

## Índice general

---

Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	iv
Organización de la Tesis.....	vi
Índice general.....	viii
Índice de Figuras.....	xiv
Índice de Tablas.....	xix
<b>Capítulo 1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 La problemática del agua.....	2
1.2 Procesos Avanzados de Oxidación.....	3
1.3 Proceso Fenton.....	6
1.4 Proceso foto-Fenton.....	7
1.5 Proceso foto-Fenton Heterogéneo.....	8
1.6 Catalizadores en procesos foto-Fenton heterogéneos.....	9
1.6.1 Catalizadores a partir de arcillas.....	10
1.7 Objetivos de la Tesis.....	13
1.7.1 Objetivo general.....	13
1.7.2 Objetivos específicos.....	13
1.8 Metodología.....	14
<b>Capítulo 2 PREPARACIÓN DE CATALIZADORES.....</b>	<b>16</b>
2.1 Introducción.....	17
2.1.1 Arcillas.....	17
2.1.2 Montmorillonitas.....	21
2.1.3 Propiedades fisicoquímicas de las montmorillonitas.....	22
2.1.4 La montmorillonita de Bañado de Medina.....	24

2.1.5 Arcillas pilareadas.....	26
2.1.6 Arcillas pilareadas con hierro.....	27
2.2 Experimental.....	29
2.2.1 Pretratamiento de la arcilla.....	30
2.2.2 Síntesis del policatión de hierro.....	31
2.2.3 Pilareado.....	32
2.2.3.1 Catalizadores C <sub>R-te-Tc</sub> .....	32
2.2.3.2 Catalizadores C-R.....	34
<b>Capítulo 3 CARACTERIZACIÓN DE SÓLIDOS.....</b>	<b>36</b>
3.1 Técnicas de caracterización.....	37
3.1.1 Determinación de la capacidad de intercambio catiónico.....	37
3.1.2 Análisis termogravimétrico.....	37
3.1.3 Isotermas de adsorción de nitrógeno.....	39
3.1.3.1 Determinación del área específica.....	42
3.1.3.2 Determinación del volumen específico de microporos.....	43
3.1.4 Fluorescencia de rayos X.....	45
3.1.5 Difracción de rayos X.....	47
3.1.6 Microscopía electrónica de barrido.....	49
3.1.7 Espectroscopia Mössbauer.....	51
3.1.8 Espectroscopia de absorción atómica.....	54
3.2 Resultados.....	56
3.2.1 Caracterización de la arcilla.....	56
3.2.2 Caracterización de los catalizadores C <sub>R-te-Tc</sub> .....	61
3.2.2.1 Influencia de la temperatura de calcinación.....	61
3.2.2.2 Influencia del tiempo de envejecimiento.....	65
3.2.2.3 Influencia de la relación complejo/arcilla.....	67

3.2.2.4 Conclusiones.....	71
3.2.3 Caracterización de los catalizadores C-R.....	72
3.2.3.1 Conclusiones.....	88
<b>Capítulo 4 EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CATALÍTICA.....</b>	<b>90</b>
4.1 Introducción.....	91
4.1.1 Influencia de los parámetros de preparación, la adsorción y el pH en el proceso catalítico.....	91
4.1.1.1 Características de los compuestos modelo.....	92
4.1.2 Aplicación de Fe-PILC a la degradación de un agroquímico: atrazina.....	98
4.2 Experimental.....	100
4.2.1 Reactor catalítico.....	100
4.2.2 Ensayos catalíticos.....	102
4.2.2.1 Estudio de la influencia de parámetros de preparación.....	103
4.2.2.2 Estudio de la influencia de la adsorción y el pH.....	104
4.2.2.3 Estudio de degradación de atrazina.....	105
4.2.3 Técnicas analíticas.....	105
4.3 Resultados.....	106
4.3.1 Influencia de parámetros de preparación .....	106
4.3.1.1 Temperatura de calcinación.....	106
4.3.1.2 Tiempo de envejecimiento.....	108
4.3.1.3 Relación complejo/arcilla.....	110
4.3.1.4 Mineralización.....	114
4.3.1.5 Lixiviación de hierro.....	115
4.3.2 Influencia de la adsorción y el pH usando diferentes compuestos modelo.....	117

4.3.2.1	Azul de metileno.....	117
4.3.2.2	Naranja de metilo.....	121
4.3.2.3	Fenol.....	123
4.3.2.4	Mineralización.....	125
4.3.2.5	Lixiviación de hierro.....	126
4.3.2.6	Discusión.....	127
4.3.3	Degradación de atrazina.....	129
<b>Capítulo 5</b>	<b>PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS CATALIZADORES.....</b>	<b>133</b>
5.1	Introducción.....	134
5.2	El modelo del campo radiante y las propiedades ópticas.....	135
5.3	Metodología para determinar las propiedades ópticas .....	136
5.3.1	El campo radiante en la celda de flujo.....	137
5.3.2	Coeficiente de extinción.....	139
5.3.3	Transmitancia y reflectancia difusa.....	139
5.3.4	Resolución de la RTE en la celda.....	139
5.3.5	Optimización de la estimación de parámetros.....	140
5.4	Experimental.....	144
5.4.1	Descripción del equipo fotométrico.....	144
5.4.2	Selección del rango de tamaño de partícula.....	145
5.4.3	Medidas para la determinación de propiedades ópticas.....	146
5.4.4	Distribución de tamaño de partícula.....	146
5.5	Resultados.....	146
5.5.1	Distribución de tamaño de partícula.....	146
5.5.2	Transmitancia colimada y coeficiente de extinción.....	147
5.5.3	Coeficiente de absorción.....	152
5.5.4	Coeficiente de dispersión.....	155

5.5.5	Factor de asimetría de la Función de Fase.....	156
5.5.6	Validación de la metodología empleada.....	157
5.6	Conclusiones.....	158
<b>Capítulo 6</b>	<b>EFICIENCIA CUÁNTICA Y EFICIENCIA APARENTE.....</b>	<b>159</b>
6.1	Introducción.....	160
6.1.1	Eficiencia cuántica o absoluta.....	161
6.1.2	Eficiencia fotónica o aparente.....	162
6.1.3	Estudio de la eficiencia del proceso foto-Fenton con arcillas pilareadas con hierro.....	163
6.1.4	Contaminante modelo: 2-clorofenol.....	163
6.2	Experimental.....	166
6.2.1	Descripción del reactor.....	166
6.2.2	Determinación del flujo de radiación que ingresa al reactor.....	169
6.2.3	Ensayos catalíticos.....	171
6.2.4	Técnicas analíticas.....	172
6.3	Resultados.....	172
6.3.1	Flujo de radiación que ingresa al reactor.....	172
6.3.2	Actividad catalítica.....	173
6.4	Determinación de eficiencias.....	183
6.4.1	Determinación de la eficiencia fotónica o aparente.....	183
6.4.2	Determinación de la LVRPA en el reactor.....	186
6.4.3	Determinación de la eficiencia cuántica o absoluta.....	188
6.5	Conclusiones.....	190
<b>Capítulo 7</b>	<b>CONCLUSIONES y PERSPECTIVAS.....</b>	<b>192</b>
7.1	Conclusiones generales.....	193
7.2	Perspectiva.....	195

<b>APÉNDICE A:</b> Técnicas analíticas.....	197
<b>APÉNDICE B:</b> Patrones de DRX (JCPDS).....	203
<b>APÉNDICE C:</b> Publicaciones y presentaciones.....	209
<b>NOMENCLATURA</b> .....	212
<b>REFERENCIAS</b> .....	216