

ÍNDICE

PRÓLOGO	13
----------------------	----

UNIDAD DIDÁCTICA I

Tema 1. Residuos: definición, clasificación y tratamiento	19
(Dra. Dña. Concepción López García)	
1.1. Concepto de residuo	21
1.2. Problemática de los residuos	24
1.3. Clasificación de los residuos	30
1.4. Aspectos generales del tratamiento de residuos	36
1.5. Conciencia ambiental en materia de residuos.....	42
Ejercicios de autocomprobación	45
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	46
Tema 2. Tratamiento de aguas residuales urbanas	49
(Dra. Dña. M. ^a del Pilar Cabildo Miranda)	
2.1. Normativa de las aguas residuales urbanas. Definiciones.....	51
2.2. Aguas residuales urbanas	52
2.3. Parámetros indicadores de la calidad del agua.	54
2.4. Tratamiento de las aguas residuales urbanas.....	61
2.5. Reutilización de aguas y lodos.....	70
Ejercicios de autocomprobación	73
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación.....	74
Tema 3. Tratamiento de aguas residuales industriales	77
(Dra. Dña. Soledad Esteban Santos)	
3.1. Aguas residuales industriales	79
3.2. Contaminación de las aguas residuales industriales.....	80
3.3. Tratamiento conjunto de aguas residuales urbanas e industria- les	82
3.4. Tipos de tratamientos de las aguas residuales industriales.....	83

3.5. Pretratamiento	84
3.6. Tratamiento primario	86
3.7. Tratamiento secundario	89
3.8. Tratamiento terciario	95
3.9. Tratamiento de lodos.....	101
3.10. Conclusiones	103
Ejercicios de autocomprobación	104
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación.....	105

UNIDAD DIDÁCTICA II

Tema 4. Residuos sólidos urbanos.....	109
(Dra. Dña. Consuelo Escolástico León)	
4.1. Concepto de Residuos Urbanos (RU)	111
4.2. Composición de los RU	112
4.3. Propiedades de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	113
4.4. Impacto ambiental de los RSU	120
4.5. Gestión de los RSU	121
Ejercicios de autocomprobación	134
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación.....	135
Tema 5. Tratamiento de la materia orgánica. Compostaje	139
(Dra. Dña. M. ^a del Pilar Cornago Ramírez)	
5.1. Compostaje y compost.....	141
5.2. ¿Por qué hacer compostaje?.....	143
5.3. Tratamiento aeróbico de la materia orgánica. Compostaje.....	149
5.4. Sistemas de compostaje	156
5.5. Otras formas de obtener compost	161
5.6. Conclusiones	165
Ejercicios de autocomprobación	166
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación.....	167
Tema 6. El suelo como medio de reciclado	171
(Dra. Dña. Dolores Santa María Gutierrez)	
6.1. Vertidos y residuos en el suelo.....	173
6.2. Capacidad de autodepuración en función de las propiedades edáficas	174

6.3. Reciclado de los metales pesados en el suelo	176
6.4. Reciclado de otros residuos y materiales que se aportan con frecuencia al suelo	181
6.5. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados	191
Ejercicios de autocomprobación	198
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	199
Tema 7. Vertederos	203
(D. Javier Pérez Esteban)	
7.1. El origen de los vertederos	205
7.2. Tipos de vertederos	205
7.3. Metabolismo y productos de vertedero: biogás y lixiviados	209
7.4. Biogás: composición, generación, extracción y gestión	212
7.5. Lixiviados: composición y generación.....	216
7.6. Protección del suelo y de las aguas: drenaje, recogida y tratamiento de lixiviados	219
7.7. Sellado y clausura. Recuperación medioambiental de vertederos.....	223
Ejercicios de autocomprobación	227
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	228
Tema 8. Tratamiento residuos industriales	231
(Dra. Dña. M. ^a Ángeles García Fernández)	
8.1. Definición y clasificación de residuos industriales	233
8.2. Gestión de residuos industriales	236
8.3. Tratamiento físico	239
8.4. Tratamiento químico	239
8.5. Tratamiento térmico.....	243
8.6. Tratamiento biológico	247
8.7. Vertederos de residuos industriales.....	247
8.8. Ecoeficiencia del sector industrial.....	248
Ejercicios de autocomprobación	251
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	252

