,48	474,45
Pichilemu	-	-	-	313,73	341,7	361,51
Nilahue Barahona	-	-	-	302,22	329,12	348,16


 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del IF asociado a un periodo de retorno dado.


 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del IF asociado a un periodo de retorno dado.

Las estaciones La Rufina y Rapel presentan una tendencia al aumento en la probabilidad de exceder el valor del Índice de Fournier para un determinado periodo de retorno (50, 75, 100). Con respecto a las estaciones Rancagua Endesa, Coltauco, Popeta, Las Nieves central, Rengo, San Fernando, Viña Vieja, Millahue, Pichidegua, Convento Viejo, La Candelaria, Cocalan, Litueche, Pichilemu y Nilahue Barahona, no se puede hacer ninguna inferencia, ya que éstas poseen sólo un periodo ajustado.

Tabla 18. Valores del IMF anual excedente en la Región de O'Higgins.

Periodos	1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100
<b>Periodos de Retorno</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>F (X) = ( 1- 1/T)</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,987</b>	<b>0,99</b>
Rancagua Endesa				447,36	485,92	513,22
Coltauco	-	-	-	878,07	956,5	1012,01
Popeta	-	-	-	609,64	662,85	700,5
Las Nieves Central	-	-	-	701,16	759,56	800,9
Rengo	-	-	-	507,33	550,16	580,48
San Fernando	-	-	-	788,02	857,29	906,31
Viña Vieja	-	-	-	692,95	752,06	793,9
Millahue	-	-	-	843,91	915,05	965,41
Pichidegua	-	-	-	554,09	601,09	634,35
La Rufina	798,63	860,85	904,89	870,58	941,11	991,03
Convento Viejo	-	-	-	606,79	658,14	694,48
La Candelaria	-	-	-	730,36	792,03	835,68
Cocalán	-	-	-	511	554,07	584,55
Litueche	-	-	-	724,23	785,26	828,45
Rapel	527,63	571,04	601,76	569,95	618,27	652,46
Pichilemu	-	-	-	435,21	471,1	496,49
Ñilhue Barahona	-	-	-	442,81	479,44	505,37


 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del IMF asociado a un periodo de retorno dado.


 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del IMF asociado a un periodo de retorno dado.

Al igual que en el IF, las estaciones La Rufina y Rapel poseen una tendencia al aumento de las probabilidades de exceder el valor del Índice Modificado Fournier para 50, 75 y 100 años. En tanto, las estaciones Rancagua Endesa, Coltauco, Popeta, Las Nieves central, Rengo, San Fernando, Viña Vieja, Millahue, Pichidegua, Convento Viejo, La Candelaria, Cocalán, Litueche, Pichilemu y Nilahue Barahona, no permiten hacer ninguna inferencia, ya que estas poseen un sólo periodo ajustado.

Tabla 19. Valores del IMFM anual excedente en la Región de O'Higgins.

Periodos	1961-1980			1981-2004		
	50	75	100	50	75	100
Periodos de Retorno	50	75	100	50	75	100
$F(X) = (1 - 1/T)$	0,98	0,987	0,99	0,98	0,987	0,99
Coltauco	-	-	-	2824,23	3071,99	3247,36
Popeta	-	-	-	2151,37	2329,77	2456,03
Las Nieves Central	-	-	-	2677,59	2893,9	3047
Rengo	-	-	-	1751,77	1889,59	1987,13
San Fernando	-	-	-	2672,95	2898,59	3058,28
Viña Vieja	-	-	-	2446,62	2648,45	2791,3
Millahue	-	-	-	2819,52	3048,9	3211,24
Pichidegua	-	-	-	2158,14	2339,51	2467,87
La Rufina	3603,25	3891,68	4095,82	3663,26	3956,76	4164,49
Convento Viejo	-	-	-	2305,58	2495,47	2629,87
La Candelaria	-	-	-	2884,99	3126,17	3296,87
Cocalán	-	-	-	1997,62	2164,81	2283,15
Litueche	-	-	-	2512,48	2717,96	2863,4
Rapel	1936,51	2094,14	2205,7	2111,68	2289,49	2415,33
Pichilemu	-	-	-	1696,74	1832,27	1928,19
Ñlahue Barahona	-	-	-	1778,43	1921,26	2022,35

 Tendencia al aumento de la probabilidad de exceder el valor del IMFM asociado a un periodo de retorno dado.

 Tendencia a la disminución de la probabilidad de exceder el valor del IMFM asociado a un periodo de retorno dado.

Finalmente, la probabilidad de exceder el valor del IMFM para 50, 75 y 100 años de período de retorno, en las estaciones La Rufina y Rapel muestra una tendencia al aumento; en cuanto a las quince estaciones restantes, no es posible establecer tendencia alguna, ya que como se ha dicho anteriormente, el único periodo de ajuste que poseen no lo permite.

## 7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1.- Análisis del comportamiento temporal de las precipitaciones y los Índices utilizados

La tendencia temporal mostrada por las estaciones de la Región Metropolitana y la Región de O'Higgins se muestra a continuación en las tablas 20 y 21 respectivamente, donde los signos positivos (+) determinan una tendencia al aumento y los signos negativos (-) una tendencia a la baja, para los valores de precipitación anual y para los Índices analizados.

#### i) Región Metropolitana

Tabla 20. Resumen de las tendencias de precipitación para la R. Metropolitana.

Estación	Periodo de registro	Tendencia Pp	Tendencia ICP	Tendencia IF	Tendencia IMF	Tendencia IMFM
Embalse el Yeso	1962-2004	+	+	+	+	+
San Gabriel	1977-2004	-	+	+	-	-
San José Reten	1971-2004	-	-	-	-	-
Pirque	1967-2004	-	-	-	-	+
Cerro Calán	1975-2004	-	+	+	+	+
Antupirén	1979-2004	-	-	-	-	-
Ramón Quebrada	1980-2004	+	-	-	+	+
Terrazas Ofic. Cen. D.G.A.	1960-2004	+	-	+	+	+
Rincón de los Valles	1957-2004	+	-	+	+	+
Caleu	1957-2004	+	+	+	+	+
Runge Embalse	1943-2004	+	-	+	+	+
Til - Til	1943-1972	+	+	+	+	+
Carmen de la Rosas	1930-2004	-	+	+	+	+
Melipilla	1971-2004	-	-	-	-	+
Los Panguiles	1981-2004	+	-	+	+	+
Villa Alhué	1979-2004	-	+	-	-	-



## ii) Región de O'Higgins

Tabla 21. Resumen de las tendencias de precipitación para la R. de O'Higgins.

Estación	Periodo de registro	Tendencia Pp	Tendencia ICP	Tendencia IF	Tendencia IMF	Tendencia IMFM
Rancagua Endesa	1978-2004	-	-	-	-	-
Coltauco	1978-2004	-	+	-	-	-
Popeta	1970-2004	-	-	-	-	-
Las Nieves Central	1970-2004	-	+	-	-	-
Rengo	1971-2004	-	-	-	-	-
San Fernando	1971-2004	-	-	-	-	-
Viña Vieja	1960-2003	+	+	+	+	+
Millahue	1972-2004	+	-	+	+	+
Pichidegua	1974-2004	+	+	+	+	+
La Rufina	1960-2004	+	-	+	+	+
Convento Viejo	1971-2004	-	-	-	-	-
La Candelaria	1974-1972	-	+	-	-	-
Cocalán	1978-2004	-	-	-	-	-
Litueche	1979-2004	-	+	+	+	-
Rapel	1960-2004	+	-	+	+	+
Pichilemu	1980-2004	-	+	+	+	-
El Membrillo	1981-2004	+	+	+	+	+
Ranguili	1981-2004	-	+	+	-	-
La palma	1981-2004	-	+	+	+	-
Ñlahue Barahona	1969-2004	-	+	-	-	-

## 7.2.- Tendencias de las precipitaciones

A través de los promedios móviles se pudo establecer la tendencia de las estaciones estudiadas en la Región Metropolitana y en la Región de O'Higgins. Lo anterior, se basó en un aumento o disminución de los valores de precipitación.

Es importante destacar, que ambas regiones en estudio presentaron valores de precipitación anual altamente variables, con valores que van desde 296,6 mm anuales, hasta 650,8 mm anuales en la Región Metropolitana y valores desde 452,2 mm anuales, hasta 1116,9 mm anuales en la Región de O'Higgins. La alta variación, indica que estas

regiones poseen un clima muy variable, siendo esto más evidente en la Región de O'Higgins.

Luego, en base a la información entregada por los promedios móviles de las precipitaciones, se observó que 8 de las 16 estaciones estudiadas en la R. Metropolitana presentan una tendencia al aumento en la precipitación anual, mientras que las 8 restantes muestran una tendencia a la disminución.

En cuanto a las tendencias al aumento de las precipitaciones anuales, las tendencias de la R. de O'Higgins disminuyen en un 20 % con respecto a la región anterior, presentando sólo 6 de las 20 estaciones con una tendencia al aumento; luego, las 14 estaciones restantes presenta una clara tendencia a la disminución de las precipitaciones anuales. De lo anterior, se puede inferir que la Región muestra en general una tendencia evidente a la disminución de las precipitaciones anuales de acuerdo al número de estaciones que presentan esta condición.

Al realizar el análisis de acuerdo a las series, con una longitud de datos mayor a 40 años, 6 de las 16 estaciones de la Región Metropolitana presentaron esta condición, de donde se pudo observar que 5 de éstas muestran una tendencia al aumento, mientras que sólo 1 presenta una tendencia a la disminución. Por otro lado, la Región de O'Higgins sólo posee 2 estaciones de un total de 20 con una longitud de serie mayor a 40 años y ambas presentan tendencia al aumento. De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que la mayoría de las estaciones que presentan tendencia a la disminución poseen series de longitud de datos menor a los 40 años. Finalmente, el comportamiento de las tendencias (aumento o a la disminución de las precipitaciones anuales) pareciera estar claramente influenciado por la longitud de las series.

Al relacionar las tendencias con la ubicación espacial de las estaciones de ambas regiones, se obtuvo que con respecto a aquellas ubicadas en la Precordillera Andina de la Región Metropolitana y de O'Higgins, la mayoría muestran una tendencia a la disminución, (4 de las 5 y 3 de las 4 respectivamente). En relación a las estaciones ubicadas en la Depresión Intermedia, 5 de 6 estaciones de la Región Metropolitana

presentan una tendencia al aumento, mientras que en la Región de O'Higgins 5 de 8 estaciones presentan una tendencia a la disminución. Finalmente y en lo que respecta a las estaciones ubicadas en la Cordillera de la Costa, 3 de 5 estaciones de la Región Metropolitana y 5 de 7 de la Región de O'Higgins, muestran una tendencia a la baja. De lo anterior se deduce que las estaciones ubicadas en la Precordillera Andina y Cordillera de la Costa, son las que se ven más afectadas en la tendencia de los montos de precipitación anual.

A continuación en la figura 11, se muestran las estaciones de la R. Metropolitana y R. de O'Higgins que presentan tendencias de precipitación según los Promedios Móviles.

Figura 11, mapa con la ubicación de las estaciones con tendencia al aumento o disminución de la precipitación en la R. Metropolitana y en la R. de O'Higgins.



Para hacer más fácil la diferenciación de las tendencias de las estaciones, se le asignó un color determinado a cada tendencia, es decir tendencia al aumento y tendencia a la disminución.

Otro punto importante a analizar en este contexto, son los valores promedio de precipitación que aumentan o disminuyen en la Región Metropolitana y en la Región de O'Higgins. Estos valores se muestran por décadas en las tablas 22 y 23, para cada Región, respectivamente.

### i) Región Metropolitana

Tabla 22. Promedios de precipitación para las décadas '60, '70, '80, '90.

Estación	Precipitación				
	60 - 69	70 - 79	80 - 89	90 - 99	00 - 05
Embalse el Yeso	459,50 *	421,93 *	697,36	547,56	846,82 *
San Gabriel		640,90 *	739,49	544,28	700,10 *
San José Reten		612,31 *	595,86	465,25	532,88 *
Pirque		431,65 *	524,59 *	416,03	526,54 *
Cerro Calan		386,10 *	489,47	384,31	504,32 *
Antupiren			498,66	398,69	529,53 *
Ramón Quebrada			391,86 *	329,89 *	452,01 *
Terrazas Ofic. Cen. D.G.A.	260,98 *	309,65	364,07	310,61	417,32 *
Rincón de los Valles	247,44	263,70 *	379,81	253,09	376,65 *
Caleu	514,16 *	508,79 *	731,54	554,03	515,16 *
Rungue Embalse	302,34	348,16	475,90	350,70	473,58 *
Til - Til	312,10 *				
Carmen de la Rosas	370,03 *	452,16 *	517,63 *	334,40 *	504,90 *
Melipilla		373,78 *	419,33	351,32	457,18 *
Los Panguiles			382,83 *	310,26	425,38 *
Villa Alhue			570,47	431,73	546,13 *
<b>Promedio</b>	<b>352</b>	<b>432</b>	<b>519</b>	<b>399</b>	<b>521</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>22</b>

(\*) Valores de la década, calculados con menos de 10 datos.

## ii) Región de O'Higgins

Tabla 23. Promedios de precipitación para las décadas '60, '70, '80, '90.

Estación	Precipitación				
	60 - 69	70 - 79	80 - 89	90 - 99	00 - 05
Rancagua Endesa			480,9	401,8	515,4 *
Coltauco			732,2	579,8	722,1 *
Popeta		620,3	692,7	549,5	631,4 *
Las Nieves Central		835,7 *	882,2	733,1	906,7 *
Rengo		555,2 *	586,0	530,5 *	588,1 *
San Fernando		850,6 *	773,7	648,8	888,5 *
Viña Vieja	464,5	594,6 *	650,3	555,2	851,4 *
Millahue		532,2 *	830,7	707,5	868,8 *
Pichidegua		526,1 *	605,1	502,7	672,1 *
La Rufina	1008,7	1161,2	1174,0	1092,1	1180,3 *
Convento Viejo		803,2 *	718,6	631,6	774,5 *
La Candelaria		898,5 *	912,6	703,2	892,6 *
Cocalan			593,0	485,0	592,4 *
Litueche			770,8	633,0	850,1 *
Rapel	516,2	583,6 *	601,3	488,0	659,2 *
Pichilemu			575,1 *	442,5	594,0 *
El Membrillo			734,6 *	665,2	829,1 *
Ranguili			772,8 *	627,1	762,0 *
La palma			668,4 *	613,2	684,1 *
Nilahue Barahona		765,6 *	582,4 *	501,6	650,4 *
<b>Promedio</b>	<b>663</b>	<b>727</b>	<b>717</b>	<b>605</b>	<b>756</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>45</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>21</b>

(\*) Valores de la década, calculados con menos de 10 datos.

De estas tablas se puede apreciar que en la Región metropolitana la década que presenta los valores más bajos de precipitación es la década del '60, aumentando progresivamente en las décadas '70 y '80. Luego, en la Región de O'Higgins la década que mostró los valores más bajos fue la del '90, siguiéndole en aumento las décadas '60, '80 y '70. Asimismo, es interesante observar que en los últimos 5 años de la presente década, los valores de precipitación media han superado al resto de las décadas mostrando una clara tendencia al aumento.

De acuerdo a lo anterior, se hace interesante analizar las décadas de los '80 y '90, ya que son las que presentan la mayor cantidad de datos anuales completos, lo que

asegura obtener información altamente consistente. Otro punto interesante que justifica su estudio es que en la década del '80 los promedios tienden a aumentar; sin embargo, en la del '90 se aprecia la existencia de un descenso en los valores promedio de precipitación.

Así, la disminución promedio entre la década del '80 y la del '90 es de un 23,1 % en la Región Metropolitana y de un 15,6 % en la Región de O'Higgins; y entre la década del '70 y '80 es de un 1,4 % de disminución sólo en la Región de O'Higgins, ya que, la R. Metropolitana muestra una tendencia al aumento sostenido de su valor promedio de precipitación en éstas décadas.

Por otra parte el aumento promedio entre la década del '60 y '70 es de un 18,5 % en la Región Metropolitana y de un 8,8 % en la Región de O'Higgins; y entre la década del '70 y '80 es de un 16,8 % para la Región Metropolitana.

Finalmente, en los últimos 5 años el aumento con respecto a la década '90 es de un 23,4 % en la Región Metropolitana y de un 20 % en la Región de O'Higgins.

### **7.3.- Análisis de los Índices utilizados en el estudio**

#### **7.3.1.- Índice de Concentración de las Precipitaciones**

Al analizar las tendencias de la concentración de precipitación de ambas regiones en estudio, se pudo establecer que las estaciones ubicadas en la Precordillera Andina y Depresión Intermedia de la Región Metropolitana muestran en su mayoría una tendencia a la disminución de los valores del Índice de Concentración de precipitaciones, mientras que en la Cordillera de la Costa la tendencia es hacia el aumento del ICP.

En la Región de O'Higgins las estaciones ubicadas en la Precordillera Andina y Cordillera de la Costa presentan en casi la totalidad una tendencia al aumento del ICP;

luego, en la Depresión Intermedia la mitad de las estaciones muestra una tendencia al aumento y la otra mitad hacia la disminución.

Por otra parte, en general el Índice de Concentración de precipitaciones, presenta valores relativamente bajos y homogéneos en ambas regiones, entre 23 % y 33 % en la Región Metropolitana y entre un 22 % y 29 % en la Región de O'Higgins, lo que en términos de la concentración de precipitaciones se puede inferir que ésta se ha mantenido relativamente estable en el tiempo, independientemente de su tendencia (ver apéndice II). Por tanto no es posible establecer que la distribución de las precipitaciones anuales ha sufrido algún cambio significativo.

Luego y de acuerdo al ICP promedio correspondiente a un 28 % en la Región Metropolitana y a un 25 % en la Región de O'Higgins, se puede establecer que ambas regiones poseen un comportamiento de precipitación *Altamente Estacional*, según la clasificación propuesta por CAZALAC (2005).

