

Indice

Capítulo		Página
	Resumen	I
	Abstract	
1	Introducción General	1
1.1	Formulación del Marco Teórico	1
1.1.1	Generalidades	1
1.1.2	Problemática del agua contaminada	1
1.1.3	Fuentes de contaminación del agua	2
1.1.4	Problemas medioambientales causados por compuestos orgánicos clorados	4
1.1.5	Problemática medio ambiental en Chile ocasionada por pesticidas	8
1.1.6	Métodos convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con compuestos orgánicos	10
1.1.6.1	Tratamiento primario	11
1.1.6.2	Tratamiento secundario	11
1.1.6.3	Tratamiento terciario o avanzado	11
1.1.7	Procesos de Oxidación Avanzada (POA)	12
1.1.7.1	Fotocatálisis heterogénea	14
1.1.7.2	Fenton	15
1.1.7.3	Ozonización	17
1.1.7.3.2	Reacción directa	18
1.1.7.3.2.a	Ciclo adición	18
1.1.7.3.2.b	Reacción electrofílica	19
1.1.7.3.2.c	Reacción nucleofílica	20
1.1.7.3.3	Reacción indirecta	20
1.1.7.3.3.a	Etapas de iniciación	21
1.1.7.3.3.b	Reacción en cadena de radicales	21
1.1.7.3.3.c	Etapas de terminación	22
1.1.7.4	Ozonización catalítica	23

1.1.7.4.1	Ozonización catalítica homogénea	23
1.1.7.4.2	Ozonización catalítica heterogénea	24
1.1.8	Aplicación de los Procesos de Ozonización	24
1.2	Hipótesis de trabajo	27
1.3	Objetivo general	27
1.4	Objetivo específico	28
2	Degradación del fungicida pentaclorofenol por POA. Evaluación de la Toxicidad	
2.1	Introducción	29
2.2	Aspectos experimentales	35
2.2.1	Reactivos	35
2.2.2	Preparación y caracterización de los catalizadores	35
2.2.3	Condiciones experimentales	36
2.2.3.1	Reactor de tipo Batch	36
2.2.3.2	Reactor de tipo Flujo	36
2.2.3.3	Procesos de Oxidación Avanzada	38
2.2.3.1	Ozonización	38
2.2.3.2	Fotólisis/UV	38
2.2.3.3.3	H ₂ O ₂	38
2.2.3.3.4	Reacción de Fenton	38
2.2.3.4	Degradación del pentaclorofenol por Procesos de Oxidación Avanzada	39
2.2.4	Métodos analíticos	40
2.2.4.1	Análisis por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)	40
2.2.4.1.1	Análisis cromatográfico para compuestos clorados	40
2.2.4.1.2	Análisis cromatográfico para ácidos	40
2.2.4.2	Análisis por cromatografía gaseosa (GC)	40
2.2.4.3	Determinación de cloruros	40
2.2.4.4	Determinación de ozono gaseoso	40
2.2.5	Evaluación de la Toxicidad	41

2.2.5.1	Ensayo de Ecotoxicidad	41
2.2.5.2	Ensayo de Viabilidad celular	43
2.2.5.2	Ensayo de Fitotoxicidad	44
2.3	Resultados y Discusiones para la degradación del PCP	
2.3.1	Caracterización de los catalizadores	45
2.3.2	Degradación de pentaclorofenol por procesos de oxidación avanzada (POA) – Sistema Batch	47
2.3.2.1	Experimentos de degradación a pH 7	47
2.3.2.2	Experimentos de degradación con reactivo Fenton	51
2.3.2.3	Efecto de pH y adición del catalizador	52
2.3.2.4	Intermediarios de reacción, efecto de pH	52
2.3.2.5	Ruta de degradación de pentaclorofenol por ozonización	55
2.3.2.6	Ensayos de toxicidad	62
2.3.2.6.1	Ensayos de Viabilidad celular	63
2.3.2.6.2	Ensayos de Ecotoxicidad	66
2.3.2.6.3	Ensayos de Fitotoxicidad	67
2.3.3	Degradación de pentaclorofenol por procesos de oxidación avanzada (POA) – Sistema Flujo	71
2.3.3.1	Ensayos de toxicidad	74
2.4	Conclusiones	78
3	Degradación del ácido oxálico por ozonización catalítica	
3.1	Introducción	80
3.1.1	Ozonización catalítica homogénea	81
3.1.2	Ozonización catalítica heterogénea	82
3.2	Aspectos experimentales	85
3.2.1	Reactivos	85
3.2.2	Métodos analíticos	85
3.2.3	Experimentos de degradación	85
3.3	Resultados y discusiones	87

3.3.1	Ozonización catalítica	87
3.3.2	Adsorción del ácido oxálico	90
3.4	Conclusiones	94
4	Degradación del dicofol por POA	
4.1	Introducción	95
4.2	Aspectos experimentales	98
4.2.1	Reactivos	98
4.2.2	Extracción de Dicofol	98
4.2.3	Experimentos de degradación	98
4.2.4	Métodos analíticos	98
4.2.4.1	HPLC	99
4.2.4.1.1	Cromatografía preparativa	99
4.2.4.1.2	Cromatografía analítica	99
4.2.4.2	GC-MS	99
4.2.4.3	FT-IR	100
4.3	Resultados y discusiones	
4.3.1	Identificación de dicofol	101
4.3.2	Degradación de dicofol por ozonización	102
4.3.3	Degradación de dicofol por fotólisis	105
4.3.4	Ruta de degradación de dicofol por fotólisis	106
4.4	Conclusiones	109
5	Biodegradación del pentaclorofenol	
5.1	Introducción	110
5.2	Aspectos experimentales	112
5.2.1	Reactivos	113
5.2.2	Condiciones de cultivo	113
5.2.3	Determinación de la masa micelial	113
5.2.4	Determinación del % de degradación de PCP	116

5.2.5	Degradación de PCP en cultivo líquido	116
5.3	Resultados y discusiones	118
5.3.1	Efecto del PCP en la producción de biomasa	119
5.3.2	Degradación de pentaclorofenol	121
5.4	Conclusiones	124
6.0	Conclusiones Generales	125
6.1	Aspectos originales de la Tesis y contribución al conocimiento científico y/o tecnológico	126
6.2	Propuestas de investigación como consecuencia del estudio	127
7	Bibliografía	128
8	Anexos	143
8.1	Curvas de calibración de compuestos clorados	143
8.2	Curvas de calibración de compuestos ácidos	150
8.3	Reacciones de degradación PCP	151
8.4	Análisis de toxicidad, cálculo del IC/EC	153
8.5	Publicaciones	155
8.6	Presentaciones a congresos	155