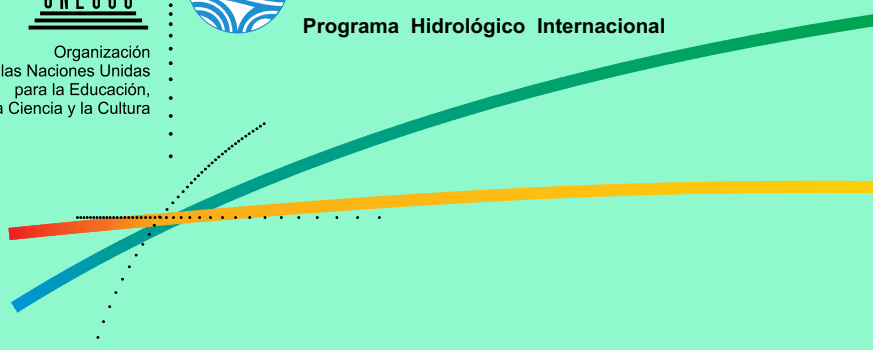




Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa Hidrológico Internacional



Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia para la zona centro sur de Chile

phi-LAC

Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO
para América Latina y el Caribe

PHI-VI / Documento Técnico N° 7



**Roberto Pizarro Tapia
Dayanna Aravena Garrido
Karina Macaya Pérez
Alejandro Abarza Martínez
Mariela Cornejo Espinoza
Mauricio Labra Lorca
Marcelo Pavez Vidal
Leonardo Román Arellano**



Centro del Agua para Zonas
Áridas y Semiáridas de
América Latina y El Caribe



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa Hidrológico Internacional

Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia para la zona centro sur de Chile

phi

Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO
para América Latina y el Caribe

PHI-VI / Documento Técnico N° 7

Roberto Pizarro Tapia
Dayanna Aravena Garrido
Karina Macaya Pérez
Alejandro Abarza Martínez
Mariela Cornejo Espinoza
Mauricio Labra Lorca
Marcelo Pavez Vidal
Leonardo Román Arellano



Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, para la zona centro sur de Chile

Autores:

Roberto Pizarro Tapia
Dayanna Aravena Garrido
Karina Macaya Pérez
Alejandro Abarza Martínez
Mariela Cornejo Espinoza
Mauricio Labra Lorca
Marcelo Pavez Vidal
Leonardo Román Arellano

1. INTRODUCCIÓN

Las características geográficas de Chile, permiten que en el país exista una gran diferencia en cuanto a cantidad y distribución de las precipitaciones, las que aumentan considerablemente de norte a sur. Así, según Fernández (1995), las precipitaciones corresponden a uno de los elementos climáticos que de manera más directa influye en la configuración del medio natural, siendo la principal aportación de agua a una cuenca, donde su distribución, tanto temporal como espacial, condiciona los ciclos productivos, por lo que es un elemento vital para el asentamiento de poblaciones humanas, que basan su quehacer productivo en ellas.

Sin embargo, contrarias a dicha importancia, aparece una serie de dificultades en el estudio de las precipitaciones, entre ellas, la irregularidad con que se presentan, la que se acentúa en los lugares de transición climática, donde los valores medios son muy poco significativos y se precisa el estudio de series bastante largas para poder evaluarlas y caracterizarlas. En este sentido, una forma de caracterizar las precipitaciones, lo constituye la intensidad de precipitación, que representa la cantidad de lluvia caída en función del tiempo, expresada normalmente en mm/h. De este modo, es posible relacionar dicha intensidad con la frecuencia con que ocurre y con la duración, a través de técnicas estadísticas que relacionan estas tres variables, obteniéndose así las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (curvas IDF), las que están construidas en base a intensidades máximas. Luego, estas curvas juegan un rol importante, al permitir establecer intensidades de diseño, asociadas a un periodo de retorno y a una determinada duración de lluvia, ya que la cantidad total de precipitación registrada en un lugar por unidad de tiempo, puede tener efectos muy diferentes en función de su intensidad, pues un incremento en el monto de las intensidades, resulta en un aumento en el volumen de escorrentía, y por consiguiente, en un mayor caudal.

Por su parte, los eventos extremos, con intensidades de precipitación muy altas, son poco frecuentes, pero cuando ocurren, pueden provocar desastres tales como inundaciones, generadas principalmente por colapsos en los sistemas de drenaje urbano o desbordos de ríos y también deslizamientos de laderas en casos más severos. En las figuras 1.1 y 1.2 es posible observar inundaciones ocurridas en la ciudad de Los Ángeles en el año 1952 y en el año 2006, ambas con consecuencias muy similares. Sin embargo, estos problemas se pueden mitigar o evitar con un buen diseño de obras hidráulicas, los que necesariamente requieren del conocimiento de las intensidades máximas de precipitación (Espíldora, 1971; Mintegui y López, 1990; Llamas, 1993, Willems 2000).



Figura 1.1. Inundación ocurrida en la ciudad de Los Ángeles en el año 1952.
Fuente: Diario la Tribuna, Los Ángeles.



Figura 1.2. Inundación ocurrida en la ciudad de Los Ángeles en el año 2006.
Fuente: Ing. Jaime Rodríguez, CMPC.

De este modo, por medio del análisis de las curvas IDF, es posible obtener intensidades de diseño, asociadas a distintas duraciones y periodos de retorno, lo que resulta fundamental para el dimensionamiento de numerosos proyectos de control y evacuación de crecidas que requieren de un diseño hidrológico, como proyectos de alcantarillados y colectores de aguas lluvias en cuencas urbanas, o sistemas de drenaje de caminos y aeropuertos, entre otros, para los cuales se debe conocer la probabilidad de que se produzcan determinados valores de intensidad de precipitación que representen riesgo. (Pizarro *et al*, 2001).

En este marco y como una forma de contribuir a la adecuada utilización de los recursos hídricos en el país, este libro presenta las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, construidas para 40 estaciones, pertenecientes a la red de estaciones pluviográficas de la Dirección General de Aguas (DGA), distribuidas entre las regiones de Coquimbo y de la Araucanía, así como las expresiones matemáticas que las modelan, cuya finalidad es facilitar la lectura de las intensidades. Asimismo, también se presenta la metodología utilizada para la elaboración de dichas curvas, así como también la caracterización de las intensidades máximas de precipitación en sentido latitudinal.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Características de las precipitaciones en Chile

En Chile, las precipitaciones se caracterizan por presentar cierto grado de torrencialidad, principalmente en las zonas áridas y semiáridas, siendo los fenómenos hidrometeorológicos extremos, una constante que se repite cada cierto tiempo, y cada vez con mayor frecuencia, provocando grandes flujos desde los sectores altos hacia los sectores bajos, lo que se refleja en el aumento de los caudales y con ello, en la generación de posibles inundaciones y otros destrozos provocados por el agua. Estos acontecimientos, ocurren principalmente en los sectores más urbanizados, generando pérdidas económicas asociadas, así como también problemas sociales (figuras 2.1.1 y 2.1.2).



Figura 2.1. Colapso del puente Batuquito en la ruta 5 sur, región del Bío-Bío, año 2006.
Fuente: Ing. Jaime Rodríguez, CMPC.



Figura 2.2. Vista aérea de la inundación ocurrida en la ciudad de Concepción en el año 2006. *Fuente:* Ing. Jaime Rodríguez, CMPC.

A su vez, el comportamiento de las precipitaciones se ve afectado por diversos factores, entre ellos la latitud y la altitud, aunque esta última es considerada como secundaria en relación a la primera, por la gran variedad de climas que abarca el país, debido a que se extiende entre los 17°30' y los 56°30' de latitud sur en Sudamérica y hasta los 90° de latitud sur, si se considera el Territorio Antártico Chileno. También se debe considerar la influencia marítima presente a lo largo de todo el país y la longitud asociada a la altura del relieve, representada por la Cordillera de la Costa y la de los Andes, esta última con alturas que superan los 5.000 y 6.000 msnm.

En este sentido, para evaluar adecuadamente el comportamiento de las precipitaciones, es necesario conocer las relaciones entre cuatro características fundamentales de éstas: la intensidad, la duración, la frecuencia y su distribución.

Así, las lluvias intensas son aquellas que registran un gran volumen de agua precipitada en lapsos breves. Este tipo de precipitación, puede causar perjuicios materiales y humanos considerables (Guelman y Cunha, 2000). Por su parte, la intensidad de precipitación corresponde a las diferencias sucesivas de las medidas de precipitación acumuladas (ΔP), divididas por el intervalo de tiempo (Δt), por lo que la intensidad máxima se determina calculando las intensidades corrientes, pertenecientes a una serie de datos para un intervalo de tiempo determinado, para luego seleccionar el valor máximo de ese conjunto de datos (Chow *et al*, 1994). La observación simple, muestra que la intensidad de precipitación es mayor mientras más corta es su duración. (Remenieras, 1971).

En cuanto a la duración de un evento de precipitación, éste se define como el tiempo que transcurre desde que se inicia la precipitación, hasta que ésta cesa (Pereyra *et al*, 2004).

Otra variable en estudio corresponde a la frecuencia, que corresponde a la repetición de eventos de características similares en intensidad y duración (Coras *et al*, 2001). Esta definición va en directa relación con el periodo de retorno, el que se define como el número de años promedio que transcurre para que un evento sea igualado o excedido (Linsley *et al*, 1977).

Pizarro *et al* (1986), definen al periodo de retorno (T) como el inverso de la probabilidad de ocurrencia de un evento x, el que se expresa de la siguiente forma:

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

2.2 Definición de las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

En relación a las Curvas IDF, Nanía (2003) señala que, son curvas que relacionan la intensidad de la lluvia con su duración, donde para cada periodo de retorno, se tiene una curva diferente. Una definición similar es la que entrega Benítez, citado por Pizarro (2001), quien afirma que estas curvas corresponden a la representación gráfica de la relación que existe entre la intensidad y la duración, asociado a la frecuencia o periodo de retorno de la precipitación.

Témez (1978) por su parte, las define como aquellas curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno.

Una definición más detallada es la entregada por Mintegui y López (1990), quienes señalan que las Curvas IDF representan a las duraciones en las abscisas y a la altura o intensidad de precipitación en las ordenadas, donde cada curva representada corresponde a una frecuencia (o periodo de retorno), de tal forma que las gráficas de estas curvas representan la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondiendo todos los puntos de una misma curva a un idéntico periodo de retorno. La figura 2.2.1 muestra gráficamente la relación teórica entre la intensidad, la duración y la frecuencia o periodo de retorno. En ella se observa que la intensidad decrece a mayor duración y a su vez, para una tormenta de cualquier duración, se tendrá mayor intensidad a mayor período de retorno.

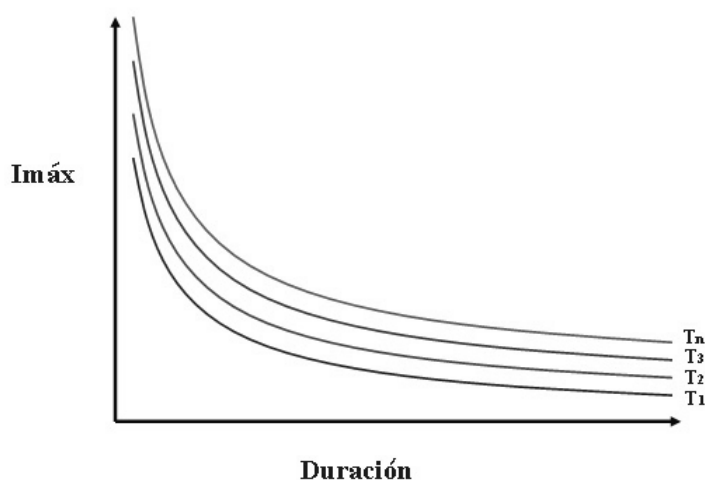


Figura 2.3. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia

Para la construcción de estas curvas, es necesario realizar análisis de frecuencias de lluvias intensas. En este sentido, la distribución más utilizada es la de valores extremos tipo I o de Gumbel (Chow *et al* 1988, Varas 1988; Bedient y Huber, 1992; Llamas, 1993; Maidment, 1993; Mintegui y Robredo, 1993; Fernández, 1995). Asimismo esta distribución ha sido empleada con buenos resultados en el estudio de eventos meteorológicos de valores máximos diarios y anuales, obteniéndose así, ajustes precisos (Mintegui y López 1990).

Es importante señalar que la construcción de las Curvas IDF se realiza en base a los datos provenientes de los pluviogramas de una determinada estación. Asimismo, las intensidades que se obtienen para cada duración, derivados del análisis realizado a los pluviogramas, son características para cada zona. (López Cadenas, 1998).

Sin embargo, para Pizarro *et al* (1986), uno de los principales problemas a la hora de diseñar obras de ingeniería, es la determinación del periodo de retorno, el que se debe basar en criterios tanto económicos como los relacionados con la vida útil de la obra, la protección de la vida humana, el tipo de estructura y la facilidad de reparación de la obra, entre otros. Para Stappung (1999), el periodo de retorno para el diseño de sistemas de evacuación de aguas lluvias, dependerá del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, del comportamiento de las precipitaciones, de los caudales involucrados y de la consecuencia de que éstos excedan la capacidad de las obras, así como también el costo asociado a las mismas. En este sentido, el período de retorno considerado será mayor, cuanto mayor sea la importancia y la repercusión social, ecológica y económica de la obra. Por ello, la necesidad de disponer de amplios períodos de retorno contrasta con la disponibilidad de series de datos climatológicos, por lo que es necesario recurrir a estimaciones estadísticas.

Otro problema para determinar las intensidades máximas de precipitación, es la falta de disponibilidad de pluviógrafos, que son los instrumentos que proporcionan datos con intervalos de tiempo adecuados a las necesidades de diseño. Debido a esta situación, lo que se utiliza normalmente son pluviómetros, que miden las alturas totales para intervalos grandes, generalmente 24 horas, asumiendo con esto, que el comportamiento de la intensidad en ese intervalo de tiempo es constante (Mintegui y Robredo, 1993).

2.3. Aplicación de las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, son una de las herramientas más útiles para el diseño hidrológico de caudales máximos, cuando se utilizan modelos lluvia-escorrentía como los hidrogramas unitarios o el método racional (Nanía, 2003). Es así como un gran número de proyectos hidrológicos, como el diseño de evacuadores de crecidas, construcción de puentes, construcción de redes de drenaje, entre otros, se definen en relación con la máxima precipitación que se podría esperar para un determinado período de retorno. A partir de estos eventos extremos, se fijan las dimensiones del proyecto y se establecen los criterios de predicción y de riesgo (Llamas, 1993; Asociación Catalana de Ingeniería Sin Fronteras, 2002).

Por otra parte, las curvas IDF son de gran ayuda en la construcción de obras de control de erosión y recuperación de suelos degradados. En obras como zanjas de infiltración, canales de desviación, diques de postes, gaviones y otras destinadas al control de cárcavas y procesos erosivos en laderas, se hace necesario conocer los máximos valores de intensidades de precipitación que se pueden alcanzar, con el fin de dimensionar dichas obras (Pizarro *et al*, 2005).

Adicionalmente a las aplicaciones anteriores, destaca la construcción de las tablas de extensión de las Curvas IDF. Estas permiten estimar las intensidades máximas de precipitación para distintas duraciones y periodos de retorno, relacionando la intensidad de precipitación de 1, 2, 4...12 h, con la intensidad de 24 h, puesto que las precipitaciones diarias son las más comunes

de obtener, permitiendo así extrapolar estas relaciones, a zonas donde sólo se cuenta con datos pluviométricos (Pizarro *et al*, 2001).

En países como Ecuador, las curvas IDF, junto con otras variables, han sido utilizadas en la prevención de aluviones. Esto se realiza por medio de la interpretación de eventos históricos, las que en conjunto con el análisis de estas curvas, han permitido determinar puntos de riesgo, dentro de las distintas microcuencas que rodean a la ciudad de Quito (Zevallos, 1996).

A nivel nacional, son variados los estudios desarrollados en torno a las curvas IDF. Espíldora (1971), desarrolló una metodología que permite la estimación de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para lugares con escasa o ninguna información pluviográfica, basándose en coeficientes generalizados de duración y de frecuencia. Estos coeficientes y esta metodología permiten estimar dichas curvas con sólo conocer las precipitaciones máximas anuales en 24 horas. Además, comparó los valores de coeficientes de duración y de frecuencia obtenidos con los de un estudio realizado por Bell en 1969. De este estudio se concluyó que los coeficientes de duración y frecuencia generalizados, calculados a partir de información pluviográfica de Santiago, Chillán, Talcahuano y Valdivia, presentaron una aproximada constancia dentro de las diferencias comúnmente aceptadas, considerando los errores usuales de los datos y los errores de tipo estadístico. Por otra parte, al comparar sus resultados con los valores obtenidos por Bell en 1969 pudo concluir que los coeficientes, tanto de duración como de frecuencia, son aproximadamente iguales a los valores generalizados propuestos para lugares tales como Estados Unidos, Unión Soviética, Australia, Hawaii, Alaska y Puerto Rico.

Por su parte, De Fraja (1993), determinó curvas IDF para las ciudades de Concepción y Talcahuano, utilizando la información de la estación "Carriel Sur" para un período de retorno de 10 años, a partir de la metodología propuesta por Varas y Sánchez en 1983. Estos autores realizaron un estudio de curvas generalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia similar al realizado por Espíldora (1971), en donde propusieron una metodología para estimar las intensidades de lluvias de corta duración asociadas a distintos períodos de retorno en función de las observaciones de lluvias máximas diarias. El método propuesto se basó en la utilización de coeficientes de duración y de frecuencia generalizados, los que fueron definidos en base al análisis de los registros pluviográficos de 13 estaciones ubicadas en la zona central y sur de Chile, distribuidas desde La Serena a Puerto Montt.

De Fraja (1993), también hace mención a curvas IDF existentes para las ciudades de Concepción y Talcahuano, las que fueron generadas por Celis (1984), basándose en datos de la estación meteorológica "Bellavista", a partir de 428 chubascos seleccionados, observados entre los años 1971 y 1983.

Pero las curvas IDF no sólo son aplicables en la zona central y sur del país. Rodríguez (1986), construyó una serie de curvas IDF para la cuenca del río Tarapacá en la Primera Región, con el fin de obtener la intensidad a partir de precipitaciones máximas en 24 horas para distintos períodos de retorno, dentro de un programa de protección para los valles de dicha cuenca.

Stappung (1999), realizó una recopilación de intensidades horarias para Chile y otros países como Argentina, Venezuela, Brasil, Estados Unidos, Francia y Canadá, generando las curvas IDF para períodos de retorno de dos, diez y cien años, separadas por duraciones entre 2 y 24 horas y entre 10 y 120 minutos. Además, realizó una recopilación de intensidades máximas de precipitación entre 10 y 120 minutos que corresponde al rango usual en drenaje urbano de colectores primarios, para períodos de retorno de dos, cinco, diez, veinticinco, cincuenta y cien años para varias ciudades de Chile a partir de información extraída de los estudios de planes maestros de aguas lluvias de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), organismo dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP). En el caso de la ciudad de Santiago, encontró valores asociados a un período de retorno de dos años que fluctúan entre 17 mm/h y 6 mm/h para duraciones de 10 y 120 minutos respectivamente; y para un período de retorno de cien años los

valores encontrados en duraciones de 10 y 120 minutos de precipitaciones máximas, alcanzaron los 40 mm/h y los 12 mm/h respectivamente.

Por su parte, Martínez y Caro (1983), citados por Caro y Córdova (1998), hacen mención a un estudio encargado por la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS), con motivo del estudio del Plan Maestro del Alcantarillado de Santiago, en donde se llevó a cabo un análisis pluviométrico de la ciudad que permitió su sectorización en cuatro zonas. Para cada una de estas zonas se elaboraron curvas IDF que permitieron determinar la precipitación de cálculo para áreas tributarias con diferentes tiempos de concentración y distintos períodos de retorno. Este estudio se realizó a partir de datos de precipitaciones máximas registradas en la estación “Quinta Normal”, dependiente de la Dirección Meteorológica de Chile (D.M.C), y considerando el período 1941–1981 a partir de los cuales se homogeneizaron las 9 estaciones pluviométricas seleccionadas como representativas de todo el área en estudio.

Como se puede observar, en general en el país, se ha desarrollado un gran número de proyectos en torno a las intensidades máximas de precipitación, pero estos sólo comprenden la elaboración aislada de curvas en zonas puntuales, no abarcando grandes superficies.

A nivel mundial, diversos autores se han preocupado de estudiar la relación existente entre la lluvia caída y su duración. Bell (1969), estudió las razones entre lluvias de distinta duración e igual período de retorno, y también la razón entre lluvias de diferentes períodos de retorno e igual duración. Para ello utilizó datos de un gran número de estaciones ubicadas en Estados Unidos Continental, Australia, Alaska, Rusia, Hawai, Puerto Rico y África. Dicho autor concluyó a partir de su estudio que las razones entre lluvias de distinta duración e igual período de retorno y la razón entre lluvias de diferentes períodos de retorno e igual duración son muy constantes en todos los puntos estudiados debido a que las grandes intensidades se producen en tormentas convectivas, las cuales tienen gran independencia geográfica y regional (Varas y Sánchez, 1988).

Por otra parte son variados los países que cuentan con una amplia red de curvas IDF; entre ellos destacan Brasil, Ecuador, Estados Unidos y Grecia entre otros. De este modo, las curvas IDF han sido la base para el diseño de numerosas obras hidráulicas y para algunos estudios desarrollados para determinar puntos de riesgo, principalmente de inundaciones, desarrollando mapas de zonificación de riesgos naturales en conjunto con otras variables. Dentro de los estudios más recientes destaca el realizado por Walkins *et al* (2005), quienes actualizaron las curvas Intensidad Duración Frecuencia para el Estado de Michigan, obteniendo además puntos de riesgo de inundaciones. Con ello se obtuvo un mapa isopluvial, donde se ven representadas las curvas IDF. Por su parte en México Gutiérrez-López y Ramírez (2005), también actualizaron y ampliaron variables para la construcción de índices de inundaciones, generados en el año 1960 por Dalrymple.

Asimismo Kothyari y Garde (1992), plantean que en India se utiliza la relación entre las variables de intensidad, duración y frecuencia en la planificación y diseño de proyectos relacionados con los recursos hídricos. Por otra parte en Cuba, Puentes (2000), generó una serie de curvas IDF en el contexto de un estudio de caracterización hidrológica de cuencas tropicales, específicamente en la cuenca del río San Diego en el poblado de San Andrés. Para esto se basó en los datos pluviográficos de la estación “República de Chile”, considerando una serie de tiempo de 10 años y seleccionando las series de máximos anuales para las duraciones de 5, 10, 20, 30, 40, 60, 90, 150, 300, 720 y 1440 minutos.

Sin duda una particularidad de las Curvas IDF, es que se pueden expresar como ecuaciones, con el fin de evitar la lectura de las intensidades de precipitación en una gráfica (Chow *et al*, 1994).

El planteamiento de las primeras relaciones matemáticas, que modelan a dichas curvas, data desde el inicio de los años treinta del siglo pasado, y fueron realizadas por Sherman en 1931 y Bernard en 1932 (Pereyra *et al*, 2004). Para Remenieras (1971), estos modelos han conducido a numerosos investigadores del mundo a generar diversas expresiones matemáticas que simulan las curvas IDF, las que se presentan a continuación:

$$I = \frac{KT^m}{(D+b)^n}, \quad \text{Modelo Propuesto por Sherman, (1931)}$$

$$I = \frac{KT^m}{D^n}, \quad \text{Modelo propuesto por Bernard, (1932)}$$

$$I = \frac{a}{D+b}, \quad \text{Modelo propuesto por Linsley } et al, (1949), \text{ para duraciones entre 5 y 20 minutos.}$$

$$I = \frac{c}{D^n}, \quad \text{Modelo propuesto por Linsley } et al, (1949), \text{ para duraciones superiores a 60 minutos.}$$

$$I = \frac{K}{D^n + b}, \quad \text{Modelo propuesto por Wenzel, (1982)}$$

$$I = i_1^T * \frac{a}{(D+b)^c}, \quad \text{Modelo propuesto por Chen (1983)}$$

$$I = \frac{KT^m}{D^n + b}, \quad \text{Modelo Propuesto por Chow } et al, (1994)$$

$$I = K \left\{ \frac{m - \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]}{(D+b)^n} \right\}, \quad \text{Modelo propuesto por Koutsoyiannis } et al, (1998)$$

Donde a, b, c, K, m, n y b son parámetros adimensionales, i_1^T es la intensidad media de la lluvia de una hora y período de retorno de T años, T es periodo de retorno, D es la duración e I la intensidad máxima de precipitación.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende a siete regiones de Chile central, distribuidas entre los 29°02' y 39°37' latitud Sur; y entre los 69°49' longitud Oeste con el océano Pacífico, que corresponde al territorio de las regiones de Coquimbo, de Valparaíso, Metropolitana, del Lib. Gral. Bernardo O'Higgins, del Maule, del Bío-Bío y de la Araucanía.

Estas regiones se encuentran insertas en un sistema climático mediterráneo, semiárido y sub-húmedo, donde la temperatura mínima en invierno es de unos 0°C, mientras que la máxima en verano alcanza los 26°C en promedio. Otro aspecto climático de relevancia de esta macrozona central, es la extrema variabilidad de las precipitaciones entre un año y otro, observándose ciclos alternos que se descomponen en períodos muy lluviosos y períodos con precipitaciones por debajo de lo normal. Según datos de la Dirección Meteorológica de Chile (2002), la precipitación de un año normal en la región central de Chile, varía de 312 a 900 mm.

En relación al relieve, casi todas estas regiones se caracterizan por presentar una orografía en donde se diferencian claramente tres entidades fundamentales; la cordillera de los Andes, la depresión Intermedia y la cordillera de la Costa. En el sector cordillerano andino se pueden encontrar cumbres con altitudes superiores a los 5000 msnm (figura 3.1)



Figura 3.1. Esquema general del perfil transversal de Chile central

Por otra parte, la distribución del recurso hídrico en las regiones en estudio, es altamente desigual en términos espaciales, como se aprecia en la tabla 3.1, donde se entrega el balance hídrico entre las regiones de Coquimbo y de la Araucanía. En ella se observa que la región de la Araucanía (IX) supera en más de 9 veces el aporte de precipitación que recibe la región de Coquimbo (IV).

Tabla 3.1. Balance hídrico desde la región de Coquimbo (IV) a la Araucanía (IX).

Región	Precipitación (mm)	Escorrentía (mm)	Evapotranspiración Real		Evaporación desde lagos y salares (mm)
			Sup. natural (mm)	Sup. regada ⁽¹⁾ (mm)	
IV	222,0	17,5	187	17,1	1,32
V	434	83,7	306	41,3	-
RM	650	200	361	59,2	1,96
VI	898	32,0	497	27,2	5,37
VII	1377	784	548	39,2	-
VIII	1766	1173	581	19,3	-
IX	2058	1476	576	-	8,51

⁽¹⁾: considera solamente el aumento de evaporación que experimenta una superficie natural cuando se incorpora riego. Fuente: Estado del Medio Ambiente en Chile, 2005.

3.1. Región de Coquimbo (IV)

Ubicada entre los 29°20' y 32°15' de latitud Sur, la región de Coquimbo comprende una superficie de 40.579,9 km², lo que equivale al 5,4% de la superficie total del país. Se encuentra conformada por tres provincias, Elqui con 16895,1 km², Limarí con 13.553,2 km² y Choapa con 10.131,6 km² (INE, 2001).

Del total de la superficie regional, el 77,5% corresponde a praderas y matorrales, el 17,8% a áreas desprovistas de vegetación y el 4,1% a terrenos agrícolas. Según CONAF–CONAMA IV Región (1999), la región cuenta con 1.610,1 ha de bosque nativo, el que se caracteriza por dos tipos forestales: el Esclerófilo, que representa el 99,9% y el Siempreverde con un 0,1%. Además, presenta 1.839,9 ha de plantaciones y 64,7 ha con bosque mixto.

A su vez, esta región se caracteriza por la presencia de cordones montañosos que se orientan en sentido Oeste – Este, los que se extienden hasta las planicies litorales, dando paso a tres importantes valles transversales: el Elqui, el Limarí y el Choapa; los cuales por sus características edafoclimáticas permiten el desarrollo de la actividad agropecuaria (CONAMA, 2005). Cuenta además con otras unidades de relieve como la cordillera de los Andes, caracterizada por alturas uniformes y por la ausencia de volcanes; y el litoral Costero, que presenta alturas inferiores a los 600 msnm, compuesto por amplias terrazas marinas (Gobierno Regional de Coquimbo, 2005).

En cuanto al clima, la región es considerada como de transición entre las zonas áridas y semiáridas, presentando climas tales como estepa costero o nuboso, que se encuentra a lo largo de toda la costa; estepa cálida al interior, por sobre los 800 msnm y templado frío de altura, que se localiza por sobre los 3.000 m de altitud (DMC, 2005).

Las precipitaciones en la zona son escasas, variando desde 150 a 350 mm al año, presentando además períodos secos de 8 a 9 meses. Por ello, el aporte de agua en períodos estivales proviene principalmente de la cordillera de los Andes. Así, la cuenca del río Elqui abarca una superficie de 9.657 km² y presenta un caudal de 7,13 m³/s; la cuenca del río Limarí, denota una superficie de 11.760 km² y un caudal medio de 7,34 m³/s y la cuenca del río Choapa, cuenta con una superficie de 8.124 km² y un caudal medio de 8,73 m³/s. Estos ríos son los que definen los valles transversales y presentan un régimen de alimentación mixto.

Por otra parte, la región de Coquimbo dispone de algunos embalses: el Puclaro con 200 millones de m³ y La Laguna con 40 millones de m³, los que son abastecidos por el río Elqui; Recoleta con 100 millones de m³, Cogotí con 150 millones de m³ y La Paloma con 740 millones de m³, que son abastecidos por el río Limarí y permiten el riego de cultivos en el valle y el funcionamiento de la central hidroeléctrica Los Molles; el embalse Corrales, que presenta una capacidad de 50 millones de m³ y es abastecido por el río Illapel y el embalse Culimo, de 10 millones de m³ de capacidad, abastecido por el río Choapa.

3.2. Región de Valparaíso (V)

La región de Valparaíso, perteneciente a la zona central del país, se localiza entre los 32°02' y los 33°57' de latitud Sur. Abarca una superficie de 16.391,1 km², que corresponde al 2,2% de la superficie total del país, distribuidas en siete provincias, Valparaíso con 2.780,0 km², Petorca con 4.588,9 km², San Felipe de Aconcagua con 2.659,2 km², Quillota con 1.638,7 km², Los Andes con 3.054,1 km², San Antonio con 1.511,6 km² e Isla de Pascua con 163,6 km² (INE, 2001).

En relación a la categoría de uso del suelo que presenta la región, CONAF–CONAMA V Región (1999) señala que el 59,6% pertenece a praderas y matorrales, el 13,9% a áreas desprovistas de vegetación y el 11,5% a terrenos agrícolas. La superficie de bosque nativo presente en la zona

corresponde a 95.312,9 ha, distribuidas principalmente entre las provincias de Valparaíso, San Antonio y Quillota, siendo el tipo forestal más importante el Esclerófilo, que representa al 98,3% del total de bosque nativo, seguido por el Siempreverde con 1,0% y el Roble-Hualo con 0,7%. Por otra parte las plantaciones y bosque mixto comprenden superficies de 65.012,8 ha y 149,6 ha respectivamente.

El relieve de la zona, se caracteriza por una gran variabilidad, pues en el extremo norte de la región, se observan las últimas manifestaciones de los valles transversales, representados por los valles de los ríos Petorca, La Ligua y Aconcagua, mientras que hacia el sur se distinguen tres unidades de relieve, la cordillera de los Andes, que puede sobrepasar los 5.000 msnm.; la depresión Intermedia, que hace su aparición en esta región y la cordillera de la Costa (CONAMA, 2005).

Por su parte, el clima de la zona, al igual que su relieve, es muy variado. Esto se debe a que la región de Valparaíso se encuentra inserta en una zona de transición entre el norte y el centro del país, lo que ocasiona que al norte del río Aconcagua, se observe la presencia del clima de estepa cálido, mientras que en el resto de la región, el clima que prima es el mediterráneo, el que se caracteriza por presentar estaciones bien definidas. Es así como a lo largo de la costa, el clima predominante es el mediterráneo templado costero; hacia el interior se encuentra el clima mediterráneo templado cálido; y en la cordillera de los Andes, por sobre los 3.000 m de altura, se encuentra el clima frío de altura (DMC, 2005).

En cuanto a las precipitaciones medias anuales, éstas presentan un aumento, si se compara con la región anterior, siendo de 150 mm en el extremo norte y de 250 mm al interior, mientras que a lo largo del sector costero éstas pueden superar los 450 mm, Además, se puede destacar la gran presencia de cursos de agua en la zona, siendo los principales ríos el Aconcagua, que presenta una superficie de 7.163 km² y un caudal medio de 33,0 m³/s; La Ligua con una superficie de 1.900 km² y un caudal medio de 1,1 m³/s y el Petorca con 2.669 km² de superficie y un caudal medio de 39,0 m³/s. Esto ríos tienen su origen en la cordillera de los Andes, por lo que presentan un régimen de alimentación mixta. Esta región, también cuenta con algunos embalses como el embalse Lliu Lliu y el lago Peñuelas, los que tienen una capacidad de 2 y 95 millones de m³ respectivamente (CONAMA, 2005).

3.3. Región Metropolitana (RM)

La región Metropolitana, se ubica entre los 32°55' y los 34°19' de latitud Sur. Comprende una superficie de 15.403,2 km², que representa un 2,0% del territorio nacional. Está compuesta por 6 provincias, Chacabuco con 2.076,1 km², Santiago con 2.030,3 km², Cordillera con 5.528,3 km², Melipilla con 4.065,7 km², Talagante con 582,3 ha y Maipú con 1.120,5 km². En esta región, se encuentra la ciudad de Santiago, que además de ser la capital regional es la capital del país (INE, 2001).

Según CONAF–CONAMA región Metropolitana (1999), las principales categorías de uso de suelo presentes en la región corresponden a praderas y matorrales, que cubren 611.436,2 ha, seguidas de áreas desprovistas de vegetación, con 435.618,3 ha y los terrenos para uso agrícola que abarcan 256.857,6 ha. En cuanto a la superficie de bosque nativo presente en la región, ésta comprende 93.454 ha, donde el tipo forestal más importante corresponde al Esclerófilo, representado por un 92,9%, seguido por Roble–Hualo con un 7% y finalmente por Ciprés de Cordillera, con solo un 0,1%. A su vez, las plantaciones forestales y el bosque mixto comprenden superficies de 4.884,7 ha y 72,7 ha respectivamente.

El relieve que presenta esta zona, se caracteriza por la presencia de tres unidades bien definidas: la cordillera de la Costa, con alturas sobre los 2.000 msnm; la depresión Intermedia, que abarca una longitud de 80 km en sentido Norte-Sur, donde se encuentra la cuenca de

Santiago que corresponde al sector más urbanizado del país, y finalmente la cordillera de los Andes, la que cuenta con sectores donde las alturas superan los 5.000 msnm. (CONAMA, 2005).

En esta región, destaca la presencia de dos tipos de clima; el templado mediterráneo cálido con lluvias invernales y una estación seca prolongada entre 7 y 8 meses, que se desarrolla casi en toda la región y el clima frío de altura, que se localiza en la cordillera de los Andes por sobre los 3.000 m de altura (DMC, 2005).

Por otra parte, las precipitaciones alcanzan un promedio anual de 350 mm y van en disminución desde la costa hacia el interior, para luego aumentar en la cordillera de los Andes. Una característica relevante de las precipitaciones de esta región, y en general en toda la zona central del país, es la gran irregularidad que se observa entre un año y otro, presentándose periodos muy secos y otros extremadamente lluviosos.

En relación a la hidrología de la región, el principal curso de agua corresponde al río Maipo, que presenta una hoya de 15.380 km² y un caudal medio anual de 92,3 m³/s. Su régimen de alimentación es mixto, presentando dos crecidas anuales; una en invierno, provocada por las precipitaciones y otra en primavera, por los deshielos cordilleranos. Además, presenta aportes de los ríos Mapocho, Yeso y Colorado (CONAMA, 2005).

3.4. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (VI)

La región del Libertador General Bernardo O'Higgins, se localiza entre los 34° y los 35° de latitud Sur. Presenta una superficie de 16.387,0 km², que comprende al 2,2% de la superficie total del país. Se encuentra conformada por 3 provincias: Cardenal Caro, con 3.324,8 km²; Cachapoal con 7.384,2 km² y Colchagua con 5.678,0 km² (INE, 2001).

De la superficie regional, el 36,3% está cubierto por praderas, seguido de terrenos agrícolas con un 26,5% y áreas desprovistas de vegetación con un 16,2%. Además la región cuenta con 117.798,3 ha de bosque nativo, siendo el tipo forestal más importante el Esclerófilo, representado por un 82,4%, seguido por el Roble-Hualo, con 15,5% y Ciprés de la Cordillera con un 2,1%. También cuenta con 100.930 ha de plantaciones forestales, de las cuales el 0,7% pertenece a bosque mixto (CONAF-CONAMA VI Región, 1999).

En relación al relieve, esta región se caracteriza por presentar cuatro unidades de relieve bien definidas: las planicies Litorales, de gran extensión entre la costa y la unidad siguiente; la cordillera de la Costa, con altitudes que alcanzan los 2000 msnm; la depresión Intermedia, que abarca desde Angostura de Paine, hasta Angostura de Pelequén, conformando la cuenca de Rancagua y finalmente la cordillera de los Andes, que presenta altitudes entre los 3.000 a 4.000 msnm. (CONAMA, 2005).

En cuanto al clima, es posible distinguir tres tipos; el templado nuboso, que predomina en el litoral; el templado mediterráneo cálido con estación seca prolongada, característico de la depresión Intermedia; y por sobre los 3.500 msnm, se observa la presencia del clima frío de altura y la presencia de nieves eternas (DMC, 2005).

Por otra parte, las precipitaciones alcanzan un promedio de 563 mm anuales y presentan un aumento a medida que se avanza hacia el sur. Éstas a su vez, son mayores en la costa y en la cordillera de los Andes, debido al relieve que no permite la entrada a los vientos húmedos oceánicos, Además el sistema hidrográfico de esta región se encuentra conformado por el río Rapel, el que presenta como afluentes a los ríos Cachapoal y el Tinguiririca, todos de origen andino, dando origen al embalse Rapel, en el sector denominado la Junta (CONAMA, 2005).

3.5. Región del Maule (VII)

La región del Maule se localiza entre los 34° 50' y los 36° de latitud Sur y presenta una superficie de 30.296,1 km², las que representan un 4,4% de la superficie total del país. Comprende a 4 provincias: Curicó, con 7.280,9 km²; Talca, con 9.937,8 km²; Cauquenes, con 3.027,2 km² y Linares, con 10.050,2 km² (INE, 2001).

