

EL RECICLAJE ES LA SOLUCIÓN



Ing. Ricardo Medina Delgado

El reciclaje es la solución
Ing. Ricardo Medina Delgado

Primera edición: septiembre de 2016

D. R. (México) ©
Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación
Venezuela 44, Colonia centro
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06020
México, Ciudad de México

Impreso en México

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida en todo ni en parte, sin la autorización previa por escrito de los titulares del *copyright*.

RESUMEN

El primer capítulo tiene la finalidad de introducir a todo lector en los aspectos generales de los residuos sólidos, comenzando con conceptos básicos como lo que significa basura, residuos, residuos sólidos urbanos y la diferencia entre basura y residuo. Además, nos da a conocer la forma como los residuos han trascendido a través de la historia desde los inicios de la civilización así como en lo que respecta a nuestro país. De igual manera, se aborda el tema del manejo de los desechos desde su generación, almacenamiento, recolección, transportación y disposición final. Por último, se le da especial importancia al aspecto de la problemática que generan los tiraderos a cielo abierto, abordando temas como los efectos negativos al ambiente y a la salud, impacto tanto en la salud como en lo social.

El segundo capítulo nos muestra los diferentes tratamientos a los que son sometidos los residuos sólidos, comenzando con los conceptos de residuos sólidos no peligrosos, residuos sólidos peligrosos y lo que es un tratamiento de residuos sólidos. Por otra parte, también se da a conocer una clasificación de los sistemas de tratamiento, así como la situación que se vive actualmente en América Latina. Por último, se describen los principales sistemas para tratamiento de los residuos sólidos, tales como el relleno sanitario, la incineración y la pirólisis.

Así pues, el tercer capítulo se refiere a la recuperación de materiales, teniendo como principales temas al reciclaje y al composteo, de los cuales se da a conocer su definición, antecedentes, la experiencia mexicana en estos tratamientos, ventajas y desventajas, entre otros.

En el cuarto capítulo se muestran los cinco grandes reciclables: papel, metal, plástico, vidrio y materia orgánica, de los cuales se da a conocer su definición, historia, clasificación, ventajas y desventajas.

Y para terminar, el capítulo cinco se refiere a los centros de acopio, en donde también se da a conocer la definición, historia, clasificación, ventajas y desventajas de estos, así como un plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios, dividido en tres etapas y, por último, las dimensiones de los centros de acopio, en donde se muestra el volumen de los subproductos, equipamiento, personal, forma de almacenaje y la recolección y traslado de los subproductos.

ÍNDICE

	PAG.
PORTADA.....	I
RESUMEN.....	III
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICAS Y FIGURAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	VII
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	VIII
CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	1
1.1 CONCEPTOS.....	2
1.2 LOS RESIDUOS SÓLIDOS A TRAVÉS DE LA HISTORIA.....	5
1.3 LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO.....	5
1.4 MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	7
1.5 PROBLEMÁTICA DE LOS TIRADEROS A CIELO ABIERTO.....	13
CAPÍTULO 2. TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	24
2.1 CONCEPTOS.....	26
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.....	28
2.3 SITUACIÓN ACTUAL EN AMÉRICA LATINA.....	31
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS PARA TRATAMIENTOS DE RESIDUOS.....	33
CAPÍTULO 3. RECUPERACIÓN DE MATERIALES.....	56
3.1 RECICLAJE.....	60
3.2 COMPOSTEO.....	68
CAPÍTULO 4. LOS 5 GRANDES RECICLABLES.....	83
4.1 PAPEL.....	85
4.2 METAL.....	91
4.3 PLÁSTICO.....	95
4.4 VIDRIO.....	101
4.5 MATERIA ORGÁNICA.....	104
CAPÍTULO 5. LOS CENTROS DE ACOPIO O DE RECICLAMIENTO.....	108
5.1 LOS CENTROS DE ACOPIO.....	111
5.2 PLAN DE UTILIZACIÓN PRODUCTIVA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS.....	116
5.3 DIMENSIONES DE LOS CENTROS DE ACOPIO.....	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	IX
BIBLIOGRAFÍA.....	X

ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICAS Y FIGURAS

	PAG.
FIGURA 1.1 MODELO CONCEPTUAL DE UN TIRADERO A CIELO ABIERTO.....	16
CUADRO 2.1 RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN CASAS, CONSULTORIOS, COMERCIOS Y CENTROS EDUCATIVOS, DE INVESTIGACIÓN Y DE SALUD.....	28
FIGURA 2.1 MÉTODO DE TRINCHERA O DE CELDA EXCAVADA.....	36
FIGURA 2.2 EJEMPLO DE OPERACIÓN CON EL MÉTODO DE TRINCHERA.....	36
FIGURA 2.3 MÉTODO DE ÁREA.....	37
FIGURA 2.4 EJEMPLO DE OPERACIÓN CON EL MÉTODO DE ÁREA.....	38
FIGURA 2.5 MÉTODO DE RAMPA.....	39
FIGURA 2.6 EJEMPLO DE OPERACIÓN CON EL MÉTODO DE RAMPA.....	39
CUADRO 2.2 SUBPRODUCTOS OBTENIDOS POR PIRÓLISIS.....	51
CUADRO 2.3 SISTEMAS PIROLÍTICOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	53
FIGURA 3.1 FASES EN LA FORMACIÓN DE COMPOSTA.....	74
CUADRO 4.1 CÓDIGOS DE LOS TERMOPLÁSTICOS MÁS USADOS.....	100
CUADRO 5.1 VOLÚMEN DE LOS SUBPRODUCTOS.....	123
CUADRO 5.2 PORCENTAJE DE PESO Y VOLUMEN DE LOS SUBPRODUCTOS.....	123

INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta Tierra se encuentra seriamente amenazado por el Hombre. La razón: nuestra inconciencia e irresponsabilidad para con el entorno. Se dice que somos los seres más inteligentes que habitan este hermoso planeta pero tal parece que no le damos mucha importancia a este argumento porque actuamos de una manera totalmente absurda.

Y en vez de aplicar nuestra materia gris en la búsqueda de soluciones a la problemática actual, arraigada desde la aparición de la llamada “civilización”, nos preocupamos más por buscar la manera de aumentar nuestra capacidad para adquirir bienes materiales, los cuales, en la mayoría de los casos, pierden su valor al poco tiempo y pasan de moda, provocando con esto su inevitable eliminación.

La razón fundamental por la que fue hecho este trabajo se deriva de la necesidad por comprender lo que son los residuos sólidos y todo lo relacionado con este tema, así como las consecuencias de su disposición final inadecuada, lo cual ocasiona contaminación debido a su permanencia a través del tiempo. De igual manera, surge la necesidad de buscar alternativas de solución porque, por un lado, se desperdicia materia reutilizable, llámese papel, metal, plástico, vidrio o materia orgánica, y, por el otro, dicho material es colocado en lugares inapropiados que muy pocas veces cumplen con los requerimientos de orden ecológico necesarios para asegurar que no afecten el entorno natural.

Ojalá que la información plasmada en esta investigación sea de utilidad para todas aquellas personas interesadas en este tema y que les sirva como apoyo en la comprensión del mismo.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1

ASPECTOS

GENERALES DE

LOS RESIDUOS

SÓLIDOS

ASPECTOS GENERALES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Siempre hemos sabido que en realidad no es la tierra la que pertenece al hombre, sino que el hombre pertenece a la tierra, y éste es el único límite conocido de nuestra libertad desde los tiempos más remotos. Sin embargo, existe la creencia generalizada de que el hombre puede hacer o dejar de hacer libremente lo que se le antoje. Ésta es la razón por la que estamos ahora tan alejados de la naturaleza; instalados frente a paisajes geométricos de bloques de cemento; con torres de acero y postes eléctricos, con la atmósfera envenenada, el agua contaminada y con alimentos que portan enfermedades adquiridas en suelos impregnados de sustancias mortales.

Éstos son solo algunos de los costos que el hombre paga por esa malentendida libertad que está destruyendo al mundo. Dicha libertad por la que las mentalidades capitalistas, ávidas de ganancias, sólo la entienden al ganar dinero a cualquier precio y a costa de los demás. Los hombres que han creído que dicha conducta es natural, tarde o temprano pagarán un precio por esa irreal, ilusoria y errónea idea.

Los residuos sólidos son un ejemplo claro de esa incompreensión de la sociedad hacia el medio que la rodea; de esa tendencia que acabará con la especie humana, la cual no ha aprendido a prever las consecuencias de esa destructividad carente de conciencia ecológica.

1.1 CONCEPTOS

Antes de entrar a detalle en éste capítulo, es conveniente dejar bien claros algunos conceptos, los cuales se dan a conocer a continuación.

1.1.1 Basura

Desechos de cualquier naturaleza: desperdicios domésticos, cenizas, papel, cartón, vidrio, latas, envases desechables, restos de flores y plantas; desperdicios de comida; polvo y todo aquello que queremos desaparecer de nuestra vista porque ensucia o da la impresión de suciedad, de impurezas, manchas o turbiedad. Se dice que los objetos inútiles son basura, y esto presupone el deseo de eliminarlos, ya que no se les atribuye suficiente valor para conservarlos.

1.1.2 Residuos

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

1.1.3 Residuos sólidos urbanos

Residuos es la parte o porción que queda de un todo, o lo que resulta de la combustión, la descomposición o destrucción de una cosa; sobrante de algo que ya fue usado o que tuvo alguna utilidad. Resto, remanente, sobra, despojo, rastrojo, escoria, ceniza, basura, chatarra, piltrafa, bagazo, desperdicio y desechos de cualquier naturaleza: domésticos, orgánicos e inorgánicos; polvos de barrido de las casas; escombros de trabajos públicos y privados; de obras de construcción, cenizas de fábrica y los desechos de industrias y clínicas. Se caracterizan por ser materiales que han perdido valor o utilidad para sus propietarios y que se convierten en un estorbo; son clasificados de acuerdo a su origen de generación en **domiciliarios, comerciales, industriales y de servicios.**

Como podemos observar, la diferencia fundamental entre basura y desperdicio es que la basura engloba de manera general a todo aquello que nos estorba y deseamos eliminar. En cambio, el desperdicio encierra de manera específica todo aquello que desechamos pero que se encuentra clasificado dependiendo su origen.

1.1.4 ¿Es basura o residuo?

Se considera basura todo objeto que ya no tiene utilidad para nosotros, y por tanto, no vale la pena conservarlo, lo que presupone un deseo de deshacerse de él ya que no se le atribuye ningún valor para conservarlo. La basura refleja suciedad, falta de higiene, mal olor, desagrado a la vista, contaminación, fecalismo, impureza, turbiedad, etc. Sin embargo, el término de residuos sólidos es más apropiado que el de desechos o basura. El diccionario de la Real Academia Española define residuos como: “lo que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa; parte o porción que queda de una cosa”.

La palabra sólido es imprecisa, sobre todo en el caso que nos ocupa, pues una gran parte de los contaminantes líquidos y gaseosos son suspensiones de sólidos en esos medios. La decantación y desempolvado de muchos efluentes líquidos y gaseosos convertirá el problema en uno de los tratamientos de residuos sólidos. Ésta estrecha relación entre los tres tipos de agentes contaminantes pone de manifiesto el grado de correspondencia que existe con los asuntos ecológicos y ambientales.

Por otro lado, los residuos sólidos se dividen en dos grandes grupos: Los orgánicos y los inorgánicos. Los orgánicos son todos aquellos de origen biológico, que en algún momento tuvieron vida; es decir, todo aquello que nace, vive, se reproduce y muere. Generalmente están compuestos de desperdicios de la comida, la cocina y restos de plantas y vegetales. En tanto

que los inorgánicos están constituidos por materiales tales como: vidrio, papel, plástico, metales, etc. Los cuales se caracterizan por su permanencia a través del tiempo.

1.2 LOS RESIDUOS SÓLIDOS A TRAVÉS DE LA HISTORIA

Cualquiera que sea el campo en que el hombre se desenvuelva, ya sea industrial, agrícola, social o doméstico, la huella de su paso se irá marcando por una pesada carga de residuos, es decir, la mayoría de las cosas que, de una u otra forma, ha utilizado. La generación de residuos sólidos es una actividad propia del hombre. De hecho, el transformar la naturaleza, modificar el ambiente, entre otras cosas, es lo que constituye el avance de la civilización. Nada ha caracterizado mejor a la sociedad contemporánea como su enorme capacidad de consumo. Desde el punto de vista del problema de los residuos sólidos, sería más adecuado definir al hombre de hoy como un gran transformador; característica que ya tenían nuestros ancestros, cuando modificaban el medio ambiente, lo cual constituye la cultura o avance cultural. La apertura de sendas a fin de recorrer el mismo camino varias veces, la construcción de albergues, la utilización de piedras y palos para fabricar herramientas, el uso del fuego y más formaba parte de los medios de supervivencia y alteraba al mismo tiempo el ambiente natural.

1.3 LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO

A partir de la llegada de los españoles, es tradicional en México manejar los residuos sólidos en forma arbitraria, con lo que se complican las posibilidades de reutilización o reciclaje y se crean problemas de salud pública, de contaminación ambiental, de economía y de disgusto e inconformidad en la sociedad.

En la época prehispánica, afirma el padre Francisco Javier Clavijero, bajo el gobierno de **Moctezuma Xocoyotzin**, no había en las ciudades una sola tienda de comercio, ni se podía vender ni comprar fuera de los mercados, y por lo tanto, nadie comía en las calles, ni se tiraban

cáscaras ni otros despojos y había más de mil personas que recorrían la ciudad recogiendo los residuos. Dicen los cronistas que los servicios urbanos de limpia y recolección estaban mejor organizados que ahora y el suelo no ensuciaba el pie desnudo, además de que los habitantes estaban habituados a no tirar nada en la calle.

En cambio, en el año de 1787, las calles de la ciudad de México eran intransitables por el desaseo y la falta de limpieza; había desperdicios y los caños estaban llenos de lodos pestilentes; en casi todas las calles se veían muladares o basureros ya que todo se arrojaba en la vía pública y no existía quien la recogiera. En consecuencia, el virrey **Revillagigedo** hizo reglamentaciones municipales para barrer y regar las calles, estableciendo que los desperdicios fueran recogidos con carros tirados por mulas, lo cual evitó que se continuara arrojando en forma arbitraria.

Al iniciarse el periodo independiente del país, el coronel **Melchor Múzquiz**, en 1824, nombró una comisión para que reglamentara el sistema de limpia de la ciudad. Como dato curioso que nos señala tal vez el origen de la tradicional “campana” que todavía se usa en la actualidad, tenemos el siguiente reglamento:

*“...Se establece un sistema de limpia con carretones de tracción animal cuyo horario será por la mañana y noche para la recolección, llevando una **campanilla** que tocarán los carretoneros para que sirva de aviso al vecindario. Además, aguardarán el tiempo necesario para que la gente pueda acudir con sus desperdicios y harán las paradas que sean precisas según la longitud de las calles. Se impondrán multas a las personas que arrojen desperdicios, las cuales serán de \$ 2.00 la primera vez, \$ 4.00 la segunda y \$ 6.00 la tercera, además de pagar el daño que causaran”. Es importante señalar que éstos son los primeros reglamentos que establecen multas a las personas.*

A fines del siglo XIX, el servicio de limpia se llevaba a cabo con 80 carretones de tracción animal. El sistema estaba dividido en 8 sectores y se erogaban en promedio \$50'000.00 mensuales. También se efectuaron estudios para la instalación de un incinerador municipal, pero la comisión encargada del mismo dictaminó que no era conveniente “debido a las emanaciones que contaminan el aire”.

En el siglo XX, los primeros datos disponibles corresponden a 1929 en donde se contaba con 190 carretones de 2.5 metros cúbicos y una pequeña flota de camiones, tractores y remolques. El personal encargado del servicio de limpia estaba formado por 1,500 personas aproximadamente. Para 1938, la cantidad de trabajadores ascendió a 2,000 y en ese mismo año se intentó instalar la primera planta industrializadora. Ya en 1940 se hablaba de reciclar o industrializar los desperdicios, de los problemas de contaminación del suelo, aire y agua y de la necesidad de que los tiraderos quedaran lo más alejado posible de la ciudad.

En la actualidad, si bien se ha incrementado la infraestructura necesaria para proporcionar un adecuado servicio de limpia, la incontrolable producción de residuos desborda cualquier intento convencional para resolver el problema.