### 7.3.2.- Índice de Fournier

De acuerdo al comportamiento espacial del Índice de Fournier en la Región Metropolitana, se pudo visualizar que los valores promedio más altos de agresividad climática se presentan en la Precordillera Andina y en la Depresión Intermedia (IF promedio de 119 y 118 respectivamente), en tanto en la Región de O'Higgins, se pudo observar que los valores más altos del Índice de Fournier promedio se presentan en la Precordillera Andina, Depresión Intermedia y levemente inferior en la Cordillera de la Costa (IF promedio de 128, 125 y 116 respectivamente). De acuerdo a la reclasificación del IF basada en la utilizada por CAZALAC (2005), se establece que las precipitaciones en promedio se comportan con una *Agresividad Moderada*.

Por otro lado, al revisar el comportamiento de las tendencias de este indicador (IF), se pudo establecer que 10 de las 16 estaciones mostraron una tendencia al aumento de la agresividad de las precipitaciones en la Región Metropolitana, mientras que en la Región de O'Higgins la mitad de las estaciones tendieron al aumento de la agresividad



y la otra mitad a la disminución de la agresividad. En general los indicadores utilizados para establecer la agresividad de las lluvias, no presentaron una relación clara con las precipitaciones (relación directa o inversa).

Visualizando por zonas, se observó que la mayoría de las estaciones ubicadas en la Depresión Intermedia y Cordillera de la Costa de la Región Metropolitana; y Cordillera de la Costa de la Región de O'Higgins, presentaron una tendencia al incremento en la agresividad de las lluvias, mientras que, en la Precordillera Andina de ambas regiones y en la Depresión Intermedia de la Región de O'Higgins, sus tendencias apuntan a una disminución de la agresividad pluvial.

Finalmente, se pudo verificar que en todas las estaciones analizadas en la Región Metropolitana y en la Región de O'Higgins, los valores anuales del IF son altamente heterogéneos, lo que determina la existencia de una alta variabilidad en términos de la agresividad del clima dentro de estas regiones (ver apéndice III).

### **7.3.3.- Índice Modificado de Fournier**

En cuanto al Índice Modificado de Fournier, se observó que los promedios más altos de agresividad climática se presentan en Precordillera Andina de ambas regiones con valores promedio de 177 y 209 respectivamente, lo que establece que las precipitaciones en la Precordillera Andina de la Región Metropolitana se comportan con una *Baja Agresividad*, en tanto que en la Región de O'Higgins, se verifica una *Moderada Agresividad*.

Luego, en la Depresión Intermedia y Cordillera de la Costa de ambas regiones, las precipitaciones se comportan con una *Baja Agresividad* (IMF de 152 y 143 para la Región Metropolitana; 198 y 194 para la Región de O'Higgins). Al igual que el IF, este Índice fue reclasificado para la zona en estudio en base a la clasificación utilizada por CAZALAC (2005).

Con respecto a las tendencias, se observó que la mayoría de las estaciones de la Región Metropolitana muestran una tendencia al aumento de la Agresividad del Clima, mientras que en la Región de O'Higgins la mayoría de las estaciones presentan una tendencia a la disminución de la agresividad climática.

En este marco, la tendencia mostrada por el IF y el IMF, coincidieron en 14 de las 16 estaciones de la Región Metropolitana y en 17 de las 20 de las estaciones de la Región de O'Higgins. Las diferencias presentadas en la tendencia, se deben a que el IMF incluye los valores de todos los meses de precipitación, mientras que el IF sólo considera el mes de mayor precipitación en el año. Al igual que el IF, este indicador (IMF) tampoco presentó una relación clara con las precipitaciones (relación directa o inversa).

Al igual que en el IF, se pudo observar que en todas las estaciones analizadas en la Región Metropolitana y en la Región de O'Higgins, los valores anuales del IMF son altamente heterogéneos (ver apéndice IV).

#### **7.3.4.- Índice de Fournier Modificado-Maule**

Al analizar el IMF, se pudo establecer que la mayoría de las estaciones de la Región Metropolitana (10 de las 16 estaciones) muestran una tendencia al aumento de las precipitaciones por sobre su media. Por otro lado la mayoría de las estaciones de la Región de O'Higgins (14 de las 20 estaciones), presentaron una tendencia a la disminución de las precipitaciones por sobre su media.

La tendencia al aumento de las precipitaciones se observó principalmente en las estaciones ubicadas en la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa de la Región Metropolitana. Asimismo, la tendencia a la disminución de las precipitaciones, se presentó en la Precordillera Andina, depresión intermedia y cordillera de la Costa de la Región de O'Higgins.

## 7.4.- Relación de las precipitaciones con los Índices en estudio

### 7.4.1.- Relación del ICP en función de las precipitaciones

Al analizar las gráficas del Índice de Concentración de las Precipitaciones en función de las precipitaciones, se observó que la mayoría de las estaciones de ambas regiones muestran una relación directa entre ambos, lo cual indica que a medida que aumentan las precipitaciones, tienden a concentrarse en una menor cantidad de meses. En las estaciones Ramón Quebrada y Til Til en la Región Metropolitana y las estaciones Millahue y La Rufina en la Región de O'Higgins, esta relación es inversamente proporcional, es decir a medida que aumentan las precipitaciones, éstas tienden a desconcentrarse, o dicho de otra forma, se concentran en una mayor cantidad de meses.

A modo de ejemplo, sólo se presentará una estación por Región, para hacer más comprensible el análisis de la relación de la precipitación y los índices.

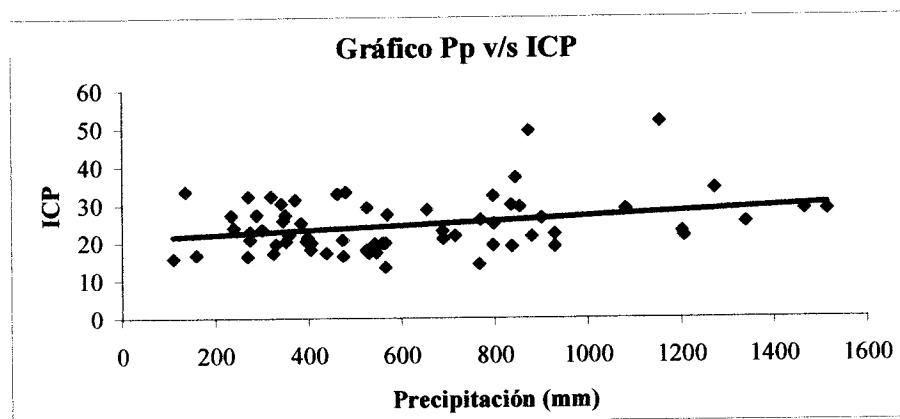


Figura 12. Precipitación anual v/s ICP de la estación Yeso Embalse, R. Metropolitana.

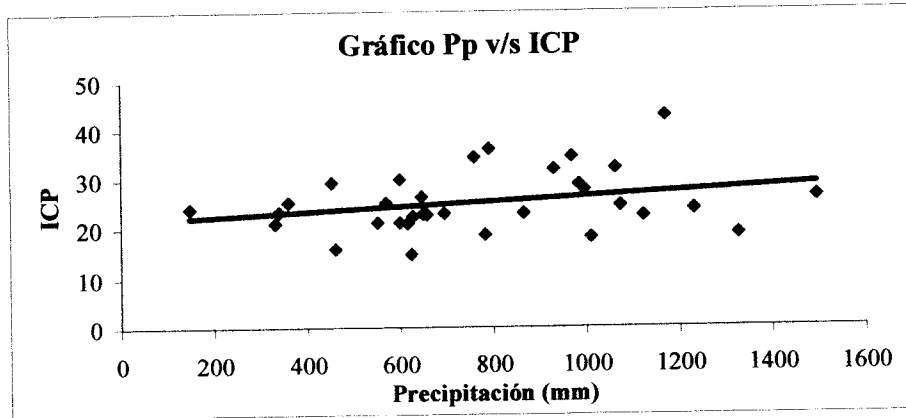


Figura 13. Precipitación anual v/s ICP de la estación San Fernando, R. de O'Higgins.

#### 7.4.2.- Relación del IF como función de las Precipitaciones

Por otro lado, las gráficas que se presentan en las figuras 14 y 15, muestran el comportamiento del IF con respecto a las precipitaciones, de donde se observó que la mayoría de las estaciones de ambas regiones, muestran que al aumentar sus precipitaciones, se incrementa también su agresividad. Lo anterior indica claramente una relación directamente proporcional entre los montos de precipitación caído y su agresividad.

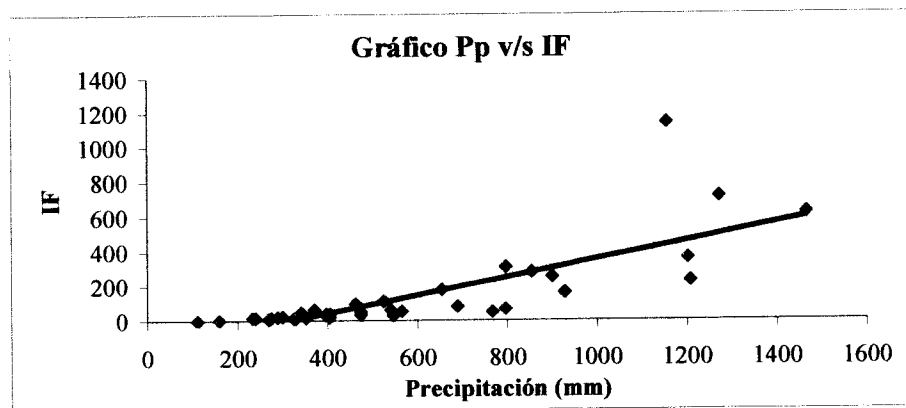


Figura 14. Precipitación anual v/s IF de la estación Yeso Embalse, R. Metropolitana.

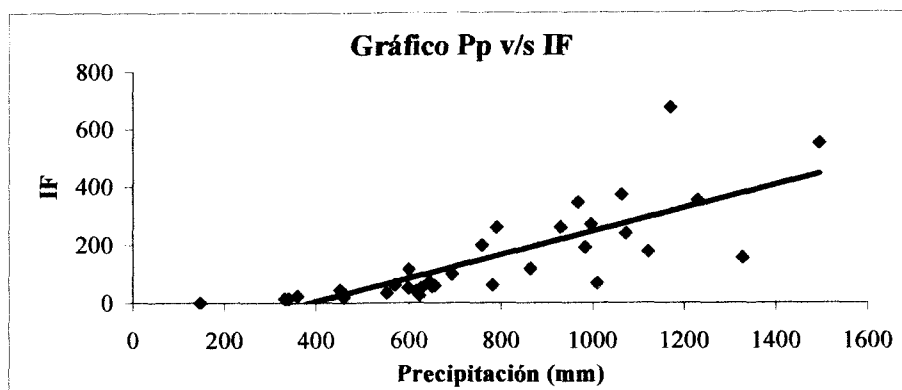


Figura 15. Precipitación anual v/s IF de la estación San Fernando, R. de O'Higgins.

#### 7.4.3.- Relación del IMF como función de las Precipitaciones

Al igual que en el Índice de Fournier, se pudo observar que el IMF también posee una evidente relación directa con las precipitaciones anuales; por tanto y al igual que el IF, cuando las precipitaciones aumentan, su agresividad también aumenta. La tendencia anterior se repite en la totalidad de las estaciones de ambas regiones.

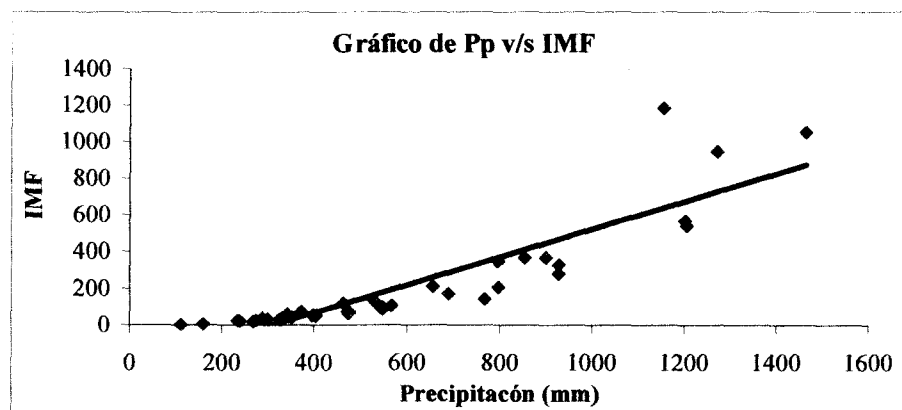


Figura 16. Precipitación anual v/s IMF de la estación Yeso Embalse, R. Metropolitana.

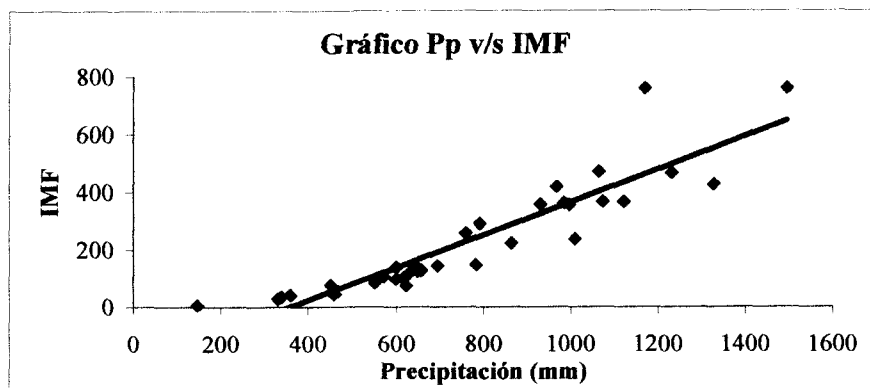


Figura 17. Precipitación anual v/s IMF de la estación San Fernando, R. de O'Higgins.

#### 7.4.4.- Relación del IMFM como función de las Precipitaciones

Finalmente se presentan a continuación las figuras 18 y 19 en las que se observa que existe una relación potencial entre el monto de las precipitaciones y su variación con respecto a su media. Esta particularidad se repite en la totalidad de las estaciones en estudio en ambas regiones, es decir que a medida que aumenta la precipitación, aumenta también el IMFM, lo que se ve expresado a través de una línea de tendencia potencial positiva.

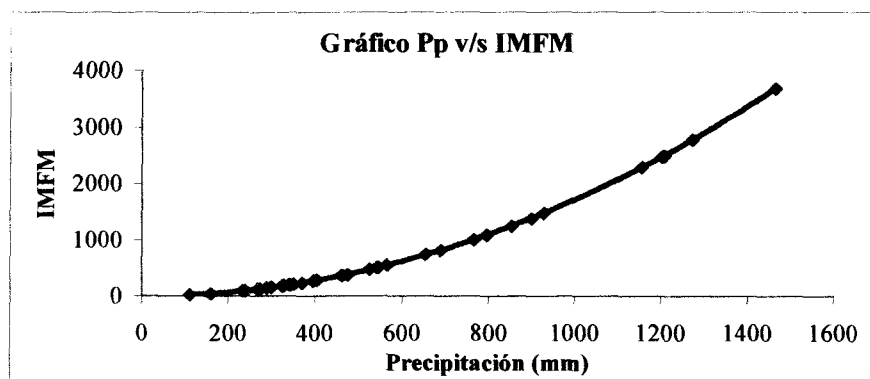


Figura 18. Precipitación anual v/s IMFM, estación Yeso Embalse, R. Metropolitana.

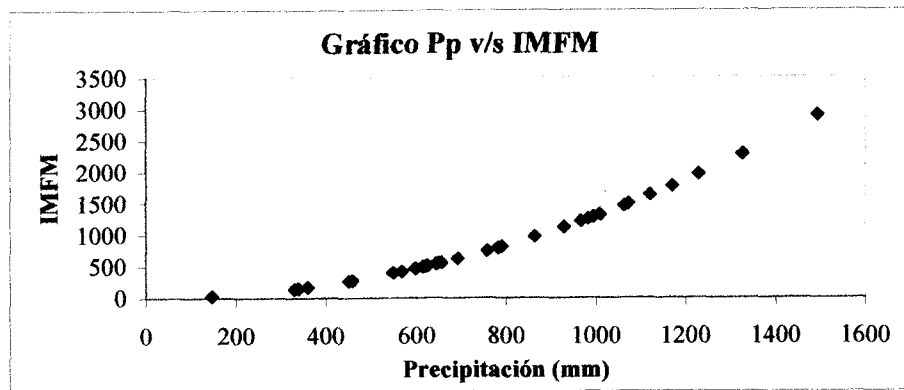


Figura 19. Precipitación anual v/s IMFM, estación San Fernando, R. de O'Higgins.

### 7.5.- Periodos con mayor influencia en las tendencias de las precipitaciones

De los valores de probabilidad de excedencia expuestos anteriormente en las tablas 10 y 11, para las dos regiones en estudio, se pudo establecer que para la R. Metropolitana existen diferencias en las probabilidades de excedencia entre los periodos 1941-1960, 1961-1980 y 1981-2004, en 6 de las 14 estaciones, con una tendencia clara hacia el aumento de la probabilidad de exceder los valores anuales de precipitación. Mientras tanto, en las estaciones restantes no se pudo verificar tendencia alguna, ya que solamente poseen valores de probabilidad de excedencia en un solo periodo, lo que no permite hacer la comparación entre períodos.

En la R. de O'Higgins, sólo 2 de las 20 estaciones presentaron diferencias en las probabilidades de excedencia en los períodos 1961-1980 y 1981-2004, cuya tendencia es a la disminución de la probabilidad de exceder los valores anuales de precipitación, dado un determinado periodo de retorno. Las 18 estaciones restantes no permiten inferir tendencias, debido a que solamente presentan valores de probabilidad en un solo período.

Finalmente, ambas regiones presentan tendencias diferentes en la probabilidad de exceder los valores anuales de precipitación; mientras la R. Metropolitana muestra en el total de estaciones con más un período de análisis, una tendencia al aumento en las

probabilidades de exceder el valor de precipitación anual, la R. de O'Higgins muestra una tendencia a la disminución.

De los promedios de precipitación vistos en las tablas 22 y 23, se puede observar que se hace interesante analizar las décadas de los '80 y '90, debido a que en la década del '80 los promedios tienden a aumentar; sin embargo, en la del '90 se aprecia la existencia de un descenso en los valores promedio de precipitación, que en algunas estaciones es muy brusco.

### 7.5.1.- Influencia de la década del '80 en la tendencia de las precipitaciones

Los valores presentados en las tablas 22 y 23 permiten inferir que la década de los '80 puede ser de gran influencia en las tendencias de las precipitaciones, debido a que a partir de este momento, la línea de tendencia comienza a ascender de manera abrupta en algunas estaciones de las regiones en estudio.