En cuanto a la categoría de uso de suelo que presenta la zona, el 27,0% de la superficie está cubierto por praderas y matorrales, seguido por bosques con un 26,2% y terrenos agrícolas con 23,4%. De la superficie de bosque, 370.329 ha corresponden a bosque nativo, donde los tipos forestales más importantes son el Roble-Raulí-Coihue, con un 42,8% y Roble-Hualo con un 40%, seguido por los tipos Esclerófilo, Lenga, Ciprés de la Cordillera y Siempreverde, con 11,1%; 3,7%; 2,1% y 0,2% respectivamente. Además cuenta con 413.335,5 ha de plantaciones y 12.292,2 ha de bosque mixto (CONAF–CONAMA VII Región, 1999).

Esta región también presenta cuatro unidades de relieve bien definidas. Las planicies Litorales, que alcanzan los 200 m de largo; la cordillera de la Costa, que a diferencia de la región anterior, se presenta baja, con alturas que no superan los 900 m de altura; la depresión Intermedia, que se caracteriza por su gran extensión y la cordillera de los Andes, en la que se observa gran presencia de vulcanismo (CONAMA, 2005).

El clima de la región pertenece al templado mediterráneo. Así, se puede observar que en la costa predomina el clima templado mediterráneo costero, el que presenta temperaturas moderadas todo el año; el interior se caracteriza por la presencia del clima templado mediterráneo cálido y en la precordillera de los Andes, por bajo los 2.000 m de altura, se da un clima templado mediterráneo de altura, además del clima frío de altura en la cordillera de los Andes (DMC, 2005).

En lo que a precipitaciones se refiere, éstas varían entre 500 mm al año en el Norte de la región, hasta los 1.270 mm al Sur. Además, esta zona cuenta con dos sistemas hidrográficos: el río Mataquito y el río Maule, ambos de origen andino. El primero se ubica al Norte de la región y presenta una de hoya de 6.200 km², con un caudal medio de 153 m³/s, siendo los ríos Teno y el Lontué sus principales afluentes; el segundo se ubica al Sur y presenta una hoya de 20.300 km², con un caudal medio de 467 m³/s y tiene como afluentes a los ríos Puelche, Los Cipreses, Claro, Melado y Loncomilla (CONAMA, 2005).

3.6. Región del Bío – Bío (VIII)

La región del Bío-Bío se localiza en el límite sur de la zona central, específicamente entre los 36°00' y los 38°30' de latitud Sur. Comprende una superficie de 37.062,6 km², lo que equivale a un 4,2% del territorio nacional. Cuenta con 4 provincias, Ñuble con 13.178,5 km²; Concepción con 3.439,0 km²; Arauco con 5.457,2 km² y Bío-Bío con 14.987,9 km² (INE, 2001).

Con respecto a la capacidad de uso que presentan sus suelos, el 47,6% se encuentra cubierto por bosques; el 27,2% de terrenos agrícolas y un 16,3% de praderas y matorrales. De la superficie total de bosque, un 53,3% corresponde a plantaciones, mientras que un 44,6% pertenece a bosque nativo, donde el tipo forestal más importante de la región es Roble-Raulí-Coihue, que representa el 62,2% del total de bosque nativo, seguido de Lenga, con un 18,3% (CONAF–CONAMA VIII Región, 1999).

Desde el punto de vista morfológico se distinguen las unidades tradicionales del relieve chileno, como son la cordillera de Los Andes, la que se presenta más baja con características de cordones montañosos, con una altura promedio de 2.000 msnm; la depresión Intermedia, donde se observa una topografía uniforme que se extiende desde el pie occidental de la precordillera,

hasta hacer contacto con la cordillera de la Costa; la cordillera de la Costa, que exhibe grandes diferencias al norte y al sur del río Bio-Bío presentando dos sectores cordilleranos, uno bajo y ondulado al norte, con una altura promedio inferior a los 400 m, mientras que al sur el cambio se da en la cordillera de Nahuelbuta, que se levanta como un macizo imponente de más de 1.500 msnm; finalmente las planicies Costeras se presentan homogéneas, caracterizadas por planos costeros o terrazas (Dirección Meteorológica de Chile, 2005).

Las características climáticas mediterráneas templadas son las que predominan en esta región, observándose algunas diferencias dentro de este género, producidas por las diferencias en los montos pluviométricos causados por la latitud y la cercanía al mar. Se distinguen así tres subclimas de acuerdo a la duración de la estación seca y la influencia oceánica: clima Templado Cálido con estación seca de 4 a 5 meses, similar al que se presenta en la región del Maule; clima Templado Cálido con una estación seca corta, es decir menos de 4 meses; clima Templado Lluvioso con influencia mediterránea, localizado en el sector costero.

Las precipitaciones anuales superan los 1.000 mm, pero en la alta cordillera la pluviosidad es mucho más alta y de carácter nival, superando los 3.000 mm. Además, presenta dos grandes hoyas hidrográficas; la del río Itata y la del río Bío-Bío, ambos nacidos en la Cordillera de los Andes. La primera, alcanza una superficie de 11.100 km² y está formada por dos cursos principales de agua; los ríos Ñuble e Itata. Posee una longitud de 180 km y su régimen es mixto, y un caudal medio de 572 m³/s. Por su parte, el río Bío-Bío posee una de las cuencas más extensas del país con 24.029 km²; su longitud alcanza a los 380 km, un caudal medio de 900 m³/s, y su régimen de alimentación también es mixto con crecidas en invierno-primavera; a su vez es el desagadero de dos lagos cordilleranos: Icalma y Galletué.

3.7. Región de la Araucanía (IX)

La región de la Araucanía, perteneciente a la zona centro sur del país, se localiza entre los 37°35' y los 39°37' de latitud Sur. Abarca una superficie de 31.842,3 km², distribuidas en dos provincias, Malleco con 13.433,3 km² y Cautín con 18.409,0 km² (INE, 2001).

En relación a la categoría de uso del suelo que presenta esta región, CONAF–CONAMA IX Región (1999) señalan que el 40,5% está cubierto por bosques, seguido de terrenos agrícolas con un 30% y un 22,4% de praderas y matorrales. Por su parte, la superficie de bosque nativo presente en la zona abarca 908.501,1 ha, de las cuales un 70,6% pertenece a bosque nativo, donde el tipo forestal más importante es el Roble-Raulí-Coihue, con un 47,6%, seguido de Araucaria con 22%. Por otra parte las plantaciones y bosque mixto comprenden 359.906,2 ha y 19.074,1 ha, respectivamente.

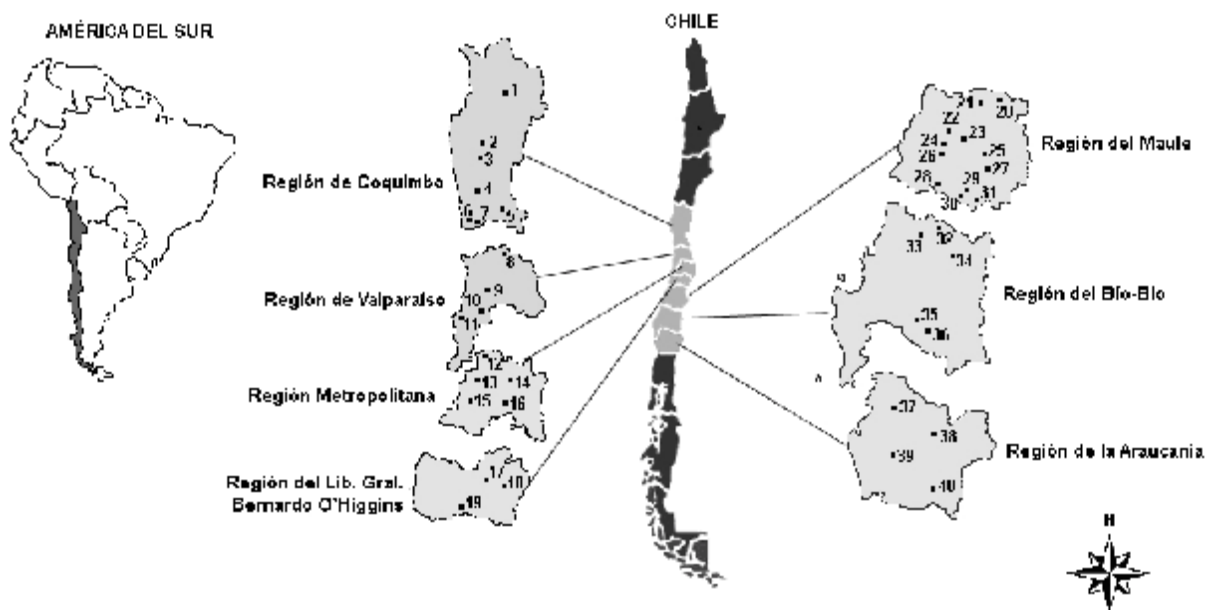
En relación al relieve, la cordillera de Los Andes presenta alturas superiores a los 2000 msnm, dominada por los volcanes que la constituyen y le dan las características de cordillera volcánica activa; Tolhuaca (2.780 m), Lonquimay (2.822 m), Llaima (3.050 m) y Villarrica (2.840 m). A su vez, la depresión Intermedia representa el 54% de la superficie regional y se caracteriza por presentar una fosa tectónica entre ambas cordilleras, fuertemente ondulada e interrumpida por cursos de agua profundos. También presenta cuencas que son separadas por cordones de cerros que las cruzan en distintas direcciones. Otra de las características topográficas de esta región es la presencia de cerros isla que emergen del llano, tales como el Pidenco y el Pangal (Dirección Meteorológica de Chile, 2005).

Los climas presentes en la región corresponden en primer lugar al Templado Cálido, con estación seca corta (menos de 4 meses), el que se ubica en la parte norte, hasta las proximidades de los 39°, con amplitudes moderadas entre el día y la noche, alcanzando valores de hasta los 5°C y registros medios anuales de casi 12°C; y el clima Templado Lluvioso con influencia mediterránea, el que se presenta poco más allá de los 38° de latitud Sur.

Las precipitaciones medias anuales, denotan registros casi continuos, alcanzando valores promedio anuales superiores a los 2.000 mm anuales y en donde se presenta una distribución mensual significativa entre los meses de marzo a noviembre. Por su parte, esta región se caracteriza por la presencia de dos hoyas hidrográficas; la del río Imperial, al norte y la del río Toltén al sur. El primero cuenta con una extensión de 12.054 km² en su hoya hidrográfica y su régimen es mixto, pero sus mayores aportes de agua se producen en invierno; el caudal medio del río Imperial es de 240 m³/s. El río Toltén, a su vez, presenta una extensión de 7.886 km² en su hoya hidrográfica y nace en el extremo poniente del lago Villarrica, abarcando una longitud de 123 km, con un caudal medio de 52 m³/s; su régimen también es mixto y además permite el riego de 25.000 ha.

3.8 Características de la información

En total se cuenta con 40 estaciones pluviográficas distribuidas entre las regiones señaladas, de las cuales siete se localizan en la región de Coquimbo, cuatro en la región de Valparaíso, cinco en la región Metropolitana, tres en la región de O'Higgins, doce en la región del Maule, cinco en la región del Bío-Bío y cuatro en la región de la Araucanía (figura 4.1). Estas estaciones pertenecen a la Dirección General de Aguas (DGA), organismo dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que cuenta con una amplia red de estaciones pluviométricas y pluviográficas a lo largo de Chile central y centro Sur.



- 1: Rivadavia, 2: Embalse la Paloma, 3: Embalse Cogotí, 4: Illapel, 5: La Tranquilla, 6: Los Cóncores, 7: Quelón, 8: Hacienda Pedernal, 9: Quillota, 10: Embalse Lliu-Lliu, 11: Lago Peñuelas, 12: Embalse Rungue, 13: Los Panguiles, 14: Cerro Calán, 15: Melipilla, 16: Pirque, 17: Rengo, 18: Central las Nieves, 19: Convento Viejo, 20: Potrero Grande, 21: Los Queñes, 22: Pencahue, 23: Talca, 24: San Javier, 25: Colorado, 26: Melozal, 27: Embalse Ancoa, 28: Parral, 29: Embalse Digua, 30: San Manuel, 31: Embalse Bullileo, 32: Embalse Coihueco, 33: Chillán Viejo, 34: Embalse Diguillín, 35: Quilaco, 36: Cerro el Padre, 37: Traiguén, 38: Curacautín, 39: Pueblo Nuevo, 40: Pucón.

Figura 3.2. Mapa de ubicación de las 40 estaciones pluviográficas de Chile Central y Centro Sur.

Las series de años varían entre ellas; asimismo, el estudio utilizó como criterio de selección la periodicidad de los datos, teniendo como registro mínimo 10 años de estadística, y considerando que las estaciones seleccionadas son representativas del comportamiento meteorológico de estas regiones. En la tabla 4.1 se presentan las estaciones seleccionadas en el estudio, así como también su ubicación geográfica y la serie de años con la que se cuenta en cada una de ellas.

Tabla 3.2. Ubicación geográfica de las estaciones pluviográficas de Chile central y centro Sur.

Región	Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Serie (años)	Años
Coquimbo	Rivadavia	29°58'	70°34'	25	1976 - 2001
	Embalse La Paloma	30°41'	71°02'	40	1962 - 2002
	Embalse Cogotí	31°00'	71°05'	33	1966 - 2002
	Illapel	31°38'	71°11'	27	1976 - 2002
	La Tranquilla	31°54'	70°40'	34	1966 - 2002
	Los Cóndores	32°07'	71°19'	22	1978 - 2002
	Quelón	32°09'	71°10'	27	1973 - 2002
Valparaíso	Hacienda Pedernal	32°05'	70°48'	10	1978 - 2001
	Quillota	32°54'	71°13'	12	1979 - 2002
	Embalse Lliu-Lliu	33°06'	71°13'	14	1979 - 2002
	Lago Peñuelas	33°09'	71°32'	21	1974 - 2001
Metropolitana (RM)	Embalse Rungue	33°02'	70°54'	16	1984 - 2000
	Cerro Calán	33°23'	70°32'	17	1983 - 2000
	Los Panguiles	33°26'	71°00'	15	1985 - 2000
	Pirque	33°40'	70°36'	17	1984 - 2000
	Melipilla	33°42'	71°13'	17	1984 - 2000
Lib. Gral. Bernardo O'Higgins	Rengo	34°24'	70°52'	26	1970 - 2002
	Central las Nieves	34°29'	70°45'	27	1971 - 2002
	Convento Viejo	34°46'	71°06'	21	1972 - 2002
Maule	Los Queñes	34°59'	70°48'	15	1988 - 2002
	Potrero Grande	35°10'	71°05'	15	1988 - 2002
	Pencahue	35°23'	71°48'	17	1982 - 1998
	Talca	35°26'	71°38'	17	1982 - 1998
	San Javier	35° 35'	71° 39'	15	1988 - 2002
	Colorado	35°37'	71°16'	14	1982 - 1998
	Melozal	35°44'	71°48'	17	1982 - 1998
	Embalse Ancoa	35°55'	71°17'	15	1988 - 2002
	Parral	36°11'	71°50'	17	1982 - 1998
	Embalse Digua	36°15'	71°32'	15	1988 - 2002
	Embalse Bullileo	36°17'	71°16'	16	1982 - 1998
San Manuel ⁽¹⁾	36°21'	71°38'	7	1996 - 2002	
Bío-Bío	Embalse Coihueco	36° 39'	71° 49'	20	1984 - 2003
	Chillán Viejo	36° 38'	72° 06'	29	1974 - 2003
	Embalse Diguillín	36° 52'	71° 38'	38	1965 - 2003
	Quilaco	37° 41'	72° 00'	39	1965 - 2003
	Cerro el Padre	37° 47'	72° 52'	28	1976 - 2003
La Araucanía	Traiguén	38° 15'	72° 40'	16	1988 - 2003
	Curacautín	38° 26'	71° 53'	13	1991 - 2003
	Pueblo Nuevo	38° 44'	72° 34'	15	1989 - 2003
	Pucón	39° 16'	71° 58'	20	1984 - 2003

⁽¹⁾: Dada la importancia geográfica de la estación pluviográfica San Manuel, se seleccionaron 2 intensidades máximas por año, completando una serie de 14 datos.

En ella es posible observar que la estación que cuenta con mayor número de años corresponde a la estación Embalse la Paloma, ubicada en la región de Coquimbo, con una serie de datos de 40 años, mientras que la estación con menor número de años corresponde a la estación San Manuel, localizada en la región del Maule con sólo 7 años. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en muchas de estas estaciones, los datos no son continuos, existiendo años en que no se pudo obtener información, debido principalmente al deterioro que presentan algunas bandas pluviográficas.

4. CONSTRUCCIÓN GRÁFICA Y MATEMÁTICA DE LAS CURVAS IDF

4.1 Recopilación de la información pluviográfica

La información base para la construcción de las curvas IDF fue aportada por la Dirección General de Aguas (DGA), entidad dependiente del MOP, organismo que se encuentra a cargo de una amplia red de estaciones pluviográficas situadas en el territorio nacional. Dichas estaciones cuentan con equipos pluviográficos que, por medio de bandas milimetradas (figura 4.1), registran la totalidad de los eventos de precipitación que ocurren durante el año, en forma diaria y horaria, las cuales fueron facilitadas para la construcción de las curvas IDF.

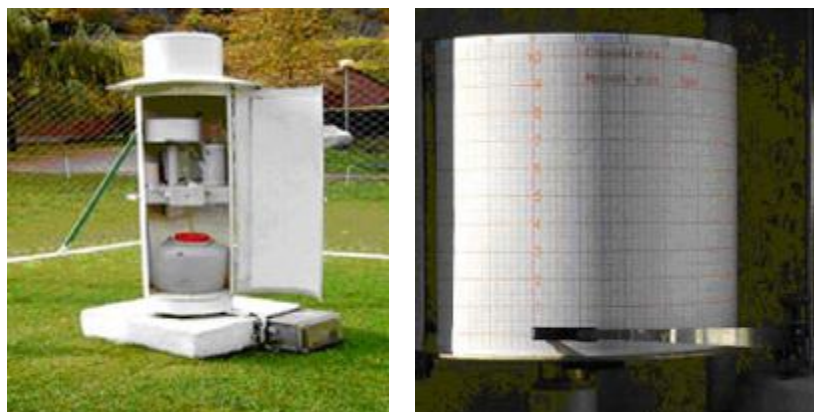


Figura 4.1. Equipo de pluviógrafo y su banda de registro milimetrada.

Fuente: www.meteosort.com/meteosort/cas/a_m_28.htm

En cada una de las estaciones, se utilizó el máximo posible de años de registro, de modo de disponer del máximo de datos pluviográficos y conseguir así una estadística confiable. Sin embargo, en algunas estaciones seleccionadas existen años en que las bandas presentan zonas defectuosas, ya sea por el paso del tiempo o por algún problema en el funcionamiento del pluviógrafo. Esto obligó a seleccionar sólo aquellos años en que los registros se encuentran en su mayoría completos, para lo cual se realizó una revisión previa de los registros anuales de cada estación, estimándose contar con una estadística promedio de 20 años para cada estación.

4.2 Selección de intensidades máximas

En Chile el método más validado para la construcción gráfica de las curvas IDF, es el propuesto por Témez (1978), que consiste en analizar las bandas de registros pluviográficos, seleccionando los valores extremos de precipitación para tiempos determinados.

Al respecto, en cada banda de registro pluviográfico, como la que se muestra en la figura 4.2, se buscaron, para cada año, las cantidades máximas de precipitación para las duraciones de 1, 2, 6, 12 y 24 horas. Las mediciones se realizaron tomando como referencia las 08:00 horas de cada día; luego, para cada duración se utilizaron cuñas que se desplazaron en intervalos de tiempo de forma discreta. A modo de ejemplo, para una duración de 24 horas se hizo una medición desde las 08:00 horas de un día hasta las 08:00 horas del siguiente día y luego una segunda medición desde las 20:00 horas del primer día hasta las 20:00 horas del siguiente.

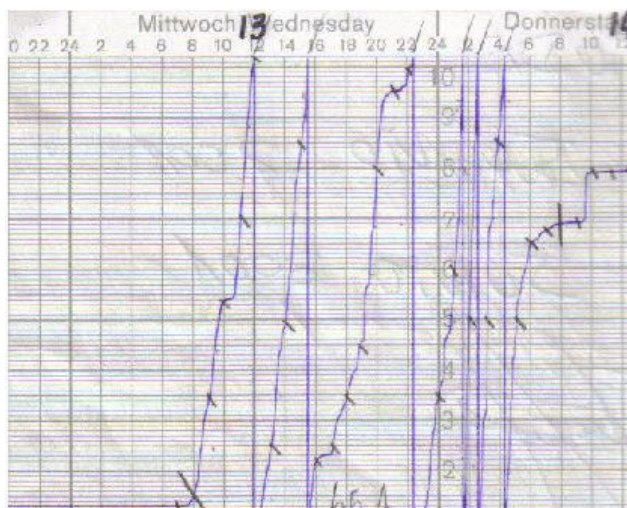


Figura 4.2. Banda pluviográfica con registro de precipitación.

Con el propósito de obtener la gráfica de las curvas IDF (figura 4.3), lo más aproximado al método propuesto por Témez (1978), se realizaron diversos muestreos, para evitar cambios en la tendencia de las curvas. De esta manera, en cada nuevo muestreo fue posible encontrar valores mayores de intensidad de precipitación, situación que era aún más común a duraciones pequeñas, las que debieron ser muestreadas 12 o incluso más veces en cada estación. En duraciones mayores, tales como 12 o 24 horas, los muestreos fueron como mínimo 2 o 3.

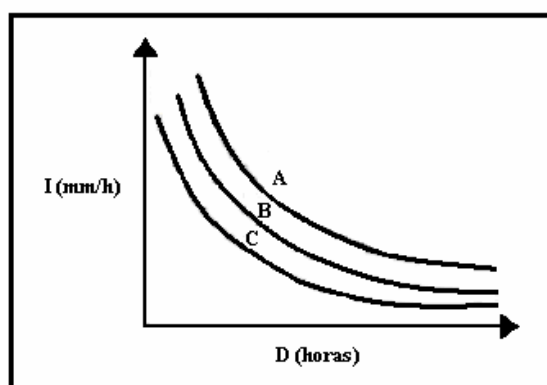


Figura 4.3. Esquema de las curvas IDF, según el método propuesto por Témez (1978).

Una vez seleccionados los valores extremos de precipitación para cada año y distintas duraciones, se calculó la intensidad horaria, la cual se logra dividiendo los valores de cada una de las series por su duración, obteniendo intensidades en mm/h, como se muestra en la siguiente expresión:

$$I = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/h);

ΔP = diferencial de precipitación (mm);

Δt = diferencial de tiempo (h).

En la figura 4.3 es posible apreciar que el valor de I (intensidad) aumenta al disminuir D (duración), de tal manera que presenta una forma exponencial negativa. Esto se explica debido a que la probabilidad de encontrar intensidades mayores aumenta a medida que las duraciones disminuyen; por el contrario, las menores intensidades se encuentran vinculadas a las mayores duraciones (Témez, 1978).

4.3 Ajuste de los datos a una función de distribución de probabilidad

Cuando la información de precipitación local está disponible, las curvas IDF pueden desarrollarse utilizando análisis de frecuencia; es decir, para cada una de las duraciones seleccionadas, se extraen las profundidades de lluvias máximas anuales de los registros históricos de lluvias y luego se aplica el análisis de frecuencia (Chow *et al*, 1994).

Para la aplicación del análisis de frecuencia se requiere de una función de distribución de probabilidades. Al respecto, la distribución de Gumbel ha sido empleada con buenos resultados en el estudio de eventos meteorológicos de valores máximos, obteniéndose ajustes muy precisos para valores máximos diarios y anuales (Mintegui *et al*, 1993). A su vez, Stol (1971), citado por Dickinson (1977), señala que la función de Gumbel resulta ser la más adecuada para representar lluvias anuales extremas.

La aplicación de la función de distribución de Gumbel en estudios que contemplen eventos de valores extremos no sólo es avalada por los autores mencionados anteriormente. La literatura especializada en el tema cita siempre a la función de distribución de Gumbel debido a la calidad de ajuste que presenta en eventos máximos (Témez, 1978; Pizarro, 1986; Linsley *et al*, 1988; Ponce, 1989; Chow *et al*, 1994; Monsalve, 1999).

El siguiente paso, luego de analizar las bandas de registros pluviográficos, en busca de los valores extremos de precipitación para determinadas duraciones, consiste en el ajuste de los datos de intensidad a la función de distribución de probabilidad de Gumbel, definida por la expresión que se señala a continuación.

$$F(x) = P[\xi \leq X] = e^{-e^{-\sigma(x-\mu)}}, \quad -\infty \leq X \leq \infty$$

Donde:

- X = valor a asumir por la variable aleatoria;
- e = base de los logaritmos neperianos;
- μ y σ = parámetros a estimar en función de la muestra.

Los parámetros μ y σ , se determinan con las siguientes expresiones:

$$\mu = \bar{X} - 0.450047 * S \quad \sigma = \frac{1}{0.779696 * S}$$

Donde:

S = desviación estándar de la muestra;

\bar{X} = media de la muestra.

4.4 Pruebas de bondad de ajuste

La bondad de ajuste es la asimilación de datos observados de una variable, a una función matemática previamente establecida y reconocida. A través de ésta es posible interpolar y extrapolar información; en otras palabras, predecir el comportamiento de la variable en estudio (Pizarro, 1986).

Es por ello que una vez ajustada la función de Gumbel, se llevaron a cabo las pruebas de bondad de ajuste, utilizándose como medidas de bondad el test de Kolmogorov – Smirnov y el coeficiente de Determinación, para cada duración (Cid *et al*, 1990).

4.4.1 Coeficiente de Determinación

Según Gujarati (1992), el coeficiente de Determinación (R^2) mide la proporción o porcentaje de variación total de la variable dependiente, explicada por el modelo de regresión, siendo la medida de bondad de ajuste más utilizada. Este coeficiente se encuentra definido por la siguiente expresión:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (F_n(X)_i - F(X)_i)^2}{\sum (F_n(X)_i - \overline{F_n(X)})^2}$$

Donde:

$F_n(X)_i$ = frecuencia observada acumulada;

$F(X)_i$ = frecuencia teórica acumulada;

$\overline{F_n(X)}$ = media de las frecuencias observadas acumuladas.

4.4.2 Test de Kolmogorov – Smirnov

El test de Kolmogorov – Smirnov es una prueba no paramétrica que compara la frecuencia observada acumulada, con la frecuencia teórica acumulada y determina el punto en el que estas dos distribuciones muestran la mayor divergencia, es decir, mide la desviación máxima de ambas frecuencias en la distribución.

De esta definición se desprende que es necesario determinar tanto la frecuencia observada acumulada, como la frecuencia teórica acumulada. En el primer caso, para determinar la frecuencia observada acumulada de la serie, se ordenan los datos de menor a mayor y se trabaja con la probabilidad de excedencia asignada a cada valor de la muestra, cuya expresión más usada es la de Weibull (Vélez, 2002):

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

Donde:

$F_n(X)$ = frecuencia observada acumulada;

n = número de orden;

N = número total de datos.

Por otra parte, la frecuencia teórica acumulada se determina a través de la función de Gumbel, que fue indicada anteriormente.

Cuando han sido obtenidas ambas frecuencias, se selecciona el supremo de las diferencias entre ambas, en la *i*-ésima posición de orden, definido por la siguiente expresión:

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

Donde:

D_c = supremo de las diferencias entre la frecuencia observada y teórica acumulada;

$F_n(X)_i$ = frecuencia observada acumulada;

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

Una vez obtenido el valor de D_c , se recurre a la tabla de valores críticos de D en la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov, con un tamaño de muestra n y asumiendo un 95% de confianza. Luego se decide si el ajuste es o no adecuado, considerando las siguientes afirmaciones:

- Si el valor $D_{\text{calculado}} < D_{\text{tabla}}$, se acepta H_0 (H_0 : el ajuste es adecuado);
- Si el valor $D_{\text{calculado}} > D_{\text{tabla}}$, se rechaza H_0 (H_a : el ajuste no es adecuado).

4.5 Construcción gráfica de las curvas IDF para distintos períodos de retorno

Luego de ajustar los datos a la función de distribución de probabilidad de Gumbel y de validarlos, a través de las pruebas de bondad de ajuste, se graficaron las respectivas intensidades y duraciones de precipitación, para cada uno de los períodos de retorno determinados y para cada una de las estaciones pluviográficas. Los períodos de retorno a considerar son: $T = 5$, $T = 10$, $T = 20$, $T = 30$, $T = 50$, $T = 75$ y $T = 100$ años.

La información para generar las curvas IDF, se resumió en cuadros donde aparecen, para cada estación, las intensidades máximas de precipitación en mm/h, para las distintas duraciones (tabla 4.1).

Tabla 4.1. Intensidades máximas anuales de precipitación (mm/h), para cada duración.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1	I_{11}	I_{21}	I_{61}	I_{121}	I_{241}
2	I_{12}	I_{22}	I_{62}	I_{122}	I_{242}
3	I_{13}	I_{23}	I_{63}	I_{123}	I_{243}
N	I_{1n}	I_{2n}	I_{6n}	I_{12n}	I_{24n}
Media	$\bar{X}_1 \dots \dots \dots \bar{X}_n$				
Desviación estándar	$S_1 \dots \dots \dots S_n$				

4.6 Determinación matemática de las curvas IDF

Chow *et al* (1994), señalan que las curvas IDF no solo se construyen de manera gráfica, sino que también pueden expresarse como ecuaciones con el fin de evitar la lectura de la intensidad de lluvia de diseño en una gráfica.

Al respecto, el planteamiento de las primeras relaciones matemáticas, que modelaron dichas curvas, data del inicio de los años treinta en el siglo pasado, y fueron realizadas por Sherman (1931) y Bernard (1932). Estos modelos condujeron a numerosos investigadores del mundo a generar nuevas expresiones matemáticas que representan las curvas IDF (Linsley *et al*, 1949;

Bell, 1969; Wenzel, 1982; Chen, 1983; Varas y Sánchez, 1983; Aparicio, 1997; Koutsoyiannis *et al*, 1998).

Para la elaboración de las ecuaciones matemáticas, que representen la relación entre la intensidad, la duración y la frecuencia de las precipitaciones, para cada una de las estaciones, se optó por la expresión propuesta por Bernard (1932) y validada por Aparicio (1997), definida de la siguiente manera:

$$I = \frac{k * T^m}{D^n}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/h);

T = período de retorno (años);

D = duración (horas);

k, m, n = parámetros a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple.

Aparicio (1997), señala que esta expresión permite generar las curvas IDF a través de un modelo de regresión lineal, pudiéndose extrapolar la ecuación generada, a zonas que carecen de registros pluviográficos y que se encuentran relativamente cerca.

Para obtener una expresión con la forma de un modelo de regresión lineal múltiple, se aplicaron logaritmos a la ecuación anterior, quedando de la siguiente manera:

$$\log I = \log k + m \log T - n \log D$$

O de otra manera:

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde:

$y = \log I$ $a_0 = \log k$

$X_1 = \log T$ $a_1 = m$

$X_2 = \log D$ $a_2 = -n$

De esta manera, una vez calculados los coeficientes a_0 , a_1 y a_2 fue posible encontrar los valores de los parámetros k, m y n.

4.7 Supuestos de regresión

Una vez obtenidas las ecuaciones matemáticas que definen las curvas IDF, y con la finalidad de determinar la calidad de la regresión lineal, se analizaron los supuestos de regresión de las funciones generadas, es decir, normalidad, homocedasticidad y no autocorrelación.

4.7.1 Normalidad

Este supuesto señala que las perturbaciones poblacionales se basan en algún tipo de distribución probabilística, específicamente si poseen distribución normal (Neter *et al*, 1996). Para determinar si esto se cumple, se utilizaron dos pruebas; el test de Kolmogorov – Smirnov y el histograma de frecuencias.

Test de Kolmogorov – Smirnov

El test de Kolmogorov – Smirnov, como se mencionó anteriormente, es una prueba que se basa en el valor absoluto de la máxima diferencia entre la distribución acumulativa observada y la esperada, y se utiliza para verificar la hipótesis de que una muestra procede de una distribución particular.

Este test viene incorporado en el programa estadístico Statgraphics Plus para Windows 1.4, el cual entrega los siguientes valores: estadístico Kolmogorov DPLUS, estadístico Kolmogorov DMINUS, estimación completa estadístico DN y valor p aproximado. Así, se establece el siguiente test de hipótesis (95% de confianza):

- Si el valor $p > 0,05$, se acepta H_0 . (H_0 : el ajuste cumple la condición de normalidad);
- Si el valor $p < 0,05$, se rechaza H_0 . (H_a : el ajuste no cumple la condición de normalidad).

Histograma de frecuencias

El histograma de frecuencias constituye una forma clásica para verificar la normalidad de los datos, en cuyo caso el histograma debe alcanzar su máximo en la mediana muestral, para luego decrecer a ambos lados de este punto de manera simétrica en forma de campana (Ross, 2000).

Como habitualmente los histogramas no son perfectamente simétricos, es posible aceptar pequeñas desviaciones, sin que ello signifique falta de normalidad. En la figura 4.4 se aprecia un histograma de frecuencias para un conjunto de datos normales.

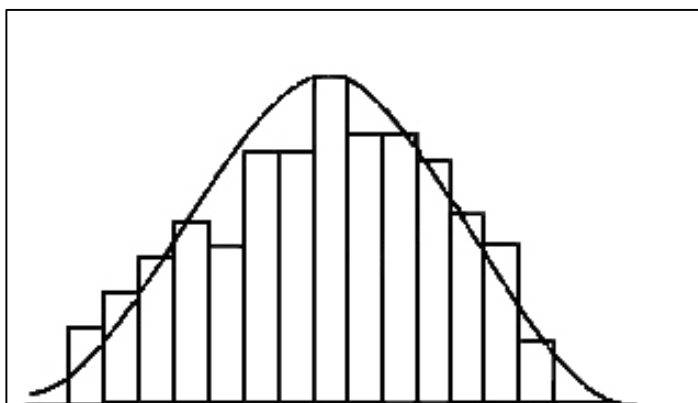


Figura 4.4. Histograma de frecuencias con distribución normal (Cid *et al*, 1990).

4.7.2 Homocedasticidad

Gujarati (1992), señala que uno de los supuestos importantes del modelo clásico de regresión lineal es que las perturbaciones de la función de regresión poblacional sean homocedásticas, es decir, que todas tengan la misma varianza. En este caso se planteó el siguiente test de hipótesis:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_n^2$, las varianzas poblacionales son similares;

$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_n^2$, las varianzas poblacionales son diferentes.

Para probar si este supuesto se cumple, se hace necesario utilizar un método estadístico que detecte la heterocedasticidad, es decir, que detecte si las perturbaciones de la función de regresión lineal presentan distinta varianza. El test utilizado en este estudio para detectar dicha heterocedasticidad, es el test de Goldfeld–Quandt. Por otra parte, a manera de análisis gráfico se utiliza el gráfico de residuos.

Test de Goldfeld – Quandt

Este test estadístico fue propuesto por Goldfeld y Quandt en 1965 (NOvales, 1993) y se utiliza para detectar la heterocedasticidad de las varianzas, partiendo de que la varianza heterocedástica σ^2 está positivamente relacionada con una de las variables explicativas en el modelo de regresión. El test de Goldfeld – Quandt consiste en 5 pasos que se detallan a continuación (Gujarati, 1992):

Paso 1: Se ordenan las n observaciones (y, x_i) en orden ascendente de acuerdo a cada variable x_i , con el fin de obtener dos series de datos.

Paso 2: En cada serie, se omiten las c observaciones centrales, con $c = \text{número de datos dividido por 3}$, y las restantes se dividen en dos grupos.

Paso 3: En cada serie de datos, se ajustan dos rectas de análisis de regresión lineal simple (R_1 y R_2), donde R_1 y R_2 corresponden a las varianzas pequeñas y grandes respectivamente.

Paso 4: Del análisis de regresión se obtiene la suma de cuadrados de los residuos (SCR_1 y SCR_2) y posteriormente, se calcula k de la siguiente manera:

$$k = (SCR_2/g.l.) / (SCR_1/g.l.)$$

Donde k se distribuye como una prueba F de Snedecor con $[(n - c)/2 - 2]$ grados de libertad (g.l.) para el numerador y denominador; $SCR_2/g.l.$ = suma de cuadrados de los residuos de la recta R_1 ; $SCR_1/g.l.$ = suma de cuadrados de los residuos de la recta R_2 .

Paso 5: Finalmente, se compara el valor k calculado con el valor k de tabla. En este caso, con un 95% de confianza, si k de tabla $>$ k calculado, se acepta H_0 , es decir, las varianzas poblacionales son similares.

Gráfico de dispersión residuos

Otra manera de detectar la presencia de heterocedasticidad, es realizando un análisis gráfico de los residuos a través de la presencia de patrones sistemáticos en dichos residuos. Gujarati (1992), señala que para realizar este análisis gráfico es necesario graficar los valores estimados de la variable dependiente en abscisas versus los residuos estimados al cuadrado en la ordenada. De acuerdo a los patrones entregados en la figura 4.5 se puede inferir si existe o no un comportamiento sistemático; de existir dicho comportamiento sistemático, se estaría en presencia de heterocedasticidad.

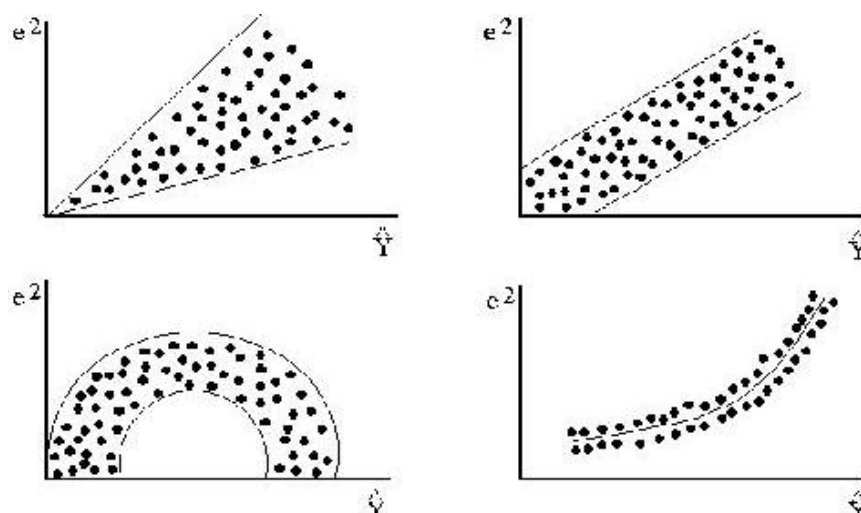


Figura 4.5. Gráficos de dispersión de residuos heterocedásticos.

