

## ÍNDICE



|   | Págs. |
|---|-------|
| <b>EXPLICACIÓN Y CONCEPTO GENERAL DE LA OBRA</b> .....  | 21    |
| – Factores y causas de la producción de residuos .....  | 21    |
| – Estrategias básicas .....   | 23    |
| – Líneas básicas del reciclado y la recuperación .....  | 23    |
| – Plan de la obra .....   | 24    |
| <br>  |       |
| <b>LIBRO I</b>  |       |
| <b>LAS BASES NATURALES DEL RECICLADO Y SU APLICACIÓN</b>  |       |
| <br>  |       |
| <b>PRIMERA PARTE</b>  |       |
| <b>LOS RECURSOS Y EL RECICLADO</b>  |       |
| <br>  |       |
| <b>Capítulo 1. Los recursos</b> .....   | 31    |
| 1.1. Definición de recurso .....  | 31    |
| 1.2. Recursos renovables .....  | 31    |
| 1.3. Recursos no renovables pero reciclables .....  | 31    |
| 1.4. Recursos no renovables y no reciclables .....  | 32    |
| 1.5. Recursos no convencionales .....   | 32    |
| <br>  |       |
| <b>Capítulo 2. Límites de los recursos-límites del crecimiento</b> .....                            | 35    |
| 2.1. Límites de crecimiento .....   | 35    |
| 2.2. Sistemas tecnológicos para la gestión racional de los recursos ....                            | 37    |
| <br>  |       |
| <b>Capítulo 3. El desarrollo sostenible y el reciclado: principios básicos</b> .....                | 39    |
| <br>  |       |
| <b>Capítulo 4. Recursos, energía, crecimiento, reciclado y recuperación</b> .....                   | 45    |
| 4.1. Planteamiento general .....  | 45    |
| 4.2. Crecimiento, energía y reciclado .....   | 48    |
| <br>  |       |
| <b>Capítulo 5. El reciclado en el contexto de producción, consumo y desarrollo sostenible</b> ..... | 51    |
| 5.1. Bases conceptuales .....   | 51    |
| 5.2. Eficiencia ecológica y reciclado .....   | 53    |
| 5.3. Economía del aprovechamiento: uso y reciclado de los productos ...                             | 56    |

|  |    |
|--|----|
| <b>Capítulo 6. El futuro de los recursos</b> ..... | 59 |
| 6.1. Reciclado .....                               | 59 |
| 6.2. Sustitución de productos .....                | 60 |

**SEGUNDA PARTE**  
**DINÁMICA DEL RECICLADO EN LA NATURALEZA**

|   |    |
|---|----|
| <b>Capítulo 7. Los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza</b> .....                               | 65 |
| 7.1. Dinámica general de los ciclos biogeoquímicos en la Naturaleza ..                            | 65 |
| 7.2. Ciclos de la materia y flujos de energía .....   | 66 |
| 7.2.1. Transferencias de energía .....  | 66 |
| 7.2.2. Transferencia de energía a través de los diferentes niveles<br>tróficos .....              | 68 |
| 7.3. Ciclo del agua .....   | 69 |
| 7.4. Ciclo del carbono .....  | 71 |
| 7.5. Ciclo del oxígeno .....  | 72 |
| 7.6. Ciclo del nitrógeno .....  | 74 |
| 7.7. Ciclo del fósforo .....  | 76 |
| 7.8. Ciclo del azufre .....   | 77 |
| 7.9. Ciclo del calcio .....   | 78 |
| <b>Capítulo 8. Los ciclos bioquímicos básicos en los organismos</b> .....                         | 81 |
| 8.1. Bases generales .....  | 81 |
| 8.2. Metabolismo de los hidratos de carbono .....   | 81 |
| 8.3. Metabolismo de los lípidos .....   | 83 |
| 8.4. Metabolismo de las proteínas .....   | 84 |
| <b>Capítulo 9. El reciclado y la recuperación en los organismos: análisis bioquímico</b> ..       | 89 |
| 9.1. Eliminación de residuos .....  | 89 |
| 9.1.1. Bases generales .....  | 89 |
| 9.1.2. Reacciones fundamentales .....   | 89 |
| 9.1.3. Residuos del metabolismo .....   | 90 |
| 9.1.4. Mecanismos bioquímicos específicos de la excreción uri-<br>naria de ciertos residuos ..... | 94 |
| 9.2. La digestión en los organismos superiores .....  | 95 |
| 9.2.1. Digestión bucal .....  | 95 |
| 9.2.2. Digestión gástrica .....   | 96 |
| 9.2.3. Secreciones biliares .....   | 96 |
| 9.2.4. Digestión intestinal .....   | 97 |
| 9.2.5. Residuos fecales .....   | 98 |
| <b>Capítulo 10. El reciclado y la recuperación en los ecosistemas</b> .....                       | 99 |
| 10.1. Generalidades .....   | 99 |
| 10.2. Aparición de los agrosistemas .....   | 99 |