A continuación en las tablas 24 y 25 se muestra el análisis de las tendencias de la R. Metropolitana y de la R. de O'Higgins, sin considerar la década del '80, como una manera de evaluar su influencia.

#### i) Región Metropolitana

Tabla 24. Valores de la pendiente, para la serie de datos completos y serie sin la década de los '80.

Estación	Periodo de registro	Pendiente con la serie completa	Pendiente sin la década de los '80	Variación de la tendencia
Embalse el Yeso	1962-2004	9,18	9,42	No
San Gabriel	1977-2004	-5,74	13,29	Sí
San José Reten	1971-2004	-5,49	-3,29	No
Pirque	1967-2004	-0,63	2,32	Sí
Cerro Calán	1975-2004	-0,11	3,51	Sí
Antupirén	1979-2004	-2,63	10,43	Sí
Ramón Quebrada	1980-2004	2,29	17,85	No
Terrazas Ofic. Cen. D.G.A.	1960-2004	2,53	2,45	No
Rincón de los Valles	1957-2004	1,81	1,36	No
Caleu	1957-2004	1,71	1,57	No



Runge Embalse	1943-2004	3,15	2,53	No
Carmen de la Rosas	1930-2004	-0,43	-0,94	No
Melipilla	1971-2004	-0,27	2,42	Sí
Los Panguiles	1981-2004	0,45	11,83	No
Villa Alhué	1979-2004	-6,57	10,1	Sí

## ii) Región de O'Higgins

Tabla 25. Valores de la pendiente, para la serie de datos completos y serie sin la década de los '80.

Estación	Periodo de registro	Pendiente con la serie completa	Pendiente sin la década de los '80	Variación de la tendencia
Rancagua Endesa	1978-2004	-1,76	10,39	Sí
Coltauco	1978-2004	-5,09	13,71	Sí
Popeta	1970-2004	-3,54	-1,12	No
Las Nieves Central	1970-2004	-5,62	-1,27	No
Rengo	1971-2004	-0,68	0,53	Sí
San Fernando	1971-2004	-3,17	-1,21	No
Viña Vieja	1960-2003	4,10	4,21	No
Míllahue	1972-2004	4,51	9,94	No
Pichidegua	1974-2004	1,05	5,28	No
La Rufina	1960-2004	1,52	1,91	No
Convento Viejo	1971-2004	-3,88	-2,31	No
La Candelaria	1974-1972	-7,79	-2,56	No
Cocalán	1978-2004	-3,60	13,04	Sí
Litueche	1979-2004	-1,46	24,02	Sí
Rapel	1960-2004	0,46	0,49	No
Pichilemu	1980-2004	-2,29	15,21	Sí
El Membrillo	1981-2004	2,99	14,80	No
Ranguili	1981-2004	-3,27	12,79	Sí
La palma	1981-2004	-1,35	2,20	Sí
Nilahue Barahona	1969-2004	-6,69	-6,52	No

De las tablas anteriores se pudo observar que en 6 de las 15 estaciones analizadas en la R. Metropolitana y en 8 de las 20 estaciones de la R. de O'Higgins, se evidenció un cambio en la tendencia de sus precipitaciones anuales, como resultado de la extracción de la década de los '80. Mientras que, la mayoría de las estaciones de ambas regiones, no sufrió un cambio en la tendencia de las precipitaciones al suprimir la década del '80.

Es conveniente aclarar que en la R. Metropolitana, fue eliminada del análisis por décadas, la estación Til-Til, ya que posee un período de registro desde 1943 a 1972.

A pesar de que algunas estaciones no muestran cambios en las tendencias de precipitación anual, el valor de la pendiente sí experimenta variaciones que en algunos casos pueden ser bastante altos. Este es el caso de las estaciones Ramón Quebrada y Los Panguiles en la R. Metropolitana y las estaciones Millahue, La Candelaria y El Membrillo en la R. de O'Higgins.

Finalmente y de acuerdo a los valores porcentuales obtenidos de ambas regiones en cuanto a las estaciones (6 y 8 respectivamente), que mostraron un cambio en la tendencia de las precipitaciones en la década de los '80, se observó claramente que es ésta década la que más influye en las tendencias de las precipitaciones.

Lo anterior se establece, a pesar de que los valores de precipitación promedio son más altos en la década de los '70 en la Región de O'Higgins, lo que podría influir en un cambio en la tendencia de las precipitaciones en esta Región; pero, debido a que esta década presenta el menor número de estaciones con información y que además, la mayoría de éstas décadas se encuentran incompletas en su información, no se puede realizar inferencia alguna acerca de su influencia en el cambio de tendencia.

#### **7.5.2.- Influencia de la década del '90 en la tendencia de las precipitaciones**

Al revisar los valores de las tablas 26 y 27, se pudo verificar que el número de estaciones que sufren cambios en las tendencias de precipitación, disminuyen al extraer

la década de los '90; ésto se refleja claramente en los porcentajes obtenidos, donde la R. Metropolitana presentó sólo 4 de las 14 estaciones con cambios en su tendencia y la R. de O'Higgins sólo 3 de las 20 estaciones. En tanto, 10 de las estaciones de la R. Metropolitana y 17 estaciones de la R. de O'Higgins no presentaron cambios.

En general, la influencia de ambas décadas ('80 y '90), en el cambio de la tendencias de algunas estaciones al suprimir cualquiera de las dos, afecta principalmente a aquellas que tienen tendencia a la disminución de los valores de precipitación de la serie completa.

### i) Región Metropolitana

Tabla 26. Valores de la pendiente, para la serie de datos completas y serie sin la década de los '90.

Estación	Periodo de registro	Pendiente con la serie completa	Pendiente sin la década de los '90	Variación de la tendencia
Embalse el Yeso	1962-2004	9,18	13,34	No
San Gabriel	1977-2004	-5,74	-3,05	No
San José Reten	1971-2004	-5,49	-2,95	No
Pirque	1967-2004	-0,63	1,22	Sí
Cerro Calán	1975-2004	-0,11	2,01	Sí
Antupirén	1979-2004	-2,63	-0,62	No
Ramón Quebrada	1980-2004	2,29	1,72	No
Terrazas Ofic. Cen. D.G.A.	1960-2004	2,53	3,91	No
Rincón de los Valles	1957-2004	1,81	3,57	No
Caleu	1957-2004	1,71	2,27	No
Runge Embalse	1943-2004	3,15	4,51	No
Carmen de la Rosas	1930-2004	-0,43	0,38	Sí
Melipilla	1971-2004	-0,27	1,12	Sí
Los Panguiles	1981-2004	0,45	1,16	No
Villa Alhué	1979-2004	-6,57	-5,32	No

## ii) Región de O'Higgins

Tabla 27. Valores de la pendiente, para la serie de datos completas y serie sin la década de los '90.

Estación	Periodo de registro	Pendiente con la serie completa	Pendiente sin la década de los '90	Variación de la tendencia
Rancagua Endesa	1978-2004	-1,76	-0,88	No
Coltauco	1978-2004	-5,09	-3,18	No
Popeta	1970-2004	-3,54	-1,67	No
Las Nieves Central	1970-2004	-5,62	-2,98	No
Rengo	1971-2004	-0,68	-0,32	No
San Fernando	1971-2004	-3,17	0,78	Sí
Viña Vieja	1960-2003	4,10	7,29	No
Millahue	1972-2004	4,51	7,51	No
Pichidegua	1974-2004	1,05	3,80	No
La Rufina	1960-2004	1,52	2,96	No
Convento Viejo	1971-2004	-3,88	-1,27	No
La Candelaria	1974-1972	-7,79	-3,59	No
Cocalán	1978-2004	-3,60	-2,77	No
Litueche	1979-2004	-1,46	0,16	Sí
Rapel	1960-2004	0,46	2,90	No
Pichilemu	1980-2004	-2,29	-1,47	No
El Membrillo	1981-2004	2,99	4,05	No
Ranguili	1981-2004	-3,27	-2,40	No
La palma	1981-2004	-1,35	0,99	Sí
Nilahue Barahona	1969-2004	-6,69	-4,37	No

Las estaciones que mostraron las mayores variaciones en su pendiente, sin producirse un cambio al extraer la década en cuestión, fueron Embalse el Yeso en la R. Metropolitana y La Candelaria, Viña Vieja y Millahue en la R. de O'Higgins. La gran mayoría de las estaciones presentaron diferencias leves de hasta dos puntos.

## 8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1.- Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el estudio de las precipitaciones de las regiones Metropolitana y O'Higgins, es posible plantear las siguientes conclusiones:

- Al revisar los valores de precipitación y ubicación de las estaciones en las regiones en estudio, se observó que las precipitaciones tienden a aumentar latitudinalmente (de Norte a Sur).
- Por su parte, los valores de precipitación mas altos se presentan en la Precordillera Andina, disminuyen progresivamente al pasar a la Depresión Intermedia y vuelven a aumentar nuevamente en la Cordillera de la Costa, lo que se aprecia más claramente en la Región de O'Higgins.
- Con respecto al Índice de concentración de las precipitaciones, se puede concluir que en promedio ambas regiones no superan el 26 %, lo que quiere decir que las precipitaciones tienen un comportamiento *altamente estacional*, el cual no se ha visto afectado por la existencia de ciertas tendencias en su composición anual.
- Además, el ICP evidenció una relación directa con las precipitaciones en la mayoría de las estaciones de ambas regiones, es decir que a medida que las precipitaciones aumentan, aumenta también su concentración.
- Los índices de agresividad pluvial IF e IMF también evidenciaron una relación directa con las precipitaciones en la mayoría de las estaciones de ambas regiones, es decir que a medida que éstas aumentan, aumenta también su agresividad.

- En cuanto al IF y IMF, que indican la agresividad climática o agresividad de las precipitaciones, se concluye que la zona longitudinal que muestra la mayor agresividad es la Precordillera Andina, seguida de la Cordillera de la Costa.
- Del análisis de las tendencias de las precipitaciones, se observó que en la Región de O'Higgins la mayoría de las estaciones presentan una tendencia a la disminución de las precipitaciones, mientras que en la Región Metropolitana las estaciones no mostraron una tendencia clara.
- Al revisar los gráficos y los promedios de precipitación por década, se puede establecer que la década que más influyó en la tendencia de éstas fue la década de los '80, debido a que en esta década las precipitaciones aumentaron bruscamente con respecto a la década anterior. Luego en la década de los '90, se produce un descenso de las precipitaciones, cuya disminución afectó la tendencia general de las precipitaciones anuales.
- En cuanto al Índice Modificado de Fournier-Maule se observó que es el que mejor se relaciona con los montos de precipitación anual, a través del tiempo. Luego, la mayoría de las estaciones de la Región Metropolitana mostraron una tendencia a superar sus promedios anuales de precipitación, mientras que, la mayoría de las estaciones de la Región de O'Higgins, presentaron una tendencia a no superar estos promedios.
- De acuerdo a la fluctuación (aumento o disminución) de las precipitaciones anuales en las distintas décadas estudiadas y por la carencia de información de mayor longitud histórica, se concluye que no es posible señalar que existe una tendencia sostenida hacia la disminución de las precipitaciones.
- Finalmente, son los altos valores de los coeficientes de variación de las precipitaciones y de los índices en estudio, los que permiten concluir que ambas regiones poseen una alta variabilidad climática, lo que podría ser explicado por el clima de transición que tienen estas regiones.

## **8.2.- Recomendaciones**

- Se recomienda el ajuste de las series de datos de precipitación a otras funciones de distribución de probabilidad, tales como la Función de Goodrich y Pearson Tipo III, cuando la función de gumbel utilizada en este estudio, no se ajuste a la serie de datos.
- Se recomienda la instalación de un mayor número de estaciones con una distribución más amplia de manera de contar con una mayor cantidad de información disponible.
- Se recomienda repetir el estudio en ocho o diez años más, para poder contar con una mayor cantidad de datos y analizar si las tendencias de cambios de las precipitaciones y de los índices, se mantienen estables o han variado.
- Es recomendable de igual forma, realizar estudios similares en otras partes del país, con el fin de determinar si las precipitaciones y los índices examinados presentan o no un similar comportamiento.
- Finalmente, se recomienda trabajar índices ligados al comportamiento de temperatura y otras variables climáticas, con el fin de poder identificar de mejor forma las posibles variaciones climáticas en las distintas zonas del país.

## 9.- BIBLIOGRAFÍA

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

**Bedient, P.; Huber, W. 1992.** Hidrology and Foodplain Análisis. 2ª edición. Editorial Addison-Wesley. Estados Unidos. 692p.

**Bown, F. 2004.** Cambios climáticos en la Región de Los Lagos y respuestas recientes del Glaciar Casa Pangué (41°08'S). Tesis de Magíster en Geografía. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 102 p.

**BCN (Biblioteca del Congreso Nacional, Chile). 2005.** Regiones de Chile, regiones Metropolitana y de O'Higgins. Chile. Consultado 20 de Oct. 2005. Disponible en:  
<http://www.bcn.cl/portada.html>

**Cabrera, J. 2000.** El problema del cambio climático. En Actas del seminario: El mercado del carbono realidad y perspectivas. (en línea). Valdivia. Chile. Consultado 22 de Oct. 2004. Disponible en:  
<http://www.uach.cl/procarbono/Documentos/actas%20seminario%20mercado.pdf>

**Canavos, G. 1988.** Probabilidad y Estadística; Aplicaciones y Métodos. Editorial McGraw-Hill. México. 651p.

**CAZALAC (Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas para América Latina y el Caribe). 2005.** Guía Metodológica para la Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas Secas de América Latina y el Caribe. La Serena. Chile. 66p.



**CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2000.** Informe nacional sobre la gestión del agua en Chile. (en línea). Chile. Consultado 21 de Nov. 2004. Disponible en: <http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/InCh01100.pdf>

**CONAMA (Corporación Nacional del Medio Ambiente, Chile). 2002.** La ciencia del cambio climático. (en línea). Chile. Consultado 24 de Oct. 2004. Disponible en: <http://www.conama.cl/portal/1255/article-26336.html>

**Cornejo, F. 2005.** Análisis del comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones en la séptima Región del Maule. Tesis Ing. Forestal. Talca. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. Chile. 132p.

**Cuadrat, J.M.; Pita, M.F. 2000.** Climatología. Editorial Cátedra. 2ª ed. Madrid. España. 496p.

**Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. 1998.** Hidrología aplicada. Editorial McGraw-Hill. Santa Fé de Bogota. Colombia. 584p.

**EIAS (Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda.). 2004.** Modulo 1: Determinación de valores probabilísticos para variables hidrológicas. (en línea). Talca. Chile. Consultado 11 de Nov. 2005. Disponible en: [www.eias.cl](http://www.eias.cl)

**Echarri, L. 1998.** Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. (en línea). España. Consultado 18 de Nov. 2005. Disponible en: <http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/10CAtm1/350CaCli.htm#Cambio%20climático>

**Fernández, F. 1995.** Manual de climatología aplicada. Clima, medioambiente y planificación. Madrid. Editorial Síntesis S.A.. 285p.

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

**Schulze, R.E.; Maharaj, R.; Lynch, S.D.; Howe, B.J.; Melvil-Thomsan, B. 1997.** South African atlas of agrohydrology and – climatology. Section 4 precipitation. (en línea). South African. Consultado 17 de Oct. 2004. Disponible en:

<http://amanzi.beeh.unp.ac.za/ageng/users/lynch/atlas.htm>

**Spiegel, M.; Stephens, L. 2002.** Estadística. Editorial M<sup>c</sup>Graw-Hill. 3<sup>a</sup> edición. México. 541p.

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

# **APÉNDICES**

## APÉNDICE I. i) Precipitaciones anuales de la Región Metropolitana

Las precipitaciones anuales de cada una de las 16 estaciones seleccionadas, se muestran a continuación en las siguientes seis tablas.