1.4 MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El manejo de los residuos sólidos ha sido reflejo de las características del proceso de urbanización en cualquier asentamiento humano. Así, la generación de basura y su manejo, han crecido en relación directa al **tamaño de la población, usos del suelo, nivel de ingresos y patrones de consumo**. En 1950, se producían 370 gramos de residuos per cápita, de los cuales fundamentalmente predominaban los biodegradables; y en la actualidad se generan alrededor de 1 kilogramo por habitante. Durante estos años, no solo se ha incrementado de manera considerable el volumen, sino también se ha modificado su composición, pasando de

un 5% de residuos no degradables a un 50%. En la actualidad, el manejo de los residuos sólidos conforma un sistema en donde se encuentran estrechamente vinculadas las diversas etapas que, a partir de la producción de los artículos de consumo, se inicia la generación de residuos para pasar a la recolección, tratamiento y disposición final, las cuales se explican a continuación:

Los procesos de los residuos sólidos tienen su punto de partida en la **generación** de los materiales orgánicos e inorgánicos, que una vez utilizados por el hombre pierden su utilidad o su valor y son “tirados al bote de la basura”, es decir, son **almacenados** en espera de ser **recolectados** por el servicio de limpia que los concentra en los vehículos recolectores y los transporta a las estaciones de transferencia, donde los residuos se vacían en camiones con cajas de gran capacidad para llevarlos a los sitios de **disposición final**, que es el lugar donde se depositan.

1.4.1 Generación

Como se había dicho anteriormente, en la actualidad se genera 1 kilogramo en promedio de residuos sólidos en la República Mexicana por persona y por día. El incremento que se ha experimentado en los últimos años se caracteriza por una actividad económica concentrada en la producción y comercialización diversificada de bienes de consumo y un excesivo empleo de empaques y envases. Uno de los aspectos que ha incrementado el volumen de los residuos sólidos es la utilización de numerosos envases desechables, que de algún modo son un atractivo en las perspectivas de mercado buscadas por los industriales, ya que, en la disyuntiva de utilizar un envase retornable, el cual debe soportar los manejos bruscos, prefieren el no retornable que tiene peso o resistencia mínima necesaria para un viaje seguro y es cómodo para el consumidor. Esta es justamente una de las trampas de la sociedad de consumo y del progreso malentendido, **lo que ahora es cómodo mañana puede ser mortal.**

El crecimiento demográfico influye asimismo en la medida en que cada nueva persona que se integre a una ciudad, desecha cierta cantidad de materias al satisfacer sus necesidades. Esto implica un crecimiento constante de los residuos, aunque no en la misma proporción que el aumento de la población, la cultura y la publicidad. Por otro lado, los ingresos elevados posibilitan la adquisición de gran número de bienes de consumo, así como el desecho frecuente de objetos y elementos que podrían seguirse usando en su mismo estado o bien con una reparación, en caso necesario. Así, tenemos que existe un mayor volumen de desechos en los niveles sociales altos, debido a la presencia frecuente de empaques y envolturas en la composición de la basura.

Los factores culturales también influyen en el consumo. Tradicionalmente, la familia ha funcionado como una unidad productora de ciertos bienes, como en el caso de los alimentos, sin embargo, en la actualidad ha pasado a ser una unidad de consumo que depende cada vez más de productos procesados industrialmente, y que con frecuencia presentan mayor disponibilidad. En este sentido, a pesar de que muchas familias siguen comprando productos frescos y a granel en los mercados, la publicidad de los medios de comunicación causa un gran impacto, ya que modifica los patrones de consumo generalizado. De la misma manera, esto afecta en forma negativa a los sectores con ingresos más bajos puesto que **consume productos más caros con menor valor nutritivo.**

La generación de los residuos sólidos es muy difícil de controlar, debido a que para ello, tendrían que modificarse conductas generalizadas de consumo que son reforzadas cotidianamente por las características de vida de la ciudad; puesto que por las cada vez mayores necesidades de consumo de la población, sobre todo en materia de alimento, y a los problemas de abasto que se presenta, la población va optando por comprar productos que

puedan conservarse por más tiempo pero que generalmente tienen la desventaja de crear más desechos de origen sintético.

1.4.2 Almacenamiento

Es el momento en el que la basura es depositada en un recipiente o en algún lugar en el sitio donde se genera, en espera de que sea recogida para su disposición final. En muchos hogares, comercios o establecimientos prestadores de servicios (restaurantes, hoteles, etc.) el almacenamiento se realiza de manera inadecuada, pues los desperdicios se dejan en algún patio trasero y/o al descubierto; o bien, se queman, causando impactos negativos en el ambiente y en la salud. Por otro lado, los recipientes en que son colocados varían demasiado: bolsas de papel, plástico, cajas de cartón, botes de lámina, madera o plástico y recipientes hechos para tal fin. Esto propicia la presencia de insectos, malos olores y filtraciones de líquidos escurridos de la basura. Igualmente, el lugar donde se coloca la basura es por lo regular impropio, generalmente, la cocina, puesto que no se dispone de espacio suficiente. La frecuencia con que se tira la basura es también importante, ya que después de cierto tiempo, los desechos orgánicos entran en descomposición y pueden dañar la salud de los habitantes de la casa. Además, la mezcla de desechos orgánicos e inorgánicos hace que se dificulte posteriormente el rescate de materiales reutilizables y, por ende, reduce la calidad de éstos. El uso de recipientes y el lugar que se utiliza para su almacenamiento están en parte condicionados por la capacidad económica de los generadores y su disponibilidad de espacio.

1.4.3 Recolección

En esta actividad se transfieren los desechos a un vehículo impulsado por una fuerza motriz, animal o humana para su disposición final, almacenamiento o industrialización. Los sistemas de recolección que más se utilizan son:

1.4.3.1 Manual

En este se emplea la fuerza humana para transferir los desechos generados de un lugar a otro, y es básicamente para recolectar desperdicios de casas habitación y comercios debido a su escasa capacidad. Esta es realizada por el personal del departamento de limpia municipal así como por particulares, teniendo las siguientes ventajas:

- Posibilidad de recoger desechos en cualquier tipo de pavimento
- Posibilidad de operar en lugares inaccesibles a otro tipo de vehículo
- Pequeña inversión inicial para la operación
- Mínimo mantenimiento mecánico
- Utilización de mano de obra no calificada
- Facilidad para recoger cualquier tipo de material

Las principales desventajas son los altos riesgos para la salud y el continuo encarecimiento de la mano de obra.

1.4.3.2 Semimecanizada

Es la actividad que se realiza con un transporte motorizado de determinada capacidad para transferir desechos de su lugar de generación al de su disposición; el vehículo es llenado en forma manual.

1.4.3.3 Mecanizada

Se realiza en las cunetas de las calles con ayuda de máquinas barredoras.

1.4.4 Transportación

El transporte de los desechos está íntimamente relacionado con la cantidad y el tipo de los mismos. Éste es uno de los elementos más problemáticos de la operación actual para el manejo de los desperdicios. Según el diagnóstico del secretariado de la Conferencia de las

Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), entre el **70 y el 80%** de los gastos de operación se invierten en transporte y además, el presupuesto siempre resulta insuficiente para los crecientes costos de adquisición y mantenimiento del parque vehicular.

1.4.5 Disposición final

Éste es un aspecto inevitable del manejo de los desperdicios sólidos, pues, independientemente de que existan las condiciones para el desarrollo tecnológico de todas las opciones de tratamiento de los mismos, siempre existirán residuos de los que habrá que hacerse cargo. La disposición final de los residuos sólidos puede realizarse en:

1.4.5.1 Tiraderos a cielo abierto

Es el método más utilizado en nuestro país, debido a que supuestamente es el más económico. Consiste en depositar los desechos en un lugar y dejarlos ahí, sin que se ejerza sobre ellos control o previsión alguna. Estos tiraderos pueden ser clandestinos o municipales. Los primeros son extensivos en los asentamientos pequeños de baja densidad de población, así como cualquier esquina o lote baldío puede convertirse en un tiradero clandestino. Los municipales existen en todos los asentamientos medios y grandes del país.

1.4.5.2 Entierros controlados

Este método consiste en hacer una excavación en algún sitio que se escoge de acuerdo con la disponibilidad de terreno de una localidad, procurando que esté fuera de la mancha urbana y que tenga un acceso libre en todas las épocas del año. Ahí se depositan los residuos sólidos y, cuando se termina la capacidad del sitio, se cubre con tierra y se busca otro para el mismo propósito.

La recolección de los residuos sólidos, su transporte y disposición final es un servicio que reduce los riesgos de salud pública, mejora la imagen urbana y aminora el impacto ambiental. Sin embargo, es notorio en la ciudad de México y en el interior de la República que la capacidad instalada y el equipo mecánico y humano son insuficientes para mantener limpia una ciudad. Por esta razón, surgen miles de tiraderos clandestinos en vías y lugares públicos y en terrenos baldíos, donde cotidianamente se depositan los residuos.

De igual forma, el control y eliminación de tiraderos a cielo abierto, donde el problema de los residuos se agudiza, no solo por las proporciones de éstos, sino porque la permanencia prolongada de la basura amplía las formas de contaminación.

1.5 PROBLEMÁTICA DE LOS TIRADEROS A CIELO ABIERTO

Los sitios de disposición final de residuos sólidos que no fueron planeados técnicamente, se conocen comúnmente como tiraderos "a cielo abierto". Básicamente, estos sitios son terrenos en donde se depositan y acumulan los residuos sólidos municipales sin ningún control técnico sanitario ni operativo, así como la ausencia de obras de infraestructura para minimizar los impactos negativos al ambiente. En muchos casos se localizan cerca de los asentamientos humanos; en la ribera de los ríos, arroyos, manglares y otros cuerpos de agua; a un lado de las carreteras, caminos vecinales y/o en terrenos con características inadecuadas, debido a que únicamente se considera la cercanía y la disponibilidad de espacio libre para el depósito de los residuos.

Una de los problemas asociados a la presencia de tiraderos a cielo abierto, es que, ante la falta de control del ingreso de los residuos, en la mayoría de los casos, estos sitios se convierten en puntos clave para el depósito ilegal de residuos peligrosos, lo cual provoca que se agraven aún más los efectos de contaminación ambiental y de riesgo a la salud humana.

Con el desarrollo del relleno sanitario en nuestro país, existe una deformación en la aplicación del término, dado que frecuentemente se utiliza el concepto de relleno sanitario como sinónimo de depósito para residuos sólidos en general, lo cual propicia una imagen errónea de esta técnica, provocando el rechazo de la población, cuando se pretende instalar un sistema de esta naturaleza, con el objeto de resolver el problema de los tiraderos a cielo abierto.

Considerando la información generada por la Secretaría de Desarrollo Social, a través de la Dirección de Residuos Sólidos, se estima que de 100 ciudades medias de nuestro país, sólo un 27% cuentan con relleno sanitario o sitios controlados y en el resto los residuos son depositados en tiraderos "a cielo abierto", sin el control sanitario y ambiental requerido. Estas cifras muestran que aún existe un importante rezago en la aplicación de técnicas sanitarias que minimicen los inconvenientes del depósito a cielo abierto, por lo que es impostergable el establecimiento de mecanismos para la asignación de recursos técnicos y económicos que permitan prestar la atención a la problemática expuesta.

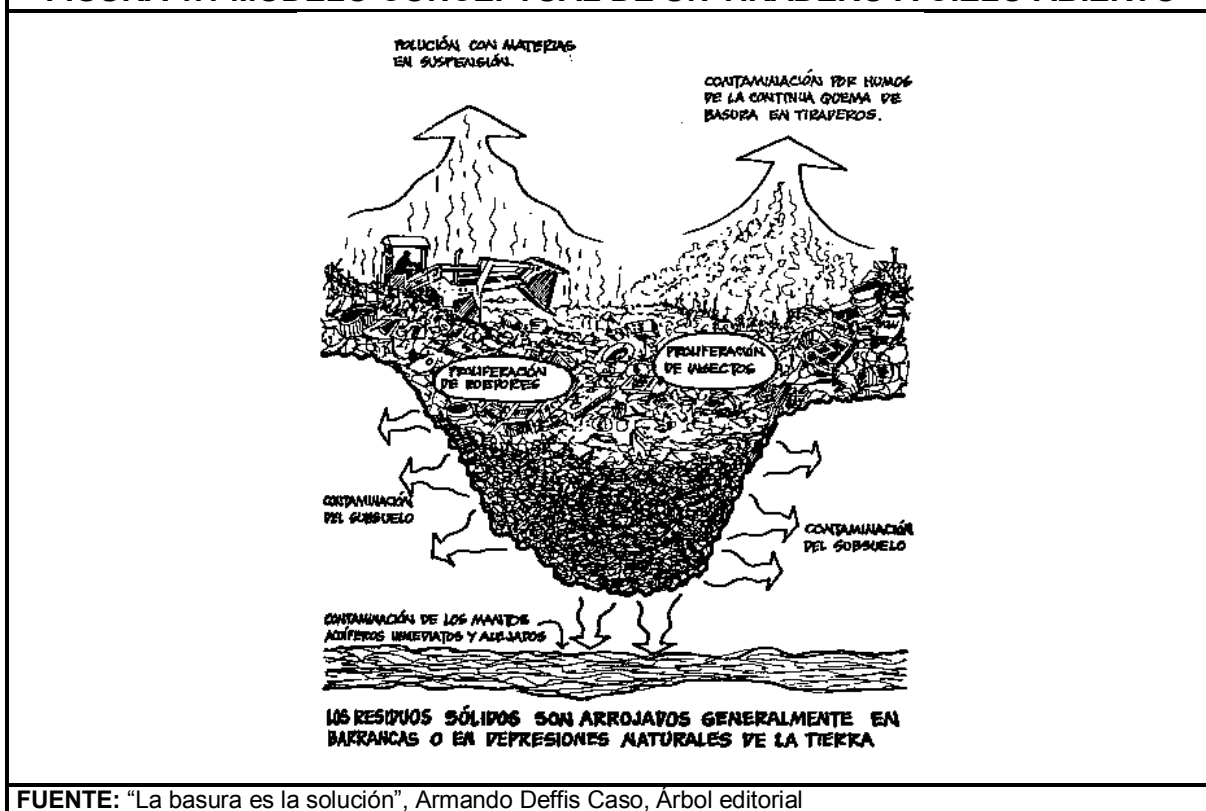
La disposición final de los residuos sólidos ha provocado problemas de contaminación del agua, aire y suelo, así como la proliferación de fauna nociva, mismos que se describen a detalle más adelante. Aunado a los inconvenientes anteriores, existe la problemática social de los grupos de pepenadores que laboran en los sitios de disposición final incontrolados, principalmente por las condiciones inadecuadas en que viven y realizan sus actividades. El temor a perder su única fuente de trabajo, provoca que estos grupos se opongan a cualquier alternativa encaminada a mejorar las técnicas de disposición final y/o a la clausura y saneamiento de los tiraderos a cielo abierto.

1.5.1 Efectos negativos al ambiente y a la salud

Como punto de partida, es importante mencionar que, para la utilización de los sitios destinados como tiraderos a cielo abierto, en general no se realizaron estudios previos orientados a la selección técnica del sitio, con el propósito de asegurar las mejores condiciones para el depósito de los residuos sólidos; desgraciadamente en la mayoría de los casos, estos sitios se encuentran localizados en zonas con características inadecuadas para tal fin, por lo que es de esperarse que, ante la acumulación de residuos sólidos y los procesos de estabilización naturales que han sufrido éstos con el paso del tiempo, ya exista afectación del entorno natural en donde se encuentran ubicados dichos sitios.

El conocimiento de la interrelación que existe entre los tiraderos, el ambiente y la salud humana, constituye la parte medular para establecer medidas tendientes a controlar los efectos nocivos presentes y evitar los posibles daños al entorno. Para comprender esto, es preciso establecer un **Modelo Conceptual General del Sitio de Disposición Final**, el cual permita visualizar y determinar las diferentes fuentes y tipos de contaminación, así como los mecanismos de transporte de los mismos hacia las áreas circundantes y el hombre (ver figura 1.1)

FIGURA 1.1 MODELO CONCEPTUAL DE UN TIRADERO A CIELO ABIERTO



Basadas en la figura anterior, a continuación se describen los diferentes efectos potenciales que trae consigo la disposición de los residuos sólidos a cielo abierto. Representando estos mayores consecuencias cuando las características físicas son desfavorables.

1.5.1.1 Deterioro al paisaje

La presencia de un sitio de disposición final, sin ningún control ambiental o sanitario, muestra en primera instancia un deterioro de la imagen de su paisaje. El impacto visual negativo que ocasiona la presencia de los residuos sólidos a cielo abierto y su dispersión en su entorno, influye directamente en el rechazo de la población. Además de la presencia de residuos, el deterioro del paisaje se ve incrementado por la presencia de polvos, humos, materiales ligeros suspendidos por los vientos, así como por la existencia de pepenadores y animales domésticos, los cuales contribuyen al desorden del sitio. El deterioro del paisaje no sólo se

limita al área que ocupa propiamente el sitio de disposición final, sino que se extiende en una superficie mayor ya que por la acción del viento se dispersan papeles y bolsas de plástico a distancias considerables. El impacto ambiental negativo causado por estos sitios sobre el paisaje es mayor cuando se localizan cerca de las carreteras, caminos vecinales y asentamientos humanos.