|                     |  |            |
|---------------------|--|------------|
| 10.3.               | Conservación de un espacio natural                           | 101        |
| 10.4.               | Explotación de los ecosistemas                               | 101        |
| 10.5.               | Análisis global de los ecosistemas                           | 102        |
| 10.6.               | Explotación de los ecosistemas por el hombre                 | 103        |
| <b>Capítulo 11.</b> | <b>Principios y leyes ecológicas como base del reciclado</b> | <b>105</b> |

**TERCERA PARTE**  
**LOS CONTAMINANTES, EL RECICLADO Y LA RECUPERACIÓN**  
**EN LA NATURALEZA**

|                     |   |            |
|---------------------|---|------------|
| <b>Capítulo 12.</b> | <b>Mecanismos de dispersión y de circulación de los contaminantes</b> | <b>113</b> |
| 12.1.               | Bases generales   | 113        |
| 12.2.               | La dispersión y la circulación de los contaminantes                   | 113        |

|                     |   |            |
|---------------------|---|------------|
| <b>Capítulo 13.</b> | <b>Interacciones químicas, ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes</b> | <b>117</b> |
| 13.1.               | Los precursores y las interacciones en el medio                                     | 117        |
| 13.2.               | Las interacciones desde el punto de vista de la ecología química                    | 117        |

|                     |   |            |
|---------------------|---|------------|
| <b>Capítulo 14.</b> | <b>Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en la atmósfera</b> | <b>121</b> |
| 14.1.               | Circulación de los contaminantes en la atmósfera                            | 121        |
| 14.2.               | Turbulencias  | 122        |
| 14.3.               | Transporte y dispersión   | 122        |

|                     |  |            |
|---------------------|--|------------|
| <b>Capítulo 15.</b> | <b>Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en las aguas continentales superficiales</b> | <b>125</b> |
| 15.1.               | Los contaminantes del agua   | 125        |
| 15.2.               | Características, circulación y reciclado de las aguas residuales urbanas                             | 127        |
| 15.2.1.             | Características y circulación  | 127        |
| 15.2.2.             | Reciclado  | 129        |
| 15.3.               | Características, circulación y reciclado de las aguas residuales industriales                        | 130        |
| 15.3.1.             | Características básicas  | 130        |
| 15.3.2.             | Sistemas de tratamiento  | 132        |
| 15.3.3.             | Gestión y reciclado  | 133        |
| 15.4.               | El agua como disolvente  | 135        |
| 15.5.               | Efectos de los productos disueltos   | 135        |

|                     |  |            |
|---------------------|--|------------|
| <b>Capítulo 16.</b> | <b>Dinámica de los contaminantes en las aguas subterráneas</b> | <b>137</b> |
| 16.1.               | Bases generales  | 137        |
| 16.2.               | Condicionantes de la contaminación de las aguas subterráneas   | 137        |
| 16.3.               | Dispersión hidrodinámica de contaminantes                      | 138        |
| 16.4.               | Contaminantes líquidos en fase acuosa                          | 140        |

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 16.5.   | Efectos de los líquidos contaminantes en los parámetros hidrogeológicos .....    | 140 |
| 16.6.   | Contaminación de captaciones de agua subterránea: perímetros de protección ..... | 141 |
| <b>Capítulo 17. Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en las aguas marinas</b> ..... |  |     |
| 17.1.   | Estática y dinámica generales .....  | 143 |
| 17.2.   | Degradación marina: causas básicas .....   | 143 |
| 17.3.   | El reciclado en el mar .....   | 146 |

