

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	15
1.1.	La contaminación del agua.....	17
1.1.1.	Importancia del agua	17
1.1.2.	Recursos hídricos	17
1.1.3.	Contaminación del agua	19
1.2.	Residuos sólidos urbanos	21
1.2.1.	El problema generado por los residuos sólidos urbanos	22
1.2.2.	Fracción orgánica de los residuos urbanos	23
1.2.3.	Planta de tratamiento integral de residuos ACEA Pinerolese	24
1.3.	Contaminantes emergentes	27
1.3.1.	Contaminantes emergentes en aguas naturales	27
1.3.2.	Compuestos industriales.....	29
1.3.3.	Pesticidas	30
1.3.4.	Productos farmacéuticos y de higiene personal	31
1.4.	Procesos de oxidación avanzada.....	34
1.4.1.	Clasificación de los procesos de oxidación avanzada	34
1.4.2.	Fotólisis.....	35
1.4.3.	AOP basados en ozono	36
1.4.4.	AOP térmicos.....	37
1.4.5.	AOP de alta energía	38
1.4.6.	AOP basados en peróxido de hidrógeno	38
1.4.7.	Fotocatálisis.....	43
1.5.	Conceptos fotoquímicos.....	48
2.	ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES	51
3.	OBJETIVOS.....	61
4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	65
4.1.	Reactivos.....	67
4.1.1.	Contaminantes emergentes.....	67
4.1.2.	Fotocatalizadores.....	68
4.1.3.	Sustancias Bio-Orgánicas.....	73
4.1.4.	Otros reactivos.....	75
4.2.	Lámparas y reactores.....	77
4.2.1.	Simulador solar	77
4.2.2.	Fotorreactores solares CPC	78
4.2.3.	Reactor UV	79
4.3.	Condiciones de ensayo	81
4.3.1.	Ensayos realizados en simulador solar.....	81

4.3.2.	Ensayos realizados en planta piloto	81
4.3.3.	Estudios fotofísicos	81
4.4.	Equipos de análisis y técnicas analíticas	84
4.4.1.	Cromatógrafo líquido de ultra alta resolución	84
4.4.2.	Analizador de Carbono Orgánico Disuelto	85
4.4.3.	Fotólisis de destello láser	86
4.4.4.	Fluorímetros	87
4.4.5.	Demanda Química de Oxígeno	88
4.4.6.	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	88
4.4.7.	Espectrofotometría UV-Visible	90
4.4.8.	Luminómetro	90
4.4.9.	Balanza analítica	91
4.4.10.	pH-metro	91
4.4.11.	Conductímetro.....	92
4.5.	Otros métodos analíticos y de tratamiento de datos	93
4.5.1.	Relación DBO ₅ /DQO	93
4.5.2.	EOC y EOM.....	93
4.5.3.	Métodos de análisis de la toxicidad.....	94
4.5.4.	Método para la medición de la radiación solar	95
4.5.5.	Método para la determinación de las constantes cinéticas de reacción del radical hidroxilo usando reactivo Fenton	96
4.5.6.	Metodología de superficie de respuesta.....	96
4.5.7.	Resolución Multivariante de Curvas-Mínimos Cuadrados Alternos.....	99
4.5.8.	Representación de Stern-Volmer	99
4.5.9.	Representación de Job's	101
4.5.10.	Representación de Benesi Hildebrand	102
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	105
5.1.	Estudio de la implicación del radical hidroxilo en la fotodegradación de contaminantes emergentes	107
5.1.1.	Introducción.....	107
5.1.2.	Tratamiento foto-Fenton.....	108
5.1.3.	Espectroscopía de absorción transitoria	109
5.1.4.	Propuesta mecanística.....	115
5.1.5.	Conclusión.....	116
5.2.	Estudio de la implicación del oxígeno singlete en la fotodegradación de contaminantes emergentes	117
5.2.1.	Introducción.....	117
5.2.2.	Empleo del rosa de bengala como fotocatalizador.....	117
5.2.3.	Espectroscopía de absorción transitoria	119
5.2.4.	Propuesta mecanística.....	124

5.2.5.	Conclusión	125
5.3.	Fotodegradación utilizando TPP ⁺ como fotocatalizador de transferencia electrónica	126
5.3.1.	Introducción	126
5.3.2.	Irradiación en presencia de TPP ⁺	126
5.3.3.	Participación del estado excitado singlete del TPP ⁺ en el mecanismo de transferencia electrónica	127
5.3.4.	Posible formación de complejos entre TPP ⁺ y CE	134
5.3.5.	Participación del estado excitado triplete del TPP ⁺ en el mecanismo de transferencia electrónica	136
5.3.6.	Cálculo de las contribuciones de cada uno de los caminos de desactivación	143
5.3.7.	Conclusión	146
5.4.	Fotodegradación utilizando TPTP ⁺ como catalizador de transferencia electrónica	148
5.4.1.	Introducción	148
5.4.2.	Irradiación en presencia de TPTP ⁺	148
5.4.3.	Participación del estado excitado singlete del TPTP ⁺ en el mecanismo de transferencia electrónica	149
5.4.4.	Posible formación de complejos TPTP ⁺ y CE	156
5.4.5.	Participación del estado excitado triplete del TPTP ⁺ en el mecanismo de transferencia electrónica	159
5.4.6.	Cálculo de las contribuciones de cada uno de los caminos de desactivación	165
5.4.7.	Conclusión	168
5.5.	Estudios de estabilidad de sustancias bio-orgánicas	170
5.5.1.	Introducción	170
5.5.2.	Caracterización química y física de los SBO	171
5.5.3.	Biocompatibilidad de los SBO	174
5.5.4.	Empleo de los SBO como auxiliares en los métodos fotoquímicos para tratamiento de aguas residuales	176
5.5.5.	Fotoestabilidad de los SBO	179
5.5.6.	Conclusiones	183
5.6.	Empleo de los SBO para la fotodegradación de CE	184
5.6.1.	Introducción	184
5.6.2.	Fotólisis directa de la mezcla de CE en presencia de CVT230	184
5.6.3.	Efecto de la adición de peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)	189
5.6.4.	Proceso foto-Fenton a escala laboratorio	191
5.6.5.	Proceso foto-Fenton en planta piloto	195
5.6.6.	Conclusión	199
5.7.	Sustancias bio-orgánicas en proceso foto-Fenton bajo condiciones suaves de pH: optimización de variables operacionales	201
5.7.1.	Introducción	201

5.7.2.	Diseño de experimento	201
5.7.3.	Análisis de las superficies de respuesta.....	202
5.7.4.	Conclusión.....	223
5.8.	Aproximación al estudio mecanístico en la fotodegradación del violeta cristal en presencia de CVT230	224
5.8.1.	Introducción.....	224
5.8.2.	Fotólisis del violeta cristal (CV) en presencia de CVT230	224
5.8.3.	Estudios mecanísticos.....	226
5.8.4.	Foto-Fenton neutro en presencia de SBO.....	229
5.8.5.	Conclusión.....	231
6.	CONCLUSIONES / CONCLUSIONS.....	233
7.	BIBLIOGRAFÍA	239
8.	PUBLICACIONES	271