



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGON**

**“GENERACIÓN DE LA ENERGÍA A TRAVÉS DE LA  
BIOMASA”**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**PRESENTAN:**

**ABRAHAM ALCALÁ GÓMEZ**  
**ERIK HERNANDEZ AVILES**

**ASESOR: ING. JORGE RODRÍGUEZ LUNA**

**MEXICO , 2011**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres.

Por apoyarme incondicionalmente a superarme a pesar de mis fallas y mis deficiencias como hijo. Gracias por nunca rendirse y mostrarme que no hay mejor camino que el labrado a través del trabajo duro y honesto, como el que me mostraron con su ejemplo. Por siempre enseñarme el camino a seguir aun que en su momento no entendiera que era lo mejor para mí. Y por sobre todo gracias por su amor, comprensión y paciencia en todo este recorrido que me ha llevado a terminar mi carrera, y a comenzar una nueva etapa en mi vida, que se, será de éxitos y felicidad, todo dedicado a y por ustedes. Gracias con todo mi amor, respeto y admiración.

A mis hermanos.

Gracias por su apoyo y compartir tantos maravillosos que me llevaron a superarme y desear ser mejor persona cada día.

A mis profesores.

Por su dedicación y esfuerzo para intentar inculcar en cada de nosotros sus conocimientos, con los cuales poder fomentar un mejor futuro en nosotros y nuestra sociedad.

Y finalmente a todos aquellos directa o indirectamente dejaron grabado experiencia, tanto en os buenos momentos como en los malos, porque de ellos también aprendí.

**ABRAHAM**

***AGRADECIMIENTOS:***

*A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la facultad de estudios superiores Aragón y mis profesores por guiarme hacia el camino del conocimiento y del éxito, gracias.*

*Dedico este trabajo a mis padres:*

*José Antonio Hernández espinosa  
Francisca avilés Ramírez*

*Quienes con sabiduría y tolerancia comprendieron mis ideales, brindándome  
Su apoyo y confianza para alcanzar mis objetivos.*

*Este trabajo lo dedico con todo mi amor a mi esposa:*

*Rosa Nereyda Hernández Mojica*

*A mi hijo Marcelino Hernández Hernández:*

*Por ser el motor que me ha impulsado a lograr más y mejores metas en mi  
Vida.*

*A mis amigos y compañeros:*

*Quienes me apoyan incondicionalmente para la elaboración de este  
Proyecto de vida.*

*Y principalmente a DIOS por todo lo que soy.*

*Erik Hernández Avilés.*

**Índice de contenido**

<b>RUBRO</b>	<b>TEMA</b>	<b>PÁGINA</b>
	Capítulo I: La basura como un problema severo en la actualidad	
1.1	Introducción	4
1.2	El problema de la basura	4
1.2.1	Un poco de historia para el manejo de la basura	5
1.2.2	Estadísticas	7
1.2.3	Composición de la basura	7
1.2.4	Problemas generados por la basura	8
1.3	Degradación de los residuos	10
1.4	Destinos de la basura	13
1.4.1	Riesgo sanitario y deterioro ambiental	16
1.4.2	Transmisión de enfermedades por la basura	18
1.4.3	Contaminación del aire	19
1.4.4	Contaminación del agua	19
1.4.5	Contaminación del suelo	20
1.4.6	Problemas paisajísticos y riesgo	21
1.5	Alcance del problema de los RSU	21
	Capítulo II: Selección y separación de la basura	
2.1	Antecedentes	23
2.2	Composición de la basura	23
2.3	Aprovechamiento de los RSU	23
2.3.1	Tratamiento	24
2.3.1	Clasificación de los métodos de tratamiento	24
2.4	Programas de selección y separación de basura	27
2.4.1	El camino de la basura	29
2.4.2	Programa de separación de basura	30
2.4.3	Reducción de residuos urbanos	32
2.4.4	Reutilización	32
2.4.5	Reciclaje	32
2.4.5.1	Importancia del reciclaje	33
2.4.5.2	Ventajas y desventajas del reciclaje	33
		34

# **“Generación de energía a través de la biomasa”**

## **Índice**

### Capítulo III: Procesos de tratamiento de la biomasa

3.1	Generalidades	34
3.1.1	Recursos no renovables	34
3.1.2	Recursos renovables	34
3.1.3	Energía limpia	35
3.2	Definición de biomasa	36
3.2.1	Tipos de biomasa	36
3.2.2	Energía de la biomasa	37
3.3	Aprovechamiento de la biomasa	38
3.4	Elementos aprovechables de la biomasa	39
3.5	Sistemas de tratamiento de residuos sólidos	40
3.6	Métodos de conversión de la biomasa en energía	40
3.7	Incineración con recuperación de calor	41
3.7.1	Proceso de incineración	42
3.7.2	Ventajas y desventajas de la incineración	43
3.7.3	Parámetros de la incineración	44
3.7.4	Planta incineradora	45
3.7.5	Recuperación de energía de combustión	49
3.8	Rellenos sanitarios	50
3.8.1	Objetivo del relleno sanitario	51
3.8.2	Relleno sanitario y tiradero al aire libre	51
3.8.3	Métodos de manejo de rellenos sanitarios	52
3.8.4	Control de biogás	54
3.9	Pirolisis	54
3.9.1	Características y generalidades	54
3.9.1.1	Estadísticas	55
3.9.1.2	Conclusiones de los estudios	57
3.9.2	Tecnología para el proceso de pirolisis	58
3.9.3	Ventajas y desventajas de la pirolisis	58
3.10	Fermentación anaeróbica	59
3.10.1	Fases de la fermentación anaeróbica	60
3.10.2	Productos finales de la fermentación anaeróbica	61
3.11	Composteo	61
3.11.1	Parámetros del composteo	63
3.11.2	Formación de la composta	63

### Capítulo IV: Usos y aplicaciones de la energía obtenida a través del aprovechamiento de la biomasa

4.1	Introducción	65
4.2	Biomasa y recursos energéticos	66
4.2.1	Administración de los residuos orgánicos	66
4.2.2	Estudio de valor energético	68

## **“Generación de energía a través de la biomasa”**

	<b>Índice</b>	
4.3	Biocombustibles	68
4.3.1	Bioetanol	71
4.3.1.1	Aplicaciones del bioetanol	71
4.3.1.2	Ventajas del uso del bioetanol	72
4.3.1.3	Inconvenientes del uso del bioetanol	73
4.3.1.4	Combustibles derivados del bioetanol	73
4.3.1.5	Pilas de combustible	74
4.3.2	Biodiesel	75
4.3.2.1	Propiedades del biodiesel	76
4.3.2.2	Aplicación del biodiesel	77
4.3.3	Biogás	78
4.3.3.1	Componentes del biogás	79
4.3.3.2	Usos del biogás	79
4.4	Electricidad biomásica	82
4.5	Abono natural	84
4.6	Ecología doméstica	85
		88
	Conclusiones	
	Glosario	90
	Bibliografía	94

**Introducción**

En la actualidad, el desarrollo de la sociedad humana se basa en el consumo de grandes cantidades de energía. La energía que circula por los ecosistemas y permite la vida procede, en última instancia, del sol. No obstante, se trata de una energía que no hemos aprendido a aprovechar eficazmente.

Generalmente, la energía que utilizamos procede de los recursos naturales existentes en nuestro planeta, como el carbón y el petróleo. Estos recursos, sin embargo, degradan el planeta, contaminando sus aguas y el ambiente en general; por si esto fuera poco, son recursos no renovables que se están agotando debido a la sobreexplotación de ellos.

Las fuentes alternativas de energía, como el sol, el agua, el aire, la biomasa, el calor interno de la tierra, son recursos que prácticamente no se ocupan, a pesar de ser energías limpias y con muy poco o ningún impacto al medio ambiente.

Hablando de estadísticas, se puede decir que el consumo de recursos energéticos en el año 1991 a nivel mundial se marca de la siguiente forma:

- & Fuentes de energía renovable: 17%
- & Fuentes de energía no renovable: 83%

Tal vez se pudiera esperar que las cosas hayan cambiado ahora, casi veinte años después; la realidad es que no es así. En la actualidad seguimos abusando de los recursos que no son renovables y hemos omitido en lo más posible aquellos recursos que se renuevan constantemente.

Para que esto quede más claro, veamos algunas definiciones:

- & Recursos no renovables. Aquellos cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración; esto, en consecuencia, puede provocar su agotamiento. En este rubro se encuentran: el carbón, petróleo y gas natural, así como los minerales. Al ritmo de explotación actual, se prevé que se agotarán en un lapso no mayor a cien años.

# **“Generación de energía a través de la biomasa”**

## **Introducción**

---

& Energía nuclear. Hace algunos años, se pensó que la solución al problema del agotamiento de los recursos energéticos fósiles estaba en la energía nuclear. Por esta razón, muchos países industrializados se lanzaron a la carrera de construcción de centrales nucleares. Actualmente, muchos países obtienen de este recurso más del 50% de su electricidad. No obstante, la radiación que genera es un serio peligro para la vida.

& Recursos naturales renovables. Aquellos que, sin importar su uso, pueden regenerarse natural o artificialmente, como el agua y los alimentos. Son recursos que, al estar sometidos a ciclos, se mantienen de forma constante en la naturaleza.

En la era en la que vivimos, la necesidad de disponer de fuentes de energía aprovechables se ha convertido en algo imprescindible para el ser humano. Las fuentes no renovables van disminuyendo y, con ello, se han elevado los costes de su uso.

En vista de lo anterior, los distintos gobiernos del mundo han puesto en marcha diversos proyectos de investigación sobre otras fuentes de energía que puedan resultar rentables; éstas son denominadas energías alternativas.

En la República Mexicana, las energías alternativas apenas alcanzan un 15% de la producción energética actual.

Se puede enumerar a las energías alternativas como sigue:

- & Energía solar (del sol)
- & Energía eólica (del viento)
- & Energía hidráulica (del agua)
- & Energía geotérmica (del calor interno de la Tierra)
- & Energía de la biomasa (residuos orgánicos)

Este último es el motivo del presente trabajo de tesis, haciendo énfasis en la importancia del reciclaje y el aprovechamiento de la “basura”.

## **“Generación de energía a través de la biomasa”**

### **Introducción**

---

Se puede definir como biomasa a la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía la podemos recuperar mediante distintos procesos que veremos más adelante.

La biomasa se obtiene de restos vegetales, residuos forestales; incluso, de parte de la basura de las grandes ciudades. La biomasa se emplea para producir energía eléctrica; también puede transformarse en combustibles vegetales como: carbón vegetal, biogás y alcohol.

El uso de la biomasa puede manejarse como sigue:

- & Bosques. Sólo puede constituir una opción razonable en países en donde la densidad territorial de dicha demanda es muy baja; también la de la población de países pobres.
- & Residuos agrícolas, deyecciones y camas del ganado. Es una fuente importante de bioenergía, aun cuando no sea razonable darles este tipo de utilidad.
- & Cultivos energéticos. Consiste en cultivar vegetales para la posibilidad del aprovechamiento de cultivos energéticos. Esta opción no es muy rentable. Esto no se aplica en el caso de cultivos energéticos acuáticos; es el caso del Jacinto de agua, que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal. Podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas (microfitos), que tendrían la ventaja de permitir un cultivo continuo; esta alga produce, directamente, importantes cantidades de hidrocarburos.

A grandes rasgos, el aprovechamiento de la biomasa no es muy común; sin embargo, puede resultar ser una importante fuente de recursos energéticos de calidad y que sean útiles a la humanidad.

En el presente texto sólo se pretende marcar las potencialidades (hasta ahora menospreciadas) del uso de la biomasa para la obtención de energía útil y aprovechable.

**Capítulo I:**

**La basura como un problema severo en la actualidad**

**1.1 Introducción**

Según la definición del diccionario, basura es la suciedad que se recoge barriendo. Residuos de comida, papel, trapos viejos, cosas rotas y otros desperdicios. Esta definición resulta ser muy general y abarca todo el universo del concepto.

De forma más específica, se define como basura a todo material considerado como desecho y que se necesita eliminar. En gran parte, la basura es un producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor igual a cero por el desechado.

Normalmente, los residuos son colocados en lugares previstos para la recolección, para ser canalizada a tiraderos, vertederos, rellenos sanitarios o algún otro lugar.

**1.2 El problema de la basura**

La basura es un gran problema de todos los días y un drama terrible para las grandes ciudades que ya no saben que hacer con la gran cantidad de desperdicios, que además son fuente de malos olores; de infecciones y enfermedades; de contaminación ambiental; de alimañas; también constituye un problema de recolección y almacenamiento.

De hecho, una de las situaciones ambientales más serias que enfrenta nuestro planeta, es la basura.

Actualmente, el tema de la basura en el mundo es un tema de sustentabilidad y está adquiriendo enormes dimensiones (tales que son difíciles de imaginar). En este sentido y de forma general, se puede decir que no somos conscientes de esta realidad.

### **1.2.1 Un poco de historia para el manejo de la basura**

Remitirse al pasado es evocar, posiblemente, una problemática que aún no está resuelta y que, desafortunadamente, no va por buen camino para resolverse.

Hablando del pasado, se puede observar que todavía hoy se siguen hablando de los mismos temas referidos a la basura; este es un problema de México, de América ... y del mundo en general.

Esta problemática ha sido motivo de pláticas y discusiones desde el siglo XV y aún no ha terminado. Algunos de los momentos a los que podríamos hacer referencia en este sentido son los siguientes:

& De 1600 a 1800, la disposición final de la basura es efectuada en las calles, arroyos y huecos; todo ello, sin legislación regulatoria. Posiblemente, en esta fecha es cuando aparece el concepto de basurero a cielo abierto.

& En 1861, se define como necesario el licitar el servicio de recolección y de regularlo. Tal vez, en esta fecha hayan aparecido los servicios de recolección de basura. Por supuesto, resulta prácticamente imposible citar el lugar en donde esto comienza a realizarse.

& Durante 1869, se determinan dos cosas:

1. Quemar los RSU (residuos sólidos urbanos)
2. Se prohíbe a los vecinos depositar la basura en la parte exterior de las viviendas, debiendo conservar los depósitos detrás de la puerta, bajo sanción con multa por no acatar lo dispuesto.

Posiblemente es esta fecha se acepta (o se obliga) la quema de basura.

& En 1904, en Estados Unidos de Norteamérica, se comienza a enterrar los residuos; en un corto lapso de tiempo, otras ciudades comenzaron a hacerlo también. Se determina a esta fecha como la decisiva en cuanto al concepto de relleno con basura (relleno sanitario).

- & Durante 1906, en Estados Unidos, se publica el libro “la disposición de los residuos municipales”; en él, se aborda por primera vez el tema de la basura desde el punto de vista de la ingeniería.
- & En 1916, se realiza la primera huelga de los empleados del servicio de recolección de RSUs, lo que deja a la ciudad cubierta de basura por algún tiempo.
- & En 1928 aparece el tema “caracterización y tecnologías de reducción de residuos orgánicos”, que se refiere a un ensayo sobre la destrucción y aprovechamiento de los residuos orgánicos por medio de métodos biológicos. Por vez primera, se comienza a separar la basura y obtener los elementos orgánicos que la componen; se empiezan a hacer compostas como primer método de aprovechamiento de lo que hoy conocemos como **biomasa**.
- & En 1930, en Estados Unidos de Norteamérica, se utilizó por primera vez el término “relleno sanitario”
- & En 1942 se destaca un decreto que dicta: “el ente autónomo de industria municipal organiza un servicio de selección y clasificación de los residuos sólidos urbanos para la venta y se dispone de incorporación de empleados para realizar dicha tarea”. Es este momento el inicio de una política de reducción de la cantidad de basura.
- & Entre 1967 y 1968 se desarrollan en España, distintas acciones para la disposición final de residuos con métodos similares al relleno sanitario.
- & En 1970, la municipalidad de la ciudad de Buenos Aires adjudicó la construcción de la usina incineradora mecanizada N-1 ubicada en flores del sur. Fue puesta en marcha en 1974 y fue desactivada en 1976.
- & En 1977 se creó el cinturón ecológico área metropolitana sociedad del estado, conocido como CEAMSE.
- & Actualmente, existen zonas habitadas en terrenos que sirvieron en el pasado de rellenos sanitarios.

### **1.2.2 Estadísticas**

Las estadísticas son la forma de marcar un seguimiento o, cuando menos, un estudio de una problemática, como lo es el de la basura. De ello, se puede enumerar lo siguiente:

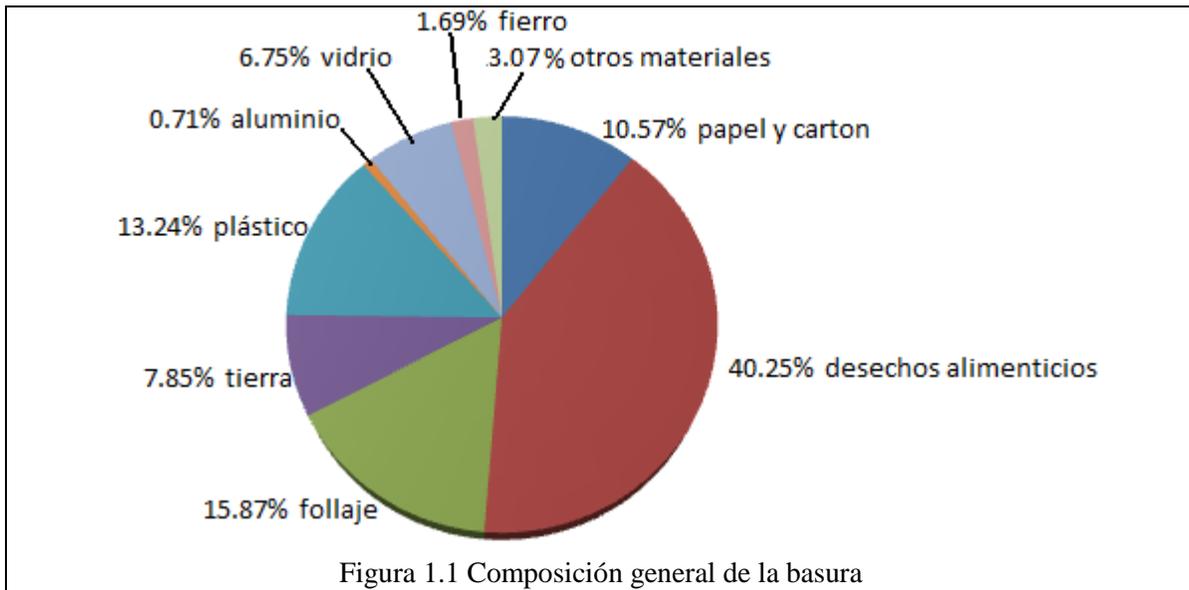
- & En la ciudad de México, cada habitante genera alrededor de 1 Kg de basura diariamente.
- & Durante el 2005, en los Estados Unidos de Norteamérica se desecharon 254 toneladas de basura, lo que equivale a 2.3 Kg de basura por persona, por día.
- & Cada ciudadano, a nivel mundial, genera al año 114 Kg de basura más que hace diez años.
- & En Venezuela, se producen diariamente veinte mil toneladas de basura, misma que no es separada ni tratada.

### **1.2.3 Composición de la basura**

De forma general, se puede decir que la basura contiene grandes cantidades de residuos orgánicos. De esta forma, el peso de la basura se divide en:

- & 10.57% Papel y cartón
- & 40.25% desechos alimenticios
- & 15.87% follaje
- & 7.85% tierra
- & 13.24% plástico
- & 0.71% aluminio
- & 6.75% vidrio
- & 1.69% fierro
- & 3.07% otros materiales

En base a lo anterior, se puede realizar la gráfica que se muestra en la figura 1.1



Esto, por supuesto, va variando entre ciudades y entre zonas de la misma ciudad.

#### **1.2.4 Problemas generados por la basura**

Entre los problemas que ocasiona la basura en la actualidad se encuentran:

- & La contaminación ambiental.
- & Los problemas de salud.
- & La detestable apariencia de las ciudades con basura.

Uno de los graves problemas que aquejan a la sociedad actual es, precisamente el de la basura, que se ve reflejado en el deterioro del medio ambiente, hablando en los aspectos generales de contaminación del agua, del suelo y del aire.

Este deterioro ha sido progresivo y prácticamente “imperceptible”; tan es así, que parece que nadie lo nota. Esto se debe, principalmente, a la incorrecta gestión de residuos sólidos urbanos, los cuales producen un impacto ambiental negativo.

Si se considera el crecimiento demográfico (de forma exponencial) que se produce en la ciudad y, con ello la expansión del área urbanizada, se aprecia que el servicio de recolección no beneficia a todos, lo que ocasiona que muchos vecinos vivan cerca de microbasureros generados por ellos mismos.

La quema de la basura al aire libre ocasiona grandes humaredas que generan un alto impacto a la capa de ozono del planeta y una grave contaminación ambiental; que es tóxica para los seres vivos, ya que muchos de los componentes de la basura son altamente nocivos.

La figura 1.2 muestra el grave problema de la quema de basura; que es, desafortunadamente, una práctica muy común en la actualidad.



Figura 1.2 Quema de basura

Las grandes ciudades, en la actualidad, se han visto “adornadas” por basureros clandestinos, creados por los propios vecinos de los alrededores.

Este hecho se ve en la figura 1.3.



Figura 1.3 Microbasureros en las ciudades

La basura no sólo contamina el ambiente, da mal aspecto y produce malos olores, también son verdaderos focos de infección y lugares de reproducción de hongos, bacterias, hongos y otros microorganismos; asimismo, son fuentes alimenticias y de reproducción para cientos de roedores, los cuales son portadores de otros organismos que provocan enfermedades en los seres humanos, daños a la salud que van desde los superficiales hasta graves enfermedades que pueden causar la muerte.

### **1.3 Degradación de los residuos**

La naturaleza posee mecanismos para regular el equilibrio en el planeta; sin embargo, el aumento exponencial de la población ha sobrepasado estas capacidades de regeneración natural. Cuando vamos de compras, nos esmeramos por llenar el carrito de envolturas y empaques que, eventualmente, pasarán a ser parte de la basura y de la problemática que ésta genera.

Se puede hacer un recorrido en este sentido, partiendo del menú de compras, tal como lo muestra la figura 1.4.