Tabla 28. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Est. Embalse el Yeso		Est. San Gabriel		Est. San José Reten		Est. Pirque	
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1963	766,1	1978	844,3	1972	1037,5	1973	230
1964	273,7	1979	437,5	1973	396,8	1974	425,8
1965	927,5	1980	836,5	1974	520,3	1976	317,6
1966	329,2	1981	479,8	1975	352,5	1977	564,7
1967	268,4	1982	1513	1977	726,1	1978	674,2
1968	110,5	1983	523,5	1978	748	1979	377,6
1969	541,1	1984	687,8	1979	505	1980	565,7
1970	288,7	1985	357,5	1980	500,5	1982	789
1971	238,9	1986	797,3	1981	405	1983	482,2
1973	341,0	1987	1080	1982	1176	1984	606,9
1975	345,0	1988	350	1983	519,5	1985	236,3
1976	405,5	1989	769,5	1984	568,4	1986	480
1977	564,7	1990	274,5	1985	374,5	1987	904,7
1978	795,6	1991	878,4	1986	652,7	1988	193,4
1979	396,0	1992	383,8	1987	1024,5	1989	463,1
1980	796,5	1993	714,1	1988	238	1990	250,1
1981	370,5	1994	559,7	1989	499,5	1991	611,4
1982	1464,4	1995	319,5	1990	301,5	1992	410,3
1983	404,0	1996	135,6	1991	751,5	1993	429,8
1984	654,5	1997	1339,2	1992	567,4	1994	409
1985	351,5	1998	269,9	1993	499,5	1995	303,5
1986	899,2	1999	568,1	1994	409,9	1996	225,3
1987	1271,5	2000	872	1995	353,7	1997	926
1988	299,5	2001	834,8	1996	213	1998	131,6
1989	462,0	2003	528,2	1997	1022	1999	463,3
1990	325,0	2004	565,4	1998	151	2000	687,7
1991	927,5			1999	383	2001	443,3
1992	545,0			2000	735,5	2002	726,7
1993	688,8			2001	563,9	2003	336,3
1994	524,9			2003	376,1	2004	438,7
1995	397,5			2004	456		
1996	158,8						
1997	1201,4						
1998	233,4						
1999	473,3						
2000	1154,7						
2001	853,5						
2002	1206,2						
2003	545,8						
2004	473,9						



Tabla 30. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Est. Oficinas Cen. D.G.A				Est. Rincón de los Valles			
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1961	267,8	2001	352,6	1958	270	1999	249,2
1962	240,7	2002	618,8	1959	315,2	2000	446,1
1963	444,8	2003	227,5	1960	189	2001	278,9
1964	203,1	2004	388,2	1961	299	2002	634,2
1965	414,1			1962	205,9	2003	179,74
1966	359,9			1963	471,5	2004	344,3
1967	172,4			1964	135,5		
1968	70,1			1965	447		
1969	175,9			1966	378		
1970	270,4			1967	132		
1971	247,1			1968	53		
1972	580,1			1969	163,5		
1973	160,6			1970	243,5		
1974	389,1			1971	177		
1975	198,2			1972	419,5		
1976	187,5			1974	292,5		
1977	407,0			1975	213,5		
1978	416,5			1976	164		
1979	240,0			1977	359,5		
1980	354,0			1978	348,5		
1981	280,9			1979	155,3		
1982	604,0			1980	380		
1983	386,1			1981	207,9		
1984	408,6			1982	601,5		
1985	196,5			1983	363,6		
1986	310,9			1984	624,5		
1987	684,8			1985	128,5		
1988	130,3			1986	320		
1989	284,6			1987	820,5		
1990	198,4			1988	140,2		
1991	380,3			1989	211,4		
1992	418,1			1990	122,3		
1993	299,1			1991	313,3		
1994	219,5			1992	396,1		
1995	189,5			1993	178,5		
1996	175,2			1994	172,6		
1997	746,8			1995	187,9		
1998	112,2			1996	135,5		
1999	367,0			1997	715,5		
2000	499,5			1998	60		

Tabla 31. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Est. Caleu		Est. Rungue Embalse			Est. Til - Til		
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1960	445,0	1944	498,5	1993	282,7	1944	478
1963	917,0	1945	215	1994	251,4	1945	223
1964	272,5	1946	149	1995	195,2	1946	150
1965	858,1	1947	238,5	1996	198,6	1947	239
1966	821,4	1957	339,5	1997	1054,9	1948	340,5
1967	325,0	1958	387	1998	84,2	1949	285
1968	132,8	1959	401	1999	281,7	1950	273
1969	341,5	1960	258	2000	521,6	1951	372
1970	429,4	1961	341	2001	425,8	1952	332
1971	352,2	1962	330,5	2002	822,9	1953	529,5
1972	516,2	1963	583	2003	239,6	1954	375
1975	262,0	1964	164	2004	358	1955	136
1977	638,9	1965	398,7			1956	226
1978	851,8	1966	521			1957	303
1979	511,0	1967	171,5			1958	300
1980	670,0	1968	66,3			1959	304
1981	449,5	1969	189,4			1960	240
1982	1240,5	1970	336,5			1961	313
1983	564,6	1971	183			1962	280,9
1984	1068,1	1972	634,7			1963	489
1985	249,6	1973	250,2			1964	182,7
1986	612,0	1974	401,8			1965	367
1987	1626,1	1975	251,3				
1988	316,5	1976	210,6				
1989	518,5	1977	551				
1990	241,2	1978	429,5				
1991	673,9	1979	233				
1992	759,4	1980	484,5				
1993	528,5	1981	316,7				
1994	523,0	1982	797,2				
1995	385,5	1983	372,8				
1996	331,8	1984	685,7				
1997	1518,0	1985	151,3				
1998	133,0	1986	524,7				
1999	446,0	1987	963,5				
2000	706,5	1988	158,3				
2001	386,0	1989	304,3				
2002	759,0	1990	122,5				
2003	179,2	1991	479,2				
2004	545,1	1992	556,6				

Tabla 32. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Estación Carmen de las Rosas			Estación Melipilla		
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1931	523,4	1973	359	1972	419,2
1932	460,7	1974	461,4	1976	185,7
1933	441,5	1976	289,8	1977	493,1
1934	427,8	1977	610,2	1978	448,2
1935	376	1978	583,7	1979	322,7
1936	545	1979	338,2	1980	403,2
1937	501	1980	589,8	1981	346,6
1938	296	1981	351,3	1982	714,5
1939	451	1982	859,2	1983	344,7
1940	484	1983	369,9	1984	681,7
1941	996	1984	768,6	1985	185,5
1942	410	1985	217,2	1986	383,4
1943	325	1986	501,7	1987	714,7
1944	554	1987	806,6	1988	154,6
1945	287	1988	194,4	1989	264,4
1946	263	1993	334,9	1990	139,3
1947	298	1994	338,4	1991	470,6
1948	525	1995	327,5	1992	603,7
1949	401	1996	201,2	1993	297,1
1950	432	1997	758,2	1994	336,7
1951	501	1998	59,5	1995	315,2
1952	354	1999	321,1	1996	213,4
1953	938	2000	632,9	1997	751,4
1954	488	2001	488	1998	58,8
1955	309	2002	641,5	1999	327
1956	554	2003	333	2000	504,7
1957	506	2004	429,1	2001	327,6
1958	521			2002	759
1959	603			2003	302,8
1960	329,8			2004	391,8
1963	564,5				
1964	216,9				
1965	642,2				
1966	559,5				
1967	290,9				
1968	76,4				
1969	280				
1970	385				
1971	350,4				
1972	691,7				



Tabla 33. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Estación los Panguiles		Estación Villa Alhué	
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1981	310,1	1979	509,5
1982	628,4	1980	769
1983	317,2	1981	441
1984	499,6	1982	1073,5
1985	177,1	1983	418,5
1986	337,9	1984	763,5
1987	732	1985	215
1988	165,4	1986	533
1989	277,8	1987	849,7
1990	159,5	1988	211,9
1991	406,6	1989	429,6
1992	517,5	1990	254,9
1993	302	1991	418,7
1994	251,4	1992	732,7
1995	203,8	1993	443
1996	144,1	1994	423
1997	700,7	1995	381,5
1998	76,6	1996	221
1999	340,4	1997	945
2000	583,7	1998	67
2001	356,9	1999	430,5
2002	643	2000	713
2003	227,5	2001	630,4
2004	315,8	2003	368,8
		2004	472,3

## ii) Precipitaciones anuales de la Región de O'Higgins

Las precipitaciones anuales de cada una de las 20 estaciones seleccionadas, se muestran a continuación en las siguientes seis tablas.

Tabla 34. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Est. Rancagua Endesa		Est. Coltauco		Est. Popeta		Est. las Nieves Central	
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1979	354,3	1979	553,3	1970	492,3	1970	647,3
1980	569,3	1980	826,4	1971	548,5	1971	548,6
1981	361,7	1981	503,0	1972	970,1	1977	1086,7
1982	869,9	1982	1517,2	1973	547,3	1978	1150,2
1983	363,8	1983	577,9	1974	663,2	1979	745,8
1984	706,5	1984	929,5	1975	436,5	1980	1119,4
1985	228,3	1985	275,4	1976	398,3	1981	671,4
1986	471,4	1986	681,6	1977	824,5	1982	1597,4
1987	673,5	1987	1150,5	1978	826,2	1983	701,4
1988	195,1	1988	323,9	1979	496,5	1984	1033,3
1989	369,1	1989	537,0	1980	822,1	1985	491,0
1990	294,7	1990	321,5	1981	484,7	1986	1029,3
1991	480,7	1991	701,9	1982	1269,9	1987	1036,1
1992	533,4	1992	929,5	1983	548,4	1988	481,2
1993	389,3	1993	632,7	1984	785,4	1989	661,9
1994	395,6	1994	549,8	1985	401,3	1990	409,3
1995	371,8	1995	545,4	1986	742,1	1991	949,6
1996	258,7	1996	325,8	1987	956,8	1992	999,6
1997	802,8	1997	1091,5	1988	369,3	1993	951,9
1998	104,7	1998	117,9	1989	546,8	1994	789,2
1999	385,8	1999	581,5	1990	361,2	1995	696,8
2000	589,3	2000	867,9	1991	702,2	1996	419,0
2001	491,8	2001	826,5	1992	791,1	1997	1302,6
2002	668,3	2002	933,7	1993	684	1998	172,7
2003	337,1	2003	525,3	1994	512,3	1999	640,3
2004	490,7	2004	456,9	1995	528,5	2000	1115,6
				1996	264,5	2001	1017,5
				1997	985,3	2002	1016,8
				1998	143	2003	676,6
				1999	522,5	2004	707,0
				2000	730		
				2001	655		
				2002	735,5		
				2003	475,5		
				2004	561		



Tabla 36. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Estación Pichidegua		Estación la Rufina				Estación Convento Viejo	
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1974	605,0	1960	538	2000	1426,2	1972	1185,7
1975	490,0	1961	1148	2001	1394,2	1973	531,9
1976	277,0	1962	791	2002	1189,1	1974	788,8
1977	650,5	1963	1517	2003	954	1975	739,1
1978	593,0	1964	588	2004	938	1976	453,2
1979	541,3	1965	1977			1977	1043,2
1980	740,8	1966	1348			1978	978,3
1981	466,0	1967	751			1979	705,1
1982	1012,4	1968	313			1980	793,0
1983	447,5	1969	1116			1981	621,7
1984	845,5	1970	899			1982	1410,8
1985	320,2	1971	819			1983	559,0
1986	731,0	1972	1788,4			1984	920,8
1987	843,0	1973	800,4			1985	406,0
1988	300,0	1974	1076,2			1986	774,9
1989	345,0	1975	1067			1987	855,3
1990	311,0	1976	905			1988	419,7
1991	581,0	1977	1531,7			1989	425,1
1992	877,5	1978	1456,9			1990	454,0
1993	467,0	1979	1268			1991	741,0
1994	368,0	1980	1574			1992	931,2
1995	417,5	1981	1026,7			1993	702,0
1996	333,7	1982	2082,2			1994	581,1
1997	1022,8	1983	859,2			1995	618,2
1998	145,6	1984	1345,6			1996	424,4
1999	502,9	1985	680			1997	1067,1
2000	750,0	1986	1304,8			1998	139,8
2001	636,8	1987	1377,5			1999	657,5
2002	988,1	1988	717,2			2000	970,9
2003	476,5	1989	773			2001	807,8
2004	509,3	1990	704,2			2002	987,5
		1991	1148,3			2003	565,4
		1992	1485,6			2004	540,8
		1993	1406,6				
		1994	1161,2				
		1995	1027,4				
		1996	688,7				
		1997	1987,1				
		1998	311,8				
		1999	1000,3				

Tabla 37. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Estación la Candelaria		Estación Cocalán		Estación Litueche	
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1975	841,5	1979	507,1	1979	548,5
1976	587,8	1980	686,1	1980	956,2
1977	1159,8	1981	465,5	1981	597,0
1978	1062,1	1982	1006	1982	1218,0
1979	841,4	1983	464	1983	618,5
1980	1080,9	1984	849	1984	1024,0
1981	694,6	1985	270,8	1985	422,5
1982	1638,9	1986	623	1986	1001,5
1983	657,6	1987	922	1987	1096,5
1984	1220,3	1988	312	1988	390,5
1985	516,2	1989	331,7	1989	383,5
1986	1087,2	1990	265,5	1990	325,0
1987	1101,9	1991	570,5	1991	791,0
1988	599,7	1992	806	1992	1057,0
1989	529,1	1993	461,5	1993	554,5
1990	412,5	1994	380	1994	452,0
1991	882,4	1995	369,7	1995	532,5
1992	1168,3	1996	407,5	1996	544,0
1993	701,7	1997	952	1997	1251,5
1994	620,5	1998	134,5	1998	223,0
1995	654,5	1999	502,5	1999	599,8
1996	426,0	2000	692,5	2000	923,5
1997	1198,2	2001	593,5	2001	826,5
1998	237,8	2002	751,5	2002	1130,5
1999	730,4	2003	434,5	2003	615,0
2000	990,2	2004	490	2004	755,0
2001	870,5				
2002	1344,2				
2003	669,5				
2004	588,5				

Tabla 38. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Estación Rapel				Estación Pichilemu		Estación el Membrillo	
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1960	497	2001	747	1981	456,5	1982	1108,0
1961	564,5	2002	856,2	1982	909,1	1983	307,0
1962	390,3	2003	428,4	1983	465,0	1984	1112,9
1963	825,8	2004	548,5	1984	821,5	1985	502,9
1964	387,5			1985	359,8	1986	938,6
1965	954,5			1986	633,7	1987	790,6
1966	830,3			1987	765,4	1988	620,0
1967	100			1988	422,0	1989	496,9
1968	181,7			1989	342,7	1990	500,1
1969	429,9			1990	291,9	1991	876,4
1970	368			1991	498,4	1992	860,8
1971	432,2			1992	688,4	1993	703,0
1972	983,4			1993	416,8	1994	555,5
1974	632,3			1994	276,3	1995	742,8
1975	459,9			1995	447,5	1996	400,1
1976	523,8			1996	512,4	1997	1134,0
1977	724,5			1997	703,0	1998	216,0
1978	618,9			1998	164,2	1999	663,0
1979	509,5			1999	426,4	2000	950,5
1980	775			2000	620,3	2001	865,6
1981	441			2001	675,7	2002	1177,0
1982	1073,5			2002	858,3	2003	549,4
1983	415,6			2003	376,7	2004	602,8
1984	841,1			2004	439,1		
1985	296						
1986	865,5						
1987	653,2						
1988	378,3						
1989	273,8						
1990	268,5						
1991	564,2						
1992	828,7						
1993	466,3						
1994	341						
1995	399,5						
1996	371,2						
1997	976,2						
1998	164,8						
1999	499,6						
2000	715,8						

Tabla 39. Precipitación anual de las estaciones seleccionadas (mm).

Estación Ranguili		Estación la Palma		Estación Nilahue Barahona	
AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual	AÑO	Pp Anual
1982	1155	1982	1049,6	1969	446,9
1983	594	1983	578,8	1970	590
1984	1069	1984	926,6	1971	596,6
1985	483,8	1985	420,9	1972	1097,7
1986	1042,4	1986	850,0	1976	541,8
1987	837,3	1987	333,6	1977	962,6
1988	535,6	1988	784,7	1978	778,6
1989	465,6	1989	402,8	1979	792,2
1990	408,3	1990	494,2	1982	992,5
1991	783,4	1991	964,1	1983	506
1992	1091,1	1992	944,6	1984	798,4
1993	579,1	1993	534,7	1985	386,5
1994	504,9	1994	544,8	1986	608,3
1995	648	1995	535,1	1987	611,9
1996	357,8	1996	332,1	1988	411
1997	1009,9	1997	919,8	1989	344,5
1998	205,3	1998	174,0	1990	317,1
1999	683,3	1999	688,6	1991	626,5
2000	793,6	2000	693,1	1992	790
2001	824,9	2001	741,4	1993	461,6
2002	1112,3	2002	978,0	1994	360
2003	507,6	2003	477,6	1995	408,5
2004	571,6	2004	530,3	1996	421,5
				1997	981,1
				1998	148,5
				1999	500,8
				2000	702,3
				2001	676
				2002	882
				2003	505,6
				2004	486

## APÉNDICE II. i) ICP de la Región Metropolitana

En las Sigüientes tablas se muestran los Índices de Concentración de las Precipitaciones (ICP) para las 16 estaciones seleccionadas.

Tabla 40. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Est. Embalse el Yeso		Est. San Gabriel		Est. San José Reten		Est. Pirque	
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1963	14,22	1978	37,20	1972	18,66	1973	24,51
1964	20,78	1979	17,20	1973	29,11	1974	39,59
1965	18,93	1980	19,03	1974	26,05	1976	22,75
1966	19,65	1981	33,42	1975	28,12	1977	25,10
1967	16,43	1982	28,31	1977	24,20	1978	38,79
1968	15,90	1983	18,01	1978	40,31	1979	21,34
1969	19,68	1984	22,97	1979	17,74	1980	18,01
1970	27,38	1985	22,11	1980	19,79	1982	21,77
1971	23,99	1986	24,88	1981	42,44	1983	19,52
1973	30,42	1987	28,87	1982	30,69	1984	31,20
1975	25,86	1988	27,33	1983	19,93	1985	22,96
1976	19,90	1989	26,02	1984	25,93	1986	30,32
1977	19,82	1990	22,93	1985	20,75	1987	31,74
1978	32,24	1991	21,68	1986	27,36	1988	31,58
1979	20,40	1992	25,23	1987	31,36	1989	29,27
1980	19,21	1993	21,74	1988	30,46	1990	23,46
1981	31,32	1994	19,85	1989	27,31	1991	20,59
1982	28,52	1995	32,33	1990	18,83	1992	31,15
1983	18,10	1996	33,54	1991	18,13	1993	19,59
1984	28,64	1997	25,23	1992	20,75	1994	25,08
1985	20,31	1998	32,23	1993	26,61	1995	22,83
1986	26,43	1999	27,46	1994	30,49	1996	22,74
1987	34,11	2000	49,31	1995	17,40	1997	23,51
1988	23,52	2001	29,95	1996	20,05	1998	25,74
1989	32,95	2003	17,18	1997	24,02	1999	22,00
1990	17,27	2004	13,45	1998	28,13	2000	42,11
1991	22,20			1999	19,81	2001	34,65
1992	19,09			2000	46,05	2002	20,41
1993	21,04			2001	30,57	2003	22,80
1994	29,27			2003	21,13	2004	15,64
1995	21,25			2004	13,67		
1996	16,74						
1997	22,87						
1998	27,30						
1999	20,63						
2000	51,64						
2001	29,40						
2002	21,63						
2003	17,43						
2004	16,52						





Tabla 42. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Est. Oficinas Cen. D.G.A				Est. Rincón de los Valles			
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1961	20,93	2001	37,41	1958	27,60	1999	25,62
1962	46,41	2002	25,48	1959	21,66	2000	52,11
1963	21,89	2003	24,29	1960	33,78	2001	36,81
1964	37,46	2004	15,99	1961	30,38	2002	29,30
1965	26,70			1962	52,09	2003	31,34
1966	26,90			1963	23,45	2004	16,01
1967	18,81			1964	38,61		
1968	27,78			1965	33,49		
1969	23,37			1966	33,94		
1970	27,00			1967	21,94		
1971	29,87			1968	25,61		
1972	20,72			1969	24,61		
1973	27,48			1970	37,44		
1974	34,64			1971	38,71		
1975	39,76			1972	22,52		
1976	18,39			1974	49,01		
1977	21,93			1975	31,80		
1978	34,28			1976	17,37		
1979	21,58			1977	31,26		
1980	16,31			1978	36,76		
1981	47,81			1979	23,04		
1982	26,62			1980	22,91		
1983	19,65			1981	32,84		
1984	33,55			1982	23,98		
1985	19,96			1983	23,33		
1986	25,40			1984	47,34		
1987	33,62			1985	29,36		
1988	24,45			1986	31,41		
1989	24,53			1987	41,01		
1990	25,80			1988	19,62		
1991	20,87			1989	27,93		
1992	23,51			1990	29,17		
1993	21,82			1991	33,22		
1994	21,80			1992	21,48		
1995	21,78			1993	23,32		
1996	21,70			1994	35,11		
1997	20,96			1995	21,29		
1998	24,44			1996	22,64		
1999	23,28			1997	31,02		
2000	37,45			1998	28,98		

