

# **Índice General**

Agradecimientos .....	v
Artículos publicados en revistas internacionales .....	vii
Publicaciones en congresos .....	viii
Resumen .....	xi
Resum .....	xiii
Abstract .....	xv
Lista de símbolos .....	xvii

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....** 27

1 Situación actual del agua.....	29
2 Contaminantes emergentes.....	33
2.1 Fármacos .....	33
2.2 Productos de cuidado e higiene personal .....	35
2.3 Pesticidas.....	36
2.4 Nanomateriales .....	37
2.5 Hormonas.....	39
2.6 Retardantes de llama bromados .....	39
2.7 Detergentes.....	40
2.8 Drogas ilícitas .....	41
3 Legislación .....	42
3.1 Normativa en la Unión Europea .....	42
3.2 Normativa a nivel estatal .....	43
4 Tratamientos en una estación depuradora de aguas residuales	44
4.1 Pretratamiento .....	44

4.2 Tratamiento primario .....	45
4.3 Tratamiento secundario .....	45
4.4 Tratamiento terciario .....	46
4.4.1 Adsorción.....	46
4.4.2 Tratamientos con membranas .....	46
4.4.3 Oxidación avanzada.....	47
5    Procesos electroquímicos de oxidación avanzada .....	48
5.1 Mecanismos cinéticos en los procesos electroquímicos de oxidación avanzada por vía indirecta .....	51
5.2 Influencia del material anódico.....	57
6    Contaminantes seleccionados para el estudio de la degradación electroquímica.....	61
6.1 Norfloxacino .....	61
6.2 Atenolol .....	63
6.3 Clorfenvinfos .....	64
7    Referencias.....	67
<b><u>CAPÍTULO II.OBJETIVO Y ESTRUCTURA</u></b> .....	<b>83</b>
1    Objetivos .....	85
2    Estructura de la Tesis Doctoral.....	86
<b><u>CAPÍTULO III.MATERIALES Y TÉCNICAS EXPERIMENTALES</u></b> .....	<b>89</b>
1    Introducción .....	91
2    Materiales anódicos .....	91
2.1 Electrodo de Pt.....	92
2.2 Electrodo BDD <sub>2500</sub> /Nb .....	92

2.3	Electrodos cerámicos EC1 .....	93
2.4	Electrodos cerámicos EC2 .....	97
2.5	Electrodos cerámicos de CuO.....	98
2.6	Electrodos cerámicos de CuO con coque .....	100
3	Caracterización electroquímica de los diferentes materiales ..	103
3.1	Voltametría de barrido lineal .....	103
3.1.1	Montaje experimental.....	104
3.2	Voltametría cíclica .....	105
3.3	Estabilidad de los electrodos cerámicos .....	106
4	Ensayos electroquímicos de oxidación avanzada .....	107
4.1	Efecto de las condiciones de sinterización sobre la degradación electroquímica del Norfloxacinó .....	107
4.2	Degradación electroquímica de los diferentes contaminantes emergentes .....	108
4.2.1	Montaje experimental.....	109
4.3	Determinación de la concentración de los contaminantes emergentes: espectrofotometría UV/Vis .....	111
4.3.1	Medida de la concentración del Norfloxacinó .....	112
4.3.2	Medida de la concentración del Atenolol .....	114
4.3.3	Medida de la concentración del Clorfenvinfos .....	115
4.4	Determinación del carbono orgánico total .....	117
4.5	Cromatografía iónica .....	121
4.6	Determinación de persulfatos.....	122
4.6.2	Determinación del peróxido de hidrógeno .....	124
4.7	Medidas de toxicidad .....	126
4.7.1	Bioensayo Microtox® .....	126
4.7.2	Test de germinación .....	128

4.8 Cálculo de los parámetros del proceso de electro-oxidación	130
4.8.1 Densidad de corriente y carga eléctrica por unidad de volumen.....	130
4.8.2 Alcance de mineralización y eficiencia de corriente de mineralización .....	131
5 Referencias.....	134

**CAPÍTULO IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....141**

1 Introducción .....	143
2 Caracterización electroquímica y ensayos de estabilidad.....	144
2.1 Obtención del potencial de descarga del oxígeno mediante voltametría.....	144
2.2 Ensayos de vida útil.....	146
3 Estudio voltamétrico en presencia de los contaminantes emergentes .....	148
3.1 Estudio voltamétrico del Norfloxacino.....	149
3.2 Estudio voltamétrico del Atenolol.....	150
4 Efecto de la temperatura de sinterización de los electrodos sobre los procesos de electro-oxidación.....	152
5 Ensayos de electro-oxidación sobre los diferentes contaminantes emergentes .....	160
5.1 Estudio de la degradación electroquímica del Norfloxacino .	161
5.2 Degradación electroquímica del Atenolol.....	177
5.3 Degradación electroquímica del Clorfenvinfos.....	194
5.4 Comparación de los resultados obtenidos con los tres contaminantes emergentes .....	207
6 Influencia de la concentración del electrolito sobre los procesos de electro-oxidación.....	212

7	Efecto de la adición de CuO en el electrodo cerámico de SnO <sub>2</sub> dopado con antimonio sobre los procesos de electro-oxidación ....	223
8	Determinación de otros agentes oxidantes generados durante la electrolisis .....	228
9	Determinación de iones mediante cromatografía iónica .....	231
10	Análisis de toxicidad.....	234
10.1	Toxicidad de las disoluciones de Norfloxacinó.....	234
10.2	Toxicidad de las disoluciones del Atenolol.....	238
10.3	Toxicidad de las disoluciones del Clorfenvinfos.....	241
11	Referencias.....	245
	<b><u>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....</u></b>	<b>255</b>