4.7.3 No – Autocorrelación

La autocorrelación es definida por Gujarati (1992), como la correlación existente entre los miembros de una serie de observaciones ordenadas en el tiempo o en el espacio. Un supuesto importante del modelo lineal clásico es que no existe autocorrelación o relación serial entre las perturbaciones incluidas en la función de regresión poblacional. Dicho de otra forma, el supuesto de no autocorrelación busca probar que las muestras son independientes y no están relacionadas en función de alguna variable.

Para detectar la presencia o ausencia de autocorrelación, se utilizó el estadístico de Durbin & Watson. A manera de análisis gráfico se utilizó el gráfico de autocorrelación estimada para residuos, es decir, la gráfica de residuos v/s tiempo.

Método d de Durbin & Watson

Esta prueba da origen a tres zonas; una zona de rechazo, una zona de aceptación de la hipótesis nula y una zona de indiferencia, en la cual el método no es capaz de determinar la acumular una suficiente evidencia en contra de la hipótesis alternativa. Mediante el programa Statgraphics Plus 1.4 se estimó el valor del parámetro d . En la tabla 4.2 se muestran las reglas de decisión de la prueba de Durbin & Watson.

Tabla 4.2. Reglas de decisión de la prueba d de Durbin & Watson.

Hipótesis nula	Decisión	Si
No existe autocorrelación positiva	Rechazar	$0 < d < d_L$
No existe autocorrelación positiva	No hay decisión	$d_L \leq d \leq d_U$
No existe autocorrelación negativa	Rechazar	$4 - d_L < d < 4$
No existe autocorrelación negativa	No hay decisión	$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$
No existe autocorrelación positiva ni negativa	No rechazar	$d_U < d < 4 - d_U$

Fuente: Gujarati, 1992.

Gráfico de residuos v/s tiempo

Este método gráfico tiene su base en el análisis de una serie de tiempo realizada por medio de una representación entre los residuos obtenidos del ajuste de un modelo y el tiempo. Hipotéticamente, la figura 4.6 muestra que existe un intervalo de confianza (línea punteada), donde el número de frecuencias de los residuos (barras) está dado por "l" intervalos (Gujarati, 1992). La existencia de una o más frecuencias fuera del intervalo, revela la presencia de autocorrelación; de lo contrario, no existe correlación serial en el modelo (Cid *et al*, 1990; Gujarati, 1992).

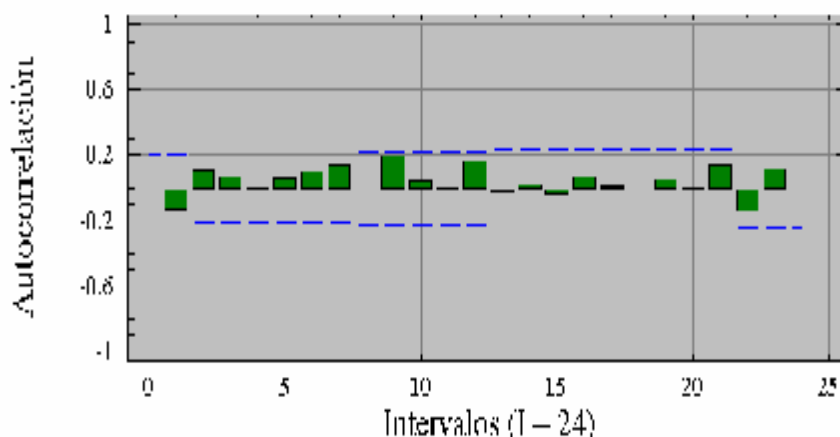


Figura 4.6. Gráfico sin presencia de autocorrelación serial de los residuos.

Método r o método iterativo.

Este método corresponde a una medida correctiva en contra de la heterocedasticidad y está basado en el estadístico d de la prueba de Durbin & Watson (Neter *et al*, 1996). La aplicación de este procedimiento consta de cinco pasos, los cuales son detallados a continuación (Gujarati, 1992; citado por Flores, 1999):

Paso 1: Determinar ρ , a partir de la siguiente expresión:

$$\rho = (1 - d/2)$$

Donde: d = parámetro del test de Durbin & Watson.

Paso 2: Se deben transformar las variables, para lo cual se tiene el siguiente modelo original:

$$y_t = a + b x_t$$

Si la expresión anterior se cumple para t , también se cumple para $(t-1)$:

$$y_{(t-1)} = a + b x_{(t-1)}$$

Ahora, multiplicando esta expresión por ρ , queda:

$$\rho y_{(t-1)} = \rho a + \rho b x_{(t-1)}$$

Luego, operando se obtiene lo siguiente:

$$y_t^* = a^* + b x_t^*$$

Donde: $a^* = a(1-\rho)$; $y_t^* = (y_t - \rho y_{(t-1)})$; $x_t^* = (x_t - \rho x_{(t-1)})$.

Paso 3: Se debe correr la regresión y_t^* v/s x_t^* .

Paso 4: Determinar los coeficientes de regresión originales a y b .

$$\begin{aligned} a &= a^* / (1 - \rho) \\ b &= b^* \end{aligned}$$

Paso 5: Se verifica nuevamente la no autocorrelación del modelo. De persistir el problema, se debe volver a iterar, ya que existen modelos con autocorrelación mayor a primer orden.

4.8 Medidas de bondad de ajuste

Se mencionó anteriormente que la bondad de ajuste es la asimilación de datos observados de una variable, a una función matemática previamente establecida y reconocida. En esta oportunidad, para determinar si es adecuado el ajuste de los datos a la ecuación propuesta por Bernard (1932) y validada por Aparicio (1997), se utilizarán dos pruebas de bondad de ajuste, el coeficiente de Determinación (R^2) y la prueba U de Mann-Whitney.

4.8.1 Coeficiente de Determinación (R^2)

En esta etapa se utilizará nuevamente el coeficiente de determinación (R^2), que según Gujarati (1992), es un indicador que mide cuál proporción o porcentaje de la variación total de la variable dependiente, es explicada por el modelo de regresión.

4.8.2 Prueba U de Mann-Whitney.

El objetivo de la prueba U de Mann-Whitney, es determinar si dos muestras independientes provienen o no de la misma población. Este test forma parte del conjunto de pruebas no paramétricas, por lo que no requiere de los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas (Mason y Lind, 1995). De hecho, esta prueba es uno de los procedimientos más utilizados para probar que dos poblaciones tienen la misma distribución, y constituye el equivalente no paramétrico de la prueba t de Student para dos muestras. Para determinar si dos poblaciones presentan o no la misma distribución, la prueba U de Mann-Whitney establece las siguientes hipótesis:

- H_0 : las distribuciones de frecuencias relativas de las poblaciones A y B son idénticas.
- H_a : las distribuciones de frecuencias relativas de las poblaciones están desfasadas con respecto a sus ubicaciones relativas.

En otras palabras, se busca probar como hipótesis nula que tanto los valores ajustados al modelo de Bernard (1932), como los del modelo gráfico adimensional, provienen de muestras independientes extraídas de la misma población.

La prueba U de Mann-Whitney, presenta 2 situaciones; una para muestras pequeñas ($n \leq 10$) y otra para muestras grandes ($n > 10$). En este estudio se utilizará el segundo procedimiento ($n > 10$), que se explica a continuación (Mendenhall *et al* , 1997):

Paso 1: Se unen ambas muestras n_1 y n_2 para formar un solo conjunto (n_1+n_2) datos.

Paso 2: Se ordenan los datos en orden ascendente y se les asigna un rango de 1 a $(n_1 + n_2)$.

Paso 3: Se calculan dos estadísticos, U_A y U_B :

$$U_A = n_1 * n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - T_A$$
$$U_B = n_1 * n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - T_B$$

Donde: n_1 y n_2 = cantidad de datos para las muestras A y B, respectivamente; T_A y T_B = suma de los rangos para las muestras A y B, respectivamente.

Paso 4: Se selecciona el mayor valor entre U_A y U_B y se realiza una aproximación a una distribución normal de la siguiente manera:

$$Z = \frac{U - E(U)}{\sqrt{V(U)}}$$

Donde:

U = mayor valor seleccionado entre U_A y U_B ;

$$E(U) = \frac{n_1 * n_2}{2};$$

$$V(U) = \frac{n_1 * n_2 * (n_1 + n_2 + 1)}{12}.$$

Paso 5: Se busca el valor correspondiente a la probabilidad (valor p), asociada al Z calculado y al nivel de significancia escogido.

Paso 6: Para tomar una decisión se considera que para una prueba de dos colas y un valor de significancia α , se rechaza H_0 si $U \leq U_0$, donde $P(U \leq U_0) = \alpha/2$, considerando que el valor U es el valor más pequeño entre U_A y U_B .

Según Canavos (1987), la estadística de Mann-Whitney determina cuándo un agregado de rangos observados es suficiente para concluir que las dos muestras aleatorias provienen de poblaciones cuyas distribuciones difieren en la tendencia central.

5. PRESENTACIÓN GRÁFICA Y MATEMÁTICA DE LAS CURVAS IDF

En este capítulo se presentarán las curvas IDF, obtenidas de manera gráfica y matemática, para las regiones de Coquimbo, de Valparaíso, Metropolitana, del Lib. Gral. Bernardo O'Higgins, del Maule, del Bío-Bío y de la Araucanía.

Como se mencionó en el capítulo 4, a partir del ajuste a la función de Gumbel de cada serie a datos, se estableció una familia de 9 curvas para cada serie, con periodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75 y 100 años y duraciones que varían entre 1 y 24 horas (figuras 5.1 – 5.40).

Por otra parte, en las tablas 5.1 – 5.7 se indican las ecuaciones matemáticas, que representan las curvas IDF, para cada estación, con los respectivos resultados de las medidas de bondad de ajuste utilizadas: el coeficiente de determinación (R^2) y la prueba U de Mann-Whitney.

5.1 Región de Coquimbo (IV)

5.1.1 Ecuaciones representativas

Tabla 5.1. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región de Coquimbo.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Rivadavia	29°58'	70°34'	$I = \frac{40,57T^{0,2275}}{D^{0,4577}}$	97,3%	Se acepta H ₀	0,7352
Embalse la Paloma	30°41'	71°02'	$I = \frac{73,16T^{0,2288}}{D^{0,5125}}$	99,8%	Se acepta H ₀	0,7605
Embalse Cogotí	31°00'	71°05'	$I = \frac{53,28T^{0,2287}}{D^{0,4542}}$	98,2%	Se acepta H ₀	0,9413
Illapel	31°38'	71°11'	$I = \frac{62,93T^{0,2163}}{D^{0,5043}}$	97,0%	Se acepta H ₀	1,1351
La Tranquilla	31°54'	70°40'	$I = \frac{48,05T^{0,2126}}{D^{0,4842}}$	99,4%	Se acepta H ₀	0,3032

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

Continuación Tabla 5.1. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región de Coquimbo.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Los Cóndores	32°07'	71°19'	$I = \frac{35,66T^{0,2426}}{D^{0,4108}}$	98,0%	Se acepta H ₀	0,5214
Quelón	32°09'	71°10'	$I = \frac{73,15T^{0,1916}}{D^{0,5430}}$	99,2%	Se acepta H ₀	0,7709

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

5.1.2 Diseño gráfico

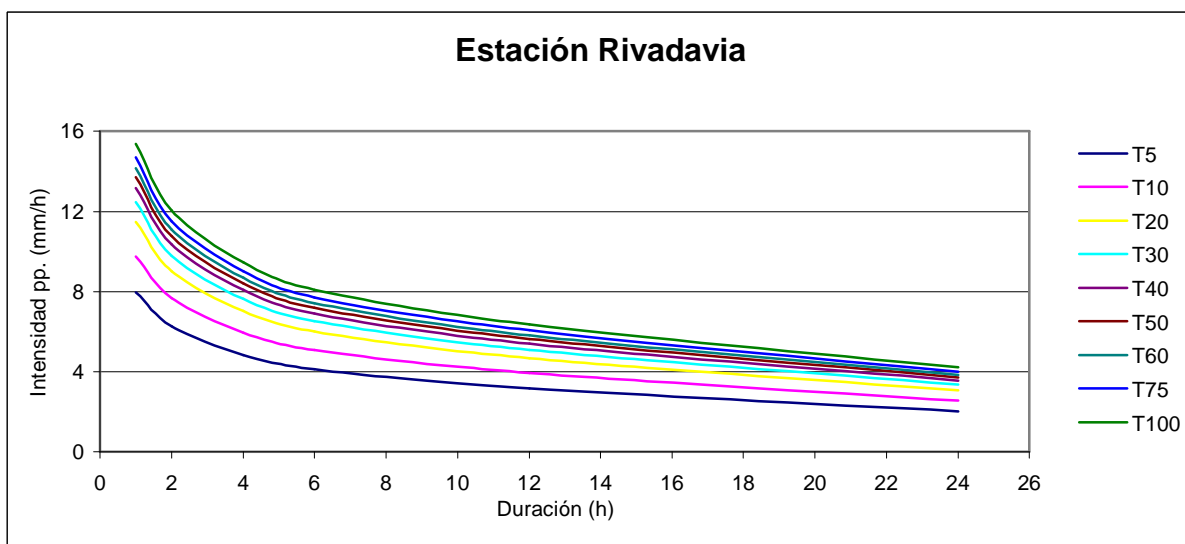


Figura 5.1. Gráfica de las curvas IDF, estación Rivadavia.

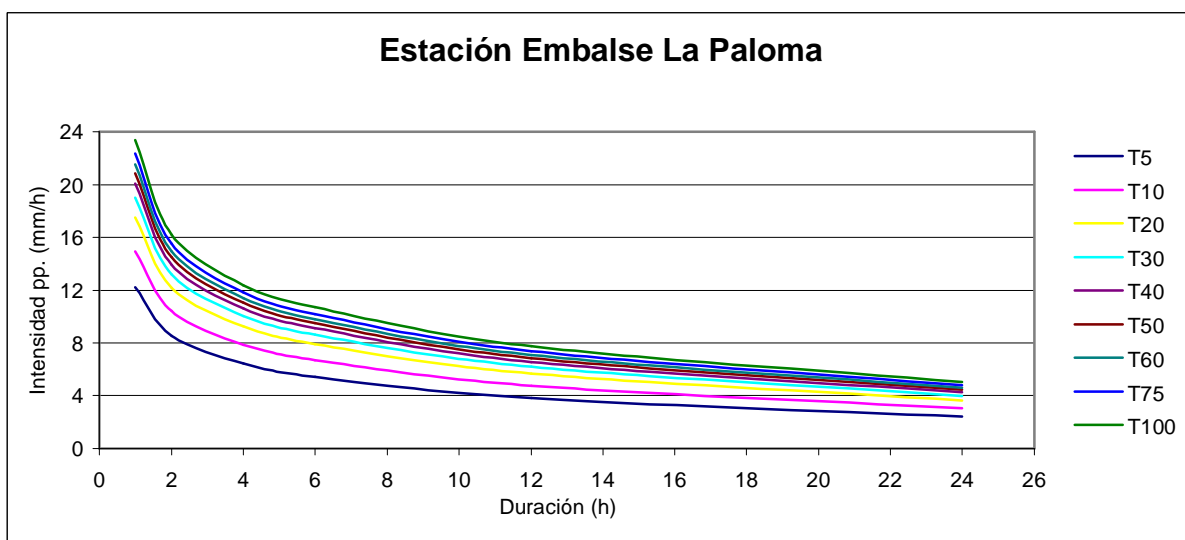


Figura 5.2. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse La Paloma.

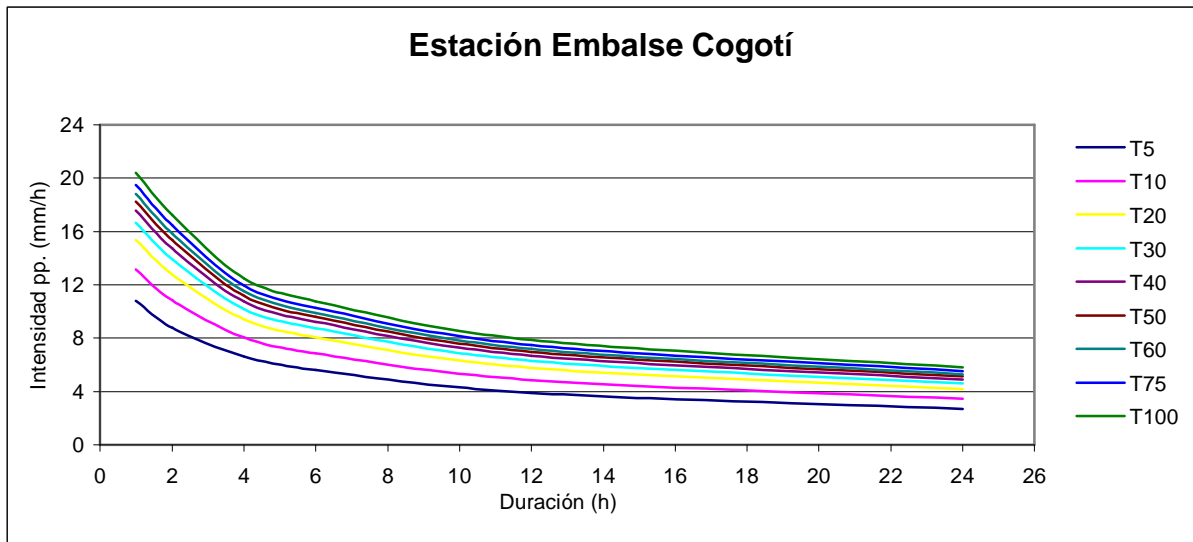


Figura 5.3. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Cogotí.

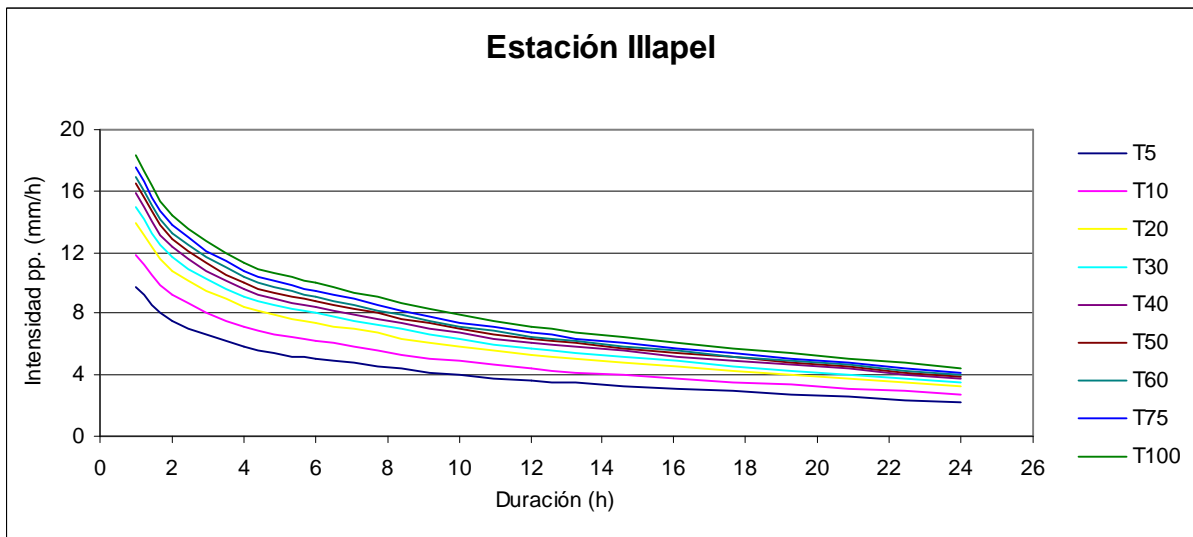


Figura 5.4. Gráfica de las curvas IDF, estación Illapel.

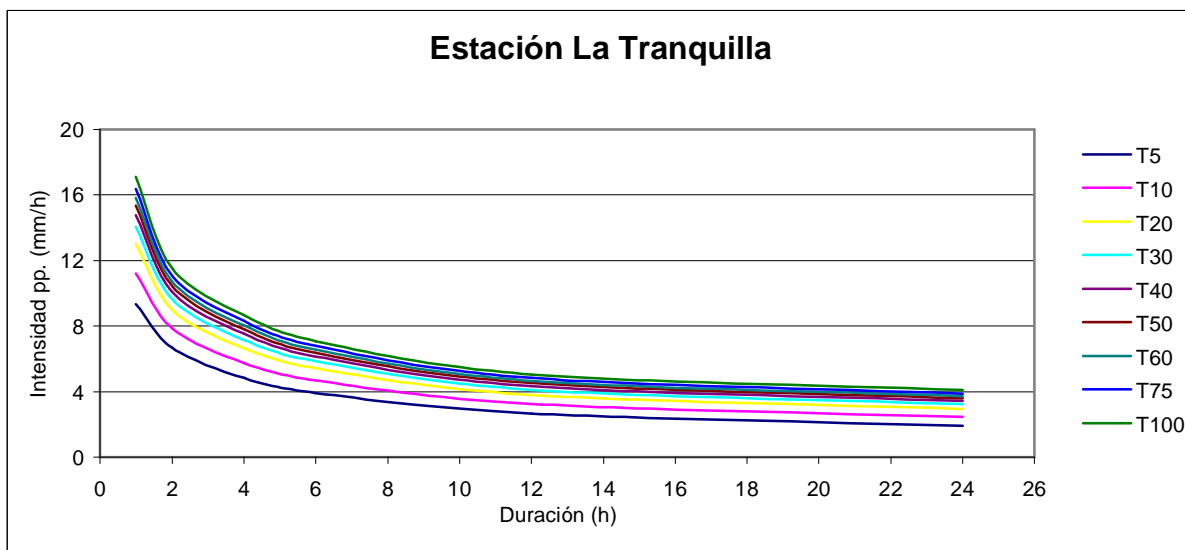


Figura 5.5. Gráfica de las curvas IDF, estación La Tranquilla.

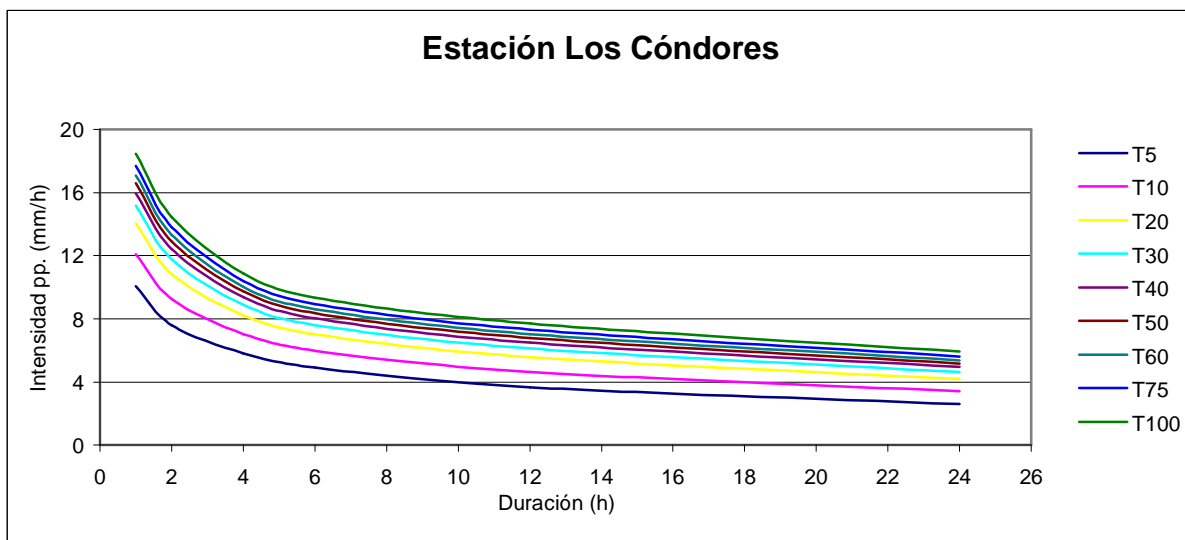


Figura 5.6. Gráfica de las curvas IDF, estación Los Cóndores.

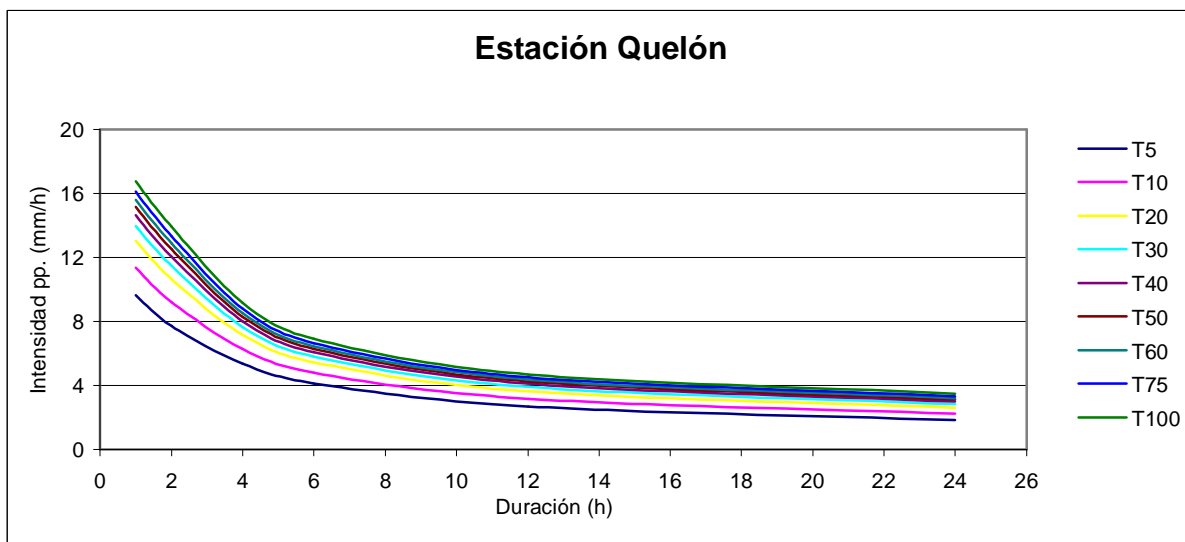


Figura 5.7. Gráfica de las curvas IDF, estación Quelón.

5.2 Región de Valparaíso (V)

5.2.1 Ecuaciones representativas

Tabla 5.2. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región de Valparaíso.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Hacienda Pedernal	32°05'	70°48'	$I = \frac{33,86T^{0,1561}}{D^{0,2890}}$	96,5%	Se acepta H ₀	0,7997
Quillota	32°54'	71°13'	$I = \frac{62,29T^{0,2132}}{D^{0,4488}}$	92,8%	Se acepta H ₀	2,5111
Embalse Lliu-Lliu	33°06'	71°13'	$I = \frac{77,90T^{0,1866}}{D^{0,3802}}$	96,0%	Se acepta H ₀	2,1409
Lago Peñuelas	33°09'	71°32'	$I = \frac{92,84T^{0,1988}}{D^{0,3915}}$	94,7%	Se acepta H ₀	2,9309

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

5.2.2 Diseño gráfico

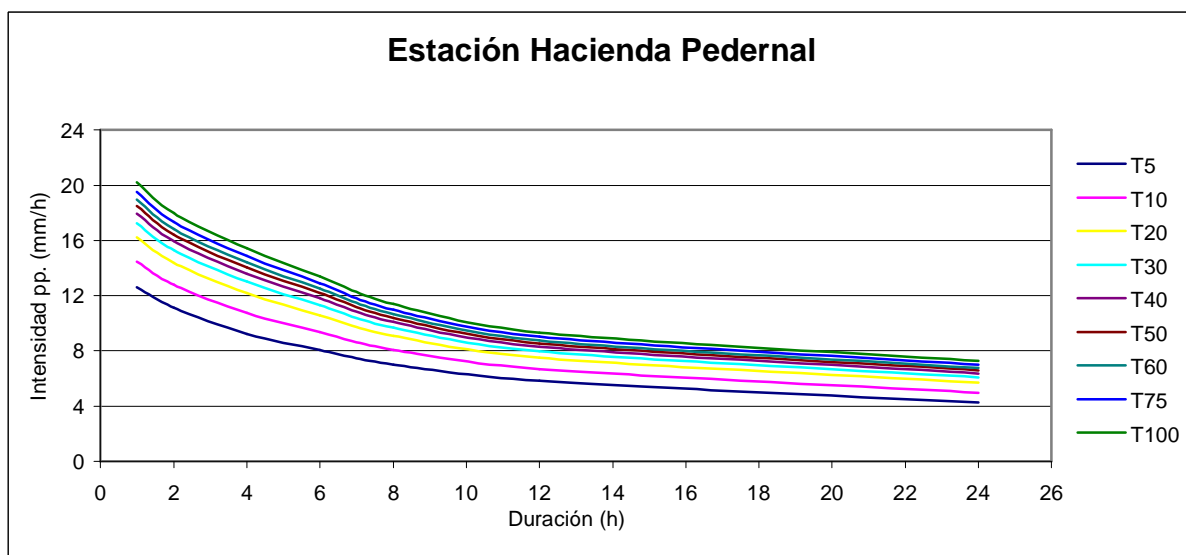


Figura 5.8. Gráfica de las curvas IDF, estación Hacienda Pedernal.

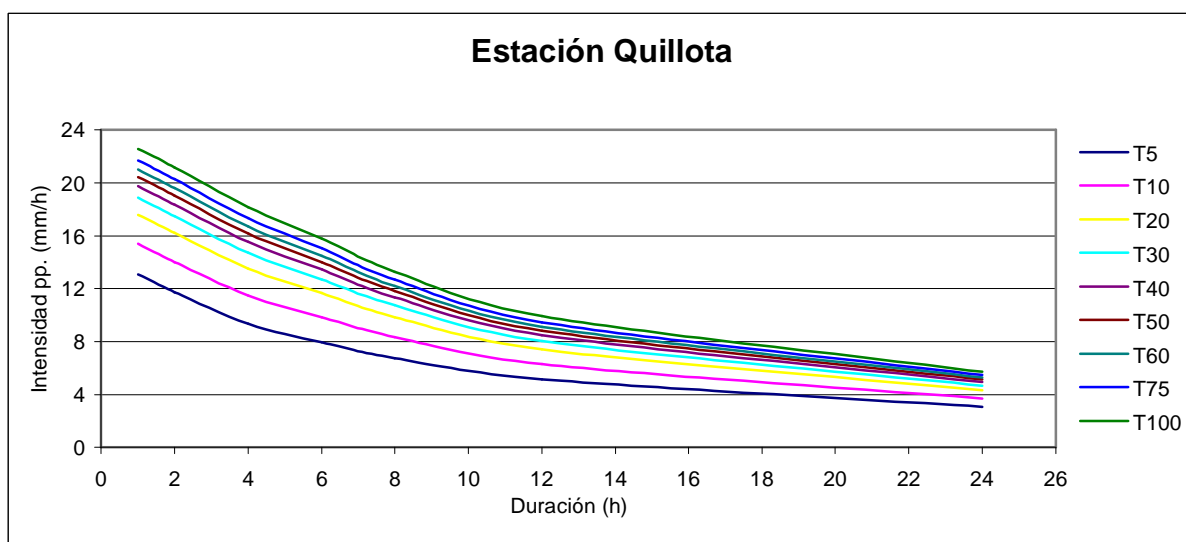


Figura 5.9. Gráfica de las curvas IDF, estación Quillota.

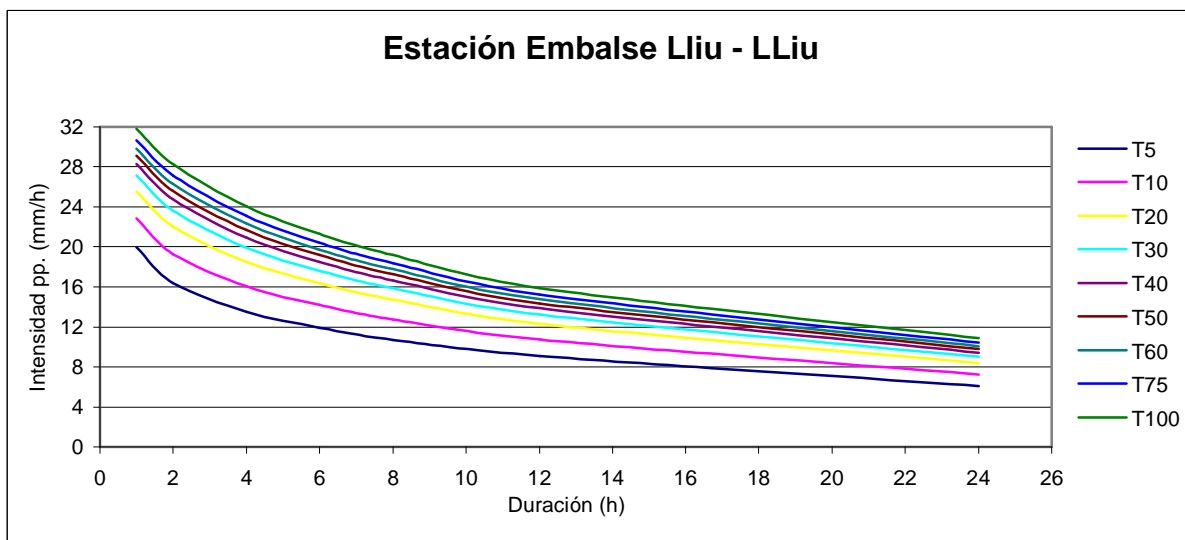


Figura 5.10. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Lliu-Lliu.

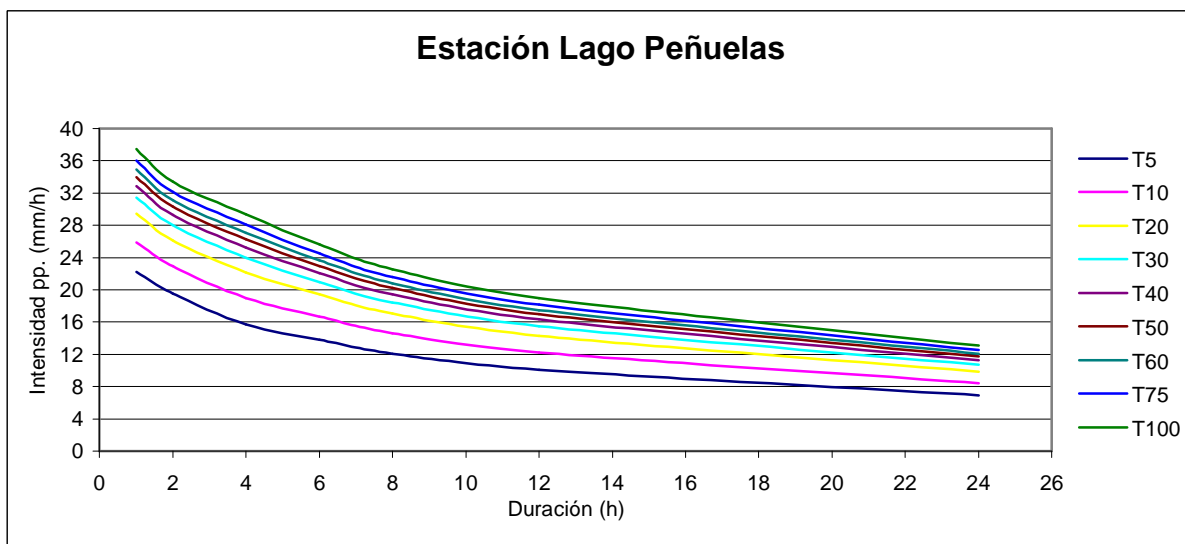


Figura 5.11. Gráfica de las curvas IDF, estación Lago Peñuelas.

5.3 Región Metropolitana (RM)

5.3.1 Ecuaciones representativas

Tabla 5.3. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región Metropolitana.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Embalse Rungue	33°02'	70°54'	$I = \frac{36,48T^{0,1781}}{D^{0,3547}}$	98,9%	Se acepta H ₀	0,3065
Cerro Calán	33°23'	70°32'	$I = \frac{74,32T^{0,1662}}{D^{0,4495}}$	97,6%	Se acepta H ₀	1,1093
Los Panguiles	33°26'	71°00'	$I = \frac{31,18T^{0,2323}}{D^{0,3360}}$	96,8%	Se acepta H ₀	1,0188
Pirque	33°40'	70°36'	$I = \frac{32,35T^{0,1760}}{D^{0,3432}}$	98,4%	Se acepta H ₀	0,5333
Melipilla	33°42'	71°13'	$I = \frac{139,67T^{0,2228}}{D^{0,5925}}$	99,1%	Se acepta H ₀	0,6352

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

5.3.2 Diseño gráfico

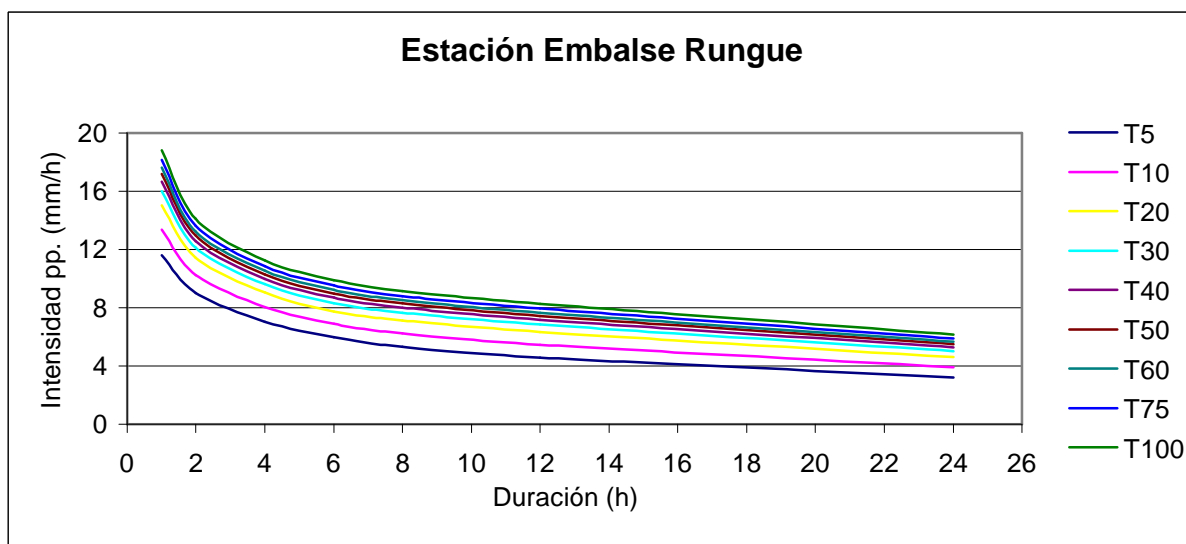


Figura 5.12. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Rungue.