UNIDAD DIDÁCTICA III

Tema 9. Residuos agrarios	255
(Dra. Dña. Marta Pérez Torralba)	
9.1. Definición y clasificación de residuos agrarios	257
9.2. Biomasa. Transformación de la biomasa en energía	260
9.3. Reciclado y recuperación a partir de los residuos agrarios	265
Ejercicios de autocomprobación	279
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	280
Tema 10. Reciclado de materiales poliméricos	283
(Dra. Dña. M. ^a Ángeles Farrán Morales)	
10.1. Introducción	285
10.2. Gestión de residuos poliméricos	296
10.3. Reciclado mecánico	299
10.4. Reciclado químico	303
10.5. Valorización energética	306
10.6. Degradación y ciclo de vida de los polímeros	307
10.7. Ejemplos prácticos de reciclado de polímeros	310
Ejercicios de autocomprobación	313
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	314
Tema 11. Tratamiento de residuos específicos I	317
(Dra. Dña. Rosa M. ^a Claramunt Vallespi)	
11.1. Introducción	319
11.2. Recuperación y reciclado de envases y embalajes	319
11.3. Reciclado de papel, cartón y tinta	321
11.4. Reciclado de vidrio	325
11.5. Recuperación de la madera	331
11.6. Reciclado de materiales metálicos	335
Ejercicios de autocomprobación	341
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación	342
Tema 12. Tratamiento de residuos específicos II	347
(Dra. Dña. Dionisia Sanz del Castillo)	
12.1. Tratamiento y gestión de pilas	347
12.2. Reciclado de vehículos y neumáticos fuera de uso	350
12.3. Aceites usados y fluidos de corte	359

12.4. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).....	361
12.5. Residuos sanitarios.....	363
12.6. Residuos radiactivos.....	365
12.7. Tratamiento de escombros.....	371
Ejercicios de autocomprobación.....	375
Soluciones a los ejercicios de autocomprobación.....	376
BIBLIOGRAFÍA.....	377
SIGLAS.....	379
ÍNDICE ALFABÉTICO DE TÉRMINOS.....	383

9.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS AGRARIOS

Los residuos agrarios se producen como consecuencia de las actividades del llamado sector primario de la economía (agricultura, ganadería, actividad forestal) y los producidos por industrias alimenticias (mataderos, empresas lácteas, harineras, tabaqueras, etc.).

La mayor parte de los residuos de estas actividades son orgánicos: ramas, paja, restos de animales y plantas, etc. Muchos de ellos se quedan en el campo y no se pueden considerar como residuos porque contribuyen de forma muy eficaz a mantener los nutrientes del suelo, a excepción de los animales muertos (como consecuencia de las enfermedades que pueden derivarse de los mismos).

Los residuos agrarios poseen algunas características específicas, como son: localización dispersa, valor económico muy bajo, concentración reducida y dificultad para su eliminación. Se incluyen los residuos de industrias agroalimentarias por su posibilidad de tratamiento y aprovechamiento común al resto de residuos agrarios, aunque no tengan todas las características comunes anteriores. Para su estudio, se suelen clasificar en función de las actividades que los generan, en los siguientes tipos:

- Residuos agrícolas.
- Residuos forestales.
- Residuos ganaderos.
- Residuos de industrias relacionadas con actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

Los *residuos agrícolas* se generan en las propias explotaciones (residuos de cultivos de cereales en grano, residuos originados por la poda de árboles frutales, residuos de cultivos de semillas oleaginosas, fertilizantes, productos

agrosanitarios, etc.) y en las industrias agroalimentarias (todas aquellas que transforman, conservan y manipulan numerosos productos procedentes de la agricultura: obtención de aceites, de conservas, envasado de frutas y legumbres, obtención de azúcar, fabricación de pan, bollería, pastelería y galletas, fabricación de cerveza y malta, etc.).

