

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>21</b>
--------------------------	-----------

## **PRIMERA PARTE BASES GENERALES**

<b>Capítulo 1. DEFINICIONES, CONCEPTOS BÁSICOS Y FUNCIONES.....</b>	<b>25</b>
1.1. Definiciones.....	25
1.2. Funciones.....	27

## **SEGUNDA PARTE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA. PROCESOS**

<b>Capítulo 2. LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS EN LA UNIÓN EUROPEA .....</b>	<b>33</b>
2.1. Líneas generales .....	33
2.2. Evolución del sistema agroalimentario europeo .....	34
2.3. Perspectivas del sistema agroalimentario europeo.....	37
<b>Capítulo 3. LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS EN ESPAÑA .....</b>	<b>41</b>
3.1. Evolución de la industria agroalimentaria española. Situación general.....	41
3.2. Dimensiones de las industrias agroalimentarias.....	47
3.3. Cambios tecnológicos.....	48
3.3.1. Nuevos productos.....	48
3.3.2. Nuevas tecnologías .....	50

3.4.	Cambios en el consumo y en el consumidor: Evolución de la dieta ...	51
3.5.	Presencia de productos agroalimentarios ecológicos. Garantías de calidad .....	52
3.6.	Ubicación de las industrias agroalimentarias .....	54
3.7.	Evolución de la industria agroalimentaria por sectores.....	56
3.8.	Perspectivas y futuro de la industria agroalimentaria española .....	59

**Capítulo 4. CLASIFICACIÓN DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS .....** 63

4.1.	Clasificación de las industrias agrícolas.....	63
4.2.	Clasificación de las industrias ganaderas .....	65
4.3.	Clasificación de <i>J. Pulgar</i> modificada .....	66
4.4.	Clasificaciones según los vertidos.....	68
4.4.1.	Clasificación extraída de la clasificación general de <i>Meinck</i> de los vertidos industriales.....	68
4.4.2.	Clasificación según los índices de contaminación.....	69
4.5.	Clasificación según los residuos generados .....	70

**Capítulo 5. PROCESOS DESARROLLADOS EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA .....** 73

5.1.	Bases de los procesos industriales.....	73
5.2.	Descripción de los procesos .....	75
5.2.1.	Selección y clasificación .....	75
5.2.2.	Limpieza.....	75
5.2.3.	Molienda y desmenuzado.....	76
5.2.4.	Prensado y extracción .....	76
5.2.5.	Mezcla y batido.....	76
5.2.6.	Emulsionado.....	76
5.2.7.	Tamizado .....	76
5.2.8.	Filtración .....	77
5.2.9.	Ósmosis.....	77
5.2.10.	Centrifugación.....	77
5.2.11.	Destilación.....	78
5.2.12.	Cristalización .....	78
5.2.13.	Homogeneización.....	79
5.2.14.	Fluidización.....	79
5.2.15.	Esterilización.....	79
5.2.16.	Pasteurización .....	80
5.2.17.	Escaldado .....	81
5.2.18.	Cocido .....	81
5.2.19.	Evaporación .....	82
5.2.20.	Deshidratación o secado.....	82
5.2.21.	Congelación .....	83

5.2.22. Irradiación .....	84
5.2.23. Procesos biotecnológicos: fermentación .....	85
5.3. Empleo de aditivos .....	86

### TERCERA PARTE CALIDAD Y DETECCIÓN

<b>Capítulo 6. CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS .....</b>	<b>91</b>
6.1. Determinación de la calidad de las aguas residuales .....	91
6.1.1. Métodos físicos-químicos .....	91
6.1.2. Métodos biológicos .....	91
6.2. Evaluación biológica .....	92
6.3. Indicadores físico-químicos .....	92
6.3.1. Olor .....	92
6.3.2. Materiales en suspensión .....	92
6.3.3. Color .....	93
6.3.4. Turbidez .....	93
6.3.5. Temperatura .....	93
6.3.6. pH .....	93
6.3.7. Conductividad eléctrica .....	93
6.3.8. Potencial óxido-reducción (rH) .....	94
6.4. Indicadores de contaminación orgánica .....	94
6.4.1. Líneas generales .....	94
6.4.2. Carbono orgánico total (COT) .....	95
6.4.3. Demanda total de oxígeno (DTO) .....	95
6.4.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) .....	95
6.4.5. Autoconsumo de oxígeno en 48 horas .....	96
6.4.6. Demanda química de oxígeno (DQO) .....	96
6.4.7. Nitrógeno total .....	96
6.4.8. Nitrógeno amoniacal .....	97
6.4.9. Determinación de nitritos .....	97
6.4.10. Determinación del contenido en materia orgánica por el método de permanganato potásico .....	97
6.5. Determinación de tóxicos y microcontaminantes .....	98
6.6. Indicadores biológicos .....	99
6.7. Indicadores bacteriológicos .....	100
6.7.1. Líneas generales .....	100
6.7.2. Organismos responsables de la contaminación fecal .....	101
6.7.3. Determinación de bacteriófagos .....	102
6.7.4. Microorganismos patógenos .....	102
6.7.5. Micobacterias .....	102