El tiempo de degradación de los residuos (basura) de las grandes ciudades se podría marcar como lo marca la tabla 1.1.

<b>Material</b>	<b>Tiempo de degradación</b>	<b>Ejemplos</b>
Chicle masticado	5 años	
Papel y cartón	1 año	
Latas de refresco (aluminio)	10 años	
Juguetes de plástico	300 años	

Tabla 1.1 Materiales y su tiempo de degradación

## “Generación de energía a través de la biomasa”

### Capítulo I

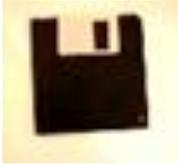
Material	Tiempo de degradación	Ejemplos
Botellas de plástico (PET)	Entre 100 y 1000 años	
Bolsas de plástico (polietileno)	150 años	
Tapones de plástico (polipropileno)	Más de 100 años	
Envases tetra-brik (celulosa, polietileno y aluminio)	30 años	
Pañales sucios	100 años	
Disquetes (plástico y metal)	100 a 1000 años	
Encendedores de acero y plástico	100 años	
Colilla de cigarrillos	1 a 2 años	

Tabla 1.1 Materiales y su tiempo de degradación (continuación)

<b>Material</b>	<b>Tiempo de degradación</b>	<b>Ejemplos</b>
Botellas y envases de vidrio	4000 años	
Aerosoles (estructura metálica)	30 años	
Pilas (elementos altamente contaminantes)	Más de 1000 (aunque algunos de sus componentes nunca se degradan)	
Desechos orgánicos	4 semanas (siempre y cuando no se mezclen con desechos inorgánicos o sustancias químicas)	

Tabla 1.1 Materiales y su tiempo de degradación (continuación)

### **1.4 Destinos de la basura**

La basura que sacamos de nuestros hogares debería (oficialmente) ser recolectada por el transporte municipal destinado para ello y llevada a los vertederos o rellenos sanitarios existentes; gran parte de ella llega a ese destino, como lo muestra la figura 1.5.

Cabe hacer mención de que muchas personas se dedican a la recolección y separación de la basura con fines económicos, pero generando (quizá sin notarlo) un bien al medio ambiente y a la sociedad.



Figura 1.5 Vertederos de basura

Pero la realidad nos indica otro panorama; mucha de nuestra basura va a parar a:

& Basureros clandestinos en las mismas ciudades, como se puede observar en la figura 1.6, que a continuación se muestra.



Figura 1.6 Basureros clandestinos dentro de las comunidades

& A las playas, arroyos y ríos, como lo muestra la figura 1.7.



Figura 1.7 Playas y ríos contaminados por la basura

En realidad, los destinos a los que llega la basura son diferentes y la problemática que provoca también lo es; las razones por lo que esto ocurre se pueden listar como sigue:

- & Las personas tienen poca o ninguna conciencia del daño que hace la desproporcionada y gigantesca producción de basura. No obstante, los intentos mundiales por generar la reducción de los desechos urbanos no ha tenido mucho auge.
- & Es “más fácil” tirar la basura a media calle que esperar el camión. A pesar de estar distribuidos botes y/o contenedores de basura del municipio, estos siempre se encuentran llenos, debido a la mala organización de las autoridades.
- & Las bolsas de basura que se dejan afuera de establecimientos y de hogares, son asaltados por animales callejeros, tales como perros y gatos, que trasladan los desechos al resto de la calle.
- & Los camiones recolectores no pasan frecuentemente o, simplemente no pasan en algunas comunidades, lo que obliga a los habitantes a quemar la basura o simplemente “inventarse” tiraderos para la comunidad.

& Las autoridades “olvidan” en donde se encontraban los antiguos tiraderos de basura que ya fueron enterrados. Este podría parecer un problema menor, pero no es así; el conflicto en este punto es que muchos de esos terrenos se han convertido actualmente en terrenos de siembra, donde los cultivos absorben las sustancias dañinas que se encuentran en el subsuelo, lo que implica un grave riesgo para la salud de la población que los consume. También, se han construido unidades habitacionales, en donde los desechos enterrados son un foco de infección para los pobladores de la zona.

Los problemas generalizados de la producción de basura a nivel mundial se puede esquematizar como se muestra en la figura 1.8.

#### **1.4.1 Riesgo sanitario y deterioro ambiental**

Para detectar con eficiencia las áreas de mayor riesgo sanitario y alto deterioro ambiental, a causa de grandes concentraciones de residuos sólidos, se considera como fundamental buscar las zonas en donde existe una gestión negativa o mal manejo de los RSUs, que es la forma de buscar, realmente, una muestra representativa de lo que queremos encontrar.

Por lo regular, se hacen estudios de suelo, agua y medio ambiente en zonas de grandes o medianos recursos económicos y, por ende, el problema es minimizado.

Lo cierto es que un importante sector de la población, generalmente la de bajos recursos económicos, se ven afectados por este problema en gran medida, pues afecta su modo de vida y su salud.

Desde un punto de vista integral, se puede decir que la salud, el bienestar y la enfermedad, son consecuencia de la interacción del hombre con su medio. En este sentido, las enfermedades que mayor peso tienen sobre la mortalidad no provienen de causas aisladas; por el contrario, se les puede considerar como un fenómeno desencadenado por un conjunto de causas biológicas, ambientales y sociales.

Los riesgos asociados a la gestión negativa de los residuos sólidos urbanos son una problemática que parece no terminará.

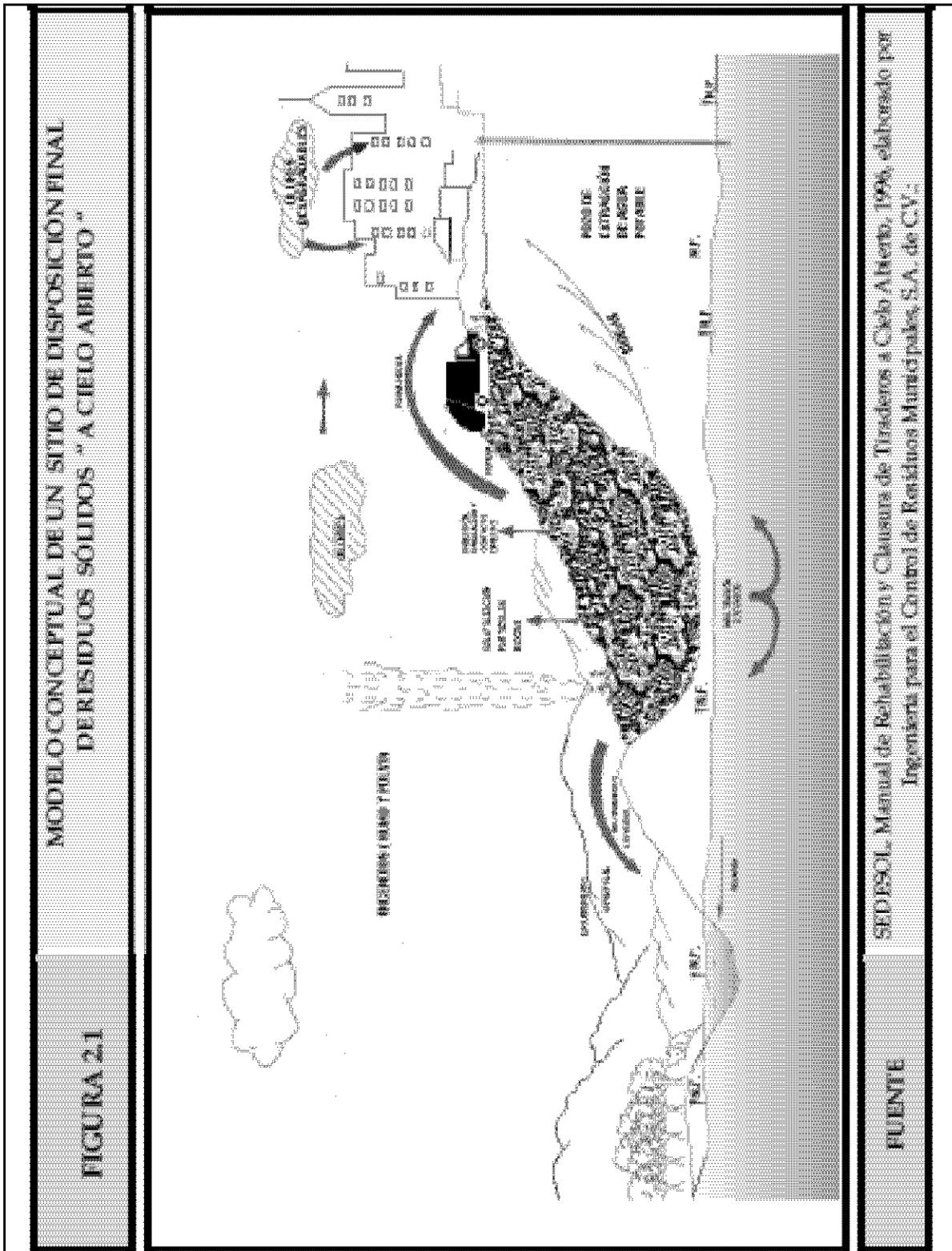


Figura 1.8 Principales problemas generados por la basura

### **1.4.2 Transmisión de enfermedades por la basura**

La transmisión de enfermedades que pueden producirse por contacto directo con los residuos o por la vía indirecta a través de los vectores o transmisores más comunes de ellos; tal es el caso de:

- & Insectos. Moscas, mosquitos, cucarachas que son muy pequeños y pueden, fácilmente introducirse a las viviendas.
  
- & Mamíferos. Ratas, perros y gatos callejeros que comen de la basura.

Según estudios recientes, se sabe que la acumulación de residuos urbanos puede causar más de cuarenta enfermedades que pueden ir desde una simple colitis pasajera, hasta infecciones de todo tipo; incluso, aquellas que pueden provocar la muerte.

Como es de esperarse, la población más vulnerable a este riesgo es la infantil y los ancianos, que adquieren enfermedades infecciosas, parasitarias y respiratorias, entre muchas otras. La gente más afectada es aquella que no puede combatir las enfermedades por falta de recursos.

Algunas de las enfermedades que se registran en las unidades sanitarias y que están directamente relacionadas con la basura son: ascariasis, hepatitis, virósica, toxoplasmosis, fiebre tifoidea y polieomelitis, principalmente.

También podrían mencionarse otras patologías, como las broncopulmonares, los broncoespasmos, el asma (adquiridas por vía respiratoria) y las enfermedades de la piel; así como los problemas intestinales como es el caso de la diarrea aguda, que constituyen los trastornos más frecuentes provocados por el contacto directo con los desechos; esto ocurre, principalmente, en las personas que viven en o muy cerca de los basureros.

Todo esto influye en el proceso salud-enfermedad de la comunidad, puesto que a las enfermedades ya citadas se agregan otras como la sarna, pediculosis y tuberculosis (extremadamente contagiosas). En realidad, la lista parece interminable.

### **1.4.3 Contaminación del aire**

Paralelamente a las infecciones que promueve la exposición de la basura al medio ambiente urbano, la quema de residuos a la que recurren los pobladores, puede derivar en lesiones muy graves para el sistema respiratorio.

El hecho es que, al quemar la basura, se produce la suspensión de partículas en el aire, que pueden ser altamente contaminantes; esto lo muestra la figura 1.9.

Si a lo anterior se le agrega el mal olor que produce la basura, estamos en presencia de las principales causas de contaminación del aire que respiran los habitantes de las ciudades.



Figura 1.9 Quema de RSUs. Contaminación del aire

### **1.4.4 Contaminación del agua**

Como se había comentado anteriormente, la contaminación producida por algunos residuos (cabe decir, productos de la actividad humana) sobre los recursos hídricos, constituye uno de los problemas ambientales que caracterizan a prácticamente cada ciudad a nivel mundial.

Esto ocasiona un deterioro en casi todos los elementos del sistema fluvial, llámense ríos, arroyos (incluso el mar), etcétera. Lo anterior se observa en la figura 1.10.

Esta contaminación proviene, en su mayoría, de:

- & La descarga clandestina de líquidos cloacales.
- & El arrojado de residuos de origen doméstico sobre lagunas, lagos y ríos.

Debido a la gran vegetación que es capaz de crecer en agua contaminada, el daño real del exceso de basura en el agua, no llega a apreciarse en su totalidad. A lo anterior, hay que agregar el hecho de que, en los márgenes de estos sitios se producen asentamientos humanos que, más que ayudar, influyen en estos lugares de forma negativa.

De esta forma, tanto los afluentes como los residuos que son arrojados por los habitantes próximos a las lagunas, hacen que las mismas se vayan colmando de basura y generando olores nauseabundos donde proliferan todo tipo de insectos.



Figura 1.10 Contaminación del agua

### 1.4.5 Contaminación del suelo

Los suelos (principalmente terrenos de siembra) pueden ser alterados en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados que, al contaminarlos, los dejan inutilizados por largos períodos de tiempo.

La contaminación en el suelo es producto del sedimento de las aguas de inundación y de los anegamientos transitorios, debido a las precipitaciones. Es importante destacar el impacto que sufren los suelos en las áreas de influencia de las lagunas de tratamiento de líquidos cloacales; así como las zonas de los basureros municipales y los improvisados.

Este problema se nota en las zonas rurales y también en las zonas urbanas; esto se muestra en la figura 1.11.



Figura 1.11 Contaminación del suelo

#### **1.4.6 Problemas paisajísticos y riesgo**

La acumulación de residuos en lugares no aptos, trae consigo un impacto paisajístico negativo; constituye un deterioro visual que, además de tener asociado un importante riesgo ambiental (en algunos casos), puede producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.

#### **1.5 Alcance del problema de los RSU**

El planeta y las sociedades tienen grandes problemas en la actualidad; la contaminación, la corrupción, la explosión demográfica, etcétera.

Se puede decir que los problemas causados por la basura y desechos en general, son de igual magnitud que los ocasionados por el agotamiento paulatino de los hidrocarburos o la escasez de alimentos.

Hay cosas que no cambiarán, pero definitivamente cuando se trata de residuos sólidos urbanos, nos damos cuenta de la gran cantidad de componentes orgánicos aprovechables que posee.

En la industria, es práctica común aprovechar con fines energéticos algunos residuos como son: el bagazo de la caña o los licores residuales de la producción de celulosa.

Sin embargo, en otras industrias (principalmente la alimenticia), se produce un gran volumen de residuos orgánicos que podrían ser empleados para generar energía útil y que, hasta el momento, se desechan.

**Capítulo II:**  
**Selección y separación de la basura**

**2.1 Antecedentes**

La basura representa un enorme problema para la sociedad actual; los desechos urbanos (tanto la basura como las aguas negras) y los desechos industriales, presentan graves problemas ambientales para su disposición final, mismos que se agudizan en las grandes ciudades. Su manejo y tratamiento inadecuado dan como consecuencia la contaminación de aquellos sitios donde se desechan; así como las aguas superficiales y los mantos freáticos que reciben la fracción líquida de los residuos orgánicos.

En años recientes, se ha despertado un interés cada vez mayor en la reutilización y el reciclamiento de estos desechos, tanto con fines de su aprovechamiento energético como para el control de la contaminación.

Una fracción importante de la basura urbana son desechos orgánicos (desechos de cocina y de jardín); esta porción, en los hogares de la ciudad de México constituye la mitad de la basura.

Por supuesto, la composición de la basura y su producción per-cápita puede variar notablemente de ciudad a ciudad y entre los diversos estratos de una misma ciudad.

Se han realizado diversos estudios en este sentido, obteniendo diferentes resultados en los diversos países; llegando a una sola conclusión: es necesario reducir la cantidad de basura que se genera todos los días a nivel mundial.

Por ello, se han lanzado diversas campañas de concientización y de “educación”, tratando de crear una cultura de la basura. Estos proyectos han ido variando con el tiempo, siempre buscando que más gente entre en él. Al día de hoy, no se han obtenido los resultados óptimos ni esperados, pero se ha ido avanzando.

**2.2 Composición de la basura**

Como se manejó en el capítulo anterior, la basura se compone de diversos elementos, la mayoría de ellos de origen orgánico, los cuales dejan de ser aprovechables cuando se mezclan con residuos inorgánicos y más aún, con residuos peligrosos.

Por supuesto, la basura y su composición así como su cantidad, dependen del lugar, la densidad de población y la cultura de cuidar el medio ambiente, entre otros factores. Por ejemplo, se tiene en Argentina una estadística como lo que se muestra en la figura 2.1.



**2.3 Aprovechamiento de los RSU**

El aprovechamiento de los residuos urbanos sigue siendo un tema de polémica a nivel mundial.

Se han realizado publicaciones de forma sorprendente acerca de este tema; pero todo se ha quedado en papel. El problema no sólo no desaparece sino que, con el paso del tiempo, se ha ido acrecentando.

Es necesario que las autoridades tomen cartas en el asunto y determinen, de acuerdo a los medios y tecnología a su alcance, el proceso o procesos necesarios que resulten más convenientes para cada zona en particular.

### **2.3.1 Tratamiento**

El tratamiento es el procedimiento al que someten los RSUs, mediante el cual se modifican sus características físicas, químicas y/o biológicas para aprovecharlos, estabilizarlos, reducir su volumen y/o facilitar su manejo, así como su disposición final.

La selección de técnicas específicas de tratamiento para un sistema de limpia pública de cualquier ciudad depende de las necesidades y condiciones que se tengan para llevarlo a cabo.

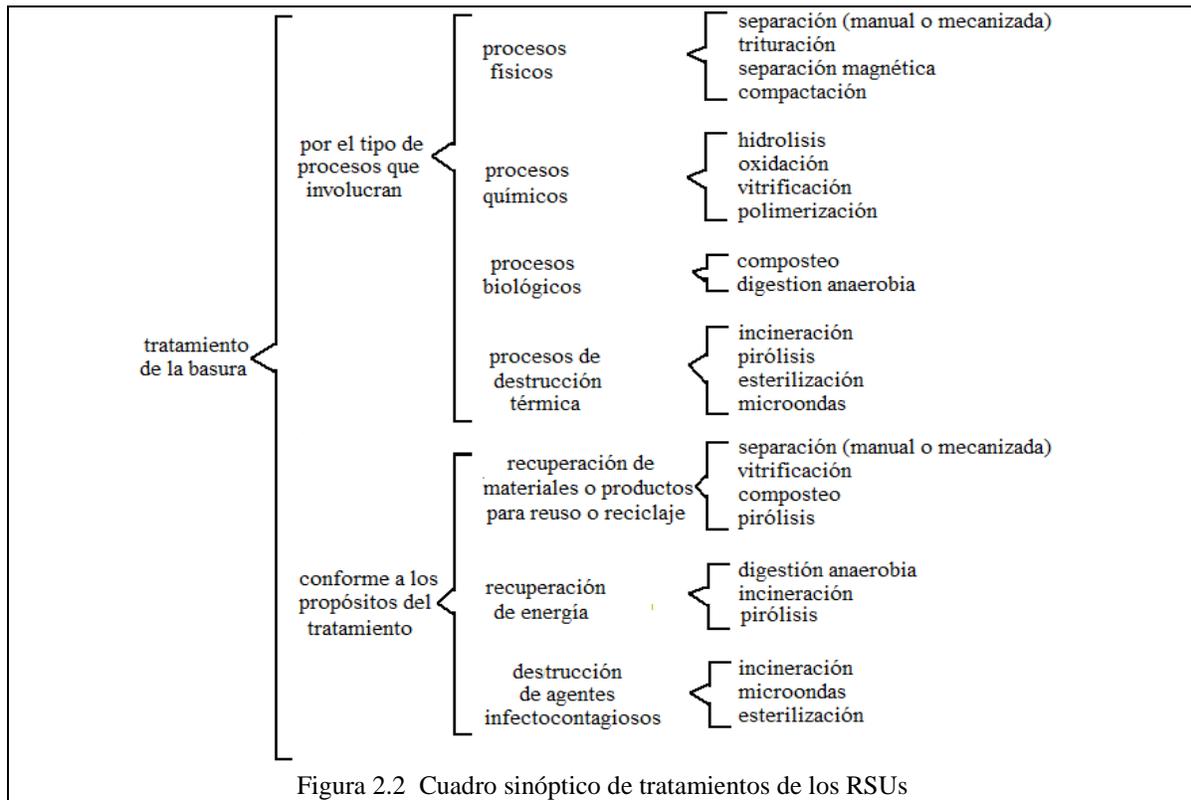
En este sentido, es muy importante tomar en cuenta la disposición de las autoridades y de los propios habitantes de las comunidades para apoyar en esta labor.

Los objetivos básicos del tratamiento de RSU se pueden enumerar como sigue:

- & Mejorar la eficiencia del sistema de limpia pública en su conjunto.
- & Recuperar materiales aprovechables.
- & Conversión de productos y energía.
- & Control de la contaminación ambiental.

### **2.3.2 Clasificación de los métodos de tratamiento**

Los métodos de tratamiento de los residuos sólidos se pueden clasificar de acuerdo a diversos criterios; estos se muestran en la figura 2.2.



En la tabla 2.1 se muestran los métodos físicos para el tratamiento de residuos sólidos

Método	Descripción
Separación (manual o mecanizada)	Es muy usada para la recuperación de papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son sujetos de comercialización como materia prima para diversas industrias. La separación manual se practica en las fuentes generadoras, en los camiones recolectores de RSUs y en los tiraderos de RS que operan ‘a cielo abierto’. La separación magnética se utiliza a nivel industrial para separar materiales ferrosos.
Trituración	Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los RSU para disminuir el costo de transporte. Forma parte del método de tratamiento de microondas de los residuos infecto-contagiosos.
Compactación	Se utiliza, principalmente, en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos. La compactación se lleva a cabo con maquinaria pesada. En países sin tecnología, la compactación llega a ser manual.

Tabla 2.1 Principales métodos físicos utilizados para el tratamiento de residuos sólidos

La tabla 2.2 muestra los procesos químicos correspondientes.