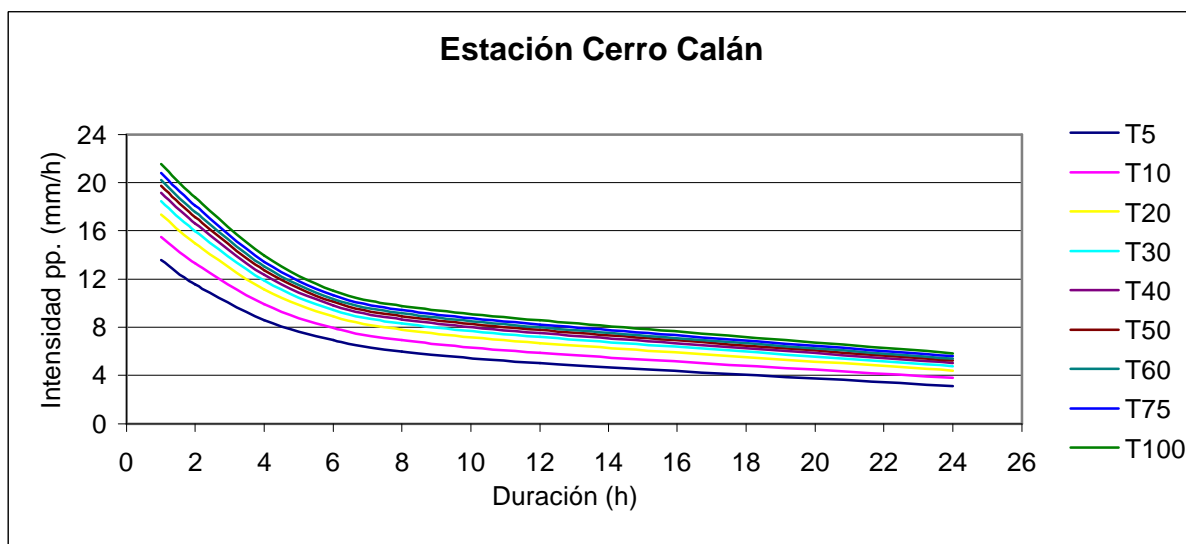


Figura 5.13. Gráfica de las curvas IDF, estación Cerro Calán.

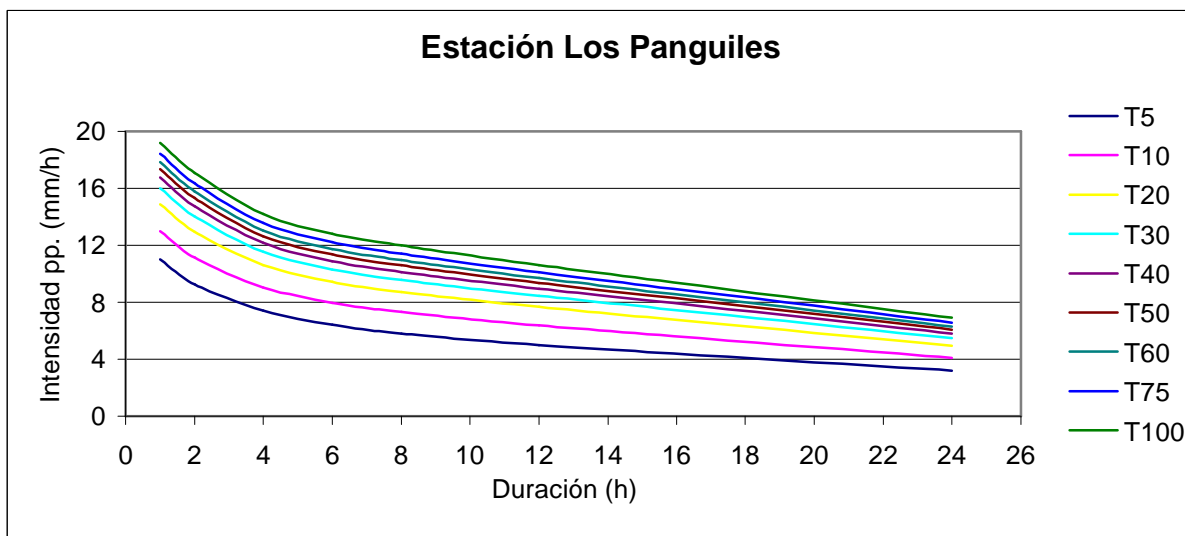


Figura 5.14. Gráfica de las curvas IDF, estación Los Panguiles.

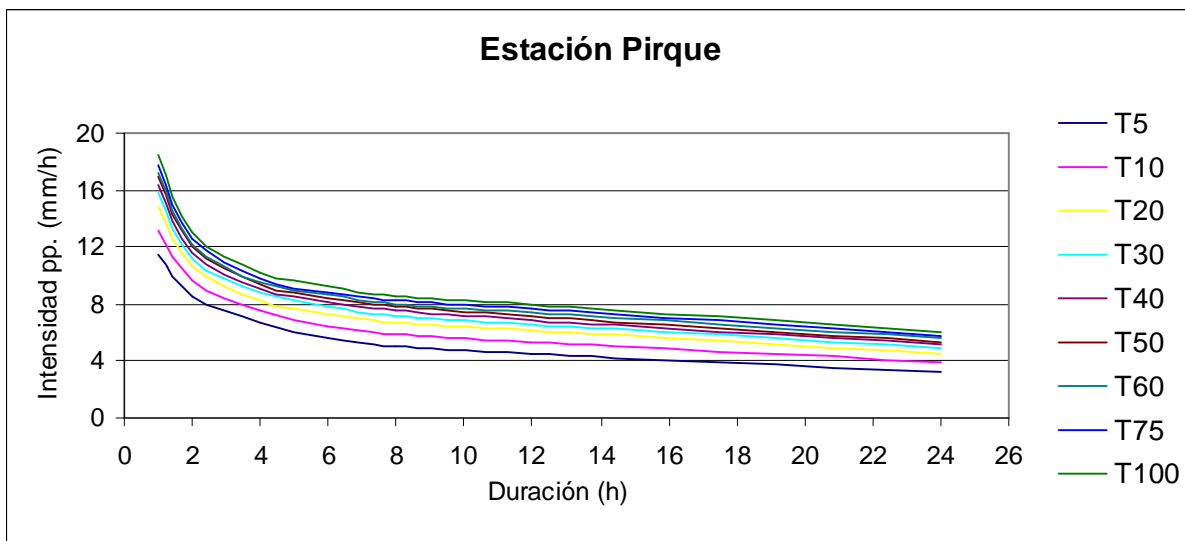


Figura 5.15. Gráfica de las curvas IDF, estación Pirque.

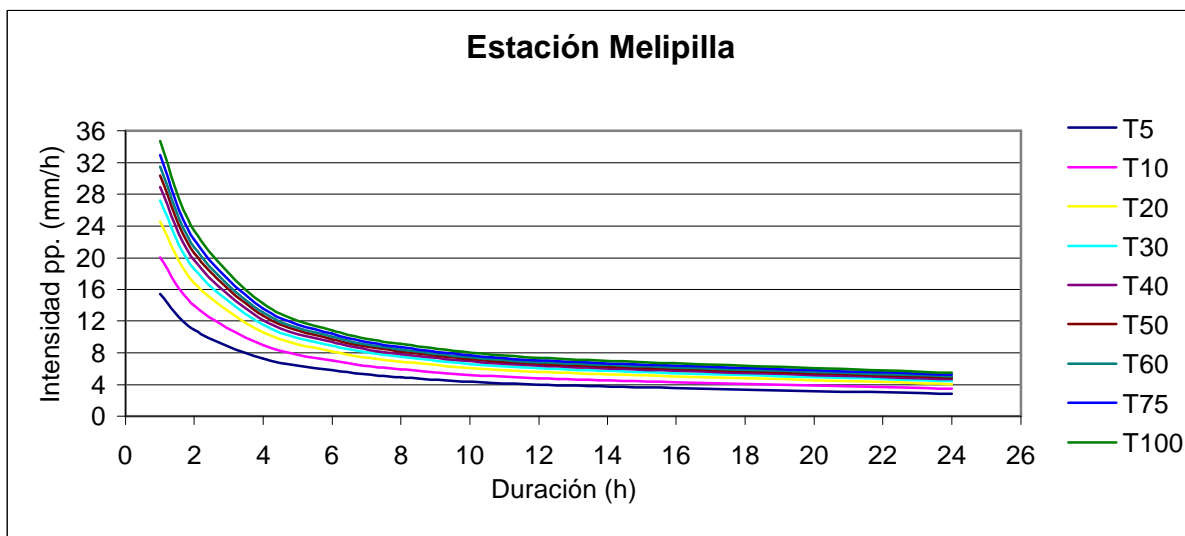


Figura 5.16. Gráfica de las curvas IDF, estación Melipilla.

5.4 Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (VI)

5.4.1 Ecuaciones representativas

Tabla 5.4. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región del Lib. Gral. Bernardo O'Higgins.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Rengo	34°24'	70°52'	$I = \frac{68,68T^{0,1375}}{D^{0,4379}}$	90,0%	Se acepta H ₀	0,3282
Central las Nieves	34°29'	70°45'	$I = \frac{37,14T^{0,1458}}{D^{0,3015}}$	97,8%	Se acepta H ₀	0,5314
Convento Viejo	34°46'	71°06'	$I = \frac{72,09T^{0,1268}}{D^{0,4297}}$	98,6%	Se acepta H ₀	0,4947

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

5.4.2 Diseño gráfico

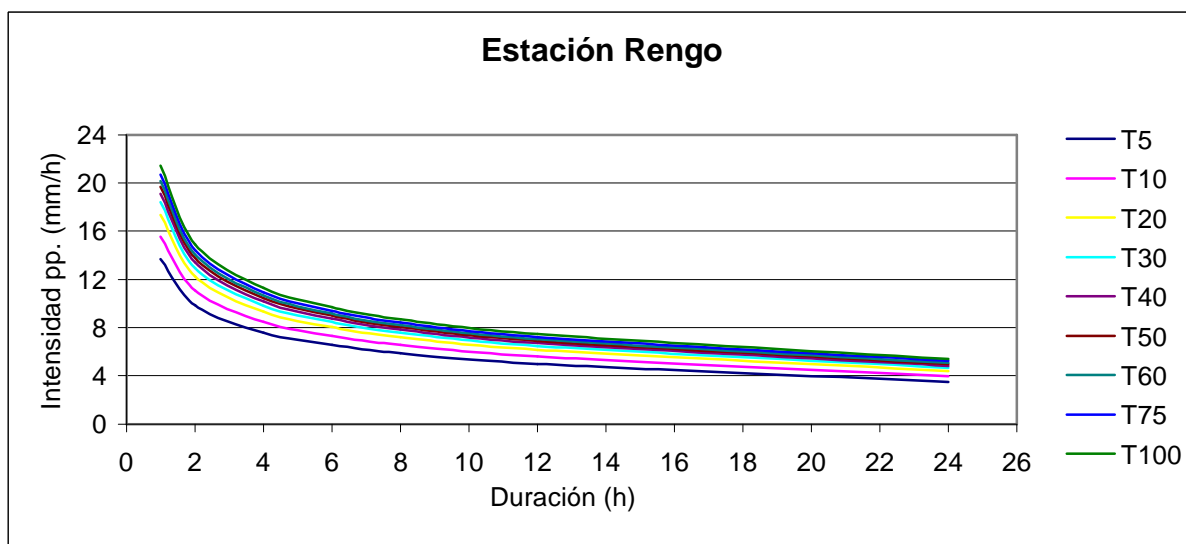


Figura 5.17. Gráfica de las curvas IDF, estación Rengo.

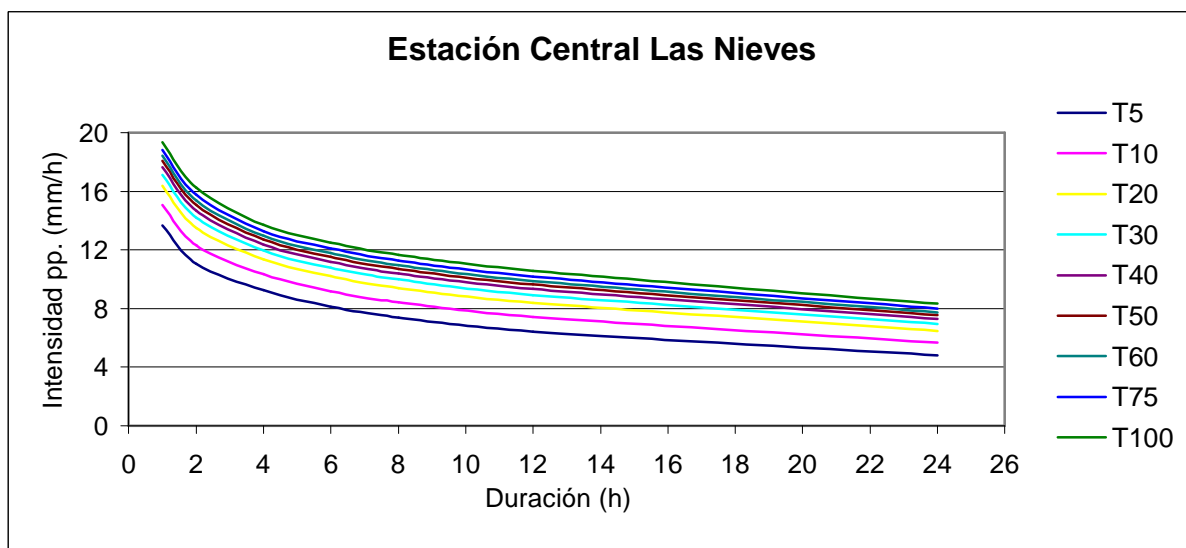


Figura 5.18. Gráfica de las curvas IDF, estación Central Las Nieves.

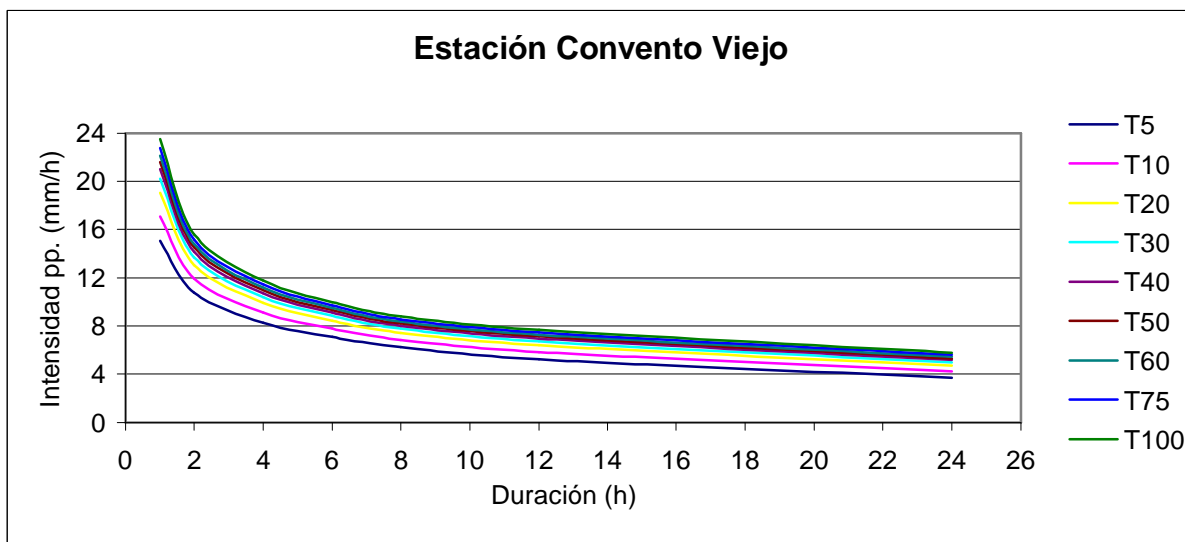


Figura 5.19. Gráfica de las curvas IDF, estación Convento Viejo.

5.5 Región del Maule (VII)

5.5.1 Ecuaciones representativas

Tabla 5.5. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región del Maule.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Los Queñes	34°59'	70°48'	$I = \frac{68,35T^{0,1694}}{D^{0,4020}}$	99,1%	Se acepta H ₀	1,1817
Potrero Grande	35°10'	71°05'	$I = \frac{83,31T^{0,1822}}{D^{0,4269}}$	98,3%	Se acepta H ₀	1,0192
Pencahue	35°23'	71°48'	$I = \frac{63,69T^{0,1641}}{D^{0,4698}}$	99,3%	Se acepta H ₀	0,2705
Talca	35°26'	71°38'	$I = \frac{35,21T^{0,1953}}{D^{0,3812}}$	96,8%	Se acepta H ₀	0,9611
San Javier	35° 35'	71° 39'	$I = \frac{25,31T^{0,1724}}{D^{0,3620}}$	73,3%	Se acepta H ₀	2,6005

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos), R² = coeficiente de determinación y U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%).

Continuación Tabla 5.5. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región del Maule.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Colorado	35°37'	71°16'	$I = \frac{71,21T^{0,1391}}{D^{0,4005}}$	96,0%	Se acepta H ₀	1,3802
Melozal	35°44'	71°48'	$I = \frac{59,92T^{0,2160}}{D^{0,4381}}$	98,2%	Se acepta H ₀	1,0778
Embalse Ancoa	35°55'	71°17'	$I = \frac{61,73T^{0,1465}}{D^{0,3647}}$	97,2%	Se acepta H ₀	1,4175
Parral	36°11'	71°50'	$I = \frac{62,46T^{0,1766}}{D^{0,4270}}$	98,8%	Se acepta H ₀	0,3835
Embalse Digua	36°15'	71°32'	$I = \frac{78,09T^{0,1832}}{D^{0,4182}}$	98,0%	Se acepta H ₀	1,0125

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

Continuación Tabla 5.5. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región del Maule.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Embalse Bullileo	36°17'	71°16'	$I = \frac{57,89T^{0,1118}}{D^{0,3258}}$	99,0%	Se acepta H ₀	0,4323
San Manuel	36°21'	71°38'	$I = \frac{52,47T^{0,1817}}{D^{0,3715}}$	97,7%	Se acepta H ₀	1,5013

5.5.2 Diseño gráfico

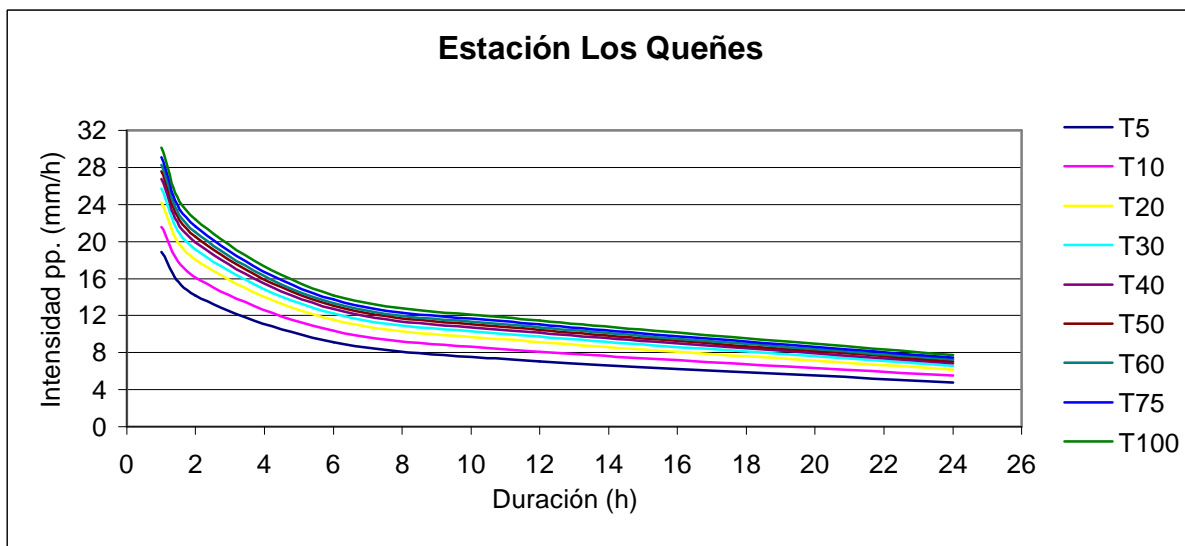


Figura 5.20. Gráfica de las curvas IDF, estación Los Queñes.

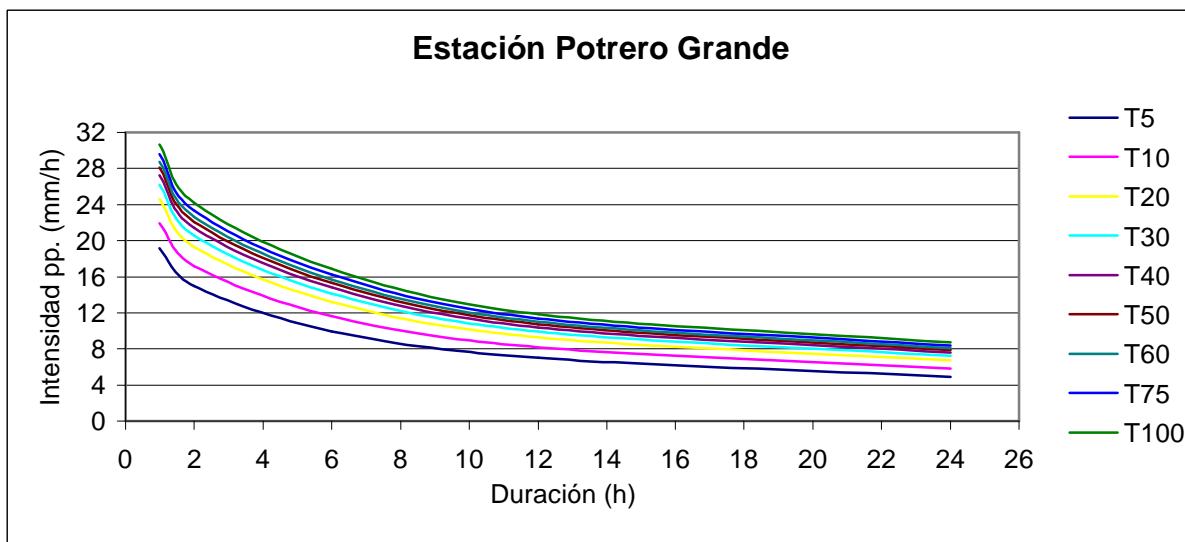


Figura 5.21. Gráfica de las curvas IDF, estación Potrero Grande.

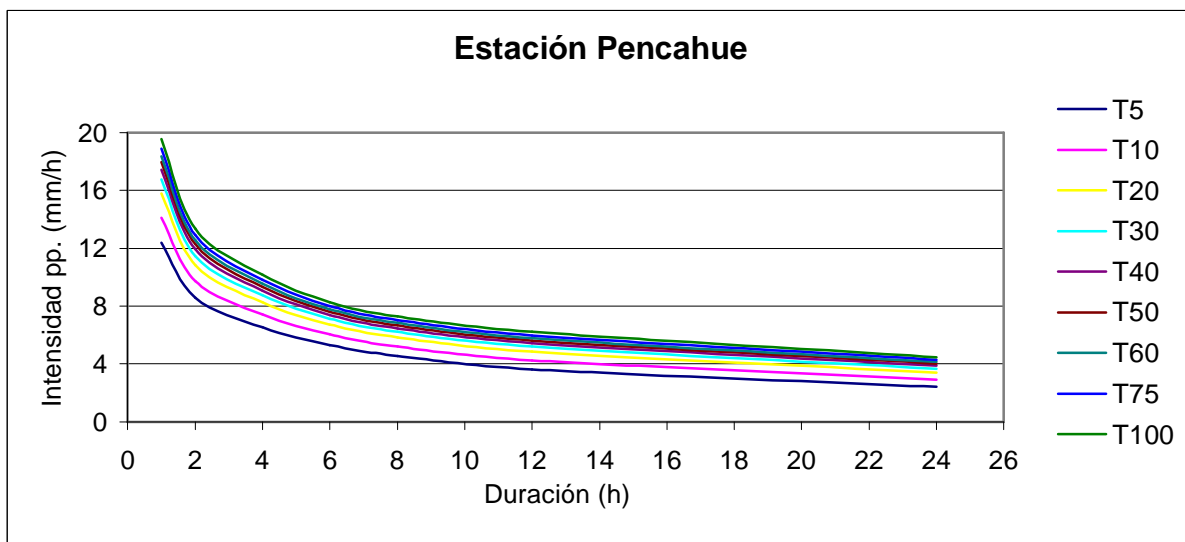


Figura 5.22. Gráfica de las curvas IDF, estación Pencahue.

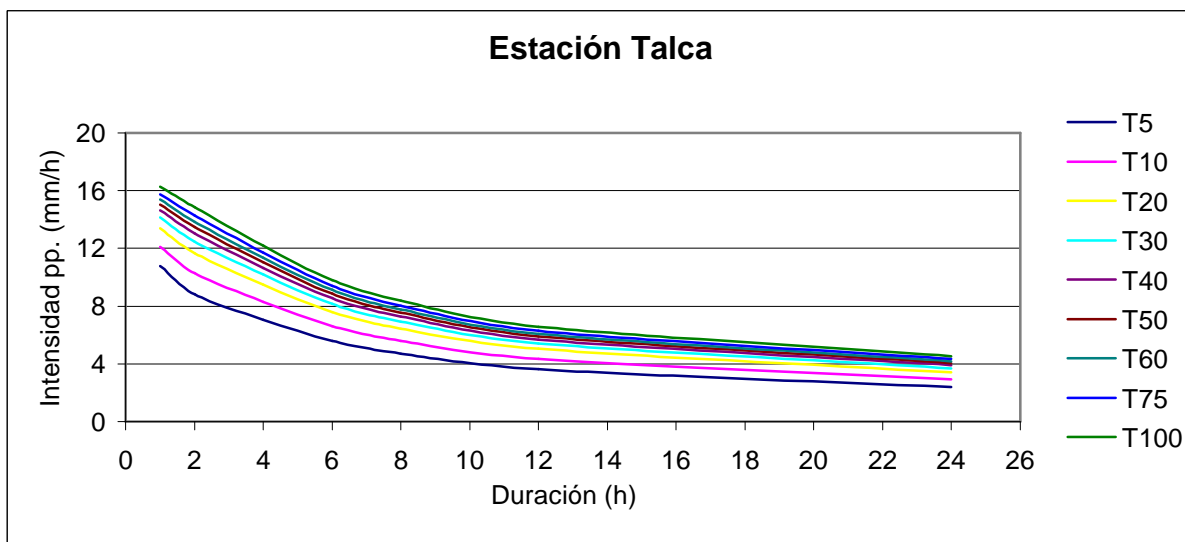


Figura 5.23. Gráfica de las curvas IDF, estación Talca.

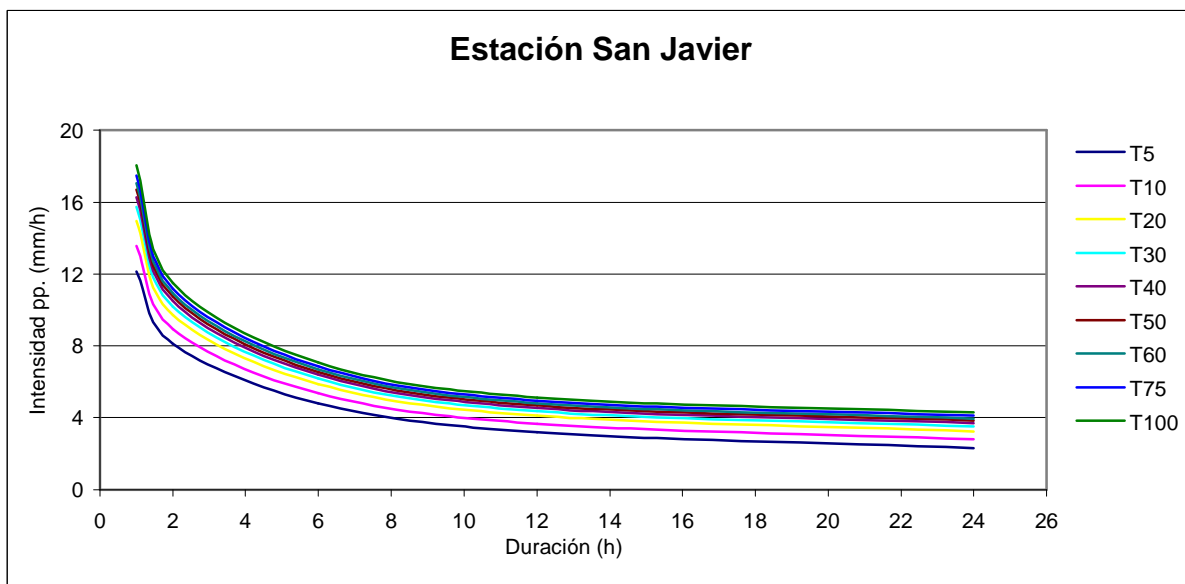


Figura 5.24. Gráfica de las curvas IDF, estación San Javier.

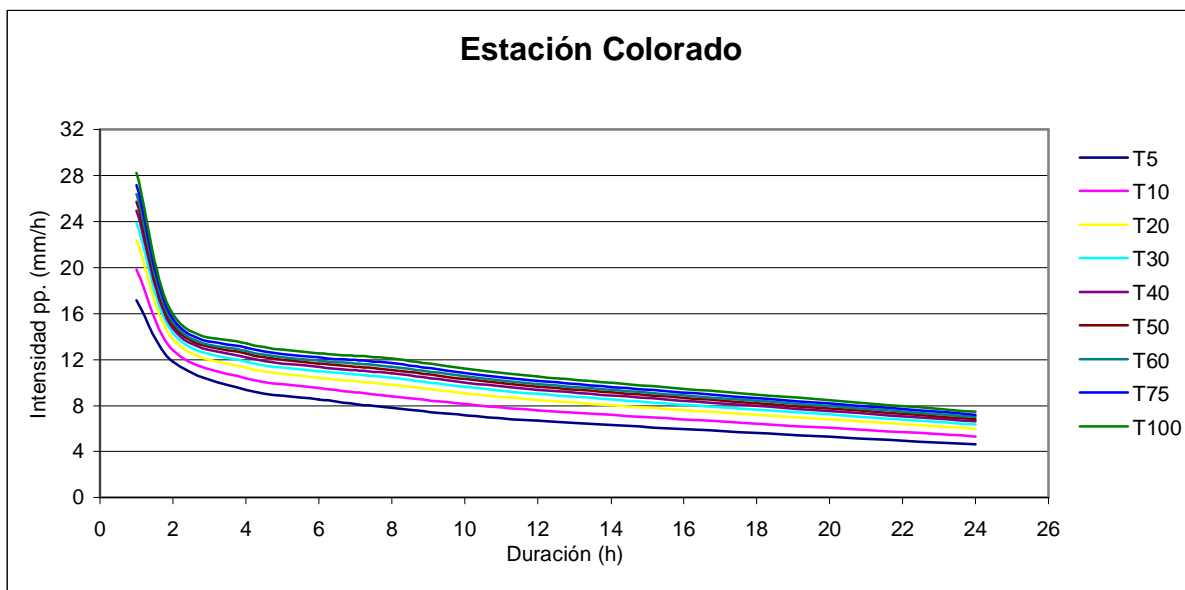


Figura 5.25. Gráfica de las curvas IDF, estación Colorado.

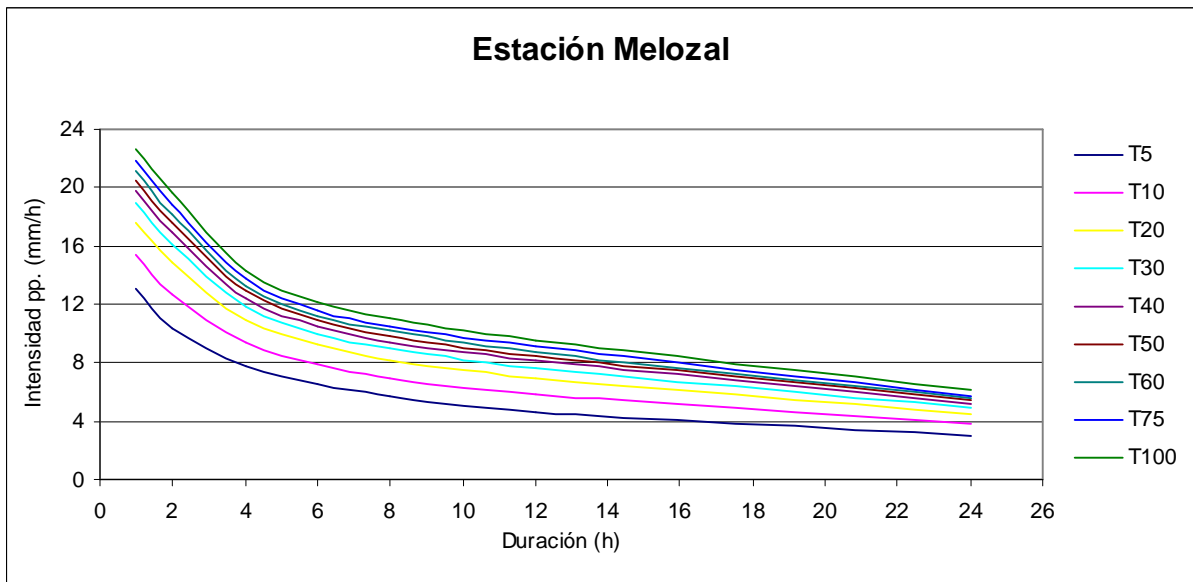


Figura 5.26. Gráfica de las curvas IDF, estación Melozal.

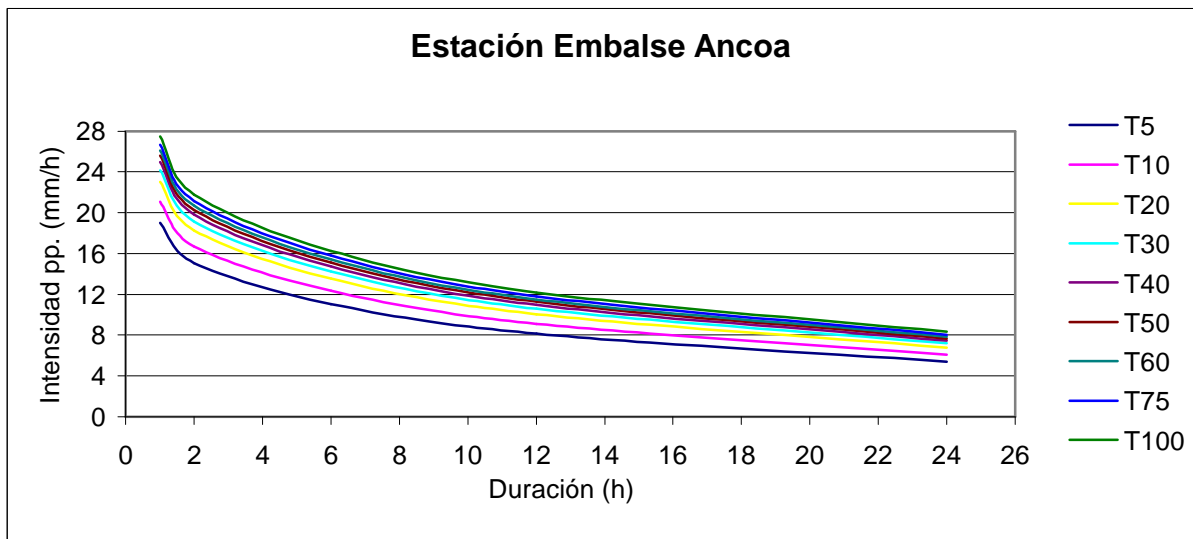


Figura 5.27. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Ancoa.

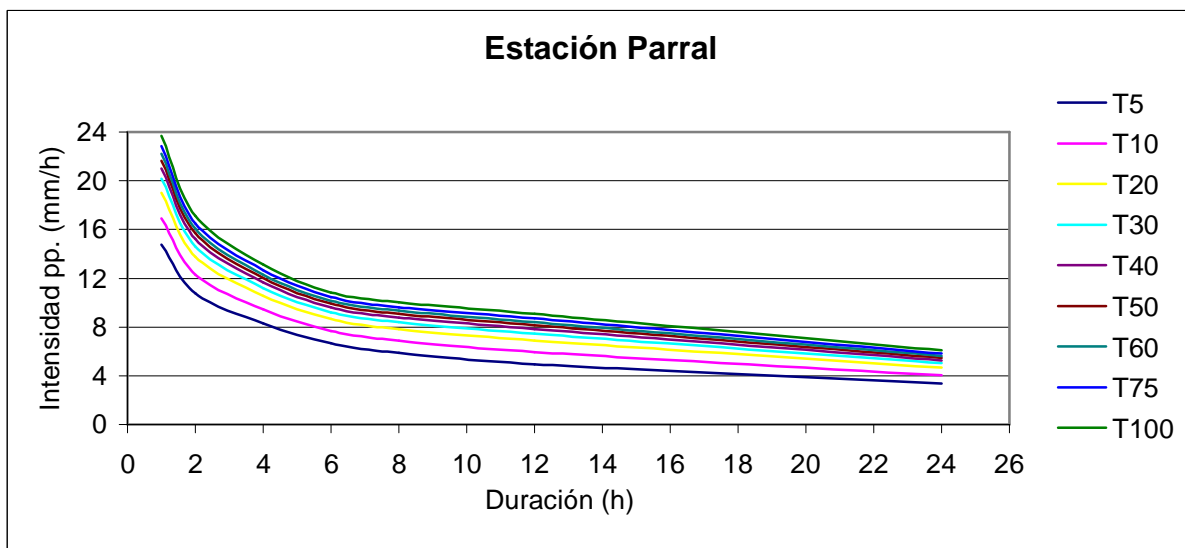


Figura 5.28. Gráfica de las curvas IDF, estación Parral.

