

ÍNDICE

	Págs.
EXPLICACIÓN Y CONCEPTO GENERAL DE LA OBRA	21
– Factores y causas de la producción de residuos	21
– Estrategias básicas	23
– Líneas básicas del reciclado y la recuperación	33
– Plan de la obra	34

LIBRO I

LAS BASES NATURALES DEL RECICLADO Y SU APLICACIÓN

PRIMERA PARTE

LOS RECURSOS Y EL RECICLADO

Capítulo 1. Los recursos	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
Capítulo 2. Límites de los recursos-límites del crecimiento	35
2.1. Límites de crecimiento	35
2.2. Sistemas tecnológicos para la gestión racional de los recursos	37
Capítulo 3. El desarrollo sostenible y el reciclado: principios básicos	39
Capítulo 4. Recursos, energía, crecimiento, reciclado y recuperación	45
4.1. Planteamiento general	45
4.2. Crecimiento, energía y reciclado	48
Capítulo 5. El reciclado en el contexto de producción, consumo y desarrollo sostenible	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

Capítulo 6. El futuro de los recursos	59
6.1. Reciclado	59
6.2. Sustitución de productos	60

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

Capítulo 7. Los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza	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 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
Capítulo 8. Los ciclos bioquímicos básicos en los organismos	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
Capítulo 9. El reciclado y la recuperación en los organismos: análisis bioquímico ..	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- 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
Capítulo 10. El reciclado y la recuperación en los ecosistemas	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
Capítulo 11.	Principios y leyes ecológicas como base del reciclado	105

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

Capítulo 12.	Mecanismos de dispersión y de circulación de los contaminantes	113
12.1.	Bases generales	113
12.2.	La dispersión y la circulación de los contaminantes	113
Capítulo 13.	Interacciones químicas, ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes	117
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
Capítulo 14.	Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en la atmósfera	121
14.1.	Circulación de los contaminantes en la atmósfera	121
14.2.	Turbulencias	122
14.3.	Transporte y dispersión	122
Capítulo 15.	Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en las aguas continentales superficiales	125
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
Capítulo 16.	Dinámica de los contaminantes en las aguas subterráneas	137
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 no 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

Capítulo 17. Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en las aguas marinas	143
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

Capítulo 18. Ciclos, circulación y reciclado de los contaminantes en el suelo	149
18.1. El balance hídrico y la circulación	149
18.2. Los vertidos y los residuos en el suelo	151

Capítulo 19. Propiedades y características del suelo relacionadas con el reciclado de los residuos	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

Capítulo 20. Procesamiento general y reciclado de metales pesados en el suelo	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

24.3.	Pérdidas y recuperación en el crecimiento, en la producción y en la reproducción	217
Capítulo 25.	El reciclado y la recuperación a partir de los residuos agrarios	219
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
Capítulo 26.	Sistemas de reciclado de residuos agrarios	233
26.1.	Bases generales	233
26.2.	Sistemas tradicionales	234
26.3.	Sistemas físico-químicos	234
26.4.	Aprovechamiento de residuos agroalimentarios	236
 SEXTA PARTE LOS RESIDUOS Y EL RECICLADO EN EL MEDIO NATURAL Y EN EL MEDIO INDUSTRIAL 		
Capítulo 27.	Dinámica, transferencias, y transformaciones básicas de los residuos en la naturaleza	241
Capítulo 28.	Trayectoria de los residuos en el medio natural	243
Capítulo 29.	Estado físico de los residuos y aprovechamiento general	247
Capítulo 30.	Asimilabilidad de los elementos por la vegetación	249
30.1.	Contaminantes atmosféricos	249
30.2.	Elementos presentes en el suelo	254
Capítulo 31.	Las bolsas de residuos en el contexto del reciclado y la recuperación ..	257
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
Capítulo 32.	Las guías de recuperadores y recicladores	261

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

Capítulo 33. Los ecosistemas en la ecología industrial	265
33.1. Ecosistemas naturales, ecosistemas artificializados y ecosistemas industriales	265
33.2. Ecosistemas e industria	266
Capítulo 34. Los recursos energéticos: análisis dimensional	269
Capítulo 35. Los ecosistemas artificiales	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

