

Índice:

	Página
<i>Índice</i>	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.I. Estado actual del conocimiento del tema.....	2
I.II. Humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales.....	6
I.III. Clasificación de humedales para el tratamiento de aguas residuales.....	8
I. IV. Características del diseño de un humedal construido.....	9
I.IV.I. Topografía.....	9
I.IV.II. Características del suelo.....	9
I.IV.III. Clima.....	10
I.IV.IV. Pretratamiento.....	10
I.IV.V. Selección del tipo de plantas a utilizar.....	10
I.V. Potenciales contaminantes a eliminar.....	11
I.V.I. Sólidos suspendidos.....	11
I.V.II. Materia orgánica.....	12
I.V.III. Nitrógeno.....	12
I.V.IV. Fosfatos.....	12
I.V.V. Metales pesados.....	13
I.VI. Cosecha y procesado de las plantas.....	13
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	15
II.I. Hipótesis.....	16
II.II. Objetivos propuestos.....	17
II.II.I. Objetivo General.....	17
II.II.II. Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO 1: Ensayo a campo en escala reducida.....	19
1.1. Introducción.....	20
1.2. Metodología.....	20
1.2.1. Diseño del humedal.....	20
1.2.2. Macrófitas estudiadas.....	22
1.2.3. Análisis realizados.....	24
1.2.4. Metodología analítica empleada.....	25
1.2.5. Estudio de la vegetación.....	27
1.2.6. Análisis estadístico.....	28
1.3. Resultados.....	29
1.3.1. Análisis del afluente y efluente.....	29
1.3.2. Concentración de nutrientes y metales en sedimentos.....	33
1.3.3. Concentración de PT y metales en tejidos vegetales.....	35
1.3.4. Cobertura vegetal.....	40
1.3.5. Biomasa.....	40
1.4. Discusión.....	44
CAPÍTULO 2: Tolerancia de las macrófitas flotantes.....	52
2.1. Introducción.....	53
2.2. Metodología desarrollada.....	53
2.2.1. Diseño de los experimentos.....	55
2.2.1.1. Experimentos de tolerancia a la salinidad y pH.....	55
2.2.1.2. Experimentos de tolerancia al Zn, Ni y Cr.....	55
2.2.1.3. Experimentos de la influencia del enriquecimiento con nutrientes sobre la tolerancia al Zn, Ni y Cr.....	56
2.2.2. Determinaciones analíticas.....	56
2.2.3. Análisis estadístico.....	57
2.3. Resultados.....	57
2.3.1. Experimentos de tolerancia a la salinidad y pH.....	57
2.3.2. Experimentos de tolerancia al Zn, Ni y Cr.....	60

2.3.3. Efecto del enriquecimiento con nutrientes sobre la toxicidad al Zn...	63
2.3.4. Efecto del enriquecimiento con nutrientes sobre la toxicidad al Ni...	70
2.3.5. Efecto del enriquecimiento con nutrientes sobre la toxicidad al Cr...	77
2.3.6. Balance de metales de los experimentos de toxicidad al Cr, Ni y Zn.	84
2.4. Discusión.....	85
2.4.1. Experimentos de pH y conductividad.....	85
2.4.2. Efecto del enriquecimiento con nutrientes sobre la tolerancia a los metales.....	86
2.4.3. Utilidad de los resultados obtenidos en los experimentos de tolerancia.....	89
CAPÍTULO 3: Estudio del humedal definitivo.....	91
3.1. Introducción.....	92
3.2. Metodología.....	92
3.2.1. Diseño del humedal.....	92
3.2.2. Características del afluente.....	95
3.2.3. Macrófitas estudiadas.....	95
3.2.4. Análisis realizados.....	98
3.2.5. Estudio de la vegetación.....	98
3.2.6. Acciones de mantenimiento.....	100
3.2.7. Estudios en humedales naturales.....	105
3.2.8. Determinaciones analíticas.....	105
3.2.9. Análisis estadístico.....	105
3.3. Resultados.....	107
3.3.1. Análisis del afluente y efluente.....	107
3.3.2. Cobertura vegetal.....	113
3.3.3. Comparación de la eficiencia del humedal en función de la vegetación dominante.....	115
3.3.4. Concentraciones de PT, NTK y metales en sedimentos.....	118
3.3.5. Concentraciones de PT, NTK y metales en tejidos vegetales.....	121
3.3.6. Morfología externa.....	131
3.3.7. Biomasa.....	136
3.4. Discusión.....	140
3.4.1. Análisis de la eficiencia de remoción del humedal definitivo.....	140
3.4.2. Cambios fenológicos en la vegetación.....	145
3.4.3. Efectos de las condiciones del humedal definitivo sobre la vegetación.....	148
III. CONCLUSIONES.....	153
IV. RESUMEN.....	158
V. ABSTRACT.....	160
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	162
VII. PUBLICACIONES OBTENIDAS DURANTE LA TESIS.....	174
VII.I. Revistas nacionales.....	174
VII.II. Revistas internacionales.....	174
VII.III. Capítulos de libros.....	175
VIII. PRESENTACIONES A CONGRESOS REALIZADAS DURANTE LA TESIS.....	176
VIII.I. Congresos nacionales.....	176
VIII.II. Congresos internacionales.....	177
IX. PATENTE EN TRÁMITE.....	180
X. AGRADECIMIENTOS.....	181
XI. ANEXO DE FIGURAS.....	182