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Composteo	Este método es utilizado para procesar la parte orgánica de los RSUs que, generalmente, representa el 60% del volumen total. Consiste en la fermentación controlada y acelerada de los residuos utilizando el contenido microbiano presente. El resultado es un producto estabilizado que se emplea como abono orgánico o mejorador de suelos; sin llegar a nivel de fertilizante. Una variante de este proceso es el vemicompostaje, que consiste en producir composta aprovechando la actividad metabólica de la lombriz roja de california.
Digestión anaerobia	Es el proceso natural por medio del cual se degrada la materia orgánica, como en el caso de los rellenos sanitarios. La fermentación ocurre en forma lenta y en ausencia de oxígeno, liberándose un gas que contiene 60% de metano (aproximadamente), por lo que se puede emplear como una fuente de energía no convencional. Existe también la posibilidad de llevar a cabo este proceso a nivel de planta, utilizando reactores en condiciones controladas; logrando con ello, mayor eficiencia en la producción de metano en el menor tiempo posible.

Tabla 2.2 Principales procesos químicos empleados para el tratamiento de residuos sólidos

En la tabla 2.3 se observan los procesos biológicos en el tratamiento de la basura.

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Hidrólisis	Proceso mediante el cual se rompen los enlaces moleculares de los residuos agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases o enzimas. Los productos de la molécula rota pueden ser inocuos o requerir ser tratados posteriormente y con más facilidad para reducir su toxicidad. Es utilizado, principalmente, en el tratamiento de residuos peligrosos.
Oxidación	Tecnología basada, principalmente, en el uso de agentes oxidantes tales como: peróxido de hidrógeno, ozono o hipoclorito de calcio, para oxidar la materia orgánica. La oxidación con aire húmedo es un tratamiento que rompe enlaces presentes en los compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables; se realiza a altas temperaturas y presiones. Originalmente, se desarrolló para tratar a todos los residuos.
Vitrificación	Este tratamiento es utilizado para inmovilizar los componentes peligrosos de los residuos y transformas su comportamiento químico y físico. Se emplea para reducir residuos peligrosos en una cámara de reacción a altas temperaturas y en ausencia de oxígeno. Los contaminantes se funden junto con la masa vítrea.
Polimerización	La polimerización utiliza catalizadores para convertir monómeros y polímeros de bajo grado, en compuestos particulares de alto peso molecular que pueden encapsular en su matriz diversos tipos de residuos.

Tabla 2.3 principales procesos biológicos empleados para el tratamiento de residuos sólidos

En la tabla 2.4 se muestran los métodos térmicos utilizados en el tratamiento de los residuos sólidos.

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Incineración	Tecnología compleja y costosa pero efectiva para hacer el tratamiento de los residuos sólidos de todo tipo. Las plantas incineradoras incluyen los sistemas de recuperación de energía en forma de vapor y electricidad. Este método genera gases contaminantes; por ello, deberá considerarse el costo del sistema y una inversión adicional para cumplir con los estándares de emisión de gases a la atmósfera.
Pirolisis	Se utiliza en el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como: llantas, aceites, telas y cartón contaminados con aceite, madera, etcétera. Su nombre científicos es termólisis y consiste en la descomposición térmica de la materia en ausencia de aire, transformándola en hidrocarburos limpios y/o carbón. Este proceso no genera gases contaminantes.
Microondas	Se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infecto-contagiosos provenientes de hospitales y clínicas. Los residuos son triturados y se les inyecta vapor; después son expuestos continuamente a microondas. La desinfección se hace al aumentar la temperatura hasta 95°C durante un tiempo aproximado de treinta minutos.
Esterilización	Proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infecto-contagiosos

Tabla 2.4 Métodos térmicos empleados para el tratamiento de residuos sólidos

### **2.4 Programas de selección y separación de basura**

Muchos son los programas que se han implementado para el buen manejo de la basura y la reducción de la misma; los gobiernos y entidades participantes se valen de un conjunto de avisos publicitarios, como los que se muestran en las figuras 2.3 y 2.4.



Figura 2.3 Avisos publicitarios para la separación de basura



Figura 2.4 Fotografías relevantes en la promoción de separación de basura

**2.4.1 El camino de la basura**

Los residuos urbanos van a parar, a primera instancia, a los contenedores de basura en las calles, como lo muestra la figura 2.5.



Antes de que pase el camión, los carritos se “abastecen”, como se ve en la figura 2.6. Ellos recuperan 12 723,500 dólares anuales para la industria.



Actualmente, existe una gran cantidad de clasificadores recuperando materia prima para el reciclaje; es difícil saber cuantos son en realidad; el apoyo que generan es a través de un proceso de recolección, separación y venta de residuos, como lo muestra la figura 2.7.



#### **2.4.2 Programa de separación de basura**

Entre otros proyectos, se tiene el programa de separación de los residuos urbanos en cuatro grupos principales de acuerdo a sus características y a su posible aprovechamiento; estos grupos se distinguen por el color de las bolsas y/o contenedores para ellos (se pretende que las bolsas sean dadas en los supermercados al hacer las compras).

Sus colores son: verde, amarillo, azul, rojo; cada una con sus leyendas para evitar errores (ver figura 2.8).



Figura 2.8 Propuesta de clasificación de la basura

### **2.4.3 Reducción de los residuos urbanos**

La reducción de los residuos urbanos (basura), comienza en la casa; si cada persona separa y clasifica los desperdicios para mandarlos al reciclaje industrial, se elimina gran parte de la función de los tiraderos de basura. Con ello, se apoya también al deteriorado medio ambiente.

Como se comentó, los productos separados pueden ser vendidos o acumularse en centros de acopio vecinales para su posterior reutilización industrial.

### **2.4.4 Reutilización**

Actualmente, existen diversos programas que invitan a los habitantes de zonas urbanas y rurales a reutilizar las cosas, como los envases, cajas y demás productos.

En apoyo a ello, los supermercados han puesto a disposición del usuario los mismos productos pero en envases de “repuesto”, que permiten reutilizar el envase original; tal es el caso del champú, la leche en polvo, el café, etcétera.

En los años recientes, la reutilización y procesamiento de la basura (a nivel casero), se han ido organizando poco a poco. Esta situación permitirá un futuro en el que los desperdicios de las grandes ciudades puedan ser aprovechados al 100% y convertidos en fuente de riqueza para las comunidades que los generan.

### **2.4.5 Reciclaje**

Se define como reciclaje al proceso que reintegra al ciclo de consumo los materiales presentes en los RSUs que ya fueron desechados y que son aptos para elaborar otros productos (de las mismas o de diferentes características).

Para que el proceso de reciclaje pueda tener éxito, se requiere, en primera instancia, una correcta separación de la basura. El seleccionar los materiales que pueden ser reciclados es una tarea relativamente simple; se trata de encontrar aquellos materiales que no “se pudran”, generando malos olores y atrayendo insectos; tal es caso del vidrio, el papel, el plástico, etcétera.

**2.4.5.1 Importancia del reciclaje**

El reciclaje es muy importante, debido a dos razones principalmente:

- & Si únicamente se tiran o entierran, producen un alto índice de contaminación en el lugar en que se encuentran (arroyos, carreteras, etcétera).
- & De los residuos sólidos se obtienen materias primas para reciclaje industrial; esto evita que se sigan agotando los recursos naturales.

**2.4.5.2 Ventajas y desventajas del reciclaje**

Como todo sistema, el proceso de reciclaje ofrece beneficios y tiene ciertas desventajas; esto se detalla en la tabla 2.5.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>&amp; Reducción de los RSUs.</li><li>&amp; Alargamiento de vida de rellenos sanitarios.</li><li>&amp; Ahorro de gasolina y medios de transporte para trasladar la basura.</li><li>&amp; Contribuye a la conservación y protección de los recursos naturales y el medio ambiente.</li><li>&amp; Genera empleos.</li><li>&amp; Representa el mejor uso de los recursos renovables del planeta.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>&amp; Baja participación ciudadana.</li><li>&amp; Está sujeto a la variación del mercado de los subproductos.</li><li>&amp; Las inversiones correspondientes no son siempre rentables; esto causa gran impacto, aún si se toma en cuenta el beneficio ecológico.</li></ul>

Tabla 2.5 Ventajas y desventajas del reciclaje

**Capítulo III:**  
**Procesos de tratamiento de la biomasa**

**3.1 Generalidades**

Actualmente, el desarrollo de la sociedad humana está basado en el consumo de grandes cantidades de energía. La energía que circula por los ecosistemas y permite vivir a los seres vivos procede, en última instancia, del sol.

No obstante, y a pesar del desarrollo científico y tecnológico, aún no hemos aprendido a aprovechar eficazmente esta fuente inagotable. Por ello, la mayor parte de la energía que utilizamos procede de los recursos existentes en nuestro planeta, principalmente del carbón y el petróleo.

**3.1.1 Recursos no renovables**

Se conoce como recursos no renovables a aquellos cuyo consumo es mayor al de su regeneración, lo que generará en corto o mediano plazo, su agotamiento. Los principales recursos de este tipo son:

- & Carbón
- & Petróleo
- & Gas natural
- & Minerales

Los tres primeros se agrupan en una categoría conocida como combustibles fósiles. Los combustibles fósiles y su explotación se muestran en la figura 3.1.

**3.1.2 Recursos renovables**

Los recursos naturales renovables son aquellos que se regeneran en un ciclo muy rápido y constante, tal es el caso del sol y del agua.

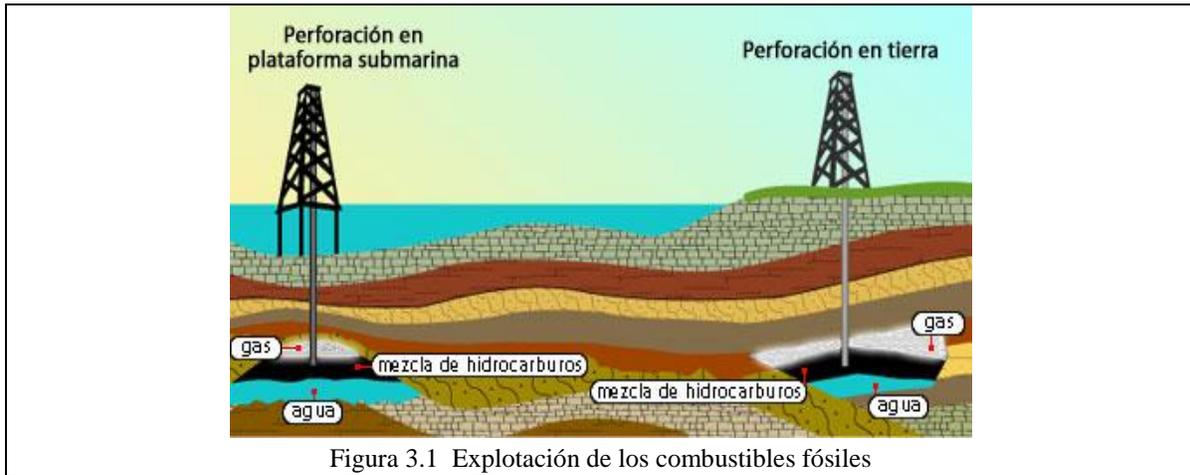


Figura 3.1 Explotación de los combustibles fósiles

### 3.1.3 Energía limpia

La energía limpia es un sistema de producción de energía con exclusión de cualquier contaminación o la gestión mediante la cual nos deshacemos de todos los residuos peligrosos para nuestro planeta.

Es decir, se trata de aquellas que se encuentran en pleno desarrollo en vista de la necesidad imperante de preservar el medio ambiente y por la crisis de energías agotables, a través de los recursos no renovables.

Principalmente, se pueden enumerar los procesos de obtención de energía por medio de la luz solar y la velocidad del viento, como lo muestra la figura 3.2.



Figura 3.2 Fuentes renovables de energía limpia

### **3.2 Definición de biomasa**

La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles.

De forma general, biomasa (abreviatura de masa biológica) se define como la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre o por organismos de un tipo específico.

#### **3.2.1 Tipos de biomasa**

Básicamente, se pueden diferenciar dos tipos de biomasa:

- & Aquella que tiene que ver con la materia total de los seres que viven en un determinado lugar, expresado en peso por unidad de volumen o de área, como lo muestra la figura 3.3.
  
- & Aquella que consiste en la materia orgánica que tiene su origen en un proceso biológico (ya sea espontáneo o provocado) que se utiliza como fuente de energía (ver figura 3.4).

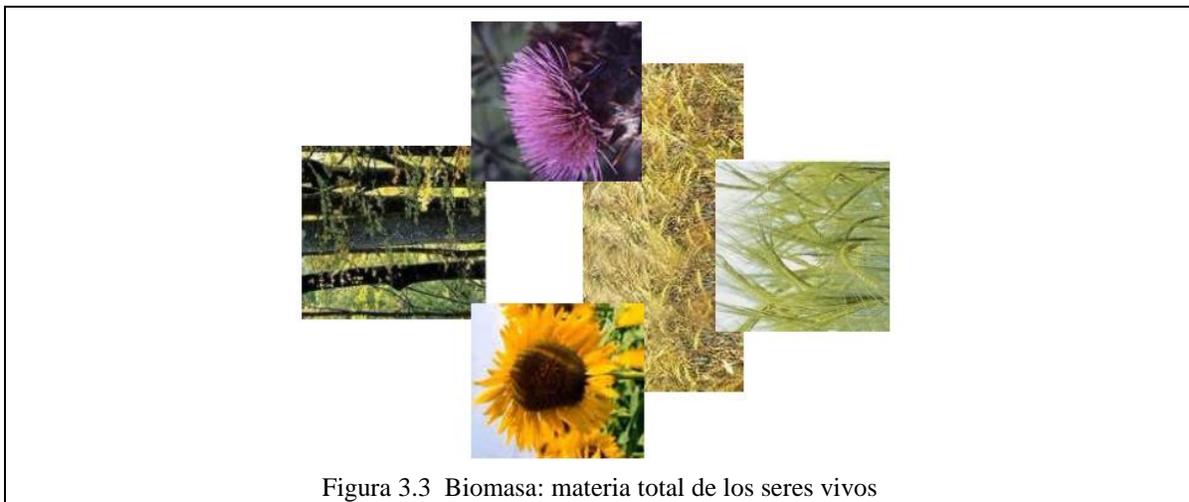


Figura 3.3 Biomasa: materia total de los seres vivos



Figura 3.4 Biomasa: materia orgánica por proceso biológico

La biomasa incluye:

- & Plantas de crecimiento rápido
- & Restos de animales
- & Madera
- & Algas cultivadas
- & Etcétera

Con todo esto, se puede aclarar que, finalmente, es una fuente de energía procedente del sol, y puede convertirse en energía renovable, siempre que sea utilizada adecuadamente.

### **3.2.2 Energía de la biomasa**

El término de biomasa es ampliamente utilizado en discusiones relativas al combustible energético que se obtiene, directa o indirectamente, de recursos biológicos.

Cabe mencionar que la energía de la biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas y el estiércol, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo.

En términos energéticos, se utiliza como energía renovable, como es el caso de:

- & La leña
- & El biogás
- & El bloque sólido de combustible
- & El biodiesel
- & El bioalcohol

## “Generación de energía a través de la biomasa”

### Capítulo III

La biomasa podría proporcionar energías sustitutas, gracias a biocarburantes (tanto líquidos como sólidos), como el biodiesel o el bioetanol.

La biomasa se puede producir y obtener a partir de subproductos o residuos. De ello, resulta la tabla 3.1, que muestra la biomasa aprovechable y sus ventajas.

Grupo de biomasa	Ejemplos	Observaciones	Ventajas
Cultivada y agrícola	- Orujos - Paja - Cardo - Árboles - Maíz		& Permite eliminar residuos orgánicos e inorgánicos, al tiempo que les da utilidad. & Es una fuente de energía renovable
A partir de residuos	- Alpechín - Cáscaras de frutos secos - Restos de carpintería - Restos de podas, siegas y limpieza de montes - Aserrín y otros residuos de la industria alimentaria	Residuo del proceso de elaboración del aceite de oliva.  Si contiene humedad, el residuo se seca.	& Es una fuente de energía no contaminante (o contaminante en muy pequeña escala).
Residuos ganaderos	- Purines - Excrementos del ganado		

Tabla 3.1 La biomasa y sus grupos

### 3.3 Aprovechamiento de la biomasa

La biomasa es aprovechable como fuente de energía; la forma de aprovechar la biomasa como energéticos puede ser:

- & A través de la combustión directa. Este método es muy tradicional en la República Mexicana del aprovechamiento de la biomasa; principalmente, de la leña y el bagazo de la caña.
- & Mediante la conversión de la biomasa en diferentes hidrocarburos. Esto se logra con el uso de diferentes procesos; de acuerdo al lugar, la tecnología y el tipo de energético que se desee obtener.

La combustión directa es el proceso en donde se aprovecha el poder calorífico de la biomasa. El resto, son procesos químicos y biológicos para la obtención de hidrocarburos y electricidad.

### **3.4 Elementos aprovechables de la biomasa**

En general, toda la biomasa es aprovechable; sin embargo, algunos elementos producen más beneficios que otros. Se puede dividir la explotación de la biomasa en tres grupos:

- & Bosques
- & Residuos agrícolas
- & Cultivos energéticos

La única biomasa realmente explotada en la actualidad para fines energéticos es la de los bosques, para cubrir parte de la demanda energética sólo puede constituir una opción razonable en países en donde la densidad territorial de dicha demanda es muy baja (la población del tercer mundo, por ejemplo).

Los residuos agrícolas, deyecciones y camas de ganado constituyen otra fuente importante de bioenergía, aunque no siempre es razonable utilizar este tipo de utilidad. En países industrializados, sólo se asimila como recomendable el uso, para este fin, de la paja de los cereales en los casos en que el retirarla del campo no afecte apreciablemente a la fertilidad del suelo; y de las deyecciones y camas de ganado, cuando el no utilizarlas sistemáticamente como estiércol, no perjudique las productividades agrícolas.

Los cultivos energéticos consisten en cultivar vegetales para la posibilidad del aprovechamiento de ellos. Esta opción es muy rentable.

Es muy discutida la conveniencia de los cultivos o plantaciones para fines energéticos por su rentabilidad en sí mismos y por la competencia que ejercerían con la producción de alimentos y otros productos necesarios.

No obstante, no todas las zonas son propicia para este tipo de cultivo, ya que intervienen factores importantes como el clima, la riqueza de la tierra, la aceptación en cuanto al choque con los cultivos tradicionales, etcétera.

Por otro lado, el problema de la competencia entre los cultivos clásicos y los cultivos energéticos queda disuelto al tratarse de los cultivos acuáticos. Una planta acuática particularmente interesante desde el punto de vista energético, es el Jacinto de agua, que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal (se habla de aproximadamente cien toneladas de materia seca por hectárea y por año).

Podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas, llamadas micrófitos, que tienen la ventaja de permitir un cultivo continuo; el alga unicelular *Borriococcus braunii*, en relación a su peso, produce directamente importantes cantidades de hidrocarburos no contaminantes y aprovechables en su totalidad.

### **3.5 Sistemas de tratamiento de residuos sólidos.**

El tratamiento de residuos sólidos urbanos es, en la actualidad una necesidad imperante más que una posibilidad. Este es un tema sumamente discutido.

En la práctica, las autoridades de los ayuntamientos reciben propuestas de todo tipo, relacionados con el medio ambiente y su conservación.

Las tecnologías más ocupadas en el mundo para el tratamiento y disposición final de los RSU son:

- & Relleno sanitario
- & Incineración
- & Composteo

Por supuesto, estos métodos y otros más, dependen del tipo de residuo; y sólo es aplicable sobre basura separada por tipos.

### **3.6 Métodos de conversión de la biomasa en energía**

La biomasa es muy completa, y puede ser convertida en energía a través de distintos tratamientos, como:

- & Métodos termoquímicos
- & Métodos biológicos

Los métodos termoquímicos para la conversión de la biomasa en energía, se basan en la utilización del calor como fuente de transformación. Están adaptados, eficientemente, a la biomasa seca (paja, madera). Estos métodos son básicamente dos: combustión y pirolisis, que veremos más adelante.

Al hablar de métodos biológicos, se trata de procesos que involucran, de forma directa o indirecta, la intervención de seres vivos microscópicos o muy pequeños. En este tipo de grupo tenemos, básicamente a la fermentación; misma que puede ser alcohólica o metánica.

### **3.7 Incineración con recuperación de calor**

La forma más sencilla de aprovechar la biomasa como recurso energético, puede ser a través de la combustión directa; este ha sido un medio tradicional en la República mexicana, en donde se ha utilizado la leña y el bagazo de la caña.

La incineración, con recuperación de calor es la combustión completa de la materia orgánica; este proceso se detiene hasta que quedan únicamente cenizas. Éste forma parte de los procesos térmicos que se describieron anteriormente.

Este proceso es llevado a cabo, principalmente, en hornos de industrias incineradoras (ver figura 3.5), y algunas de sus aplicaciones pueden ser:

- & Para la destrucción de documentación, información importante que debe ser protegida, evitando que caiga en manos extrañas que podrían hacer mal uso de ésta.
  
- & La destrucción de residuos sólidos orgánicos (basura).

El proceso de incineración como tratamiento de los residuos orgánicos no debe ser confundido con la quema clandestina que se lleva a cabo al aire libre y genera serios problemas ambientales y de salud.



### **3.7.1 Proceso de incineración**

Se le conoce como incineración a un proceso térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química en exceso de oxígeno.