10 *Manual de tratamiento de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias*

6.7.6.	Bacterias sulfo-reductoras.....	102
6.7.7.	Actinomicetos .....	102
6.8.	Métodos derivados del sistema de los saprobios.....	103
6.8.1.	Líneas generales.....	103
6.8.2.	Revisión de <i>Liebmann</i> .....	103
6.8.3.	Método de <i>Pantle y Buck</i> .....	103
6.8.4.	Método de <i>Zelinka y Marvan</i> .....	104
6.8.5.	Sistema de <i>Sladeczek</i> .....	104
6.8.6.	Método del déficit de especies, de <i>Kothe</i> .....	105
6.8.7.	Tests de toxicidad inmediata .....	105
6.8.8.	Otros métodos basados en las propiedades fisiológicas de determinados organismos.....	106
6.9.	Índices biocenóticos .....	106

**Capítulo 7. EL PROBLEMA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS** ..... 109

7.1.	El problema .....	109
7.2.	Las presiones sociales y legislativas .....	110
7.3.	Estudios previos .....	111
7.4.	Degradación del agua en España.....	114

**Capítulo 8. INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL POR VERTIDOS** ..... 115

8.1.	Factores ambientales de las industrias agroalimentarias.....	115
8.1.1.	Actividades agrarias.....	115
8.1.2.	Industrias agroalimentarias .....	117
8.2.	Indicadores de perturbación .....	119
8.2.1.	Explotaciones agrarias .....	119
8.2.2.	Industrias agroalimentarias .....	120

**CUARTA PARTE**  
**CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS**

**Capítulo 9. AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LAS INDUSTRIAS AGRÍCOLAS** ..... 125

<b>Capítulo 10. AGUAS RESIDUALES Y PRODUCCIÓN ANIMAL</b> ...	129
10.1. Aguas residuales de la ganadería.....	129
10.2. Fuentes y cargas contaminantes .....	130
10.3. Industrias .....	134



<b>Capítulo 11. PROCESOS INDUSTRIALES AGROALIMENTARIOS Y EQUIVALENTES-HABITANTE .....</b>	<b>135</b>
<b>Capítulo 12. EL AGUA COMO RECEPTOR DE VERTIDOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA .....</b>	<b>139</b>
<b>QUINTA PARTE</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS</b>	
<b>Capítulo 13. INDUSTRIAS AZUCARERAS.....</b>	<b>145</b>
13.1. Generalidades .....	145
13.2. Vertidos residuales.....	146
<b>Capítulo 14. INDUSTRIAS CONSERVERAS .....</b>	<b>147</b>
14.1. Introducción.....	147
14.2. Características generales de los diversos efluentes .....	147
14.3. Procesos.....	148
14.4. Características de los vertidos .....	148
14.5. Fabricación de conservas vegetales.....	149
<b>Capítulo 15. INDUSTRIAS LÁCTEAS Y DERIVADAS.....</b>	<b>153</b>
15.1. Generalidades .....	153
15.2. Composición de los vertidos .....	154
<b>Capítulo 16. INDUSTRIAS DERIVADAS DE LA PESCA .....</b>	<b>157</b>
<b>Capítulo 17. INDUSTRIAS OLEÍCOLAS.....</b>	<b>159</b>
17.1. Generalidades .....	159
17.2. Características de los vertidos .....	160
<b>Capítulo 18. EXPLOTACIONES GANADERAS.....</b>	<b>163</b>
18.1. Generalidades .....	163
18.2. Excretas y residuos de origen animal .....	164
18.3. Tablas y cuadros de residuos de las explotaciones ganaderas.....	166
<b>Capítulo 19. INDUSTRIAS CÁRNICAS Y DERIVADAS .....</b>	<b>171</b>
19.1. Características básicas.....	171
19.2. Composición de los vertidos .....	172
<b>Capítulo 20. INDUSTRIAS CERVECERAS .....</b>	<b>175</b>