**CUARTA PARTE**

**EL SUELO COMO MEDIO Y COMO AUTOR DE RECICLADO, APROVECHAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE PRODUCTOS**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Capítulo 18. Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en el suelo</b> .....                      | 149 |
| 18.1. El balance hídrico y la circulación .....   | 149 |
| 18.2. Los vertidos y los residuos en el suelo .....   | 151 |
| <b>Capítulo 19. Propiedades y características del suelo relacionadas con el reciclado de los residuos</b> ..... | 153 |
| 19.1. Los residuos en la dinámica de la estructura del suelo .....  | 153 |
| 19.2. Propiedades físicas del suelo en relación con el reciclado .....  | 154 |
| 19.2.1. Propiedades físicas básicas que afectan al reciclado de los residuos .....                              | 154 |
| 19.2.2. Propiedades físicas relacionadas directamente con el reciclado de los residuos .....                    | 158 |
| 19.3. Propiedades químicas del suelo en relación con el reciclado .....   | 160 |
| 19.3.1. Propiedades químicas básicas que afectan al reciclado de los residuos .....                             | 160 |
| 19.3.2. Propiedades químicas relacionadas directamente con el reciclado de los residuos .....                   | 166 |
| 19.4. Características biológicas del suelo en relación con el reciclado de los residuos .....                   | 169 |
| <b>Capítulo 20. Procesamiento general y reciclado de metales pesados en el suelo</b> .....                      | 179 |
| 20.1. Los metales en la dinámica general del suelo .....  | 179 |
| 20.2. Mecanismos de retención y transformación .....  | 180 |
| 20.2.1. Bases generales .....   | 180 |
| 20.2.2. Intervención de la materia orgánica .....   | 181 |
| 20.2.3. Intervención de los organismos del suelo .....  | 181 |
| 20.2.4. Acción físico-química general del suelo .....   | 182 |
| 20.3. Formación de complejos .....  | 182 |



|  |     |
|--|-----|
| <b>Capítulo 21. Procesamiento general y reciclado de otros residuos que se aportan con frecuencia al suelo</b> ..... | 185 |
| 21.1. Detergentes .....  | 185 |
| 21.1.1. Dinámica de los detergentes en el suelo .....  | 185 |
| 21.1.2. Sistemas de gestión .....  | 186 |
| 21.2. Polímeros .....  | 186 |
| 21.3. Plaguicidas .....  | 187 |
| 21.3.1. Dinámica general de los plaguicidas en el suelo .....  | 187 |
| 21.3.2. Acción, absorción y reciclado en el suelo .....  | 188 |
| 21.4. Fertilizantes minerales .....  | 190 |
| 21.5. Residuos ganaderos .....   | 191 |
| 21.5.1. Uso del suelo en el reciclado de los residuos ganaderos ..   | 191 |
| 21.5.2. Pérdida y descarga de nutrientes .....   | 193 |
| 21.5.3. Retención y eficiencia de retención del suelo .....  | 194 |
| 21.6. Aguas residuales urbanas .....   | 195 |
| 21.6.1. Dinámica general y ecología de las aguas residuales aplicadas al suelo .....                                 | 195 |
| 21.6.2. Factores limitantes de la circulación y del procesamiento ..   | 197 |
| 21.7. Compost de residuos urbanos .....  | 200 |
| 21.8. Procesamiento de los lodos de depuradora por el suelo .....  | 201 |
| 21.8.1. Características generales .....  | 201 |
| 21.8.2. Acción del suelo .....   | 201 |

#### QUINTA PARTE EL RECICLADO EN LOS RESIDUOS AGRARIOS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Capítulo 22. Los residuos agrarios: potencial energético</b> .....                    | 209 |
| 22.1. Los residuos agrarios de interés energético .....                                  | 209 |
| 22.2. Potencial energético .....   | 210 |
| 22.3. Gestión .....  | 210 |
| <b>Capítulo 23. Transformaciones de la biomasa en energía</b> .....                      | 211 |
| 23.1. Métodos químicos de transformación .....   | 211 |
| 23.2. Métodos bioquímicos de transformación .....  | 211 |
| 23.2.1. Fermentación alcohólica .....  | 211 |
| 23.2.2. Digestión anaerobia .....  | 212 |
| 23.3. Métodos termoquímicos de transformación .....                                      | 212 |
| 23.3.1. Combustión .....   | 212 |
| 23.3.2. Gasificación .....   | 212 |
| 23.3.3. Pirólisis .....  | 214 |
| <b>Capítulo 24. Pérdidas y recuperación en los procesos agrarios de producción</b> ..... | 215 |
| 24.1. Pérdidas y flujo de materiales .....   | 215 |
| 24.2. Energía y recuperación .....   | 216 |