Los factores para que esto se lleve a cabo son:

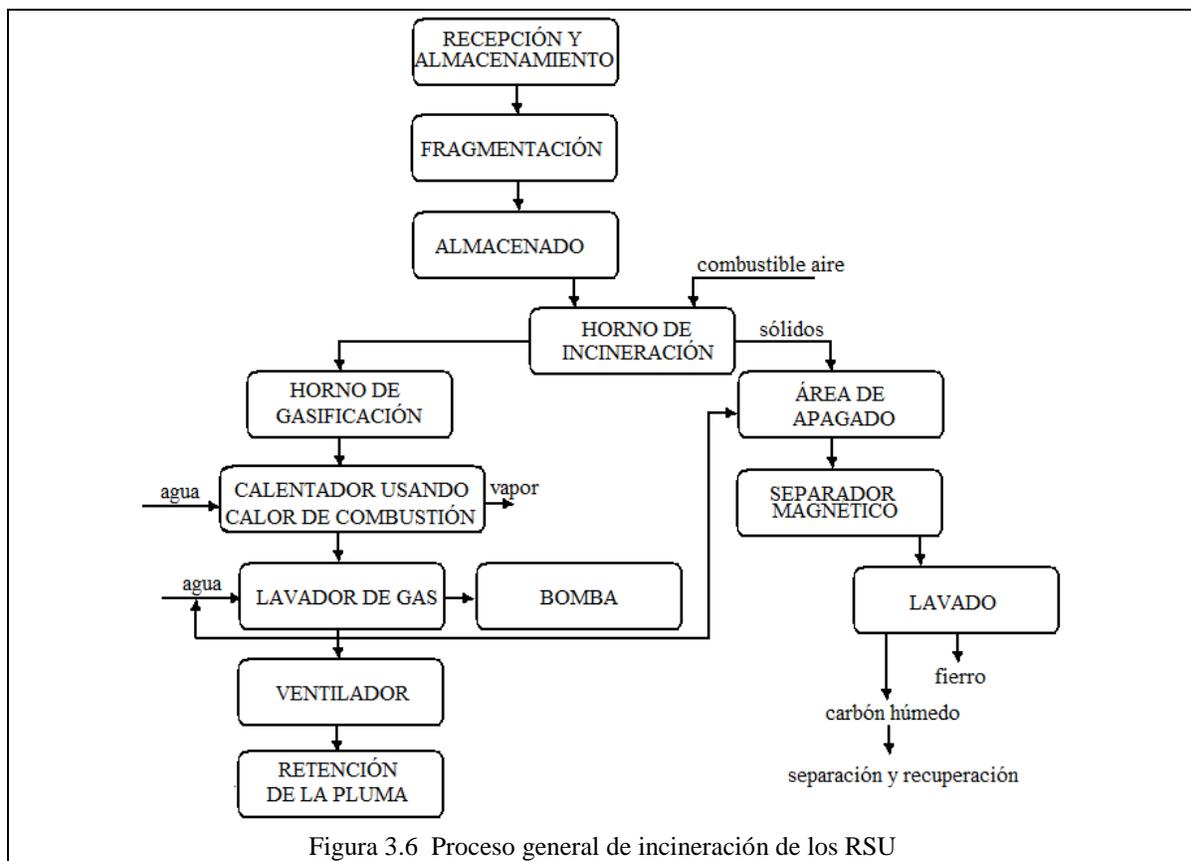
- & Alta temperatura. Se toma en cuenta que muchos de los materiales no se queman con facilidad y requieren un incremento de calor para destruirse.
- & Atmósfera oxidante. El exceso de oxígeno ayuda a la rápida descomposición de los desechos.
- & Proceso de agitación para ayudar a la destrucción de los desechos orgánicos.

Los productos finales provenientes de la incineración dependen de la composición de los residuos; se pueden enumerar como lo marca la tabla 3.2.

El proceso de incineración se muestra en la figura 3.6.

Componente de entrada	Componente de salida
Carbono	Cenizas, dióxido de carbono
Oxígeno	Dióxido de carbono
Hidrogeno	Vapor de agua
Halógenos	Ácido ahologenados, Br <sub>2</sub> , I <sub>2</sub>
Azufre	Óxido de azufre
Nitrógeno	Óxido de nitrógeno
Fósforo	Pentóxido de fósforo
Metales	Óxido metálico
Metales alcalinos	Hidróxidos, inquemados

Tabla 3.2 Relación entre las entradas y salidas de un proceso de incineración



### 3.7.2 Ventajas y desventajas de la incineración

Las ventajas y desventajas de la incineración se pueden observar en la tabla 3.3.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>&amp; Posibilidad de recuperación de energía</li><li>&amp; Tratamiento de numerosos tipos de residuos</li><li>&amp; Implantación posible cerca de núcleos urbanos</li><li>&amp; No requiere de mucho espacio.</li><li>&amp; Reducción de residuos entre un 90% y un 95%.</li><li>&amp; Elimina contaminantes tóxicos.</li><li>&amp; La recuperación de los materiales del residuo de la incineración y del calor del proceso de incineración puede producir ingresos significativos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>&amp; No elimina al 100% los residuos, por lo que es necesario un vertedero para el depósito de cenizas procedentes de la incineración.</li><li>&amp; Genera gases que deben ser tratados.</li><li>&amp; Necesitan energía externa para su funcionamiento.</li><li>&amp; Baja flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos.</li><li>&amp; La inversión económica y los costes del tratamiento son elevados.</li><li>&amp; Existe la posibilidad de averías, por lo que se necesita un sistema alternativo de apoyo al tratamiento.</li></ul>

Tabla 3.3 Ventajas y desventajas de la incineración

### **3.7.3 Parámetros de incineración**

Los parámetros de incineración son una medida importante; el control de ellos resulta imprescindible dentro del proceso. La variación de alguno de ellos puede ocasionar severas deficiencias para el tratamiento de RSU.

Para conseguir que el proceso de incineración sea correcto, minimizando los problemas que pueda ocasionar, se deben controlar los siguientes parámetros:

- & El tiempo de retención de los RSU en contacto con el oxígeno dentro de la cámara de incineración.
- & Relación de cantidades oxígeno – residuo, y su mezcla.
- & Temperatura de la cámara de incineración.

**3.7.4 Planta incineradora**

Aunque no todas las plantas incineradoras son iguales ni funcionan de la misma forma, básicamente se componen de:

- & Proveedor de basura
- & Foso de residuos
- & Puentes grúa
- & Tolvas de alimentación
- & Parrilla de incineración
- & Horno
- & Cenizas de fondo
- & Tratamiento de gases
- & Filtros
- & Cenizas volantes
- & Chimenea
- & Turbinas

Estos componentes se muestran en la figura 3.7.

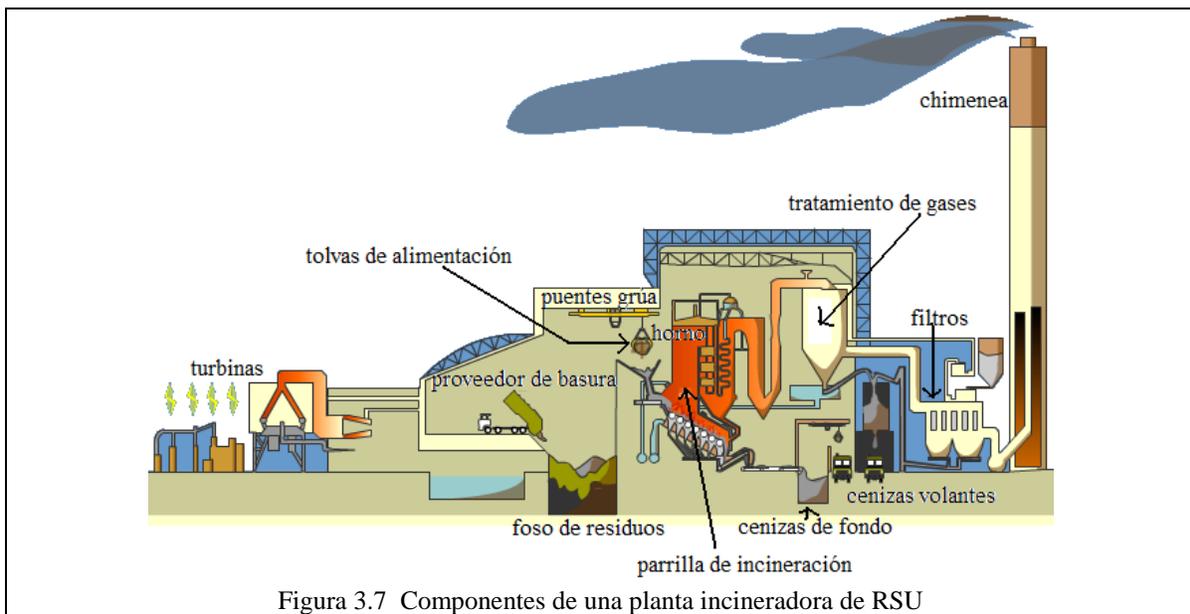
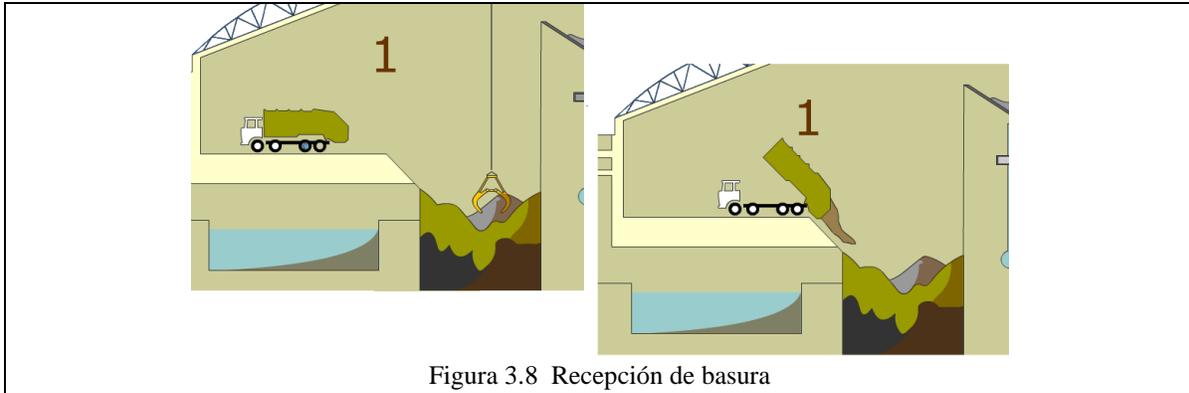


Figura 3.7 Componentes de una planta incineradora de RSU

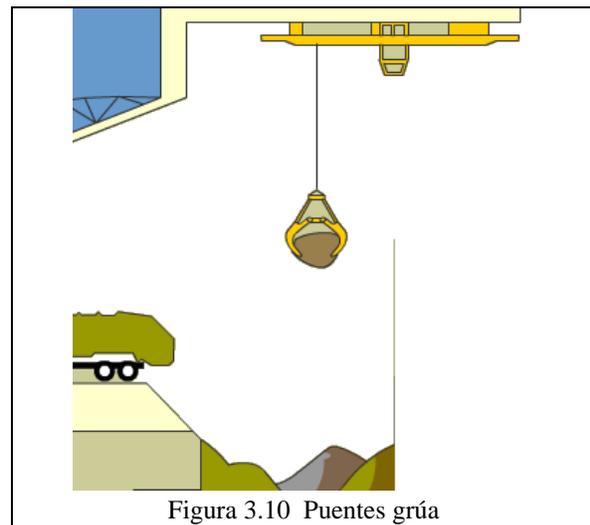
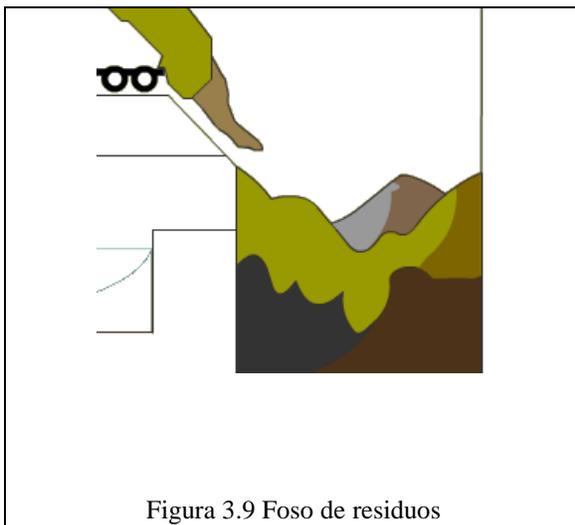
El proceso se lleva a cabo minuciosamente bajo los siguientes puntos:

1. Llegada de la basura (ver figura 3.8). Los residuos urbanos se compactan en los camiones de basura. Los camiones llegan a la planta incineradora y depositan su contenido en los fosos de residuos.



2. Foso de residuos (ver figura 3.9). Son lugares para almacenar los residuos en un lapso de tiempo. Es aquí en donde la basura orgánica se descompone, emitiendo el olor característico de ello.

3. Puentes grúa (ver figura 3.10). se trata de grandes grúas que se encargan de mover la basura del foso de residuos, para depositarlas en las tolvas de alimentación del horno para su incineración.



4. Tolvas de alimentación (ver figura 3.11). La función de las tolvas es de alimentar al horno con basura; por lo regular, es un proceso completamente controlado; sin embargo, se dan ocasiones en que alguno de los elementos falle y ocasionen desperfectos al procedimiento de incineración.

5. Parrilla de incineración (ver figura 3.12). Dentro de la parrilla de incineración existe una temperatura aproximada de 850°C; esto, para prevenir la formación de contaminantes que puedan dañar al medio ambiente.

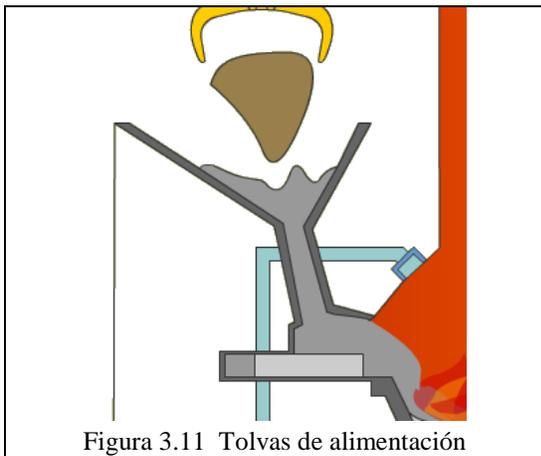


Figura 3.11 Tolvas de alimentación

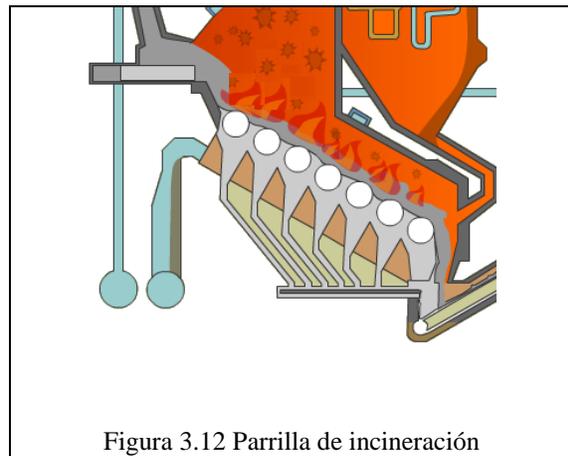


Figura 3.12 Parrilla de incineración

6. Horno (ver figura 3.13). Los gases calientes que emite el horno son materia prima para generar energía eléctrica.

7. Cenizas de fondo (ver figura 3.14). El 30% de los residuos que salen de un proceso de incineración, son cenizas. En la mayoría de los casos, estas son depositadas en un vertedero o relleno sanitario. Actualmente, se mezcla con materiales de construcción, con el fin de aprovecharlas.

8. Tratamiento de gases (ver figura 3.15). Los gases que pasan a través del sistema de limpieza, son espolvoreados con cal, amoníaco y carbono activo. Esto, tiene la finalidad de neutralizar ácidos que puedan contener los gases.

9. Filtros (ver figura 3.16). Después de su tratamiento los gases son pasados por filtros en donde el polvo queda atrapado. Estos residuos se recogen y se depositan junto a los residuos que se originan en la cámara de tratamiento de gases.

## “Generación de energía a través de la biomasa”

### Capítulo III

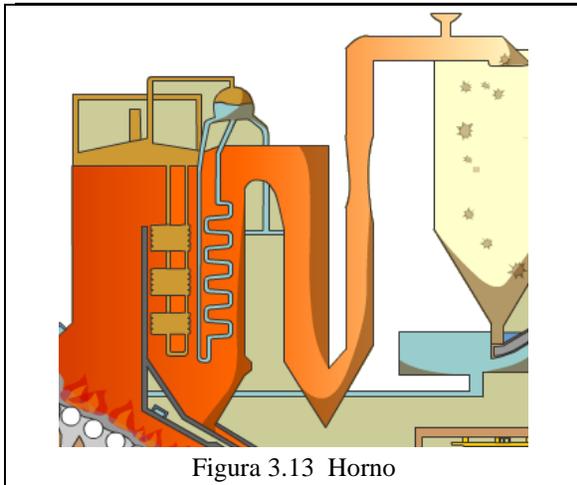


Figura 3.13 Horno

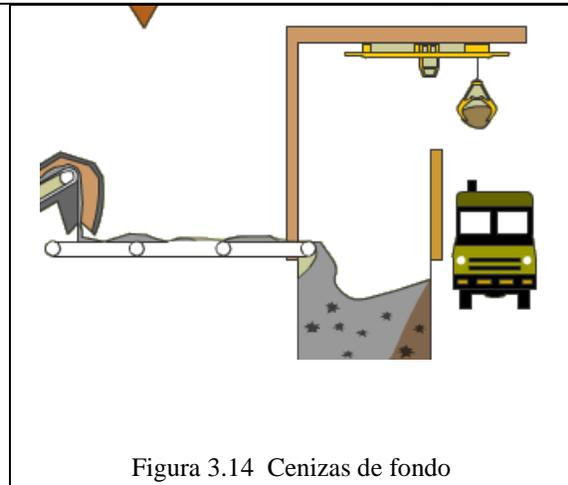


Figura 3.14 Cenizas de fondo

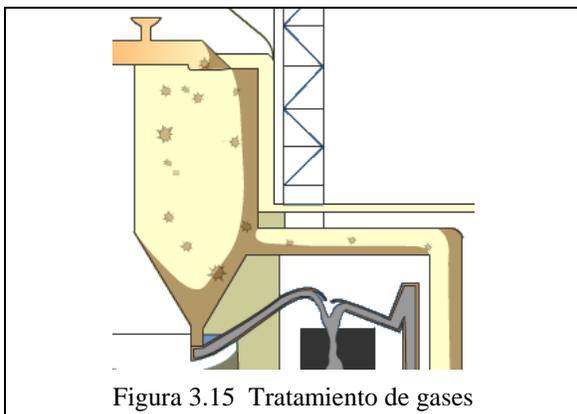


Figura 3.15 Tratamiento de gases

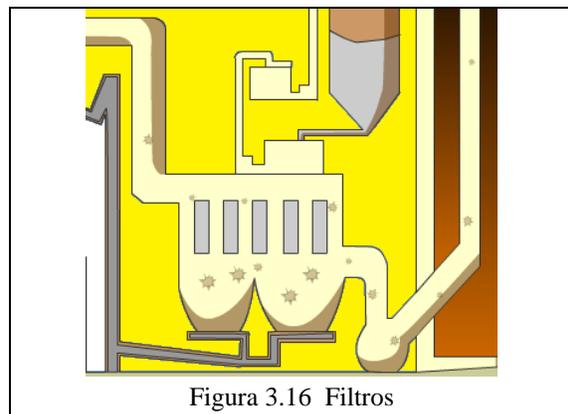


Figura 3.16 Filtros

10. Cenizas volantes (ver figura 3.17). Las cenizas volantes constituyen un peso de entre el 3% y el 5% de los residuos que entran a las incineradoras. Generalmente, son depositadas en vertederos especiales de sustancias tóxicas y peligrosas.

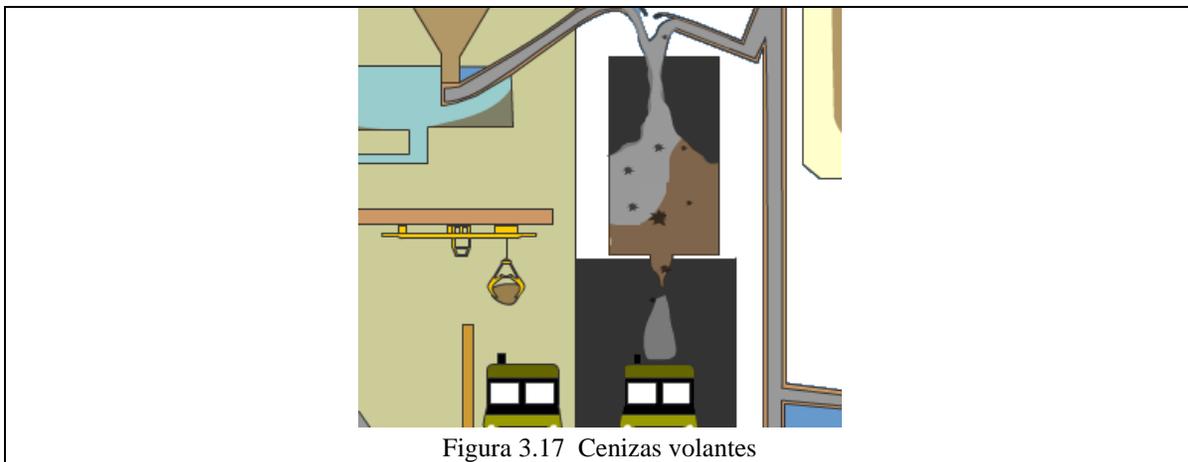
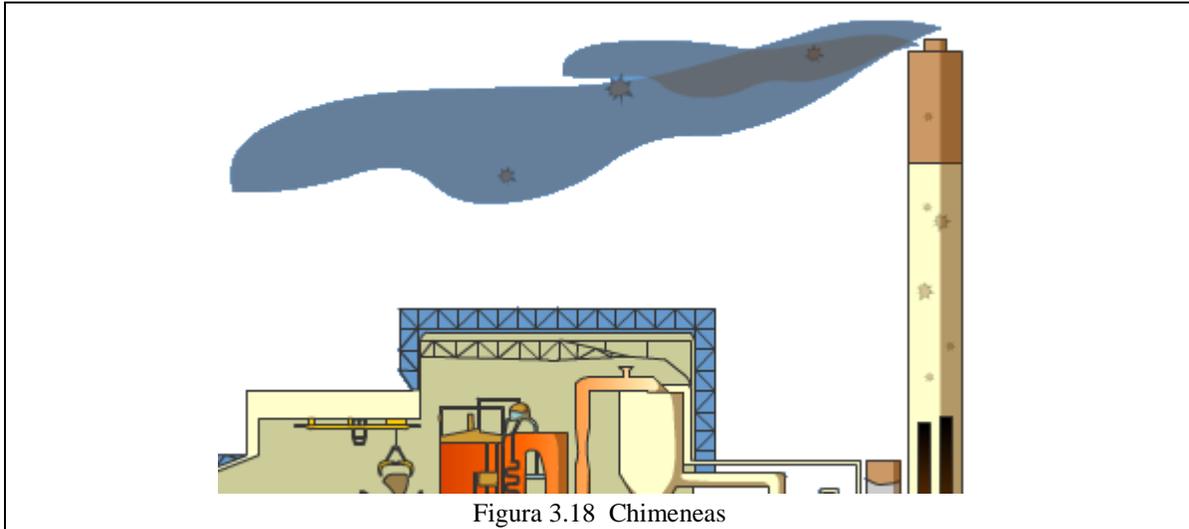
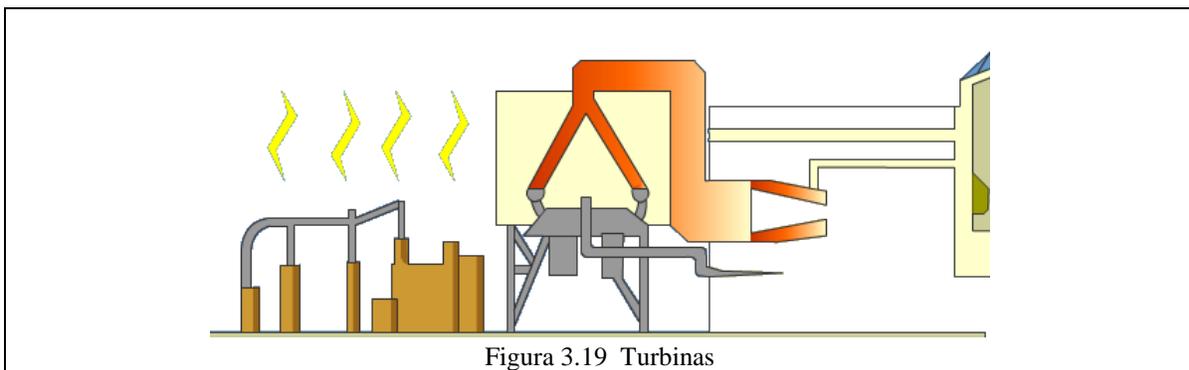


Figura 3.17 Cenizas volantes

11. Chimeneas (ver figura 3.18). Se trata de equipamientos de control por donde se emiten gases provenientes del proceso de incineración. Existe una polémica en cuanto a si se trata de vapor de agua o contaminantes. Las chimeneas miden alrededor de 80 metros de altura.