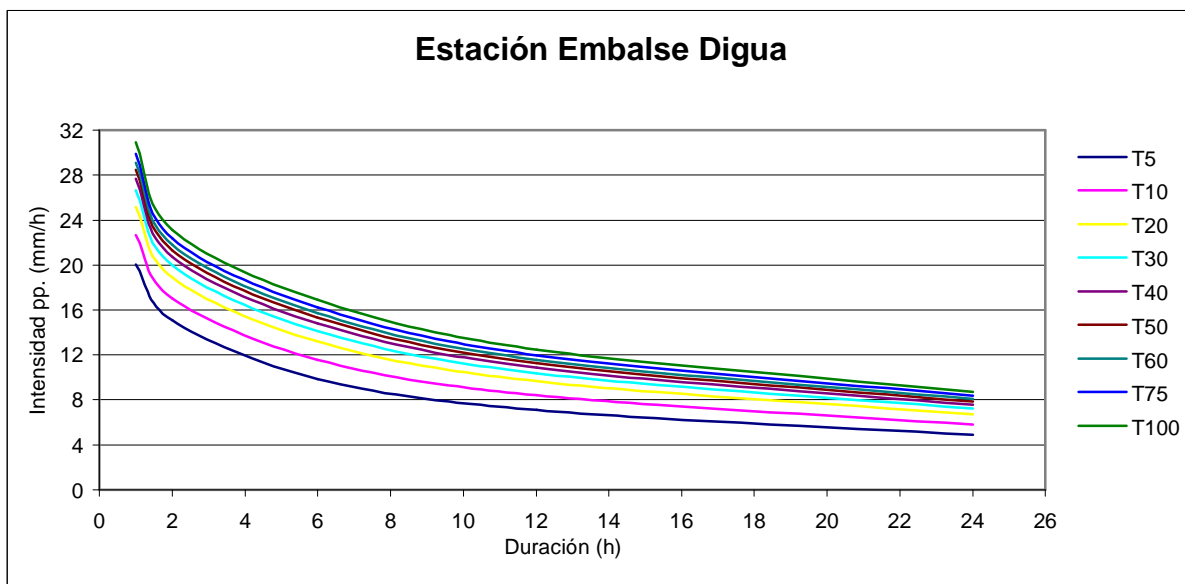


Figura 5.29. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Digua.

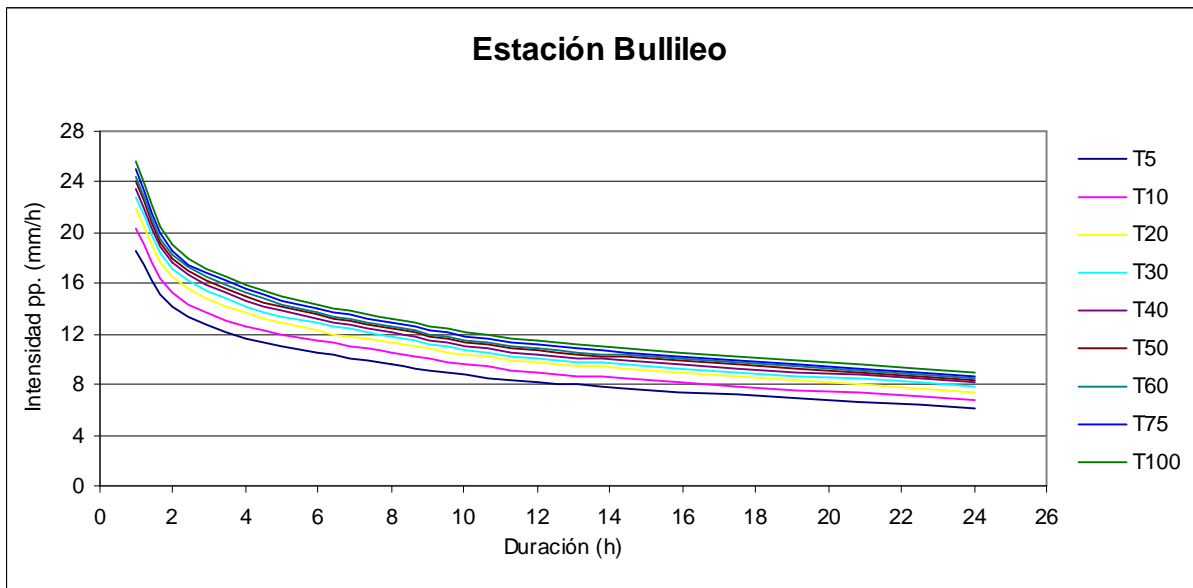


Figura 5.30. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Bullileo.

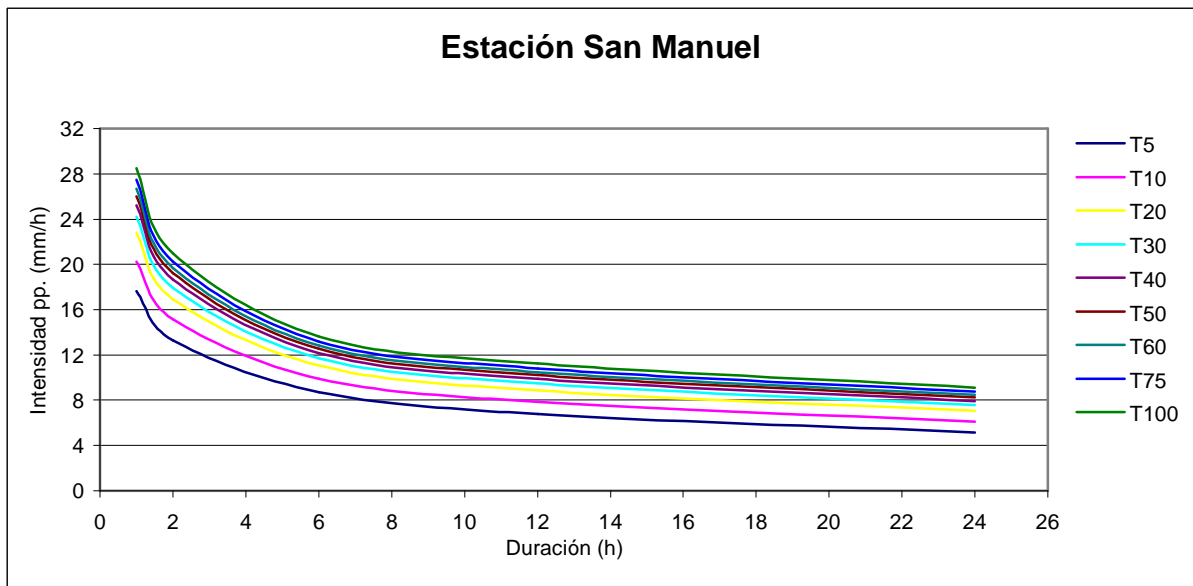


Figura 5.31. Gráfica de las curvas IDF, estación San Manuel.

5.6 Región del Bío-Bío (VIII)

5.6.1 Ecuaciones representativas

Tabla 5.6. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región del Bío - Bío.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Cerro El Padre	37°47'	72°52'	$I = \frac{72,98T^{0,14501}}{D^{0,3781}}$	99,3%	Se acepta H ₀	0,4813
Chillán Viejo	36°38'	72°06'	$I = \frac{104,93T^{0,1494}}{D^{0,4884}}$	99,3%	Se acepta H ₀	0,5473
Embalse Coihueco	36°39'	71°49'	$I = \frac{102,24T^{0,1876}}{D^{0,4370}}$	99,7%	Se acepta H ₀	0,4070
Embalse Diguillín	36°52'	71°38'	$I = \frac{77,62T^{0,1545}}{D^{0,3752}}$	99,3%	Se acepta H ₀	0,8004
Quilaco	37°41''	72°00'	$I = \frac{102,33T^{0,1483}}{D^{0,4788}}$	99,5%	Se acepta H ₀	0,3565

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

5.6.2 Diseño gráfico

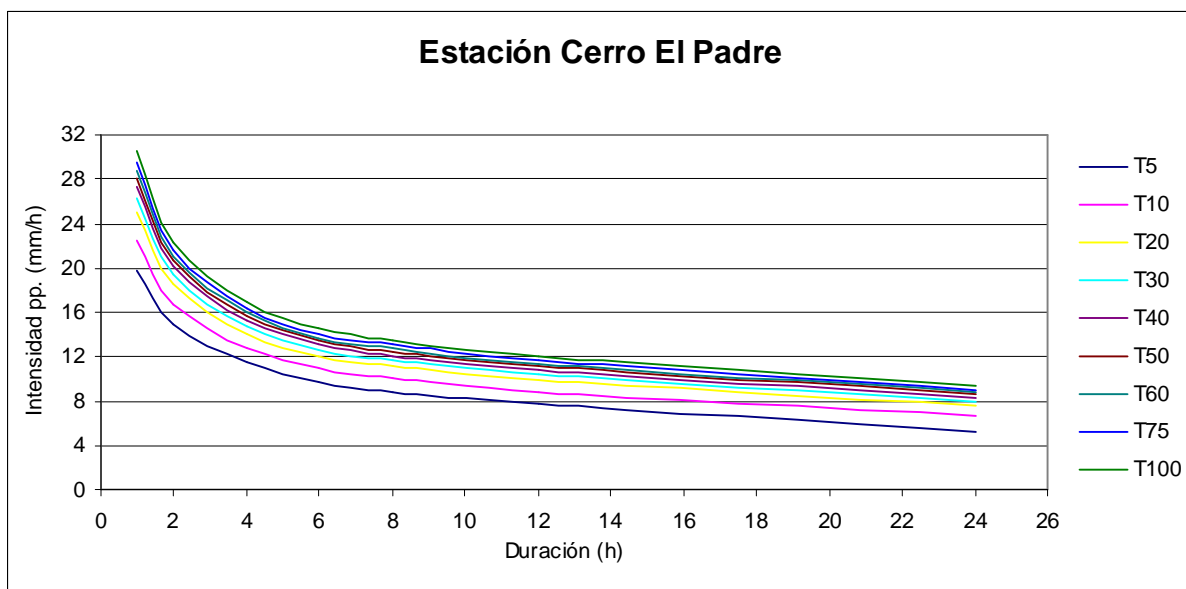


Figura 5.32. Gráfica de las curvas IDF, estación Cerro El Padre.

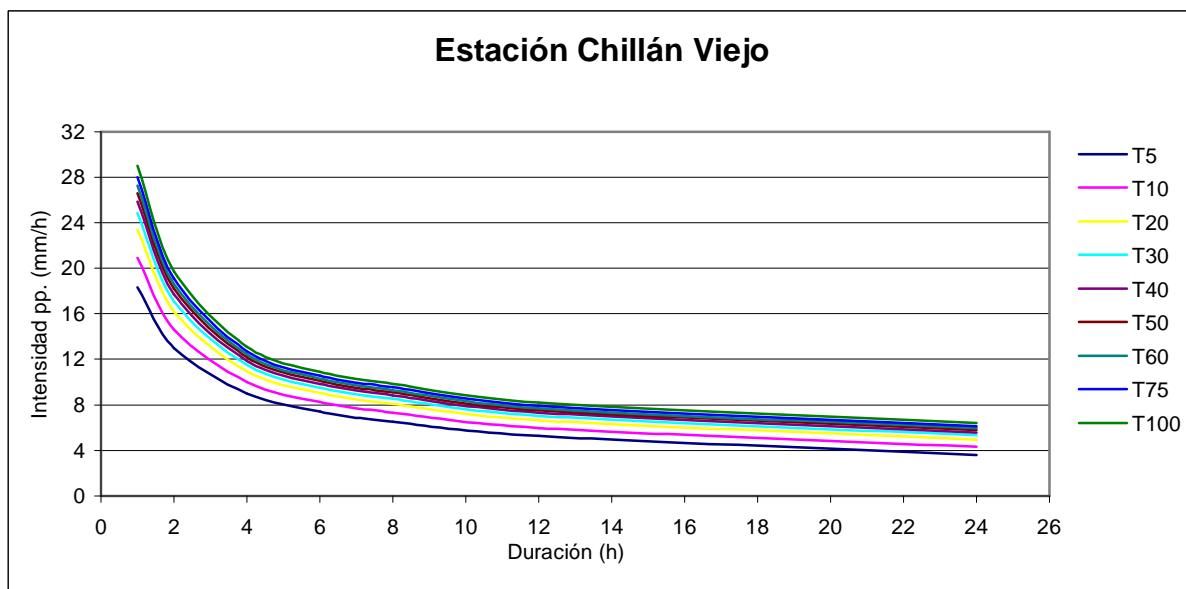


Figura 5.33. Gráfica de las curvas IDF, estación Chillán Viejo.

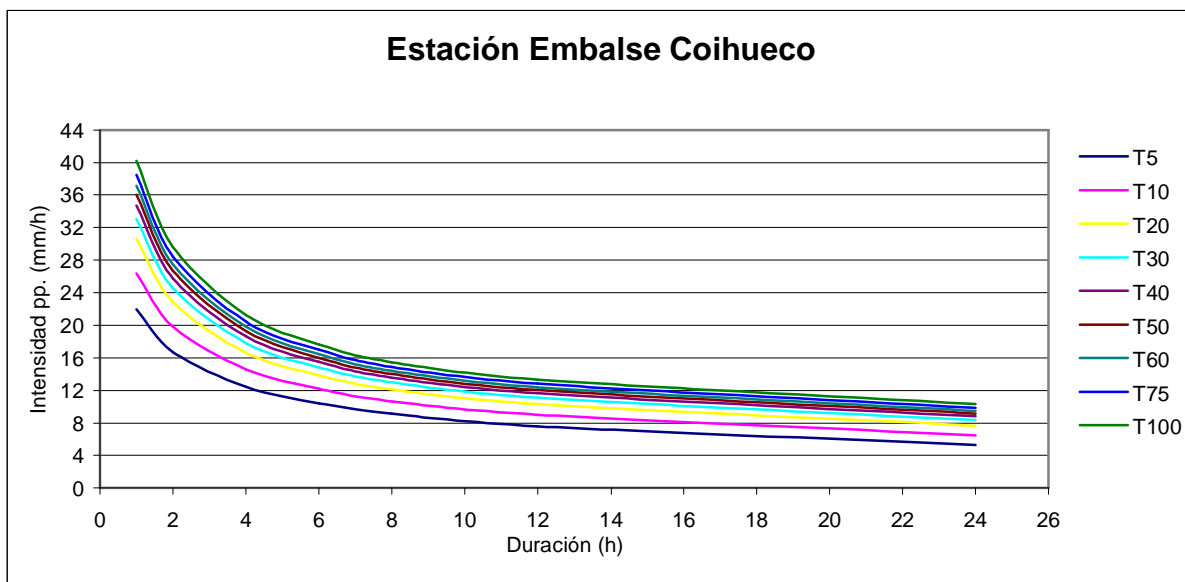


Figura 5.34. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Coihueco.

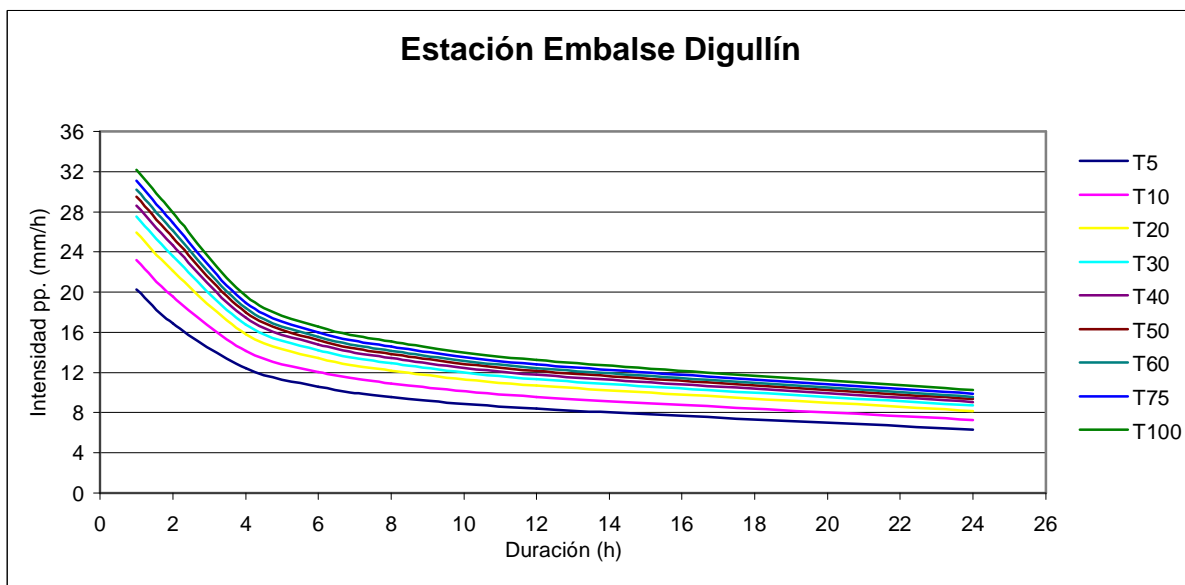


Figura 5.35. Gráfica de las curvas IDF, estación Embalse Diguillín.

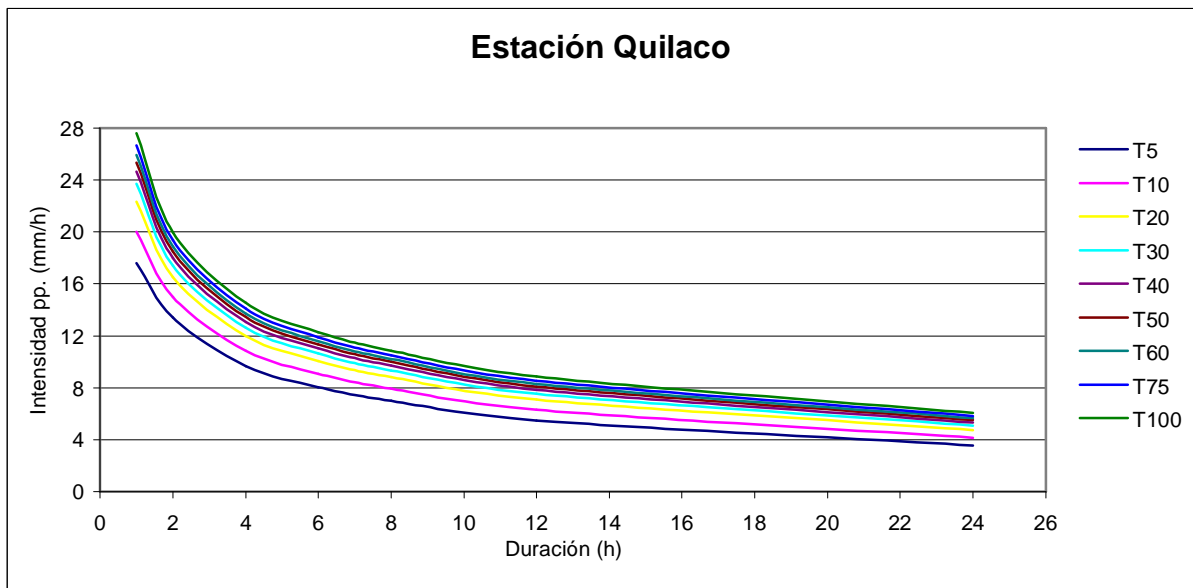


Figura 5.36. Gráfica de las curvas IDF, estación Quilaco.

5.7 Región de la Araucanía (IX)

5.7.1 Ecuaciones representativas

Tabla 5.7. Ecuaciones matemáticas de las curvas IDF, para las estaciones pluviográficas de la región de la Araucanía.

Estación	Ubicación geográfica		Ecuación matemática	R ²	U	EEE
	Latitud	Longitud				
Curacautín	38°26'	71°53'	$I = \frac{66,07T^{0,1783}}{D^{0,4557}}$	94,1%	Se acepta H ₀	1,1338
Pucón	39°16'	71°58'	$I = \frac{60,26T^{0,1436}}{D^{0,4168}}$	99,6%	Se acepta H ₀	0,2964
Pueblo Nuevo	38°44'	72°34'	$I = \frac{52,48T^{0,16,44}}{D^{0,4056}}$	98,3%	Se acepta H ₀	0,6977
Traiguén	38°15'	72°40'	$I = \frac{79,43T^{0,1542}}{D^{0,4819}}$	99,1%	Se acepta H ₀	0,3424

I = intensidad de precipitación (mm/h); T = período de retorno (años); D = duración (minutos),
R² = coeficiente de determinación; U = prueba de Mann Whitney (nivel de confianza de 95%) y EEE = error estándar de estimación.

5.7.2 Diseño gráfico

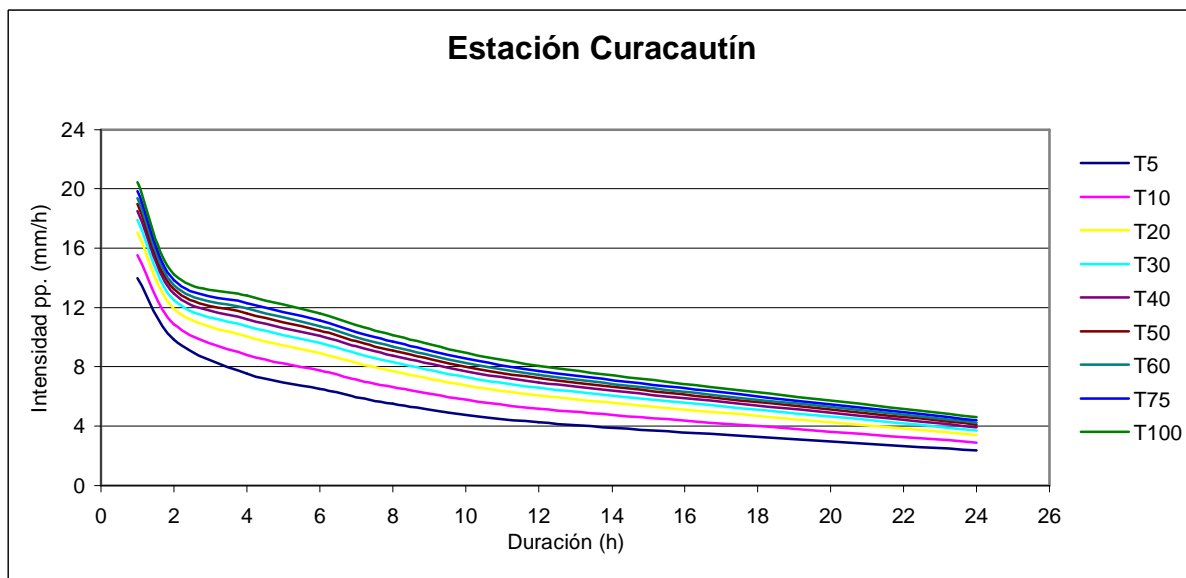


Figura 5.37. Gráfica de las curvas IDF, estación Curacautín.

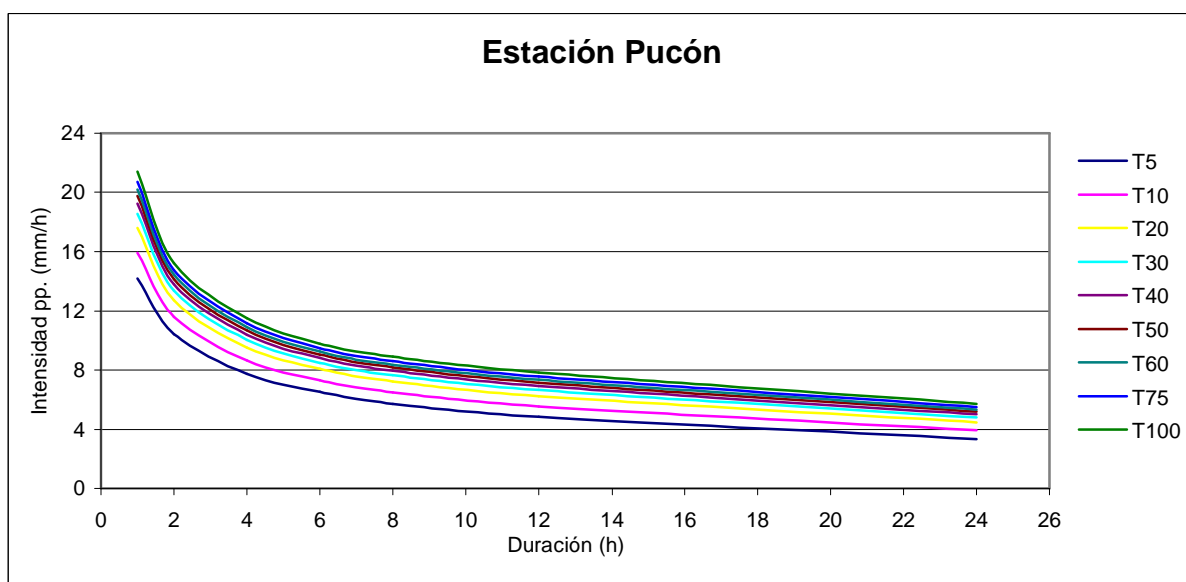


Figura 5.38. Gráfica de las curvas IDF, estación Pucón.

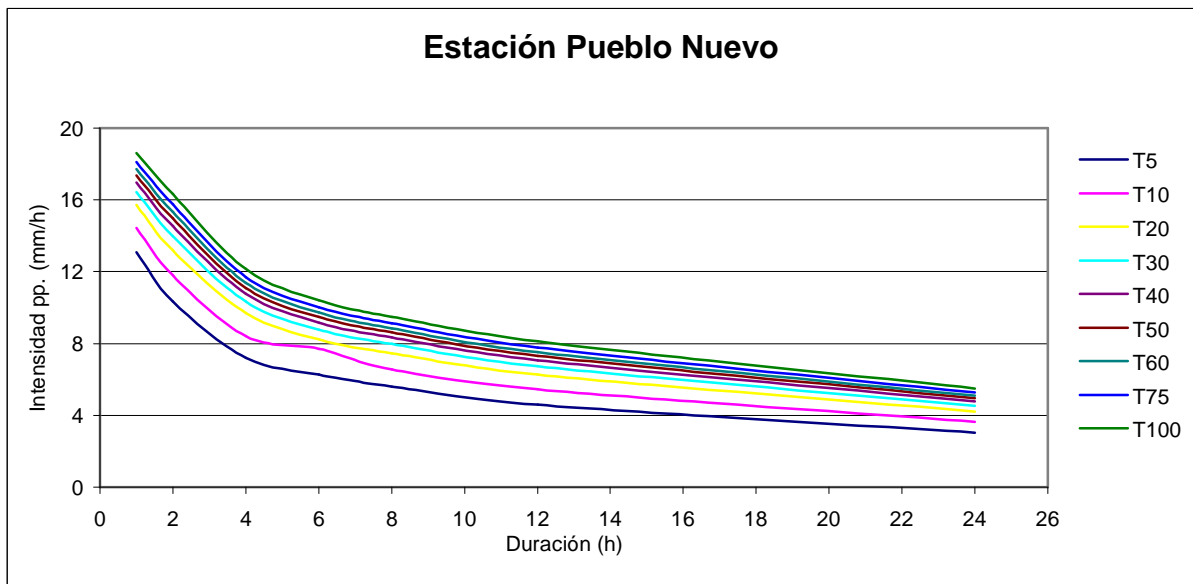


Figura 5.39. Gráfica de las curvas IDF, estación Pueblo Nuevo.

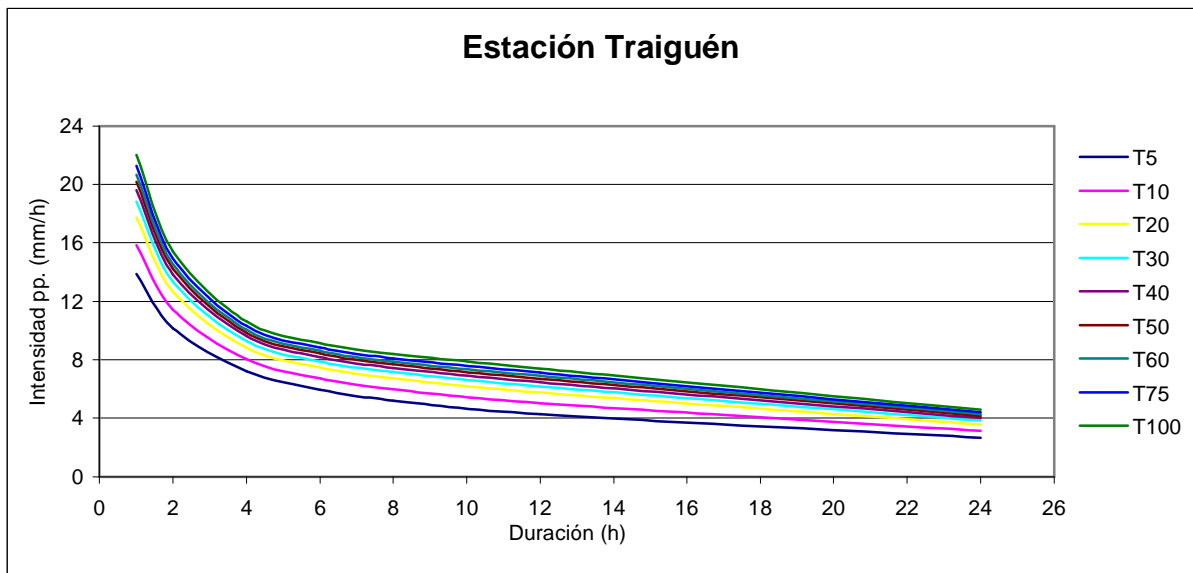


Figura 5.40. Gráfica de las curvas IDF, estación Traiguén.

6. Tablas de extensión de las curvas IDF

Las tablas de extensión de las curvas IDF, permiten la extrapolación de valores de intensidad máxima de precipitación, para las distintas duraciones, a estaciones pluviométricas cercanas a alguna de las estaciones pluviográficas y que, por su carácter pluviométrico, sólo cuentan con totales de precipitación para duraciones de 24 horas. Sin embargo, su aplicación no reemplaza la posibilidad de contar con las curvas IDF a partir de estaciones pluviográficas y es una primera aproximación para superar la carencia de datos.

Esta extrapolación de datos es posible empleando el parámetro k , que se define como la relación de las intensidades de precipitación horarias con respecto a la intensidad en 24 horas. Dicho parámetro fue determinado para cada duración y período de retorno, en cada una de las estaciones, y es definido por Pizarro *et al* (2003), como:

$$k = \frac{I_d}{I_{24}}$$

Donde:

k = parámetro que determina la relación entre cada intensidad de precipitación horaria con respecto a la intensidad en 24 horas;

I_d = intensidad de precipitación para una duración en horas;

I_{24} = intensidad de precipitación para una duración de 24 horas.

El primer paso para la obtención de las tablas de extensión de las curvas IDF, consiste en conocer los valores de las intensidades de precipitación calculadas para las distintas duraciones y períodos de retorno, como se indica en el tabla 6.1 para la estación Rivadavia.

Tabla 6.1. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Rivadavia.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	7,97	9,76	11,48	12,47	13,17	13,71	14,15	14,69	15,38
2	6,27	7,68	9,02	9,79	10,34	10,76	11,10	11,52	12,06
6	4,12	5,08	6,00	6,53	6,90	7,19	7,43	7,71	8,09
12	3,17	3,94	4,68	5,10	5,40	5,64	5,82	6,06	6,35
24	2,03	2,56	3,06	3,35	3,56	3,72	3,85	4,00	4,21

Luego, a partir de las intensidades de precipitación para cada duración y periodo de retorno (anexo 2), se calcula el parámetro k que permite extrapolar información hacia zonas que sólo poseen pluviómetro (tabla 6.2)

Tabla 6.2. Parámetro k , estación Rivadavia.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,92	3,82	3,75	3,72	3,70	3,69	3,68	3,67	3,66
2	3,09	3,00	2,95	2,92	2,91	2,90	2,89	2,88	2,87
6	2,03	1,99	1,96	1,95	1,94	1,94	1,93	1,93	1,92
12	1,56	1,54	1,53	1,52	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

$$k = \frac{I_2}{I_{24}} = \frac{9.79}{3.35} = 2.92$$

El uso del parámetro k es muy simple, ya que basta con ponderar una intensidad de precipitación para una duración de 24 horas correspondiente a un lugar sin pluviógrafo, por un factor k asociado a una duración (horas) y a un período de retorno (T en años) determinados, de tal forma de obtener información de intensidad en sectores aledaños con similares condiciones de precipitación.

A continuación, se presentan las tablas de extensión, con sus respectivos parámetros k , para las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Bío-Bío y Araucanía (tablas 6.3 -

6.1 Región de Coquimbo (IV)

Tabla 6.3. Parámetro k , estación Rivadavia.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,92	3,82	3,75	3,72	3,70	3,69	3,68	3,67	3,66
2	3,09	3,00	2,95	2,92	2,91	2,90	2,89	2,88	2,87
6	2,03	1,99	1,96	1,95	1,94	1,94	1,93	1,93	1,92
12	1,56	1,54	1,53	1,52	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.4. Parámetro k , estación Embalse La Paloma.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,10	4,93	4,81	4,76	4,73	4,71	4,70	4,68	4,66
2	3,57	3,43	3,35	3,31	3,29	3,27	3,26	3,24	3,23
6	2,26	2,21	2,18	2,16	2,15	2,14	2,14	2,13	2,13
12	1,59	1,57	1,56	1,55	1,55	1,55	1,54	1,54	1,54
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.5. Parámetro k , estación Embalse Cogotí.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,01	3,80	3,67	3,62	3,58	3,56	3,54	3,52	3,50
2	3,25	3,13	3,06	3,03	3,01	2,99	2,99	2,97	2,96
6	2,08	1,98	1,92	1,90	1,88	1,87	1,87	1,86	1,85
12	1,44	1,41	1,38	1,37	1,36	1,36	1,36	1,35	1,35
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.6. Parámetro k , estación Illapel.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,49	4,36	4,28	4,24	4,22	4,22	4,19	4,20	4,19
2	3,50	3,41	3,35	3,33	3,31	3,31	3,29	3,30	3,29
6	2,32	2,29	2,28	2,27	2,27	2,27	2,26	2,27	2,26
12	1,65	1,64	1,63	1,63	1,63	1,63	1,62	1,62	1,62
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.7. Parámetro k , estación La Tranquilla.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,86	4,59	4,41	4,34	4,30	4,26	4,24	4,21	4,18
2	3,47	3,21	3,04	2,97	2,93	2,90	2,88	2,85	2,82
6	2,04	1,91	1,84	1,81	1,79	1,77	1,76	1,75	1,74
12	1,39	1,33	1,29	1,27	1,26	1,26	1,25	1,24	1,24
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.8. Parámetro k , estación Los Cóndores.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,87	3,55	3,36	3,28	3,24	3,20	3,18	3,15	3,12
2	2,91	2,71	2,59	2,54	2,51	2,49	2,48	2,46	2,44
6	1,89	1,76	1,68	1,65	1,63	1,61	1,60	1,59	1,58
12	1,41	1,36	1,34	1,32	1,32	1,31	1,31	1,30	1,30
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.9. Parámetro k , estación Quelón.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,23	5,07	4,96	4,91	4,88	4,86	4,84	4,82	4,80
2	4,17	4,10	4,05	4,03	4,02	4,01	4,00	3,99	3,98
6	2,24	2,14	2,08	2,05	2,03	2,02	2,01	1,99	1,98
12	1,46	1,42	1,39	1,38	1,37	1,36	1,36	1,35	1,35
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

6.2 Región de Valparaíso (V)

Tabla 6.10. Parámetro k , estación Hacienda Pedernal.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	2,97	2,91	2,86	2,84	2,82	2,81	2,81	2,80	2,79
2	2,62	2,57	2,53	2,52	2,51	2,50	2,49	2,48	2,48
6	1,90	1,88	1,87	1,86	1,86	1,85	1,85	1,85	1,85
12	1,37	1,34	1,32	1,31	1,30	1,30	1,30	1,29	1,29
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.11. Parámetro k , estación Quillota.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,26	4,15	4,07	4,03	4,01	3,99	3,98	3,97	3,95
2	3,82	3,77	3,75	3,73	3,72	3,72	3,71	3,71	3,70
6	2,58	2,65	2,70	2,72	2,73	2,74	2,75	2,75	2,76
12	1,67	1,70	1,71	1,72	1,72	1,73	1,73	1,73	1,74
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.12. Parámetro k , estación Embalse Lliu-Lliu.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,26	3,14	3,06	3,02	2,99	2,97	2,96	2,95	2,93
2	2,68	2,65	2,63	2,62	2,62	2,62	2,61	2,61	2,60
6	1,95	1,95	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
12	1,49	1,48	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,46
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.13. Parámetro k , estación Lago Peñuelas.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,20	3,07	2,98	2,94	2,92	2,90	2,89	2,87	2,86
2	2,82	2,72	2,65	2,62	2,60	2,58	2,57	2,56	2,55
6	1,99	1,98	1,97	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,95
12	1,46	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

6.3 Región Metropolitana (RM)

Tabla 6.14. Parámetro k , estación Embalse Rungue.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,60	3,39	3,26	3,19	3,15	3,12	3,10	3,08	3,05
2	2,80	2,61	2,48	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31	2,29
6	1,85	1,75	1,68	1,66	1,64	1,63	1,63	1,62	1,61
12	1,42	1,39	1,37	1,36	1,36	1,35	1,35	1,35	1,34
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.15. Parámetro k , estación Cerro Calán.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,34	4,09	3,93	3,85	3,80	3,77	3,75	3,72	3,69
2	3,69	3,51	3,39	3,33	3,30	3,28	3,26	3,24	3,22
6	2,22	2,09	2,01	1,97	1,95	1,93	1,92	1,91	1,89
12	1,60	1,55	1,52	1,50	1,49	1,49	1,48	1,47	1,47
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.16. Parámetro k , estación Los Panguiles.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,44	3,18	3,01	2,93	2,89	2,86	2,84	2,81	2,78
2	2,89	2,72	2,62	2,57	2,54	2,52	2,51	2,49	2,47
6	2,00	1,94	1,91	1,89	1,88	1,87	1,87	1,86	1,86
12	1,56	1,55	1,55	1,55	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.17. Parámetro k , estación Pirque.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,65	3,42	3,27	3,20	3,16	3,14	3,11	3,09	3,05
2	2,70	2,49	2,35	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,15
6	1,78	1,68	1,62	1,59	1,57	1,56	1,55	1,54	1,53
12	1,41	1,37	1,35	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,32
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.18. Parámetro k , estación Melipilla.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,44	5,78	6,00	6,11	6,17	6,21	6,25	6,28	6,32
2	3,85	4,01	4,12	4,18	4,20	4,22	4,24	4,26	4,28
6	2,05	2,03	2,00	2,00	1,99	1,99	1,99	1,98	1,98
12	1,41	1,38	1,37	1,36	1,36	1,35	1,35	1,35	1,34
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

6.4 Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (VI)

Tabla 6.19. Parámetro k , estación Rengo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,90	3,92	3,94	3,95	3,96	3,96	3,96	3,97	3,97
2	2,80	2,79	2,78	2,78	2,77	2,77	2,77	2,77	2,76
6	1,87	1,85	1,83	1,82	1,81	1,81	1,81	1,80	1,80
12	1,42	1,41	1,40	1,39	1,39	1,39	1,39	1,38	1,38
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.20. Parámetro k , estación Central Nieves.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	2,85	2,66	2,53	2,47	2,43	2,40	2,38	2,36	2,33
2	2,31	2,18	2,09	2,05	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95
6	1,69	1,63	1,58	1,56	1,54	1,53	1,52	1,52	1,51
12	1,34	1,31	1,30	1,29	1,28	1,28	1,28	1,28	1,27
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.21. Parámetro k , estación Convento Viejo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,05	4,05	4,06	4,06	4,06	4,07	4,07	4,07	4,07
2	2,90	2,83	2,78	2,76	2,74	2,73	2,72	2,71	2,70
6	1,91	1,85	1,80	1,78	1,76	1,75	1,75	1,74	1,73
12	1,41	1,38	1,36	1,35	1,35	1,34	1,34	1,33	1,33
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