1.5.1.2 Contaminación del aire

La disposición de los residuos sólidos a cielo abierto, origina graves problemas a la atmósfera, así como olores desagradables y problemas a la salud de la población circundante a través de los siguientes mecanismos:

- Incendios y/o la quema de residuos sólidos.
- La emisión y combustión de biogás.
- Suspensión de microorganismos, polvos y partículas por el viento.

Con relación a los efectos sobre la atmósfera, se tiene que los principales componentes del biogás, tales como el metano, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, contribuyen al incremento de los siguientes problemas:

- Al deterioro de la capa de Ozono que cubre a la tierra.
- Al efecto de invernadero, que consiste en el incremento de la temperatura de la tierra.
- A la lluvia ácida, propiciada por la presencia de ácido sulfhídrico.

Otro efecto importante que contribuye al impacto del aire y causa molestias a la población, es la generación de olores, los cuales son provocados por:

- Descomposición biológica de la parte orgánica de los residuos sólidos.
- Compuestos orgánicos volátiles arrastrados por el biogás.
- Animales en estado de descomposición.

Finalmente, es importante destacar que en un tiradero existe una gran cantidad de microbios patógenos, quistes de amibas y gases tóxicos para los seres vivos. Al quemarse los residuos de manera incontrolada, se produce una gran turbulencia del aire, por lo que la contaminación alcanza varios kilómetros a la redonda y este efecto es gobernado por la acción de los vientos.

1.5.1.3 Contaminación de suelo y aguas subterráneas

Tomando en consideración que en la mayoría de los casos los tiraderos “a cielo abierto” carecen de una cubierta de material (tierra), se presenta, por consiguiente, un medio altamente permeable que permite la fácil entrada del agua de lluvia a los estratos de residuos que se encuentran acumulados, provocando por ello la saturación del medio y la percolación hacia el fondo, efectuándose a la vez, la disolución de sustancias y la suspensión de partículas contenidas en los residuos sólidos. Simultáneamente, existen otras sustancias que son solubles al agua y generadas como producto de los procesos de descomposición biológica de la materia orgánica incluida en los residuos sólidos, produciendo finalmente un líquido altamente contaminante conocido como lixiviado. Estos lixiviados pueden migrar hacia las aguas subterráneas o superficiales, lo que está en función de las condiciones topográficas y geohidrológicas del sitio, generando de esta forma la degradación de la calidad del suelo y del agua, poniendo en riesgo la salud de la población cuando el agua subterránea es utilizada como fuente de abastecimiento para la localidad.

El riesgo que puede tener el ser humano, radica en la ingestión de la supuestamente agua potable, del contacto directo que tenga con lagos y ríos, y, finalmente, por la bioacumulación de algunas sustancias como los metales pesados (plomo, cadmio, etc.) en peces o cualquier otro organismo de consumo humano que esté en contacto con agua mezclada con lixiviados.

Desde el punto de vista económico, la contaminación del suelo y la acumulación misma de los residuos ocasiona pérdidas para los agricultores y para los propietarios de predios rústicos que eventualmente podrían ser utilizados para desarrollos urbanos, comerciales, turísticos y otros; es decir, la presencia de un tiradero común afecta el uso potencial del suelo en todos los sentidos.

1.5.1.4 Contaminación del agua superficial

La descarga directa de los residuos sólidos a los ríos, arroyos y lagunas, incrementa la concentración de materia orgánica y, en consecuencia, aumenta la demanda de oxígeno disuelto, lo cual repercute en una importante deficiencia de oxígeno para las especies vivas que habitan en los cuerpos de agua superficial. Esto puede ocasionar la muerte de peces y otras especies acuícolas y en general la degradación del cuerpo acuático. Los cuerpos de agua superficiales también se contaminan con los líquidos que generan los residuos sólidos (lixiviados) y con la presencia de materiales plásticos, de vidrio o de metal que se acumulan en el fondo de estos sistemas acuáticos.

La contaminación de los cuerpos de agua superficiales por los sitios incontrolados de disposición final de residuos sólidos, son una muestra de las proporciones que se pueden alcanzar por la falta de ordenamientos y acciones concretas que limiten el funcionamiento de estos sitios.

1.5.1.5 Flora y fauna

Los lixiviados contienen un gran número de elementos y sustancias tóxicas como los metales pesados, detergentes, plaguicidas y plastificantes, cuyas concentraciones varían de acuerdo con diversos factores como son la distancia recorrida por el lixiviado, temperatura, acidez, precipitación pluvial y tipo de suelo. Estas sustancias pueden producir efectos adversos en

la flora y la fauna silvestres que van desde la bioacumulación de algunas de ellas, hasta la muerte por intoxicación aguda en numerosas especies. Así, por ejemplo, se sabe que la presencia de arsénico en los lixiviados puede producir la muerte de varias especies de peces y una disminución en la reproducción y el crecimiento del plancton en los ecosistemas acuáticos alcanzados por los lixiviados.

Otro tipo de afectación a la flora y fauna es el provocado por sustancias sintéticas como los plaguicidas halogenados y los plastificantes que, aunque sus concentraciones en los lixiviados son bajas, debido a su hidrosolubilidad son potencialmente peligrosos para los seres vivos silvestres.

De acuerdo con varios estudios científicos realizados, los organismos pueden acumular grandes cantidades de estas sustancias en sus tejidos a través de las cadenas alimenticias, provocando serios efectos tóxicos a largo plazo. Entre los efectos adversos observados en los organismos acuáticos y aves se encuentran trastornos en la reproducción y desarrollo, inhibición en las tasas de crecimiento y pérdida de la coordinación, entre otros. Estos efectos dependen de la susceptibilidad de cada especie, de la concentración de la sustancia en el medio y de sus características toxicológicas.

1.5.2 Impacto en la salud

1.5.2.1 Proliferación de plagas

La acumulación de residuos sólidos en los tiraderos “a cielo abierto” favorece la proliferación de insectos y animales, que en algunos casos pueden convertirse en plagas. Entre los organismos más abundantes se encuentran los insectos rastreros y voladores (moscas, mosquitos y cucarachas), los roedores (ratas y ratones), las aves (zopilotes, gaviotas y garzas)

y los mamíferos (perros, gatos, cerdos, etc.). Muchos de estos son portadores de diversas enfermedades que pueden afectar la salud del hombre y generar problemas de salud pública si se desplazan hacia las áreas urbanas.

En resumen, dentro de la fauna nociva, se consideran dos grupos: roedores e insectos voladores (moscas, mosquitos, etc.) y rastreros (cucarachas)

Los roedores son transmisores de enfermedades mortales, tales como: leptosperosis, la peste bubónica, tifus murino y rabia. Asimismo, dañan la propiedad y contaminan los alimentos.

Los insectos voladores y rastreros, muchas de las veces, son transmisores de gérmenes de enfermedades como la fiebre tifoidea, disenteria basilar, amibiasis, encefalitis, entre otros.

1.5.2.2 Efectos sobre la salud

Los efectos negativos de los residuos sobre la salud de la población pueden ser directos o indirectos.

1.5.2.2.1 Efectos directos

En este caso los daños se presentan cuando las personas tienen un contacto directo con los residuos. Las personas más expuestas son los recolectores y los pepenadores. En todas estas se ha encontrado un mayor número de parásitos intestinales en comparación con la población en general. Además, presentan más lesiones en las manos y en los pies, debido a la presencia de microorganismos (bacterias y hongos principalmente). Por esta razón es recomendable que el personal que interviene en el servicio de limpia pública utilice el equipo de protección necesario (guantes, overol, mascarilla y goggles). También hay una gran incidencia de

enfermedades de tipo respiratorio y lastimaduras en la espalda en el personal de limpieza pública, por el contacto con los residuos sólidos urbanos.

Otro efecto directo negativo es el derivado de la contaminación a la atmósfera pues los gases y humos de los tiraderos llegan a zonas pobladas, afectando a las personas que aspiran el aire contaminado. Al respecto, no hay que olvidar que dentro de los componentes del biogás existe una fracción de orgánicos volátiles a los cuales se les asocian efectos a la salud humana. Adicionalmente, las partículas suspendidas tienen influencia directa sobre las vías respiratorias de la población.

1.5.2.2.2 Efectos indirectos

Cuando los residuos sólidos son depositados en suelos permeables, donde el nivel freático se localiza a poca profundidad, los cuerpos de agua subterráneos se contaminan fácilmente por los lixiviados. Si estos acuíferos son utilizados como fuente de agua potable, pueden ocasionar una serie de trastornos y enfermedades en las personas que la ingieran.

1.5.3 Impacto social

Un tiradero “a cielo abierto” también origina efectos adversos a los asentamientos humanos. En muchas ciudades medias los tiraderos están localizados en la periferia de la ciudad, a veces, debido a que el crecimiento de la mancha urbana alcanzó los límites de estos sitios de disposición final y los Ayuntamientos no han podido transferir sus basureros a otro sitio más apropiado, teniendo una influencia permanente sobre la población. También es conveniente destacar que los sitios de disposición final “a cielo abierto” propician la instalación de pepenadores. Los pepenadores son personas que junto con su familia: esposa, hijos, etc., han encontrado una forma de vida mediante la selección y recuperación de subproductos contenidos en los residuos como el papel, cartón, vidrio, plásticos, envases diversos, metales,

etc. Estas personas, además, obtienen alimentos para sus familias y sus animales domésticos y diversos artículos útiles que aprovechan o comercializan. Entre otros podemos mencionar muebles, artículos del hogar, etc.

Existen verdaderas organizaciones de pepenadores en los sitios de disposición final no controlados de las ciudades medias de nuestro país; ellos viven prácticamente de los residuos sólidos, pero esta práctica es inaceptable en la actualidad, pues todas estas personas están expuestas a enfermedades y otras afecciones y sus hijos pierden la oportunidad de otro tipo de vida. El enfoque moderno sustituto de la actividad de los pepenadores son los centros de acopio de subproductos instalados en las zonas urbanas, donde el personal cuente con uniformes, guantes y una protección apropiada para efectuar las labores de selección, preparación, empaque, embalaje y comercialización de subproductos destinados al reciclaje en industrias diversas.

CAPÍTULO 2

TRATAMIENTOS

DE LOS

RESIDUOS

SÓLIDOS

TRATAMIENTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

Se han publicado un número considerable de documentos que abordan tanto de manera superficial como más profundamente diferentes aspectos de todo lo que comprende el manejo de los residuos sólidos urbanos, en particular lo referente a su tratamiento, a la separación y aprovechamiento de diversos subproductos y a la disposición final de los residuos.

También es muy común que en eventos académicos de todo tipo, relacionados con el medio ambiente y su conservación, los expertos discutan sobre este tema, ya sea en forma escrita o hablada y casi siempre se aborda el tema, enumerando los diferentes procesos de tratamiento que han sido desarrollados a lo largo de la historia, pasando posteriormente a describir cada uno de ellos con algunas variantes, como son, incluir únicamente los procedimientos más desarrollados a nivel internacional o bien, presentar verdaderos tratados sobre algún proceso en específico, lo cual depende de la especialidad del autor.

En realidad, las tecnologías más utilizadas en el mundo para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales son: relleno sanitario, incineración y el composteo, según datos de la Organización Panamericana de la Salud. Sin embargo, es verdad que éstas no son las únicas tecnologías para el tratamiento y disposición de residuos sólidos urbanos, sobre todo si tomamos en cuenta que en las ciudades existen industrias y otras fuentes de residuos sólidos en las cuales existe una mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos, los cuales requieren un tratamiento y una disposición final especial y en muchos casos se tiene que recurrir a otro tipo de métodos.

El propósito de este capítulo es ofrecer un panorama general sobre tratamientos de los residuos sólidos, de los cuales se da a conocer información que hace referencia sobre su definición, antecedentes, objetivo, métodos, aplicación tanto a nivel nacional como

internacional, costos, ventajas y desventajas, etc. con lo cual se pretende generar interés por parte de aquellas personas que deseen aplicar alguno de éstos métodos, para que profundicen su conocimiento y posible aplicación de éstos.

2.1 CONCEPTOS

Antes de entrar a detalle en la materia de este capítulo es conveniente dejar establecido que la legislación y reglamentación ambiental mexicana considera la siguiente separación de los diferentes tipos de residuos sólidos.

2.1.1 Residuos sólidos no peligrosos

Son aquellos generados en las calles y otras vías públicas; en comercios de productos y servicios; escuelas, oficinas, mercados y en otras fuentes generadoras. Los residuos producidos son papel y cartón, cuero, hueso, vidrio, hule, materiales plásticos, loza y cerámica, metales diversos, trapo, pañales desechables, madera y otros residuos comunes. A este tipo de materiales se les conoce también como residuos sólidos urbanos o residuos sólidos municipales.

2.1.2 Residuos sólidos peligrosos

Son aquellos generados en industrias, hospitales, clínicas médicas y veterinarias, laboratorios de productos biológicos, de enseñanza e investigación, etc., que poseen características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad al ambiente, inflamabilidad o son biológico-infecciosos. Se considera a un residuo como peligroso cuando presenta una o más de las características antes citadas, después de haber sido analizadas conforme al criterio denominado CRETIB establecido en la normatividad oficial.

Como ejemplos de residuos peligrosos están los lodos y polvos que contienen plomo, cadmio y otros metales pesados de las industrias de beneficiado de metales, galvanoplastia y curtido de pieles, los residuos de los procesos de elaboración de pinturas y de plaguicidas (insecticidas, herbicidas, etc.), residuos de las industrias químico farmacéutica y textil, los residuos radioactivos, etc.

Las Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas en la materia son relativamente recientes y por esta razón aún no se han instrumentado totalmente las medidas para su estricto control, por esta razón es común encontrar aún residuos peligrosos en algunos sitios de disposición final. Esta práctica no es la correcta, pues la colocación final de los residuos peligrosos debe hacerse en confinamientos especialmente diseñados y construidos conforme a normas vigentes en la materia, además de contar con la autorización del Instituto Nacional de Ecología, dependiente de la SEMARNAT.

Esta situación se complica aún más pues todavía existen algunas deficiencias en las Normas Oficiales Mexicanas y, por otra parte, en las principales fuentes de residuos sólidos no peligrosos como son las casas-habitación y los comercios, también se producen residuos peligrosos, aunque en pequeñas cantidades, pero es importante saber esto para efectos de que los Ayuntamientos adopten las medidas pertinentes para prevenir daños al ambiente y a la salud pública (ver cuadro 2.1)

En este sentido, los reglamentos municipales de limpia pública juegan un papel muy importante pues establecen definiciones, obligaciones, restricciones y sanciones para lograr un control adecuado de los residuos. Igual importancia revisten las acciones de educación y capacitación ciudadana.

CUADRO 2.1	RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN CASAS, CONSULTORIOS, COMERCIOS Y EN CENTROS EDUCATIVOS, DE INVESTIGACION Y DE SALUD
*Baterías de juguetes y linternas *Acumuladores *Medicamentos caducos *Pinturas, lacas y disolventes *Reactivos de fotografía, químicos y biológicos *Artículos de limpieza para pisos, hornos, etc.	*Sustancias desinfectantes *Lámparas de mercurio *Residuos de adhesivos *Residuos con sangre y exudados *Aceites para automóviles *Impermeabilizantes
FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.	

2.1.3 Tratamiento de los residuos sólidos

Se puede definir como cualquier procedimiento al que se someten los residuos sólidos municipales, mediante el cual se modifican sus características físicas, químicas y/o biológicas para aprovecharlos, estabilizarlos, reducir su volumen o facilitar su manejo y disposición final.

2.1.3.1 Objetivos

La selección de técnicas específicas de tratamiento depende de las necesidades y condiciones que se tengan para poder llevarlo a cabo. Los objetivos básicos del tratamiento son los siguientes:

- Mejorar la eficiencia del sistema.
- Recuperar materiales aprovechables.
- Conversión de productos y energía.
- Control de la contaminación ambiental.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

El tratamiento de los residuos sólidos en los países desarrollados, se presenta como una alternativa frente a la disposición final debido a:

- El incremento en los costos de disposición final.
- La oposición de ciertos sectores de la población hacia la disposición final.
- La desconfianza en la seguridad de la disposición final (inundación, terremoto, etc.).
- La degradación y escasez de los recursos naturales.
- El Interés económico en los materiales factibles de recuperar.