Tabla 43. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Estación Caleu		Estación Rungue Embalse				Estación Til - Til	
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1960	33,58	1944	34,22	1993	23,56	1944	25,89
1963	24,24	1945	25,87	1994	31,53	1945	26,13
1964	42,18	1946	30,17	1995	23,13	1946	22,75
1965	33,43	1947	32,52	1996	22,94	1947	37,70
1966	31,58	1957	71,79	1997	28,60	1948	42,53
1967	24,17	1958	29,63	1998	30,22	1949	47,20
1968	25,28	1959	24,47	1999	22,77	1950	25,82
1969	27,91	1960	43,79	2000	49,86	1951	26,45
1970	37,04	1961	31,40	2001	57,27	1952	23,13
1971	30,35	1962	72,84	2002	28,89	1953	27,61
1972	41,79	1963	24,49	2003	29,54	1954	23,63
1975	26,29	1964	34,14	2004	15,69	1955	23,03
1977	28,97	1965	38,12			1956	33,21
1978	43,96	1966	28,89			1957	53,23
1979	32,67	1967	24,73			1958	28,99
1980	21,08	1968	26,26			1959	21,31
1981	53,90	1969	29,85			1960	41,38
1982	27,11	1970	37,46			1961	31,52
1983	21,02	1971	36,56			1962	67,78
1984	46,67	1972	24,71			1963	24,97
1985	32,51	1973	36,47			1964	31,85
1986	24,48	1974	45,27			1965	32,45
1987	41,31	1975	37,28				
1988	30,72	1976	16,26				
1989	35,53	1977	31,99				
1990	26,79	1978	48,03				
1991	35,67	1979	32,18				
1992	24,37	1980	19,78				
1993	23,38	1981	53,61				
1994	29,78	1982	24,77				
1995	30,15	1983	22,53				
1996	24,03	1984	52,74				
1997	27,24	1985	24,20				
1998	45,72	1986	26,09				
1999	27,21	1987	45,80				
2000	56,36	1988	28,10				
2001	45,31	1989	35,53				
2002	26,85	1990	26,90				
2003	29,58	1991	27,33				
2004	16,81	1992	26,43				

Tabla 44. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Est. Carmen de las Rosas			Est. Melipilla		
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1931	25,74	1973	27,09	1972	31,87
1932	23,96	1974	40,24	1976	16,09
1933	19,24	1976	20,67	1977	33,60
1934	33,04	1977	32,45	1978	33,20
1935	19,81	1978	36,57	1979	37,87
1936	24,06	1979	37,06	1980	19,69
1937	21,53	1980	20,87	1981	52,24
1938	20,21	1981	51,25	1982	27,46
1939	26,15	1982	29,72	1983	24,85
1940	27,03	1983	25,26	1984	31,71
1941	20,37	1984	33,78	1985	27,62
1942	23,52	1985	28,81	1986	25,32
1943	19,92	1986	24,63	1987	36,36
1944	27,01	1987	35,53	1988	28,80
1945	22,91	1988	29,71	1989	27,45
1946	17,65	1993	19,91	1990	21,46
1947	26,39	1994	23,07	1991	22,37
1948	30,05	1995	31,33	1992	29,72
1949	39,75	1996	28,34	1993	19,27
1950	19,02	1997	26,15	1994	22,37
1951	32,70	1998	32,22	1995	28,01
1952	25,79	1999	24,16	1996	24,47
1953	20,35	2000	49,12	1997	25,04
1954	26,23	2001	31,98	1998	27,10
1955	23,49	2002	25,36	1999	25,72
1956	18,80	2003	23,92	2000	48,75
1957	33,78	2004	14,82	2001	26,46
1958	28,19			2002	26,52
1959	20,46			2003	22,46
1960	25,06			2004	15,18
1963	26,86				
1964	26,73				
1965	28,25				
1966	31,57				
1967	27,42				
1968	23,02				
1969	27,18				
1970	29,77				
1971	30,62				
1972	22,15				

Tabla 45. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Estación los Panguiles		Estación Villa Alhué	
AÑO	ICP	AÑO	ICP
1981	56,37	1979	24,58
1982	29,63	1980	19,25
1983	24,80	1981	39,26
1984	32,26	1982	24,30
1985	20,07	1983	26,51
1986	30,07	1984	30,46
1987	36,33	1985	25,91
1988	34,53	1986	27,07
1989	29,09	1987	34,56
1990	26,56	1988	22,99
1991	22,14	1989	24,44
1992	26,31	1990	19,52
1993	18,96	1991	19,72
1994	23,04	1992	30,85
1995	27,67	1993	21,00
1996	22,07	1994	22,12
1997	27,55	1995	27,86
1998	24,11	1996	31,28
1999	23,42	1997	26,82
2000	46,16	1998	46,35
2001	38,99	1999	29,14
2002	26,16	2000	51,07
2003	22,49	2001	32,86
2004	15,67	2003	26,65
		2004	14,72



Tabla 48. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Estación Pichidegua		Estación la Rufina			Estación Convento Viejo		
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1974	36,15	1960	30,46	2000	42,55	1972	17,90
1975	31,40	1961	18,93	2001	29,30	1973	24,88
1976	17,65	1962	39,20	2002	17,89	1974	33,17
1977	26,74	1963	16,83	2003	17,42	1975	29,04
1978	26,80	1964	25,83	2004	14,39	1976	20,20
1979	21,57	1965	21,17			1977	23,92
1980	20,00	1966	31,45			1978	26,31
1981	25,35	1967	18,77			1979	22,14
1982	21,13	1968	14,73			1980	17,84
1983	25,57	1969	19,37			1981	27,41
1984	24,92	1970	25,41			1982	22,87
1985	27,11	1971	25,36			1983	23,22
1986	22,26	1972	18,88			1984	24,85
1987	31,94	1973	29,69			1985	22,42
1988	22,10	1974	33,42			1986	21,65
1989	28,32	1975	28,77			1987	34,31
1990	14,62	1976	21,78			1988	20,92
1991	19,81	1977	22,48			1989	27,03
1992	28,25	1978	32,84			1990	14,47
1993	26,06	1979	18,32			1991	17,06
1994	17,58	1980	18,65			1992	28,05
1995	24,96	1981	32,78			1993	25,65
1996	23,07	1982	21,69			1994	21,57
1997	20,20	1983	19,51			1995	24,37
1998	27,79	1984	21,42			1996	22,69
1999	21,77	1985	21,55			1997	19,33
2000	44,31	1986	22,89			1998	22,38
2001	29,66	1987	25,42			1999	21,39
2002	22,79	1988	22,71			2000	42,71
2003	25,40	1989	29,70			2001	28,88
2004	16,70	1990	13,93			2002	21,11
		1991	17,79			2003	22,33
		1992	24,44			2004	14,44
		1993	21,08				
		1994	23,89				
		1995	22,78				
		1996	24,25				
		1997	17,85				
		1998	25,64				
		1999	23,72				

Tabla 49. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Estación la Candelaria		Estación Cocalán		Estación Litueche	
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1975	29,82	1979	24,16	1979	30,04
1976	19,30	1980	19,68	1980	19,86
1977	23,84	1981	36,64	1981	29,19
1978	27,78	1982	21,43	1982	22,45
1979	22,57	1983	24,57	1983	25,35
1980	19,17	1984	25,74	1984	24,86
1981	28,14	1985	30,09	1985	25,04
1982	22,37	1986	24,33	1986	26,61
1983	21,21	1987	27,30	1987	35,56
1984	22,57	1988	22,91	1988	27,23
1985	23,45	1989	30,66	1989	29,97
1986	21,83	1990	15,99	1990	17,82
1987	27,58	1991	18,45	1991	21,33
1988	23,54	1992	28,38	1992	29,02
1989	25,75	1993	24,02	1993	21,64
1990	16,82	1994	20,62	1994	18,13
1991	20,53	1995	25,71	1995	24,29
1992	30,01	1996	22,19	1996	24,18
1993	22,59	1997	20,31	1997	23,82
1994	20,55	1998	26,75	1998	26,71
1995	21,82	1999	21,55	1999	21,85
1996	23,05	2000	45,00	2000	54,28
1997	20,81	2001	28,24	2001	34,86
1998	27,25	2002	22,87	2002	19,03
1999	22,01	2003	22,54	2003	23,50
2000	51,95	2004	15,30	2004	22,03
2001	29,75				
2002	20,48				
2003	23,75				
2004	15,66				



Tabla 50. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Estación Rapel				Estación Pichilemu		Estación el Membrillo	
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1960	21,25	2001	34,44	1981	28,51	1982	22,44
1961	18,95	2002	18,82	1982	22,34	1983	33,00
1962	34,92	2003	25,50	1983	22,57	1984	21,21
1963	19,20	2004	19,93	1984	20,81	1985	24,66
1964	25,84			1985	21,11	1986	20,75
1965	29,31			1986	23,66	1987	22,84
1966	37,04			1987	24,06	1988	25,30
1967	57,19			1988	23,76	1989	22,80
1968	25,13			1989	23,33	1990	15,43
1969	26,25			1990	16,14	1991	18,63
1970	27,76			1991	18,91	1992	27,85
1971	28,65			1992	28,68	1993	21,00
1972	21,11			1993	19,14	1994	16,39
1974	36,43			1994	18,54	1995	22,40
1975	34,38			1995	21,46	1996	22,48
1976	17,24			1996	24,19	1997	22,45
1977	29,10			1997	20,52	1998	25,36
1978	34,70			1998	30,24	1999	19,82
1979	26,72			1999	18,36	2000	49,85
1980	19,28			2000	56,17	2001	30,76
1981	39,30			2001	30,00	2002	21,04
1982	24,30			2002	17,46	2003	23,19
1983	26,88			2003	18,11	2004	18,32
1984	26,76			2004	18,40		
1985	32,16						
1986	25,38						
1987	27,39						
1988	26,64						
1989	30,39						
1990	18,57						
1991	22,30						
1992	27,77						
1993	22,11						
1994	17,25						
1995	22,80						
1996	24,86						
1997	22,70						
1998	29,12						
1999	21,17						
2000	50,66						

Tabla 51. Valores anuales del Índice de Concentración de las Precipitaciones.

Estación Ranguili		Estación la Palma		Estación Nilahue Barahona	
AÑO	ICP	AÑO	ICP	AÑO	ICP
1982	20,86	1982	20,27	1969	23,49
1983	20,37	1983	21,89	1970	23,22
1984	18,94	1984	20,53	1971	20,97
1985	20,48	1985	17,54	1972	25,85
1986	21,41	1986	20,85	1976	21,23
1987	27,94	1987	17,07	1977	25,08
1988	24,29	1988	22,89	1978	25,37
1989	24,48	1989	26,21	1979	17,40
1990	18,40	1990	20,05	1982	21,01
1991	19,29	1991	17,49	1983	22,63
1992	29,34	1992	35,76	1984	20,45
1993	18,48	1993	33,65	1985	21,83
1994	20,08	1994	30,48	1986	23,34
1995	24,25	1995	27,08	1987	27,54
1996	18,84	1996	31,32	1988	24,90
1997	17,69	1997	18,77	1989	26,81
1998	25,89	1998	24,03	1990	15,97
1999	21,81	1999	21,12	1991	19,38
2000	46,30	2000	45,31	1992	28,01
2001	27,76	2001	29,37	1993	20,05
2002	17,80	2002	18,46	1994	18,84
2003	15,66	2003	15,92	1995	22,17
2004	18,16	2004	15,55	1996	23,17
				1997	21,11
				1998	27,28
				1999	19,75
				2000	52,58
				2001	28,41
				2002	20,03
				2003	16,12
				2004	17,32

Tabla 53. Valores anuales del Índice de Fournier.

Est. Cerro Calán		Est. Antupiren		Est. Ramón Quebrada	
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1976	8,93	1980	32,58	1981	85,99
1977	126,26	1981	37,42	1983	39,92
1978	129,92	1982	338,98	1984	159,28
1979	24,03	1983	38,28	1985	20,56
1980	17,70	1984	143,47	1986	48,37
1981	63,24	1985	26,90	1987	419,52
1982	256,47	1986	66,65	1988	20,19
1983	31,81	1987	337,61	1989	59,19
1984	122,43	1988	17,33	1990	18,98
1985	25,21	1989	112,48	1994	24,07
1986	63,55	1990	15,27	1995	14,18
1987	448,52	1991	83,38	1996	6,91
1988	19,17	1992	44,25	1997	231,00
1989	109,32	1993	40,91	1998	5,16
1990	19,51	1994	39,14	1999	46,89
1991	45,48	1995	17,49	2000	268,16
1992	61,66	1996	4,78	2001	99,42
1993	37,11	1997	196,82	2002	60,37
1994	30,06	1998	5,09	2003	15,59
1995	14,53	1999	46,25	2004	25,19
1996	6,48	2000	320,23		
1997	194,18	2002	119,60		
1998	7,26	2003	17,53		
1999	36,70	2004	22,64		
2000	294,19				
2001	115,48				
2002	176,31				
2003	25,40				
2004	20,61				

Tabla 54. Valores anuales del Índice de Fournier.

Est. Oficinas Cen. D.G.A				Est. Rincón de los Valles			
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1961	22,58	2001	125,74	1958	37,17	1999	29,28
1962	77,32	2002	183,91	1959	29,79	2000	312,16
1963	55,58	2003	19,09	1960	30,42	2001	85,23
1964	32,19	2004	29,47	1961	57,85	2002	253,09
1965	79,08			1962	71,86	2003	17,62
1966	53,29			1963	90,12	2004	19,94
1967	7,16			1964	14,24		
1968	2,96			1965	110,44		
1969	11,62			1966	114,13		
1970	38,04			1967	4,74		
1971	43,42			1968	0,97		
1972	86,87			1969	10,38		
1973	14,33			1970	60,53		
1974	124,12			1971	37,17		
1975	43,64			1972	51,84		
1976	8,95			1974	121,70		
1977	48,69			1975	42,29		
1978	152,01			1976	5,81		
1979	23,75			1977	108,02		
1980	16,38			1978	125,57		
1981	110,89			1979	9,83		
1982	217,38			1980	59,63		
1983	44,52			1981	34,66		
1984	148,60			1982	166,14		
1985	11,32			1983	56,10		
1986	43,05			1984	590,43		
1987	365,29			1985	10,38		
1988	7,67			1986	66,07		
1989	31,37			1987	799,54		
1990	14,08			1988	5,67		
1991	37,35			1989	30,42		
1992	63,10			1990	8,26		
1993	30,75			1991	82,57		
1994	18,65			1992	48,54		
1995	10,62			1993	11,54		
1996	9,39			1994	27,31		
1997	227,65			1995	10,57		
1998	5,18			1996	5,81		
1999	43,64			1997	436,90		
2000	241,25			1998	1,89		

Tabla 55. Valores anuales del Índice de Fournier.

Estación Caleu		Estación Rungue Embalse				Estación Til - Til	
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1960	93,98	1944	120,67	1993	21,56	1944	102,28
1963	154,25	1945	15,92	1994	32,67	1945	21,42
1964	35,40	1946	9,03	1995	9,06	1946	9,17
1965	255,27	1947	38,02	1996	12,89	1947	61,28
1966	177,38	1957	215,79	1997	652,04	1948	124,14
1967	22,10	1958	82,23	1998	2,53	1949	115,39
1968	3,51	1959	58,02	1999	26,05	1950	33,30
1969	39,73	1960	68,73	2000	323,48	1951	53,49
1970	98,80	1961	69,60	2001	266,58	1952	41,69
1971	54,23	1962	212,00	2002	298,62	1953	191,99
1972	126,20	1963	113,94	2003	23,12	1954	40,95
1975	18,72	1964	10,66	2004	16,97	1955	9,17
1977	144,59	1965	128,18			1956	45,46
1978	496,05	1966	125,27			1957	150,91
1979	126,67	1967	8,88			1958	55,17
1980	67,87	1968	1,34			1959	26,44
1981	182,85	1969	16,50			1960	67,70
1982	475,33	1970	86,51			1961	72,48
1983	36,90	1971	29,60			1962	172,71
1984	867,75	1972	123,53			1963	92,14
1985	24,76	1973	48,72			1964	16,13
1986	58,61	1974	172,00			1965	117,24
1987	1612,07	1975	55,67				
1988	37,66	1976	4,96				
1989	115,23	1977	178,72				
1990	13,16	1978	219,00				
1991	239,69	1979	40,42				
1992	117,02	1980	52,25				
1993	40,79	1981	139,57				
1994	72,40	1982	186,70				
1995	37,15	1983	40,42				
1996	29,71	1984	641,23				
1997	839,79	1985	8,97				
1998	7,54	1986	79,52				
1999	67,18	1987	1036,75				
2000	452,03	1988	13,53				
2001	106,47	1989	63,26				
2002	113,01	1990	4,62				
2003	7,31	1991	109,23				
2004	36,40	1992	124,46				

Tabla 56. Valores anuales del Índice de Fournier.