En España, la mayor parte de los residuos agrícolas está compuesta por residuos de cereales en grano, sobre todo de cebada, trigo y maíz. Los residuos originados de la poda representan también un porcentaje elevado, destacando la vid y el olivo.

Los residuos de la agricultura también engloban envases y plásticos. Estos últimos son especialmente abundantes cuando se emplea el sistema invernadero, y suponen un grave problema por su difícil degradación en el medio ambiente (Tema 10). También hay que destacar la elevada concentración de productos químicos fitosanitarios, como venenos, plaguicidas y funguicidas, así como los envases de estos productos.

Los *residuos forestales*, por su parte, pueden proceder por un lado del mantenimiento y mejora de las masas forestales, cuando se realizan podas, limpiezas, etc. y por otra, de los residuos resultantes de cortar los troncos de los árboles para hacer productos de madera. Estos trabajos generan unos residuos que es necesario retirar del bosque puesto que constituyen un riesgo muy importante en la propagación de plagas y de incendios forestales.

Dentro de este grupo también, se incluyen los residuos generados por las industrias forestales, que son susceptibles de ser utilizados como combustibles. Entre estas industrias se encuentran las serradoras o industrias de primera transformación, los fabricantes de productos elaborados de madera, los fabricantes de productos de corcho y los fabricantes de pasta de papel.

Los *residuos ganaderos*, se producen en las explotaciones ganaderas (excretas sólidas y líquidas, desinfectantes, antibióticos, detergentes, plaguicidas, etc.) y en las industrias ganaderas. Es importante tener muy en cuenta que estos residuos tienen un potencial contaminante elevado, debido fundamentalmente a los siguientes parámetros: materia orgánica disuelta y en forma de sólidos en suspensión, nitrógeno, fósforo y metales pesados (sobre todo cobre procedente de los piensos), y microorganismos. El

vertido de estos residuos sin ningún tratamiento hace que se contaminen tanto los suelos como torrentes y acuíferos, además de la emisión a la atmósfera de gran cantidad de gases como metano, amoníaco y dióxido de carbono. La llegada a las masas de agua superficiales o freáticas de la materia orgánica que contienen estos residuos produce pérdida de oxígeno disuelto e inicia el proceso de eutrofización. En el suelo supone un incremento de nitrógeno, que al no estar transformado, sufre un lento proceso de mineralización de modo que sólo una parte del mismo se utiliza de manera inmediata por los cultivos. El resto es arrastrado por el agua de lluvia o filtraciones contaminando las masas de agua de la zona con nitratos, que degradan los medios acuáticos y tienen efectos nocivos sobre la salud humana.

Se incluyen dentro de residuos ganaderos los siguientes tipos:

- *Estiércol*: constituido por excrementos de animales y restos de camas.
- *Purines*: deyecciones líquidas excretadas por el ganado.
- *Lisier*: abono producido por las excreciones sólidas y líquidas del ganado vacuno o porcino en alojamientos que no usan mucha paja u otro material para cama.
- *Agua sucia*: es el desecho, con menos del 3% de materia seca, generalmente formado por estiércol, orina, leche u otros productos lácteos o de limpieza. Normalmente se engloba en el lisier.

Los residuos ganaderos pueden clasificarse en función de su contenido en materia seca, en dos grandes grupos:

- *Pastosos*: cuando este contenido es $\geq 10\%$. Estos residuos son característicos del ganado bovino y aviar.
- *Líquidos*: cuando la cantidad en materia seca es $\leq 10\%$. Son típicos del ganado porcino y, en algunos casos, del bovino.

La composición de los residuos ganaderos depende del tipo de ganado, pero todos ellos se caracterizan por un alto contenido en nutrientes. Por ello, tradicionalmente se han utilizado como fertilizantes para los suelos, aunque actualmente han sido sustituidos por otros compuestos.