Los métodos de tratamiento de los residuos sólidos se pueden clasificar en varias formas. A continuación se citan las principales:

2.2.1 De acuerdo al tipo de proceso que involucran:

2.2.1.1 Procesos físicos

- Separación (manual o mecanizada)
- Trituración
- Separación magnética
- Compactación

2.2.1.2 Procesos químicos

- Hidrólisis
- Oxidación
- Vitrificación
- Polimerización

2.2.1.3 Procesos biológicos

- Composteo
- Digestión anaerobia

2.2.1.4 Procesos de destrucción térmica

- Incineración
- Pirólisis
- Esterilización

2.2.2 Conforme a los propósitos del tratamiento

2.2.2.1 Recuperación de materiales o productos para reuso o reciclaje

- Separación (manual o mecanizada)
- Vitrificación
- Composteo
- Pirólisis

2.2.2.2 Recuperación de energía

- Digestión Anaerobia
- Incineración
- Pirólisis

2.2.2.3 Destrucción de agentes Infecto-contagiosos

- Incineración
- Microondas
- Esterilización

2.3 SITUACIÓN ACTUAL EN AMÉRICA LATINA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la producción promedio de residuos sólidos en América Latina y El Caribe es de 920 gramos por persona al día; esto significa que la producción promedio de residuos sólidos en una ciudad de 100,000 habitantes es de 92.00 toneladas diarias y en una de 500,000 personas de 460 toneladas por día. Si se recupera papel, vidrio, cartón, plásticos y otros materiales en un 15 a 20%, aún queda un gran volumen de residuos que requieren un tratamiento o disposición final definitiva y el método que se seleccione para estos propósitos debe ser el más económico posible y garantizar que no se afecte al ambiente, así como evitar problemas sanitarios, entre otras condiciones.

De acuerdo con un análisis de la situación que guarda el tratamiento de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe, realizada por la Organización Panamericana de la Salud, se tienen las siguientes conclusiones:

Actualmente en el mundo hay una tendencia por la utilización de **la incineración y el compostaje**, debido a la carencia y altos costos de los terrenos para el desarrollo de rellenos sanitarios.

Estas tecnologías han sido adoptadas por varias ciudades de América Latina y el Caribe con resultados casi siempre desalentadores, a excepción de algunos proyectos de recuperación de biogás en Chile.

En algunas ciudades de América Latina, y en circunstancias muy especiales se justifica la aplicación de tecnologías de incineración y compostaje.

El fracaso de los sistemas de incineración y compostaje en América Latina fue debido a la carencia de análisis técnicos, institucionales y económicos para establecer la justificación y factibilidad de las inversiones.

La incineración se circunscribe a pequeños incineradores para residuos especiales, principalmente para los hospitales, puertos, aeropuertos y en la industria.

Las tecnologías mencionadas tienen costos hasta 20 veces más altos que el de los rellenos sanitarios.

En las principales ciudades, la incineración ha enfrentado inconvenientes por razones del control de la contaminación atmosférica, a excepción de Sao Paulo, Brasil.

Los sistemas de compostaje aplicados en nuestro país han resultado ecológicamente aceptables pero su costo ha propiciado problemas para su mantenimiento y operación. En América Latina, se han comprado alrededor de 30 plantas, en un lapso de 20 años, de las cuales algunas nunca se instalaron y otras 15 cerraron por la falta de recursos.

La carencia de mecanismos institucionales, administrativos y de autosostenibilidad económica y financiera, ha propiciado el fracaso de los sistemas de tratamiento en América Latina.

Existe la práctica del vermicompostaje (lombricultura) en algunas ciudades Latinoamericanas, pero se han manejado a nivel piloto y con una intensiva asesoría técnica y social.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

2.4.1 Relleno Sanitario

Conforme se incrementa la producción de residuos sólidos, también crecen los problemas para su adecuado manejo, a tal grado que a veces resultan difíciles de atender conforme a la demanda de la sociedad, aún para las autoridades encargadas de prestar el servicio de limpia pública. Estos problemas no son causados únicamente por la cantidad de los residuos generados sino también por la carencia de recursos y sistemas apropiados para su tratamiento y disposición final. En México se han realizado muchos esfuerzos por mejorar el almacenamiento temporal y la recolección de los residuos sólidos, aunque no ha sucedido lo mismo con la disposición final de estos.

Una técnica que ha resultado prometedora en países en vías de desarrollo y que tiene diversos aspectos que son atractivos para las autoridades municipales mexicanas es la disposición de los residuos sólidos mediante el sistema de relleno sanitario. Este método, si se combina con sistemas de reciclaje y de compostaje, resulta ser el más adecuado para las condiciones de nuestro país.

2.4.1.1 Definición

La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles lo definió como un método para disponer los desechos en la tierra sin causar molestias o daños a la salud y seguridad públicas, utilizando principios de ingeniería para confinar los desechos al área más pequeña posible, reduciéndolos al mínimo volumen y cubriéndolos con una capa de tierra al terminar las operaciones del día o en intervalos más cortos si fuera necesario.

2.4.1.2 Antecedentes

Los antecedentes de los rellenos sanitarios se remontan, por lo menos, a los tiempos bíblicos. En las excavaciones de Kouloure en Chosos, antigua capital de Creta, se encontraron trazas de mezclas de madera y fango, así como residuos que habían sido enterrados. Alrededor de 1910 en Estados Unidos se sabe que la basura se usó como relleno de hondonadas.

Algunos autores atribuyen la aplicación del método de relleno sanitario, tal como se conoce hoy, a los ingenieros ingleses **J. C. Dawes** y **M. Call** quienes lo utilizaron por primera vez en Bradford, Inglaterra en la década de los 20's. En Francia se comenzó a usar éste método en 1935. Otras versiones indican que, durante la segunda guerra mundial, el ejército de Estados Unidos practicó el relleno sanitario con máquinas de almeja, palas de arrastre, excavadoras de cuchara y demás equipo pesado para remover grandes cantidades de residuos sólidos.

2.4.1.3 Objetivo

El objetivo del relleno sanitario es establecer una barrera entre el ambiente y los residuos sólidos, reducir y controlar las emisiones gaseosas y 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. La disposición final de los residuos sólidos en un relleno sanitario disminuye considerablemente el contacto directo de éstos con el ambiente, se previene el acceso y la proliferación de fauna nociva y los residuos se concentran en un área bien definida que puede ser controlada. El objetivo final de la aplicación de esta técnica es lograr que los residuos no causen ningún efecto nocivo en la salud pública ni en el ambiente.

2.4.1.4 Métodos para construir y operar un relleno sanitario

Los terrenos que se seleccionen para la construcción y operación del relleno sanitario pueden ser planos, ondulados, escarpados, bancos de material de préstamo abandonados o terrenos que presenten una combinación de estas características, siempre y cuando el sitio cumpla con la Norma Mexicana **NOM-083/ECOL 1996**, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.

El procedimiento de construcción y método de relleno sanitario se seleccionará una vez conocido el perfil del terreno disponible, que podrá ser de trinchera, de área y/o una combinación de ambos, los cuales se explican a continuación.

2.4.1.4.1 Método de trinchera o de celda excavada

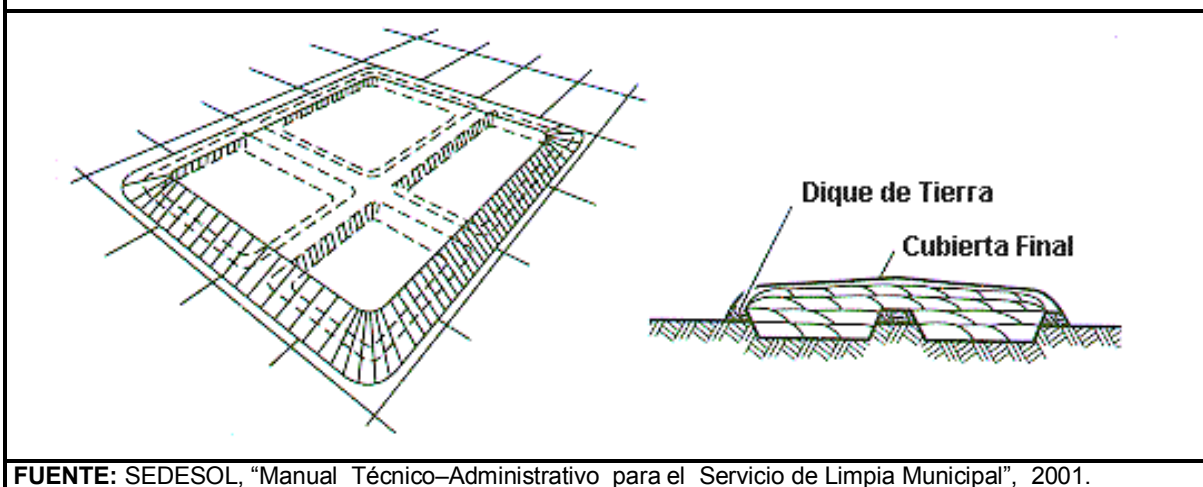
Este método se utiliza normalmente en terrenos planos, en donde existe un buen espesor de material disponible y el nivel freático se encuentra lo suficientemente profundo para evitar la contaminación del acuífero.

Los residuos sólidos son depositados en celdas o trincheras previamente excavadas, en donde el material, producto de la excavación, es utilizado para cubierta diaria y final. El procedimiento consiste en abrir trincheras o celdas a intervalos que sean adecuados para la estabilidad de los taludes y en profundidades de 2 a 3 m con el apoyo de equipo mecánico; la profundidad de la trinchera o celda estará limitada por el nivel de aguas freáticas, la permeabilidad del subsuelo y la dureza del terreno, pudiendo tener en ocasiones hasta 7 m de profundidad. Los residuos sólidos son depositados en el fondo de la trinchera o celda, se extienden y se compactan con equipo mecánico y posteriormente se cubren con la tierra producto de la excavación, compactándola con el mismo equipo, todo esto en ciclos diarios (ver figuras 2.1 y

2.2) Es importante señalar que en el pasado este método era concebido exclusivamente como el de trinchera, sin considerar el aprovechamiento del volumen del suelo hacia arriba, convirtiéndolo en un método costoso por las extensiones de terreno requerido.

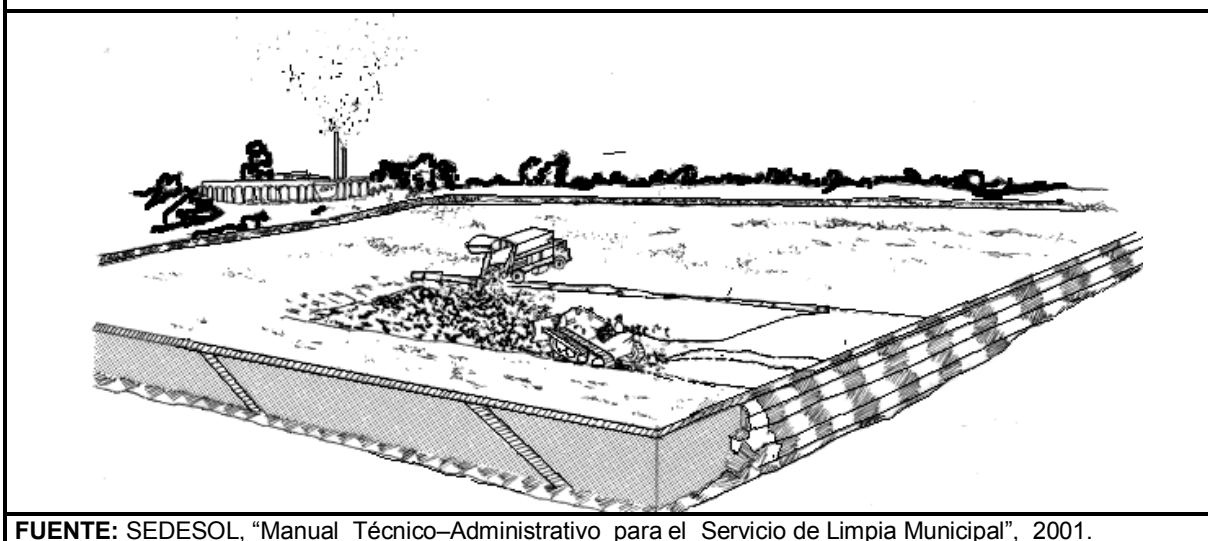
En la actualidad, ante la escasez de terreno y la necesidad de ampliar la vida útil de los rellenos sanitarios, este método considera la utilización íntegra del espacio disponible de los terrenos, con la variante de la excavación de celdas, la cual se ha vuelto una práctica muy utilizada.

FIGURA 2.1 MÉTODO DE TRINCHERA O CELDA EXCAVADA



2.4.1.4.1 Método de trinchera o celda excavada

FIGURA 2.2 EJEMPLO DE OPERACIÓN CON EL MÉTODO DE TRINCHERA



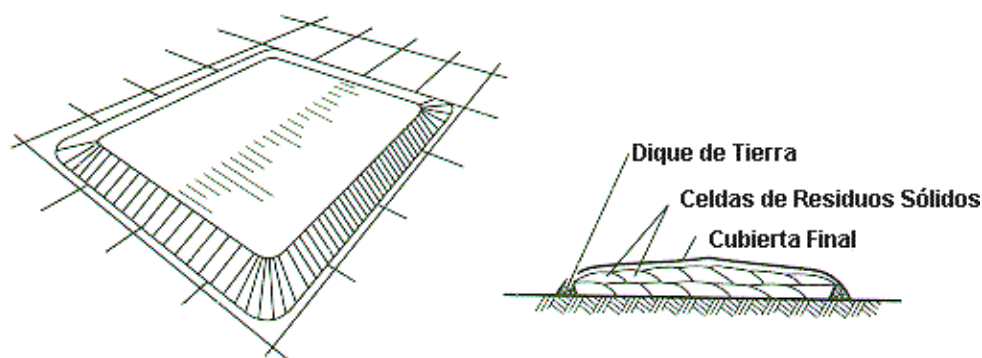
2.4.1.4.2 Método de área

Este método se utiliza cuando en el terreno no es posible excavar una trinchera o celda, o cuando el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie. Un punto importante de este método es que el banco de material para la cubierta deberá estar en áreas adyacentes o lo más cercano posible al sitio de operación.

El método consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, los cuales se compactan en capas inclinadas para formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo (ver figuras 2.3 y 2.4)

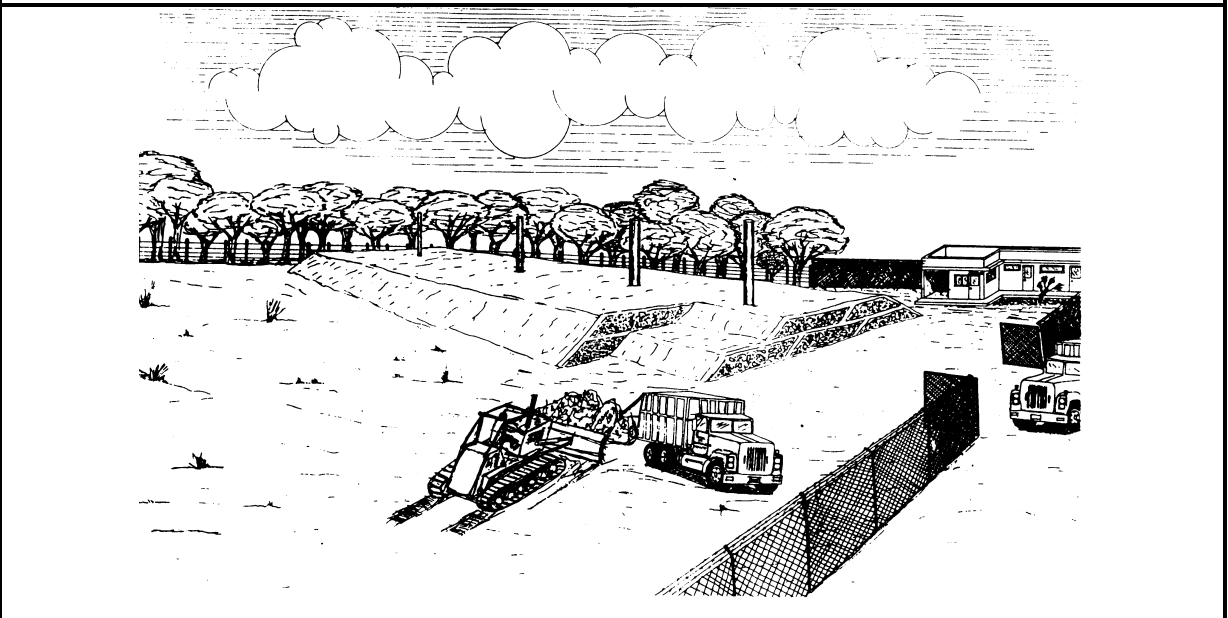
Es importante señalar que cuando se carece totalmente de bancos de material para la cobertura, existen alternativas de utilización de composta o cubiertas sintéticas móviles, cumpliendo de esta forma con los objetivos del relleno sanitario.

FIGURA 2.3 MÉTODO DE ÁREA



FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.

FIGURA 2.4 EJEMPLO DE OPERACIÓN CON EL MÉTODO DE ÁREA



FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.