Est. Carmen de las Rosas		Est. Melipilla			
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1931	103,08	1973	36,65	1972	104,64
1932	55,16	1974	146,95	1976	4,53
1933	40,87	1976	16,99	1977	160,62
1934	73,99	1977	205,80	1978	131,71
1935	30,24	1978	230,50	1979	89,96
1936	91,95	1979	84,70	1980	34,56
1937	49,05	1980	56,14	1981	150,09
1938	17,50	1981	134,25	1982	261,10
1939	83,15	1982	375,40	1983	38,64
1940	80,60	1983	39,91	1984	289,81
1941	169,52	1984	338,12	1985	16,76
1942	51,05	1985	21,22	1986	51,50
1943	15,22	1986	65,44	1987	366,18
1944	114,85	1987	392,15	1988	12,97
1945	20,36	1988	18,30	1989	22,40
1946	12,10	1993	18,38	1990	6,55
1947	39,08	1994	19,81	1991	72,24
1948	133,70	1995	37,92	1992	138,14
1949	125,15	1996	12,76	1993	13,11
1950	29,22	1997	247,21	1994	26,78
1951	116,88	1998	1,55	1995	31,50
1952	31,82	1999	24,82	1996	14,42
1953	167,09	2000	375,94	1997	257,38
1954	94,67	2001	123,58	1998	1,12
1955	32,35	2002	87,06	1999	38,08
1956	73,18	2003	25,53	2000	271,94
1957	147,07	2004	19,94	2001	28,80
1958	106,93			2002	189,19
1959	91,95			2003	23,60
1960	26,64			2004	21,22
1963	93,03				
1964	13,96				
1965	161,66				
1966	178,83				
1967	33,15				
1968	1,11				
1969	30,24				
1970	68,75				
1971	65,36				
1972	97,71				

Tabla 57. Valores anuales del Índice de Fournier.

Estación los Panguiles		Estación Villa Alhué	
AÑO	IF	AÑO	IF
1981	145,08	1979	90,46
1982	250,65	1980	81,82
1983	30,85	1981	138,59
1984	163,77	1982	384,09
1985	9,24	1983	45,12
1986	46,47	1984	260,49
1987	401,18	1985	16,28
1988	22,41	1986	90,04
1989	31,56	1987	402,73
1990	11,87	1988	13,06
1991	46,76	1989	40,54
1992	92,45	1990	13,06
1993	14,42	1991	27,33
1994	17,22	1992	167,29
1995	18,83	1993	29,74
1996	4,36	1994	32,72
1997	281,53	1995	38,81
1998	1,28	1996	23,79
1999	39,84	1997	378,89
2000	376,90	1998	3,22
2001	115,93	1999	71,72
2002	147,37	2000	435,22
2003	16,19	2001	168,21
2004	15,03	2003	31,96
		2004	17,19

## ii) Índice de Fournier de la Región de O'Higgins

En las Siguietes tablas se muestran los Índices de Fournier para las 20 estaciones seleccionadas.

Tabla 58. Valores anuales del Índice de Fournier.

Est. Rancagua Endesa		Est. Coltauco		Est. Popeta		Est. las Nieves Central	
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1979	38,01	1979	126,25	1970	75,60	1970	72,83
1980	60,72	1980	88,83	1971	116,27	1971	68,17
1981	112,15	1981	125,64	1972	97,16	1977	224,64
1982	376,45	1982	673,28	1973	61,48	1978	498,36
1983	29,86	1983	70,12	1974	132,26	1979	42,64
1984	184,44	1984	225,88	1975	125,89	1980	108,44
1985	13,42	1985	16,78	1976	52,82	1981	175,78
1986	76,34	1986	90,00	1977	179,25	1982	549,71
1987	239,65	1987	557,93	1978	335,59	1983	60,32
1988	5,71	1988	17,16	1979	41,91	1984	171,11
1989	44,53	1989	78,27	1980	106,54	1985	26,97
1990	21,85	1990	12,46	1981	119,32	1986	129,01
1991	31,47	1991	71,82	1982	619,67	1987	263,46
1992	77,33	1992	210,64	1983	48,59	1988	25,47
1993	30,22	1993	86,00	1984	171,61	1989	122,77
1994	34,83	1994	63,40	1985	29,81	1990	13,61
1995	35,11	1995	67,16	1986	91,94	1991	77,23
1996	19,13	1996	28,52	1987	362,85	1992	140,29
1997	214,85	1997	399,60	1988	17,35	1993	99,59
1998	2,57	1998	2,16	1989	100,19	1994	136,21
1999	34,55	1999	63,71	1990	17,01	1995	73,61
2000	195,58	2000	682,16	1991	48,65	1996	23,99
2001	96,41	2001	245,89	1992	130,52	1997	282,04
2002	73,09	2002	105,00	1993	72,15	1998	3,92
2003	18,03	2003	40,46	1994	51,26	1999	61,02
2004	20,51	2004	19,83	1995	48,48	2000	525,39
				1996	11,20	2001	207,19
				1997	205,36	2002	121,47
				1998	3,23	2003	56,86
				1999	58,31	2004	27,91
				2000	233,86		
				2001	113,27		
				2002	97,64		
				2003	26,12		
				2004	27,16		





Tabla 60. Valores anuales del Índice de Fournier.

Estación Pichidegua		Estación la Rufina				Estación Convento Viejo	
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1974	137,14	1960	55,07	2000	686,26	1972	106,23
1975	109,23	1961	80,04	2001	304,41	1973	35,94
1976	8,88	1962	197,78	2002	68,25	1974	160,66
1977	113,66	1963	138,28	2003	61,46	1975	177,41
1978	112,77	1964	48,61	2004	32,66	1976	24,67
1979	69,77	1965	283,79			1977	256,37
1980	64,27	1966	429,98			1978	235,47
1981	74,04	1967	45,73			1979	95,98
1982	225,80	1968	6,02			1980	52,78
1983	37,55	1969	110,93			1981	117,25
1984	200,68	1970	131,33			1982	419,12
1985	30,23	1971	114,11			1983	49,69
1986	115,46	1972	194,42			1984	200,32
1987	324,24	1973	94,80			1985	23,72
1988	12,43	1974	238,38			1986	85,76
1989	30,23	1975	236,54			1987	292,50
1990	9,65	1976	89,40			1988	19,21
1991	62,93	1977	313,78			1989	31,16
1992	191,86	1978	526,71			1990	16,90
1993	66,31	1979	129,28			1991	47,66
1994	17,62	1980	133,19			1992	154,40
1995	31,12	1981	273,80			1993	88,82
1996	24,03	1982	461,81			1994	50,64
1997	223,53	1983	46,13			1995	57,19
1998	4,58	1984	192,84			1996	32,58
1999	40,81	1985	38,07			1997	187,77
2000	355,33	1986	153,75			1998	2,32
2001	123,25	1987	308,71			1999	52,40
2002	172,82	1988	55,60			2000	482,33
2003	59,32	1989	120,85			2001	155,88
2004	37,81	1990	18,10			2002	151,91
		1991	69,99			2003	57,99
		1992	239,03			2004	20,30
		1993	189,53				
		1994	190,44				
		1995	116,10				
		1996	48,27				
		1997	365,35				
		1998	7,43				
		1999	92,95				

Tabla 61. Valores anuales del Índice de Fournier.

Estación la Candelaria		Estación Cocalán		Estación Litueche	
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1975	194,49	1979	83,56	1979	105,52
1976	38,06	1980	58,86	1980	79,50
1977	255,52	1981	131,06	1981	117,28
1978	271,57	1982	229,96	1982	255,20
1979	101,64	1983	43,56	1983	61,74
1980	71,47	1984	230,61	1984	252,84
1981	130,24	1985	31,79	1985	31,89
1982	411,74	1986	94,03	1986	212,09
1983	36,50	1987	294,88	1987	487,81
1984	265,00	1988	20,50	1988	36,45
1985	37,55	1989	29,90	1989	38,26
1986	147,34	1990	9,33	1990	13,53
1987	311,68	1991	56,52	1991	78,51
1988	49,61	1992	157,18	1992	206,18
1989	42,35	1993	44,41	1993	37,12
1990	14,64	1994	22,48	1994	18,89
1991	67,72	1995	32,62	1995	48,52
1992	230,84	1996	34,00	1996	39,89
1993	62,15	1997	208,46	1997	382,60
1994	40,27	1998	3,14	1998	9,62
1995	45,61	1999	45,55	1999	47,65
1996	26,41	2000	354,07	2000	584,94
1997	230,11	2001	93,20	2001	253,43
1998	11,57	2002	98,21	2002	147,59
1999	65,35	2003	35,76	2003	67,11
2000	560,18	2004	26,94	2004	116,08
2001	170,86				
2002	249,26				
2003	90,40				
2004	24,53				

Tabla 62. Valores anuales del Índice de Fournier.

Estación Rapel				Estación Pichilemu		Estación el Membrillo	
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1960	46,93	2001	254,05	1981	91,15	1982	234,71
1961	30,93	2002	118,40	1982	178,18	1983	18,88
1962	85,38	2003	52,05	1983	44,11	1984	210,88
1963	74,06	2004	65,58	1984	119,32	1985	50,48
1964	36,93			1985	31,87	1986	161,91
1965	279,74			1986	107,42	1987	134,79
1966	406,06			1987	194,76	1988	89,55
1967	9,40			1988	37,15	1989	31,66
1968	9,61			1989	30,89	1990	19,96
1969	57,11			1990	10,83	1991	65,98
1970	42,30			1991	32,76	1992	158,52
1971	80,38			1992	126,98	1993	52,99
1972	145,37			1993	23,65	1994	22,25
1974	215,96			1994	11,41	1995	76,05
1975	94,20			1995	36,09	1996	28,21
1976	27,06			1996	72,97	1997	262,22
1977	209,79			1997	126,59	1998	6,76
1978	186,01			1998	8,96	1999	51,38
1979	95,84			1999	22,68	2000	530,24
1980	74,43			2000	388,32	2001	209,81
1981	126,07			2001	199,18	2002	243,33
1982	349,39			2002	112,73	2003	72,91
1983	41,05			2003	20,53	2004	56,84
1984	236,96			2004	40,70		
1985	37,08						
1986	199,51						
1987	139,11						
1988	34,45						
1989	27,63						
1990	10,55						
1991	57,37						
1992	146,28						
1993	33,08						
1994	12,05						
1995	26,44						
1996	24,15						
1997	265,36						
1998	8,44						
1999	43,58						
2000	411,88						

Tabla 63. Valores anuales del Índice de Fournier.

Estación Ranguili		Estación la Palma		Estación Nilahue Barahona	
AÑO	IF	AÑO	IF	AÑO	IF
1982	191,51	1982	163,55	1969	34,74
1983	33,98	1983	50,41	1970	51,32
1984	141,93	1984	114,63	1971	80,75
1985	30,81	1985	18,04	1972	322,42
1986	153,82	1986	111,70	1976	60,37
1987	223,67	1987	9,88	1977	279,54
1988	39,30	1988	116,23	1978	141,58
1989	40,39	1989	26,13	1979	66,19
1990	18,15	1990	50,35	1982	166,29
1991	59,26	1991	99,59	1983	43,97
1992	310,40	1992	324,52	1984	104,26
1993	36,57	1993	99,98	1985	30,61
1994	30,35	1994	81,09	1986	83,78
1995	79,43	1995	60,70	1987	136,40
1996	13,44	1996	28,76	1988	26,27
1997	150,76	1997	139,49	1989	32,90
1998	7,74	1998	5,03	1990	9,43
1999	63,14	1999	62,99	1991	51,26
2000	357,66	2000	280,54	1992	158,01
2001	175,42	2001	160,16	1993	30,11
2002	152,33	2002	147,20	1994	18,77
2003	22,06	2003	25,57	1995	26,27
2004	54,05	2004	33,58	1996	27,11
				1997	231,47
				1998	4,05
				1999	40,27
				2000	357,82
				2001	140,13
				2002	148,94
				2003	32,48
				2004	36,49

#### APÉNDICE IV. i) Índice Modificado de Fournier de la Región Metropolitana

En las siguientes 6 tablas se muestran los datos de las 16 estaciones obtenidos con este indicador derivado del Índice de Fournier.

Tabla 64. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Est. Embalse el Yeso		Est. San Gabriel		Est. San José Reten		Est. Pirque	
AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF
1963	143,43	1978	407,46	1972	365,70	1973	27,58
1964	26,75	1979	50,60	1973	83,45	1974	152,68
1965	279,80	1980	204,65	1974	128,39	1976	48,81
1966	36,60	1981	118,23	1975	63,61	1977	170,25
1967	20,34	1982	995,83	1977	232,24	1978	375,06
1968	3,34	1983	75,83	1978	410,57	1979	64,72
1969	99,03	1984	167,00	1979	82,38	1980	122,57
1970	39,22	1985	43,42	1980	90,27	1982	288,32
1971	23,53	1986	243,06	1981	126,73	1983	96,55
1973	60,79	1987	517,44	1982	772,75	1984	244,40
1975	52,89	1988	51,45	1983	97,93	1985	27,27
1976	56,24	1989	236,73	1984	152,52	1986	148,59
1977	108,61	1990	26,55	1985	52,99	1987	552,50
1978	350,68	1991	257,01	1986	212,20	1988	25,13
1979	54,97	1992	57,12	1987	599,12	1989	133,50
1980	209,46	1993	170,34	1988	31,41	1990	31,21
1981	73,88	1994	95,56	1989	124,02	1991	163,72
1982	1051,13	1995	50,71	1990	31,16	1992	111,53
1983	50,76	1996	9,48	1991	186,39	1993	76,96
1984	210,82	1997	695,39	1992	121,59	1994	89,24
1985	43,13	1998	36,08	1993	120,87	1995	44,72
1986	367,23	1999	136,16	1994	93,27	1996	24,55
1987	947,58	2000	576,16	1995	39,62	1997	428,73
1988	36,25	2001	320,70	1996	16,56	1998	9,48
1989	120,87	2003	73,67	1997	456,63	1999	100,45
1990	31,35	2004	66,09	1998	11,68	2000	423,57
1991	328,19			1999	52,91	2001	144,84
1992	97,45			2000	453,53	2002	229,21
1993	171,57			2001	176,94	2003	54,86
1994	138,58			2003	54,42	2004	64,03
1995	57,71			2004	51,76		
1996	7,25						
1997	567,33						
1998	25,56						
1999	79,42						
2000	1183,39						
2001	368,10						
2002	540,82						
2003	89,25						
2004	63,77						

Tabla 65. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Est. Cerro Calán		Est. Antupirén		Est. Ramón Quebrada	
AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF
1976	18,90	1980	101,51	1981	94,35
1977	180,70	1981	44,32	1983	83,22
1978	158,49	1982	464,96	1984	187,86
1979	56,36	1983	88,74	1985	36,92
1980	67,96	1984	166,96	1986	97,62
1981	74,89	1985	46,41	1987	483,11
1982	368,75	1986	121,13	1988	25,94
1983	74,52	1987	462,41	1989	94,01
1984	154,25	1988	25,85	1990	35,39
1985	40,84	1989	148,74	1994	36,80
1986	116,28	1990	36,60	1995	35,19
1987	575,19	1991	169,15	1996	17,44
1988	26,49	1992	97,87	1997	390,94
1989	184,34	1993	67,26	1998	9,90
1990	38,81	1994	53,76	1999	95,08
1991	119,99	1995	41,93	2000	349,62
1992	134,03	1996	14,47	2001	136,09
1993	84,48	1997	301,86	2002	115,88
1994	42,85	1998	10,97	2003	38,78
1995	29,97	1999	93,67	2004	70,70
1996	17,07	2000	367,84		
1997	302,72	2002	226,94		
1998	13,62	2003	38,55		
1999	81,78	2004	69,37		
2000	326,79				
2001	148,46				
2002	294,40				
2003	42,59				
2004	61,23				

Tabla 67. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Estación Caleu		Estación Rungue Embalse				Estación Til - Til	
AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF
1960	115,12	1944	228,32	1993	50,56	1944	193,09
1963	352,86	1945	32,10	1994	53,50	1945	42,43
1964	54,22	1946	17,98	1995	23,66	1946	16,71
1965	426,09	1947	49,67	1996	24,30	1947	70,30
1966	368,86	1957	222,15	1997	854,43	1948	160,97
1967	44,19	1958	119,16	1998	5,75	1949	125,16
1968	7,72	1959	105,65	1999	48,52	1950	62,83
1969	56,35	1960	78,27	2000	364,24	1951	119,48
1970	118,23	1961	98,02	2001	278,80	1952	83,23
1971	65,18	1962	213,62	2002	525,29	1953	252,77
1972	192,78	1963	223,53	2003	45,53	1954	108,48
1975	31,24	1964	24,65	2004	53,99	1955	13,91
1977	204,73	1965	162,70			1956	55,38
1978	552,21	1966	210,53			1957	159,54
1979	147,70	1967	19,53			1958	85,18
1980	163,78	1968	3,10			1959	64,28
1981	188,53	1969	28,75			1960	77,81
1982	722,30	1970	113,88			1961	100,82
1983	116,02	1971	32,88			1962	174,60
1984	921,79	1972	267,29			1963	194,90
1985	35,06	1973	61,29			1964	34,70
1986	158,72	1974	196,22			1965	142,71
1987	1890,90	1975	63,22				
1988	53,27	1976	19,37				
1989	165,34	1977	260,78				
1990	26,98	1978	237,87				
1991	280,45	1979	46,90				
1992	243,33	1980	124,64				
1993	113,06	1981	144,38				
1994	141,03	1982	422,70				
1995	77,56	1983	84,06				
1996	45,80	1984	665,76				
1997	1086,52	1985	14,88				
1998	14,00	1986	192,86				
1999	93,71	1987	1141,68				
2000	487,02	1988	18,90				
2001	116,87	1989	88,33				
2002	267,75	1990	10,84				
2003	16,44	1991	168,51				
2004	86,45	1992	219,87				



Tabla 68. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Est. Carmen de las Rosas			Est. Melipilla		
AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF
1931	155,81	1973	77,15	1972	141,64
1932	112,38	1974	189,27	1976	14,03
1933	82,87	1976	38,35	1977	206,62
1934	133,59	1977	266,92	1978	168,68
1935	61,86	1978	275,26	1979	99,73
1936	157,89	1979	93,64	1980	80,97
1937	119,38	1980	160,43	1981	158,72
1938	39,12	1981	139,73	1982	354,52
1939	117,51	1982	484,82	1983	74,67
1940	139,92	1983	76,37	1984	372,73
1941	446,45	1984	440,90	1985	24,04
1942	87,36	1985	30,03	1986	94,13
1943	46,49	1986	136,97	1987	469,77
1944	183,19	1987	510,68	1988	17,41
1945	41,70	1988	24,80	1989	48,53
1946	26,97	1993	49,33	1990	10,53
1947	51,78	1994	58,38	1991	125,31
1948	183,00	1995	74,25	1992	273,93
1949	141,23	1996	25,35	1993	43,01
1950	78,43	1997	332,15	1994	64,14
1951	181,32	1998	2,52	1995	70,37
1952	71,41	1999	55,03	1996	28,19
1953	395,51	2000	434,68	1997	357,56
1954	137,99	2001	168,25	1998	2,37
1955	49,55	2002	230,55	1999	69,55
1956	127,47	2003	58,60	2000	314,05
1957	191,08	2004	60,27	2001	71,82
1958	169,09			2002	386,47
1959	164,34			2003	52,09
1960	60,23			2004	58,92
1963	189,09				
1964	27,78				
1965	257,40				
1966	218,32				
1967	51,27				
1968	2,97				
1969	47,09				
1970	97,48				
1971	83,07				
1972	234,19				

Tabla 69. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Estación los Panguiles		Estación Villa Alhué	
AÑO	IMF	AÑO	IMF
1981	149,96	1979	125,46
1982	323,67	1980	223,75
1983	69,04	1981	150,11
1984	222,77	1982	550,45
1985	17,42	1983	91,29
1986	94,99	1984	349,10
1987	538,51	1985	23,55
1988	26,13	1986	151,17
1989	62,11	1987	490,58
1990	18,69	1988	20,30
1991	101,24	1989	88,66
1992	194,94	1990	24,93
1993	47,84	1991	67,96
1994	40,29	1992	325,59
1995	31,79	1993	81,03
1996	12,68	1994	77,80
1997	374,27	1995	79,73
1998	3,91	1996	30,04
1999	75,08	1997	470,81
2000	435,08	1998	4,09
2001	137,40	1999	106,18
2002	299,27	2000	510,39
2003	32,20	2001	256,77
2004	43,23	2003	71,28
		2004	64,57

## ii) Índice Modificado de Fournier de la Región de O'Higgins

En las siguientes 6 tablas se muestran los datos de las 20 estaciones obtenidos con este indicador derivado del Índice de Fournier.

