

Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos:	3
1.3	Organización de la Tesis.....	3
2	Caso de Estudio.....	5
2.1	Antecedentes de Cuerpos de Aguas.....	5
2.2	Antecedentes sobre la Trofía del Lago Villarrica y Ciclos de Nutrientes	8
2.2.1	Ciclo del Nitrógeno	9
2.2.2	Ciclo del Fósforo.....	12
2.3	Antecedentes del Contexto	14
2.4	Antecedentes Legales.....	15
2.5	Fuentes de Contaminación	17
2.5.1	Fuentes de Contaminación Puntuales	17
2.5.2	Fuentes de Contaminación Difusas	20
2.6	Condiciones Meteorológicas de la Zona	25
2.6.1	Viento	25
2.6.2	Humedad Relativa	27
2.6.3	Temperatura del Aire	27
2.6.4	Nubosidad	28
2.6.5	Radiación Solar	29
2.7	Medidas del Plan de Descontaminación	30
3	Modelo Lago Villarrica.....	33
3.1	Estrategia de Modelación.....	33
3.2	Año a Simular.....	34
3.3	Estado del Arte.....	36
3.4	Marco Teórico y Metodología.....	37
3.4.1	Modelo Hidrodinámico	37
3.4.2	Modelo de Calidad.....	42
4	Resultados y Discusión	46
4.1	Condiciones de Borde y Condiciones Iniciales.....	46

4.2	Cinéticas de reacción	51
4.3	Modelo Hidrodinámico.....	51
4.4	Modelo de Calidad	58
5	Análisis de Escenarios del Plan de Descontaminación	65
5.1	Descripción de las Medidas del Plan de Descontaminación	65
5.1.1	Restauración Ecológica Mediante Plantación de Vegetación Ripariana.....	65
5.1.2	Reducción de Uso de Fertilizantes Fosforados en Suelos para Cultivos....	65
5.1.3	Reducción del Flujo Másico de los RILes provenientes de Pisciculturas....	66
5.1.4	Construcción de Alcantarillado en el Ribera Sur del Lago.....	66
5.1.5	Construcción de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas en Curarrehue 66	
5.2	Simulación de Medidas en el Lago Villarrica.....	69
5.3	Análisis Multicriterio de las Medidas del Plan de Descontaminación del lago Villarrica.....	72
6	Conclusiones.....	78
7	Bibliografía	80
8	Anexos	87
A.	Fuentes Puntuales de Contaminación: Pisciculturas	88
B.	Fuentes Puntuales de Contaminación: Cálculo de Carga de AS Curarrehue ...	90
C.	Fuentes Difusas de Contaminación: Cálculo de Carga de Fosas Sépticas de la Ribera Sur del Lago.....	91
D.	Fuentes Difusas de Contaminación: Cálculo de Aporte de la Cuenca por Uso de Suelo	93
E.	Criterios para Elección del Año a Simular	96
F.	Método de Crank-Nicolson en Navier–Stokes.....	97
G.	Curva de Descarga Río Toltén	99
H.	Cálculo de la Razón entre la Masa de Contaminante Descargada en el Río y la Masa de Contaminante Afluente al Lago.....	100
I.	Conversión de Nitrógeno Total a Nitrato y Amonio.....	105
J.	Balance de Masa de Carga de Nutrientes al Lago	107
K.	Carga de Ortofosfato, Nitrato y Amonio Proveniente de Fosas Sépticas.	114
L.	Constantes Cinéticas de Nitrificación y Desnitrificación	114
M.	Puntaje Ambiental para Herramienta Multicriterio	115