2.4.1.4.2 Método de área

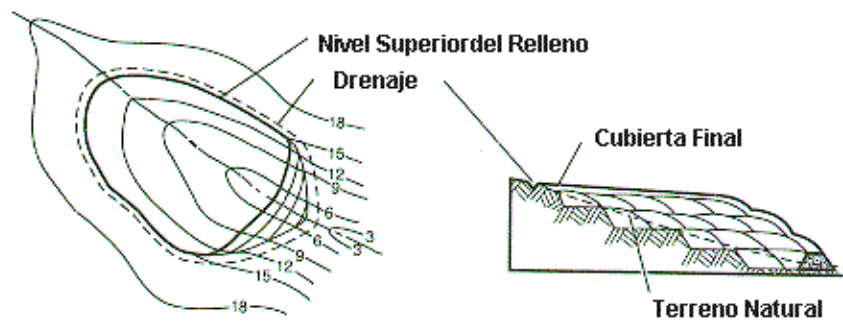
2.4.1.4.3 Método de rampa

Este método es una variante del de trinchera o de celda excavada y es considerado como el más eficiente ya que permite ahorrar el transporte del material de cubierta y aumenta la vida útil del relleno.

Los residuos son esparcidos y compactados en pendiente. El material de cubierta es obtenido directamente del frente de trabajo y compactado sobre los residuos sólidos conformados. Frecuentemente, una porción de la excavación se almacena para ser utilizado en un futuro en los trabajos de sellado final (ver fig. 2.5 y 2.6)

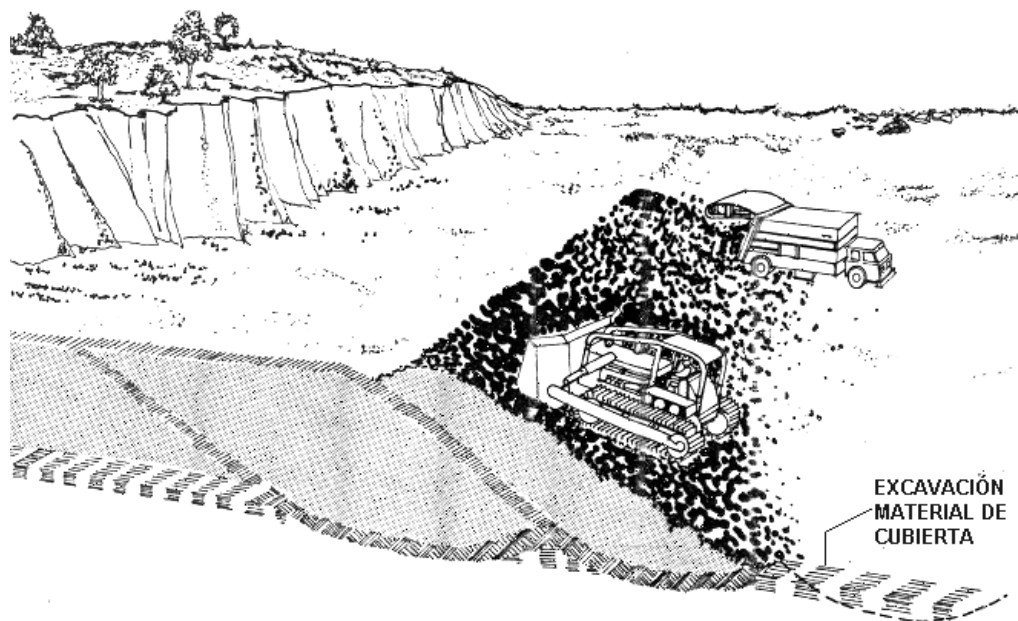
La técnica de depósito y compactado de residuos sólidos a través de este método, varía de acuerdo con la geometría del sitio, las características de disponibilidad de material de cubierta, la geohidrología, el sistema de control de biogás y lixiviados y el acceso al sitio. Esta técnica puede utilizarse en barrancas, desfiladeros, oquedades, etc., por lo que el control de escurrimientos frecuentemente es un factor crítico en el diseño y operación.

FIGURA 2.5 MÉTODO DE RAMPA



FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.

FIGURA 2.6 EJEMPLO DE OPERACIÓN CON EL MÉTODO DE RAMPA



FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.

2.4.1.4.3 Método de rampa

La realización de un relleno sanitario requiere de estudios tales como investigación del subsuelo, para conocer la permeabilidad del terreno, colocación de una central de filtración de aguas para recibir los lixiviados y evitar la contaminación de aguas subterráneas. Para ello, es preciso verificar sistemáticamente los mantos acuíferos próximos a los rellenos sanitarios, así como la colocación de una red de tubos perforados o pozos y zanjas rellenas de gravilla, para dar salida al gas metano, producto de la fermentación y que tiene un olor muy desagradable,

además de ser explosivo. Por lo anterior, antes de iniciar la construcción de un relleno sanitario, hay que realizar estudios y proyectos de la misma manera como se hacen para construir una supercarretera y/o un puente.

2.4.1.5 Usos finales del relleno

Una vez que el relleno ha sido saturado con los residuos sólidos municipales, al término de su vida útil, se procede al sellado final. Este consiste en la compactación de material de baja permeabilidad con una capa de mayor espesor al que normalmente se utilizó en las capas intermedias. Asimismo, se construyen obras complementarias de control de escurrimientos, de contención de taludes, de control de biogás o caminos interiores, entre otros. Lo anterior es debido a que la producción de biogás puede continuar durante 20 a 30 años más después de que el relleno haya sido clausurado y la generación de lixiviados también continúa durante varios años, además de que el área cubierta experimentará asentamientos debido a la estabilización de los residuos confinados.

Aunque los usos sugeridos para un sitio después de haber concluido un relleno sanitario son casi siempre los de áreas verdes (parques, canchas deportivas, estacionamientos, jardines botánicos, aeropuertos, etc.), se debe tomar en cuenta que la presencia de CO en el suelo impide que muchas plantas sobrevivan, ya que éste, al desplazar el oxígeno del aire, dificulta la respiración de las raíces.

La observación de diversos sitios de relleno terminados permitió concluir que las plantas tienen dificultades para crecer, incluso después de años de sembradas y que las colocadas directamente sobre las capas de basura, murieron. También se notó que las raíces se desarrollan normalmente en la capa de tierra, pero se alejan de la basura, especialmente si ésta se compactó.

Las escasas investigaciones realizadas en este sentido, señalan que la **Anhilantus altísima** es una de las especies más resistentes para sitios de rellenos terminados. Otros estudios recomiendan colocar una película plástica de 300 micras de espesor y sobre ella una capa de tierra no menor de 1 metro también de espesor. Sobre la capa de tierra se pueden sembrar gramíneas u otras especies cuyas raíces no sean muy profundas.

2.4.1.6 Ventajas y desventajas

Algunas de las principales ventajas de éste método son las siguientes:

- Si se consigue un terreno a bajo costo, es el más económico para la disposición final de los desechos sólidos.
- La inversión inicial es baja comparada con otros métodos de disposición.
- Es un método completo de disposición final; es decir, no deja residuo.
- Se puede poner en operación en corto tiempo.
- Recibe todo tipo de desechos sólidos, con lo cual se elimina la necesidad de colecciones separadas.
- Es flexible, ya que puede disponer cantidades mayores o menores de basura con poco personal o equipo adicional.

Sin embargo, también existen algunas desventajas:

- En áreas muy pobladas, el terreno apropiado puede no estar dentro de distancias costeables para el transporte.
- Si no se opera adecuadamente se puede convertir en un tiradero a cielo abierto.
- La ubicación del relleno en áreas residenciales puede tener fuerte oposición pública.
- Un relleno terminado tendrá asentamientos y requerirá mantenimiento periódico.
- Las construcciones permisibles sobre el relleno son especiales y muy limitadas debido a los gases y asentamientos.

2.4.1.7 Conclusión

Actualmente, el relleno sanitario sigue siendo una opción de disposición final de residuos sólidos en países desarrollados como Francia, Japón, Suecia, Alemania y Estados Unidos, ante la necesidad de disponer una fracción de los residuos sólidos no aprovechados en los procesos de reciclamiento y tratamiento. Por el contrario, en el caso de América Latina, la situación es muy diferente puesto que la mayoría de estos países tenemos un importante rezago en la aplicación de sistemas alternativos de tratamiento. Por esto, el relleno sanitario representa en el mediano plazo una opción económica, principalmente para aquellos países que cuentan con grandes extensiones de tierra.

El relleno sanitario no requiere de técnicas sofisticadas ni inversiones elevadas y es posible conjugarlo con el reciclaje y el composteo para que resulte adecuado a las condiciones de países en vías de desarrollo. Además, puede considerarse como el eje de un manejo racional de los residuos sólidos urbanos siempre y cuando cumpla con una serie de criterios que aseguren la preservación del medio ambiente, no provoque daños en la salud y conserve la calidad de vida de las poblaciones humanas cercanas.

Como resultado de un balance entre las ventajas y desventajas que tiene el relleno sanitario puede concluirse que es la opción más accesible para el manejo de residuos en las condiciones actuales de nuestro país.

Sin embargo, es necesario tener muy presente que para que un relleno disminuya los efectos negativos al ambiente y la salud de la comunidad, debe contar con una selección apropiada, un diseño técnico, mantener las condiciones de operación acordes con su diseño, contar con la maquinaria e infraestructura adecuadas, etc., por lo que el cumplimiento de estos requisitos requiere de una buena administración y la sensibilización y cooperación de la comunidad.

2.4.2 Incineración

Grandes volúmenes de residuos sólidos se generan diariamente en nuestras ciudades, lo que constituye un serio problema para la sociedad y el medio ambiente. Por esta razón, desde fines del siglo XIX, ha existido un gran interés por reducir el volumen de los desechos urbanos generados y buscar procesos alternativos al vertido directo en espacios abiertos.

La incineración es una de las alternativas de importancia creciente en la eliminación de los residuos sólidos urbanos, ya que permite disminuir su volumen hasta en un 90%, aunque genera algunos subproductos gaseosos que, de no manejarse adecuadamente, pueden causar la contaminación del ambiente.

2.4.2.1 Definición

La incineración se define como un proceso térmico que conduce a la reducción en peso y volumen de los residuos sólidos mediante la combustión controlada en presencia de oxígeno.

2.4.2.2 Antecedentes

La incineración de los desechos sólidos urbanos es una práctica muy antigua. El primer incinerador diseñado para el tratamiento de los residuos sólidos de recolección municipal fue construido por Alfred Fryer en 1874 en Nottingham, Inglaterra. Este dispositivo tenía un sistema de operación manual para atizar el fuego en los hornos. Doce años después se construyó la primera planta industrial en Hamburgo, Alemania, mejorando el diseño inglés al introducir aire forzado y precalentado. No fue sino hasta 1895 que en los Estados Unidos de América se desarrolló el primer horno incinerador y el primero construido en Montreal, Canadá aparece hasta 1906.

Desde principios del siglo pasado, este proceso fue utilizado cada vez más en el tratamiento de los desechos sólidos urbanos, principalmente los residuos peligrosos, y al final de los 20's, Inglaterra disponía de por lo menos 200 plantas incineradoras, en otros países de Europa había otras 100 y en los Estados Unidos de América operaban alrededor de 200 plantas más.

En los 50's se inició la automatización de los incineradores de residuos sólidos urbanos, haciendo más eficiente el proceso. En los últimos años se ha incrementado el número de plantas incineradoras, privilegiándose las tecnologías que consideran la recuperación de energía, particularmente en los países con escasez de energéticos.

2.4.2.3 Objetivos

El objetivo principal de la incineración es **convertir la basura urbana en un material no peligroso, estable tanto química como microbiológicamente y con un peso y volumen menor**. Todo esto, logrado en corto tiempo dentro de una instalación de dimensiones tan reducidas como sea posible. Un segundo objetivo de la incineración es obtener energía derivada del uso de basura urbana como combustible. Aunque este es solo un medio para amortizar los gastos de operación y evitar una pérdida de energía. Durante varias décadas, disminuyó el interés en esta posibilidad, debido a la disponibilidad de combustibles fósiles a bajo costo (principios del siglo XX). Sin embargo, resurgió a principios de los setenta por los fuertes incrementos en los precios del petróleo, aunque volvió a decaer a mediados de los ochenta nuevamente a causa del desplome en los precios de este recurso no renovable.

2.4.2.4 Uso a nivel mundial

El proceso de incineración de los residuos sólidos urbanos fue utilizado inicialmente en la Gran Bretaña, extendiéndose su aplicación a otros países europeos como Alemania, Francia, España, etc., así como a los Estados Unidos de América, Canadá y Japón. Datos presentados

por la International Solid Waste Association (ISWA) en su VI Congreso realizado en Madrid, España, en junio de 1992, indican que es en Japón donde existe el mayor número de plantas incineradoras, con 1893; le sigue Francia con 170; los Estados Unidos de América con 168; Italia con 94; Alemania con 47; Dinamarca, 38; Gran Bretaña, 34; Suecia y España 23 y 22 respectivamente; Canadá, 17; Holanda 12 y Hungría 1.

En Suecia, Dinamarca y Japón se incineran aproximadamente el 60% de los residuos sólidos municipales y sólo en los dos primeros países se recupera el 100% de la energía generada durante el proceso; en Japón, muy pocas plantas aprovechan el calor generado por la combustión de los residuos sólidos. A excepción de Holanda, Francia e Italia, donde se utiliza alrededor del 50% de la energía liberada, en los otros países con incineradores, es muy bajo o nulo el aprovechamiento del calor generado.

2.4.2.5 Situación en México

Por lo que respecta a nuestro país, a la fecha no funciona ninguna planta incineradora de desechos sólidos municipales. Aun cuando hace algunos años existió el interés por instalar un incinerador móvil de gran capacidad en la frontera con los Estados Unidos de América para el que se invirtieron entre 10 y 12 millones de dólares, nunca se obtuvo el permiso para su funcionamiento y se paró la construcción. El Departamento del Distrito Federal instaló hace varios años una planta incineradora en la Ciudad de México que sólo se ha utilizado con fines experimentales. Sin embargo, existen en nuestro país incineradores rotatorios pequeños entre los que podemos citar el de la corporación CIBA-GEIGY, una compañía farmacéutica que lo utiliza para la incineración de los residuos peligrosos generados en sus laboratorios; este es uno de los más modernos pues se opera a través de un sistema computarizado. Dicho incinerador es el resultado de tecnología suiza y mexicana desarrollada en la UNAM.

2.4.2.6 Costos de Instalación y funcionamiento

La instalación de una planta de incineración de desechos municipales implica casi siempre un elevado costo de inversión. El costo de inversión de una planta grande de incineración de residuos sólidos municipales que procese 320,000 toneladas de estos residuos al año es de alrededor de 142 millones de dólares y el costo de tratamiento por tonelada de residuos es alrededor de 60 dólares.

Para una instalación mediana que procese 150,000 toneladas/año el costo de inversión es de alrededor de 88 millones de dólares, con un costo de funcionamiento de 70 dólares por tonelada de residuos.

En una instalación pequeña de 90,000 toneladas/año de residuos, el costo de inversión aproximado será de 53 millones de dólares, con un costo de funcionamiento de 80 dólares por tonelada tratada.

2.4.2.7 Ventajas y desventajas

Actualmente la incineración es uno de los métodos más utilizados en los países desarrollados para el control de los residuos sólidos municipales. Las ventajas y desventajas con relación al uso de este proceso se dan a conocer a continuación.

Algunas ventajas de éste método son las siguientes:

- Es casi completamente higiénica.
- La reducción de volumen es de 10 a 1, o aún más, proporción considerablemente mayor de lo que puede lograr cualquier otra forma de disposición. El peso de la basura convertida en ceniza seca, se reduce a cerca de 30% del peso original.

- El control que se puede lograr sobre el proceso es tal que se puede garantizar que sean mínimas las cantidades de materia orgánica en el residuo, de modo que el método permita la disposición de ceniza en sitios no apropiados para relleno sanitario convencional.
- Los problemas de polvos y volantes no están asociados con la disposición de cenizas.
- El espacio requerido para la disposición de ceniza es mucho menor que el que se necesitaría para un relleno sanitario.
- La planta de incineración es una instalación compacta dentro de un edificio bien proyectado que se ubica en el campo.
- Sus residuos están relativamente libres de molestias y se pueden usar como material de relleno.
- Con la incineración se puede tratar la basura directamente, sin necesidad de clasificarla o molerla previamente.
- El clima no afecta éste método.
- Puede ser flexible tanto en las horas como en las condiciones de operación.
- Ofrece la posibilidad de conseguir ingresos adicionales por la venta de productos colaterales (electricidad, vapor, agua caliente, metales, vidrios, otros).

A continuación se mencionan las desventajas:

- Requiere gran inversión de capital.
- Presenta altos costos de mantenimiento y funcionamiento.
- Presenta riesgos de contaminación ambiental (especialmente atmosférica) en caso de un mal funcionamiento.
- Su justificación depende de la situación estratégica de la instalación. Para que se obtengan ahorros en cuanto a la recolección se debe instalar la planta de incineración en la ciudad, pero ello puede ser caro y molesto. Su ubicación en las afueras reduce su atractivo.
- No es un método completo ya que deja el residuo de cenizas y hay que buscar un sitio donde disponerlo.