24.6.5.	Tratamientos químicos .....	197
24.6.6.	Lavado.....	198
24.6.7.	Filtración .....	198
24.6.8.	Centrifugación.....	198
24.6.9.	Incineración.....	198
24.6.10.	Utilización agraria de los lodos.....	198
<b>Capítulo 25.</b>	<b>TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE TRATAMIENTO.....</b>	<b>201</b>
25.1.	Industrias agrícolas.....	201
25.1.1.	Industrias de extracción de aceite de oliva y grasas vegetales.....	201
25.1.2.	Industrias de conservas vegetales .....	202
25.1.3.	Industrias azucareras .....	203
25.1.4.	Industrias vínico-alcoholeras .....	204
25.1.5.	Industrias cerveceras .....	206
25.2.	Industrias ganaderas .....	207
25.2.1.	Industrias cárnicas.....	207
25.2.2.	Industrias lácteas .....	209
25.3.	Explotaciones ganaderas .....	210
25.3.1.	Tratamiento de los purines .....	210
25.3.2.	Los purines sobre el suelo.....	214
<b>Capítulo 26.</b>	<b>TÉCNICAS NATURALES DE TRATAMIENTO.....</b>	<b>217</b>
26.1.	Situación general .....	217
26.2.	Procesos biológicos básicos .....	217
26.3.	Técnicas de depuración biológica .....	219
26.4.	Sistemas agrarios.....	220
26.4.1.	Técnicas de uso y aplicación de las aguas residuales en suelos.....	220
26.4.2.	Riego .....	221
26.4.3.	Escorrentía superficial sobre cubierta vegetal .....	223
26.4.4.	Infiltración-percolación.....	224
26.5.	Técnicas de nitrificación y de gestión de nutrientes.....	226
26.5.1.	Técnicas de nitrificación y de complemento de los tratamientos secundarios. ....	226
26.5.2.	Sistemas de eliminación y aprovechamiento de nutrientes .....	227
26.6.	Usos de humedales artificiales .....	228
26.6.1.	Bases generales .....	228
26.6.2.	Factores incidentes y procesos .....	229
26.6.3.	Tipos de humedales artificiales .....	231

## SÉPTIMA PARTE APROVECHAMIENTO

<b>Capítulo 27. BASES DEL APROVECHAMIENTO Y SISTEMAS DE RECICLADO .....</b>	<b>235</b>
27.1. Bases generales.....	235
27.2. Sistemas tradicionales .....	236
27.3. Aprovechamiento general.....	236
27.4. Reutilización y reciclado .....	237
27.5. Uso de las aguas residuales en piscicultura.....	239
27.6. Uso doméstico y urbano de las aguas residuales.....	239
27.7. Uso industrial de las aguas residuales .....	240
<b>Capítulo 28. RECICLADO EN LAS INDUSTRIAS AGRÍCOLAS. CASOS PRÁCTICOS .....</b>	<b>243</b>
28.1. Aprovechamiento de residuos de un ingenio azucarero .....	243
28.1.1. Datos de partida y planteamiento general .....	243
28.1.2. Objetivos .....	244
28.1.3. Características de los productos a tratar.....	245
28.1.4. Tratamientos.....	246
28.1.5. Procesos tecnológicos .....	247
28.2. Aprovechamiento de residuos y subproductos de una industria enológica .....	249
28.2.1. Planteamiento.....	249
28.2.2. Residuos sólidos. Gestión .....	249
28.2.3. Efluentes líquidos. Composición del vertido. Gestión, procedencia y composición del vertido.....	250
28.2.4. Volumen del vertido .....	250
28.2.5. Gestión del vertido. Sistema de tratamiento adoptado....	250
28.2.6. Factores de mineralización.....	251
28.2.7. Materia orgánica admisible en zonas de cultivo .....	252
28.2.8. Superficies de tratamiento si se aplica infiltración al suelo exclusivamente.....	252
28.2.9. Forma de aplicación .....	253
28.2.10. Grado de reducción de los riesgos .....	253
28.3. Tratamiento de los vertidos de industrias transformadoras de patata .....	254
28.4. Recuperación de potasio y proteínas en la fabricación de levaduras .....	254
28.5. Recuperación de proteínas en feculerías .....	255
28.6. Producción de metano por fermentación en una fábrica de patatas fritas congeladas .....	256

