

# Índice

<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1. Procesos de oxidación avanzada (POA).....	4
1.2. Reacción de Fenton .....	9
1.3. Catalizadores heterogéneos de la reacción de Fenton .....	12
1.4. Nanopartículas de diamante .....	16
1.5. Sostenibilidad en catálisis heterogénea .....	18
1.6. Grafeno.....	19
1.7. Preparación de grafenos .....	26
1.8. Pirólisis de polisacáridos filmogénicos naturales.....	35
1.9. Técnicas de caracterización de grafeno.....	44
1.10. Carbocatálisis por grafenos defectuosos .....	51
1.11. Referencias.....	54
<b>Capítulo 2. Objetivos .....</b>	<b>63</b>
<b>Capítulo 3. Nanopartículas de plata soportadas sobre nanopartículas de diamante como catalizadores eficientes de la reacción de Fenton por irradiación con luz solar natural.....</b>	<b>67</b>
3.1. Introducción .....	69
3.2. Resultados y discusión .....	71
3.2.1. Preparación de muestras y caracterización.....	71
3.2.2. Experimentos fotocatalíticos .....	81
3.2.3. Estabilidad y reusabilidad del catalizador .....	90
3.2.4. Mecanismo de reacción .....	93
3.3. Conclusiones .....	95

3.4. Referencias.....	96
-----------------------	----

**Capítulo 4. Nanopartículas de cobre soportadas sobre nanopartículas de diamante como catalizador eficiente y de buena relación de coste-actividad para la reacción de Fenton asistida por luz solar natural .....99**

4.1. Introducción .....	101
4.2. Resultados y discusión .....	102
4.2.1. Síntesis de Cu/D .....	102
4.2.2. Estudio fotocatalítico.....	113
4.3. Conclusiones .....	133
4.4. Referencias.....	134

**Capítulo 5. Nanopartículas de óxido de hierro soportadas sobre nanopartículas de diamante como catalizador en la reacción de Fenton foto-asistida por luz visible.....137**

5.1. Introducción .....	139
5.2. Resultados y discusión .....	141
5.2.1. Preparación y caracterización de catalizadores .....	141
5.2.2. Actividad fotocatalítica .....	155
5.2.3. Mecanismo de reacción .....	172
5.3. Conclusiones .....	177
5.4. Referencias.....	178

**Capítulo 6. Grafenos como carbocatalizadores de la reacción de Fenton .....181**

6.1. Introducción .....	183
6.2. Resultados y discusión .....	185
6.2.1. Preparación y caracterización de catalizadores .....	185
6.2.2. Actividad catalítica.....	192
6.3. Conclusiones .....	219
6.4. Referencias.....	219

**Capítulo 7. Óxido de grafeno reducido como catalizador libre de metales en la reacción tipo Fenton asistida por luz.....223**

7.1. Introducción .....	225
7.2. Resultados y discusión .....	226

7.3. Conclusiones .....	246
7.4. Referencias.....	247

## **Capítulo 8. Sección experimental .....251**

8.1. Síntesis de materiales .....	253
8.1.1. Funcionalización de materiales carbonosos empleados como soporte .....	253
8.1.2. Deposición de nanopartículas metálicas.....	253
8.1.3. Síntesis de nanopartículas metálicas sin soporte .....	254
8.1.4. Síntesis de grafeno de alginato (G).....	254
8.1.5. Síntesis de grafeno dopado con nitrógeno ((N)G).....	254
8.1.6. Síntesis de grafeno dopado con boro ((B)G).....	254
8.1.7. Síntesis de grafeno dopado con nitrógeno y boro ((N,B)G).....	255
8.1.8. Síntesis de óxido de grafeno (GO) .....	255
8.1.9. Síntesis de óxido de grafeno reducido (GO) .....	255
8.1.10. Síntesis de MWCNT purificados.....	256
8.1.11. Síntesis de MWCNT purificados-acortados .....	256
8.2. Técnicas de caracterización.....	256
8.2.1. Microscopía electrónica de transmisión (TEM) .....	256
8.2.2. Microscopía electrónica de barrido (SEM) .....	257
8.2.3. Microscopía de fuerza atómica (AFM) y perfilometría óptica .....	257
8.2.4. Espectroscopía raman.....	257
8.2.5. Difracción de rayos X (XRD).....	258
8.2.6. Espectrofotometría fotoelectrónica de rayos X (XPS).258	
8.2.7. Espectroscopía de infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR).....	258
8.2.8. Análisis elemental por combustión (AE).....	258
8.2.9. Espectroscopía de plasma ICP-OES.....	259
8.2.10. Análisis de termogravimetría (TGA).....	259
8.3. Procedimientos de reacción.....	260
8.3.1. Procedimiento general para la reacción de Fenton .....	260
8.3.2. Procedimiento general para la reacción de foto-Fenton ....	260
8.3.3. Procedimiento general para la determinación del mecanismo de reacción por inhibición .....	260

8.3.4. Procedimiento general para la determinación del mecanismo de reacción por atrapamiento de radicales.....	261
8.4. Procedimientos de análisis de las muestras de reacción.....	261
8.4.1. Análisis de las muestras de reacción por HPLC.....	261
8.4.2. Análisis de las muestras de reacción por espectrofotometría de UV-Vis.....	261
8.4.3. Procedimiento para la determinación de la demanda biológica de oxígeno (BOD <sub>5</sub> ).....	262
8.4.4. Procedimiento para la determinación de la demanda química de oxígeno (COD).....	262
8.4.5. Análisis del atrapamiento de radicales por resonancia paramagnética electrónica (EPR).....	263
8.4.6. Análisis de carbón orgánico total (COT).....	263
<b>Capítulo 9. Conclusiones.....</b>	<b>265</b>
<b>Resúmenes de la tesis.....</b>	<b>269</b>
<b>Lista de publicaciones.....</b>	<b>275</b>