9.2. BIOMASA. TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA

La *biomasa* se define como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma.

Como tipos de biomasa, se puede distinguir entre *biomasa vegetal*, que es la materia orgánica producida a partir de la fotosíntesis, y la *biomasa animal* producida por los seres que se alimentan de materia vegetal.

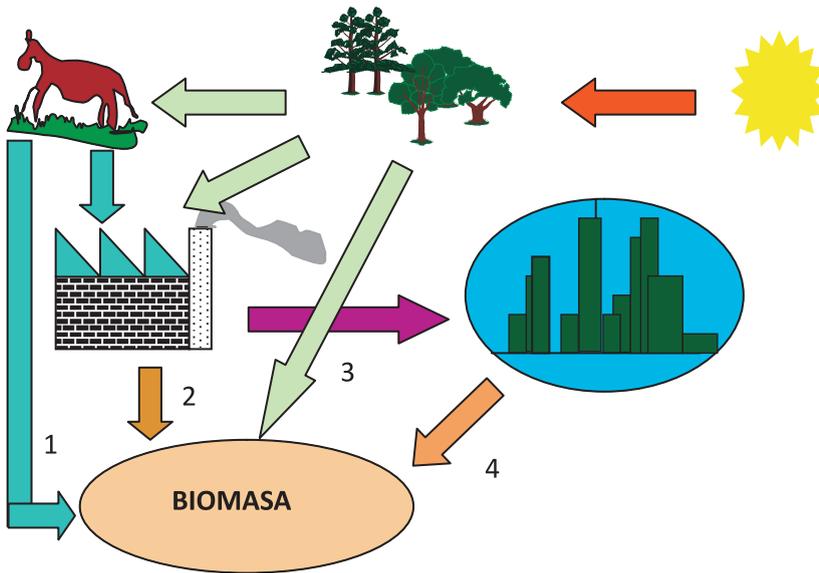
La biomasa se puede clasificar también en tres grandes grupos, según su origen:

- *Biomasa natural*: se genera en ecosistemas sin intervención humana.
- *Biomasa residual*: se obtiene como resultado de actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como de las industrias agroalimentarias y transformación de la madera. Otros materiales que también se incluyen en este apartado son los efluentes ganaderos, aguas residuales y lodos de depuradora.
- La *biomasa fósil*: la constituyen los residuos de biomasa fosilizados a lo largo del tiempo (petróleo, carbón, gas natural, etc.).

Mientras que la biomasa, en los países desarrollados es la energía renovable más extendida y que más se está potenciando, en multitud de países en vías de desarrollo es la principal fuente de energía primaria, lo que provoca en muchos casos, problemas ambientales como la deforestación, desertización, reducción de la biodiversidad, etc. No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente. El elevado coste de los combustibles fósiles y los avances técnicos que han posibilitado la aparición de sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa cada vez más eficientes, fiables y limpios, son los causantes de que esta fuente de energía renovable empiece a ser considerada por la industrias como una alternativa total o parcial a los combustibles fósiles.

La energía que tiene la biomasa es energía captada del Sol. Mediante el fenómeno de la fotosíntesis, el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar compuestos orgánicos a partir de sustancias simples y del

dióxido de carbono presente en el aire. De igual forma, el reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En los procesos de transformación de la materia orgánica se generan residuos que muchas veces no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos que demanda el mercado, pero sí pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos (Figura 9.1).



1. Residuos de la actividad ganadera
2. Residuos de industrias agrícolas y forestales
3. Residuos de la actividad forestal y cultivos energéticos
4. Residuos sólidos urbanos. Aguas residuales urbanas

Figura 9.1. Generación de biomasa.

Las perspectivas de la biomasa pueden separarse en dos grupos:

1. Por un lado, aplicaciones domésticas e industriales que pueden considerarse como tradicionales y que funcionan mediante la combustión directa de la biomasa. Los avances tecnológicos apuestan por la incorporación de sistemas de alimentación de biomasa y calderas que mejoren los rendimientos.