|   |  |            |
|---|--|------------|
| 24.3.   | Pérdidas y recuperación en el crecimiento, en la producción y en la reproducción .....             | 217        |
| <b>Capítulo 25.</b>   | <b>El reciclado y la recuperación a partir de los residuos agrarios .....</b>                      | <b>219</b> |
| 25.1.   | Los residuos agrarios .....  | 219        |
| 25.2.   | El reciclado en las industrias agrícolas .....   | 221        |
| 25.3.   | El reciclado en las industrias forestales .....  | 226        |
| 25.4.   | El reciclado en las industrias ganaderas .....   | 226        |
| 25.4.1.   | Industrias cárnicas .....  | 226        |
| 25.4.2.   | Industrias lácteas .....   | 228        |
| 25.5.   | El reciclado en las explotaciones ganaderas .....  | 231        |
| <b>Capítulo 26.</b>   | <b>Sistemas de reciclado de residuos agrarios .....</b>  | <b>233</b> |
| 26.1.   | Bases generales .....  | 233        |
| 26.2.   | Sistemas tradicionales .....   | 234        |
| 26.3.   | Sistemas físico-químicos .....   | 234        |
| 26.4.   | Aprovechamiento de residuos agroalimentarios .....   | 236        |
| <b>SEXTA PARTE</b>  |  |            |
| <b>LOS RESIDUOS Y EL RECICLADO EN EL MEDIO NATURAL Y EN EL MEDIO INDUSTRIAL</b> |  |            |
| <b>Capítulo 27.</b>   | <b>Dinámica, transferencias, y transformaciones básicas de los residuos en la naturaleza .....</b> | <b>241</b> |
| <b>Capítulo 28.</b>   | <b>Trayectoria de los residuos en el medio natural .....</b>                                       | <b>243</b> |
| <b>Capítulo 29.</b>   | <b>Estado físico de los residuos y aprovechamiento general .....</b>                               | <b>247</b> |
| <b>Capítulo 30.</b>   | <b>Asimilabilidad de los elementos por la vegetación .....</b>                                     | <b>249</b> |
| 30.1.   | Contaminantes atmosféricos .....   | 249        |
| 30.2.   | Elementos presentes en el suelo .....  | 254        |
| <b>Capítulo 31.</b>   | <b>Las bolsas de residuos en el contexto del reciclado y la recuperación ..</b>                    | <b>257</b> |
| 31.1.   | Generalidades .....  | 257        |
| 31.2.   | Ubicación .....  | 258        |
| 31.3.   | Objetivos .....  | 258        |
| 31.4.   | Tipos de Bolsas de residuos .....  | 258        |
| 31.5.   | Boletín .....  | 259        |
| 31.6.   | Confidencialidad y codificación .....  | 260        |
| <b>Capítulo 32.</b>   | <b>Las guías de recuperadores y recicladores .....</b>   | <b>261</b> |

**SÉPTIMA PARTE**  
**LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES Y URBANOS: APROXIMACIÓN A LAS**  
**BASES NATURALES DEL RECICLADO**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Capítulo 33. Los ecosistemas en la ecología industrial</b> .....                        | 265 |
| 33.1. Ecosistemas naturales, ecosistemas artificializados y ecosistemas industriales ..... | 265 |
| 33.2. Ecosistemas e industria .....  | 266 |
| <b>Capítulo 34. Los recursos energéticos: análisis dimensional</b> .....                   | 269 |
| <b>Capítulo 35. Los ecosistemas artificiales</b> .....                                     | 273 |
| 35.1. Planteamientos básicos .....   | 273 |
| 35.2. Ecosistemas urbanos .....  | 274 |
| 35.3. Ecosistemas industriales .....   | 275 |
| 35.4. Los análisis medioambientales en los ecosistemas artificiales .....                  | 277 |

**LIBRO II**  
**TECNOLOGÍAS**

**OCTAVA PARTE**  
**TECNOLOGÍAS DE RECICLADO Y RECUPERACIÓN**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Capítulo 36. Tecnologías limpias. Períodos de retorno</b> .....        | 285 |
| <b>Capítulo 37. Tecnologías básicas de reciclado y recuperación</b> ..... | 289 |
| 37.1. Bases generales .....   | 289 |
| 37.2. Separación de aceites y grasas .....                                | 289 |
| 37.3. Sedimentación .....   | 290 |
| 37.4. Flotación .....   | 290 |
| 37.5. Filtración .....  | 291 |
| 37.6. Adsorción .....   | 291 |
| 37.7. Extracción con solventes .....                                      | 291 |
| 37.8. Destilación .....   | 292 |
| 37.9. Electrodialisis .....   | 292 |
| 37.10. Centrifugación .....   | 292 |
| 37.11. Precipitación .....  | 292 |
| 37.12. Absorción .....  | 293 |
| 37.13. Simplificación y reciclado .....                                   | 293 |
| 37.14. Intercambio iónico .....   | 294 |
| 37.15. Cristalización .....   | 294 |
| 37.16. Precipitación electrostática .....                                 | 294 |
| 37.17. Separación magnética .....   | 294 |
| 37.18. Tamizado .....   | 294 |