12. Turbinas (ver figura 3.19). El vapor se conduce a las turbinas para producir electricidad; ésta se utiliza, principalmente, para abastecer la planta incineradora, pasando el excedente a la red. La eficiencia para convertir el calor en electricidad es de un 20%.



### **3.7.5 Recuperación de energía de combustión**

La recuperación de energía a través del proceso de incineración en forma de electricidad, representa una posibilidad atractiva.

Se tiene una estadística de que, si se procesan 80 toneladas/día de residuos urbanos, se generan 1000 kilowatts de electricidad en el mismo lapso de tiempo.

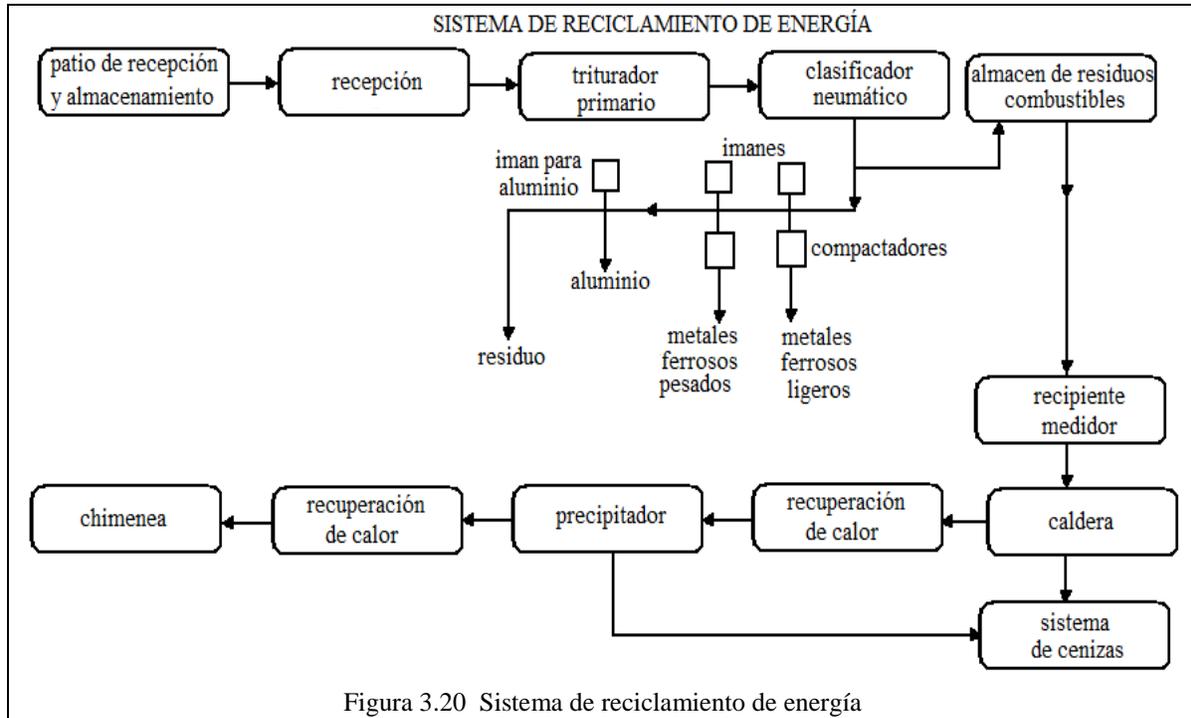


Figura 3.20 Sistema de reciclamiento de energía

### 3.8 Rellenos sanitarios

Un relleno sanitario es un método de ingeniería diseñado para la disposición final de los RSU; por medio del cual los residuos se depositan en el suelo, se esparcen y se compactan al menor volumen posible; posteriormente, se cubren con una capa de tierra al término de las operaciones del día.

Una definición más completa de relleno sanitario es:

“técnica para la disposición de los residuos en el suelo, sin causar perjuicios al ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública; este método utiliza principios de ingeniería para confinar residuos en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriéndolos con una capa de tierra en la frecuencia necesaria o, por lo menos, al fin de cada jornada”. ASCE.

**3.8.1 Objetivo del relleno sanitario**

Los objetivos de los rellenos sanitarios se pueden enlistar como sigue:

- & Establecer una barrera entre el medio ambiente (y las personas) y los residuos (la basura).
- & Reducir y controlar las emisiones de gases (principalmente, aquellos que son nocivos).
- & Evitar la infiltración y fugas de los líquidos lixiviados que contienen una combinación de microorganismos y sustancias tóxicas producidas durante la descomposición de los residuos.

El objetivo principal de este método de tratamiento de la basura es el de lograr que los residuos no causen algún efecto nocivo en la salud ni en el medio ambiente.

**3.8.2 Relleno sanitario y tiradero al aire libre**

<b>Factor</b>	<b>Tiradero al aire libre</b>	<b>Relleno sanitario</b>
Suelo	& Grave contaminación & Pérdida de valor	& Evita la contaminación & Recuperación de terrenos inútiles
Agua	Contaminación de agua superficial y subterránea	No existe contaminación
Aire	Producción de polvos, humo y gases tóxicos (principalmente, por incendios)	No existen emisiones por incendios
Flora y fauna silvestre	Intoxicación y muerte	No afecta
Fauna nociva	Proliferación de moscas, ratas y demás fauna nociva y transmisora de enfermedades	Controlada
Sanitarios	Proliferación de vectores de enfermedades infectocontagiosas y de otros tipos.	Control de vectores
Socioeconómicos	& Afecta actividades agrícolas, pecuarias, comerciales, acuícolas, recreativas, y de asentamientos humanos & Alienta actividades económicas en condiciones deplorables	Afectación mínima
Paisaje	Modificación negativa	Afectación mínima

Tabla 3.4 Características de relleno sanitario y vertedero al cielo abierto

Un relleno sanitario no debe confundirse con un tiradero al aire libre, pues este último genera muchos problemas y no existe control alguno sobre él.

Una comparativa entre el relleno sanitario y el vertedero a cielo abierto se muestra en la tabla 3.4.

### **3.8.3 Métodos de manejo de rellenos sanitarios**

El proceso para la identificación de los terrenos que puedan servir como rellenos sanitarios está determinado por los estándares normativos a nivel mundial. El procedimiento de construcción y relleno de terreno se verá después de haber realizado los estudios correspondientes. El método manejado puede ser:

- & De trinchera
- & De área
- & De rampa

Los métodos anteriores se observan en la figura 3.21.

El método de trinchera o celda excavada se utiliza, normalmente, en terrenos planos, que tienen capacidad suficiente y están lejos de los mantos freáticos. Los residuos sólidos son depositados en celdas o trincheras (de ahí su nombre) previamente excavadas.

El procedimiento consiste en abrir trincheras a intervalos adecuados para manejar una estabilidad en cuanto a los taludes; estas celdas suelen tener una profundidad de entre dos y tres metros (que puede crecer si no afecta a los mantos freáticos subterráneos).

El método de área se utiliza cuando en el terreno no es posible hacer trincheras por cualquier causa. El método consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado; se compactan en capas inclinadas para formar la celda que, posteriormente, será cubierta con tierra.

El método de rampa es una variante del de trinchera; pero se le añaden características que lo hacen más eficiente que éste. Los residuos son esparcidos y compactados en pendiente. El material de cubierta se obtiene del frente de trabajo y compactado sobre los residuos sólidos conformados.

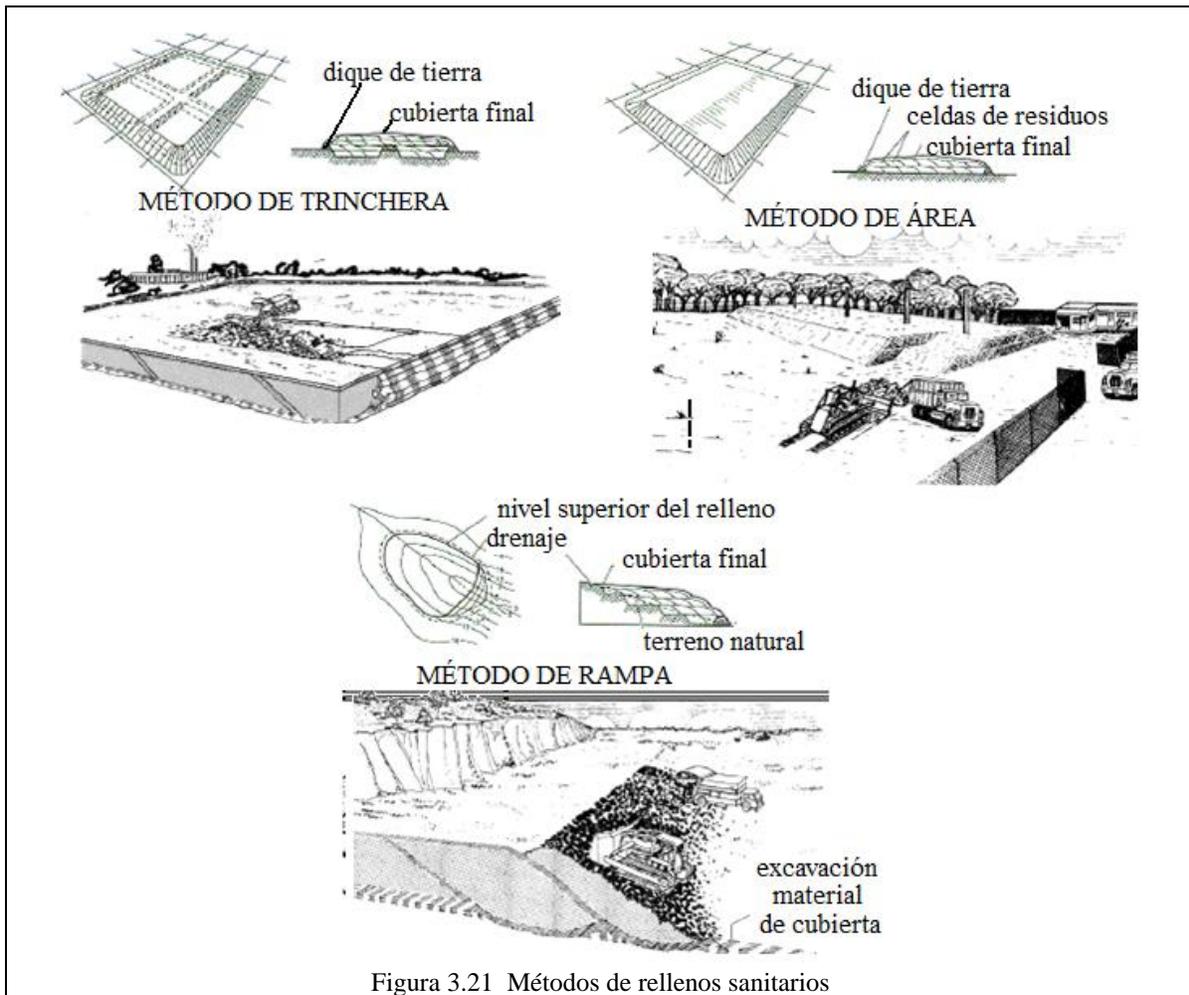


Figura 3.21 Métodos de rellenos sanitarios

### 3.8.4 Control de biogás

La producción de biogás debe ser calculada y, en base a ello, hacer un diseño de los medios de captación y control para conducir los gases a la atmósfera, disminuyendo los riesgos de incendio o explosión.

Dependiendo del volumen de los RSU a manejar, se determina el diámetro y distribución de los pozos de biogás.

Es de resaltar que el biogás es un combustible relativamente limpio, que no causa un gran impacto al medio ambiente y, por ende, su aceptación crece entre las comunidades en forma paulatina.

**3.9 Pirolisis**

La pirolisis resulta ser una tecnología alternativa en proceso de desarrollo; se trata de un proceso físico-químico complejo, mediante el cual el material orgánico de los RSU se descompone por la acción del calor, en una atmósfera deficiente de oxígeno y se transforma en una mezcla líquida de hidrocarburos, gases combustibles, residuos secos (de carbón y agua).

El objetivo primordial de este proceso es la disposición sanitaria y ecológica de los residuos sólidos urbanos, disminuyendo su volumen y aprovecharlos para su transformación en materiales sólidos, líquidos y gaseosos con un alto potencial de uso como energéticos; o bien, como materia prima para procesos industriales.

El proceso de pirolisis se puede observar en la figura 3.22.

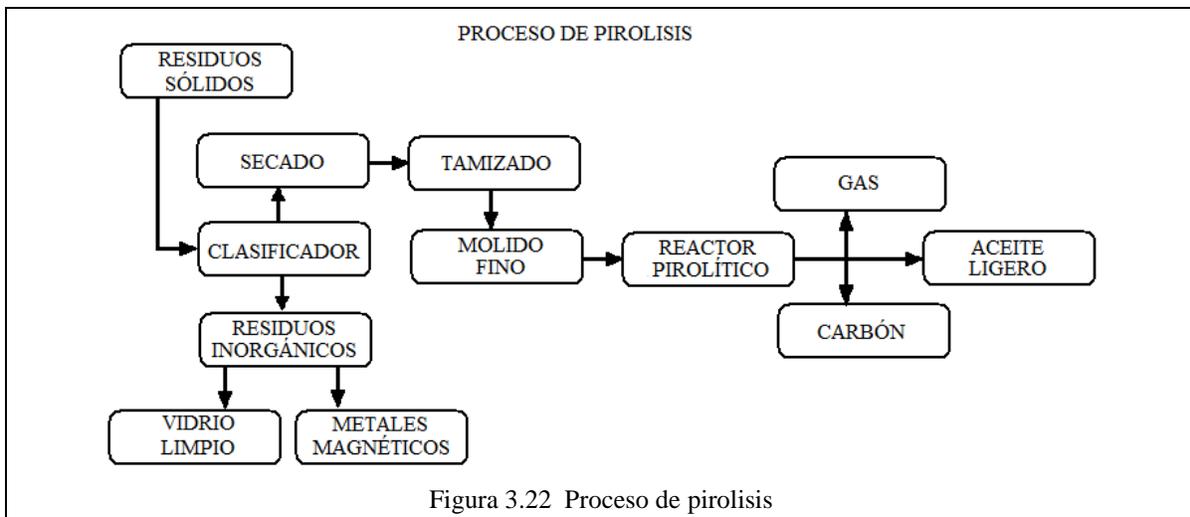


Figura 3.22 Proceso de pirolisis

**3.9.1 Características y generalidades**

Como gran parte de la ciencia y la tecnología, la pirolisis comenzó su camino en los países avanzados, a través de estudios especializados para observar el comportamiento de la basura; el más importante fue el denominado “Pruebas exploratorias de laboratorio de la destilación destructiva de residuos orgánicos, y los prospectos para la gasificación completa de la materia orgánica”, llevado a cabo en 1967 en los Estados Unidos de Norteamérica.

Los resultados arrojaron que el carbón producido por el proceso de pirolisis podía ser gasificado a través de la agregación de oxígeno; convirtiéndolo en combustible. Esto resultaba una luz en la resolución de dos problemas importantes:

- & El volumen de basura caería notablemente, lo cual reduciría el impacto ambiental y los daños a la salud.
- & Se podrían producir energéticos útiles y, prácticamente, limpios.

Por supuesto, los estudios continuaron, observando los beneficios y los problemas que esto traería. El uso de los hidrocarburos provenientes del petróleo y de carbón podría ser, quizá no sustituido, sino apoyado por los recursos energéticos provenientes de la basura orgánica (la biomasa).

#### **3.9.1.1 Estadísticas**

Sanner, Ortuglio y Walters, en Estados Unidos, realizaron diversos estudios, utilizando muestras grandes de residuos orgánicos provenientes de las ciudades y de las industrias, así como una planta diseñada para separar los subproductos del proceso. Las observaciones que realizaron fueron las siguientes:

- & Una tonelada (1000 kilogramos) de residuos municipales puede convertirse en 70 – 192 kilogramos de residuos sólidos; 2 – 23 litros de alquitrán; 4 – 16 litros de aceite ligero; 376 -503 litros de licos; 7 – 15 kilogramos de sulfato de amonio; 3 ó que 44 litros de gas.
- & Se comprobó que los residuos de los RSU tenían un alto valor como combustible y que la energía obtenida del gas generado durante la pirolisis de estos, era más que suficiente para proveer el calor del proceso.

En los años siguientes, se realizaron más estudios de laboratorio. Se desarrolló una planta pirolítica de residuos a escala piloto, con cuyos resultados se diseñaría una planta para una ciudad; con una capacidad de entre cien y doscientas toneladas por día, utilizando el proceso de gasificación.

Cuando se genera energía por medio de la pirolisis, combustión a baja temperatura y sin oxígeno, se genera biocarbón que posee el doble de carbono en sus residuos que el presente en otras fuentes.

Este proceso podría duplicar la concentración del carbono en el RS, que puede ser devuelto al suelo. Los gases de escape de este proceso, así como los de otros procesos de producción de biocombustibles pueden ser convertidos en energía.

En la tabla 3.5 se observan los subproductos provenientes del proceso de pirolisis.

<b>Fracción</b>	<b>Componente</b>
Líquida	& Metanol & Fenol & Acetona & Acetaldehído & Acido fórmico metilfurfural & Etanol & Aceites ligeros & Otros
Sólida	& Carbón & Sales & Metales & Cenizas
Gaseosa	& Hidrogeno & Nitrógeno & Metano & Etano & Hidrocarburos C <sub>4</sub> – C <sub>7</sub> & Amoniacó & Oxígeno & Monóxido de carbono & Bióxido de carbono & Otros

Tabla 3.5 Subproductos de la biomasa a través del proceso de pirolisis

### **3.9.1.2 Conclusiones de los estudios**

Los resultados de los diversos estudios realizados, vislumbran la utilidad del proceso de la pirolisis para el control de los desechos municipales y las ventajas con relación a otros procesos. Las conclusiones, con respecto a ello, pueden ser las siguientes:

- & La conversión de energía del proceso superó el 80% de los residuos tratados.
- & La reducción del volumen y peso de los residuos van del 70% al 90%.
- & Las plantas de gasificación con capacidades mayores a cien toneladas, resultan económicamente competitivas con otros métodos de tratamiento de residuos sólidos urbanos.
- & El gas combustible obtenido en el proceso puede ser generado en forma limpia para producir vapor o electricidad.
- & La producción de vapor parece ser la aplicación más económica de la energía producida por el proceso de gasificación.
- & Se ha demostrado que el biocarbón mejora la estructura y la fertilidad de los suelos, favoreciendo la retención y la eficiencia de los fertilizantes, así como mejorando la productividad de la tierra.
- & Al capturar los gases producidos durante el proceso de pirolisis, se puede producir energía en formas de: calor, electricidad, hidrógeno, etcétera.
- & Al añadir el biocarbón al suelo (en lugar de quemarlo), se logrará asegurar la salud de la tierra en las plantaciones para bioenergía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- & Comparada con la producción de etanol, la pirolisis produce biocarbon y bioenergía, es más económica cuando los nutrientes para generar biomasa son desechos animales o residuos forestales recogidos durante los trabajos de prevención de incendios forestales.

### **3.9.2 Tecnología para el proceso de pirolisis**

La pirolisis se diferencia de la incineración porque el proceso de descomposición térmica de la materia orgánica se desarrolla en un ambiente con deficiencia o ausencia de aire y la incineración requiere de oxígeno para provocar la combustión de los componentes.

Durante este proceso, la materia orgánica de poco valor se transforma en productos de alto contenido energético (que ya se han mencionado), que pueden ser utilizados como combustibles.

La proporción de la mezcla resultante de la pirolisis de los RSU depende de las condiciones del proceso como:

- & La temperatura de operación
- & La velocidad del calentamiento
- & La composición de los desechos de alimentación

Existen diseños diferentes para llevar a cabo el proceso de pirolisis en los RSU. No obstante, todas tienen un componente principal: el reactor pirolítico, que consta de una cámara pirolítica (retorta), calentada con gas, hermética y revestida con una chaqueta aislante. Esta retorta gira lentamente y tiene una pequeña inclinación en el sentido de alimentación hacia la descarga. Los residuos son alimentados a través de un sello que abre intermitentemente y son sometidos a temperaturas de entre 650°C y 982°C, dentro de una atmósfera con deficiente oxígeno o sin él.

