

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS	3
2.1.- Objetivo general	3
2.2.- Objetivos específicos	3
3.- ANTECEDENTES GENERALES	4
3.1.- Antecedentes Generales del Área de Estudio.....	4
3.1.1.- Región Metropolitana	4
3.1.2.- Región del Maule.....	6
3.1.3.- Región del BioBío	10
4.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
4.1.- Cambio Climático.....	13
4.2.- Precipitaciones.....	14
4.3.- Intensidad de Precipitación.	15
4.4.- Registro y Medición de Intensidades de Precipitación.....	16
4.4.1.- Pluviómetro.....	16
4.4.2.- Pluviógrafo	17
4.5.- Clasificación de Intensidades de Precipitación	19
4.6.- Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)	20
4.7.- Importancia de las Intensidades de Precipitación.....	22
4.8.- Estudios Relacionados	23

5.- METODOLOGÍA	26
5.1.- Fases Metodológicas.....	26
5.1.1.- Revisión Bibliográfica.	26
5.1.2.- Obtención de Información Requerida	26
5.1.2.1.- Recopilación de Información Pluviográfica	28
5.1.2.2.- Determinación de Intensidades Máximas Anuales de Precipitación	30
5.1.2.3.- Definición de Periodos.	30
5.1.3.- Procesamiento de la Información	33
5.1.3.1.- Test de Mann–Kendall.	33
5.1.3.2.- Prueba de Kruskal–Wallis.....	37
5.1.3.3.- Ajuste a la Función de Distribución de Probabilidad (FDP) de Gumbel.	40
5.1.3.4.- Pruebas de Bondad de Ajuste	42
a.- Coeficiente de Determinación (R^2)	42
b.- Test de Kolmogorov–Smirnov (KS).....	43
5.1.4.- Presentación de Resultados	44
5.1.5.- Análisis y Discusión de Resultados.....	44
5.1.6.- Conclusiones y Recomendaciones.....	45
5.2.- Materiales y Equipos	45
6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	46
6.1.- Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora.....	46
6.1.1.- Test de Mann–Kendall para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora	53
6.1.2.- Prueba de Kruskal–Wallis para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora	55

6.1.3.- Ajuste de Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel a Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora.....	56
6.2.- Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos.....	62
6.2.1.- Test de Mann–Kendall para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos	69
6.2.2.- Prueba de Kruskal–Wallis para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos	71
6.2.3.- Ajuste de Función de Distribución de Probabilidad de Gumbel a Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos.....	72
7.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
7.1.- Análisis de la Variación Temporal en Promedios de Intensidades Máximas Anuales de Precipitación	77
7.1.1.- Análisis de la Variación Temporal en Promedios de Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora.....	77
7.1.2.- Análisis de la Variación Temporal en Promedios de Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos.....	81
7.2.- Análisis del Test de Mann–Kendall para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación.....	83
7.2.1.- Análisis del Test de Mann–Kendall para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora.....	83
7.2.2.- Análisis del Test de Mann–Kendall para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos	84

7.3.- Análisis de la Prueba de Kruskal–Wallis para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación.....	85
7.3.1.- Análisis de la Prueba de Kruskal–Wallis para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora.....	85
7.3.2.- Análisis de la Prueba de Kruskal–Wallis para las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos.....	86
7.4.- Análisis de Ajustes de FDP de Gumbel a Intensidades Máximas Anuales de Precipitación.....	86
7.4.1.- Análisis de Ajustes de FDP de Gumbel a Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora.....	86
7.4.2.- Análisis de Ajustes de FDP de Gumbel a Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos.....	87
7.5.- Análisis de la Variación Temporal de las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación Asociadas a $T = 30$ Años, Obtenidas de la FDP de Gumbel.....	88
7.5.1.- Análisis de la Variación Temporal de las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 1 Hora Asociadas a $T = 30$ Años, Obtenidas de la FDP de Gumbel.....	88
7.5.2.- Análisis de la Variación Temporal de las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación para una Duración de 30 Minutos Asociadas a $T = 30$ Años, Obtenidas de la FDP de Gumbel.....	91
7.6.- Análisis Espacial de las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación.....	93
7.6.1.- Análisis Altitudinal de las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación.....	93
7.6.2.- Análisis Latitudinal de las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación.....	95

7.6.3.- Análisis Longitudinal de las Intensidades Máximas Anuales de Precipitación	96
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
8.1.- Conclusiones	99
8.2.- Recomendaciones.....	101
9.- BIBLIOGRAFÍA	102

APÉNDICES

Apéndice I: Datos de intensidades máximas anuales de precipitación para duraciones de 1 hora y 30 minutos por estación pluviográfica.

Apéndice II: Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP) de Gumbel ajustadas a intensidades máximas anuales de precipitación, coeficiente de determinación (R^2) y test de Kolmogorov–Smirnov (KS).