|   |            |
|---|------------|
| 37.19. Deshidratación .....   | 294        |
| 37.20. Ósmosis inversa .....  | 294        |
| 37.21. Nanofiltración .....   | 294        |
| <b>Capítulo 38. El reciclado en cascada .....</b>   | <b>297</b> |
| <b>Capítulo 39. Los sistemas de gestión medioambiental como marco del reciclado y la recuperación .....</b>                                       | <b>301</b> |
| 39.1. Desarrollo empresarial y medio ambiente .....   | 301        |
| 39.2. Rentabilidad y gestión medioambiental de la empresa .....   | 302        |
| 39.3. Responsabilidad y gestión medioambiental en la empresa .....  | 303        |
| 39.4. Responsabilidad y defensa del medio ambiente .....  | 305        |
| 39.5. Ahorro de costes por gestión apropiada .....  | 308        |
| 39.6. Instrumentos de gestión medioambiental .....  | 308        |
| 39.7. Sistemas de gestión medioambiental .....  | 310        |
| <b>NOVENA PARTE</b>   |            |
| <b>RECICLADO Y RECUPERACIÓN A PARTIR DE LOS RESIDUOS URBANOS</b>  |            |
| <b>Capítulo 40. Planteamiento general y definiciones básicas .....</b>  | <b>315</b> |
| <b>Capítulo 41. El reciclado y la recuperación en el Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU) de España .....</b>                                 | <b>317</b> |
| 41.1. Introducción .....  | 317        |
| 41.2. Ambito de aplicación .....  | 319        |
| 41.3. Marco legal .....   | 320        |
| 41.4. Reutilización y reciclaje .....   | 320        |
| 41.5. Objetivos .....   | 324        |
| 41.6. Programa Nacional de Recuperación y Reciclaje .....   | 331        |
| 41.7. Programa Nacional de Residuos de Envases y Envases Usados .....   | 334        |
| 41.8. Programa Nacional de Compostaje .....   | 336        |
| 41.9. Programa Nacional de Valorización Energética .....  | 337        |
| 41.10. Inversiones generales .....  | 338        |
| 41.11. Financiación .....   | 338        |
| <b>Capítulo 42. Composición de los residuos urbanos .....</b>   | <b>341</b> |
| <b>Capítulo 43. Sistemas de recogida .....</b>  | <b>345</b> |
| 43.1. Sistemas de recogida .....  | 345        |
| 43.2. Etapas de la recogida .....   | 346        |
| 43.3. La recogida en el Plan Nacional Español de Residuos Urbanos: Bases de la recogida en el Programa Nacional de recuperación y reciclaje ..... | 347        |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Capítulo 44. Recuperación de productos de los residuos urbanos</b> ..... | 351 |
| <b>Capítulo 45. Reciclado de productos de los residuos urbanos</b> .....    | 353 |
| <b>Capítulo 46. Transformación de los residuos urbanos</b> .....            | 355 |
| 46.1. Procesos de transformación .....                                      | 355 |
| 46.2. Biogás .....  | 355 |
| 46.3. Compostaje .....  | 357 |
| 46.4. Incineración .....  | 358 |
| 46.5. Sistemas químicos .....   | 360 |

#### DÉCIMA PARTE

#### RECICLADO Y RECUPERACIÓN A PARTIR DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES

|   |     |
|---|-----|
| <b>Capítulo 47. Planteamiento general</b> .....   | 363 |
| <b>Capítulo 48. Clasificación de los residuos industriales</b> .....                    | 367 |
| <b>Capítulo 49. Tratamientos químicos de los residuos industriales</b> .....            | 371 |
| <b>Capítulo 50. Tratamientos físico-químicos de los residuos industriales</b> .....     | 375 |
| 50.1. Ósmosis inversa .....   | 375 |
| 50.2. Destilación .....   | 375 |
| 50.3. Adsorción por carbón .....  | 376 |
| 50.4. Intercambio iónico .....  | 376 |
| 50.5. Electrodialisis .....   | 376 |
| 50.6. Extracción con disolventes .....  | 376 |
| <b>Capítulo 51. Compostaje de los residuos industriales</b> .....                       | 377 |
| <b>Capítulo 52. Tratamientos mecánicos de los residuos industriales</b> .....           | 379 |
| <b>Capítulo 53. Tratamientos térmicos de los residuos industriales</b> .....            | 381 |
| <b>Capítulo 54. Incineración de residuos industriales</b> .....                         | 383 |
| 54.1. Bases de la incineración .....  | 383 |
| 54.2. Sistemas de incineración .....  | 384 |
| 54.3. Calderas de recuperación de calor .....   | 385 |
| <b>Capítulo 55. Recuperación de productos mediante plasma térmico</b> .....             | 387 |
| <b>Capítulo 56. El reciclado y la recuperación en la minimización de residuos</b> ..... | 389 |
| 56.1. La minimización .....   | 389 |
| 56.2. Prioridades en la minimización .....  | 390 |