Capítulo 36. Tecnologías limpias. Períodos de retorno	285
Capítulo 37. Tecnologías básicas de reciclado y recuperación	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. Electrodiálisis	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
Capítulo 38. El reciclado en cascada	297
Capítulo 39. Los sistemas de gestión medioambiental como marco del reciclado y la recuperación	301
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
 NOVENA PARTE RECICLADO Y RECUPERACIÓN A PARTIR DE LOS RESIDUOS URBANOS 	
Capítulo 40. Planteamiento general y definiciones básicas	315
Capítulo 41. El reciclado y la recuperación en el Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU) de España	317
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
Capítulo 42. Composición de los residuos urbanos	341
Capítulo 43. Sistemas de recogida	345
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

Capítulo 44. Recuperación de productos de los residuos urbanos	351
Capítulo 45. Reciclado de productos de los residuos urbanos	353
Capítulo 46. Transformación de los residuos urbanos	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	
Capítulo 47. Planteamiento general	363
Capítulo 48. Clasificación de los residuos industriales	367
Capítulo 49. Tratamientos químicos de los residuos industriales	371
Capítulo 50. Tratamientos físico-químicos de los residuos industriales	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
Capítulo 51. Compostaje de los residuos industriales	377
Capítulo 52. Tratamientos mecánicos de los residuos industriales	379
Capítulo 53. Tratamientos térmicos de los residuos industriales	381
Capítulo 54. Incineración de residuos industriales	383
54.1. Bases de la incineración	383
54.2. Sistemas de incineración	384
54.3. Calderas de recuperación de calor	385
Capítulo 55. Recuperación de productos mediante plasma térmico	387
Capítulo 56. El reciclado y la recuperación en la minimización de residuos	389
56.1. La minimización	389
56.2. Prioridades en la minimización	390

**UNDÉCIMA PARTE
RECICLADO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Capítulo 57. Bases técnicas generales del reciclado de las aguas residuales	395
Capítulo 58. Objetivos y posibilidades	396
Capítulo 59. Problemas sanitarios	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
Capítulo 60. Técnicas disponibles	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**

Capítulo 61. El reciclado y la recuperación en la Ley española 10/1998, de 21 de abril, de residuos	413
Capítulo 62. El reciclado y la recuperación en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases	421
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	427
Capítulo 64. El reciclado y la recuperación en la normativa legal del Plan Nacional Español de Residuos Urbanos	447

**LIBRO III
CASOS PRÁCTICOS**

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

Capítulo 65. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en el sector ganadero	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
Capítulo 66. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en Agricultura	465
Caso 14: Reciclado en la fertilización	465
Caso 15: Puesta en valor de los residuos ostréícolas	465
Capítulo 67. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en las industrias agroalimentarias	467
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
Capítulo 68. Casos prácticos y ejemplos de reciclado en las industrias forestales ..	485
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

Capítulo 69. Casos prácticos y ejemplos de reciclado y recuperación en las industrias ganaderas	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 maderero	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

Capítulo 70. Casos prácticos de reciclado del papel y el cartón de los residuos urbanos	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
Capítulo 71. Casos prácticos de reciclado de plásticos de los residuos urbanos	509
Caso 46: Reciclado de plásticos de los residuos urbanos	509
Capítulo 72. Casos prácticos de reciclado del vidrio de los residuos urbanos	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
Capítulo 73. Casos prácticos y ejemplos de reciclado de diversos productos de los residuos urbanos	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

Capítulo 74. Gestión del reciclado en la industria del automóvil	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
Capítulo 75. Reciclado específico de materiales y componentes de los vehículos fuera de uso	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

Capítulo 76. Identificación y reciclado de plásticos	551
76.1. Identificación automática de los plásticos	551
76.2. Reciclado de plásticos sucios (básicamente polietilenos)	551
Capítulo 77. El reciclado en las industrias químicas	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
Capítulo 78. El reciclado en las industrias metálicas	563
78.1. Industrias metalmeccánicas	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
Capítulo 79. El reciclado en diversos casos específicos	569
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
BIBLIOGRAFÍA	587
ÍNDICE ALFABÉTICO	601