Tabla 70. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Est. Rancagua Endesa		Est. Coltauco		Est. Popeta		Est. las Nieves Central	
AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF
1979	68,96	1979	146,86	1970	107,26	1970	117,79
1980	140,05	1980	209,20	1971	139,86	1971	93,52
1981	119,89	1981	141,32	1972	287,65	1977	327,48
1982	482,63	1982	932,09	1973	121,46	1978	568,19
1983	61,75	1983	133,59	1974	224,78	1979	113,86
1984	269,50	1984	338,80	1975	135,29	1980	289,58
1985	25,10	1985	29,30	1976	71,79	1981	192,38
1986	128,56	1986	180,57	1977	252,20	1982	772,05
1987	321,10	1987	697,00	1978	398,40	1983	125,37
1988	15,41	1988	36,63	1979	78,81	1984	273,57
1989	73,50	1989	138,86	1980	221,03	1985	65,80
1990	41,19	1990	26,12	1981	132,91	1986	293,02
1991	86,98	1991	149,97	1982	774,68	1987	352,68
1992	169,70	1992	407,01	1983	109,02	1988	60,61
1993	63,44	1993	149,48	1984	248,13	1989	160,58
1994	72,42	1994	114,84	1985	57,86	1990	32,31
1995	72,22	1995	120,00	1986	210,07	1991	205,08
1996	35,81	1996	42,67	1987	463,19	1992	301,64
1997	316,38	1997	505,74	1988	41,54	1993	227,26
1998	6,54	1998	5,17	1989	138,67	1994	193,40
1999	72,72	1999	139,53	1990	36,83	1995	142,61
2000	274,81	2000	696,75	1991	139,98	1996	53,92
2001	154,02	2001	349,70	1992	265,17	1997	417,87
2002	223,55	2002	284,89	1993	159,95	1998	9,53
2003	48,92	2003	95,49	1994	98,23	1999	120,32
2004	74,18	2004	50,84	1995	102,66	2000	621,59
				1996	25,34	2001	349,07
				1997	313,44	2002	263,95
				1998	8,46	2003	107,50
				1999	107,88	2004	87,38
				2000	296,30		
				2001	196,03		
				2002	188,26		
				2003	63,75		
				2004	68,65		



Tabla 74. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Estación Rapel				Estación Pichilemu		Estación el Membrillo	
AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF
1960	93,86	2001	343,73	1981	113,41	1982	380,01
1961	107,97	2002	246,68	1982	352,52	1983	42,90
1962	95,14	2003	83,69	1983	93,19	1984	362,41
1963	234,10	2004	107,21	1984	268,15	1985	86,04
1964	69,39			1985	52,17	1986	252,17
1965	477,63			1986	181,43	1987	196,90
1966	456,72			1987	269,12	1988	134,14
1967	10,23			1988	80,78	1989	77,65
1968	14,83			1989	52,32	1990	53,23
1969	86,75			1990	26,25	1991	197,37
1970	67,23			1991	89,69	1992	284,62
1971	95,70			1992	259,44	1993	143,16
1972	365,16			1993	63,47	1994	69,75
1974	260,46			1994	27,03	1995	170,48
1975	130,05			1995	82,06	1996	49,64
1976	84,61			1996	121,26	1997	398,18
1977	273,16			1997	193,65	1998	16,32
1978	237,68			1998	15,56	1999	120,15
1979	124,04			1999	63,73	2000	621,21
1980	207,14			2000	412,60	2001	317,90
1981	136,68			2001	261,51	2002	401,97
1982	500,72			2002	245,52	2003	96,56
1983	83,03			2003	49,06	2004	91,81
1984	338,58			2004	67,72		
1985	50,38						
1986	340,01						
1987	208,98						
1988	68,18						
1989	40,74						
1990	23,94						
1991	126,94						
1992	341,09						
1993	85,98						
1994	35,88						
1995	65,08						
1996	61,26						
1997	386,83						
1998	14,15						
1999	94,52						
2000	464,18						

Tabla 75. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier.

Estación Ranguili		Estación la Palma		Estación Nilahue Barahona	
AÑO	IMF	AÑO	IMF	AÑO	IMF
1982	393,50	1982	344,78	1969	77,62
1983	101,64	1983	113,20	1970	133,78
1984	306,04	1984	272,14	1971	123,53
1985	67,79	1985	47,97	1972	515,50
1986	328,96	1986	232,55	1976	103,14
1987	277,02	1987	29,32	1977	384,57
1988	98,55	1988	217,56	1978	254,51
1989	75,06	1989	65,64	1979	180,73
1990	43,38	1990	75,60	1982	342,45
1991	167,44	1991	250,98	1983	95,88
1992	493,89	1992	492,56	1984	215,72
1993	87,65	1993	148,53	1985	53,96
1994	72,41	1994	139,64	1986	142,91
1995	143,99	1995	119,72	1987	170,66
1996	34,11	1996	53,33	1988	69,60
1997	255,11	1997	245,18	1989	52,64
1998	15,43	1998	11,23	1990	26,58
1999	144,04	1999	154,63	1991	125,90
2000	412,40	2000	336,03	1992	289,32
2001	267,11	2001	249,17	1993	70,71
2002	311,41	2002	272,51	1994	40,40
2003	57,05	2003	56,05	1995	61,23
2004	83,93	2004	67,50	1996	68,12
				1997	336,28
				1998	9,96
				1999	81,99
				2000	429,17
				2001	214,81
				2002	257,86
				2003	73,11
				2004	67,70

### APÉNDICE V. i) Índice Modificado de Fournier – Maule R. Metropolitana

Los datos presentes en las Sigüientes tablas, corresponden a otro Índice de Agresividad del Clima derivado del IF, que fue creado como complemento para este estudio. Los datos de las 16 estaciones se muestran en las sigüientes 6 tablas.

Tabla 76. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Est. Embalse el Yeso		Est. San Gabriel		Est. San José Reten		Est. Pirque	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1963	1008,68	1978	1095,39	1972	1959,54	1973	112,52
1964	128,74	1979	294,12	1973	286,63	1974	385,64
1965	1478,41	1980	1075,25	1974	492,82	1976	214,55
1966	186,25	1981	353,75	1975	226,20	1977	678,28
1967	123,80	1982	3517,66	1977	959,78	1978	966,83
1968	20,98	1983	421,12	1978	1018,55	1979	303,28
1969	503,18	1984	726,94	1979	464,26	1980	680,68
1970	143,24	1985	196,39	1980	456,02	1982	1324,12
1971	98,08	1986	976,83	1981	298,60	1983	494,57
1973	199,84	1987	1792,35	1982	2517,63	1984	783,44
1975	204,55	1988	188,24	1983	491,30	1985	118,77
1976	282,58	1989	909,90	1984	588,15	1986	490,07
1977	548,03	1990	115,79	1985	255,32	1987	1740,93
1978	1087,82	1991	1185,66	1986	775,54	1988	79,56
1979	269,50	1992	226,35	1987	1910,74	1989	456,17
1980	1090,28	1993	783,60	1988	103,12	1990	133,05
1981	235,91	1994	481,38	1989	454,20	1991	795,10
1982	3685,41	1995	156,86	1990	165,48	1992	358,08
1983	280,50	1996	28,25	1991	1028,10	1993	392,92
1984	736,18	1997	2755,92	1992	586,08	1994	355,81
1985	212,33	1998	111,94	1993	454,20	1995	195,93
1986	1389,57	1999	495,94	1994	305,87	1996	107,97
1987	2778,43	2000	1168,45	1995	227,74	1997	1823,87
1988	154,16	2001	1070,88	1996	82,59	1998	36,84
1989	366,82	2003	428,72	1997	1901,43	1999	456,56
1990	181,52	2004	491,23	1998	41,51	2000	1005,94
1991	1478,41			1999	267,04	2001	417,99
1992	510,46			2000	984,79	2002	1123,27
1993	815,37			2001	578,87	2003	240,56
1994	473,50			2003	257,50	2004	409,36
1995	271,54			2004	378,54		
1996	43,34						
1997	2480,51						
1998	93,62						
1999	384,98						
2000	2291,42						
2001	1251,91						
2002	2500,37						
2003	511,96						
2004	385,96						

Tabla 77. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Est. Cerro Calán		Est. Antupirén		Est. Ramón Quebrada	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1976	114,05	1980	548,77	1981	241,65
1977	507,81	1981	130,41	1983	434,26
1978	524,24	1982	1783,19	1984	632,24
1979	302,41	1983	476,97	1985	181,62
1980	450,74	1984	538,79	1986	378,82
1981	240,56	1985	242,83	1987	1336,81
1982	1579,56	1986	480,02	1988	81,97
1983	400,30	1987	1591,06	1989	385,79
1984	606,57	1988	105,87	1990	104,05
1985	195,24	1989	491,30	1994	152,03
1986	436,31	1990	168,43	1995	164,33
1987	1768,36	1991	798,83	1996	86,75
1988	87,45	1992	462,05	1997	2147,38
1989	653,39	1993	325,24	1998	38,58
1990	147,39	1994	229,54	1999	417,86
1991	593,74	1995	183,11	2000	1133,90
1992	618,82	1996	70,58	2001	535,78
1993	411,81	1997	1663,10	2002	579,33
1994	189,70	1998	41,15	2003	163,68
1995	135,07	1999	416,44	2004	460,92
1996	86,21	2000	1043,37		
1997	1626,43	2002	1019,17		
1998	51,30	2003	165,79		
1999	362,94	2004	459,06		
2000	773,27				
2001	557,89				
2002	1246,33				
2003	169,80				
2004	409,88				



Tabla 78. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Est. Oficinas Cen. D.G.A				Est. Rincón de los Valles			
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1961	221,00	2001	383,11	1958	245,76	1999	209,35
1962	178,53	2002	1179,95	1959	334,93	2000	670,88
1963	609,67	2003	159,49	1960	120,42	2001	262,23
1964	127,11	2004	464,38	1961	301,39	2002	1355,91
1965	528,41			1962	142,92	2003	108,91
1966	399,14			1963	749,45	2004	399,63
1967	91,59			1964	61,90		
1968	15,14			1965	673,59		
1969	95,34			1966	481,69		
1970	225,31			1967	58,74		
1971	188,15			1968	9,47		
1972	1036,98			1969	90,12		
1973	79,48			1970	199,88		
1974	466,54			1971	105,62		
1975	121,05			1972	593,26		
1976	108,33			1974	288,42		
1977	510,45			1975	153,67		
1978	534,56			1976	90,67		
1979	177,50			1977	435,69		
1980	386,16			1978	409,44		
1981	243,15			1979	81,31		
1982	1124,19			1980	486,80		
1983	459,37			1981	145,71		
1984	514,47			1982	1219,69		
1985	118,98			1983	445,68		
1986	297,86			1984	1314,75		
1987	1445,08			1985	55,67		
1988	52,32			1986	345,21		
1989	249,59			1987	2269,54		
1990	121,30			1988	66,26		
1991	445,67			1989	150,66		
1992	538,67			1990	50,42		
1993	275,67			1991	330,90		
1994	148,47			1992	528,92		
1995	110,66			1993	107,41		
1996	94,59			1994	100,43		
1997	1718,59			1995	119,02		
1998	38,79			1996	61,90		
1999	415,05			1997	1725,83		
2000	768,84			1998	12,14		

Tabla 79. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Estación Caleu		Estación Rungue Embalse				Estación Til - Til	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1960	342,81	1944	667,21	1993	214,58	1944	745,95
1963	1455,69	1945	124,11	1994	169,69	1945	162,35
1964	128,55	1946	59,61	1995	102,30	1946	73,46
1965	1274,69	1947	152,72	1996	105,90	1947	186,49
1966	1167,99	1957	309,47	1997	2987,82	1948	378,52
1967	182,85	1958	402,12	1998	19,04	1949	265,18
1968	30,53	1959	431,74	1999	213,06	1950	243,32
1969	201,89	1960	178,72	2000	730,48	1951	451,79
1970	319,19	1961	312,21	2001	486,79	1952	359,86
1971	214,74	1962	293,27	2002	1818,14	1953	915,35
1972	461,28	1963	912,58	2003	154,14	1954	459,11
1975	118,83	1964	72,21	2004	344,11	1955	60,39
1977	706,64	1965	426,80			1956	166,75
1978	1256,04	1966	728,80			1957	299,74
1979	452,03	1967	78,97			1958	293,83
1980	777,10	1968	11,80			1959	301,72
1981	349,78	1969	96,31			1960	188,05
1982	2663,93	1970	304,02			1961	319,85
1983	551,84	1971	89,92			1962	257,61
1984	1974,94	1972	1081,61			1963	780,68
1985	107,85	1973	168,08			1964	108,98
1986	648,38	1974	433,46			1965	439,73
1987	4577,45	1975	169,56				
1988	173,41	1976	119,08				
1989	465,40	1977	815,15				
1990	100,71	1978	495,29				
1991	786,18	1979	145,76				
1992	998,32	1980	630,26				
1993	483,53	1981	269,29				
1994	473,51	1982	1706,34				
1995	257,26	1983	373,15				
1996	190,58	1984	1262,41				
1997	3989,08	1985	61,46				
1998	30,62	1986	739,19				
1999	344,35	1987	2492,50				
2000	864,08	1988	67,28				
2001	257,93	1989	248,62				
2002	997,27	1990	40,29				
2003	55,59	1991	616,55				
2004	514,38	1992	831,80				

Tabla 80. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Est. Carmen de las Rosas		Est. Melipilla			
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1931	605,26	1973	284,75	1972	444,46
1932	468,93	1974	470,36	1976	87,22
1933	430,66	1976	185,55	1977	614,98
1934	404,35	1977	822,66	1978	508,08
1935	312,36	1978	752,75	1979	263,38
1936	656,25	1979	252,71	1980	411,18
1937	554,56	1980	768,57	1981	303,84
1938	193,58	1981	272,67	1982	1291,20
1939	449,39	1982	1631,03	1983	300,52
1940	517,56	1983	302,30	1984	1175,37
1941	2191,76	1984	1305,19	1985	87,03
1942	371,40	1985	104,23	1986	371,79
1943	233,37	1986	556,11	1987	1291,92
1944	678,10	1987	1437,44	1988	60,45
1945	181,99	1988	83,50	1989	176,81
1946	152,82	1993	247,80	1990	49,08
1947	196,20	1994	253,01	1991	560,14
1948	608,97	1995	236,97	1992	921,79
1949	355,27	1996	89,44	1993	223,25
1950	412,33	1997	1270,11	1994	286,73
1951	554,56	1998	7,82	1995	251,28
1952	276,87	1999	227,80	1996	115,18
1953	1943,93	2000	885,00	1997	1428,01
1954	526,15	2001	526,15	1998	8,74
1955	210,96	2002	909,22	1999	270,45
1956	678,10	2003	245,00	2000	644,25
1957	565,69	2004	406,81	2001	271,44
1958	599,72			2002	1457,04
1959	803,36			2003	231,90
1960	240,31			2004	388,26
1963	704,05				
1964	103,94				
1965	911,20				
1966	691,63				
1967	186,97				
1968	12,90				
1969	173,22				
1970	327,49				
1971	271,27				
1972	1057,08				

Tabla 81. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Estación los Panguiles		Estación Villa Alhué	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1981	266,04	1979	510,36
1982	1092,48	1980	1162,63
1983	278,36	1981	382,35
1984	690,54	1982	2265,65
1985	86,77	1983	344,33
1986	315,88	1984	1146,06
1987	1482,39	1985	90,88
1988	75,69	1986	558,53
1989	213,50	1987	1419,45
1990	70,38	1988	88,28
1991	457,38	1989	362,84
1992	740,90	1990	127,74
1993	252,32	1991	344,66
1994	174,85	1992	1055,46
1995	114,91	1993	385,83
1996	57,45	1994	351,78
1997	1358,33	1995	286,14
1998	16,23	1996	96,02
1999	320,57	1997	1755,71
2000	942,59	1998	8,83
2001	352,40	1999	364,36
2002	1143,84	2000	999,47
2003	143,19	2001	781,31
2004	275,91	2003	267,41
		2004	438,58

## ii) Índice Modificado de Fournier – Maule de la Región de O'Higgins

En las Sigüientes tablas, se muestran los datos de Índice Modificado Fournier Maule, que fue creado como complemento para este estudio. Los datos de las 20 estaciones se muestran en las sigüientes 6 tablas.