**UNDÉCIMA PARTE  
RECICLADO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Capítulo 57. Bases técnicas generales del reciclado de las aguas residuales</b> ..... | 395 |
| <b>Capítulo 58. Objetivos y posibilidades</b> .....                                      | 396 |
| <b>Capítulo 59. Problemas sanitarios</b> .....   | 399 |
| 59.1. Uso en agricultura .....   | 399 |
| 59.2. Uso de las aguas residuales en piscicultura .....                                  | 400 |
| 59.3. Uso general doméstico y urbano de las aguas residuales .....                       | 401 |
| 59.4. Uso industrial de las aguas residuales .....                                       | 401 |
| 59.5. Otros obstáculos técnicos, psicológicos y económicos .....                         | 401 |
| <b>Capítulo 60. Técnicas disponibles</b> .....   | 405 |
| 60.1. Eficacia de las técnicas disponibles .....   | 405 |
| 60.2. Etapas del tratamiento, función y características para potabilizar el agua .....   | 409 |
| 60.3. Cargas bacteriológicas .....   | 410 |

**DECIMOSEGUNDA PARTE  
EL RECICLADO Y LA RECUPERACIÓN EN LA LEGISLACIÓN**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Capítulo 61. El reciclado y la recuperación en la Ley española 10/1998, de 21 de abril, de residuos</b> .....  | 413 |
| <b>Capítulo 62. El reciclado y la recuperación en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases</b> .....  | 421 |
| <b>Capítulo 63. El reciclado y la recuperación en el Reglamento (RD 782/1998, de 20 de abril) para el desarrollo y ejecución de la Ley de Envases y Residuos de Envases</b> ..... | 427 |
| <b>Capítulo 64. El reciclado y la recuperación en la normativa legal del Plan Nacional Español de Residuos Urbanos</b> .....  | 447 |

**LIBRO III  
CASOS PRÁCTICOS**

**DECIMOTERCERA PARTE  
CASOS PRÁCTICOS Y EJEMPLOS DE RECICLADO DE RESIDUOS AGRARIOS  
Y DE LAS INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Capítulo 65. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en el sector ganadero</b> ..... | 453 |
|---|-----|

|  |            |
|--|------------|
| Caso 1: Metodología general de recuperación de nutrientes de excretas animales .....                                     | 453        |
| Caso 2: Reciclado de excretas de aves .....  | 456        |
| Caso 3: Reciclado de las excretas de ponedoras .....   | 458        |
| Caso 4: Reciclado de las excretas de broilers .....  | 459        |
| Caso 5: Reciclado de excretas de ave en alimentación de aves .....   | 459        |
| Caso 6: Reciclado de las excretas de ave en alimentación de ganado porcino ..  | 459        |
| Caso 7: Reciclado de las excretas de ave en alimentación de rumiantes ..   | 460        |
| Caso 8: Reciclado de excretas de ave en alimentación de ganado ovino ..  | 460        |
| Caso 9: Reciclado de excretas de ganado porcino .....  | 461        |
| Caso 10: Reciclado de excretas de ganado bovino y ovino .....  | 461        |
| Caso 11: Reciclado de purines con cadenas alimentarias acuáticas .....   | 462        |
| Caso 12: Acuicultura con aguas residuales .....  | 463        |
| Caso 13: Obtención de alimentos fermentados enriquecidos con proteínas ..  | 464        |
| <b>Capítulo 66. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en Agricultura .....</b>   | <b>465</b> |
| Caso 14: Reciclado en la fertilización .....   | 465        |
| Caso 15: Puesta en valor de los residuos ostréícolas .....   | 465        |
| <b>Capítulo 67. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en las industrias agroalimentarias .....</b>                     | <b>467</b> |
| Caso 16: Aprovechamiento de residuos de un ingenio azucarero .....   | 467        |
| Caso 17: Aprovechamiento de residuos y subproductos de una industria enológica .....                                     | 475        |
| Caso 18: Tratamiento de los vertidos de industrias transformadoras de patata ..  | 478        |
| Caso 19: Recuperación de potasio y proteínas en la fabricación de levaduras .....  | 479        |
| Caso 20: Recuperación de proteínas en feculerías .....   | 480        |
| Caso 21: Producción de metano por fermentación en una fábrica de patatas fritas congeladas .....                         | 480        |
| Caso 22: Producción de metano por fermentación en una fábrica de patatas fritas .....                                    | 481        |
| Caso 23: Producción de metano por fermentación en una fábrica de almidón .....   | 481        |
| Caso 24: Producción de metano por fermentación en una fábrica azucarera ..   | 481        |
| Caso 25: Producción de metano por fermentación en una fábrica conservera de legumbres .....                              | 481        |
| Caso 26: Sistemas básicos de reciclado para vinazas y residuos del prensado en destilerías y plantas vitivinícolas ..... | 482        |
| <b>Capítulo 68. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en las industrias forestales ..</b>                              | <b>485</b> |
| Caso 27: Reciclado y aprovechamiento de residuos forestales .....  | 485        |
| Caso 28: Aprovechamiento de residuos de la madera como fuente de calefacción .....                                       | 486        |
| Caso 29: Aprovechamiento de lodos de fabricación de pasta Kraft .....  | 487        |