28.7.	Producción de metano por fermentación en una fábrica de patatas fritas .....	256
28.8.	Producción de metano por fermentación en una fábrica de almidón .....	257
28.9.	Producción de metano por fermentación en una fábrica azucarera....	257
28.10.	Producción de metano por fermentación en una fábrica conservera de legumbres .....	257
28.11.	Sistemas básicos de reciclado para vinazas y residuos del prensado en destilerías y planta vitivinícolas.....	258
28.11.1.	Reciclado total de las vinazas .....	258
28.11.2.	Reciclado en presencia de un difusor continuo en caliente.....	258
28.11.3.	Extracción del alcohol en el secado de los marcos .....	258
28.11.4.	Extracción de alcohol y de tartrato ácido potásico.....	259
28.12.	Reciclado en la fertilización .....	259
28.13.	Puesta en valor de los residuos ostreícolas.....	259

## **Capítulo 29. RECICLADO EN LAS INDUSTRIAS GANADERAS ..**

29.1.	Industrias cárnicas: Recuperación de productos y subproductos .....	261
29.2.	Industrias lácteas: Recuperación, reciclado y gestión .....	262
29.3.	Casos prácticos .....	263
29.3.1.	Recuperación de productos de los residuos de industrias cárnicas.....	263
29.3.2.	Reciclado en la fabricación de grasas, sebos y mantecas de matadero .....	264
29.3.3.	Reciclado de efluentes en la fabricación de colas y gelatinas .....	265
29.3.4.	Recuperación de sueros en plantas lecheras .....	266
29.3.5.	Reciclado y recuperación de productos en las industrias lácteas.....	267

## **Capítulo 30. RECICLADO EN LAS EXPLOTACIONES GANADERAS.....**

30.1.	Bases del reciclado en las explotaciones ganaderas.....	269
30.2.	El sistema general.....	270
30.2.1.	Líneas generales en la recuperación de nutrientes .....	270
30.2.2.	Potencial alimentario.....	271
30.2.3.	Usos y limitaciones .....	271
30.2.4.	Métodos fundamentales en alimentación.....	271
30.3.	Casos prácticos .....	272
30.3.1.	Reciclado general de excretas de aves .....	272
30.3.2.	Reciclado de excretas de ponedoras.....	274
30.3.3.	Reciclado de las excretas de broilers .....	275

30.3.4.	Reciclado de excretas de ave en alimentación de aves ...	276
30.3.5.	Reciclado de las excretas de ave en alimentación de ganado porcino.....	276
30.3.6.	Reciclado de las excretas de ave en alimentación de rumiantes .....	276
30.3.7.	Reciclado de excretas de ave en alimentación de ganado ovino.....	277
30.3.8.	Reciclado de excretas de ganado porcino .....	277
30.3.9.	Reciclado de excretas de ganado bovino y ovino .....	278
30.3.10.	Reciclado de purines en cadenas alimentarias acuáticas..	279

## **OCTAVA PARTE PROBLEMAS SANITARIOS**

<b>Capítulo 31. ANÁLISIS, CONTROL Y GESTIÓN SANITARIA .....</b>	<b>283</b>
31.1. Bases generales de gestión sanitaria, control y análisis .....	283
31.2. Criterios de calidad microbiológica .....	285
31.3. Calidad de las aguas residuales utilizadas en agricultura.....	286
31.4. Factores que afectan al desarrollo de criterios de calidad del agua.....	288

<b>Capítulo 32. SUPERVIVENCIA DE LOS ORGANISMOS PATÓGENOS .....</b>	<b>291</b>
32.1. Líneas generales .....	291
32.2. Tiempos de supervivencia de los agentes patógenos .....	292
32.3. Supervivencia en las aguas.....	294
32.4. Supervivencia en suelos, vegetales y animales .....	295

<b>Capítulo 33. ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y RIESGOS EPIDEMIOLÓGICOS .....</b>	<b>301</b>
33.1. Líneas generales .....	301
33.1.1. Enfermedades infecciosas.....	301
33.1.2. Aspectos de salud pública.....	302
33.2. Riesgos epidemiológicos.....	302
33.2.1. Problemas generales.....	302
33.2.2. Riesgos epidemiológicos.....	303
33.2.3. Infecciones relacionadas con las excretas.....	305
33.3. Gérmenes en sistemas de tratamiento: Eliminación.....	308
33.4. Riesgos sanitarios no epidemiológicos.....	309

<b>Capítulo 34. AUTODESINFECCIÓN, REUTILIZACIÓN Y CRITERIOS DE CALIDAD SANITARIA .....</b>	<b>311</b>
34.1. Líneas básicas. Autodesinfección.....	311