- El recurso humano necesario es relativamente bajo en cantidad, pero debe ser de la más alta calidad, por eso se elevan en gran medida los costos.

2.4.2.8 Conclusión

La principal ventaja del proceso es que reduce el volumen y el peso de los desechos sólidos hasta en un 90%. Sin embargo, entre las desventajas se tiene que es una tecnología muy costosa y en la que no se recuperan básicamente los costos de la inversión, además de que se generan emisiones contaminantes a la atmósfera que se acrecientan si existe una operación no adecuada del proceso. Aun cuando en el presente se cuente con equipos que tienen sistemas para un mayor control de las emisiones a la atmósfera, estos incrementan su costo hasta en un 20% con lo que resulta una tecnología casi inaccesible para países en vías de desarrollo.

2.4.3 Pirólisis

Una de las tecnologías alternativas para el manejo de los residuos sólidos urbanos y que ofrece prometedoras ventajas aunque aún se encuentra en proceso de desarrollo tecnológico es la pirólisis. Este es un proceso fisicoquímico complejo que desde hace algunos años se ha investigado en los países desarrollados, particularmente en los Estados Unidos de América, como una alternativa para reciclar indirectamente los residuos sólidos urbanos.

2.4.3.1 Definición

La pirólisis se define como un proceso fisicoquímico mediante el cual el material orgánico de los residuos sólidos 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.

2.4.3.2 Antecedentes

Un paso importante hacia la aplicación de la pirólisis para la disposición final de los residuos sólidos urbanos fue el estudio realizado por E. R. Kaiser y S. B. Friedman en la Universidad de Nueva York en 1967, denominado “Pruebas exploratorias de laboratorio de la destilación destructiva de residuos orgánicos, y los prospectos para la gasificación completa de la materia orgánica”. Para este estudio se utilizaron muestras homogéneas de materiales orgánicos encontrados en los residuos. El propósito del mismo fue determinar si los gases producidos podían ser utilizados como una fuente de combustible para generar vapor, lo cual permitiría que el sistema se mantuviera a sí mismo sin la adición de otro combustible. Los resultados fueron positivos, sugiriendo Kaiser y Friedman que el carbón producido por la pirólisis podía ser gasificado a través de la adición de oxígeno convirtiéndose en combustible y esto haría al sistema autosuficiente en energéticos. Estudios posteriores confirmaron esta hipótesis sustancialmente. Se observó que los productos de la pirólisis de los residuos sólidos orgánicos, gases, líquidos y sólidos, todos estos subproductos del proceso, representaban formas potenciales de energía, por lo que una vez iniciado éste podía ser autosuficiente.

La investigación realizada en 1970 por W. S. Sanner, C. Ortuglio y J. G. Walters del Departamento de Minas de los Estados Unidos de América, usando muestras más grandes de residuos sólidos urbanos y residuos industriales así como una planta diseñada para separar los subproductos, llegó a los siguientes resultados:

Se demostró que una tonelada de residuos municipales se puede convertir a 70-192 kg. de residuos sólidos, 2-23 litros de alquitrán, 4-16 litros de aceite ligero, 367-503 litros de licor, 7-15 kg. de sulfato de amonio y 208-344 litros de gas. Se comprobó que los residuos de los desechos municipales tenían un alto valor como combustible y que la energía obtenida del gas generado durante la pirólisis de estos era más que suficiente para proveer el calor del proceso.

Posteriormente, J. Mc. Farland y colaboradores del National Environment Research Center (NERC) y V. L. Hammond de Batelle, Northwest de los E.U.A., investigaron la pirólisis de desechos sólidos municipales a escala piloto. Hammond desarrolló una planta pirolítica de residuos a escala piloto, con cuyos resultados diseñaría una planta para la ciudad de Kennewick con una capacidad de 100-200 toneladas por día utilizando el proceso de gasificación.

Como producto de la experimentación se llegó a la siguiente conclusión:

- La conversión de energía del proceso excedió el 80%.
- La reducción del volumen y peso de los residuos están en el orden de los de incineración (entre el 70 y 90 %)
- Las plantas de gasificación con capacidades mayores a 100 toneladas serían económicamente competitivas con otros métodos de disposición de residuos sólidos.
- El gas combustible obtenido en el proceso pudo ser generado en forma limpia para producir vapor o generar electricidad.
- La producción de vapor parece ser la aplicación más económica de la energía producida por el proceso de gasificación.

Los resultados de los estudios antes mencionados vislumbraron la utilidad del proceso de la pirólisis para el control de los desechos sólidos municipales y las ventajas con relación a otros procesos.

2.4.3.3 Objetivo

La pirólisis tiene como objetivo la disposición sanitaria y ecológica de los residuos sólidos urbanos, disminuyendo su volumen al ser transformados en materiales sólidos, líquidos y gaseosos con potencial de uso como energético o materias primas para diversos procesos industriales.

2.4.3.4 Descripción del proceso y tecnologías

La pirólisis se diferencia de la incineración porque el proceso de descomposición térmica de la materia orgánica se desarrolla en un ambiente con ausencia de oxígeno, mientras que la incineración requiere de este elemento para provocar la combustión de los componentes. Durante este proceso, la materia orgánica de poco valor se transforma en productos de alto contenido energético como el carbón, alquitrán, los gases de hidrógeno, nitrógeno, metano, etano, propano, butano, pentano, amoníaco, oxígeno, monóxido y bióxido de carbono que pueden ser utilizados como combustibles, además de aceites ligeros (mezclas de benceno, tolueno, xileno y otros), sales y metales reducidos que se pueden usar como materia prima en otros procesos (ver el cuadro 2.2).

La proporción de la mezcla resultante de la pirólisis de los residuos sólidos, depende de las condiciones del proceso tales como la temperatura de operación, la velocidad del calentamiento y la composición de los desechos de alimentación.

CUADRO 2.2 SUBPRODUCTOS OBTENIDOS POR PIROLISIS	
FRACCIÓN	COMPONENTE
LÍQUIDA	Metanol
	Fenol
	Acetona
	Acetaldehído
	Ácido fórmico Metilfurfural
	Etanol
	Aceites ligeros
	Otros
GASEOSA	Hidrógeno
	Nitrógeno
	Metano
	Etano
	Hidrocarburos C ₄ -C ₇
	Amoníaco
	Oxígeno

SÓLIDA	Monóxido y dióxido de carbono
	Otros
	Carbón
	Sales
	Metales
	Cenizas
FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.	

Existen diversos diseños de plantas pirolíticas (escala piloto) para el tratamiento de los desechos sólidos urbanos. El componente principal de todos es el reactor pirolítico que consta de una retorta (cámara) 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 650 a 982° C en una atmósfera libre de oxígeno.

Los sistemas pirolíticos que se han desarrollado se agrupan en dos categorías: los que utilizan una pirólisis convencional y los que desarrollan una pirólisis a altas temperaturas.

En el cuadro 2.3 siguiente se indican los sistemas probados.

De éstos, los dos sistemas de altas temperaturas son similares a un proceso de incineración a altas temperaturas y la diferencia con este último es que en el proceso pirolítico, los gases producidos son generados en una cámara posterior al horno pirolítico y separadamente de los residuos sólidos, mientras que en un incinerador, los gases se consumen junto con los desechos.

CUADRO 2.3 SISTEMAS PIROLÍTICOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS		
PIRÓLISIS CONVENCIONAL		PIRÓLISIS A ALTAS TEMPERATURAS
PRODUCCIÓN DE GAS COMBUSTIBLE	SISTEMA LANDGARD	SISTEMA DE TORRAX
	SISTEMA AUSTIN	
PRODUCCIÓN DE LÍQUIDO COMBUSTIBLE	SISTEMA DE LA COMPAÑÍA DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN DE GARRET, EUA	SISTEMA DE LA CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO URBANO, EUA
FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.		

2.4.3.5 Uso a nivel mundial y en México

La aplicación de la pirólisis para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos se originó en los Estados Unidos de América donde ha sido estudiada a nivel laboratorio y evaluada a escala piloto y en donde además existen plantas pirolíticas pequeñas que dan tratamiento a residuos tóxicos o peligrosos, generalmente industriales.

Existe información de que en Alemania se utilizó para producir hidrocarburos combustibles a partir de carbón en substitución del petróleo, en la época de Adolfo Hitler. Con el mismo fin ha sido utilizado en Sudáfrica.

En México no se ha aplicado esta tecnología.

2.4.3.6 Costos de instalación y funcionamiento

De acuerdo a la información disponible se observa que el costo de inversión inicial de una planta de pirólisis es **aproximadamente igual** al de una planta de incineración y su funcionamiento resulta igualmente costoso aunque, a diferencia de las plantas de incineración, **los costos son recuperables** ya que básicamente todos los subproductos son reutilizables y representan un ingreso potencial.

2.4.3.7 Ventajas y desventajas

La aplicación de la pirólisis en el tratamiento de los residuos urbanos es un proceso relativamente nuevo que tiene grandes ventajas con relación a otros: no produce contaminantes y puede ser un proceso económicamente redituable.

Ahora bien, entre las ventajas que presenta el proceso están las siguientes:

- Facilita el control de contaminación de aire, comparado con la incineración.
- La reducción del volumen de basura entrante y de producción de residuo estéril aumenta la vida y mejora la calidad de los rellenos sanitarios en relación con la basura no tratada.
- El proceso es autosuficiente con respecto a la energía.
- La pirólisis es un método para convertir parte de la basura en combustible almacenable y transportable.

Entre las desventajas del proceso se pueden mencionar las siguientes:

- La reducción de volumen en la pirólisis es menor a la que se obtiene por incineración. La porción combustible de la basura reduce su volumen aproximadamente a la mitad. Esto no representa un aspecto atractivo del método.
- Se calcula que los costos de capital de hornos pirolíticos son altos, similares a los hornos de incineración convencional. La diferencia del costo entre ambos procesos se debe a los distintos costos de preparación de la alimentación y en el equipo anticontaminante usado. Éste último punto, favorece a la pirólisis.
- Debido al gran número de problemas técnicos y económicos relativos al proceso de la pirólisis, es difícil determinar la importancia de ésta tecnología en la disposición de basura urbana.

2.4.3.8 Conclusión

La pirólisis es un proceso que ha sido utilizado básicamente en los países desarrollados, principalmente en los Estados Unidos de América, para el tratamiento de desechos

industriales, sólidos y líquidos. El tratamiento de los desechos sólidos urbanos usando este proceso en escala comercial, aún se encuentra en la etapa de desarrollo tecnológico.

Por lo anterior, se considera que en nuestro país no es todavía factible la aplicación de este proceso para el tratamiento de desechos sólidos municipales, aunque a futuro es una tecnología de un gran potencial para el manejo “limpio”, no contaminante y redituable de los residuos sólidos urbanos. Las universidades e institutos de investigación deberían abocarse al estudio de este método al igual que al de otros, con la finalidad de obtener tecnología propia nacional.

CAPÍTULO 3

RECUPERACIÓN

DE MATERIALES

RECUPERACIÓN DE MATERIALES

Un requisito indispensable para considerar como alternativa de solución a la recuperación de materiales, es conocer la composición de la basura, los hábitos de la comunidad y los mercados potenciales para los materiales recuperados.

La recuperación de materiales reduce pero no elimina la necesidad de colocar los residuos en la tierra. El objetivo es aprovechar la basura y este va a ser caro, no importa qué técnica se use.

Algunos expertos afirman que los índices de recuperación de materiales se relacionan con el grado de desarrollo tecnológico de un país. Ni el reciclaje ni ninguna otra alternativa se puede considerar como solución única. Cada comunidad enfrenta un problema diferente que precisa una solución específica.

El reciclaje se debe considerar en su contexto total; el primer objetivo es reducir la cantidad de basura; el segundo es bajar el consumo de materias vírgenes o de energía. Antes de buscar cómo reciclar productos, es necesario hacerse ciertas preguntas, como las que a continuación se mencionan:

1. ¿Por qué reciclar?

2. ¿Qué ganancia se va a obtener al separar materiales y reciclarlos?

Algo que no se puede recuperar ni reciclar es el tiempo perdido, y entre más tiempo se pierda antes de tener una buena estrategia, más difícil va a ser encontrarla. Cientos de investigadores han llamado a la basura “la mina urbana”; otros la llaman “el recurso fuera de lugar”. Diversos expertos en la materia coinciden en que la basura es eso hasta que se pueda llevar al mercado transformada en algo que tenga demanda. Mientras no se tenga la capacidad de hacer eso, la

principal obligación es enterrarla, tan eficientemente (desde el punto de vista económico y ambiental) como sea posible.

Hoy en día, muchas empresas continúan con la tarea de buscar oportunidades para la recuperación de materiales, pero también se busca que estén bien orientadas hacia metas convenientes. No es posible obtener respuestas con alguna técnica nueva de “caja negra”, que permita hacer algo que antes no se podía con la basura.

En muchos casos se ha trabajado con grandes cantidades de basura acumulada sin hacer nada para estimular una nueva demanda por ese material. Es frecuente que al incrementar la demanda se logre reducir con éxito el valor de ese material en el mercado secundario, pero realmente esto es contraproducente. Quizás el único aspecto estable de la basura sea su inconsistencia; se puede decir que es el material más heterogéneo que existe.

La técnica de clasificación de basura se expandió pero, debido a la demanda del mercado, el énfasis se desplazó hacia la producción de combustibles. Aunque ya existe un gran número de plantas, la técnica aún no está optimizada y en muchas de ellas existen dificultades para trabajar a su mayor capacidad. Hay evidencias que en la investigación, desarrollo y planeación se le ha dado poca atención al hecho de asegurar que la técnica instalada esté de acuerdo con el tipo de basura a tratar y con las necesidades del mercado.

El problema del mercado de materiales reciclables no consiste simplemente en encontrar formas para volver a usarlos, ya que para la mayoría se han encontrado usos bastante buenos. Sin embargo, para que éstos sean económicamente factibles, se deben cumplir dos condiciones:

1. Los materiales deben mostrar una pureza lo suficientemente alta.
2. La cantidad de cada uno de los materiales deben ser lo suficientemente apropiadas, estar en el lugar adecuado y en el tiempo preciso.

El mercado de los materiales de reciclaje es una función de oferta, demanda y calidad del material recuperado. El equipo para el reciclaje depende de lo que se desee procesar, es preferible establecer primero lo que se va a reciclar y luego construir el equipo especial para ello. La flexibilidad del equipo es muy importante.

La recuperación de materiales se puede hacer en una planta clasificadora o en la misma fuente. La separación en la fuente consiste en clasificar los materiales en el preciso momento en el que se genera la basura. Por lo general, dicha clasificación se divide en productos celulósicos (papeles y cartón de diversos tipos), vidrio (separado por colores) y metales (clasificados por tipo, principalmente aluminio, ferrosos y otros).

Las operaciones involucradas en la separación y concentración selectiva de componentes son las mismas que se emplean en la separación de minerales: trituración, molienda, **tamizado**, métodos de separación basados en el tamaño, forma, densidad, inercia, elasticidad o propiedades de las superficies de los sólidos, métodos magnéticos, eléctricos y separadores ópticos.

Las instalaciones son más complejas que en la minería porque se trata de separar y concentrar varias o muchas especies de interés al mismo tiempo. Los resultados de varias investigaciones sugieren que el reciclaje se debe hacer en dos etapas: la primera en la fuente y la segunda en la planta de procesamiento central, ya que son complementarias.

La recuperación inadecuada de materiales con frecuencia entorpece las operaciones de tratamiento, retrasa la recolección, hace inoperantes las instalaciones y puede ser fuente de peligros y enfermedades para las personas involucradas. Esto se evita mediante concesiones sujetas a cumplir con las condiciones sanitarias bien establecidas. Además, debe ser obligatorio bardear el sitio y pedir vigilancia policiaca para hacer cumplir el reglamento.

La recuperación de materiales a partir de la basura se ha practicado a escala industrial, en plantas más o menos centralizadas durante más de 20 años. Las principales fracciones separadas son: metales ferrosos, vidrio, plástico, papel y compostables. Por el costo, la clasificación en planta es poco atractiva y la heterogeneidad de la basura ocasiona un mal funcionamiento del equipo, por esto quebraron muchas plantas en Europa, sobre todo en Suecia, donde el cierre de empresas fue muy drástico. En los ochenta existió una tendencia hacia la incineración masiva.

A continuación se explica más a detalle este tema.

3.1 RECICLAJE

El reciclaje de materiales recuperables a partir de los residuos urbanos es un método compuesto de tratamiento y disposición final de los materiales existentes en los desechos. Este proceso tiene cada vez más aceptación e importancia en el mundo por sus ventajas económicas, ecológicas, sociales y sanitarias al ser un complemento de los demás métodos convencionales de manejo de residuos sólidos.