|  |     |
|--|-----|
| Caso 30: Reciclado de efluentes de fábrica de cartón .....   | 488 |
| Caso 31: Reciclado integral en una fábrica de tableros de fibra .....  | 489 |
| Caso 32: Recuperación de las fibras de celulosa de papel viejo .....   | 490 |
| Caso 33: Reciclado de Tetra-Brik .....   | 491 |
| Caso 34: Destintado del papel reciclado .....  | 491 |
| Caso 35: Los circuitos de recuperación y reciclado del papel cartón .....                                    | 492 |
| <b>Capítulo 69. Casos prácticos y ejemplos de reciclado y recuperación en las industrias ganaderas</b> ..... | 495 |
| Caso 36: Recuperación de productos de los residuos de industrias cárnicas ..                                 | 495 |
| Caso 37: Reciclado en la fabricación de grasas, sebos y mantecas de matadero .....                           | 496 |
| Caso 38: Reciclado de efluentes en la fabricación de colas y gelatinas ...                                   | 497 |
| Caso 39: Recuperación de sueros en plantas lecheras .....  | 498 |
| Caso 40: Reciclado y recuperación de productos en las industrias lácteas ..                                  | 499 |

**DECIMOCUARTA PARTE**  
**CASOS PRÁCTICOS Y EJEMPLOS DE RECICLADO DE**  
**RESIDUOS URBANOS**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Capítulo 70. Casos prácticos de reciclado del papel y el cartón de los residuos urbanos</b> .....               | 503 |
| Caso 41: Reciclado del papel de los residuos urbanos .....   | 503 |
| Caso 42: Análisis del estado de la recuperación de papel usado en Francia ..                                       | 504 |
| Caso 43: Plan global de recuperación y reciclado de papel usado en un grupo de 26 fábricas europeas de papel ..... | 504 |
| Caso 44: Análisis temporal del mercado del papel usado: Caso de Francia ..   | 506 |
| Caso 45: El reciclado del papel en Finlandia .....   | 507 |
| <b>Capítulo 71. Casos prácticos de reciclado de plásticos de los residuos urbanos</b> ....                         | 509 |
| Caso 46: Reciclado de plásticos de los residuos urbanos .....  | 509 |
| <b>Capítulo 72. Casos prácticos de reciclado del vidrio de los residuos urbanos</b> .....                          | 513 |
| Caso 47: El reciclado del vidrio en la Unión Europea .....   | 513 |
| Caso 48: El reciclado del vidrio: Experiencias de los últimos años .....   | 514 |
| Caso 49: Recogida y tecnología del reciclado del vidrio .....  | 515 |
| <b>Capítulo 73. Casos prácticos y ejemplos de reciclado de diversos productos de los residuos urbanos</b> .....    | 517 |
| Caso 50: Planta modelo de reciclado y recuperación de subproductos ...   | 517 |
| Caso 51: Reciclado de residuos domésticos gigantes .....   | 518 |
| Caso 52: El reciclado en los despachos y oficinas .....  | 520 |
| Caso 53: Reciclado de residuos de construcción y demolición: Plan Nacional Español .....                           | 520 |



|   |     |
|---|-----|
| Caso 54: Tratamiento y reciclado de pilas y acumuladores            | 524 |
| Caso 55: Reciclado de las moquetas                                  | 525 |
| Caso 56: Reciclado de humos en incineradoras de residuos urbanos    | 526 |
| Caso 57: Reciclado del biogás de los vertederos de residuos urbanos | 527 |

