

Este libro de consulta inmediata para depuración fisicoquímica de aguas residuales, incluye dos capítulos sobre *procesos químicos y físicos de depuración de aguas* clásicos y otros más innovadores. Sigue con el capítulo 3 introductorio a la *Hidráulica*, que aborda los sistemas mecánicos de apoyo usados en depuradoras. El capítulo 4 está dedicado a la *depuración de aguas urbanas*, integrando la depuración biológica y la fisicoquímica; mientras el capítulo 5 presenta varios ejemplos prácticos de depuración de aguas industriales. Después, el capítulo 6 se fija en la corrosión y agresividad a materiales de los saneamientos, fundamento, ejemplos y su prevención. Los capítulos 7 y 8 desarrollan *ensayos de tratamiento en laboratorio*, así como problemas resueltos de dosificación de reactivos y de *hidráulica básica*. El capítulo 9 aborda una aproximación, desde 2022, a las normativas recientes sobre aguas residuales y reutilización de aguas depuradas regeneradas. Como final, se incluye un capítulo de Bibliografía, y dos Anexos: uno de Glosario del sector del agua residual y otro informativo de los plásticos más usados actualmente.



RAFAEL MARÍN GALVÍN (Córdoba, 1958) ha sido hasta 2025 Jefe de Control de Calidad de EMACSA, Coordinador de los grupos de trabajo Vertidos y de Microplásticos, en la Asociación Española del Agua Urbana (DAQUAS), y del de Calidad y Tratamiento del Agua en la Asociación de Aguas y Saneamientos de Andalucía (ASA). Ha ejercido la docencia en la Universidad de Córdoba, y actualmente en el CEDEX y en la Universidad de Oviedo, siendo Director de la Cátedra EMACSA desde 2024. Su actividad profesional desde 1982 se centra en el control de calidad y tratamiento y depuración de aguas, así como en los contaminantes de preocupación emergente.

ISBN: 978-84-9052-XXX-X

ediciones@editdiazdesantos.com
www.editdiazdesantos.com

PROCESOS FISCOQUÍMICOS EN
DEPURACIÓN DE AGUAS

TEORÍA, PRÁCTICA Y PROBLEMAS RESUELTOS



RAFAEL MARÍN GALVÍN

PROCESOS FISCOQUÍMICOS EN DEPURACIÓN DE AGUAS

TEORÍA, PRÁCTICA Y PROBLEMAS RESUELTOS

SEGUNDA EDICIÓN




DIAZ DE SANTOS

ÍNDICE

Reseña del autor.....	IX
Presentación.....	XVII
Agradecimientos.....	XXIII
1. Procesos químicos empleados en depuración de aguas: teoría y práctica.....	1
Generalidades.....	1
Coagulación química.....	2
Definiciones básicas.....	2
Naturaleza de las partículas presentes en las aguas residuales.....	3
Carga superficial en partículas coloidales: doble capa eléctrica.....	3
Interacciones partícula-partícula.....	5
Coagulación por sales metálicas hidrolizables: efecto y acción.....	10
Aproximación a la coagulación-floculación a escala práctica: decantación.....	18
Precipitación química.....	28
Eliminación de fósforo mediante precipitación química.....	30
Eliminación de metales pesados mediante precipitación química.....	34
Coprecipitación de metales pesados y fósforo.....	38
Neutralización, control de incrustaciones y estabilización de efluentes.....	38
Neutralización: ajuste de pH.....	38
Control de incrustaciones: equilibrio carbónico de un agua.....	40
Estabilización de efluentes.....	42
Oxidación-Reducción.....	42
Reacciones químicas de oxidación-reducción.....	42
Potenciales de semirreacción.....	43
Potenciales de reacciones redox completas.....	44
Aplicaciones prácticas de la oxidación-reducción.....	45
Procesos de reducción.....	48
Práctica de la oxidación.....	49
Oxidación mediante empleo de aire.....	56
Procesos de Oxidación Avanzada (AOP).....	58
Ozono y Uv	59
Ozono y peróxido de hidrógeno.....	60
UV y peróxido de hidrógeno.....	60
Proceso Fenton y Foto-Fenton.....	60
Desinfección.....	61
Mecanismo de la desinfección.....	63
Factores que influyen en la actividad de los desinfectantes.....	64
Aspectos prácticos de la desinfección.....	66
Control químico de olores en las EDAR.....	74
Tipos y fuentes de olores en aguas residuales.....	75
Comportamiento de los olores.....	76