6.4 Región del Maule (VII)

Tabla 6.22. Parámetro k , estación Los Queñes.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,95	3,94	3,96	3,93	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92
2	2,96	2,94	2,95	2,47	2,92	2,92	2,92	2,91	2,91
6	1,91	1,89	1,89	1,86	1,86	1,85	1,85	1,85	1,84
12	1,47	1,48	1,49	1,48	1,48	1,48	1,49	1,49	1,49
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.23. Parámetro k , estación Potrero Grande.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,89	3,76	3,66	3,62	3,59	3,57	3,56	3,54	3,52
2	3,04	2,94	2,88	2,84	2,82	2,81	2,80	2,79	2,77
6	2,02	1,99	1,97	1,96	1,95	1,95	1,94	1,94	1,94
12	1,43	1,40	1,38	1,38	1,37	1,37	1,36	1,36	1,36
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.24. Parámetro k , estación Péncahue.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,11	4,83	4,64	4,56	4,50	4,46	4,44	4,40	4,37
2	3,55	3,33	3,19	3,13	3,08	3,05	3,03	3,01	2,98
6	2,20	2,07	1,98	1,94	1,91	1,89	1,88	1,86	1,85
12	1,50	1,46	1,43	1,42	1,41	1,40	1,40	1,39	1,39
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.25. Parámetro k , estación Talca.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,49	4,15	3,91	3,82	3,74	3,70	3,67	3,63	3,58
2	3,67	3,52	3,41	3,37	3,34	3,32	3,31	3,29	3,27
6	2,33	2,27	2,22	2,21	2,19	2,18	2,18	2,17	2,16
12	1,52	1,49	1,47	1,47	1,46	1,46	1,45	1,45	1,45
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.26. Parámetro k , estación San Javier.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,26	4,87	4,60	4,48	4,40	4,35	4,31	4,26	4,20
2	3,52	3,21	2,99	2,90	2,84	2,79	2,76	2,72	2,68
6	2,08	1,92	1,81	1,76	1,73	1,71	1,69	1,67	1,65
12	1,38	1,31	1,27	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,19
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.27. Parámetro k , estación Colorado.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,71	3,73	3,75	3,76	3,76	3,77	3,77	3,77	3,78
2	2,55	2,41	2,30	2,25	2,22	2,19	2,18	2,15	2,13
6	1,85	1,79	1,75	1,73	1,72	1,71	1,70	1,69	1,68
12	1,45	1,43	1,42	1,42	1,42	1,41	1,41	1,41	1,41
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.28. Parámetro k , estación Melozal.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,26	4,06	3,92	3,87	3,82	3,80	3,78	3,76	3,73
2	3,41	3,34	3,30	3,28	3,26	3,26	3,25	3,25	3,24
6	2,14	2,08	2,05	2,04	2,03	2,02	2,01	2,01	2,00
12	1,54	1,55	1,56	1,57	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.29. Parámetro k , estación Embalse Ancoa.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,53	3,45	3,40	3,37	3,35	3,34	3,33	3,32	3,30
2	2,80	2,74	2,69	2,67	2,66	2,65	2,64	2,63	2,62
6	2,05	2,02	2,00	1,98	1,98	1,97	1,97	1,96	1,95
12	1,51	1,50	1,48	1,48	1,47	1,47	1,47	1,47	1,46
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.30. Parámetro k , estación Parral.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,41	4,22	4,09	4,03	4,00	3,97	3,95	3,93	3,90
2	3,21	3,07	2,97	2,92	2,89	2,87	2,86	2,84	2,82
6	1,99	1,91	1,86	1,84	1,82	1,81	1,80	1,80	1,79
12	1,47	1,48	1,48	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.31. Parámetro k , estación Embalse Digua.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,12	3,91	3,77	3,70	3,66	3,63	3,61	3,58	3,55
2	3,10	2,94	2,84	2,77	2,74	2,72	2,70	2,68	2,66
6	2,02	1,99	1,97	1,96	1,96	1,95	1,95	1,95	1,94
12	1,46	1,45	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,43	1,43
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.32. Parámetro k , estación Embalse Bullileo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,06	2,99	2,94	2,92	2,90	2,89	2,88	2,86	2,85
2	2,33	2,26	2,21	2,19	2,17	2,16	2,15	2,13	2,12
6	1,73	1,69	1,65	1,64	1,63	1,62	1,61	1,61	1,60
12	1,34	1,32	1,30	1,30	1,29	1,28	1,28	1,28	1,27
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.33. Parámetro k , estación San Manuel.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,42	3,31	3,23	3,20	3,18	3,17	3,16	3,142	3,13
2	2,57	2,48	2,41	2,37	2,35	2,34	2,33	2,315	2,30
6	1,69	1,62	1,57	1,48	1,54	1,53	1,52	1,508	1,50
12	1,31	1,28	1,26	1,25	1,25	1,24	1,24	1,235	1,23
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000	1,00

6.5 Región del Bío-Bío (VIII)

Tabla 6.34. Parámetro k , estación Cerro El Padre.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,40	3,35	3,32	3,30	3,29	3,28	3,28	3,27	3,26
2	2,56	2,50	2,46	2,43	2,42	2,41	2,40	2,40	2,38
6	1,68	1,63	1,60	1,59	1,58	1,57	1,56	1,56	1,55
12	1,33	1,32	1,31	1,30	1,30	1,30	1,30	1,29	1,29
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.35. Parámetro k , estación Chillán Viejo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,08	4,88	4,74	4,68	4,64	4,60	4,59	4,56	4,53
2	3,60	3,41	3,28	3,22	3,18	3,15	3,13	3,11	3,08
6	2,05	1,92	1,83	1,79	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70
12	1,46	1,39	1,34	1,32	1,31	1,30	1,29	1,29	1,28
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.36. Parámetro k , estación Embalse Coihueco.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,15	4,05	3,99	3,96	3,95	3,94	3,93	3,92	3,90
2	3,16	3,05	2,98	2,95	2,93	2,92	2,90	2,89	2,88
6	1,97	1,87	1,81	1,78	1,76	1,75	1,74	1,73	1,71
12	1,44	1,38	1,35	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,30
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.37. Parámetro k , estación Diguillín.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	3,21	3,19	3,17	3,17	3,16	3,16	3,15	3,15	3,15
2	2,67	2,69	2,71	2,71	2,72	2,72	2,72	2,73	2,73
6	1,68	1,66	1,64	1,64	1,63	1,63	1,62	1,62	1,62
12	1,33	1,32	1,31	1,30	1,30	1,30	1,30	1,29	1,29
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.38. Parámetro k , estación Quilaco.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,96	4,83	4,72	4,67	4,65	4,62	4,60	4,59	4,57
2	3,77	3,61	3,49	3,43	3,40	3,37	3,35	3,33	3,30
6	2,26	2,19	2,12	2,10	2,08	2,07	2,05	2,04	2,03
12	1,54	1,52	1,49	1,49	1,48	1,47	1,47	1,47	1,46
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

6.6 Región de la Araucanía (IX)

Tabla 6.39. Parámetro k , estación Curacautín.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,95	5,38	5,00	4,83	4,72	4,64	4,59	4,53	4,45
2	4,17	3,76	3,49	3,37	3,30	3,24	3,20	3,16	3,10
6	2,77	2,68	2,62	2,59	2,57	2,56	2,55	2,54	2,53
12	1,81	1,79	1,78	1,77	1,77	1,77	1,76	1,76	1,76
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.40. Parámetro k , estación Pucón.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,23	4,05	3,93	3,87	3,83	3,81	3,79	3,77	3,74
2	3,12	2,95	2,83	2,78	2,75	2,53	2,71	2,68	2,66
6	1,95	1,86	1,80	1,77	1,75	1,74	1,73	1,72	1,71
12	1,44	1,41	1,40	1,39	1,38	1,38	1,38	1,37	1,37
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.41. Parámetro k , estación Pueblo Nuevo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	4,31	3,96	3,73	3,62	3,56	3,51	3,48	3,44	3,39
2	3,40	3,24	3,13	3,08	3,05	3,02	3,01	2,99	2,97
6	2,06	2,00	1,95	1,93	1,92	1,91	1,91	1,90	1,89
12	1,51	1,49	1,49	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,47
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 6.42. Parámetro k , estación Traiguén.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	5,19	5,06	4,97	4,92	4,89	4,87	4,85	4,83	4,81
2	3,81	3,65	3,54	3,49	3,45	3,43	3,42	3,39	3,37
6	2,23	2,15	2,09	2,06	2,04	2,03	2,02	2,01	2,00
12	1,60	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,62	1,62	1,62
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

7. ANÁLISIS DE LAS INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN

7.1 Análisis de las series originales de intensidades máximas de precipitación

Con la finalidad de tratar de explicar en parte el comportamiento de las intensidades máximas, se analizó en primer lugar el comportamiento de las intensidades máximas de precipitación para la duración de 1 hora, a partir de los valores originales, a los que se le determinaron algunos parámetros, como la media de los valores (\bar{x}), la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación (CV), que fueron aplicados a las series completas (tabla 7.1).

Tabla 7.1. Parámetros para las series completas por estación en 1 hora.

Región	Estaciones	\bar{X} (mm/h)	S (mm/h)	CV (%)
Coquimbo	Rivadavia	5,8 ⁽²⁾	3,1	53,3 ⁽¹⁾
	Embalse La Paloma	8,9	4,6	51,9
	Embalse Cogotí	8,0	4,0	49,7
	Illapel	7,2	3,6	49,5
	La Tranquilla	7,0	3,2	45,5
	Los Cóncores	7,6	3,5	46,0
	Quelón	7,5	2,9	39,1
Valparaíso	Hacienda Pedernal	10,4	3,1	30,3
	Quillota	10,3	3,9	38,1
	Embalse Lliu-Lliu	16,4	4,9	29,8
	Lago Peñuelas	17,7 ⁽¹⁾	6,3	35,5
Metropolitana	Embalse Rungue	9,5	3,0	31,4
	Cerro Calán	11,2	3,3	29,3
	Los Panguiles	8,6	3,4	39,1
	Melipilla	9,6	8,0	82,9
	Pirque	9,5	2,9	30,1
Lib. Gral. Bernardo O'Higgins	Rengo	11,4	3,2	28,1
	Central las Nieves	12,0	2,4	19,6
	Convento Viejo	12,5	3,5	28,1
Maule	Los Queñes	15,5	4,7	29,9
	Potrero Grande	15,7	4,8	30,3
	Pencahue	10,2	3,0	29,1
	Talca	9,2	2,3	24,8
	Melozal	10,2	4,0	39,1
	San Javier	10,4	2,4	23,5
	Colorado	13,9	4,6	33,1
	Embalse Ancoa	16,5	3,5	21,3
	Parral	12,1	3,7	30,4
	Embalse Digua	16,8	4,5	26,7
	Embalse Bullileo	16,4	2,9	17,8 ⁽²⁾
	San Manuel	14,4	4,5	31,3
Bío Bío	Embalse Coihueco	16,5	7,4	44,8
	Chillán Viejo	15,2	4,5	29,6
	Embalse Diguillín	16,8	5,0	29,8
	Quilaco	14,7	4,2	28,6
	Cerro el Padre	16,7	4,5	26,9
Araucanía	Traiguén	11,5	3,4	29,6
	Curacautín	12,1	2,7	22,3
	Pueblo Nuevo	11,4	2,3 ⁽²⁾	20,2
	Pucón	12,0	3,0	25,0

⁽¹⁾: valor máximo, ⁽²⁾: valor mínimo

En general, en la tabla 7.1 se observa que la variabilidad de los datos de las estaciones ubicadas al norte de la zona de estudio, es mayor a la de las estaciones ubicadas más al sur. Esto se puede apreciar de mejor forma en la figura 7.1, que muestra gráficamente el coeficiente de variación, con las estaciones ubicadas de norte a sur del país, donde la tendencia de la gráfica tiende a ser negativa, a medida que se avanza en latitud. Asimismo, es posible apreciar que la estación Melipilla es la que presenta mayor valor, lo que se debe a que en el año 2000, se registró un evento extremo superior a los 35 mm, que dista bastante de los otros valores registrados en dicha estación (anexo 1).

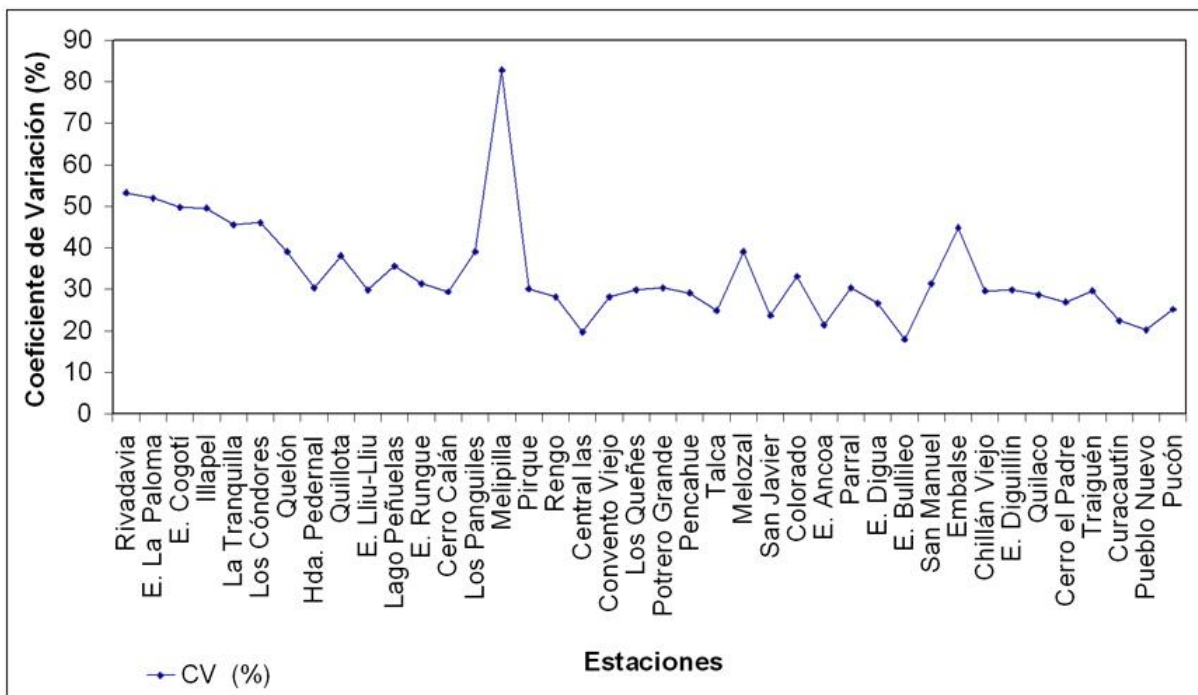


Figura 7.1. Coeficiente de Variación para las series originales completas

7.2. Análisis de las intensidades máximas de precipitación a partir de las curvas IDF.

Por otro lado, también se realizó un análisis a partir de las Curvas IDF. Esto se hizo por medio de una comparación gráfica en sentido latitudinal, para los periodos de retorno de 5 y 100 años y para la duración de 1 hora. A su vez, estos valores fueron comparados con la precipitación media anual, con el fin de establecer si existe algún comportamiento similar entre ambas variables.

En la tabla 7.2 se entregan las coordenadas geográficas de las estaciones, las intensidades máximas de precipitación para la duración de una hora, para los períodos de retorno de 5 y 100 años, así como también los valores medios de precipitación, según los registros de los últimos 25 años y en base a datos proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA).

Tabla 7.2. Coordenadas geográficas, precipitación media anual e Intensidad máxima de precipitación en 1 hora, para periodos de retorno (T) de 5 y 100 años.

Región	Estaciones	Latitud Sur	Longitud Oeste	Precipitación media anual (mm)	Int. de precipitación 1 hora (mm/h)	
					T = 100	T = 5
Coquimbo	Rivadavia	29°58'	70°34'	114,4	15,38	7,97
	Embalse La Paloma	30°41'	71°02'	1.634,0	27,49	19,00
	Embalse Cogotí	31°00'	71°05'	191,1	20,40	10,82
	Illapel	31°38'	71°11'	193,3	18,36	9,76
	La Tranquilla	31°54'	70°40'	273,3	17,09	9,34
	Los Cóncores	32°07'	71°19'	256,8	18,48	10,07
	Quelón	32°09'	71°10'	323,1	16,79	9,67
Valparaíso	Hacienda Pedernal	32°05'	70°48'	287,1	20,22	12,62
	Quillota	32°54'	71°13'	356,0	22,57	13,10
	Embalse Lliu-Lliu.	33°06'	71°13'	579,0	31,77	19,95
	Lago Peñuelas.	33°09'	71°32'	746,0	37,41	22,22
Metropolitana	Embalse Rungue	33°02'	70°54'	425,4	18,83	11,63
	Cerro Calán	33°23'	70°32'	441,1	21,53	13,58
	Los Panguiles	33°26'	71°00'	359,9	19,20	11,04
	Pirque	33°40'	70°36'	466,5	18,42	11,53
	Melipilla	33°42'	71°13'	395,9	34,72	15,39
Lib. Gral. Bernardo O'Higgins	Rengo	34°24'	70°52'	529,8	21,43	13,68
	Central las Nieves	34°29'	70°45'	827,5	19,37	13,68
	Convento Viejo	34°46'	71°06'	695,0	23,53	15,04
Maule	Los Queñes	34°59'	70°48'	1.357,1	30,13	18,89
	Potrero Grande	35°10'	71°05'	1.107,1	30,66	19,14
	Pencahue	35°23'	71°48'	631,4	19,56	12,37
	Talca	35°26'	71°38'	658,2	16,27	10,78
	San Javier	35°35'	71°39'	769,3	18,04	12,14
	Colorado*	35°37'	71°16'	1.407,3	28,23	17,15
	Melozal	35°44'	71°48'	752,4	22,68	13,05
	Embalse Ancoa	35°55'	71°17'	146,0	23,39	12,23
	Parral	36°11'	71°50'	984,0	23,68	14,77
	Embalse Digua	36°15'	71°32'	1.488,2	30,91	20,06
	Embalse Bullileo	36°17'	71°16'	2.133,4	25,60	18,54
	San Manuel	36°21'	71°38'	1.478,1	28,49	17,62
Bío Bío	Embalse Coihueco	36°39'	71°49'	1.458,6	40,17	21,93
	Chillán Viejo	36°38'	72°06'	1.081,8	29,02	18,33
	Embalse Diguillín	36°52'	71°38'	2.170,4	32,20	20,28
	Quilaco	37°41'	72°00'	1.525,0	27,62	17,62
	Cerro el Padre	37°47'	72°52'	2.118,1	30,52	19,83
Araucanía	Traiguén	38°15'	72°40'	995,9	22,03	13,87
	Curacautín	38°26'	71°53'	1.725,3	20,44	13,98
	Pueblo Nuevo	38°44'	72°34'	1.239,2	18,62	13,09
	Pucón	39°16'	71°58'	2.037,1	21,39	14,18

En la figura 7.2 se muestra la gráfica de las intensidades máximas de precipitación, para los periodos de retorno de 5 y 100 años, junto con las precipitaciones medias anuales de cada estación, en función de la latitud, ordenadas de Norte a Sur.

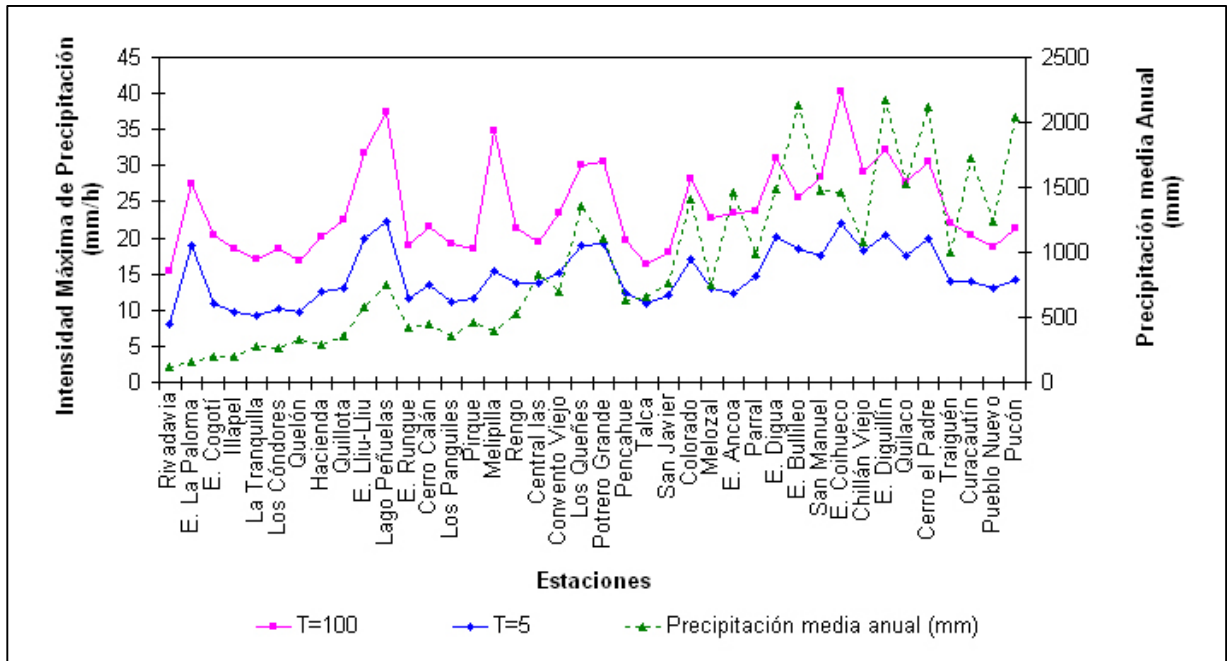


Figura 7.2. Comportamiento latitudinal de las intensidades y las precipitaciones medias anuales.

En el gráfico se verifica que, a medida que las estaciones se ubican más hacia el sur, los montos de las precipitaciones evidencian una tendencia a aumentar con la latitud. Sin embargo, en relación al comportamiento de las intensidades máximas de precipitación, éstas evidenciaron una tendencia muy leve a aumentar con la latitud, principalmente para el periodo de retorno de 5 años, mientras que para el periodo de retorno de 100 años, el comportamiento tiende a ser más irregular. Incluso se observó la existencia de valores de intensidades muy similares entre estaciones ubicadas al norte, con estaciones ubicadas más al sur, como ocurre con la estación Quelón y Talca, las que presentan intensidades de 9,67 y 10,78 mm/h respectivamente para un periodo de retorno de 5 años y valores de 16,8 y 16,3 mm/h para el periodo de retorno de 100 años. Asimismo, estas estaciones se encuentran distanciadas más de 700 km en línea recta. Un caso similar se observó con la estación Embalse La Paloma, que con 23,4 mm/h para el periodo de retorno de 100 años, supera a las cuatro estaciones ubicadas más al sur de la zona de estudio, como son Traiguén con 22,0 mm/h, Curacautín con 20,4 mm/h, Pueblo Nuevo con 18,6 mm/h y Pucón con 21,4 mm/h.

Con respecto al comportamiento de las precipitaciones anuales, se observó que existe una gran variación entre los montos, los que van desde 114,4 mm para la estación Rivadavia (29°58' latitud Sur), ubicada en la región de Coquimbo, hasta 2.170,4 mm para la estación Embalse Diguillín (36°52' latitud Sur), localizada en la región del Bío-Bío, alcanzándose los mayores valores de volumen de precipitación hacia latitudes mayores. Ello responde a que a lo largo de Chile, es posible distinguir zonas con diferentes cantidades de precipitación; así, la zona centro norte entre La Serena y Santiago, donde el efecto del anticiclón del Pacífico es alterado en época de invierno por la migración hacia el norte de los sistemas frontales, denota precipitaciones menores a 350 mm anuales; en tanto, en la zona centro sur, en la época de invierno predomina la presencia de los sistemas frontales más activos e intensos, y en donde se verifican precipitaciones entre los 500 mm y los 2.000 mm anuales (Dirección Meteorológica de Chile, 2004).

7.3. Determinación de las probabilidades de excedencia para distintas intensidades.

Con la finalidad de evaluar cuáles son las estaciones que presentan mayores probabilidades de presentar las mayores intensidades máximas en 1 hora, se calcularon las probabilidades de excedencia para las intensidades de 15 y 25 mm/h, es decir, la probabilidad de que en 1 hora, estas intensidades sean superadas. En las figuras 7.3 y 7.4, fueron graficadas dichas probabilidades para ambas intensidades, ordenadas de Norte a Sur.

Estos valores son derivados de la función de distribución de Gumbel, donde la probabilidad de excedencia se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$F(x) = P[\xi \leq X] = e^{-e^{-\sigma(x-\mu)}}, \quad -\infty \leq X \leq \infty$$

Donde:

- X = valor a asumir por la variable aleatoria;
- e = base de los logaritmos neperianos;
- μ y σ = parámetros a estimar en función de la muestra.

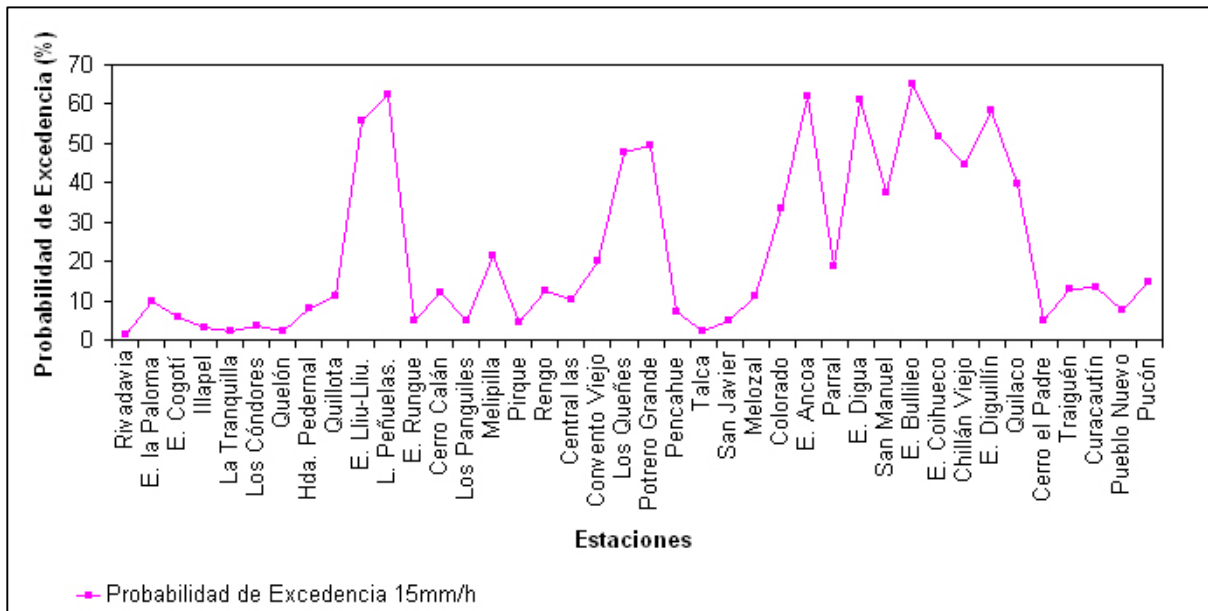


Figura 7.3. Probabilidades de excedencia para la intensidad de 15 mm/h.

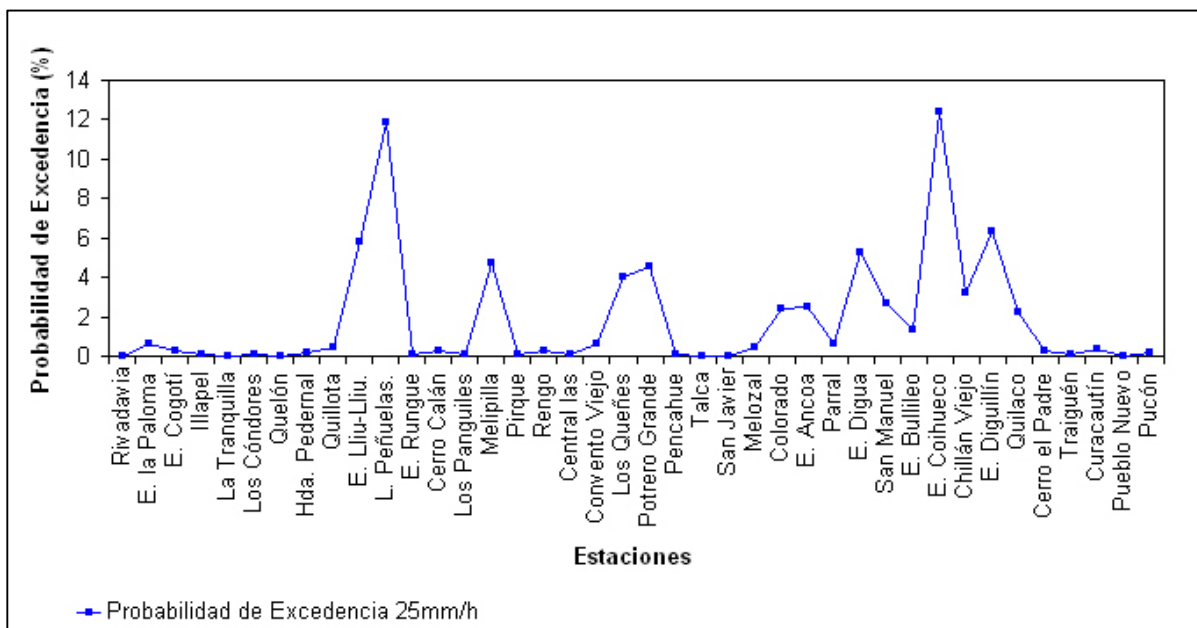


Figura 7.4. Probabilidades de excedencia para la intensidad de 25 mm/h.

En la tabla 7.3 se entregan los valores de los parámetros μ y δ , para la duración de 1 hora, y los valores de probabilidad de excedencia de 15 y 25 mm/h, para cada estación.

Tabla 7.3. Parámetros y probabilidad de excedencia para distintas intensidades.

Estaciones	Parámetros		Probabilidad de excedencia (%)	
	μ	s	15 mm/h	25 mm/h
Rivadavia	4,38	0,418	1,2	0,0
Embalse La Paloma	6,82	0,278	9,8	0,6
Embalse Cogotí	6,19	0,324	5,6	0,2
Illapel	5,59	0,360	3,3	0,1
La Tranquilla	5,60	0,400	2,3	0,0
Los Cóndores	6,00	0,369	3,5	0,1
Quelón	6,22	0,435	2,2	0,0
Hacienda Pedernal	8,95	0,408	8,1	0,1
Quillota	8,52	0,327	11,3	0,5
Embalse Lliu-Lliu	14,23	0,262	55,8	5,8
Lago Peñuelas	14,87	0,204	62,3	11,9
Embalse Rungue	8,14	0,430	5,1	0,1
Cerro Calán	9,73	0,390	12,0	0,3
Los Panguiles	7,11	0,380	4,9	0,1
Melipilla	6,04	0,160	21,2	4,7
Pirque	8,19	0,450	4,6	0,1
Rengo	9,94	0,401	12,3	0,2
Central las Nieves	10,94	0,546	20,3	0,6
Convento Viejo	10,93	0,365	10,3	0,1
Los Queñes	13,45	0,276	47,9	4,1
Potrero Grande	13,57	0,269	49,4	4,5
Pencahue	8,89	0,431	6,9	0,1

Continuación Tabla 7.3. Parámetros y probabilidad de excedencia para distintas intensidades.

Talca	8,13	0,566	2,0	0,0
San Javier*	9,29	0,526	4,9	0,0
Melozal	8,39	0,322	11,2	0,5
Colorado	11,79	0,280	33,4	2,4
Embalse Ancoa	14,90	0,365	61,9	2,5
Parral	10,46	0,348	18,6	0,6
Embalse Digua	14,81	0,286	61,2	5,3
San Manuel	12,35	0,285	37,5	2,7
Embalse Bullileo	15,12	0,439	65,2 ⁽¹⁾	1,3
Embalse Coihueco	13,11	0,170	51,58	12,4 ⁽¹⁾
Chillán Viejo	13,16	0,290	44,37	3,2
Embalse Diguillín	14,51	0,260	58,54	6,3
Quilaco	12,78	0,310	39,50	2,2
Cerro el Padre	4,66	0,290	4,86	0,3
Traiguén	10,86	0,480	12,81	0,1
Curacautín	9,92	0,380	13,51	0,3
Pueblo Nuevo	10,41	0,560	7,37	0,03
Pucón	10,69	0,430	14,51	0,2

⁽¹⁾: valor máximo

De los análisis hechos, se desprende que la probabilidad más alta de que sean superados los 15 mm, es para la estación Embalse Bullileo, con un valor de 65,2%. Asimismo, el valor más alto para la intensidad de 25 mm, se encuentra en la estación Embalse Coihueco, con un valor de probabilidad de 12,2%; es decir, existe un 12,2% de probabilidad de que dicha estación presente una intensidad superior a los 25 mm en 1 hora.

Por otra parte, se observa que algunas de las estaciones que presentan mayor probabilidad de presentar intensidades altas, son las que se localizan cercanas a cuerpos de agua, principalmente para la probabilidad de superar los 15 mm/h, como ocurre con las estaciones Embalse la Paloma y Cogotí. Así, éstos son los más altos para la región de Coquimbo, con valores de 9,8% y 5,6%, respectivamente; también destaca el Lago Peñuelas y Embalse Lliu-Lliu en la región de Valparaíso; Colorado, Embalse Bullileo y Embalse Digua, en la región del Maule; y Embalse Coihueco y Diguillín, en la región del Bío-Bío.

Por otro lado, para la probabilidad de superar los 25 mm/h, las estaciones de la región de Coquimbo presentan valores similares a los que se registran en estaciones de las otras regiones, incluso con la región de la Araucanía, ubicada al sur de la zona en estudio.

8. CONCLUSIONES

A partir de los resultados numéricos, del análisis gráfico propuesto por Téméz (1978) y el método analítico de Bernard (1939), todos aplicados a las regiones en estudio, se demuestra la factibilidad de generar curvas IDF en las regiones del centro del país, a partir de registros pluviográficos de diversa longitud. Esta metodología dio excelentes niveles de ajuste (sobre el 90%) para 39 de las 40 estaciones, exceptuando a la estación de San Javier (con un R^2 de 70%). Esto hace posible la estimación de intensidades máximas de precipitación, y para una duración y periodo de retorno determinado, con un alto grado de precisión.

En cuanto a la función de distribución de Gumbel utilizada para el diseño de las curvas IDF, ésta resulta ser apropiada al momento de trabajar con datos extremos como es el caso de las intensidades máximas de precipitación.

Por su parte, el único inconveniente en la construcción de las curvas IDF, es la necesidad de realizar diversos muestreos para obtener curvas, donde se pueda apreciar claramente la relación de la intensidad de precipitación con la duración, y donde además se verifique la hipótesis de que a menores duraciones, se debieran encontrar intensidades mayores. Asimismo, la forma y la tendencia de las curvas IDF, no difieren mayormente una de otra, produciéndose solo diferencias con relación a la escala de intensidad de precipitaciones.

En relación a la variabilidad de las intensidades, ésta fue mayor en la Región de Coquimbo, ubicada más al norte de la zona de estudio, donde los coeficientes de variación fluctuaron entre 39,1% y 53,3%; mientras que para la Región de la Araucanía, localizada en el extremo sur de la zona de estudio, los coeficientes de variación oscilaron entre 20,1% y 29,6%.

A su vez, y como producto de la comparación entre las precipitaciones e intensidades, se verifica que no necesariamente mayores volúmenes de lluvia generan mayores intensidades, lo que queda de manifiesto al comparar las estaciones de la región de Coquimbo, con algunas de las estaciones ubicadas en la región del Maule o de la Araucanía. Las estaciones señaladas, que se ubican en los extremos de la zona de estudio, denotan una tendencia que señala que no existe mucha diferencia en cuanto a los montos de intensidad máxima en 1 hora, independiente del periodo de retorno. Asimismo, si se comparan las precipitaciones medias anuales, en la zona norte precipita un monto casi tres veces menor que en la zona sur, lo que demuestra que las precipitaciones de la zona norte caen en montos menores, pero con una alta intensidad.

Por su parte, el comportamiento que presentan las intensidades máximas de precipitación, para la duración de 1 hora, es levemente ascendente en magnitud de norte a sur, indistintamente del periodo de retorno.

Finalmente, las estaciones ubicadas en la región de Coquimbo, al norte de la zona en estudio, y como era de esperar, fueron las que presentaron probabilidades más bajas de superar los 15 mm/h; lo mismo ocurre para la probabilidad de superar los 25 mm/h, donde las probabilidades son casi de 0%. Sin embargo, llama la atención que algunas estaciones ubicadas en el extremo sur de la zona de estudio, específicamente la región de la Araucanía y para la probabilidad de 25 mm/h, presentan valores similares con la región de Coquimbo. Asimismo, también llama la atención que en general en casi todas las regiones, aquellas estaciones que se ubican cercanas a embalses o lagos, son las que denotan mayores probabilidades, para ambos valores de intensidad.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASOCIACIÓN CATALANA DE INGENIERÍA SIN FRONTERAS, 2002. Tecnologías para el abastecimiento y saneamiento de agua en proyectos de cooperación al desarrollo de zonas rurales. Módulo I Abastecimiento. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. España. 63 p.
- BEDIENT, P.; HUBER, W. 1992. Hydrology and floodplain analysis. Segunda Edición. Estados Unidos. 692 p.
- BELL, F. 1969. Generalized rainfall-duration-frequency relationships. Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 95, N° 1, pp. 311-327.
- BERNARD, M. 1932. Formulas for rainfall intensities of long durations. Trans. ASCE, Vol. 96, pp. 592 - 624.
- CANAVOS, G. 1994. Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos. Primera edición. Editorial Mc Graw-Hill. España.
- CARO, R.; CÓRDOVA, M. 1998. La evaluación Económica y los períodos de retorno en el diseño de soluciones. Memorias Quintas jornadas de Hidráulica. Santiago, Chile 179 p.
- CHEN, C. L. 1983. " Rainfall intensity-duration-frequency formulas ," J. Hydro. Engrg., ASCE, 109(12), 1603-1621 p.
- CHOW, V.; MAIDMENT, D.; MAYS, L. 1994. Hidrología Aplicada. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Mc Graw-Hill. 584 p.
- CID, L.; MORA, C.; VALENZUELA, M. 1990. Estadística Matemática. Probabilidades e inferencia estadística. Universidad de Concepción. Chile 319 p.
- CONAMA. 2005. Disponible en <http://www.conama.cl/portal/1255/channel.html>. Consultada el 10 de Marzo de 2005.
- CONAF – CONAMA, 1999, Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional de la Primera a la Cuarta Región. Santiago, Chile. 234 p.
- CONAF – CONAMA, 1999, Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional de la Quinta Región. Santiago, Chile. 141 p.
- CONAF – CONAMA, 1999, Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional de la Región Metropolitana. Santiago, Chile. 158 p.
- CONAF – CONAMA, 1999, Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional de la Sexta Región. Santiago, Chile. 107 p.
- CONAF – CONAMA, 1999, Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional de la Séptima Región. Santiago, Chile. 116 p.
- CONAF – CONAMA, 1999, Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional de la Octava Región. Santiago, Chile. 130 p.
- CONAF – CONAMA, 1999, Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional de la Novena Región. Santiago, Chile. 90 p.