**DECIMOQUINTA PARTE  
EL RECICLADO EN LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL Y  
EN LA AUTOMOCIÓN**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Capítulo 74. Gestión del reciclado en la industria del automóvil</b>                            | 531 |
| 74.1. Características y campos de aceptación de los productos fabricados en general                | 531 |
| 74.2. Bases del problema y cifras orientativas   | 533 |
| 74.3. Estructuras de reciclado en la industria europea del automóvil                               | 534 |
| 74.4. Ciclos y residuos en el reciclado y en la reutilización                                      | 535 |
| 74.5. Planes europeos  | 538 |
| 74.6. El reciclado para optimizar el uso de los recursos de producción                             | 540 |
| 74.7. El desmontaje  | 541 |
| <b>Capítulo 75. Reciclado específico de materiales y componentes de los vehículos fuera de uso</b> | 543 |
| 75.1. Reciclado del aluminio   | 543 |
| 75.2. Reciclado de las baterías de plomo   | 543 |
| 75.3. Reciclado de los plásticos   | 544 |
| 75.4. Reciclado de los parabrisas  | 545 |
| 75.5. Reciclado de los neumáticos usados   | 545 |
| 75.6. Reciclado de catalizadores   | 547 |

**DECIMOSEXTA PARTE  
CASOS PRÁCTICOS DE RECICLADO EN DIVERSOS  
TIPOS DE INDUSTRIA**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Capítulo 76. Identificación y reciclado de plásticos</b>                    | 551 |
| 76.1. Identificación automática de los plásticos                               | 551 |
| 76.2. Reciclado de plásticos sucios (básicamente polietilenos)                 | 551 |
| <b>Capítulo 77. El reciclado en las industrias químicas</b>                    | 553 |
| Caso 58: Control de vertidos de mercurio en una industria de cloro             | 553 |
| Caso 59: Tratamiento de vertidos en una industria de procesamiento de mercurio | 554 |
| Caso 60: Recogida, tratamiento y reciclado de residuos domésticos de mercurio  | 555 |
| Caso 61: Reciclado de yeso en una fábrica de ácido fosfórico                   | 556 |

|   |            |
|---|------------|
| Caso 62: Regeneración de residuos ácidos y salinos en la fabricación de monómeros .....                                       | 556        |
| Caso 63: Recuperación de glicerina de aguas de lavado en una fábrica de jabón .....   | 557        |
| Caso 64: Sistemas de tratamiento de residuos clorados, con obtención de ácido clorhídrico .....                               | 558        |
| Caso 65: El reciclado en una fábrica de aminoácidos sintéticos .....  | 559        |
| Caso 66: Recuperación de productos en una fábrica de metionina .....  | 560        |
| Caso 67: Recuperación de sulfato de hierro en metalurgia y en la industria del óxido de titanio .....                         | 561        |
| <b>Capítulo 78. El reciclado en las industrias metálicas .....</b>  | <b>563</b> |
| 78.1. Industrias metalmecánicas .....   | 563        |
| Caso 68: Corrección y reciclado en emisiones de industrias fabricantes de aleaciones metálicas .....                          | 563        |
| Caso 69: Sistemas anticontaminación en fundiciones de hierro, bronce y aluminio .....   | 564        |
| Caso 70: Recuperación, gestión y preparación de metales no férricos para el reciclado .....                                   | 564        |
| 78.2. Industrias siderometalúrgicas .....   | 564        |
| Caso 71: Reciclado en la industria del acero .....  | 564        |
| Caso 72: Reciclado de las arenas de fundición .....   | 564        |
| Caso 73: Límites de la normativa de la Unión Europea para residuos de aleaciones presentes en la chatarra .....               | 567        |
| <b>Capítulo 79. El reciclado en diversos casos específicos .....</b>  | <b>569</b> |
| 79.1. El reciclado en la industria textil .....   | 569        |
| 79.2. El reciclado en la gestión de los hidrocarburos .....   | 569        |
| Caso 74: Diseño de un sistema para la recuperación de hidrocarburos de las aguas residuales de una refinería de petróleo I .. | 576        |
| Caso 75: Tratamiento de las aguas residuales de una refinería de petróleo, con recuperación de hidrocarburos II .....         | 577        |
| 79.3. El reciclado en las centrales nucleares .....   | 578        |
| Caso 76: Recuperación de calor en los vertidos de refrigeración ..  | 578        |
| 79.4. Reciclado del material electrónico de desecho .....   | 579        |
| 79.5. Casos especiales .....  | 581        |
| Caso 77: Sustitución de productos de uso industrial .....   | 581        |
| Caso 78: Tratamiento y recuperación de aguas de lavado de canteras, graveras y areneros .....                                 | 581        |
| Caso 79: Plan y planta activa de recuperación de suelos afectados por contaminación orgánica .....                            | 582        |
| Caso 80: Reciclado de aceites usados .....  | 583        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>   | <b>587</b> |
| <b>ÍNDICE ALFABÉTICO .....</b>  | <b>601</b> |