Apéndice III: Diferencias entre medianas obtenidas mediante la prueba de Kruskal–Wallis.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1: Clasificación de lluvias o chubascos de acuerdo a su intensidad.....	19
Cuadro N°2: Clasificación de intensidad de precipitación	20
Cuadro N°3: Estaciones pluviográficas utilizadas para el estudio.....	28
Cuadro N°4: Definición de periodos para intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora.....	31
Cuadro N°5: Definición de periodos para intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos	32
Cuadro N°6: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales de precipitación para una duración de 1 hora por estación.....	46
Cuadro N°7: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales para una duración de 1 hora por estación y periodo considerado en la Región Metropolitana	48
Cuadro N°8: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales para una duración de 1 hora por estación y periodo considerado en la Región del Maule.....	49
Cuadro N°9: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales para una duración de 1 hora por estación y periodo considerado en la Región del BioBio	51
Cuadro N°10: Test de Mann–Kendall para intensidades máximas anuales de precipitación para una duración de 1 hora.....	54
Cuadro N°11: Prueba de Kruskal–Wallis para intensidades máximas anuales de precipitación para una duración de 1 hora.....	55

Cuadro N°12: Intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora (mm/h) asociadas a periodos de retorno de 10, 30 y 50 años en la Región Metropolitana, obtenidas de la FDP de Gumbel.....	57
Cuadro N°13: Intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora (mm/h) asociadas a periodos de retorno de 10, 30 y 50 años en la Región del Maule, obtenidas de la FDP de Gumbel	58
Cuadro N°14: Intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora (mm/h) asociadas a periodos de retorno de 10, 30 y 50 años en la Región del BioBío, obtenidas de la FDP de Gumbel.....	60
Cuadro N°15: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales de precipitación para una duración de 30 minutos por estación	62
Cuadro N°16: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales para una duración de 30 minutos por estación y periodo considerado en la Región Metropolitana	64
Cuadro N°17: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales para una duración de 30 minutos por estación y periodo considerado en la Región del Maule.....	65
Cuadro N°18: Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo de intensidades máximas anuales para una duración de 30 minutos por estación y periodo considerado en la Región del BioBío	67
Cuadro N°19: Test de Mann–Kendall para intensidades máximas anuales de precipitación para una duración de 30 minutos	70
Cuadro N°20: Prueba de Kruskal–Wallis para intensidades máximas anuales de precipitación para una duración de 30 minutos	71

Cuadro N°21: Intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos (mm/h) asociadas a periodos de retorno de 10, 30 y 50 años en la Región Metropolitana, obtenidas de la FDP de Gumbel.....	73
Cuadro N°22: Intensidades máximas anuales para duración de 30 minutos (mm/h) asociadas a distintos periodos de retorno de 10, 30 y 50 años en la Región del Maule, obtenidas de la FDP de Gumbel.....	73
Cuadro N°23: Intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos (mm/h) asociadas a periodos de retorno de 10, 30 y 50 años en la Región del BioBío, obtenidas de la FDP de Gumbel.....	75
Cuadro N°24: Variación de promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora (mm/h) por Región, estación y periodo considerado	78
Cuadro N°25: Agrupación de estaciones de acuerdo al periodo donde registraron su máximo valor de intensidad máxima anual para una duración de 1 hora, por Región.....	80
Cuadro N°26: Variación de promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos (mm/h) por Región, estación y periodo considerado.....	81
Cuadro N°27: Agrupación de estaciones de acuerdo al periodo donde registraron su máximo valor de intensidad máxima anual para una duración de 30 minutos, por Región	82
Cuadro N°28: Resumen de tendencias del test de Mann–Kendall para intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora por Región.....	83
Cuadro N°29: Resumen de tendencias del test de Mann–Kendall para intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos por Región	84
Cuadro N°30: Variación de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora (mm/h) asociadas a $T = 30$ años por Región, estación y periodo considerado	89

Cuadro N°31: Variación de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos (mm/h) asociadas a T = 30 años por Región, estación y periodo considerado	91
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Región Metropolitana	5
Figura N°2: Región del Maule.....	8
Figura N°3: Región del BioBío	11
Figura N°4: Pluviómetro.....	17
Figura N°5: Pluviógrafo	18
Figura N°6: Representación gráfica de las curvas intensidad–duración–frecuencia	21
Figura N°7: Ubicación de estaciones pluviográficas en las regiones Metropolitana, del Maule y del BioBío.....	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Promedio de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora por Región y periodo (grupo A)	52
Gráfico N°2: Promedio de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora por Región y periodo (grupo B)	53
Gráfico N°3: Promedio de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos por Región y periodo (grupo A)	68

Gráfico N°4: Promedio de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 30 minutos por Región y periodo (grupo B)	69
Gráfico N°5: Variación altitudinal de los promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora en estaciones de la Región Metropolitana	93
Gráfico N°6: Variación altitudinal de los promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora y 30 minutos en estaciones de la Región del Maule	94
Gráfico N°7: Variación altitudinal de los promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora y 30 minutos en estaciones de la Región del BioBío.....	94
Gráfico N°8: Variación latitudinal de los promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora y 30 minutos en estaciones de las regiones Metropolitana, del Maule y del BioBío	95
Gráfico N°9: Variación longitudinal de los promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora en estaciones de la Región Metropolitana	97
Gráfico N°10: Variación longitudinal de los promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora y 30 minutos en estaciones de la Región del Maule.....	97
Gráfico N°11: Variación longitudinal de los promedios de intensidades máximas anuales de precipitación para duración de 1 hora y 30 minutos en estaciones de la Región del BioBío	98