

ÍNDICE

Resumen.....	VII
Abstract.....	IX
Resum.....	XI
Lista de publicaciones derivadas de la Tesis Doctoral.....	XIII
Prólogo.....	XV
Índice de figuras.....	XXI
Índice de tablas.....	XXXIII

Capítulo 1. Introducción.....1

1. Pesticidas. Clasificación, propiedades y usos.....	3
1.1. Visión general de los pesticidas y clasificación.....	3
1.2. Problemática y usos de los pesticidas.....	11
2. Pesticidas organofosforados. Clasificación, propiedades y legislación.....	14
2.1. Clasificación de los pesticidas organofosforados.....	15
2.2. Propiedades de los pesticidas organofosforados.....	16
2.3. Legislación de pesticidas organofosforados.....	21
3. Pesticidas organofosforados elegidos a degradar.....	24
3.1. Presentación del primer pesticida, fenamifos.....	24
3.2. Presentación del segundo pesticida, fosmet.....	29
3.3. Presentación del tercer pesticida, diazinón.....	33
3.4. Presentación del cuarto pesticida, clorfenvinfos.....	38
4. Procesos de degradación de pesticidas.....	41
4.1. Fenton y electro-Fenton.....	43
4.2. Ozonización.....	44
4.3. Electrooxidación.....	44
4.4. Fotocatálisis.....	46

4.5. Fotoelectrocatalisis.....	48
5. Celda fotoelectroquímica.....	56
5.1. Cátodo o contraelectrodo.....	57
5.2. El electrodo de referencia.....	57
5.3. El electrolito.....	58
5.4. El fotoánodo.....	58
6. Materiales para FEC. Ventajas de WO ₃	60
6.1. TiO ₂	60
6.2. α-Fe ₂ O ₃	61
6.3. BiVO ₄	62
6.4. CdS.....	62
6.5. ZnO.....	63
6.6. SnO ₂	63
6.7. WO ₃	64
7. Interés en la investigación del WO ₃ como fotoelectrodo.....	67
8. Referencias.....	70

Capítulo 2. Objetivos y plan de trabajo.....81

1. Objetivos y alcance.....	83
2. Plan de trabajo.....	85

Capítulo 3. Metodología experimental.....87

1. Diseño de experimentos.....	90
2. Síntesis de las nanoestructuras de WO ₃ mediante anodizado electroquímico.....	93
2.1. Preparación de los electrodos.....	94
2.2. Proceso de anodizado electroquímico.....	95
2.3. Post-anodizado.....	100
3. Proceso de caracterización de la muestra anodizada.....	101
3.1. Técnica de Microscopía Laser Confocal Raman.....	101

3.2. Microscopia Electrónica de Barrido de Emisión de Campo (FE-SEM).....	104
3.3. Caracterización superficial de las nanoestructuras mediante Espectroscopía Fotoelectrónica de rayos X (XPS).....	106
3.4. Caracterización electroquímica mediante espectroscopia de impedancias fotoelectroquímica (PEIS).....	110
3.5. Análisis de Mott-Schottky.....	120
3.6. Microscopía de Fuerza Atómica (AFM).....	121
4. Procedimiento de degradación de los pesticidas.....	126
4.1. Técnicas de seguimiento de la degradación.....	126
5. Referencias.....	132

Capítulo 4. Análisis y discusión de resultados.....139

1. Caracterización de las nanoestructuras de WO₃.....	143
1.1. Transitorio de densidad de corriente.....	146
1.2. Caracterización morfológica de la superficie mediante microscopia FE-SEM.....	151
1.3. Caracterización de la estructura cristalina de las nanoestructuras mediante Microscopía Laser Confocal Raman.....	164
1.4. Caracterización topográfica mediante Microscopía de fuerza atómica (AFM).....	173
1.5. Caracterización superficial de las nanoestructuras mediante Espectroscopía Fotoelectrónica de Rayos X (XPS).....	177
1.6. Caracterización fotoelectroquímica de las nanoestructuras mediante espectroscopia de impedancia electroquímica (PEIS).....	188
1.7. Análisis de Mott-Schottky.....	211
2. Diseño de experimentos (DDE).....	221
2.1. Diseño factorial 3 ³	221
2.2. Estudio de superficie de respuesta (RSM) mediante Box-Behnken (BBD).....	225
3. Degradación fotoelectrocatalítica de pesticidas organofosforados.....	235
3.1. Diazinon.....	237

3.1.1. Espectroscopía UV-Vis.....	237
3.1.2. UHPLC-MS/Q-TOF.....	239
3.2. Clorfenvinfos.....	254
3.2.1. Espectroscopía UV-Vis.....	254
3.2.2. UHPLC-MS/Q-TOF.....	256
3.3. Fosmet.....	273
3.3.1. Espectroscopía UV-Vis.....	274
3.3.2. UHPLC-MS/Q-TOF.....	275
3.4. Fenamifos.....	288
3.4.1. Espectroscopía UV-Vis.....	288
3.4.2. UHPLC-MS/Q-TOF.....	290
4. Referencias.....	304

Capítulo 5. Conclusiones finales/Final conclusions.....319

1. Conclusiones finales de la caracterización de las nanoestructuras de WO ₃	321
2. Conclusiones finales de la degradación fotoelectrocatalítica.....	325
3. Final conclusions of WO ₃ nanostructures characterization.....	327
4. Final conclusions of the photoelectrocatalytic degradation.....	331