

Índice

	Pág.
Símbolos y abreviaturas.....	I
Summary.....	V
1. Introducción	1
1.1. El agua: perspectiva actual del estrés hídrico.....	3
1.1.1. Contaminantes de preocupación emergente.....	4
1.1.2. Sistemas de tratamiento de aguas residuales tradicionales.....	5
1.2. Procesos de oxidación avanzada.....	7
1.2.1. La fotoquímica.....	9
1.2.2. La fotocatalisis como proceso de oxidación avanzada.....	11
1.2.2.1. Fotocatalizadores orgánicos.....	12
1.2.2.2. Fotocatalizadores inorgánicos.....	19
1.2.2.3. Fotocatalisis heterogénea.....	21
2. Objectives	29
<i>Parte I: Fotocatalisis Orgánica Heterogénea</i>	33
Preámbulo	35
3. Nuevo fotocatalizador heterogéneo basado en riboflavina para la oxidación de contaminantes mediante procesos de transferencia electrónica	37
3.1. Introducción.....	39
3.2. Resultados y discusión.....	41
3.2.1. Síntesis y caracterización del nuevo fotocatalizador SiO ₂ -RF.....	41

3.2.2. Propiedades fotofísicas del fotocatalizador SiO ₂ -RF.....	46
3.2.2.1. Estudio del estado excitado singlete.....	46
3.2.2.2. Estudio del estado excitado triplete.....	47
3.2.2.3. Estudio de generación de ¹ O ₂ por el fotocatalizador SiO ₂ -RF.....	49
3.2.3. Adsorción de contaminantes en la superficie del fotocatalizador SiO ₂ -RF.....	50
3.2.4. Degradación fotocatalítica de contaminantes fenólicos.....	51
3.2.5. Participación de los estados excitados de SiO ₂ -RF / RFTA y participación del oxígeno singlete.....	56
3.2.6. Mecanismo fotocatalítico de degradación de contaminantes.....	64
3.3. Conclusiones.....	67
3.4. Experimental.....	68
3.4.1. Síntesis del fotocatalizador SiO ₂ -RF.....	68
3.4.2. Cuantificación de la RF en la superficie del catalizador.....	69
3.4.2.1. Cuantificación de la RF mediante absorbancia de UV-Vis.....	69
3.4.2.2. Cuantificación de la RF mediante análisis termogravimétrico (TGA).....	71
3.4.3. Determinación del área ocupada por la RF en las partículas del fotocatalizador SiO ₂ -RF.....	72
3.4.4. Ensayos fotofísicos.....	74
3.4.4.1. Medidas de fluorescencia.....	74
3.4.4.2. Estudios de fotólisis de destello laser (LFP)	75
3.4.4.3. Medidas de oxígeno singlete.....	76
3.4.5. Degradación fotocatalítica de contaminantes fenólicos.....	76

Parte II: Fotocatálisis Heterogénea Basada en Semiconductores.....	79
Preámbulo.....	81
4. Optimización del uso de la luz en fotocatalizadores basados en TiO₂ soportado: La relevancia del espesor de corteza.....	85
4.1. Introducción.....	87
4.2. Resultados y discusión.....	89
4.2.1. Estudio de la morfología y composición de los fotocatalizadores sintetizados.....	89
4.2.2. Propiedades de la superficie de los composites SiO ₂ @TiO ₂	100
4.2.3. Cálculo del band gap para los fotocatalizadores SiO ₂ @TiO ₂	103
4.2.4. Actividad fotocatalítica de los composites SiO ₂ @TiO ₂	104
4.2.5. Estudios de fotoluminiscencia y corriente fotoinducida.....	108
4.3. Conclusiones.....	112
4.4. Experimental.....	113
4.4.1. Síntesis de los fotocatalizadores SiO ₂ @TiO ₂ (composites ST).....	113
4.4.2. Cálculo del tamaño de cristal mediante la ecuación de Scherrer.....	114
4.4.3. Experimentos de adsorción.....	115
4.4.4. Reacciones de degradación fotocatalítica....	116
4.4.5. Medidas de emisión de fotoluminiscencia...	116
4.4.6. Medidas de corriente fotoinducida.....	117
5. Evaluación de fotocatalizadores basados en TiO₂ inmovilizado para la descontaminación de aguas residuales.....	119
5.1. Introducción.....	121