Los sistemas pirolíticos que se han desarrollado se agrupan en dos categorías: aquellos que utilizan una pirolisis convencional y los que desarrollan una pirolisis a altas temperaturas. Los procesos a altas temperaturas son similares a la incineración; la diferencia con él está en que en el proceso pirolítico, los gases producidos son generados en una cámara posterior al horno pirolítico y separadamente de los RSU; mientras que en la incineración se consumen juntos.

### **3.9.3 Ventajas y desventajas de la pirolisis**

Las ventajas y desventajas del proceso de pirolisis para el tratamiento de RSU, se observan en la tabla 3.6.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="212 304 1107 378">&amp; Permite transformar a muchos procesos industriales que suelen ser lineales, en cíclicos.</li><li data-bbox="212 409 1107 483">&amp; No genera gases contaminantes al medio ambiente; en su lugar, generan formas residuales de sustancias reutilizables.</li><li data-bbox="212 514 1107 588">&amp; Se maneja todo tipo de material orgánico con alto valor calórico; incluso, mezclas de residuos domésticos e industriales peligrosos.</li><li data-bbox="212 619 1107 693">&amp; Los residuos se transforman en una fuente de energía suficiente para mantener a la propia planta, y con un remanente que se puede enviar a la red.</li><li data-bbox="212 724 1107 766">&amp; Algunos residuos se transforman en materia prima del proceso.</li><li data-bbox="212 798 1107 871">&amp; Permite tratar los lodos de las plantas de tratamiento y suelos contaminados con hidrocarburos o compuestos orgánicos, y convertirlos en ladrillos útiles.</li><li data-bbox="212 903 1107 1020">&amp; Los compuestos orgánicos contaminados con plásticos, aceites, disolventes orgánicos clorados, hidrocarburos, se convierten en hidrocarburos ligeros limpios y carbón.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="1107 546 1403 724">&amp; Su costo de implantación es bastante alto; casi tanto como el de una incineradora.</li></ul>

Tabla 3.6 Ventajas y desventajas del proceso de pirolisis

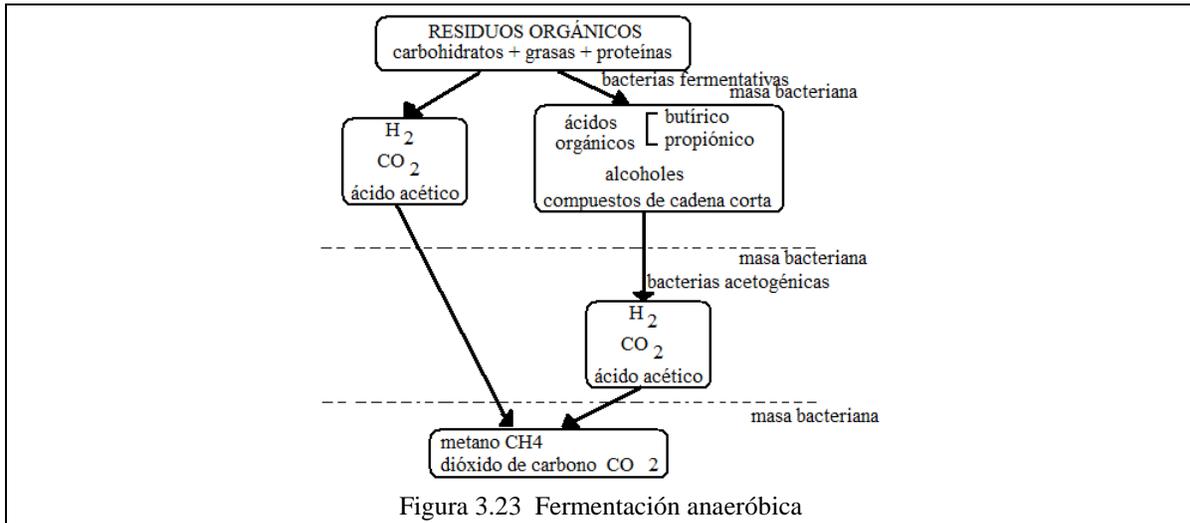
### **3.10 Fermentación anaeróbica**

La fermentación anaeróbica involucra a un complejo número de microorganismos de distinto tipo, los cuales pueden dividirse en tres grupos principales. La producción real de metano es la última parte del proceso y no ocurre si no han actuado los primeros dos grupos de microorganismos.

Por otro lado, las bacterias productoras del biogás son estrictamente anaeróbicas y, por lo tanto, sólo podrán sobrevivir en ausencia total de oxígeno.

Otra característica que lo identifica es la sensibilidad a los cambios ambientales; lo que hace necesario un mantenimiento casi constante de los parámetros; cabe mencionar que las bacterias que hacen posible este proceso, son sumamente delicadas.

El proceso de la fermentación anaeróbica se puede observar en la figura 3.23.



### 3.10.1 Fases de la fermentación anaeróbica

Las fases del proceso de fermentación anaeróbica son:

- & Hidrólisis
- & Acidificación
- & Metanogénica

En la fase de hidrólisis, las bacterias toman la materia orgánica con sus largas cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en ácidos orgánicos liberando, al mismo tiempo, hidrógeno y dióxido de carbono. La mayor parte de los microorganismos encargados de este proceso, son anaerobios facultativos.

La fase de acidificación la llevan a cabo bacterias acetogénicas y realizan la degradación de los ácidos orgánicos, liberando hidrógeno y dióxido de carbono. Esta reacción demanda energía para ser realizada y es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que substraen los productos finales del medio, minimizando la concentración de los mismos en las cercanías de las bacterias acetogénicas.

Finalmente, en la fase metanogénica, las bacterias que intervienen pertenecen al grupo de las achibacterias y poseen características únicas que las diferencian del resto (se cree que son las más antiguas).

La transformación final cumplida en esta etapa tiene como principal sustrato el acético junto a otros ácidos orgánicos de cadena corta y los productos finales están constituidos por el metano y el dióxido de carbono.

### **3.10.2 Productos finales de la fermentación anaeróbica**

Los productos finales de la fermentación anaeróbica son:

- & Gas metano
- & Dióxido de carbono
- & Alcoholes
- & Biogás
- & Electricidad
- & Etcétera.

### **3.11 Composteo**

El proceso de compostaje se basa en la descomposición o fermentación natural de los residuos orgánicos; es decir, por la acción biológica de los microorganismos presentes; originando un producto llamado composta.

La composta se define como un producto orgánico estabilizado, cuyas propiedades la hacen muy útil en el proceso de mejoramiento de la estructura y textura de los suelos y como fertilizante vegetal.

El proceso de composteo puede ser representado por medio del diagrama que se muestra en la figura 3.24.

A través del composteo se pueden crear (y de hecho se hace) lombricultivos, de donde se obtiene un abono muy rico en nutrientes y cuyos elementos activos son, efectivamente, lombrices de tierra.

A diferencia de otros métodos de tratamiento de residuos orgánicos, el proceso de composta no es únicamente de tipo industrial o a gran escala; puede ser llevado en pequeñas escalas; incluso, en el hogar. Por supuesto, los métodos industriales y los caseros son diferentes en muchos sentidos.

Mientras que las industrias poseen de procesos diversos y la correspondiente maquinaria, ciencia y terreno para cada uno de ellos, la composta de casa es sumamente menor y con un tratamiento manual de los residuos orgánicos.

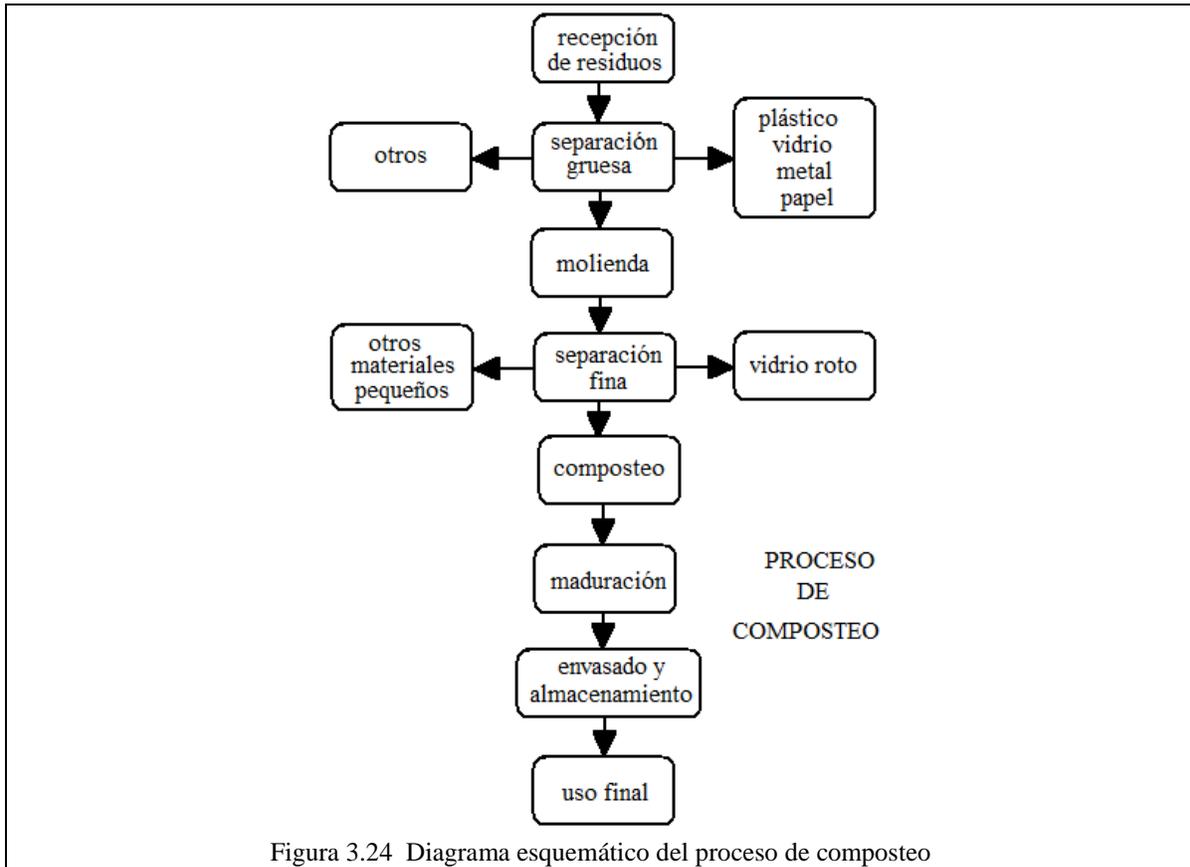
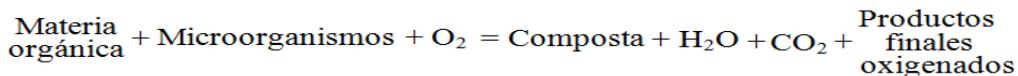


Figura 3.24 Diagrama esquemático del proceso de composteo

El composteo y la fermentación aeróbica están estrechamente ligados; en este sentido se puede hablar de procesos sumamente semejantes. En cuanto a la digestión anaerobia, en esta variante biotecnológica, predomina la acción de los microorganismos cuyo metabolismo necesita de oxígeno libre para su subsistencia y desarrollo. Se favorece una mayor oxigenación si la masa de residuos se revuelve en forma manual o por medios mecánicos, obteniendo, principalmente, materiales orgánicos estabilizados, dióxido de carbono y agua; todo, en base a la siguiente ecuación:



### **3.11.1 Parámetros de composteo**

Los factores que influyen en el proceso de composteo son:

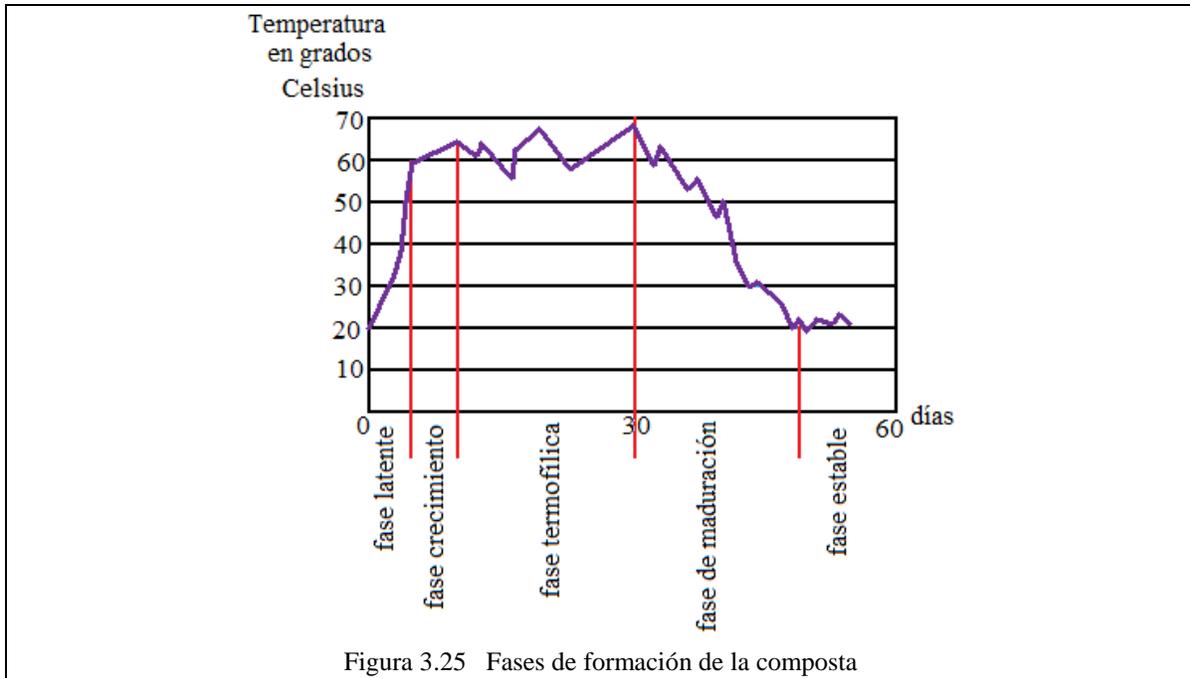
- & Temperatura
- & Aireación
- & Uso de siembras o inoculación
- & pH
- & Condiciones climáticas

### **3.11.2 Formación de la composta**

Las fases obligadas para la formación de la composta son:

- & Fase latente. Comienza en cuanto se establecen las condiciones de composteo. Es un periodo de adaptación de los microorganismos presentes en los residuos. Los microorganismos usan los azúcares, celulosa simple, aminoácidos y almidones presentes en la materia, rompiendo los compuestos complejos para liberar nutrientes.
- & Fase de crecimiento. Es un período de transición en la que hay un crecimiento exponencial de la cantidad de microorganismos, con lo que la actividad biológica también es incrementada.
- & Fase termofílica. Intervalo de tiempo en el que la actividad permanece en su nivel máximo, mientras exista material degradable y en cantidades suficientes para soportar el incremento de microorganismos actuantes.
- & Fase maduración. También se llama fase de curado. En ésta, se incrementa constantemente la cantidad de material resistente a la acción bacteriana; por ende, la proliferación de microorganismos comienza a decaer
- & Fase estable. Se podría determinar como la etapa final del proceso, en la que la temperatura se equilibra con la del medio ambiente y los microorganismos descienden en número.

Todas estas etapas se pueden observar en la figura 3.25.



**Capítulo IV:**  
**Usos y aplicaciones de la energía obtenida a través del**  
**aprovechamiento de la biomasa**

**4.1 Introducción**

La biomasa es una forma natural para generar energía que, además, reduce los problemas ocasionados por la basura en las comunidades y fuera de ellas.

Los residuos (o subproductos) pueden tener una segunda oportunidad y dejar de considerarse como un grave problema para las empresas, ciudades y comunidades en general. Esto requiere de un (al parecer muy grande) esfuerzo y un cambio de visión; observando a estos recursos como una posibilidad de ser aprovechables y aprovechados.

Se le conoce como biomasa a la parte de la basura que se pudre (que se descompone); es decir, que se echa a perder y es, en gran medida, la responsable de los malos olores que generan los desperdicios urbanos.

Actualmente, los gobiernos, ciudades, comités y ciudadanos en general, se han adjudicado una importante misión: el rescate del planeta. En este sentido, se han instaurado programas e incluso instituciones que resguardan este fin.

Existen programas de RRR (reutiliza, reduce, recicla), lo que ha derivado en una minimización del problema de la contaminación generada por la basura. El primer paso en esta travesía es la separación de desechos; pues sin este primer paso, muchos de los desechos no son aprovechables.

La vegetación (biomasa) empleada para energía, puede llegar a ser uno de los combustibles más importantes en un futuro no muy lejano. Una gran variedad de desechos agrícolas, madereros y de cultivos energéticos pueden transformarse; obteniendo, de su tratamiento, una amplia gama de combustibles para el transporte y para la generación de electricidad y calor.

Un ejemplo real de esto es la conversión de astillas de madera en gas rico en metano; este gas puede ser quemado en centrales eléctricas eficientes con el fin de maximizar el contenido energético de del combustible; obteniendo, como resultado, electricidad, al mismo tiempo que el calor generado también es aprovechable.

## **4.2 Biomasa y recursos energéticos**

La biomasa es un buen proveedor de recursos energéticos, como se mostró en el capítulo anterior. Ésta, a través de procesos específicos, es capaz de generar:

- & Alcoholes
- & Biogás
- & Biodiesel
- & Abono
- & Electricidad
- & Etcétera

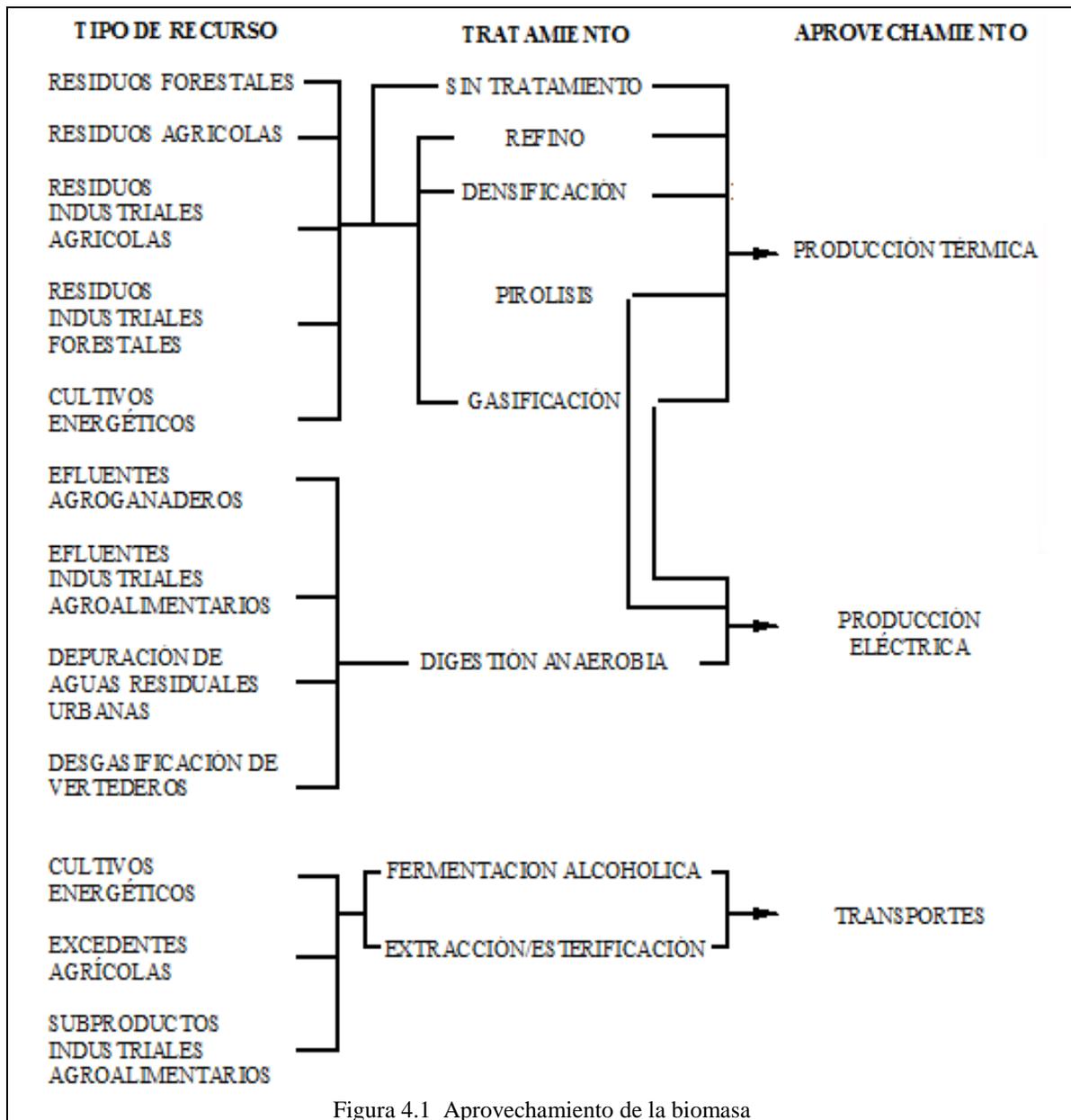
Y podría pensarse que la medida de generación es tan pequeña que no serviría para gran cosa; esto es una verdad a medias. Si bien la generación de energía de los residuos orgánicos es mínima en comparación con los que corresponden a los hidrocarburos y el petróleo, la realidad es que los recursos provenientes de los tratamientos de la biomasa son productivos y aprovechables.