El presente tema describe inicialmente los principales sistemas de selección, los métodos de recuperación y las interrelaciones sociales y económicas involucradas durante el proceso de

recolección y reciclamiento, además, se plantea una propuesta general para evaluar la factibilidad de llevar a cabo un reciclamiento de subproductos de los residuos sólidos urbanos.

3.1.1 Definición

El reciclaje se puede definir como un proceso que reintegra al ciclo de consumo los materiales presentes en los residuos sólidos urbanos que ya fueron desechados y que son aptos para elaborar otros productos.

3.1.2 Antecedentes

Los residuos no fueron de fundamental importancia mientras los hombres vivían como **tribus nómadas**, pues éstos se quedaban y la gente cambiaba de lugar, pero comenzó a ser relevante cuando las poblaciones se convirtieron en **sedentarias**, pues sus residuos eran depositados en su propio entorno. Pero el problema verdadero apareció cuando se conformaron las **ciudades**, ya que el número de habitantes se incrementó sobre manera y por ende, sus desperdicios.

En E. U. A. se creía que los fuertes dolores de cabeza se debían a los diferentes residuos que se encontraban en las calles y que las aguas de las alcantarillas estaban altamente contaminadas y es entonces cuando en el año 1896, la ciudad de Nueva York sufre un cambio positivo.

Se puede apreciar que con la aparición del proyecto presentado por un coronel (exportó de Inglaterra la idea de incinerar la basura), se revoluciona la recolección de residuos orgánicos e inorgánicos, con la construcción de casi 200 incineradores. Se conforma primeramente en forma voluntaria un grupo de hombres dedicados a la recolección y reciclaje de residuos en la vía pública; estos eran enviados a una planta que quemaba los mismos y aprovechaba el vapor

para la producción de energía eléctrica. El 90% era producción de cenizas, humos altamente tóxicos y el material residual era depositado en un terreno para su relleno.

En 1909, más de 100 incineradores fueron clausurados, dejando vigente los rellenos sanitarios, modernizados después de la segunda guerra mundial, contando con sistemas más complejos e invitando a la población a participar del reciclado de los residuos diarios, pero este proyecto tuvo que ser detenido en 1942, pues no tenían más espacio físico para colocar la misma, ya que la población recibía paga por traer sus desperdicios. Además, existía otra alternativa que era la de arrojar los residuos al mar hasta que, en 1934, la ciudad de NY recibe una demanda que le prohíbe arrojar basura en los océanos.

Los desperdicios de guerra eran enterrados en fosas cubiertas por tierra. Algunos años después, con el auge del consumismo, aumenta la cantidad de desperdicios por habitante. En la década del 60 se incrementa en un 56% el consumo de envases desechables (latas, plásticos, otros) y las empresas productoras cada vez arrojaban más residuos fluviales a los ríos.

La mayoría de nosotros, como habitantes de este planeta, no somos conscientes del impacto que produce la basura en el medio ambiente, ya que la acumulación de residuos domésticos sólidos constituye hoy en día un problema agobiante a nivel mundial. El aumento de la población, junto al desarrollo del proceso de urbanización y la demanda creciente de bienes de consumo, intensidad de la propaganda y publicidad, determina un aumento incesante del peso y volumen de los desechos producidos.

Es indudable que el problema de la contaminación se inicia cuando el poder contaminante de la actividad humana llega a rebasar la capacidad de autodepuración del sistema ecológico, no

es menos cierto que un verdadero control de la contaminación debería consistir en el reciclaje o reutilización de los materiales o la introducción de prácticas similares a los procesos biológicos que excluyen cualquier peligro para el hombre y mantengan la estabilidad de los ecosistemas.

3.1.3 Procedimientos para la selección de materiales

Existen diversos procesos para la recuperación de los residuos, que eventualmente pueden ser instalados en forma aislada o asociados entre sí; por ejemplo, la selección simple, la separación por tamizado, separación manual gravimétrica, separación magnética, separación por vía húmeda, separación por cadenas, separación óptica, separación neumática, etc.

Con excepción de la separación magnética de metales ferrosos, donde los resultados son bastante satisfactorios, la selección manual siempre que esté precedida por un sistema mecánico de rotación de la masa, es la forma más eficiente para la separación de productos recuperables.

En diversos países del mundo, especialmente en el continente europeo, existe un gran número de instalaciones para la separación de residuos sólidos que utilizan equipos mecánicos, algunos muy sofisticados tecnológicamente pero con diversos problemas de instalación y mantenimiento que con frecuencia trabajan con una eficiencia muy por debajo de lo deseable, por lo que el costo de la recuperación es muy alto, teniendo en cuenta los altos costos de inversión de sus equipos. Para tener una idea de los diferentes métodos existentes, a continuación describiremos brevemente algunos de ellos.

3.1.3.1 Selección manual o simple en camiones recolectores

La selección simple consiste en separar manualmente aquellos materiales que aún tienen un valor comercial, tal es el caso del papel, cartón, hierro, muebles viejos, botellas de vidrio, plástico, etc. La selección simple ha dado buenos resultados y representa poco riesgo para la salud de los trabajadores que realizan la separación o selección, siempre y cuando trabajen con equipos de seguridad adecuados tales como los overoles y guantes.

En las ciudades medias, la selección manual de los residuos sólidos municipales se realiza en los camiones recolectores así como en los tiraderos y/o rellenos sanitarios.

En el primer caso los auxiliares del chofer del camión recolector, paralelamente a la recolección domiciliaria y no domiciliaria van seleccionando y empacando el papel, cartón, vidrio, botellas, hierro, plásticos, etc., el que posteriormente venden en los centros de acopio locales. Los recursos generados son repartidos en forma proporcional entre el chofer y sus ayudantes.

3.1.3.2 Selección manual en los tiraderos o rellenos sanitarios

En los tiraderos “a cielo abierto” la pepena tiene varias formas de organización pero generalmente existen los acaparadores también llamados intermediarios.

En los tiraderos y algunos rellenos sanitarios, se realiza una segunda selección de materiales (segunda pepena). En ésta existe una repartición del trabajo: los niños separan las botellas y el plástico, los jóvenes buscan el hueso, la lámina, el hierro y el vidrio, las mujeres seleccionan papel y cartón y los hombres empacan los desechos en bultos, pacas y costales.

3.1.3.3 Selección en fuentes generadoras

La separación de diferentes fracciones de los residuos sólidos también se practica en diferentes zonas dentro de las ciudades, sobre todo en los depósitos temporales. En las ciudades que presentan dimensiones considerables, se da el caso de personas que recorren la ciudad en busca de materiales de desecho que son depositados por la gente, en espera de que los carros recolectores realicen el recorrido de su ruta por los sitios que han sido designados por las autoridades.

Otra forma de asegurar el acopio de materiales que son comercializables es establecer un recorrido por las zonas que los “pepenadores” han seleccionado como propicias, pues, de acuerdo a su experiencia, no toda la ciudad presenta un comportamiento similar de hábitos de consumo y por lo tanto la diferencia en ganancias es muy variable. En las grandes ciudades generalmente van surgiendo empresas especializadas que compran materiales reciclables; por ejemplo, en la Ciudad de México funciona el INARE (Instituto Nacional de Reciclaje)

3.1.3.4 Selección mecanizada

Tiene como finalidad la incorporación de máquinas y equipos que faciliten la separación, lavado, compactación, empaque y embalaje de los subproductos recuperados. Existen en el mercado bandas transportadoras, lavadoras, molinos, compactadoras, fletadoras y otros equipos que pueden ser adquiridos para hacer más eficiente el proceso de recuperación y preparación de materiales destinados a servir de materias primas para diversas industrias.

Una instalación de reciclaje puede ser simplemente una estación de separación de materiales de los desechos y su comercialización, sin ningún proceso posterior, así como también puede integrar una serie de actividades industriales con miras a mejorar el material reciclado y

transformarlo en un producto comercializable, cuando el mercado local no tiene posibilidades de absorber el material, tal como se encuentra en los residuos.

Podemos citar como ejemplo una planta que se encuentra funcionando en Roma, Italia, la cual posee instalaciones para 600 toneladas/día de desechos que separa mecánicamente papel, cartón, lata, restos de comida, plásticos, lámina, etc. El papel es transformado en pulpa celulósica; el plástico es recuperado e industrializado hasta la obtención de bolsas nuevas para el almacenamiento de los residuos domiciliarios; parte de la materia orgánica (restos de comida), es transformada en acción animal y parte en composta (abono); el material ferroso es limpiado mediante un horno rotatorio y posteriormente prensado, formándose grandes fardos que son luego llevados a las siderúrgicas.

Las técnicas comúnmente usadas en la separación de los residuos sólidos están diseñadas de acuerdo a las características fisicoquímicas de los materiales.

La separación de un determinado material depende de un valor de respuesta a un estímulo y que es diferente del valor emitido por un material no deseado. Por ejemplo, los materiales ferrosos son atraídos por un electroimán y pueden ser removidos de los residuos que no responden a este aparato. En este caso, el electromagnetismo es una propiedad usada para seleccionar los materiales férreos del resto de los residuos.

3.1.4 La experiencia mexicana en el reciclamiento

Actualmente en México aún estamos en los inicios de un proceso de culturización que nos lleve a valorar los recursos de que disponemos y a tratar de conservarlos, para lo cual es conveniente promover el reciclamiento de residuos sólidos. Para esto es importante considerar

factores educacionales, fiscales, ecológicos, tecnológicos y motivacionales que propicien en nuestro país el buen desarrollo de los incipientes sistemas de reciclaje.

Una acción a corto plazo puede ser la de fomentar programas de recuperación en fuente de uno o dos subproductos cuya generación sea importante, por ejemplo en oficinas públicas la recuperación de papel y cartón.

Vale la pena no pasar por alto la experiencia de algunos países desarrollados en los que se tiene que subsidiar el reciclaje, pagando mayores costos del programa de lo que reciben por la venta de los subproductos y en muchos casos estos van a parar ordenadamente en los rellenos sanitarios.

3.1.5 Ventajas y desventajas

Algunas ventajas del reciclaje son las siguientes:

- Se reduce el volumen de los residuos sólidos urbanos que deben ser recolectados, transportados, tratados y dispuestos en forma conveniente.
- Se alarga la vida de los rellenos sanitarios.
- Hay un ahorro para el transporte en gasolina, gastos de operación y mantenimiento de los equipos recolectores.
- Permite ahorros muy importantes de recursos naturales, agua y energía.
- Contribuye a la conservación y protección de los recursos naturales y el ambiente.
- Genera empleos en el acopio y reciclaje.

Por otro lado, también existen algunas desventajas, como las siguientes:

- Baja participación ciudadana.
- Sujeta a la variación del mercado de los subproductos.
- Las inversiones no siempre son rentables aunque se tengan beneficios ecológicos.

3.1.6 Conclusión

Las conclusiones obtenidas después del análisis de los puntos anteriores se resumen así:

- El reciclaje es necesario y es sólo una forma de tratar los residuos sólidos municipales pero no es la solución única sino que se complementa con otras tecnologías.
- La separación de subproductos se realiza actualmente de dos formas: recuperación en fuente y en planta.

3.2 COMPOSTEO

3.2.1 Definición

El **composteo** se define como la degradación bioquímica de la materia orgánica fermentable, para convertirla en un compuesto bioquímicamente inactivo llamado **compost**. Se puede decir que el compost es un material que se obtiene por la acción microbiana controlada, donde se utilizan los desechos orgánicos como materia prima. Se hace que los desechos alcancen un grado de digestión tal, que al ser aplicado al suelo no provoquen una competencia entre sus microorganismos y las plantas superiores por los nutrientes que ambos necesitan.

El composteo se desarrolló originalmente como un elemento para mejorar los suelos, reponiéndoles la materia orgánica y los micronutrientes perdidos a causa del cultivo exhaustivo. El proceso de composteo es semejante al de la naturaleza para renovar el suelo.

Ni el proceso de composteo, ni el de la naturaleza para renovar el suelo están bien entendidos. Por eso es necesario la investigación básica en ambos campos.

El composteo no se puede considerar como un fertilizante. Contiene alrededor de 1% de nitrógeno, 0.25% de fósforo y 0.25% de potasio. Se ha demostrado, gracias a diversos

estudios, que la aplicación conjunta de compost y fertilizantes químicos aumenta el crecimiento de los cultivos.

Una de las principales virtudes del compost es que **evita la erosión y el deslave**.

3.2.2 Antecedentes

La técnica del composteo parece tener sus raíces en el proceso dirigido por Sir Alfred Howard, en la India, en 1925. En él se procesaban residuos orgánicos como basura, paja y hojas en capas alternadas con estiércol y fango cloacal.

El proceso conocido como *Indore*, fue modificado por el Consejo de Investigaciones Agronómicas de la India para acelerar la acción aerobia y reducir los malos olores. También le cambió el nombre por el de proceso *Bangalore*. En otras partes del mundo, en la década de los veinte, se iniciaron procesos de tratamiento bacteriológico parecidos a los descritos. Entre éstos se pueden mencionar los procesos *Beccari*, *Verdier* y *Bordas*.

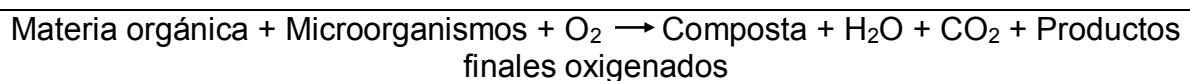
En Holanda, en 1932, se construyó la mayor planta en su tiempo, para el tratamiento biológico de la basura de los municipios. Se utilizó el proceso *Mannen*, una modificación del *Indore*, donde los residuos se trataban en grandes montones alargados.

3.2.3 Principios básicos

Los diversos métodos de composteo utilizados actualmente en varios países, generan un porcentaje en peso de composta orgánica que varía entre 35 y 45% del peso bruto inicial de los residuos. Los materiales orgánicos que no se aprovechan o no se descomponen fácilmente son: trapo, cartón y papel. Estos residuos urbanos deben ser tratados en forma diferente, de preferencia mediante el reciclaje (recuperación directa).

En el composteo, la transformación de la materia orgánica se efectúa por la actividad de diversos microorganismos, tales como actinomicetos, bacterias y hongos, siendo las bacterias las que desempeñan el papel principal. La transformación de los residuos sólidos en humus, puede ocurrir de dos formas distintas: descomposición aerobia y anaerobia.

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, obteniéndose como productos principales, materiales orgánicos estabilizados, bióxido de carbono y agua, conforme a la siguiente ecuación:



Las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo durante el proceso aeróbico son exotérmicas y elevan la temperatura de la composta hasta cerca de 70° C, con lo cual se eliminan todos los agentes patógenos que puedan estar presentes en la masa inicial.

3.2.3.1 Proceso de digestión o fermentación bacteriana

Los métodos más usados para este tipo de proceso se basan en la acumulación de los residuos en pilas o hileras colocadas directamente en el terreno natural o sobre superficies pavimentadas o de concreto, cuyas características dependerán de las condiciones locales tales como son la disponibilidad de equipos para mover los residuos, disponibilidad de la mano de obra, condiciones climáticas (temperatura, lluvia, humedad, viento, etc.).

El material amontonado debe ser colocado en la forma más esponjada posible, para permitir la entrada de aire entre los intersticios. La experiencia ha demostrado que la altura más

conveniente de la pila varía de 1.00 m como mínimo a 1.80 m como máximo. La altura debe ser mayor para climas fríos. Las pilas muy altas sufren compactación por el propio peso, exigiendo volteos más frecuentes para mantener la condición aeróbica de la masa orgánica; en cambio, las pilas demasiado bajas tienen el inconveniente de que pierden calor rápidamente, no alcanzando la temperatura óptima que se requiere para el desarrollo de los organismos termófilos y la destrucción de los patógenos, por lo que la descomposición de la materia orgánica puede llegar a detenerse. Para evitar una pérdida excesiva de humedad, se recomienda que las hileras de residuos tengan de 2.40 a 3.60 m de ancho en la base. En tiempo seco, la sección puede ser trapezoidal, con un talud de 30° en relación con la vertical, ángulo que permite la estabilidad física de sus taludes.

Para climas lluviosos, la sección transversal de la pila debe ser redondeada para permitir el escurrimiento de agua. El largo depende de la cantidad de basura y es posible ir aumentando, diaria y progresivamente su longitud, hasta alcanzar el total que permita el terreno. El volumen de los residuos digeridos por el sistema de pila en relación con el volumen original decrece en 20 a 60% y el peso se reduce de 50 a 80% del original.

3.2.3.2 Factores que influyen en el proceso

- **Temperatura.** Una considerable cantidad de calor se genera en la fermentación aeróbica de los residuos y es retenida por una propiedad aislante, consecuentemente, hay un aumento apreciable de la temperatura en la masa orgánica. Generalmente, en las primeras 24 horas de digestión se alcanzan temperaturas entre 45 y 50° C. Esta temperatura representa el límite superior para los organismos mesófilos y una temperatura de 60 a 70° C se obtiene después de dos a cinco días. La declinación final de la temperatura es lenta e indica que el material ha sido digerido. Una caída de la temperatura antes de la estabilización de la materia orgánica puede reflejar que empieza la evolución hacia una digestión anaerobia.