CORAS, P.; ARTEAGA, R.; VÁZQUEZ, M.; ALMENGOR, R. 2001. Frecuencia de lluvias máximas, con fines de drenaje superficial local. Edo de Tabasco, México. Disponible en [http://www.met.inf.cu/Memorias/Paginas/rticulos/Extranjeros\(PDF\)/Pablo%20M._Coras2.pdf](http://www.met.inf.cu/Memorias/Paginas/rticulos/Extranjeros(PDF)/Pablo%20M._Coras2.pdf).

DMC. DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE, 2005. Disponible en <http://www.meteochile.cl>.

DE FRAJA, E. 1993. Saneamiento de la cuenca hidrológica del río Bío-Bío y del área costera adyacente. Estudio de prefactibilidad. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 600 p.

DICKINSON, T. 1977. Rainfall intensity - frequency relationships from monthly extremes. J. Hydro, 35: 137-145 p.

ESPÍLDORA, B. 1971. Estimación de curvas intensidad-duración-frecuencia mediante coeficientes generalizados. Memorias I Coloquio Nacional Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Chile. 274 p.

FERNÁNDEZ, F. 1995. Manual de Climatología Aplicada. Clima, Medio Ambiente y Planificación. Primera Edición. Madrid. España 285 p.

FLORES, J. 1999. Aplicación de la ecuación de Manning para la estimación de caudales instantáneos en el río Maule. (Estación Forel, VII Región). Tesis Ing. Forestal. Talca. Universidad de Talca. 103 p.

GOBIERNO REGIONAL DE COQUIMBO, 2005. Disponible en http://www.gorecoquimbo.cl/descargas/edr/cap2_2.pdf.

GUELMAN E. ; CUNHA, M. 2000. *Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro*. Río de Janeiro. Brasil.

GUJARATI, D. 1992. Econometría. Segunda edición. México. 597 p.

GUTIERREZ-LOPEZ, A; RAMIREZ, AI. 2005. Hydrological prediction in two towns using the index-flood method. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. 20, N°. 2, pp. 37-47.

INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2001. CHILE: División Político-Administrativa y Censal. Santiago. Chile. 222 p.

KOTHYARI, C.; GARDE, J. 1992. Rainfall Intensity-Duration-Frequency Formula for India. Journal of Hydraulic Engineering. Vol.118, N° 2. USA. 323 – 336 pág.

KOUTSOYIANNIS, D.; KOZONIS, D.; MANETAS, A. 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. Journal of Hydrology, Vol. 206, pp. 118-135.

LINSLEY, R., KOHLER, M., PAULHUS, J. 1949. Applied hydrology. New York, USA: Mc Graw-Hill. 689 p.

LINSLEY, R.; KOHLER, M.; PAULHUS, J. 1977. Hidrología para ingenieros. Mc Graw-Hill. Bogotá, Colombia. 386 p.

LINSLEY, R.; KOHLER, M.; PAULHUS, J. 1988. Hidrología para Ingenieros. Segunda Edición. Mc Graw-Hill. Latinoamericana. D.F. México. 386 p.

LLAMAS, J. 1993. Hidrología general. Principios y aplicaciones. Madrid, España. 635 p.

- LÓPEZ CADENAS, F. 1998. Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Tragsa, Tragsatec y Ministerio de Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 902 p.
- MAIDMENT, D. 1993. Handbook of hydrology. Editorial Mc Graw-Hill. New York, USA. 1.325 p.
- NANÍA, L. 2003. Hidrología Superficial: La Cuenca y los Procesos Hidrológicos. Disponible en http://www.puertosycostas.com/pyc/html/docente/apuntes/Lacuencaylos_2003.pdf
- MASON, R.; LIND, D. 1995. Estadística para Administración y Economía. Tercera edición. Editorial Iberoamericana. México D. F., México. 707 p.
- MENDENHALL, W.; SINCICH, T. 1997. Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias. Editorial Prentice-Hall. D.F., México. 1182 p.
- MINTEGUI, J.; LÓPEZ, F. 1990. La ordenación Agrohidrológica en la Planificación. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria – Gasteiz. España. 306 p.
- MINTEGUI, J; ROBREDO, J. 1993. Métodos para la estimación de los efectos torrenciales en una cuenca hidrográfica. Madrid, España. 88 p.
- MONSALVE, G. 1999. Hidrología en la ingeniería. Segunda edición. Editorial Alfa Omega S.A. Santa Fé de Bogotá. Colombia. 382 p.
- NETER, J.; KUTNER, C.; NACHTS, H.; WASSERMAN, W. 1996. Applied linear statistical models. Cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill. U.S.A. 1408 p.
- NOVALES, A. 1993. Econometría. Segunda edición. Madrid, España. 676 p.
- PEREYRA, D., PÉREZ J., GÓMEZ L. 2004. Ecuaciones que estiman las curvas intensidad-duración-período de retorno de la lluvia. Revista GEOS. México. Vol. 24, No. 1, p. 46-56.
- PIZARRO, R. 1986. Elementos técnicos de Hidrología. Corporación Nacional Forestal (CONAF). La Serena, Chile. 78 p.
- PIZARRO, R.; ABARZA, A; FLORES, J. 2001. Determinación de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia IDF, para 6 estaciones pluviográficas de la VII Región. Revista Virtual de UNESCO. <http://biblioteca.unesco.org.uy>. 48 p.
- PIRRAZO, R.; SANGÜESA, C.; FLORES, J; MARTÍNEZ, E. 2005. Elementos de ingeniería hidrológica para el mejoramiento de la productividad silvícola. Sociedad EIAS, Universidad de Talca. Talca, Chile. 177 p.
- PONCE, V. 1989. Engineering hydrology principles and practices. USA. 640 p.
- PUENTES, A. 2000. Caracterización hidrológica de cuencas tropicales. La cuenca del río San Diego en la Provincia de Pinar del Río. (Cuba). Universidad de Córdoba. España.
- REMENIERAS, G. 1971. Tratado de Hidrología Aplicada. Editores Asociados. Madrid. España. 515 p.
- RODRIGUEZ, R. 1986. Un programa de Protección para los valles agrícolas de la cuenca del río Tarapacá contra los efectos del invierno altiplánico. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Santiago, Chile. 82 p.

ROSS, S. 2002. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Segunda edición. Editorial Mc Graw-Hill. México. 585 p.

SHERMAN, C. 1931. Frequency and intensity of excessive rainfall at Boston. Mass. Trans. ASCE, Vol. 95, pp. 951 - 960.

STAPPUNG, C. 1999. Lluvias de diseño de sistemas de aguas lluvias en Chile. Memorias XIV Congreso Chileno de Hidrología. Santiago, Chile. 512 p.

TÉMEZ, J. 1978. Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Dirección General de Carreteras. Madrid. España. 111p.

VARAS, E.; SÁNCHEZ, S. 1988. Curvas generalizadas de intensidad - duración-frecuencia de lluvias. Hidrología y drenaje vial. Chile. 332 p.

VÉLEZ, M. 2002. Precipitación. Documento disponible en <http://hidraulica.unalmed.edu.co/PARH/materias/hidrologia/mariav/Docs/>

WILLEMS, P., 2000. Compound intensity – duration – frequency -relationships of extreme precipitation for two season and two storm types. Journal of Hydrology. Vol. 233. 189-205 p.

WENZEL, H. 1982. Rainfall for urban stormwater design. *In*: Urban storm water hydrology. Water Resources Monograph 7. Washington DC, USA: American Geophysical Union. pp. 35 – 67.

ZÉVALLOS, O. 1996. Ocupación de laderas: Incremento del Riesgo por Degradación Ambiental Urbana en Quito, Ecuador.

ANEXO 1

**SERIES ANUALES DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN,
POR ESTACIÓN Y PARA DISTINTAS DURACIONES**

Región de Coquimbo (IV)

Tabla 1. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación La Tranquilla.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1966	9,6	6,8	4,3	3,6	2,1
1967	8,7	7,1	4,1	2,5	2,3
1968	7,5	4,6	2,3	1,3	0,7
1969	8,0	7,6	3,2	1,6	0,8
1971	2,5	1,8	1,2	0,6	0,3
1972	6,3	5,7	3,1	1,7	0,8
1973	4,0	3,3	1,7	1,0	0,8
1974	1,6	1,8	1,1	0,9	0,5
1976	4,0	3,5	1,5	0,9	0,5
1977	4,0	4,5	1,7	1,8	0,9
1979	6,0	3,9	1,9	1,3	0,7
1980	9,2	6,4	4,6	3,8	3,7
1981	9,0	5,7	3,4	2,0	1,2
1982	7,0	5,0	4,2	2,6	1,3
1983	5,3	4,6	2,3	1,6	0,8
1984	8,8	7,4	5,5	3,2	3,5
1985	4,7	4,4	2,0	1,6	2,0
1986	3,8	3,6	2,6	1,8	1,0
1987	5,2	4,4	2,7	1,9	1,2
1988	4,8	4,4	3,0	1,6	0,8
1989	6,5	4,6	2,6	1,6	0,8
1990	5,2	3,8	2,4	1,5	0,8
1991	7,9	5,3	2,7	1,6	0,8
1992	9,8	6,9	3,1	2,4	1,2
1993	11,4	9,4	5,7	4,7	3,7
1994	3,9	3,0	1,6	0,9	0,8
1995	11,2	7,2	3,5	2,3	1,2
1996	9,4	6,0	3,2	2,0	1,1
1997	15,0	10,0	5,6	3,4	2,0
1998	2,5	2,5	1,8	1,0	0,8
1999	9,6	6,6	3,3	1,6	0,8
2000	13,4	8,3	5,6	3,9	2,1
2001	4,0	3,9	1,5	1,1	0,8
2002	9,5	5,0	2,5	1,6	0,8

Tabla 2. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Emb. La Paloma.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1962	3,5	2,4	1,4	1,7	0,9
1963	9,7	8,0	5,4	3,5	2,1
1964	7,5	5,0	2,0	1,0	0,5
1965	14,0	10,6	7,2	4,3	2,7
1966	10,1	6,1	4,9	3,5	1,8
1967	7,8	6,2	3,0	1,7	0,9
1969	2,9	2,5	0,9	1,2	0,6
1970	3,5	3,3	1,7	1,0	0,5
1971	8,8	4,6	3,7	1,9	0,9
1972	15,8	9,3	6,0	3,9	2,4
1973	9,8	6,3	3,7	2,9	1,4
1974	10,1	6,6	4,2	2,6	1,3
1975	5,0	4,4	2,2	1,1	1,0
1976	10,3	8,0	6,5	4,8	2,9
1977	8,5	4,8	2,6	1,5	1,0
1978	9,7	7,6	4,1	2,5	2,0
1979	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1
1980	11,8	7,0	5,6	4,0	2,9
1981	11,4	6,7	6,3	4,7	2,4
1982	7,5	5,6	4,9	4,0	2,4
1983	12,3	9,7	6,3	4,4	4,1
1984	14,0	10,4	8,4	7,1	3,9
1985	5,5	4,8	2,8	1,8	1,1
1986	7,0	4,1	2,3	1,7	1,0
1987	12,3	8,1	5,6	4,1	3,6
1988	4,9	2,7	1,1	0,8	0,4
1989	7,0	5,0	2,9	1,6	1,2
1990	2,7	2,6	1,6	1,2	0,7
1991	9,7	7,3	3,9	2,1	1,2
1992	6,4	5,5	4,5	3,5	1,8
1993	18,0	13,4	5,8	3,2	1,6
1994	7,9	6,4	3,2	1,6	0,8
1995	4,8	2,4	1,1	0,7	0,3
1996	8,2	5,5	2,2	1,7	0,8
1997	20,0	13,5	8,1	5,4	2,8
1998	1,7	1,5	0,8	0,5	0,3
1999	2,7	2,4	1,2	0,8	0,4
2000	10,5	8,0	4,0	2,5	1,6
2001	11,8	10,5	7,2	5,6	3,3
2002	19,5	11,9	5,1	3,3	3,0

Tabla 3. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Illapel.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1976	4,5	3,7	2,4	1,5	0,7
1977	5,0	4,8	2,6	1,7	1,1
1978	6,0	4,1	3,2	3,1	2,0
1979	2,3	2,2	1,3	0,8	0,6
1980	8,1	5,3	3,0	3,3	2,4
1981	8,0	5,3	3,0	2,6	1,3
1982	10,3	8,2	5,1	4,2	2,5
1983	8,2	8,0	5,6	3,8	3,0
1984	11,0	10,1	7,1	4,0	2,2
1985	4,0	2,5	1,3	0,9	0,7
1986	7,3	5,9	4,8	3,3	1,6
1987	9,1	7,6	6,2	4,9	3,3
1988	2,5	2,6	2,1	1,4	0,7
1989	5,5	5,3	3,6	2,3	1,2
1990	3,4	3,3	1,4	1,1	0,8
1991	4,8	2,8	1,4	0,7	0,4
1992	13,7	11,1	7,8	4,5	2,4
1993	5,8	5,3	3,3	1,9	1,0
1994	16,6	10,0	4,0	2,2	1,6
1995	5,9	4,1	2,7	1,6	0,8
1996	4,1	3,3	1,3	1,2	0,6
1997	8,7	7,3	5,7	4,2	2,1
1998	2,0	1,8	1,0	0,5	0,3
1999	7,0	6,5	2,7	1,5	0,7
2000	9,2	7,1	5,3	4,2	2,1
2001	9,0	6,8	5,0	4,6	2,9
2002	12,3	9,4	5,7	3,8	2,4

Tabla 4. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Los Cóndores.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	4	12	24
1978	6,0	3,2	2,8	2,2	1,2
1979	8,8	6,3	2,4	1,3	0,9
1980	9,5	7,8	5,1	3,0	1,6
1981	1,1	0,6	0,2	0,1	0,1
1982	7,5	6,0	5,6	4,5	2,8
1983	8,2	6,8	3,6	1,9	1,0
1984	15,0	11,5	7,3	5,9	4,4
1985	9,3	5,0	4,2	2,5	1,2
1986	11,0	6,0	4,8	4,0	2,1
1987	12,6	9,0	6,5	4,9	4,3
1988	8,5	6,1	3,5	2,0	1,2
1989	9,0	5,5	5,0	3,7	2,5
1990	6,5	7,5	2,9	1,5	0,8
1991	11,5	8,2	4,5	2,7	1,8
1993	5,5	5,9	3,9	2,5	1,5
1994	6,3	3,9	2,6	1,3	0,6
1995	5,6	5,2	3,2	1,6	1,1
1996	2,5	1,2	1,3	1,0	0,6
1998	2,5	1,7	1,3	0,7	0,3
1999	3,5	1,8	1,4	0,7	0,4
2000	5,6	3,4	1,6	0,8	0,4
2002	10,4	9,7	5,5	5,7	4,9

Tabla 5. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Rivadavia.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1976	6,0	5,9	4,2	2,3	1,1
1977	6,2	3,9	2,1	1,9	0,9
1978	9,0	6,4	4,3	3,8	2,1
1979	3,3	2,3	0,9	0,5	0,2
1980	9,0	8,0	5,1	3,1	2,1
1981	3,0	2,4	1,7	0,8	0,5
1982	6,0	5,3	5,1	3,8	2,8
1983	5,0	3,4	2,1	1,6	0,9
1984	7,2	5,9	4,2	3,7	2,3
1985	5,5	5,5	3,5	2,1	1,2
1986	7,0	3,7	2,3	2,0	1,0
1987	9,0	7,3	5,6	4,5	3,1
1988	3,5	2,6	1,8	1,0	0,5
1989	1,5	2,0	1,2	1,1	0,8
1990	6,0	4,4	2,3	1,7	1,5
1991	8,7	5,5	3,1	2,9	2,1
1992	10,0	7,4	4,2	3,3	2,2
1993	2,9	2,4	1,3	1,0	0,5
1994	4,5	4,5	2,7	2,3	1,4
1996	4,3	3,6	2,0	1,5	1,1
1997	8,0	6,6	4,9	4,6	3,1
1998	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1
1999	1,5	1,4	0,8	0,6	0,3
2000	13,3	10,8	5,9	3,9	2,0
2001	3,0	2,8	2,1	1,6	0,8

Tabla 6. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Embalse Cogote.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1966	9,3	8,5	4,5	3,8	2,3
1967	6,2	5,5	2,6	1,3	0,8
1968	3,3	1,8	1,2	0,6	0,3
1969	4,8	3,5	1,2	0,6	0,3
1970	2,5	1,7	1,1	0,5	0,7
1972	6,7	6,0	5,1	4,3	2,5
1973	5,4	5,7	3,3	2,9	1,5
1974	5,8	5,3	3,3	2,4	1,3
1975	6,6	4,1	3,5	3,1	1,6
1976	8,7	6,3	4,1	2,5	2,0
1980	9,0	10,0	6,6	4,3	4,2
1981	12,1	9,8	6,5	3,3	1,7
1982	7,0	4,4	3,1	1,8	1,3
1983	4,5	4,9	2,4	1,7	0,8
1984	14,8	10,0	6,7	5,3	3,4
1985	5,7	4,4	3,5	2,0	1,3
1986	4,9	5,2	3,8	2,5	1,6
1987	12,3	9,0	6,8	5,2	4,2
1988	3,8	3,0	2,0	1,0	0,5
1989	7,0	5,0	3,6	1,8	0,9
1990	7,0	3,5	1,9	1,1	0,6
1991	10,0	5,6	4,6	2,6	1,6
1992	20,6	20,5	9,9	5,9	3,1
1993	15,2	9,5	6,1	3,8	2,8
1994	9,3	6,2	4,0	2,2	1,1
1995	3,7	4,1	2,7	1,6	0,8
1996	5,3	3,5	1,9	1,1	0,6
1997	10,8	7,9	6,6	5,3	4,9
1998	5,3	2,9	1,2	0,6	0,3
1999	4,5	5,1	2,7	1,4	0,7
2000	11,1	7,3	5,5	4,3	3,3
2001	8,8	7,4	6,6	6,0	4,1
2002	11,0	9,5	6,2	3,1	1,6

Tabla 7. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Quelón.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1973	6,5	7,3	4,2	2,5	1,3
1974	15,6	12,6	6,2	3,4	1,9
1975	10,0	5,0	3,2	1,8	1,8
1976	5,5	4,9	3,0	1,6	1,1
1977	5,5	0,6	2,5	1,2	0,8
1978	9,8	6,5	3,8	1,9	2,0
1979	5,1	3,5	1,2	1,9	1,0
1980	7,5	7,6	4,8	3,0	2,0
1983	2,2	1,9	1,3	0,8	0,5
1984	10,9	6,5	3,0	1,5	1,0
1985	5,5	6,7	2,2	1,2	0,6
1986	6,5	5,8	4,1	3,4	1,8
1987	11,3	6,6	4,9	4,0	3,6
1988	7,5	7,2	3,2	2,1	1,1
1989	6,7	4,6	3,9	1,9	1,6
1990	5,1	5,0	3,0	1,8	0,8
1991	6,8	8,2	3,1	2,6	1,4
1992	10,2	9,6	3,4	1,7	1,3
1993	10,7	9,9	4,7	3,2	2,5
1994	5,0	4,4	2,6	1,5	1,2
1995	6,5	5,2	3,8	3,4	1,7
1996	8,7	3,6	2,4	1,9	1,4
1998	3,0	2,5	1,2	0,7	0,4
1999	6,5	7,7	3,2	2,0	1,1
2000	11,8	7,1	3,6	1,8	1,0
2001	6,2	4,1	2,8	1,7	0,8
2002	7,0	4,1	4,1	2,2	1,1

Región de Valparaíso (V)

Tabla 8. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Hda. Pedernal.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1978	7,6	6,4	4,1	2,7	2,0
1982	10,3	8,1	5,4	4,2	2,7
1983	17,8	15,2	10,2	6,5	4,6
1984	12,3	10,2	7,6	6,0	5,3
1986	8,6	8,3	5,3	4,3	3,4
1987	10,6	8,1	6,5	5,5	4,3
1992	10,2	7,8	5,8	3,9	2,5
1993	6,7	6,4	3,9	3,1	1,8
2000	8,2	7,9	5,9	4,4	2,5
2001	11,3	12,7	10,1	7,1	4,6

Tabla 9. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Quillota.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1979	9,2	8,1	5,4	3,6	2,3
1980	8,3	7,7	3,7	2,7	1,4
1982	7,8	7,7	5,0	4,4	3,1
1983	7,9	6,2	4,3	3,0	2,3
1984	10,5	10,4	6,5	4,8	3,6
1985	9,2	5,3	2,4	1,9	1,3
1988	9,8	7,9	4,2	2,5	1,6
1990	8,6	7,7	5,2	2,7	1,4
1991	5,8	5,1	2,0	1,6	1,0
1999	9,8	7,7	4,6	2,7	1,5
2000	18,6	16,2	12,1	7,1	3,9
2002	17,9	17,3	12,0	7,8	4,1

Tabla 10. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Emb. Lliu-Lliu.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1979	9,8	7,0	6,4	5,9	3,9
1980	15,1	11,9	6,6	5,4	3,3
1981	11,3	8,2	6,6	5,3	4,2
1982	17,2	16,6	12,7	9,4	6,9
1983	13,4	9,8	6,5	4,4	3,3
1984	23,4	16,2	14,6	11,2	8,8
1988	13,1	8,1	5,1	4,4	2,3
1992	20,2	12,2	8,4	6,6	4,4
1993	10,8	8,3	6,1	3,6	2,0
1994	11,2	9,4	6,4	5,5	3,6
1997	20,9	18,8	12,5	9,9	5,6
2000	21,2	18,4	15,3	11,8	6,4
2001	19,2	13,0	5,9	5,5	4,1
2002	23,2	22,8	14,8	10,4	7,0

Tabla 11. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Lago Peñuelas.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1974	20,4	19,2	9,7	6,2	3,7
1976	16,3	12,7	7,1	4,8	2,6
1977	25,3	23,4	15,9	9,7	6,9
1978	22,3	18,1	11,8	8,3	4,2
1979	22,3	21,1	18,0	13,7	8,8
1981	30,3	29,2	23,4	17,2	10,2
1982	11,9	9,8	8,0	5,2	3,9
1983	19,4	17,8	8,6	5,5	3,6
1984	16,7	14,3	13,0	12,2	9,6
1985	9,9	8,9	6,3	3,9	2,3
1987	13,1	11,8	7,1	6,1	4,7
1988	12,1	9,9	6,6	4,5	2,7
1989	16,1	12,6	7,0	4,3	3,2
1990	8,5	8,1	5,5	3,6	3,0
1991	10,1	8,2	4,2	3,7	3,3
1993	12,9	12,0	7,0	6,1	4,3
1995	15,8	14,0	9,9	7,8	4,7
1997	29,4	23,2	14,0	9,9	6,3
1999	13,9	13,1	6,1	4,8	2,8
2000	23,4	18,4	14,9	9,6	8,5
2001	21,6	19,1	13,2	9,9	8,2

Región Metropolitana (RM)

Tabla 12. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Cerro Calán.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1983	9,1	7,8	5,6	3,1	1,8
1984	10,2	9,0	5,7	4,6	3,1
1985	7,1	4,9	3,6	1,9	1,0
1986	19,2	16,0	8,3	5,4	3,3
1987	15,3	12,4	7,2	5,7	3,7
1988	9,9	9,4	7,0	3,7	1,8
1989	11,9	8,6	5,2	4,4	2,2
1991	9,7	8,4	5,3	5,0	3,1
1992	10,9	9,0	6,5	5,6	3,3
1993	11,5	10,5	6,4	3,4	1,7
1994	6,7	5,1	3,9	2,6	1,3
1995	10,0	8,5	3,9	2,2	1,3
1996	8,2	6,3	3,6	2,6	1,5
1997	14,0	11,2	5,8	3,9	2,4
1998	8,7	7,3	4,8	3,1	1,5
1999	12,7	11,1	5,0	2,5	1,3
2000	15,5	14,4	9,8	7,2	5,2

Tabla 13. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Melipilla.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1984	10,0	6,6	4,9	3,5	2,9
1985	7,3	4,7	3,0	2,6	1,6
1986	15,0	11,2	5,7	3,6	3,3
1987	12,0	10,8	7,2	5,7	3,9
1988	4,5	3,9	2,8	2,1	1,4
1989	8,5	6,8	4,9	3,4	2,2
1990	4,8	3,4	2,9	1,9	1,3
1991	8,9	8,6	6,5	5,2	3,4
1992	7,6	6,3	4,3	3,7	3,6
1993	4,3	3,1	1,9	1,6	1,0
1994	8,1	5,0	3,5	2,5	1,6
1995	7,1	5,9	4,4	2,7	1,9
1996	6,9	6,1	2,9	1,6	0,8
1997	7,7	4,8	3,1	1,6	0,8
1998	2,9	1,7	1,4	1,0	0,6
1999	9,8	8,0	3,9	2,4	1,2
2000	38,5	24,8	9,8	5,4	3,0

Tabla 14. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Pirque.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1984	10,0	8,6	4,3	3,4	2,3
1985	6,3	5,3	3,0	1,5	0,9
1986	11,6	8,4	6,1	4,9	3,5
1987	9,2	6,3	5,1	4,4	4,0
1988	4,8	4,5	3,8	3,0	2,5
1989	6,8	6,4	5,2	3,5	2,4
1990	6,5	5,1	3,3	2,7	1,8
1991	11,7	8,3	4,4	3,2	2,3
1992	9,5	8,5	5,9	5,2	3,4
1993	11,6	8,1	4,7	3,8	2,3
1994	7,7	6,1	4,2	4,1	2,6
1995	9,3	6,1	4,0	2,4	1,2
1996	15,2	8,6	3,2	1,6	1,1
1997	7,2	6,8	3,2	2,4	1,3
1998	8,3	5,6	3,3	2,0	1,0
1999	11,2	8,7	4,9	2,6	1,5
2000	14,2	11,7	9,0	7,3	5,3

Tabla 15. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Rungue.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1984	9,7	7,9	7,0	6,1	4,7
1986	9,5	9,1	5,4	4,7	3,4
1987	9,5	9,1	4,5	3,9	3,4
1988	9,0	5,1	3,4	2,1	1,0
1989	6,4	6,1	5,6	3,8	2,6
1990	17,0	10,0	3,4	1,7	0,8
1991	11,2	11,0	6,9	4,4	2,8
1992	9,6	8,7	7,8	6,5	3,7
1993	9,8	8,0	4,6	2,3	1,2
1994	8,1	5,4	3,9	2,9	2,1
1995	4,7	3,7	2,9	2,7	1,7
1996	7,0	5,8	3,7	3,5	2,4
1997	12,0	9,2	5,0	3,2	2,6
1998	13,0	7,8	2,7	1,6	0,8
1999	5,7	5,0	2,6	1,5	0,8
2000	9,5	8,8	7,0	4,8	3,8

Tabla 16. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Los Panguiles.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1985	7,1	5,5	3,7	2,1	1,1
1986	11,5	10,9	5,6	3,7	2,6
1987	13,2	11,5	9,8	8,3	4,8
1988	7,0	5,5	3,2	2,4	1,7
1989	9,8	5,7	2,1	1,6	0,8
1990	2,7	2,3	1,9	1,0	0,5
1991	6,8	5,1	4,2	3,8	2,4
1992	10,9	9,0	7,3	4,7	2,8
1993	11,3	9,2	5,2	2,8	1,8
1994	8,2	4,4	2,5	1,7	1,2
1995	5,4	5,0	3,8	2,9	1,9
1996	4,0	3,9	2,3	1,9	1,0
1997	7,2	4,5	2,1	1,5	0,8
1999	9,5	8,3	4,3	2,7	2,3
2000	14,8	13,5	10,0	8,8	6,0

Región del Libertador Bernardo O'Higgins (VI)

Tabla 17. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Rengo.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1970	8,7	7,6	4,9	3,2	2,4
1971	14,3	10,6	6,6	4,6	3,2
1972	9,1	6,6	5,0	3,7	2,8
1973	11,9	6,1	5,4	3,2	2,7
1974	10,8	10,2	6,2	4,2	3,0
1975	11,4	7,2	5,3	3,6	2,1
1976	9,6	8,6	6,8	6,0	3,9
1977	14,8	9,8	5,7	3,9	2,1
1978	16,6	11,2	6,8	5,1	2,9
1979	7,8	6,6	4,3	3,7	3,3
1980	8,6	7,9	4,8	4,2	3,5
1981	13,7	8,6	5,2	3,1	1,8
1982	9,4	7,5	4,9	4,4	3,9
1983	7,7	6,8	5,6	5,1	2,9
1984	10,1	6,6	5,0	4,0	2,9
1986	13,8	12,9	9,1	5,2	4,7
1987	9,1	7,7	5,6	4,7	3,6
1988	8,2	5,4	2,5	1,6	1,5
1991	10,3	7,2	4,9	3,8	2,1
1993	12,2	7,3	5,1	3,9	1,9
1994	9,8	7,6	7,0	5,7	3,4
1995	9,7	8,1	4,9	3,8	2,2
1997	13,3	9,6	6,8	4,4	3,8
2000	14,3	8,0	4,7	4,2	3,1
2001	21,5	14,3	8,0	6,3	3,9
2002	9,2	7,6	6,2	5,5	3,3

Tabla 18. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación C. Las Nieves.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1971	12,1	8,4	5,9	4,0	2,1
1972	10,2	5,6	3,6	2,3	1,8
1973	13,2	8,5	7,5	4,3	2,2
1976	14,3	13,2	11,7	10,4	7,4
1977	12,3	10,5	6,8	4,4	2,6
1978	12,4	12,2	7,3	5,7	3,8
1979	9,8	7,5	5,7	3,5	2,9
1980	15,1	10,0	6,5	5,4	4,8
1981	16,2	13,0	7,5	5,6	3,5
1982	15,4	12,3	6,8	6,0	5,3
1983	9,8	6,9	5,1	3,4	2,2
1984	10,2	8,7	6,1	5,3	4,2
1985	13,2	7,9	6,4	4,7	3,0
1986	13,1	12,9	9,8	6,7	6,0
1987	10,2	9,2	6,4	5,2	4,3
1988	11,6	7,5	4,9	4,3	2,7
1989	15,6	12,2	9,1	7,2	5,5
1990	6,1	5,9	4,1	2,6	1,8
1991	10,4	8,4	6,4	4,6	3,2
1992	11,5	9,3	6,2	5,2	4,4
1993	14,5	11,4	9,0	5,5	4,0
1994	10,1	9,8	7,6	6,8	4,0
1995	11,1	10,4	7,7	6,4	3,7
1997	9,7	8,2	4,2	2,3	2,0
2000	13,8	9,8	7,9	6,5	5,7
2001	12,3	10,2	8,5	6,8	5,4
2002	9,6	8,2	5,5	4,8	3,1

Tabla 19. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Convento Viejo.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1972	10,4	10,2	7,5	5,0	3,0
1974	16,2	11,3	7,6	6,3	4,0
1975	9,6	7,4	4,8	4,0	3,5
1976	7,8	6,4	5,2	4,0	2,6
1977	13,3	9,1	7,1	5,5	3,6
1978	17,8	11,6	6,7	5,2	3,1
1979	10,1	11,2	7,9	6,2	5,2
1980	9,6	8,1	6,4	4,3	3,8
1981	10,3	7,1	5,0	3,2	1,8
1983	11,4	8,6	7,2	5,7	3,9
1984	15,9	8,4	5,1	4,4	3,7
1985	8,4	7,2	5,3	3,4	1,9
1987	10,6	8,0	4,2	3,4	2,3
1988	15,8	7,8	5,4	3,2	1,8
1990	17,6	14,0	7,6	4,5	2,6
1992	15,2	11,3	6,6	4,9	3,9
1993	12,5	9,4	5,7	3,6	2,8
1995	10,2	9,1	6,0	4,1	3,1
1996	7,9	7,3	4,5	3,1	2,3
1997	12,9	12,0	7,7	5,5	3,4
2000	19,3	10,6	7,4	5,1	3,0

Región del Maule (VII)

Tabla 20. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Emb. Ancoa.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1988	15,7	12,8	10,6	9,1	5,9
1989	14,6	12,8	9,0	6,4	4,0
1990	14,9	10,5	6,5	5,2	3,1
1991	14,0	12,8	9,0	6,6	5,2
1992	20,2	17,3	10,4	9,9	6,3
1993	17,4	10,1	7,2	5,0	2,7
1994	18,6	15,0	11,3	8,3	4,2
1995	17,0	13,5	8,4	6,4	3,7
1996	16,0	11,6	8,2	5,7	3,2
1997	12,2	10,0	7,7	4,5	3,3
1998	10,8	9,5	8,0	6,5	5,4
1999	12,4	10,9	8,3	5,6	4,3
2000	20,2	16,5	12,4	8,0	4,4
2001	19,8	14,7	11,4	8,3	6,4
2002	23,4	18,3	14,3	8,7	5,6

Tabla 21. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Potrero Grande.

Año	Duración				
	1	2	6	12	24
1988	11,4	9,8	8,2	6,3	4,0
1989	13,6	10,3	6,4	5,3	3,5
1990	10,5	9,2	4,9	4,3	2,7
1991	14,0	10,3	8,3	6,8	4,1
1992	24,8	17,8	12,4	7,9	5,9
1993	16,5	11,8	6,4	4,3	3,4
1994	19,0	17,0	11,6	8,7	5,3
1995	15,9	11,7	6,2	4,5	2,3
1996	13,0	8,3	3,9	2,8	1,4
1997	10,0	8,6	4,3	2,9	1,9
1998	10,8	8,1	5,5	3,1	3,0
1999	15,5	10,4	8,2	4,6	2,4
2000	25,7	19,5	12,6	8,4	4,7
2001	18,0	17,1	10,0	7,1	6,2
2002	17,0	13,3	9,6	6,8	6,1

Tabla 22. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Los Queñes.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1988	14,5	10,3	8,6	5,1	3,1
1989	11,4	8,2	4,3	2,7	2,3
1990	13,7	11,8	6,6	4,4	2,5
1991	22,4	12,7	9,2	5,6	4,7
1992	14,7	12,3	6,9	4,7	3,6
1993	15,9	13,9	7,9	5,7	4,2
1994	14,1	11,1	8,4	5,3	3,7
1995	10,2	9,9	6,4	6,0	4,2
1996	10,0	8,5	4,7	3,6	2,6
1997	20,7	12,7	8,9	8,1	5,3
1998	9,8	7,2	4,5	3,9	2,3
1999	14,0	9,8	8,6	7,2	4,9
2000	25,2	21,7	12,3	9,6	4,8
2001	17,2	13,4	8,6	7,2	6,4
2002	19,3	12,5	8,2	6,7	4,2

Tabla 23. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación San Manuel.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1996	18,8	10,0	7,0	4,4	4,0
1996	14,9	10,0	6,0	3,6	3,8
1997	12,9	12,2	7,9	7,8	5,3
1997	7,1	12,1	7,2	4,9	6,2
1998	13,0	9,4	5,3	4,3	2,2
1998	23,0	9,0	6,8	3,5	2,3
1999	10,0	8,0	6,3	5,9	4,3
1999	10,5	8,6	5,8	5,5	3,4
2000	13,6	9,0	9,9	6,6	3,3
2000	12,5	16,7	5,8	4,3	2,7
2001	22,6	8,4	5,3	4,5	2,6
2001	16,1	8,6	6,9	3,5	2,5
2002	13,3	17,9	12,6	9,8	7,6
2002	13,0	14,1	9,0	7,1	5,4

Tabla 24. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Embalse Digua.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1988	19,6	14,7	7,9	5,4	3,7
1989	12,1	10,0	6,5	4,6	3,0
1990	20,0	12,7	6,9	4,3	2,5
1991	14,4	9,7	7,9	6,5	5,3
1992	25,8	20,2	17,3	12,1	8,1
1993	15,3	9,1	5,6	3,0	2,2
1994	11,9	9,2	7,0	4,8	2,5
1995	15,6	12,9	7,2	5,6	3,3
1996	15,8	12,0	8,2	4,8	2,5
1997	19,6	12,1	5,9	4,5	3,9
1998	13,0	9,6	5,4	2,7	1,7
1999	11,5	11,0	6,0	4,7	3,7
2000	18,2	14,2	9,7	7,2	5,2
2001	14,5	14,7	6,2	5,4	4,0
2002	25,1	18,5	8,7	7,1	4,4

Tabla 25. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación San Javier.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1988	13,4	7,2	4,0	2,9	1,5
1989	11,4	8,7	4,8	3,0	2,2
1990	11,5	8,3	5,5	3,6	2,5
1991	7,0	6,6	3,3	1,6	1,2
1992	7,3	5,0	2,6	1,6	0,8
1993	8,0	5,9	3,9	2,4	1,3
1994	7,0	5,5	3,1	1,7	0,9
1995	8,6	6,6	3,3	1,7	0,9
1996	9,8	5,8	3,2	1,7	0,8
1997	14,0	7,8	4,0	2,8	2,0
1998	10,9	7,1	4,4	3,2	1,7
1999	14,2	10,1	5,2	4,1	3,4
2000	10,0	8,8	5,7	3,3	2,2
2001	11,8	7,0	4,4	2,6	1,5
2002	10,9	6,7	4,8	3,0	3,0

Tabla 26. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Parral.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1982	8,4	7,1	5,9	3,5	2,6
1983	13,4	11,4	8,4	7,4	3,7
1984	10,8	7,7	4,4	3,5	2,2
1985	12,2	9,5	5,5	2,9	1,8
1986	12,9	9,6	6,2	5,7	4,3
1987	18,3	14,4	7,8	5,7	3,2
1988	8,6	6,7	5,0	2,6	1,8
1989	6,7	4,9	2,4	1,0	0,7
1990	10,0	9,1	4,3	3,5	2,7
1991	12,4	8,8	5,5	3,3	3,0
1992	16,6	13,3	8,4	6,6	4,5
1993	19,3	11,9	6,7	3,4	2,4
1994	16,4	8,6	4,3	2,8	2,1
1995	9,8	7,8	3,8	2,2	1,7
1996	10,5	5,3	3,2	1,7	1,1
1997	11,7	8,4	5,9	4,3	4,0
1998	8,0	6,7	4,4	2,7	1,4

Tabla 27. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Pencahue.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1982	13,4	9,8	5,2	4,1	3,2
1983	12,3	8,4	7,1	5,1	3,8
1984	10,7	6,6	4,0	3,1	2,1
1985	8,2	6,0	3,8	3,6	2,0
1986	15,9	11,2	6,6	4,0	2,9
1987	11,0	7,8	6,2	3,4	2,3
1988	12,0	9,8	5,2	3,5	1,8
1989	5,3	5,0	3,1	1,6	1,1
1990	11,1	8,0	4,4	2,6	1,3
1991	12,0	7,7	4,2	2,5	1,6
1992	12,1	8,2	4,3	3,8	2,1
1993	9,0	6,5	4,5	2,2	1,1
1994	6,0	3,6	3,1	1,6	0,8
1995	6,7	5,2	3,2	1,6	0,8
1996	6,9	5,0	3,5	2,0	1,2
1997	13,1	6,6	3,2	1,6	1,6
1998	8,2	6,8	4,1	2,2	1,1

Tabla 28. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Talca.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1982	8,1	7,1	5,9	3,7	2,5
1983	8,2	4,4	2,5	1,6	0,8
1984	13,1	10,7	6,5	5,8	3,8
1985	5,9	3,9	2,2	1,4	0,7
1986	9,4	6,9	5,5	3,8	2,9
1987	14,3	12,9	8,2	4,2	2,7
1988	10,0	7,4	5,1	3,4	1,7
1989	10,2	8,3	4,3	2,9	2,1
1990	10,8	10,4	6,6	3,5	2,4
1991	9,2	7,4	4,0	3,1	1,9
1992	10,2	6,7	4,2	2,4	2,0
1993	9,5	6,4	3,1	2,2	1,2
1994	6,1	3,9	2,2	1,1	0,6
1995	6,1	5,0	3,0	1,6	0,8
1996	7,8	4,5	2,5	1,8	1,3
1997	8,2	6,1	4,1	2,4	1,5
1998	8,5	7,5	4,2	2,2	1,3

Tabla 29. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Melozal.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1982	9,2	9,2	6,2	4,7	3,2
1983	12,7	10,5	7,0	5,5	3,6
1984	8,8	5,3	4,4	2,7	1,4
1985	8,0	4,7	3,4	2,0	1,5
1986	9,3	7,4	5,1	3,6	2,9
1987	9,5	8,0	5,7	4,0	3,2
1988	7,7	6,9	6,2	3,6	1,9
1989	8,2	7,0	4,5	2,5	2,1
1990	5,9	3,8	2,5	2,0	1,6
1991	13,1	9,5	6,0	3,6	2,4
1992	23,0	19,0	11,0	9,3	5,6
1993	9,6	4,8	2,2	0,9	0,8
1994	7,4	5,4	2,7	1,6	1,3
1995	7,6	4,9	2,6	1,6	0,8
1996	10,1	5,1	2,2	1,1	0,6
1997	14,6	13,2	7,4	3,8	2,2
1998	8,4	5,9	3,8	2,4	2,0

Tabla 30. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Bullileo.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1982	18,2	17,0	12,0	8,7	5,6
1983	15,0	12,0	10,3	7,6	7,5
1984	14,0	12,2	8,5	5,6	4,5
1985	19,2	12,9	9,8	6,9	6,0
1986	11,7	9,3	6,8	6,3	5,6
1987	15,7	10,7	7,8	6,4	4,8
1989	18,9	10,8	7,5	4,6	4,1
1990	15,8	14,7	7,6	6,0	3,3
1991	21,2	13,4	8,8	8,0	6,6
1992	15,6	12,0	9,8	8,1	4,8
1993	12,5	11,0	10,1	8,5	4,3
1994	16,0	15,8	11,8	7,5	6,3
1995	22,4	14,2	10,9	8,8	4,5
1996	15,7	12,9	8,0	5,4	3,5
1997	16,8	13,1	10,8	9,3	6,8
1998	14,3	10,7	9,4	6,6	5,0

Tabla 31. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Colorado.