En síntesis, la transformación de la biomasa se puede observar en la figura 4.1

### **4.2.1 Administración de los residuos orgánicos**

Generalmente, los residuos orgánicos son tirados a la basura en combinación con el resto de los desechos urbanos; algunas de las formas de deshacerse de ellos son:

- & Incineración
- & Incorporación al suelo
- & Vertedero



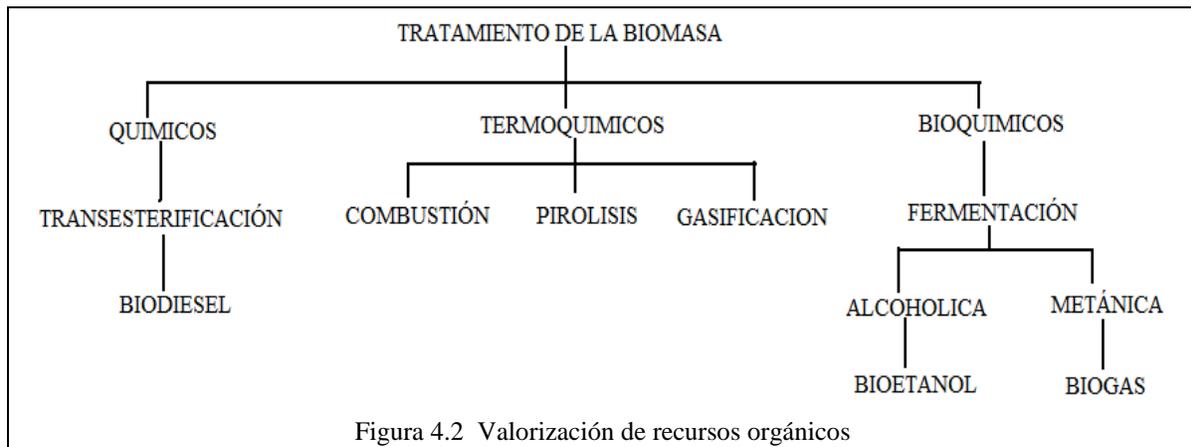
La valorización que se hace en estos aspectos incluye:

- & Alimentación animal
- & Compostaje
- & Incineración con aprovechamiento de calor

Esto, por supuesto, se puede realizar después de una separación correcta de RSUs y es aplicable a los residuos orgánicos. En este sentido, tenemos transformaciones biotecnológicas, extracción de sustancias de valor en los residuos orgánicos y una valorización energética; es decir, la determinación de medida de aprovechamiento de estos recursos de acuerdo con sus características.

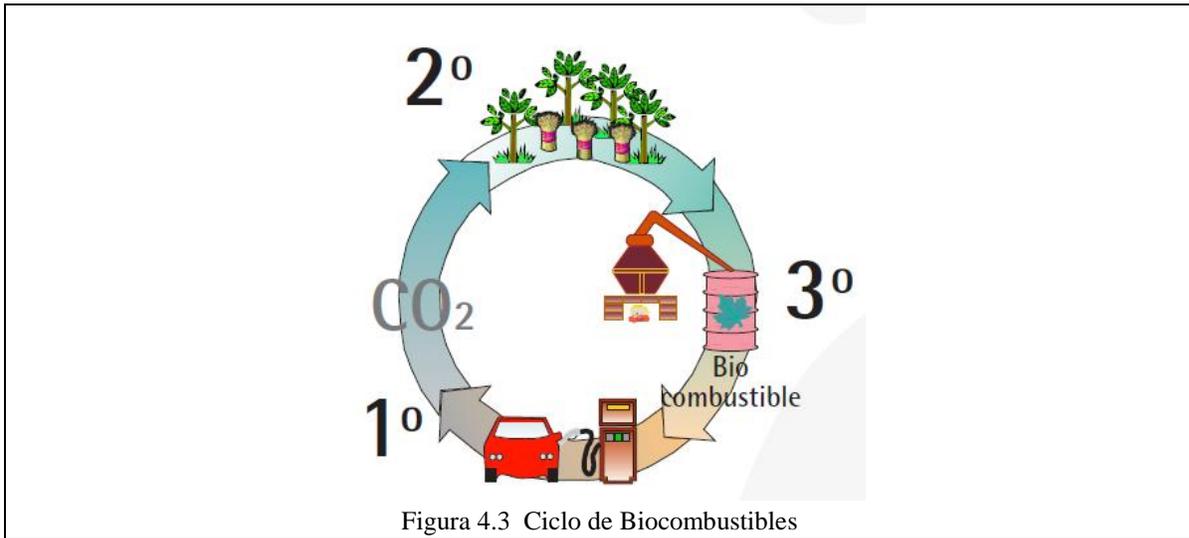
#### **4.2.2 Estudio de valor energético**

Como ya se vio en capítulos pasados, las formas de valorización energética se basa en el tratamiento de los residuos orgánicos de acuerdo con las posibilidades de quien los maneja y/o las características de los residuos en sí; esto se puede observar en la figura 4.2.

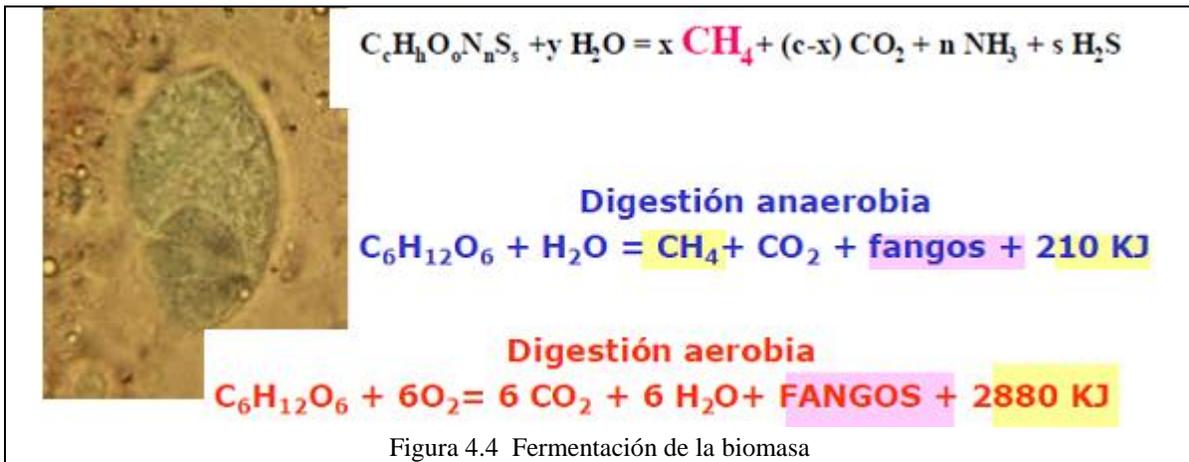


#### **4.3 Biocombustibles**

Los biocombustibles con los combustibles obtenidos a través del tratamiento de la biomasa; estos recursos están disponibles, principalmente, por medio del proceso llamado fermentación o digestión; la digestión puede ser aerobia (con oxígeno) o anaerobia (en ausencia de oxígeno). El ciclo de los biocombustibles se observa en la figura 4.3.



La fermentación aerobia trata a los residuos orgánicos en presencia del oxígeno; esto se debe a que los microorganismos que se utilizan en este proceso, requieren de éste para subsistir. La biometanización o digestión anaerobia es la utilización de un determinado tipo de bacterias (véase figura 4.4) que en condiciones anaerobias (en ausencia de oxígeno) degradan la materia orgánica generando biogás.



El proceso de degradación anaerobia de la materia orgánica resulta en un proceso con alto grado de dificultad, en los que intervienen diferentes tipos de bacterias (véase figura 4.5), mismas que deben trabajar como un equipo para lograr resultados adecuados.

Estas bacterias se pueden clasificar como sigue:

- & Bacterias fermentativas (hidrólisis)
- & Bacterias acetogénicas (acidogénesis)
- & Bacterias metanogénicas (metanogénesis)



Figura 4.5 Bacterias involucradas en el proceso de degradación anaerobia

La digestión anaerobia se puede graficar como un proceso (figura 4.6) o como una microbiología (figura 4.7).

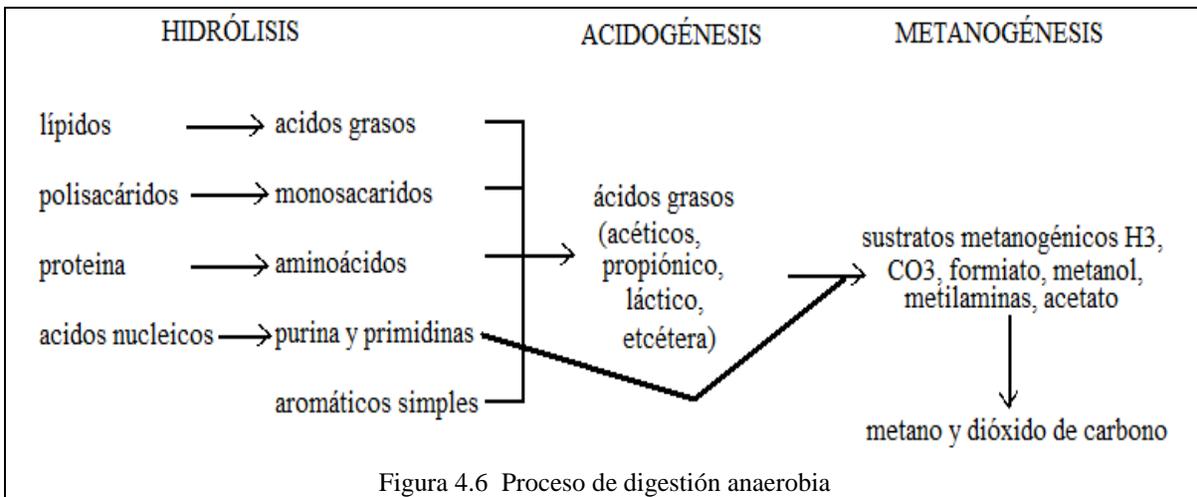


Figura 4.6 Proceso de digestión anaerobia

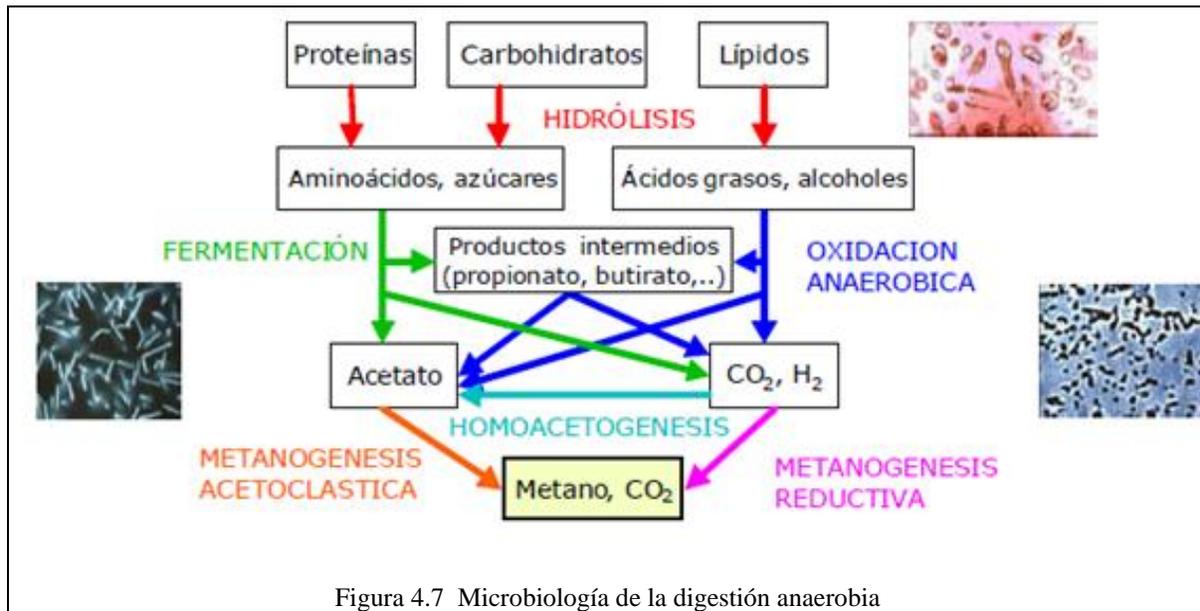


Figura 4.7 Microbiología de la digestión anaerobia

### 4.3.1 Bioetanol

El bioetanol es un tipo de combustible que se obtiene a base de cultivos de biomasa ricos en azúcares; es decir, los residuos que lo generan tienen características particulares.

Mediante un proceso de fermentación se extrae de ella el alcohol etílico, que será convertido posteriormente en bioetanol.

#### 4.3.1.1 Aplicaciones del bioetanol

Básicamente, el bioetanol tiene las siguientes aplicaciones:

- & Como combustible para automoción, tanto en estado puro como mezclado con gasolina convencional. Se utiliza en automóviles de encendido por chispa, generalmente. En algunos países se usa incluso en autobuses y vehículos industriales.

- & Como aditivo para la gasolina tradicional en forma de etilterbutileter (ETBE). Éste es mezclado con isobuteno (hidrocarburo derivado del petróleo), para formar ETBE, un compuesto que se añade a la gasolina en un porcentaje aproximado de 1.5%, y que actúa como antidetonante, dado su elevado índice de octano.
  
- & Es el sustituto del plomo, que se utilizaba anteriormente en la gasolina.

#### **4.3.1.2 Ventajas del uso del bioetanol**

Algunas de las ventajas del uso del bioetanol se listan como sigue:

- & Mejora la biodegradabilidad de la gasolina convencional. Al ser un elemento derivado del petróleo, la gasolina convencional es sumamente contaminante, pues tarda miles de años en degradarse y no siempre lo hace en su totalidad. Al realizar una mezcla con el bioetanol, se obtiene un compuesto menos afectable al medio ambiente y con un lapso menor de desintegración.
  
- & Reducción de emisiones tóxicas a la atmósfera.
  
- & Mejora en el índice de octanos (en la gasolina), con un coste muy pequeño.
  
- & Aumento del calor de vaporización y combustión.
  
- & Es una fuente relativamente limpia y renovable de combustible.
  
- & Es fácil de producir y almacenar. Un derrame de bioetanol no es tan grave como un derrame de gasolina, por ejemplo.
  
- & Virtualmente, es utilizables en todos los vehículos.
  
- & Reduce la formación de la lluvia ácida.
  
- & No contamina el agua
  
- & Apoya en la reducción de basura.

#### **4.3.1.3 Inconvenientes del uso de bioetanol**

Las desventajas que se pueden observar en el uso del bioetanol, se enumeran a continuación:

& Para poder utilizar el bioetanol como combustible puro (E100) se necesita llevar a cabo varias modificaciones al motor de los automóviles, con el fin de no alterar significativamente el consumo. Entre estos cambios se enuncian las siguientes:

1. Aumentar la relación de compresión
2. Variar la mezcla de combustible/aire
3. Bujías resistentes a mayores temperaturas y presiones
4. Conductos resistentes al ataque de alcoholes
5. Se debe agregar un mecanismo que facilite el arranque en frío.

& Afinidad por el agua. Los sistemas de transporte y de almacenamiento deben de estar totalmente libres de agua; pues pequeñas cantidades de agua en las mezclas etanol-gasolina pueden producir su separación en dos fases, lo que reduce el rendimiento del motor.

& Presión de vapor. Cuando el etanol se añade a una gasolina formulada adecuadamente, los hidrocarburos con bajo punto de ebullición (butanos o pentanos) deben ser reducidos para cumplir con las especificaciones de presión de vapor (que debe mantenerse baja), lo cual supone el encarecimiento del proceso de producción de mezclas etanol-gasolina.

#### **4.3.1.4 Combustibles derivados del bioetanol**

El bioetanol puede ser utilizado para la obtención de diversos biocombustibles; en la tabla 4.1 se muestra una descripción de ellos.

Compuesto	Mezcla		Descripción
	Bioetanol	Gasolina	
E5	5%	95%	Mezcla habitual y máxima autorizada en Europa.
E10	10%	90%	Es la más utilizada en Estados Unidos de Norteamérica ya que los motores no requieren de sufrir modificaciones para soportarla; mejora la eficiencia de los motores y reduce las emisiones contaminantes.
E85	85%	15%	Utilizada en vehículos con motores especiales. En EEUU, Brasil y Suecia, se comercializan los vehículos de combustible flexible (FFV), que son vehículos de turismo que pueden utilizar, como combustible, gasolina convencional o E85; lo cual ha abierto una posibilidad que muchos gobiernos están estudiando.
E95 y E100	95% y 100%		Son utilizados en algunos países (como Brasil) con motores especiales.
E-DIESEL			Con buenas características en cuanto a combustión y reducción de contaminantes; asimismo, ofrece otras alternativas en el campo de vehículos diesel. Ya es comercializado con éxito en EEUU, Brasil y algunos países de Europa.
ETBE	10% - 15%	90% - 85%	Se utiliza con aditivo de la gasolina. Es menos volátil en mezcla que el etanol por sí solo. Sirve para aumentar el octanaje de la gasolina, evitando la adición de sales de plomo.

Tabla 4.1 Combustibles derivados del bioetanol

#### 4.3.1.5 Pilas de combustible

Los vehículos eléctricos que son propulsados por pilas de combustible, son considerados como la tecnología más prometedora para el transporte rodado a medio plazo; por ahora, sólo es un proyecto. Pero cuando se haya desarrollado, estos vehículos tendrán una alta eficiencia energética y su única emisión a la atmósfera será vapor de agua.

En una pila de combustible, la energía química (proveniente del hidrógeno y del oxígeno) se convierte directamente en energía eléctrica; esto, sin tener que pasar por un proceso de combustión.

Cabe mencionar que las pilas de combustible para automoción necesitan operar bajo ciertos parámetros.

El hidrógeno es el combustible óptimo para estos dispositivos; sin embargo, el coste de instalación, las medidas de seguridad, la producción de hidrógeno (almacenamiento, transporte, adaptación de las estaciones de servicio y depósitos de los vehículos) provoca la promoción del uso de combustibles alternativos.

En este sentido, el etanol puede ser una alternativa muy válida; esto se debe a que es más sencillo de manejar que el hidrógeno y puede obtenerse de una forma más sencilla a partir de fuentes renovables.

Al día de hoy, la investigación se lleva a cabo en dos sentidos:

1. El reformado de etanol (obtención del hidrógeno), tanto en el vehículo como en la estación de servicio.
2. El uso de pilas de combustible que funcionen directamente con el etanol.

### **4.3.2 Biodiesel**

El biodiesel está formado por ácidos grasos y esteres alcalinos, que se obtienen de aceites vegetales, grasa animal y aceites usados. A partir de un proceso llamado transesterificación, los aceites se combinan con un alcohol (etanol o metanol) y se alteran químicamente para formar ésteres grasos como el etil o el metilo ester. Los productos generados son:

- & Glicerina
- & Metil-ester.

El metil-ester tiene un comportamiento en los motores de combustión diesel similar al del gasoil. Esta línea es una vía de salida para los excedentes de colza, girasol y otros productos alimenticios. Por su parte, la glicerina se vende en las fábricas de jabón.

Algunos de los antecedentes del biodiesel se pueden observar en la tabla 4.2.

Periodo	Personaje	Elemento
1900	Rudolf Diesel	Aceite de cacahuete
1920	Shay	Aceite de palma
Segunda Guerra Mundial		Aceites vegetales
1973 – 1979	Crisis del petróleo	Aceites vegetales
1980		Disolución de aceite en gasóleo. Mezcla de aceite y disolvente. Pirolisis del aceite
Actualidad		Procesos de transesterificación catalítica de aceites vegetales

Tabla 4.2 Antecedentes del biodiesel

Básicamente, el biodiesel se obtiene partiendo desde la obtención del aceite de soya con poca acidez.

Una vez que se tiene el aceite, se introduce en un reactor donde se eleva la temperatura entre 65°C y 70°C; aparte, se prepara una solución de alcohol metílico y sosa cáustica; este preparado se le agrega al anterior en forma graduada y con cierta agitación (durante 45 minutos). Con este proceso, se separa la glicerina de los ácidos grasos; el resto, es biodiesel

#### 4.3.2.1 Propiedades del biodiesel

Las propiedades que caracterizan al biodiesel se pueden listar como sigue:

- & Su producción es renovable; es decir, la materia prima con la que se elabora no se encuentra en peligro de agotarse por su explotación y/o su uso.
- & Su proceso de producción primaria y elaboración industrial, determinan un balance de carbono menos contaminante que los combustibles fósiles.

- & Cumple como los requisitos del EPA (Environmental Protection Agency) para los combustibles alternativos.
- & Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción.
- & No contiene azufre, por lo que no genera contaminantes que provoquen lluvia ácida.
- & Ofrece una mejor combustión, que reduce el humo visible del arranque de los vehículos en un 30%.
- & Cualquiera de sus mezclas, reduce las emanaciones de CO<sub>2</sub> y partículas e hidrocarburos aromáticos.
- & Los derrames de biodiesel, resultan menos contaminantes que los de sus similares derivados del petróleo; por tanto, son menos letales para la vida.
- & Se degradan más rápido que los petrocombustibles.
- & Su combustión es poco tóxica y, por ende, menos nociva para el medio ambiente.
- & Como lubricante de motores, prolonga la vida útil de estos.
- & Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los derivados del petróleo.

#### **4.3.2.2 Aplicación del biodiesel**

El biodiesel es un combustible que ha ido ganando terreno a través del tiempo. Se le utiliza en sustitución del diesel convencional que se obtiene del petróleo; pero también puede ser utilizado como lubricante de motores.

**4.3.3 Biogás**

El biogás es una mezcla de gases cuyos principales componentes son: metano y bióxido de carbono; éste es producido como resultado de la fermentación de la materia en ausencia de aire (anaerobia).

De forma natural, existe una gran variedad de residuos orgánicos a partir de los cuales se puede obtener el biogás; entre ellos, se pueden listar los siguientes:

- & Desechos provenientes de animales.
- & Residuos vegetales

El proceso de producción del biogás y su uso como fuente energética se puede observar en la figura 4.8.