34.2.	Reutilización.....	312
34.3.	Criterios de calidad.....	313
34.4.	Tratamientos de las aguas residuales para obtener efluentes de calidad sanitaria.....	314

<b>Capítulo 35.</b>	<b>PRESENCIA DE ANTIBIÓTICOS.....</b>	<b>317</b>
---------------------	---------------------------------------	------------

## NOVENA PARTE EFECTOS ECOLÓGICOS

<b>Capítulo 36.</b>	<b>PLANTEAMIENTO GENERAL DE LOS PROBLEMAS ECOLÓGICOS QUE GENERAN LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS .....</b>	<b>321</b>
36.1.	Generalidades .....	321
36.2.	Consecuencias ecológicas generales .....	322

<b>Capítulo 37.</b>	<b>EFFECTOS ECOLÓGICOS DEL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA SOBRE EL SUELO .....</b>	<b>325</b>
37.1.	Los suelos y las aguas residuales de las industrias agroalimentarias .....	325
37.2.	Efectos y alteraciones ecológicas .....	328
37.3.	Los aportes orgánicos al suelo.....	329
37.4.	Transformaciones del carbono y del fósforo .....	331
37.5.	Aportes de elementos traza al suelo .....	332
37.6.	Propiedades del suelo en relación con los aportes .....	332
	37.6.1. Propiedades físicas.....	332
	37.6.2. Propiedades químicas.....	334
	37.6.3. Propiedades biológicas.....	336

<b>Capítulo 38.</b>	<b>EFFECTOS ECOLÓGICOS DEL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS SOBRE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....</b>	<b>337</b>
38.1.	Líneas generales .....	337
38.2.	La contaminación .....	338
38.3.	Condicionantes .....	339
38.4.	Dispersión hidrodinámica.....	339
38.5.	Efectos de los líquidos contaminantes sobre los parámetros geológicos.....	341
38.6.	Causas básicas de contaminación por actividades ganaderas .....	342
38.7.	Evaluación de riesgos de contaminación del suelo .....	343

<b>Capítulo 39. EFECTOS DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS SOBRE LA VEGETACIÓN Y LA FAUNA .....</b>		<b>345</b>
39.1.	Efectos generales sobre la vegetación y la fauna .....	345
39.1.1.	Efectos sobre las cosechas .....	345
39.1.2.	Recuperación de nutrientes .....	347
39.1.3.	Toxicidad para los animales .....	347
39.2.	Acción de la cubierta vegetal ante los vertidos .....	349
39.3.	Efectos mecánicos en diferentes tipos de cubierta .....	350
39.4.	Dinámica y consumo de agua de la vegetación .....	351
39.5.	Absorción radicular .....	352
39.6.	Toxicidad .....	354
39.6.1.	Factores de asimilabilidad .....	354
39.6.2.	Fitotoxicidad .....	355

<b>Capítulo 40. OLORES EN LAS ACTIVIDADES AGROALIMENTARIAS .....</b>		<b>357</b>
40.1.	Origen y clasificación de los olores .....	357
40.2.	Olores generales en la industria agroalimentaria .....	361
40.2.1.	Industrias en general .....	361
40.2.2.	Industrias de procesado de ovino, vacuno, cerda y avícolas .....	361
40.3.	Relaciones entre la concentración y la intensidad de los olores .....	362
40.4.	Los olores en función de la distancia a la fuente .....	363
40.5.	Respuesta humana .....	363
40.6.	Tratamientos de los olores .....	364
40.6.1.	Reducción o eliminación de la perturbación .....	364
40.6.2.	Control de los olores .....	364
40.7.	Ejemplos .....	365
40.7.1.	Conservedas de pescado .....	372
40.7.2.	Envasadoras de carne, agroalimentarias en general .....	372

## **DÉCIMA PARTE**

### **LEGISLACIÓN Y NORMATIVA VIGENTE SOBRE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS**

<b>Capítulo 41. LEGISLACIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA .....</b>		<b>377</b>
41.1.	Líneas generales .....	377
41.2.	Legislación vigente en la Unión Europea .....	378
<b>Capítulo 42. LEGISLACIÓN EN ESPAÑA .....</b>		<b>381</b>
42.1.	Líneas generales .....	381

42.2. Legislación vigente.....	382
42.3. La Ley de Aguas.....	389
<b>Capítulo 43. LEGISLACIÓN EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS</b> .....	447
43.1. Líneas generales .....	447
43.2. Legislación vigente.....	447
<b>Capítulo 44. LEGISLACIÓN LOCAL</b> .....	457
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	459
<b>ÍNDICE ALFABÉTICO</b> .....	467