<i>Estrategias para control de olores</i>	77
<i>Adición de reactivos químicos al agua residual</i>	79
<i>Empleo de reactivos enmascarantes y neutralizantes</i>	79
<i>Tratamiento químico de olores en fase gaseosa</i>	79
<i>Adsorción de olores en fase gaseosa</i>	81
<i>Tratamiento térmico</i>	81
2. Procesos físicos y otros procesos químicos empleados en depuración de aguas: teoría y práctica	83
Introducción.....	83
Eliminación de sustancias groseras: desbaste y dilaceración.....	83
<i>Desbaste o tamizado</i>	83
<i>Dilaceración</i>	85
Desarenado-desengrasado.....	86
Flotación. Flotadores.....	89
Filtración-adsorción.....	92
<i>Filtración sobre lecho filtrante</i>	94
<i>Práctica de la filtración sobre lecho filtrante</i>	98
<i>Adsorción</i>	104
Empleo de membranas filtrantes.....	110
Intercambio iónico.....	116
Destilación-evaporación.....	122
<i>Evaporación de efeto múltiple</i>	124
<i>Evaporación flash multietapa</i>	124
<i>Destilación mediante compresión de vapor</i>	125
Corrección y afino.....	125
<i>Ajuste de pH</i>	125
<i>Remineralización</i>	126
<i>Inhibición a la corrosión</i>	126
<i>Otros fines</i>	126
3. Sistemas de apoyo en depuración de aguas: introducción a la hidráulica	127
Conceptos básicos de hidráulica.....	127
<i>Densidad absoluta</i>	127
<i>Densidad relativa</i>	128
<i>Presión</i>	128
<i>Altura de elevación</i>	128
Clasificación de las bombas: introducción al tema.....	133
<i>Bombas centrífugas</i>	134
<i>Bombas rotativas</i>	150
<i>Bombas alternativas</i>	157
<i>Bombas especiales: eyectores y bombas mammut</i>	158
<i>Protecciones de una bomba</i>	161
<i>Instalación de bombas en serie y en paralelo</i>	161
Tornillos de Arquímedes.....	163

4. Tratamiento fisicoquímico en depuración de aguas residuales domésticas.....	167
Generalidades	167
Esquemas de tratamiento en depuración de aguas residuales urbanas.....	169
<i>Depuración fisicoquímica integral</i>	169
<i>Tratamiento fisicoquímico previo al biológico</i>	170
<i>Tratamiento fisicoquímico paralelo al biológico</i>	171
<i>Tratamiento fisicoquímico posterior al biológico</i>	172
Algunas consideraciones sobre la depuración de las aguas residuales urbanas en un próximo futuro	174
<i>Introducción a las características de las aguas residuales</i>	175
<i>Actualización sobre las características de las aguas residuales en España</i>	180
<i>Normas de calidad ambiental en materia de aguas</i>	194
<i>Depuración de compuestos y sustancias de preocupación emergente (prioritarias, prioritarias peligrosas y preferentes) en las EDAR biológicas</i>	207
<i>A modo de conclusiones</i>	213
Aproximación al tratamiento cuaternario de aguas residuales urbanas derivado de la Directiva 2024/3019.....	214
5. Depuración fisicoquímica de aguas residuales y efluentes industriales	221
Introducción y generalidades.....	221
<i>Precipitación química</i>	221
<i>Coagulación-floculación</i>	221
<i>Flotación</i>	222
<i>Cementación</i>	222
<i>Complejación</i>	222
<i>Adsorción</i>	222
<i>Extracción con disolventes</i>	223
<i>Evaporación-destilación</i>	223
<i>Intercambio iónico</i>	223
<i>Tratamientos electrolíticos</i>	224
<i>Procesos de membrana</i>	224
Ejemplos prácticos de depuración de diversos vertidos industriales	225
<i>Aguas residuales de preparación de salsas y mayonesas</i>	225
<i>Aguas residuales de productos precocinados</i>	226
<i>Efluentes procedentes del aderezado y envasado de aceitunas</i>	227
<i>Efluentes de producción de conservas de pescado</i>	228
<i>Vertidos procedentes de la elaboración de zumos</i>	230
<i>Aguas residuales de cerveceras</i>	230
<i>Industria vinícola</i>	231
<i>Vertidos procedentes de fabricación de bebidas no alcohólicas</i>	231
<i>Efluentes de envasado de conservas vegetales</i>	232
<i>Industria láctea</i>	233