Tabla 82. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Est. Rancagua Endesa		Est. Coltauco		Est. Popeta		Est. las Nieves Central	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1979	277,58	1979	460,53	1970	389,43	1970	505,56
1980	716,70	1980	1027,36	1971	483,42	1971	363,11
1981	289,30	1981	380,61	1972	1512,19	1977	1424,76
1982	1673,37	1982	3462,80	1973	481,31	1978	1596,14
1983	292,67	1983	502,40	1974	706,75	1979	671,07
1984	1103,77	1984	1299,69	1975	306,16	1980	1511,80
1985	115,26	1985	114,10	1976	254,91	1981	543,86
1986	491,40	1986	698,88	1977	1092,33	1982	3078,58
1987	1003,06	1987	1991,20	1978	1096,84	1983	593,55
1988	84,17	1988	157,82	1979	396,11	1984	1288,18
1989	301,26	1989	433,80	1980	1085,98	1985	290,86
1990	192,05	1990	155,49	1981	377,50	1986	1278,23
1991	510,98	1991	741,13	1982	2591,27	1987	1295,17
1992	629,16	1992	1299,69	1983	483,25	1988	279,37
1993	335,21	1993	602,19	1984	991,19	1989	528,58
1994	346,07	1994	454,73	1985	258,77	1990	202,12
1995	305,68	1995	447,48	1986	884,91	1991	1087,94
1996	147,99	1996	159,68	1987	1471,01	1992	1205,52
1997	1425,17	1997	1792,21	1988	219,15	1993	1093,22
1998	24,24	1998	20,91	1989	480,43	1994	751,45
1999	329,14	1999	508,68	1990	209,64	1995	585,79
2000	767,94	2000	1133,13	1991	792,31	1996	211,81
2001	534,85	2001	1027,61	1992	1005,63	1997	2047,13
2002	987,63	2002	1311,46	1993	751,77	1998	35,98
2003	251,29	2003	415,10	1994	421,72	1999	494,64
2004	532,46	2004	314,06	1995	448,81	2000	1501,55
				1996	112,42	2001	1249,09
				1997	1559,95	2002	1247,37
				1998	32,86	2003	552,32
				1999	438,68	2004	603,06
				2000	856,29		
				2001	689,38		
				2002	869,24		
				2003	363,31		
				2004	505,71		



Tabla 84. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Estación Pichidegua		Estación la Rufina				Estación Convento Viejo	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1974	644,85	1960	259,14	2000	1821,12	1972	1949,31
1975	423,00	1961	1179,94	2001	1740,31	1973	392,28
1976	135,18	1962	560,18	2002	1265,94	1974	862,71
1977	745,50	1963	2060,38	2003	814,84	1975	757,42
1978	619,53	1964	309,55	2004	787,74	1976	284,78
1979	516,21	1965	3499,37			1977	1508,92
1980	966,83	1966	1626,88			1978	1327,01
1981	382,58	1967	504,96			1979	689,34
1982	1805,74	1968	87,71			1980	871,92
1983	352,81	1969	1115,08			1981	535,91
1984	1259,44	1970	723,60			1982	2759,70
1985	180,63	1971	600,54			1983	433,27
1986	941,42	1972	2863,56			1984	1175,61
1987	1252,00	1973	573,58			1985	228,55
1988	158,56	1974	1036,96			1986	832,57
1989	209,70	1975	1019,31			1987	1014,30
1990	170,40	1976	733,29			1988	244,24
1991	594,71	1977	2100,51			1989	250,56
1992	1356,58	1978	1900,36			1990	285,79
1993	384,22	1979	1439,51			1991	761,32
1994	238,59	1980	2218,13			1992	1202,31
1995	307,09	1981	943,77			1993	683,29
1996	196,18	1982	3881,70			1994	468,20
1997	1843,03	1983	660,95			1995	529,89
1998	37,35	1984	1621,10			1996	249,74
1999	445,57	1985	413,99			1997	1578,85
2000	991,00	1986	1524,28			1998	27,10
2001	714,42	1987	1698,87			1999	599,41
2002	1720,09	1988	460,53			2000	1307,01
2003	400,01	1989	534,98			2001	904,77
2004	456,98	1990	443,99			2002	1352,09
		1991	1180,56			2003	443,24
		1992	1975,97			2004	405,51
		1993	1771,41				
		1994	1207,23				
		1995	945,05				
		1996	424,66				
		1997	3535,22				
		1998	87,04				
		1999	895,85				

Tabla 85. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Estación la Candelaria		Estación Cocalán		Estación Litueche	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1975	845,88	1979	469,22	1979	415,24
1976	412,73	1980	858,95	1980	1261,97
1977	1606,82	1981	395,40	1981	491,92
1978	1347,51	1982	1846,66	1982	2047,60
1979	845,68	1983	392,85	1983	527,99
1980	1395,64	1984	1315,25	1984	1447,27
1981	576,33	1985	133,81	1985	246,38
1982	3208,54	1986	708,22	1986	1384,37
1983	516,57	1987	1551,15	1987	1659,46
1984	1778,83	1988	177,62	1988	210,47
1985	318,30	1989	200,76	1989	202,99
1986	1411,95	1990	128,62	1990	145,79
1987	1450,39	1991	593,89	1991	863,58
1988	429,61	1992	1185,39	1992	1542,06
1989	334,41	1993	388,63	1993	424,38
1990	203,26	1994	263,49	1994	281,99
1991	930,11	1995	249,40	1995	391,37
1992	1630,46	1996	303,00	1996	408,46
1993	588,17	1997	1653,73	1997	2161,78
1994	459,92	1998	33,01	1998	68,64
1995	511,71	1999	460,75	1999	496,55
1996	216,78	2000	875,05	2000	1177,13
1997	1714,99	2001	642,74	2001	942,84
1998	67,55	2002	1030,50	2002	1763,97
1999	637,27	2003	344,49	2003	522,04
2000	1171,25	2004	438,11	2004	786,76
2001	905,19				
2002	2158,39				
2003	535,43				
2004	413,71				



Tabla 86. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Estación Rapel				Estación Pichilemu		Estación el Membrillo	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1960	441,75	2001	997,95	1981	397,85	1982	1693,44
1961	569,89	2002	1311,04	1982	1577,83	1983	130,01
1962	272,44	2003	328,22	1983	412,80	1984	1708,45
1963	1219,60	2004	538,05	1984	1288,41	1985	348,86
1964	268,54			1985	247,15	1986	1215,21
1965	1629,36			1986	766,66	1987	862,19
1966	1232,92			1987	1118,45	1988	530,24
1967	17,88			1988	339,99	1989	340,59
1968	59,04			1989	224,22	1990	344,99
1969	330,52			1990	162,67	1991	1059,49
1970	242,19			1991	474,24	1992	1022,10
1971	334,07			1992	904,73	1993	681,71
1972	1729,52			1993	331,66	1994	425,66
1974	715,01			1994	145,75	1995	761,09
1975	378,26			1995	382,32	1996	220,81
1976	490,68			1996	501,25	1997	1773,85
1977	938,74			1997	943,51	1998	64,36
1978	685,03			1998	51,47	1999	606,34
1979	464,25			1999	347,11	2000	1246,22
1980	1074,16			2000	734,58	2001	1033,53
1981	347,81			2001	871,66	2002	1910,92
1982	2060,96			2002	1406,42	2003	416,36
1983	308,90			2003	270,91	2004	501,23
1984	1265,21			2004	368,09		
1985	156,69						
1986	1339,68						
1987	763,06						
1988	255,94						
1989	134,07						
1990	128,93						
1991	569,29						
1992	1228,18						
1993	388,86						
1994	207,96						
1995	285,43						
1996	246,42						
1997	1704,29						
1998	48,57						
1999	446,39						
2000	916,33						

Tabla 87. Valores anuales del Índice Modificado de Fournier-Maule.

Estación Ranguili		Estación la Palma		Estación Nilahue Barahona	
AÑO	IMFM	AÑO	IMFM	AÑO	IMFM
1982	1886,56	1982	1700,62	1969	330,50
1983	498,97	1983	517,15	1970	576,05
1984	1616,07	1984	1325,39	1971	589,01
1985	331,01	1985	273,47	1972	1993,98
1986	1536,65	1986	1115,31	1976	485,77
1987	991,44	1987	171,80	1977	1533,37
1988	405,68	1988	950,53	1978	1003,19
1989	306,57	1989	250,46	1979	1038,54
1990	235,76	1990	377,02	1982	1630,10
1991	867,91	1991	1434,84	1983	423,70
1992	1683,58	1992	1377,38	1984	1054,86
1993	474,26	1993	441,35	1985	247,20
1994	360,51	1994	458,18	1986	612,34
1995	593,82	1995	442,01	1987	619,61
1996	181,04	1996	170,25	1988	279,54
1997	1442,32	1997	1306,01	1989	196,40
1998	59,61	1998	46,74	1990	166,40
1999	660,28	1999	731,97	1991	649,53
2000	890,65	2000	741,57	1992	1032,78
2001	962,30	2001	848,52	1993	352,60
2002	1749,64	2002	1476,51	1994	214,47
2003	364,38	2003	352,12	1995	276,15
2004	462,05	2004	434,11	1996	294,00
				1997	1592,87
				1998	36,49
				1999	415,03
				2000	816,21
				2001	756,22
				2002	1287,33
				2003	423,03
				2004	390,87

**APÉNDICE VI.**

**i) Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov Región Metropolitana**

A continuación se presentan los resultados del ajuste a la Función de Distribución de Gumbel de las precipitaciones e índice en estudio (ICP, IF, IMF, IMFM), para los distintos periodos obtenidos en cada una de la 14 estaciones seleccionadas.

**Tabla 88. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.**

Estación Embalse el yeso															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1961-1980	0,1294	0,328	Acepta	0,1411	0,328	Acepta	0,2001	0,328	Acepta	0,1822	0,328	Acepta	0,1942	0,328	Acepta
1981-2004	0,8856	0,275	Acepta	0,0674	0,275	Acepta	0,2167	0,275	Acepta	0,1742	0,275	Acepta	0,1945	0,275	Acepta

**Tabla 89. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.**

Estación San Gabriel															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0695	0,275	Acepta	0,0673	0,275	Acepta	0,1968	0,275	Acepta	0,1494	0,275	Acepta	0,1201	0,275	Acepta

Tabla 90. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación San José Retén															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,0926	0,275	Acepta	0,1269	0,275	Acepta	0,2074	0,275	Acepta	0,1691	0,275	Acepta	0,1770	0,275	Acepta

Tabla 91. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Pirque															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,1051	0,275	Acepta	0,1221	0,275	Acepta	0,1648	0,275	Acepta	0,1180	0,275	Acepta	0,1470	0,275	Acepta

Tabla 92. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Cerro Calán															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,0876	0,275	Acepta	0,0581	0,275	Acepta	0,1857	0,275	Acepta	0,1270	0,275	Acepta	0,1151	0,275	Acepta

Tabla 93. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Antupiren															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,0874	0,275	Acepta	0,0611	0,275	Acepta	0,2095	0,275	Acepta	0,1412	0,275	Acepta	0,1586	0,275	Acepta

Tabla 94. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Oficinas Centrales D.G.A.															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1961-1980	0,1281	0,294	Acepta	0,1079	0,294	Acepta	0,0761	0,294	Acepta	0,1172	0,294	Acepta	0,1410	0,294	Acepta
1981-2004	0,0788	0,275	Acepta	0,1567	0,275	Acepta	0,2166	0,275	Acepta	0,1316	0,275	Acepta	0,1336	0,275	Acepta

Tabla 95. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Rincón de los Valles															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1961-1980	0,1073	0,284	Acepta	0,1058	0,284	Acepta	0,1175	0,284	Acepta	0,1211	0,284	Acepta	0,1257	0,284	Acepta
1981-2004	0,1171	0,275	Acepta	0,0916	0,275	Acepta	0,2510	0,275	Acepta	0,2506	0,275	Acepta	0,1693	0,275	Acepta

Tabla 96. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Caleu															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1961-1980	0,1251	0,328	Acepta	0,0962	0,328	Acepta	0,0862	0,328	Acepta	0,1101	0,328	Acepta	0,1294	0,328	Acepta
1981-2004	0,0956	0,275	Acepta	0,1073	0,275	Acepta	0,2616	0,275	Acepta	0,2299	0,275	Acepta	0,2004	0,275	Acepta

Tabla 97. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Rungue Embalse															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1961-1980	0,1085	0,275	Acepta	0,1099	0,275	Acepta	0,0861	0,275	Acepta	0,1479	0,275	Acepta	0,1191	0,275	Acepta
1981-2004	0,0848	0,275	Acepta	0,1604	0,275	Acepta	0,2340	0,275	Acepta	0,1904	0,275	Acepta	0,1686	0,275	Acepta

Tabla 98. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Carmen de las Rosas															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1941-1960	0,1187	0,302	Acepta	0,1367	0,302	Acepta	0,0908	0,302	Acepta	0,1158	0,302	Acepta	0,1868	0,302	Acepta
1961-1980	0,0996	0,275	Acepta	0,1136	0,275	Acepta	0,1728	0,275	Acepta	0,1057	0,275	Acepta	0,0798	0,275	Acepta
1981-2004	0,1240	0,275	Acepta	0,0534	0,275	Acepta	0,1552	0,275	Acepta	0,1488	0,275	Acepta	0,1646	0,275	Acepta

Tabla 99. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Melipilla															
		Pp			ICP			IF			IMFM				
Periodos	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,1074	0,275	Acepta	0,1402	0,275	Acepta	0,2273	0,275	Acepta	0,2133	0,275	Acepta	0,1810	0,275	Acepta

Tabla 100. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Los Panguliles															
		Pp			ICP			IF			IMFM				
Periodos	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,0841	0,275	Acepta	0,0849	0,275	Acepta	0,2145	0,275	Acepta	0,1431	0,275	Acepta	0,1713	0,275	Acepta

Tabla 101. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Villa Albue															
		Pp			ICP			IF			IMFM				
Periodos	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,1033	0,275	Acepta	0,0559	0,275	Acepta	0,1931	0,275	Acepta	0,1779	0,275	Acepta	0,1769	0,275	Acepta

ii) Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov Región de O'Higgins

Tabla 102. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Rancagua Endesa															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0788	0,275	Acepta	0,0763	0,275	Acepta	0,1800	0,275	Acepta	0,1722	0,275	Acepta	0,1400	0,275	Acepta

Tabla 103. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Coltauco															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0840	0,275	Acepta	0,1351	0,275	Acepta	0,1976	0,275	Acepta	0,1930	0,275	Acepta	0,1223	0,275	Acepta

Tabla 104. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Popeta															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0760	0,275	Acepta	0,0786	0,275	Acepta	0,1686	0,275	Acepta	0,0888	0,275	Acepta	0,1042	0,275	Acepta



Tabla 105. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Las Nieves Central															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,1615	0,275	Acepta	0,0766	0,275	Acepta	0,1106	0,275	Acepta	0,0468	0,275	Acepta	0,1191	0,275	Acepta

Tabla 106. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Rengo															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,1362	0,275	Acepta	0,0692	0,275	Acepta	0,1619	0,275	Acepta	0,0848	0,275	Acepta	0,0775	0,275	Acepta

Tabla 107. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación San Fernando															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMFM					
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>			
1981-2004	0,0938	0,275	Acepta	0,1050	0,275	Acepta	0,2118	0,275	Acepta	0,1860	0,275	Acepta	0,1665	0,275	Acepta

Tabla 108. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Viña Vieja															
Períodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,1069	0,275	Acepta	0,0611	0,275	Acepta	0,1435	0,275	Acepta	0,0872	0,275	Acepta	0,0824	0,275	Acepta

Tabla 109. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Millahue															
Períodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,1448	0,275	Acepta	0,1293	0,275	Acepta	0,1549	0,275	Acepta	0,1220	0,275	Acepta	0,1361	0,275	Acepta

Tabla 110. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Pichilemu															
Períodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,1073	0,275	Acepta	0,1087	0,275	Acepta	0,1543	0,275	Acepta	0,2048	0,275	Acepta	0,1675	0,275	Acepta

Tabla 111. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación La Rufina															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1961-1980	0,1797	0,289	Acepta	0,1870	0,289	Acepta	0,1566	0,289	Acepta	0,1615	0,289	Acepta	0,1579	0,289	Acepta
1981-2004	0,0865	0,275	Acepta	0,1045	0,275	Acepta	0,1147	0,275	Acepta	0,0904	0,275	Acepta	0,0746	0,275	Acepta

Tabla 112. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Convento Viejo															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0660	0,275	Acepta	0,1527	0,275	Acepta	0,1596	0,275	Acepta	0,1137	0,275	Acepta	0,0906	0,275	Acepta

Tabla 113. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación La Candelaria															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0987	0,275	Acepta	0,1975	0,275	Acepta	0,1755	0,275	Acepta	0,1558	0,275	Acepta	0,1585	0,275	Acepta

Tabla 114. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Cocalán															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0732	0,275	Acepta	0,0713	0,275	Acepta	0,1872	0,275	Acepta	0,1587	0,275	Acepta	0,1394	0,275	Acepta

Tabla 115. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Litueche															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,1217	0,275	Acepta	0,1144	0,275	Acepta	0,1492	0,275	Acepta	0,1477	0,275	Acepta	0,1692	0,275	Acepta

Tabla 116. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Rapel															
Periodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1961-1980	0,2000	0,294	Acepta	0,1899	0,294	Acepta	0,1863	0,294	Acepta	0,2014	0,294	Acepta	0,1983	0,294	Acepta
1981-2004	0,1088	0,275	Acepta	0,0841	0,275	Acepta	0,1756	0,275	Acepta	0,1571	0,275	Acepta	0,1340	0,275	Acepta

Tabla 117. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Pichilemu															
Períodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,1014	0,275	Accepta	0,1601	0,275	Accepta	0,1662	0,275	Accepta	0,1503	0,275	Accepta	0,1415	0,275	Accepta

Tabla 118. Valores de calculados (Dc) y de Kolmogorov-Smirnov (Dt) para verificar el ajuste a la FDP.

Estación Nihahue Barahona															
Períodos	Pp			ICP			IF			IMF			IMFM		
	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>	Dc	Dt	H <sub>0</sub>
1981-2004	0,0951	0,275	Accepta	0,1202	0,275	Accepta	0,1607	0,275	Accepta	0,1580	0,275	Accepta	0,1433	0,275	Accepta