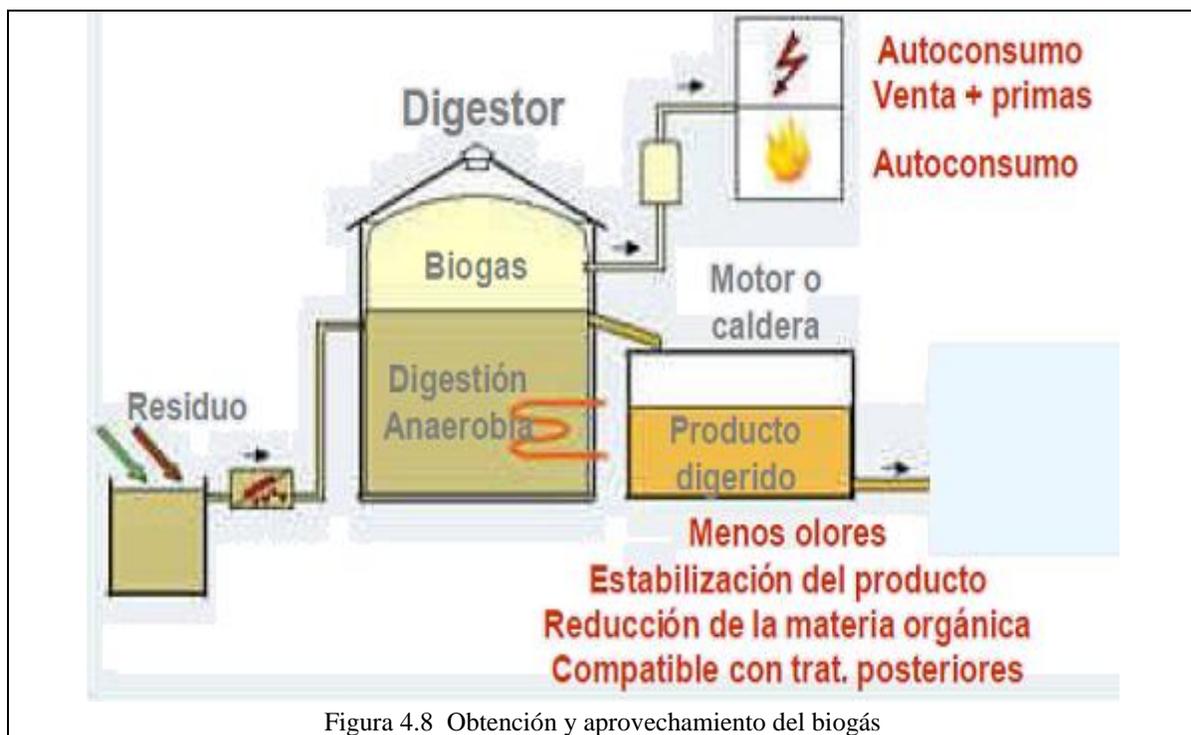


Figura 4.8 Obtención y aprovechamiento del biogás

**4.3.3.1 Componentes del biogás**

Como se mencionó anteriormente, los principales componentes del biogás son el metano y el dióxido de carbono; sin embargo, existen otros componentes; en la tabla 4.3 se puede observar esto más claramente.

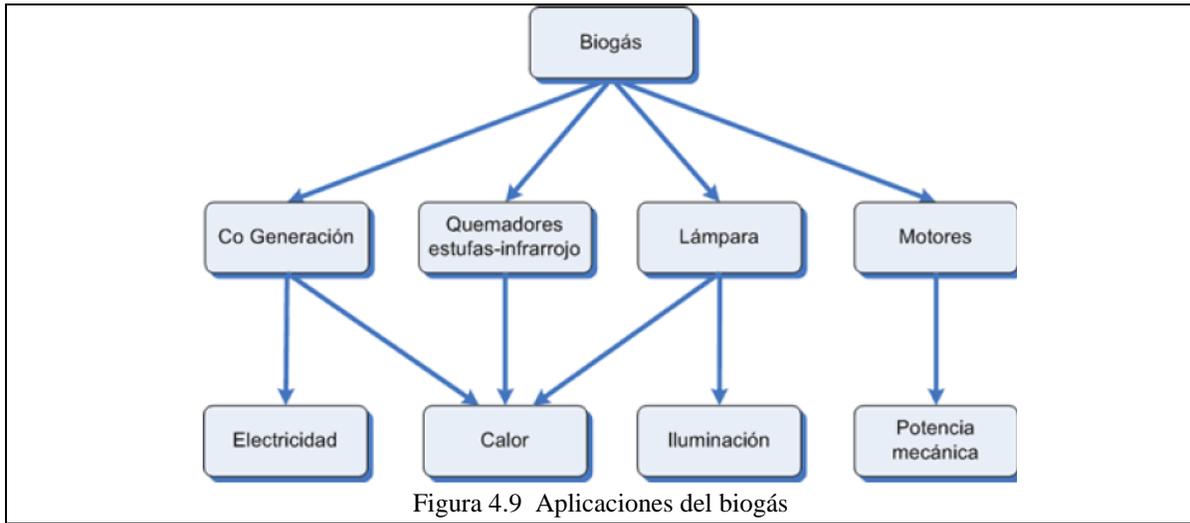
<b>Componente</b>	<b>Residuos agrícolas</b>	<b>Lodos de depuradora</b>	<b>Residuos industriales</b>	<b>Gas de vertedero</b>
Metano	50 – 80%	50 – 80%	50 – 70%	45 – 65%
Dióxido de carbono	20 – 50%	20 – 50%	30 – 50%	34 – 55%
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrogeno	0 – 2%	0 – 5%	0 – 2%	0 – 1%
Sulfuro de hidrógeno	100 – 700 ppm	0 – 1%	0 – 8%	0.5 – 100 ppm

Tabla 4.3 Componentes del biogás

**4.3.3.2 Usos del biogás**

El biogás tiene diferentes usos (ver figura 4.9); entre ellos destacan:

- & Combustible para calderas
- & Motores de cogeneración
- & Combustible de vehículos
- & Gas natural



Actualmente, son muchos los usos del biogás; en la tabla 4.4 se muestran los principales aparatos que lo utilizan; agregando, además, un consumo promedio y eficiencia.

<b>Aparato</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Quemador de cocina	300 – 600 l/h	50 – 60
Lámpara de 60 watts	120 – 170 l/h	30 – 50
Heladera de 100 lts	-30 – 75 l/h	20 – 30
Motor a gas	0.5 m <sup>3</sup> /kWh o Hph	25 – 30
Quemador de 10 kW	2 m <sup>3</sup> /h	80 – 90
Infrarrojo de 200 watts	30 l/h	95 – 99
Co-generator	1 kW electricidad 0.5 m <sup>3</sup> /kWh 2 kW térmica	Hasta 90

Tabla 4.4 Principales aparatos que consumen biogás

De acuerdo con su uso, el biogás tiene ciertas limitaciones; éstas se pueden observar en la tabla 4.5.

Uso	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Combustible para calderas	Menos de 1000 ppm	No	No
Motores de cogeneración	Menos de 500 ppm	No	No condensación
Combustible de vehículos	↓↓	↓	↓↓
Gas natural	↓↓	No	↓↓

Tabla 4.5 Limitaciones del biogás según su uso

En el mundo, existen plantas para el tratamiento de residuos orgánicos y obtención de biogás. Un ejemplo de ello es la planta de aprovechamiento que se encuentra en Colombia (ver figura 4.10), en donde se genera biogás para su uso de forma doméstica e industrial.



Figura 4.10 Planta de aprovechamiento del biogás en Colombia

**4.4 Electricidad biomásica**

La biomasa puede tratarse de forma que se pueda obtener de ella una cierta cantidad de energía; si bien tiene muchos derivados, parece ser uno de los más importantes la generación de electricidad.

El proceso es muy importante, partiendo de los RSU y finalizando en una energía eléctrica aprovechable y sin riesgos (ver figura 4.11). Por supuesto, y como es de esperarse, se genera primero el biogás y, posteriormente, la electricidad (ver figura 4.12).

Además, se obtiene calor que es también un producto energético aprovechable; muchas plantas utilizan este calor para retroalimentar los elementos de producción y tratamiento de los desechos orgánicos.

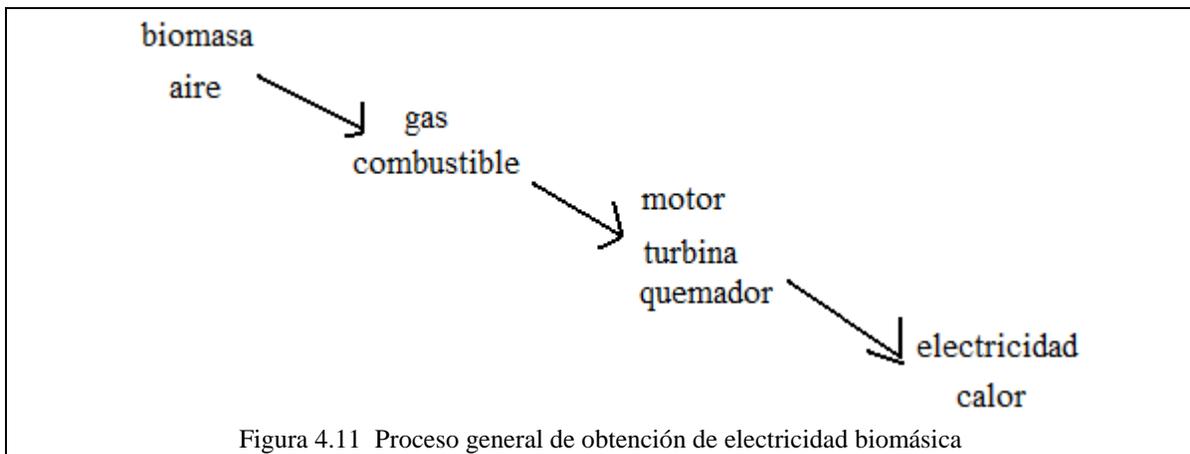


Figura 4.11 Proceso general de obtención de electricidad biomásica

El uso de la electricidad proveniente de la biomasa es extenso; si bien no es capaz de cubrir toda la demanda de las comunidades y las grandes ciudades, representa un apoyo importante en el ahorro de recursos no renovables, como el petróleo.

En los Estados Unidos, existen proyectos (de particulares) que buscan el aprovechamiento de la biomasa para la generación de electricidad; principalmente, para alimentar aquellas comunidades rurales que se encuentran muy lejos de este servicio.



Figura 4.12 Proceso de tratamiento de RSU y obtención de biogás y electricidad

Dentro de estos proyectos, se trata una aplicación de un sistema especializado en remolques, el cual lograría disminuir la humedad concentrada en la madera; facilitando así un aprovechamiento energético mayor y su empleo eficaz en la generación de electricidad. Por otro lado, minimizarían el impacto ambiental y se reducirían los costos de la generación energética.

La vista de una planta de generación de electricidad biomásica se observa en la figura 4.13.



Figura 4.13 Planta generadora de electricidad biomásica

#### **4.5 Abono natural**

El compostaje es un método de aprovechamiento de la basura orgánica; de él, podemos rescatar el concepto de cultivo urbano, que es un tratamiento casero de los RSU a través de la composta.

El cultivo urbano es una apuesta por la ecología. El reciclaje y, en general, los métodos para aprovechar la basura, ayudarán a minimizar el impacto dañino al medio ambiente. En este contexto, se habla de selección y uso adecuado de los residuos orgánicos; todo ello, respetando a la naturaleza, permitiendo el ahorro de agua y reducir la basura de los hogares.

Básicamente, la composta se compone de cáscaras, restos vegetales (residuos de comida), papel de estraza, cartón, plumas (de ave), pelo, hojas de árbol, ramas troceadas, ceniza, etcétera; su conformación se puede ver en la figura 4.14.



Independientemente de ello, existen granjas de lombrices (lombricultura), en donde se generan abonos sumamente ricos en nutrientes para las áreas de cultivo, sin importar el tamaño de ésta. Todo ello se logra, a través de la biomasa y su adecuado tratamiento.

#### **4.6 Ecología doméstica**

Las amas de casa, en su grandiosa creatividad, han encontrado la forma de “reusar” alimentos que, de no hacerlo, pasarían a formar parte de la montaña de residuos orgánicos que conforman la basura.

Sobre estadísticas, se puede decir que, todos los días se tiran a la basura:

- & Cien mil kilos de tortilla
- & 75 000 kilos de pan
- & 35 000 kilos de frijol
- & Las cáscaras y partes de frutas
- & Verduras
- & Etcétera.

Todo lo anterior, con un alto grado alimenticio.

Con las tortillas que se han ido quedando de días anteriores, se pueden preparar tamales, gorditas, charritos, pinole, sopa aguada, chilaquiles y tostadas.

Por supuesto, no se puede reutilizar todo, sólo aquello que no ha sido contaminado por otros productos. Para muestra, un botón; aquí hay algunas ideas:

- & Pinole (ver figura 4.16)
- & Tlaxcalzol tamalli (ver figura 4.15)



**Ingredientes:**

- & 32 tortillas viejas
- & 300 gramos de manteca
- & 1/8 litro de cocimiento de tequezquite
- & 250 g de queso Oaxaca
- & Epazote y chiles cuaresmeños en rajadas, al gusto
- & ¼ lt de caldo
- & 15 hojas de acelga
- & 15 cáscaras de tomate verde

**Procedimiento**

Se ponen a remojar las tortillas. Ya que se han ablandado, se escurre el agua y se desbaratan con la mano hasta lograr una masa uniforme.

Por separado, se bate la manteca hasta que se blanquee. Se le agrega la masa de las tortillas, el cocimiento de tequezquite, la sal y el caldo necesario para formar una masa suave.

Las hojas de acelga, una vez lavadas y cortados los rabos, se ablandan pasándolas por agua caliente. Sobre la hoja de acelga, se extiende una cucharada de masa; se le pone en el centro un trozo de queso, una hojita de epazote y una raja de cuaresmeño. Se doblan las hojas y se acomodan en la olla. Se cuecen a vapor durante una hora.

Figura 4.15 Tlaxcalzol tamalli



El pinolli o pinole, es un dulce muy antiguo que se prepara con diez tortillas duras, azúcar y canela al gusto. Las tortillas se doran en un comal (sin que se quemem).

Después, se muelen en un metate o licuadora, junto con los otros ingredientes.

Figura 4.16 Pinole

**Conclusiones**

A manera de conclusión, se puede decir que el petróleo es la principal fuente de energía existente en la actualidad; de ella, obtenemos combustibles como el gas. También, se puede generar energía eléctrica para su aprovechamiento. Además, son generadores de una alta cantidad de contaminantes al medio ambiente.

Sin embargo, estos recursos son extinguidos y, dada la creciente demanda y la sobreexplotación, es preocupante el futuro.

En este sentido, el mundo se ha dado a la tarea de buscar nuevas opciones, y las ha encontrado en las energías limpias (el viento, el agua, entre otros). De entre ellas, podemos destacar el papel de la biomasa como fuente de recursos energéticos útiles y aprovechables.

Actualmente, la biomasa es materia prima para la obtención de diversos productos, como biocombustibles, abono para fertilización de cultivos, e incluso energía eléctrica.

Ésta es una excelente opción por diversas razones:

- & Es una fuente renovable; esto quiere decir que sin importar su explotación (e incluso la sobreexplotación), es un recurso que siempre está presente.
- & Se encuentra a la mano. La biomasa se encuentra en la superficie, por lo que no hay que hacer pozos subterráneos para extraerla; se encuentra en los bosques, las praderas e, incluso, en las grandes ciudades, como parte de la basura que acostumbramos desechar.
- & Es un recurso poco o nada contaminante (según el tratamiento), que puede proveer de energéticos sin el impacto al medio ambiente.

## **“Generación de energía a través de la biomasa”**

### **Conclusión**

---

& A través del tratamiento de la biomasa se puede reducir, en gran medida, la cantidad de basura que se genera todos los días en las comunidades; sustituir los hidrocombustibles por biocombustibles, para la alimentación de automotores y como lubricante de vehículos; generar cantidades específicas de energía eléctrica que, si bien no podría sustituir por sí mismas las actuales fuentes, pueden apoyar a otras energías limpias en el abastecimiento de electricidad a las comunidades; por si fuera poco, también provee de un abono rico en nutrientes para las tierras de cultivo.

No obstante, el camino aún es largo pero seguimos en él; ya no se trata sólo de un sueño o un proyecto; hoy es una realidad que se aplica en muchos países del mundo.

**Glosario**

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
<b>Acopio</b>	Acción tendiente a reunir residuos sólidos en un lugar determinado y apropiado para su recolección, tratamiento y/o disposición final.
<b>Almacenamiento</b>	Tratándose de la basura, se refiere al depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o su disposición final.
<b>Barrendero</b>	Personal encargado de realizar el trabajo de recolección de basura en determinadas zonas de las ciudades; además del barrido, que es su función principal y para la que fueron contratados.
<b>Basura</b>	Desechos de cualquier naturaleza, tales como: desperdicios domésticos, cenizas, papel, cartón, vidrio, latas, envases desechables, restos de flores y plantas; desperdicios de comida, polvo y, en general, todo aquello que queremos desaparecer de nuestra vista porque da la impresión de suciedad.
<b>biocombustible</b>	Término con el que se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa. Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales. Algunos estudiosos los consideran como una fuente de energía renovable y con poco impacto ambiental.
<b>Biodegradable</b>	Degradación biológica; que es susceptible de pudrirse o descomponerse como materia orgánica.
<b>Biogás</b>	Conjunto de gases generados por la descomposición microbiana y controlada de la materia orgánica.
<b>Biomasa</b>	(Masa biológica). Es la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico.
<b>Burrero</b>	Grupo que participa en la recolección de basura; especialmente en las zonas de bajo estrato económico. Disponen de un burro o caballo que tira de un carretón con cierta capacidad.
<b>Codigestión</b>	Es la mezcla de diferentes subproductos en el proceso de digestión; con el objetivo de conseguir una elevada producción de biogás y la valorización de residuos orgánicos.

## “Generación de energía a través de la biomasa”

### Glosario

---

<b>Composta</b>	Producto resultante del proceso de composteo; generalmente, se trata de una tierra rica en nutrientes y eficiente para sembrar en ella.
<b>Composteo</b>	Proceso de digestión aerobia de la materia orgánica mediante la intervención de microorganismos específicos.
<b>Contaminación</b>	Presencia en el medio ambiente de elementos nocivos o que provoquen un desequilibrio ecológico.
<b>Contaminante</b>	Es toda materia o energía en cualquiera de sus estratos físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.
<b>Contenedor</b>	Recipiente destinado al depósito temporal de los residuos sólidos.
<b>Entierro sanitario</b>	Acción de sepultar la basura, de colocar tierra sobre ella.
<b>Estación de transferencia</b>	Instalación para el transbordo de los residuos sólidos de los vehículos de recolección a los vehículos de transferencia.
<b>Incineración</b>	Combustión controlada de cualquier sustancia o material, cuyas emisiones se descargan a través de una chimenea. Existen plantas especiales para el aprovechamiento de la basura por medio del método de incineración.
<b>Lixiviado</b>	Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión; y que pueden filtrarse en los suelos.
<b>Manejo de la basura</b>	Conjunto de acciones que involucren la identificación, caracterización, clasificación, marcado, acopio, almacenaje, disposición final de los residuos sólidos, entre otras acciones.
<b>Planta de selección y tratamiento</b>	Instalación en donde se lleva a cabo cualquier proceso de selección y tratamiento de los residuos sólidos para su valorización o su disposición final.
<b>Pepena</b>	Acción de recoger, entre la basura, los residuos que tengan valor en cualquier etapa del sistema de gestión de residuos.
<b>Pirolisis</b>	Es la descomposición de una sustancia por la sola acción del calor.
<b>Recolección</b>	Acción de recibir los residuos sólidos urbanos de sus generadores, y trasladarlos a las instalaciones adecuadas para su transferencia, tratamiento o disposición final.

## “Generación de energía a través de la biomasa”

### Glosario

---

<b>Recolección selectiva</b>	También llamada recolección separada. Se trata de la acción de recolectar los residuos de forma separada en orgánicos, inorgánicos y de manejo especial (peligrosos o nocivo).
<b>Reciclaje</b>	Es la transformación de los materiales o subproductos contenidos en los residuos sólidos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico. Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos y de reutilización.
<b>Relleno sanitario</b>	Sistema de conversión o estabilización de la basura en el que existe la generación de biogás y lixiviados durante el proceso de conversión; el biogás y los lixiviados resultantes, deben capturarse y controlarse para evitar la contaminación del medio ambiente.
<b>Residuo</b>	Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, uso, control o tratamiento; cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.
<b>Residuos combustible</b>	Residuos que todavía no se inflaman por sí mismos, y que pueden incendiarse al entrar en contacto con una llama.
<b>Residuo corrosivo</b>	Residuo peligroso, que requieren un manejo cuidadoso de ellos.
<b>Residuo explosivo</b>	Aquel que demanda condiciones apropiadas de manejo a todo lo largo de su ciclo de vida para prevenir accidentes y requieren de programas para responder en caso de que tales accidentes ocurran, a fin de maximizar las consecuencias de los mismos.
<b>Residuo fermentable</b>	Residuo de alimentos, jardinería, de actividades agropecuarias, forestales o pesqueras; que es biodegradable y constituye una fuente de nutrientes.
<b>Residuo inerte</b>	Aquel capaz de reaccionar con otros materiales o residuos.
<b>Residuo inorgánico</b>	Todo residuo que no tenga características de residuo orgánico y que pueda ser susceptible a un proceso de valorización para su reutilización y reciclado.
<b>Residuo orgánico</b>	Todo residuo sólido biodegradable (que se descompone).
<b>Reutilización</b>	El empleo de un residuo sólido sin que medie un proceso de transformación.
<b>Tiradero</b>	Lugar donde se va a tirar la basura; generalmente, en la periferia de la ciudad, en barrancas o depresiones que se rellenan sin técnica o control alguno.
<b>Tratamiento</b>	Procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico; mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen o peligrosidad.

**Valorización**

Conjunto de acciones cuyo objetivo es mantener a los materiales que lo constituyen, en los ciclos económicos o comerciales mediante su reutilización, manufactura, rediseño, reprocesamiento, reciclado y recuperación de materiales secundarios; con lo cual no se pierda su valor económico.

**Bibliografía**

- & Arvizu. Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos enterrados para generación de electricidad. Instituto de investigaciones eléctricas. 1991.
  
- & Colin. Química ambiental. Ed. Reverté. 2001.
  
- & Cortinas de Nava. Hacia un México sin basura. Bases e implicaciones de las legislaciones sobre residuos. Partido verde ecologista de México. 2001.
  
- & Deffis, la basura en la solución . Árbol editorial S.A. de C.V. 1994.
  
- & Grassi. Biomass for Energy, Industry, Rural Development and environment. Informe. 1991.
  
- & Stanley. Introducción a la química ambiental. Ed. Reverté. 2007.
  
- & Swinnen. Bulk Chemicals for Biomass in the EC: Feasibility and Potential Outlets. 1991.