<i>Industria cárnica y mataderos</i>	234
<i>Explotaciones porcinas</i>	235
<i>Industria del curtido</i>	235
<i>Aguas residuales procedentes de instalaciones de RSU</i>	236
<i>Vertidos de la industria vidriera</i>	237
<i>Aguas procedentes de la industria papelera</i>	238
<i>Minería y extracción de metales</i>	240
<i>Efluentes de industrias siderúrgicas y del hierro</i>	240
<i>Efluentes de la industria del cobre</i>	242
<i>Aguas residuales del procesamiento de aluminio</i>	243
<i>Aguas residuales de la industria del automóvil</i>	244
<i>Acabado de superficies</i>	247
<i>Vertidos de talleres de automoción</i>	248
<i>Talleres mecánicos</i>	250
<i>Efluentes de la industria cerámica</i>	250
<i>Aguas residuales de producción de jabones y detergentes</i>	252
<i>Efluentes de producción de microcelulosa</i>	252
<i>Aguas residuales de industrias farmacéuticas</i>	253
<i>Efluentes de producción de TNT</i>	255
<i>Efluentes de producción de pesticidas</i>	256
<i>Efluentes de producción de pinturas, barnices y tintas</i>	257
<i>Aguas residuales de la industria del fosfato</i>	258
<i>Vertidos de la industria de los plásticos y resinas</i>	259
<i>Sector de la joyería</i>	263
<i>Petroquímica y refino</i>	263
<i>Industria química fina</i>	263
<i>Industria textil</i>	265
<i>Lavanderías industriales</i>	267
<i>Industria de la madera y del mueble</i>	267
<i>Lavado de cisternas</i>	268
<i>Centros sanitarios y hospitales</i>	268
6. Procesos químicos parásitos en saneamiento y depuración de aguas:	
corrosión y agresión a redes de colectores y EDAR	271
Fenómenos de corrosión y agresión en saneamientos	271
<i>Procesos químicos parásitos: corrosión electroquímica</i>	272
<i>Otros procesos químicos parásitos</i>	277
<i>Corrosión microbiana</i>	281
Tipología de los agentes corrosivos y agresivos en saneamientos: generalidades	285
<i>Agentes químicos</i>	285
<i>Agentes microbianos</i>	288
<i>Hongos</i>	289
<i>Localización de los agentes productores de corrosiones y agresividad en los sistemas de saneamiento y las EDAR</i>	290

Materiales afectados por fenómenos de corrosividad y agresividad en saneamientos: ejemplos prácticos	293
<i>Elementos metálicos</i>	293
<i>Hormigones y similares</i>	294
<i>Elementos plásticos</i>	295
<i>Efectos prácticos de los fenómenos corrosivos y agresivos</i>	295
Costes asociados a los fenómenos de corrosividad y agresividad en saneamientos	309
<i>Costes no económicos</i>	309
<i>Costes económicos</i>	310
Lucha eficaz contra los fenómenos corrosivos y agresivos en los saneamientos y las EDAR.....	310
<i>Empleo de materiales adecuados</i>	310
<i>Control eficaz de vertidos tanto industriales como domésticos</i>	314
<i>Implantación de prácticas sostenibles</i>	318
7. Práctica del tratamiento fisicoquímico de aguas a escala de laboratorio.....	319
Ensayos de coagulación-floculación: <i>jar-test</i>	319
<i>Cálculo de disoluciones de reactivos comerciales</i>	323
<i>Ensayos de floculación</i>	326
Ensayos de cloración	326
Ensayos con permanganato potásico (permanganización)	329
Ensayos con dióxido de cloro.....	330
Ensayos con ozono.....	331
Ensayos de filtración	332
Ensayos de adsorción	334
Ensayos de ajuste de pH	335
Ensayos de desendurecimiento.....	337
Plantas piloto	337
8. Problemas básicos de dosificación de reactivos y cálculos hidráulicos de proceso resueltos	341
9. Sobre la adaptación del sector español de las aguas residuales a las nuevas normativas recientemente implantadas	403
Generalidades e introducción.....	403
Vertidos por desbordamientos de redes de saneamiento a cauces.....	405
<i>Eliminación de contaminantes gruesos en aliviaderos</i>	406
<i>Concienciación de la ciudadanía</i>	406
<i>Mejora y automatización del control de vertidos y funcionamiento hidráulico del sistema</i>	408
Carga contaminante vertida al medio ambiente.....	409
Reutilización y gestión de lodos de las EDAR.....	412
Energía: aprovechamiento del gas de digestión anaerobia generado en las EDAR.....	417

Sobre la potenciación del empleo de las aguas regeneradas.....	418
Sobre sobre los retos tecnológicos, económicos e instalaciones	436
Aproximación a la Directiva (UE) 2024/3019 sobre aguas residuales.....	439

10. Bibliografía de interés. Libros y revistas técnicas..... 447

Introducción.....	447
Fisicoquímica y química del agua.....	447
Microbiología del agua. Biología y limnología.....	449
Tratamiento-depuración de aguas residuales.....	450
Aguas en general y tratamiento de aguas. Instrumentación e hidráulica	451
Revistas técnicas más importantes del sector	452

Anexo I. Glosario de los términos más frecuentemente empleados en el sector de las aguas residuales y regeneradas..... 455

Anexo II. Algunos de los polímeros plásticos encontrados más frecuentemente en las aguas..... 481

PROYECTO DE LIBRO EXCLUSIVO PARA REVISIÓN.
COPIA Y REPRODUCCIÓN
IMPRESOS O ELECTRÓNICOS
(papel, electrónico, etc.)