Año	Duraciones (h)				
	1	2	6	12	24
1982	12,3	9,8	8,7	8,3	4,9
1983	13,0	10,9	8,3	7,7	3,9
1984	11,7	11,0	7,6	6,6	4,9
1985	9,9	9,7	7,8	6,2	4,7
1986	13,6	10,4	6,4	5,2	3,6
1987	11,1	10,5	6,5	5,2	3,2
1988	14,8	12,1	10,8	5,2	4,4
1989	11,1	9,5	6,6	4,5	2,9
1990	12,6	8,6	6,9	5,6	4,3
1991	14,1	10,8	6,5	4,6	3,9
1992	22,3	13,5	8,4	6,4	5,3
1993	25,6	13,7	7,7	4,6	2,5
1997	9,3	7,5	3,2	1,7	0,8
1998	12,5	10,2	7,2	5,8	3,3

Región del Bío-Bío (VIII)

Tabla 32. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Cerro El Padre.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1976	15,5	14,0	8,7	7,7	4,8
1977	17,7	17,2	14,1	9,7	6,8
1978	12,7	10,4	7,4	6,3	5,6
1979	13,0	9,7	7,4	5,2	3,0
1980	28,8	15,2	9,7	7,6	4,9
1981	19,0	14,9	10,2	8,6	5,9
1982	16,4	11,8	6,1	4,3	4,1
1983	11,3	7,5	6,9	6,4	5,4
1984	16,2	13,8	10,1	7,6	5,1
1985	9,7	7,2	5,3	3,1	1,6
1986	17,3	13,2	10,2	8,7	7,2
1987	14,5	10,5	7,8	5,7	3,5
1988	15,0	11,9	7,2	4,3	3,4
1989	12,7	12,3	9,7	6,0	4,1
1990	16,0	12,0	8,3	6,9	5,1
1991	15,3	13,7	7,7	4,7	4,3
1992	15,5	10,2	7,4	7,3	6,5
1993	19,8	11,5	7,3	5,7	4,2
1994	11,6	11,1	7,0	5,3	4,1
1995	21,5	18,8	9,2	5,1	3,3
1996	27,3	18,1	6,8	5,4	4,2
1997	18,4	17,6	10,4	9,9	8,3
1998	12,0	8,9	4,4	4,0	2,6
1999	12,9	9,9	7,7	7,7	4,5
2000	21,2	14,8	10,0	5,6	4,8
2001	20,1	15,2	8,1	6,0	4,8
2002	18,2	11,8	10,0	8,7	5,6
2003	17,0	14,0	10,2	8,3	6,5

Tabla 33. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Chillán Viejo.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1974	10,2	7,6	5,1	3,4	1,7
1975	6,9	5,6	3,8	2,0	1,2
1976	14,0	10,1	6,9	3,8	2,3
1977	12,8	11,4	5,5	4,9	2,9
1978	15,3	10,4	4,8	2,9	1,8
1979	20,0	11,9	8,7	6,4	4,1
1980	18,0	12,4	6,6	5,2	3,1
1981	21,0	12,4	6,7	4,2	2,1
1982	20,0	14,9	7,0	5,3	3,7
1984	17,4	11,0	5,5	5,3	3,1
1985	9,2	8,4	5,3	2,7	1,5
1986	19,7	12,5	5,6	4,5	3,4
1987	17,2	15,2	7,8	3,9	2,3
1988	9,8	8,5	6,1	4,3	2,8
1989	13,3	9,4	5,3	3,1	2,0
1990	11,8	9,3	6,6	4,0	2,5
1991	18,0	15,3	7,7	5,2	3,2
1992	15,0	14,7	8,7	7,1	6,4
1993	10,5	6,8	5,1	3,6	1,8
1994	9,4	8,0	6,8	4,9	2,7
1995	19,9	12,4	6,1	4,3	2,8
1996	19,1	15,8	7,6	3,8	2,2
1997	22,0	14,5	9,9	6,7	5,8
1998	19,3	10,8	4,9	3,4	1,7
1999	14,3	9,7	7,8	4,8	2,5
2000	10,0	8,0	4,2	3,4	2,1
2001	12,4	10,5	7,5	5,9	3,2
2002	22,1	12,5	6,1	4,3	3,1
2003	11,3	9,0	5,1	4,1	2,5

Tabla 34. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Emb. Coihueco.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1984	13,6	10,9	5,3	4,3	2,3
1985	23,5	20,0	9,8	5,2	2,8
1986	16,2	15,4	10,3	8,1	7,7
1987	14,0	12,5	10,7	7,5	4,0
1988	9,8	7,6	6,0	4,3	2,4
1989	8,0	6,2	3,3	1,7	0,9
1990	8,5	7,4	5,8	4,0	2,3
1991	9,6	7,1	4,9	3,7	1,8
1992	13,5	10,3	8,6	7,4	5,2
1993	16,4	11,3	7,1	4,7	3,1
1994	19,0	11,8	8,0	5,0	2,9
1995	12,4	9,8	6,7	5,8	2,9
1996	13,6	11,6	8,2	4,4	2,2
1997	33,2	25,2	12,6	7,6	6,3
1998	11,6	9,4	5,6	4,4	2,8
1999	16,2	12,2	9,7	7,6	4,6
2000	36,5	23,1	13,1	8,6	5,2
2001	15,9	11,3	8,8	6,0	3,8
2002	18,3	17,8	14,5	12,6	9,3
2003	19,3	15,9	6,3	4,9	3,6

Tabla 35. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Emb. Diguillín.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1965	23,0	21,4	10,7	7,0	5,7
1966	15,5	12,8	7,6	6,6	5,0
1967	12,8	10,0	7,0	5,4	4,0
1968	13,0	10,5	6,9	6,2	3,5
1969	15,0	10,5	8,0	7,0	4,8
1970	9,1	8,5	6,7	5,9	4,0
1971	17,6	11,4	9,1	6,3	4,7
1972	24,6	21,6	15,0	11,7	8,7
1973	18,8	10,9	7,3	6,2	5,6
1974	30,2	27,4	9,4	5,9	4,7
1975	15,0	11,0	7,2	5,7	4,7
1976	11,5	8,5	5,2	3,6	3,2
1977	9,9	7,5	5,9	4,7	3,3
1978	15,1	12,5	8,9	6,7	4,5
1979	9,7	7,9	7,0	6,3	4,7
1980	18,7	17,6	11,0	8,3	5,9
1981	23,1	12,0	6,5	5,9	3,7
1982	14,5	13,7	8,5	7,0	5,7
1983	9,6	9,4	7,2	6,2	4,0
1984	15,1	13,3	9,2	4,7	3,1
1985	20,0	16,6	13,0	10,2	6,9
1986	13,8	12,6	7,3	6,4	4,7
1987	16,0	14,9	8,2	6,0	4,7
1988	12,5	10,9	7,5	5,5	4,7
1989	11,2	10,2	7,4	5,7	4,1
1990	16,8	13,2	8,3	6,1	4,8
1991	23,0	23,0	11,7	8,3	6,3
1992	16,0	13,0	8,6	8,3	5,6
1993	18,1	12,0	8,8	7,6	6,1
1994	14,0	12,0	9,8	8,2	6,4
1996	19,0	13,8	7,9	5,1	2,8
1997	17,4	15,7	10,9	9,6	7,2
1998	24,2	13,8	6,7	5,3	3,0
1999	10,5	8,7	6,9	5,2	5,1
2000	22,7	17,9	12,7	9,9	6,3
2001	18,1	13,1	10,5	9,3	7,8
2002	23,9	20,6	16,4	13,2	10,7
2003	17,6	14,8	8,2	6,5	4,8

Tabla 36. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Quilaco.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1965	11,0	10,3	6,6	4,6	3,3
1966	14,1	12,5	7,2	4,5	3,4
1967	14,0	10,9	4,6	4,0	2,3
1968	11,8	9,8	7,8	5,2	2,9
1969	13,0	12,8	6,9	4,5	2,4
1970	26,0	13,6	7,1	5,1	3,0
1971	10,9	9,6	7,2	4,3	2,6
1972	18,0	13,3	8,8	6,0	3,7
1973	6,5	6,4	3,2	2,5	1,4
1974	10,5	9,3	5,5	3,2	2,5
1975	12,0	9,8	7,9	5,9	3,4
1976	16,1	11,2	6,1	3,4	2,2
1977	15,2	13,1	9,8	6,7	5,3
1978	14,5	13,9	8,5	5,0	3,5
1979	19,5	13,3	7,6	4,8	3,7
1980	20,0	13,7	8,2	5,0	3,1
1981	16,0	11,9	8,0	4,7	4,1
1982	14,4	11,6	6,8	3,4	2,4
1983	10,9	6,6	3,1	1,7	0,8
1984	18,5	13,9	8,3	6,0	3,3
1985	12,8	11,3	6,0	3,9	2,9
1986	15,7	12,3	7,9	6,7	5,8
1987	9,9	9,4	6,4	4,1	2,8
1988	11,4	10,4	6,8	4,0	2,3
1989	11,7	8,0	5,4	4,0	2,4
1990	13,9	12,1	8,4	5,0	2,5
1991	14,6	10,9	4,5	2,4	1,2
1992	25,0	18,4	7,2	4,3	2,3
1993	14,7	11,4	4,9	2,5	1,6
1994	17,7	11,8	6,5	5,5	3,1
1995	9,8	6,2	4,7	4,7	3,3
1996	15,1	9,8	5,5	2,8	1,5
1997	16,0	13,5	6,0	4,2	2,4
1998	9,2	7,3	4,0	2,8	1,4
1999	15,4	12,5	9,4	7,8	4,0
2000	16,7	13,2	8,0	4,0	2,4
2001	21,8	17,7	7,7	4,4	2,2
2002	17,3	15,2	10,9	7,9	3,9
2003	9,9	7,9	5,0	3,6	2,0

Región de La Araucanía (IX)

Tabla 37. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Curacautín.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1991	13,9	10,4	7,0	3,9	2,0
1992	14,3	9,3	8,1	5,9	3,2
1993	13,8	9,1	7,4	5,2	3,3
1994	15,3	9,4	5,3	3,8	2,2
1995	12,7	8,2	4,8	3,3	2,0
1996	15,2	9,5	3,2	1,6	0,8
1997	11,2	9,9	5,7	3,1	1,6
1998	8,8	6,2	3,2	1,6	0,8
1999	11,5	7,6	3,3	1,9	1,0
2000	8,8	5,9	3,1	1,7	0,9
2001	14,0	11,7	8,1	5,1	2,6
2002	10,0	8,2	3,1	1,6	0,8
2003	7,3	5,5	2,6	1,7	0,8

Tabla 38. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Pucón.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1984	10,5	7,1	4,4	3,0	2,1
1985	11,6	11,1	7,8	4,4	2,3
1986	10,7	7,8	5,1	4,1	3,9
1987	13,7	11,3	7,9	5,1	3,2
1988	13,3	11,7	6,4	3,7	3,1
1989	9,2	7,8	4,6	3,4	2,9
1990	18,9	11,5	6,5	5,9	3,7
1991	18,7	13,6	7,4	6,1	4,1
1992	11,8	8,6	6,5	4,7	3,3
1993	13,0	9,1	6,0	4,9	3,9
1994	11,1	8,3	4,7	4,0	3,0
1995	11,7	9,1	5,4	4,3	3,2
1996	11,6	8,4	6,2	4,4	2,5
1997	8,1	6,2	3,7	2,5	1,6
1998	16,2	10,3	6,8	5,4	3,2
1999	8,2	6,9	4,5	2,7	1,4
2000	11,3	7,4	4,8	3,7	2,0
2001	10,2	8,9	5,1	2,6	1,4
2002	12,1	7,0	3,1	1,6	0,8
2003	8,9	8,4	4,2	2,2	1,4

Tabla 39. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Pueblo Nuevo.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1989	11,7	15,0	8,2	6,1	3,5
1990	13,1	9,3	4,5	3,5	2,4
1991	12,0	6,8	4,1	3,0	1,9
1992	14,3	9,1	7,8	6,1	3,3
1993	10,1	8,7	4,4	3,5	2,9
1994	14,0	9,8	4,2	2,1	1,7
1995	12,1	8,5	5,4	4,5	3,7
1996	14,1	10,2	5,1	3,5	2,1
1997	12,9	9,1	6,8	4,2	3,3
1998	6,5	5,2	2,5	1,5	0,8
1999	11,0	6,6	5,0	3,7	2,3
2000	7,1	4,8	2,2	1,3	0,6
2001	10,6	9,9	4,8	2,7	1,4
2002	11,4	6,9	4,2	2,6	1,3
2003	10,7	9,2	6,4	4,8	3,5

Tabla 40. Valores de intensidad máxima de precipitación asociadas a distintas duraciones horarias (mm/h), Estación Traiguén.

Año	Duración (h)				
	1	2	6	12	24
1988	8,3	5,6	4,5	3,8	2,3
1989	12,5	8,2	5,1	2,7	1,9
1990	9,5	8,1	4,8	4,0	2,5
1991	9,8	8,1	4,0	3,0	1,6
1992	9,7	8,2	7,7	5,8	2,9
1993	17,8	13,6	6,1	3,2	2,6
1994	8,5	6,8	3,5	1,9	1,0
1995	14,8	9,1	3,2	1,7	1,2
1996	10,3	6,0	4,1	2,1	1,5
1997	10,0	8,4	4,0	2,4	1,8
1998	9,5	8,0	3,8	2,1	1,1
1999	10,8	10,2	5,6	2,9	1,6
2000	9,9	8,7	5,8	5,5	3,9
2001	11,2	9,7	6,2	4,0	2,6
2002	10,2	6,6	4,5	3,2	2,2
2003	20,4	12,7	7,3	5,2	2,8

ANEXO 2

**TABLAS DE INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN ESTIMADAS
A PARTIR DE LA FUNCIÓN DE GUMBEL.**

Región de Coquimbo (IV)

Tabla 1. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Rivadavia.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	7,97	9,76	11,48	12,47	13,17	13,71	14,15	14,69	15,38
2	6,27	7,68	9,02	9,79	10,34	10,76	11,10	11,52	12,06
6	4,12	5,08	6,00	6,53	6,90	7,19	7,43	7,71	8,09
12	3,17	3,94	4,68	5,10	5,40	5,64	5,82	6,06	6,35
24	2,03	2,56	3,06	3,35	3,56	3,72	3,85	4,00	4,21

Tabla 2. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse La Paloma.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	12,23	14,93	17,52	19,01	20,06	20,88	21,54	22,35	23,39
2	8,55	10,40	12,18	13,21	13,93	14,49	14,94	15,50	16,21
6	5,42	6,70	7,92	8,62	9,12	9,50	9,81	10,20	10,69
12	3,80	4,75	5,67	6,19	6,56	6,85	7,08	7,37	7,74
24	2,40	3,03	3,64	3,99	4,24	4,43	4,59	4,78	5,02

Tabla 3. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Cogotí.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	10,82	13,14	15,36	16,64	17,54	18,24	18,81	19,50	20,40
2	8,78	10,83	12,79	13,92	14,72	15,34	15,84	16,45	17,24
6	5,61	6,85	8,05	8,74	9,22	9,60	9,90	10,28	10,76
12	3,90	4,86	5,78	6,31	6,68	6,97	7,20	7,49	7,86
24	2,70	3,46	4,18	4,60	4,89	5,12	5,31	5,53	5,82

Tabla 4. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Illapel.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	9,76	11,84	13,84	14,99	15,80	16,43	16,94	17,56	18,36
2	7,59	9,25	10,84	11,75	12,39	12,89	13,30	13,79	14,43
6	5,03	6,23	7,37	8,03	8,49	8,85	9,15	9,50	9,96
12	3,59	4,45	5,27	5,75	6,08	6,34	6,55	6,81	7,14
24	2,17	2,71	3,23	3,53	3,74	3,91	4,04	4,20	4,41

Tabla 5. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación La Tranquilla.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	9,34	11,22	13,02	14,05	14,78	15,35	15,81	16,37	17,09
2	6,68	7,86	8,98	9,63	10,08	10,43	10,72	11,07	11,52
6	3,92	4,69	5,42	5,85	6,14	6,37	6,56	6,79	7,09
12	2,67	3,25	3,80	4,12	4,34	4,52	4,66	4,83	5,05
24	1,92	2,45	2,95	3,24	3,44	3,60	3,73	3,88	4,09

Tabla 6. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Los Cóndores.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	10,07	12,10	14,06	15,18	15,97	16,59	17,09	17,70	18,48
2	7,59	9,25	10,84	11,76	12,41	12,91	13,32	13,81	14,46
6	4,91	5,99	7,02	7,61	8,03	8,36	8,62	8,94	9,36
12	3,67	4,65	5,58	6,12	6,50	6,79	7,03	7,33	7,70
24	2,60	3,41	4,18	4,62	4,94	5,18	5,38	5,62	5,93

Tabla 7. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Quelón.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	9,67	11,39	13,04	13,99	14,67	15,18	15,61	16,12	16,79
2	7,72	9,22	10,66	11,49	12,07	12,53	12,90	13,35	13,93
6	4,14	4,81	5,46	5,83	6,09	6,30	6,46	6,67	6,93
12	2,70	3,19	3,65	3,92	4,11	4,26	4,38	4,52	4,71
24	1,85	2,25	2,63	2,85	3,01	3,13	3,22	3,34	3,50

Región de Valparaíso (V)**Tabla 8.** Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Hacienda Pedernal.

Duración (h)	Período de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	12,62	14,46	16,22	17,24	17,95	18,51	18,96	19,51	20,22
2	11,13	12,78	14,37	15,28	15,92	16,42	16,82	17,32	17,96
6	8,05	9,34	10,58	11,30	11,80	12,19	12,50	12,89	13,39
12	5,82	6,67	7,48	7,95	8,29	8,54	8,75	9,01	9,33
24	4,25	4,97	5,67	6,07	6,36	6,58	6,75	6,97	7,25

Tabla 9. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Quillota.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,10	15,39	17,59	18,86	19,75	20,44	21,00	21,69	22,57
2	11,73	14,01	16,20	17,46	18,35	19,04	19,60	20,28	21,16
6	7,93	9,84	11,66	12,71	13,45	14,02	14,48	15,05	15,79
12	5,15	6,30	7,41	8,04	8,49	8,84	9,12	9,47	9,91
24	3,08	3,71	4,33	4,68	4,93	5,12	5,28	5,47	5,71

Tabla 10. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Lliu-Lliu.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	19,95	22,81	25,55	27,13	28,25	29,11	29,81	30,67	31,77
2	16,41	19,28	22,03	23,61	24,73	25,59	26,29	27,15	28,26
6	11,92	14,18	16,36	17,61	18,50	19,18	19,73	20,41	21,29
12	9,10	10,75	12,32	13,23	13,87	14,36	14,77	15,26	15,89
24	6,12	7,26	8,36	9,00	9,44	9,79	10,07	10,41	10,86

Tabla 11. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Lago Peñuelas.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	22,22	25,90	29,42	31,45	32,88	33,99	34,89	35,99	37,41
2	19,56	22,91	26,12	27,97	29,27	30,28	31,10	32,10	33,39
6	13,83	16,68	19,41	20,98	22,09	22,95	23,65	24,50	25,60
12	10,12	12,26	14,31	15,49	16,33	16,97	17,50	18,14	18,97
24	6,94	8,43	9,86	10,69	11,27	11,72	12,08	12,53	13,10

Región Metropolitana (RM)

Tabla 12. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Rungue.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	11,63	13,37	15,04	16,03	16,68	17,21	17,63	18,17	18,83
2	9,04	10,27	11,44	12,14	12,60	12,97	13,26	13,64	14,11
6	5,99	6,90	7,76	8,33	8,70	9,00	9,24	9,54	9,92
12	4,59	5,48	6,35	6,85	7,19	7,46	7,68	7,95	8,29
24	3,23	3,94	4,62	5,03	5,29	5,51	5,68	5,90	6,17

Tabla 13. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Cerro Calán.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,58	15,50	17,35	18,44	19,16	19,74	20,21	20,79	21,53
2	11,55	13,30	14,98	15,97	16,63	17,16	17,58	18,11	18,78
6	6,94	7,93	8,89	9,45	9,82	10,12	10,36	10,66	11,04
12	5,01	5,87	6,70	7,19	7,51	7,78	7,98	8,24	8,58
24	3,13	3,79	4,42	4,79	5,04	5,23	5,39	5,59	5,84

Tabla 14. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Los Panguiles.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	11,04	13,02	14,91	16,03	16,77	17,36	17,84	18,44	19,20
2	9,27	11,16	12,98	14,05	14,76	15,34	15,80	16,37	17,10
6	6,43	7,97	9,46	10,33	10,91	11,38	11,76	12,23	12,82
12	5,01	6,37	7,68	8,46	8,97	9,38	9,71	10,13	10,65
24	3,21	4,10	4,96	5,47	5,81	6,08	6,29	6,57	6,91

Tabla 15. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Pirque.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	11,53	13,20	14,80	15,74	16,37	16,87	17,27	17,78	18,42
2	8,53	9,60	10,63	11,24	11,64	11,96	12,22	12,55	12,96
6	5,63	6,49	7,33	7,82	8,14	8,40	8,61	8,88	9,21
12	4,45	5,30	6,11	6,59	6,91	7,17	7,37	7,63	7,96
24	3,16	3,86	4,52	4,92	5,18	5,38	5,55	5,76	6,03

Tabla 16. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Melipilla.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	15,39	20,07	24,56	27,21	28,96	30,37	31,50	32,93	34,72
2	10,89	13,93	16,85	18,58	19,72	20,64	21,38	22,31	23,47
6	5,80	7,03	8,20	8,89	9,35	9,72	10,02	10,39	10,86
12	3,98	4,80	5,59	6,06	6,37	6,61	6,81	7,06	7,38
24	2,83	3,47	4,09	4,45	4,69	4,89	5,04	5,24	5,49

Región del Libertador Bernardo O'Higgins (VI)**Tabla 17.** Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Rengo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,68	15,56	17,36	18,39	19,12	19,68	20,14	20,70	21,43
2	9,85	11,08	12,25	12,92	13,40	13,77	14,07	14,43	14,91
6	6,58	7,33	8,05	8,47	8,76	8,99	9,17	9,40	9,69
12	5,00	5,59	6,16	6,49	6,72	6,90	7,04	7,22	7,45
24	3,51	3,97	4,41	4,66	4,83	4,97	5,08	5,22	5,39

Tabla 18. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Central las Nieves.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,68	15,06	16,38	17,14	17,67	18,09	18,42	18,83	19,37
2	11,07	12,32	13,52	14,21	14,70	15,07	15,38	15,76	16,24
6	8,12	9,19	10,21	10,79	11,21	11,53	11,79	12,11	12,52
12	6,41	7,42	8,39	8,94	9,34	9,64	9,89	10,19	10,58
24	4,80	5,65	6,47	6,94	7,27	7,53	7,73	7,99	8,32

Tabla 19. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Convento Viejo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	15,04	17,09	19,07	20,20	21,00	21,62	22,12	22,74	23,53
2	10,76	11,93	13,06	13,70	14,16	14,51	14,80	15,15	15,60
6	7,08	7,78	8,45	8,84	9,11	9,32	9,50	9,71	9,98
12	5,23	5,83	6,39	6,72	6,95	7,13	7,28	7,45	7,68
24	3,72	4,22	4,70	4,97	5,17	5,32	5,44	5,59	5,78

Región del Maule (VII)

Tabla 20. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Los Queñes.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	18,89	21,61	24,22	25,72	26,78	27,60	28,27	29,08	30,13
2	14,16	16,15	18,06	16,16	19,94	20,54	21,02	21,62	22,39
6	9,12	10,35	11,52	12,20	12,68	13,05	13,35	13,72	14,19
12	7,04	8,10	9,14	9,71	10,13	10,45	10,71	11,03	11,44
24	4,79	5,49	6,12	6,55	6,83	7,04	7,21	7,42	7,69

Tabla 21. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Potrero Grande.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	19,14	21,93	24,61	26,15	27,23	28,07	28,75	29,59	30,66
2	14,94	17,18	19,32	20,55	21,41	22,09	22,63	23,30	24,16
6	9,95	11,62	13,23	14,15	14,80	15,30	15,71	16,21	16,86
12	7,02	8,19	9,30	9,94	10,39	10,74	11,03	11,37	11,82
24	4,92	5,84	6,72	7,23	7,58	7,86	8,08	8,36	8,71

Tabla 22. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Penciahue.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	12,37	14,11	15,78	16,74	17,42	17,94	18,37	18,89	19,56
2	8,58	9,73	10,84	11,47	11,92	12,27	12,55	12,90	13,34
6	5,32	6,04	6,72	7,12	7,40	7,61	7,79	8,00	8,28
12	3,63	4,25	4,85	5,20	5,44	5,63	5,78	5,97	6,21
24	2,42	2,92	3,40	3,67	3,87	4,02	4,14	4,29	4,48

Tabla 23. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Talca.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	10,78	12,11	13,38	14,12	14,63	15,03	15,36	15,75	16,27
2	8,81	10,27	11,67	12,48	13,05	13,49	13,85	14,28	14,85
6	5,60	6,62	7,60	8,16	8,56	8,87	9,12	9,42	9,81
12	3,64	4,35	5,04	5,43	5,70	5,92	6,09	6,30	6,58
24	2,40	2,92	3,42	3,70	3,91	4,06	4,19	4,34	4,54

Tabla 24. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación San Javier.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	12,14	13,57	14,94	15,73	16,28	16,71	17,06	17,49	18,04
2	8,13	8,94	9,73	10,18	10,50	10,74	10,94	11,19	11,50
6	4,81	5,35	5,88	6,18	6,39	6,56	6,69	6,85	7,06
12	3,20	3,66	4,11	4,37	4,55	4,69	4,80	4,94	5,12
24	2,31	2,79	3,25	3,51	3,70	3,85	3,96	4,11	4,30

Tabla 25. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Colorado.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	17,15	19,83	22,40	23,88	24,92	25,73	26,39	27,19	28,23
2	11,79	12,79	13,75	14,30	14,68	14,98	15,23	15,53	15,91
6	8,53	9,51	10,44	10,98	11,36	11,66	11,90	12,19	12,56
12	6,68	7,61	8,50	9,01	9,37	9,65	9,87	10,15	10,51
24	4,62	5,31	5,97	6,35	6,62	6,83	7,00	7,21	7,47

Tabla 26. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Melozal.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,05	15,38	17,61	18,90	19,81	20,51	21,08	21,78	22,68
2	10,42	12,66	14,81	16,04	16,91	17,58	18,13	18,80	19,67
6	6,54	7,90	9,21	9,96	10,49	10,90	11,24	11,64	12,17
12	4,70	5,88	7,02	7,67	8,13	8,49	8,78	9,13	9,59
24	3,06	3,79	4,49	4,89	5,18	5,40	5,58	5,79	6,08

Tabla 27. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Ancoa.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	19,00	21,06	23,03	24,16	24,96	25,58	26,08	26,70	27,49
2	15,07	16,70	18,26	19,16	19,80	20,29	20,68	21,17	21,80
6	11,06	12,32	13,53	14,23	14,72	15,10	15,41	15,79	16,27
12	8,14	9,12	10,05	10,59	10,97	11,26	11,50	11,79	12,17
24	5,39	6,10	6,78	7,17	7,45	7,66	7,84	8,05	8,33

Tabla 28. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Parral.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	14,77	16,93	19,00	20,19	21,03	21,67	22,20	22,85	23,68
2	10,76	12,30	13,77	14,62	15,22	15,69	16,06	16,52	17,12
6	6,65	7,67	8,64	9,20	9,59	9,90	10,14	10,45	10,84
12	4,93	5,93	6,89	7,45	7,84	8,14	8,39	8,69	9,07
24	3,35	4,01	4,64	5,01	5,26	5,46	5,62	5,82	6,07

Tabla 29. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Digua.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	20,06	22,68	25,20	26,65	27,67	28,46	29,11	29,90	30,91
2	15,10	17,03	19,00	19,97	20,73	21,32	21,80	22,38	23,13
6	9,86	11,56	13,2	14,14	14,81	15,32	15,74	16,25	16,91
12	7,11	8,40	9,65	10,37	10,87	11,26	11,58	11,97	12,47
24	4,87	5,80	6,69	7,20	7,56	7,84	8,07	8,35	8,71

Tabla 30. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Bullileo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	18,54	20,25	21,89	22,83	23,50	24,01	24,43	24,94	25,60
2	14,10	15,30	16,45	17,11	17,57	17,93	18,23	18,59	19,05
6	10,49	11,43	12,32	12,83	13,19	13,48	13,70	13,98	14,34
12	8,13	8,93	9,70	10,14	10,45	10,69	10,89	11,13	11,44
24	6,06	6,77	7,45	7,83	8,11	8,32	8,49	8,71	8,98

Tabla 31. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación San Manuel.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	17,62	20,25	22,74	24,23	25,25	26,04	26,69	27,48	28,49
2	13,27	15,13	16,92	17,95	18,67	19,23	19,69	20,25	20,97
6	8,72	9,91	11,06	11,18	12,18	12,54	12,83	13,19	13,65
12	6,75	7,83	8,87	9,47	9,89	10,21	10,47	10,80	11,22
24	5,16	6,11	7,03	7,56	7,93	8,22	8,46	8,75	9,12

Región del Bío-Bío (VIII)**Tabla 32.** Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Cerro El Padre.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	19,83	22,42	24,90	26,33	27,34	28,11	28,75	29,52	30,52
2	14,93	16,72	18,43	19,42	20,11	20,65	21,09	21,62	22,31
6	9,79	10,93	12,02	12,65	13,09	13,43	13,71	14,05	14,49
12	7,77	8,82	9,82	10,39	10,80	11,11	11,36	11,68	12,08
24	5,23	6,69	7,51	7,98	8,31	8,56	8,77	9,03	9,36

Tabla 33. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Chillán Viejo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	18,33	20,92	23,40	24,83	25,84	26,61	27,25	28,02	29,02
2	12,99	14,62	16,19	17,09	17,72	18,21	18,61	19,10	19,73
6	7,40	8,24	9,05	9,51	9,84	10,09	10,30	10,55	10,88
12	5,26	5,96	6,64	7,03	7,31	7,52	7,69	7,91	8,18
24	3,61	4,29	4,94	5,31	5,57	5,78	5,94	6,14	6,40

Tabla 34. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Coihueco.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	21,93	26,35	30,58	33,02	34,73	36,06	37,15	38,47	40,17
2	16,70	19,83	22,83	24,55	25,77	26,71	27,47	28,41	29,62
6	10,43	12,17	13,85	14,81	15,49	16,01	16,44	16,97	17,64
12	7,60	8,99	10,32	11,09	11,63	12,05	12,39	12,80	13,34
24	5,29	6,50	7,66	8,33	8,80	9,16	9,46	9,82	10,29

Tabla 35. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Embalse Diguillín.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	20,28	23,17	25,93	27,53	28,65	29,52	30,23	31,09	32,20
2	16,87	19,55	22,12	23,60	24,64	25,45	26,10	26,91	27,94
6	10,59	12,04	13,42	14,22	14,78	15,21	15,57	16,00	16,56
12	8,38	9,56	10,68	11,33	11,78	12,14	12,42	12,78	13,23
24	6,31	7,26	8,17	8,69	9,06	9,35	9,58	9,87	10,23

Tabla 36. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Quilaco.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	17,62	20,04	22,36	23,70	24,64	25,37	25,96	26,69	27,62
2	13,39	14,99	16,52	17,40	18,02	18,50	18,89	19,37	19,99
6	8,04	9,07	10,06	10,63	11,03	11,34	11,59	11,90	12,29
12	5,48	6,30	7,08	7,53	7,85	8,09	8,29	8,54	8,85
24	3,55	4,15	4,74	5,07	5,30	5,49	5,64	5,82	6,05

Región de la Araucanía (IX)**Tabla 37.** Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Curacautín.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,98	15,55	17,05	17,91	18,52	18,99	19,37	19,84	20,44
2	9,81	10,88	11,91	12,50	12,92	13,24	13,51	13,83	14,24
6	6,51	7,74	8,92	9,60	10,08	10,45	10,75	11,12	11,59
12	4,25	5,18	6,07	6,58	6,94	7,22	7,44	7,72	8,08
24	2,35	2,89	3,41	3,71	3,92	4,09	4,22	4,38	4,59

Tabla 38. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Pucón.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	14,18	15,92	17,60	18,56	19,24	19,76	20,19	20,72	21,39
2	10,44	11,59	12,70	13,34	13,79	14,13	14,42	14,76	15,21
6	6,52	7,31	8,07	8,50	8,81	9,05	9,24	9,48	9,78
12	4,83	5,55	6,25	6,66	6,94	7,16	7,34	7,56	7,84
24	3,35	3,93	4,48	4,79	5,02	5,19	5,33	5,50	5,72

Tabla 39. Intensidades de precipitación (mm/h), estación Pueblo Nuevo.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,09	14,43	15,71	16,45	16,97	17,38	17,71	18,11	18,62
2	10,35	11,80	13,18	13,98	14,54	14,97	15,33	15,76	16,32
6	6,27	7,70	8,23	8,78	9,17	9,47	9,72	10,02	10,40
12	4,58	5,44	6,26	6,73	7,06	7,31	7,52	7,78	8,11
24	3,04	3,64	4,21	4,54	4,77	4,95	5,09	5,27	5,50

Tabla 40. Intensidades de precipitación estimadas (mm/h), estación Traiguén.

Duración (h)	Períodos de retorno T (años)								
	T5	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T75	T100
1	13,87	15,84	17,74	18,83	19,59	20,19	20,67	21,26	22,03
2	10,16	11,43	12,65	13,36	13,85	14,23	14,55	14,93	15,42
6	5,95	6,72	7,46	7,89	8,19	8,42	8,61	8,84	9,14
12	4,28	5,03	5,76	6,18	6,47	6,70	6,89	7,11	7,41
24	2,67	3,13	3,57	3,83	4,01	4,15	4,26	4,40	4,58

Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia para la zona centro sur de Chile



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa Hidrológico Internacional



UNESCO
Programa Hidrológico Internacional
Oficina Regional de Ciencia
para América Latina y el Caribe
Edificio Mercosur - Dr. Luis Piera 1992, 2° piso
Casilla de Correo 859
11200 Montevideo, Uruguay
Tel.: (598-2) 413 20 75, Fax: (598-2) 413 20 94
phi@unesco.org.uy
<http://www.unesco.org.uy/phi>

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Talca
Avenida Lircay S/N
Talca, Chile
Tel.: 56 71 200 442 / 200 440
Fax: 56 71 200 455 / 428
<http://www.cienciasforestales.cl>