5.2.	Resultados y discusión.....	124
5.2.1.	Síntesis y caracterización de los fotocatalizadores $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2$ y $\text{GW}@\text{TiO}_2$	124
5.2.2.	Eliminación fotocatalítica del sulfametoxazol (SMX).....	131
5.3.	Conclusiones.....	134
5.4.	Experimental.....	135
5.4.1.	Síntesis del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2$	135
5.4.2.	Síntesis del fotocatalizador $\text{GW}@\text{TiO}_2$	135
5.4.3.	Cálculos teóricos.....	136
5.4.3.1.	Estimación teórica para la síntesis de la corteza de TiO_2 en el fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2$	136
5.4.3.2.	Estimación teórica para la síntesis de la corteza de TiO_2 en el fotocatalizador $\text{GW}@\text{TiO}_2$	138
5.4.3.3.	Estimación teórica del área del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2$ y las esferas de SiO_2	140
6	Diseño, síntesis y estudio de un nuevo fotocatalizador magnético $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$ para procesos fotooxidativos a pH 7.....	143
6.1.	Introducción.....	145
6.2.	Resultados y discusión.....	149
6.2.1.	Síntesis y caracterización del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	149
6.2.2.	Estudios de adsorción de OPP en el fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	160
6.2.3.	Estudio de la actividad fotocatalítica del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	160
6.2.4.	Estudio de la reusabilidad del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	164
6.2.5.	Estudio de resonancia paramagnética electrónica.....	166

6.2.6.	Discusión del mecanismo fotocatalítico de eliminación del OPP.....	171
6.3.	Conclusiones.....	176
6.4.	Experimental.....	177
6.4.1.	Síntesis del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	177
6.4.2.	Estudios de adsorción del OPP sobre la superficie del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	178
6.4.3.	Estudios de la actividad fotocatalítica del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	179
6.4.4.	Estudio de reciclabilidad del fotocatalizador $\text{SiO}_2@\text{TiO}_2@\text{Fe}_3\text{O}_4$	180
6.4.5.	Estudios de resonancia paramagnética electrónica.....	180
7.	Nuevo fotocatalizador basado en TiO_2 soportado para el tratamiento de aguas residuales en flujo continuo	183
7.1.	Introducción.....	185
7.2.	Resultados y discusión.....	189
7.2.1.	Síntesis y caracterización del composite de $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$	189
7.2.2.	Estudio de la capacidad de adsorción del composite $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$	200
7.2.3.	Evaluación de la capacidad fotocatalítica del composite de $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$	202
7.2.4.	Mineralización de fenol mediante el composite $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ en un fotorreactor de flujo continuo.....	204
7.3.	Conclusiones.....	209
7.4.	Experimental.....	210
7.4.1.	Síntesis del composite $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$	210
7.4.2.	Cálculos teóricos.....	211

7.4.2.1. Estimación teórica para la síntesis de la capa de TiO ₂ sobre la GW.....	211
7.4.2.2. Estimaciones teóricas para la decoración de la GW con las esferas de SiO ₂ @TiO ₂	212
7.4.3. Análisis de la capacidad de adsorción-desorción del composite SiO ₂ -TiO ₂	214
7.4.4. Evaluación de la Actividad Fotocatalítica del Compuesto SiO ₂ -TiO ₂	215
7.4.5. Medidas de corriente fotogenerada.....	216
7.4.6. Mineralización de fenol por el composite SiO ₂ -TiO ₂ en un fotorreactor SPS de flujo continuo..	216
8. Instrumentación.....	219
8.1. Técnicas e instrumentos de caracterización.....	221
8.2. Técnicas e instrumentación de análisis.....	229
8.3. Fotorreactores.....	231
9. Conclusions.....	235
10. Bibliografía.....	239
Annex I. Dissemination of results.....	299