Las temperaturas altas son necesarias para la destrucción de los organismos patógenos y las semillas de diversas plantas, con lo cual se obtiene una composta de mejor calidad. La temperatura óptima para la digestión aeróbica varía entre 50 a 70°, siendo probablemente los 60° C, la temperatura más satisfactoria. No es conveniente sobrepasar los 70° C por un período prolongado, debido a que se reduce el número de organismos termófilos que actúan en el proceso de descomposición.

- **Humedad.** Es uno de los factores más importantes en el proceso de digestión, ya que si ésta es muy baja, los microorganismos no se desarrollan, y si es excesiva, el agua desplaza el aire al llenar los intersticios, presentándose circunstancias propicias para el desarrollo de condiciones anaerobias. Las investigaciones científicas han concluido que el rango de humedad más favorable es de 40 a 55% para lograr condiciones aeróbicas. Sin embargo, si los materiales a digerir contienen una cantidad importante de paja y materiales fibrosos resistentes, el contenido de humedad puede ser mayor, llegando a soportar hasta un 70 a 75% sin afectar el proceso de descomposición aeróbica.

- **Aireación.** La aireación es básica para la descomposición termofílica de los residuos, con el propósito de lograr una rápida transformación sin malos olores. Se han desarrollado varias técnicas para airear los residuos en transformación, pero parece que el método más eficaz para el de pilas, es el volteo periódico del material. En este proceso de volteo debe tenerse especial cuidado de que las capas exteriores pasen a ocupar el interior de la unidad siguiente, y para ello se utilizan equipos mecanizados.

La frecuencia de la aireación o número total de vueltas de la pila de basura en transformación, depende principalmente del contenido de humedad y del tipo de material.

- **Uso de siembras o inoculación.** Ha sido ampliamente discutida la necesidad de usar inóculos o siembras, que contengan cepas bacterianas cultivadas en laboratorio para la descomposición de la materia orgánica y la fijación del nitrógeno. Se han empleado diversos

inoculantes como son enzimas, hormonas, factores de activación, biocatalíticos, etc. Sin embargo, la mayor parte de los estudios coinciden en que no son necesarios.

- **pH.** Los estudios y experiencias indican que este factor no tiene gran influencia en el proceso. El pH inicial de materiales digeribles, basura, estiércol, etc., varía normalmente de 5 a 7, a menos que contengan sustancias alcalinas en exceso.
- **Condiciones climáticas.** Las condiciones climáticas que influyen en el proceso de composteo son: la temperatura, el viento y la lluvia, fundamentalmente cuando se realiza a la intemperie.

El viento fuerte tiene doble efecto sobre el proceso; baja la temperatura y aumenta la evaporación, y consecuentemente el secado del material, en especial en el frente de la pila que azota el viento.

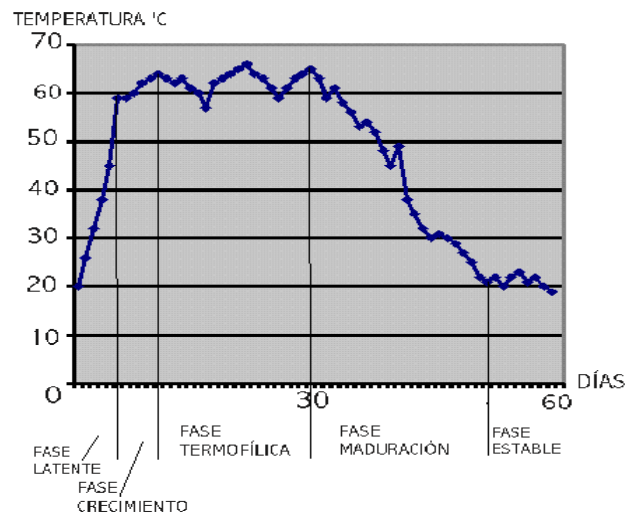
La lluvia no tiene un efecto importante en el proceso siempre y cuando las pilas o camellones sean redondeados para permitir que el agua escurra por la superficie y el terreno tenga un drenaje apropiado. Si las lluvias son muy densas acompañadas de fuertes vientos logran penetrar de 30 a 40 cm en el material, pero este efecto adverso se vence por medio de las vueltas sucesivas.

Sin embargo, no se considera conveniente efectuar el volteo en un momento de lluvia por que el material se humedecerá demasiado, y afectará la aireación.

3.2.3.3 Formación de la composta

La formación de la composta en cualquier proceso que se utilice, se lleva a cabo en diferentes fases, las cuales se pueden apreciar en la figura 3.2 y se describen a continuación:

FIGURA 3.1 FASES EN LA FORMACIÓN DE COMPOSTA



FUENTE: SEDESOL, "Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal", 2001.

Fase latente. Esta fase comienza tan pronto como se establecen las condiciones de composteo y es un periodo de adaptación de los microorganismos presentes en los residuos. En ella, los microorganismos utilizan los azúcares, la celulosa simple, los aminoácidos y almidones presentes en los residuos crudos, rompiendo los compuestos complejos para liberar nutrientes, con lo que la cantidad de microorganismos comienza a incrementarse. Debido a esta actividad, se comienza a incrementar la temperatura en la masa de residuos. Cuando se encuentran grandes cantidades de material altamente putrescible, el periodo de latencia es muy breve.

Fase de crecimiento. Es un periodo de transición entre la fase de latencia y la termofílica, en la que hay un crecimiento exponencial de la cantidad de microorganismos y por tanto una intensificación de actividad biológica. Dicha actividad se manifiesta en un incremento abrupto e ininterrumpido de temperatura en la masa de residuos y si no se toman las precauciones correspondientes, la temperatura puede alcanzar los 70° C o más.

Fase termofílica. Es el intervalo de tiempo en el que la actividad permanece en su nivel máximo, mientras exista material fácilmente degradable y en cantidades suficientes para soportar el incremento de los microorganismos. Dependiendo del tipo de sustrato, así como de las condiciones ambientales y operativas, esta fase puede durar unos cuantos días o

algunas semanas. La temperatura se mantiene alrededor de los 60° C, con muy pocas variaciones, siendo ésta la causa principal de la desaparición de protozoarios, hongos y otros microorganismos patógenos. Se debe mencionar en esta parte, que una caída abrupta de temperatura, durante la fase termofílica indica algún problema que requiere atención inmediata.

Fase de maduración o curado. Eventualmente, el material de fácil degradación se reduce drásticamente y comienza la fase de maduración. En ésta, se incrementa constantemente la cantidad de material resistente a la acción bacteriana y por lo tanto la proliferación de microorganismos entra en su etapa de decaimiento. La temperatura también comienza a entrar en una inexorable disminución, que persiste hasta que se alcanza la temperatura ambiente. El tiempo de maduración está en función del substrato, las condiciones ambientales y de operación, por lo que puede tomar desde unas cuantas semanas hasta uno o dos años.

3.2.3.4 Tiempo requerido para la digestión bacteriana

El periodo de fermentación de los residuos que los operadores de plantas consideran satisfactorios, corresponde al tiempo cuyo proceso consigue un producto utilizable en condiciones adecuadas. En la realidad, el periodo de compostaje es mayor e incluye el periodo de estabilización, más el periodo de maduración. El tiempo necesario para la estabilización depende de muchos factores, entre los que destacan por su importancia: **tamaño de la partícula, mantenimiento de las condiciones aeróbicas y contenido de humedad y relación inicial de Carbono/Nitrógeno.**

La determinación del nitrógeno en los residuos es relativamente sencilla; en cambio, la de carbono es difícil, larga y costosa, por lo cual se sugiere la siguiente fórmula que proporciona una aproximación de 2 a 10%, suficiente para trabajos prácticos:

$$\% \text{ carbono} = (100 - \% \text{ cenizas})/1.8$$

La compañía **DANO CORPORATION, EARP, THOMAS Y SNELL** han sugerido periodos de dos a tres días para digestores tecnificados (aireados mecánicamente). Y se estiman de 15 a 90 días para procesos naturales. Es posible que el tiempo sugerido para los procesos tecnificados no sea tan breve.

3.2.3.5 Calidad del producto final

El producto final obtenido en el proceso de digestión bacteriana recibe el nombre de composta, abono o humus. Es un material blando de color café oscuro o negruzco y apariencia similar a la tierra de hoja o tierra vegetal. Sin despreciar la calidad fertilizante de la composta, se puede afirmar que su valor fundamental radica en la porosidad que el humus estabilizado le da al terreno, aún a suelos duros y arcillosos; porosidad que permite retener humedad y oxígeno.

Por otra parte, la composta agrega al terreno una abundante flora microbiana que mejora la composición química de los suelos por vía enzimática y aporta en menor grado algunos elementos fertilizantes. Las propiedades fertilizantes de la composta varían enormemente ya que dependen entre otros factores, de las características de la materia prima.

3.2.4 Principales métodos industriales de compostaje

3.2.4.1 Fermentación natural

Después de molido y regado con agua, el producto es colocado en pirámides de 2 metros de altura sobre el área de fermentación. Durante el primer mes, debe removerse el material cada 10 días y una vez al mes durante los dos siguientes. Después de cada volteo se observará una brusca elevación de temperatura, provocada por la aceleración de la fermentación, debido al

efecto de las bacterias aeróbicas termófilas. Si las pirámides no se remueven, se producirá fermentación anaerobia, poco calorífica y con emanaciones de malos olores. Transcurridos tres meses, la fase activa de la fermentación estará terminada y quedará solo la de maduración.

3.2.4.2 Fermentación acelerada

El producto triturado se almacena en torres, silos, cilindros o barriles, se le añade agua y se le inyecta aire y el producto se pone en movimiento. Con este sistema se reduce la fase de fermentación a 15 días. Esta variante tiene la ventaja de favorecer la oxidación de los compuestos orgánicos, se controla mejor la fermentación y se evitan contactos con insectos o fauna nociva, destruyéndose mejor los gérmenes patógenos al mantenerse más estable la alta temperatura.

Es evidente que el segundo sistema tiene muchas más ventajas que el primero, pero la inversión económica llega a ser de 6 a 10 veces más elevada que con el primer procedimiento.

3.2.4.3 Vermicompostaje

En este método de compostaje se aprovecha la costumbre de algunas especies de lombriz de alimentarse de los residuos orgánicos, obteniéndose un abono orgánico de alta calidad, extremadamente rico en bacterias de gran importancia en la horticultura.

3.2.5 Sistemas cerrados y a cielo abierto

Existe una gran variante de sistemas de composteo tanto cerrado y abierto, los cuales se han utilizado a lo largo de la historia de la fermentación y estabilización de los residuos orgánicos. Dentro de cada una de las modalidades existen una gama de diferencias que se originan de acuerdo con las condiciones de la localidad que las aplica. Dentro de los sistemas cerrados se pueden citar los siguientes:

- **Beccari**
- **Verdier**
- **Sistema Biotank**
- **Bioteror**

Mientras que para el caso de los sistemas al aire libre, se tienen:

- **Índore**
- **Dano**
- **Compost Corporation of America**

Como puede observarse, existen numerosas tecnologías de compostaje, por lo cual deben analizarse con mucho cuidado las condiciones locales para elegir la más conveniente para una ciudad determinada. Para la selección de algún sistema, se recomienda contar con la asesoría técnica especializada.

3.2.6 Parámetros de costos en inversión y operación

Es difícil proporcionar un dato preciso sobre las inversiones que se requieren en una planta industrial productora de composta. En primer lugar porque las instalaciones incluyen todo el proceso de recepción y de separación de diversos subproductos, y como ya se ha visto, la gama de tecnologías es muy amplia.

Por otra parte, las plantas instaladas en el mundo son de capacidades muy diversas. Por ejemplo, en los Estados Unidos, se tienen registros de plantas procesadoras de residuos sólidos municipales productoras de composta que van de 4 a 360 toneladas/día y esto dificulta el establecer un parámetro de inversión. Además, en nuestro país habría que considerar si la planta que deseamos instalar se construye con equipo nacional o si se importa tecnología. De cualquier manera se tienen datos de que el orden de inversión para una planta de una ciudad media, varía de 4,000 a 10,000 dólares norteamericanos por tonelada/día de capacidad instalada.

El costo de la producción en los Estados Unidos de América es de alrededor de 8 a 10 dólares norteamericanos por tonelada de producto.

3.2.7 La experiencia mexicana en composteo

La producción de composta mediante los procesos más comunes y que en este caso coinciden en ser también los más sencillos, como el composteo en pilas e inclusive el vermicompostaje, se han ido abandonando debido a sus costos ya que, en muchos casos, sus promotores prometieron que se obtendrían utilidades, cuando se ha comprobado que el uso de alternativas amigables con el ambiente, tienen un costo asociado. Se estima que en los últimos 20 años, se han comprado en el país no menos de 10 plantas de composta, de las que al menos tres nunca se instalaron, quedando abandonada la maquinaria, una se instaló y nunca se ha operado por falta de presupuesto para mano de obra y mantenimiento y las otras cuatro o cinco han sido cerradas, poco después de haber iniciado su operación, por no haber resultado rentables. En algunos casos, éstas se han operado intermitentemente durante algún tiempo, por imagen o compromiso político, después de haber sido evidente su fracaso, pero finalmente también han cerrado.

En el caso específico del Distrito Federal, en 1974 comenzó a operar la planta de composteo en San Juan de Aragón, con una capacidad de tratamiento de 750 toneladas de residuos al día. En ella se realizaba separación semimecanizada de residuos reciclables y después de la molienda, la “materia prima”, se procesaba en pilas. Al poco tiempo fue evidente la falta de control, tanto del proceso, como de la calidad de materia prima y producto terminado, ya que además de generarse olores desagradables (falta de aire en las pilas), comenzó a ser evidente la generación de lixiviado (típico de procesos anaeróbicos). Materiales como cartón, vidrio, plástico y metales, eran los favoritos en el proceso de separación, principalmente debido a que se comercializaban

sin dificultad, lo que aunado a un cribado inadecuado del producto de molienda, dejaba grandes cantidades de vidrio, plástico y otros materiales considerados como impurezas para el proceso de composteo. Todo esto daba como resultado un producto de baja calidad y apariencia desagradable, por lo que no se logró la aceptación del público. Adicionalmente, existieron problemas de financiamiento que no permitían el funcionamiento continuo de la planta y finalmente en 1986 fue cerrada definitivamente. Parte de la infraestructura original de esa planta y de otra que nunca se instaló como tal, fueron reutilizadas en 1994 para la construcción de dos plantas de selección, cada una con una capacidad de procesamiento para 1500 toneladas diarias (González 1997).

En 1993, la Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal, implementó, con bastante éxito, un proyecto experimental de composteo, para residuos especiales que generalmente llegan separados directamente desde su fuente generadora, tales como residuos de poda de parques, jardines y camellones. A partir de 1996, esto derivó en una planta piloto que básicamente cuenta con un molino de 110 HP (caballos de fuerza) y un equipo volteador de composta para airear las pilas de composteo. En ambos casos el proceso es monitoreado, mediante el análisis de calidad de materia prima y producto terminado, reportándose hasta ahora que el producto cumple con los requisitos de calidad en nutrientes para vegetales y ausencia de contaminantes. Hasta la fecha se han aplicado cerca de 1500 m³ de composta producida por esta planta piloto en áreas verdes y camellones de avenidas como Insurgentes y Chapultepec. Por lo que se tiene la intención de ampliar la capacidad y cobertura de este sistema de procesamiento de residuos. Ahora, la Dirección General de Servicios Urbanos abrió una nueva vertiente experimental en la que se cuenta con pilas experimentales que están procesando cadáveres de animales, provenientes de vialidades, zoológicos y centros antirrábicos (González 1997). Sin embargo, aún no se comercializa la composta, ni se cuenta

con estudios de mercado para determinar la factibilidad de llevar este proceso a niveles industriales.

Por todo ello, se ha determinado que la falta de estudios de factibilidad y el reducido mercado nacional han sido causas fundamentales en el fracaso de dichos sistemas, pero, adicionalmente, también la falta de planeación ha creado expectativas falsas en las autoridades que se han arriesgado a invertir en estas plantas, ya que se ha pretendido que la separación que necesariamente se tiene que hacer en este tipo de procesos, sea una fuente de ingresos para los municipios, más que un medio para obtener una materia prima óptima para el composteo y a veces pareciera que se adquirió una planta para separación de materiales, más que una instalación para el composteo de residuos. En el sentido técnico, se puede decir que la falta de sistemas de control de calidad en el proceso de composteo, ha provocado en todos los casos, que se alimente a las pilas o biodigestores, residuos orgánicos “contaminados” o de “baja calidad”, lo que aunado a la falta de control en la operación de las instalaciones, genera una composta igualmente mala y que resulta difícil o hasta imposible comercializar.

Debido a todos estos factores, cuando se logra la instalación y el arranque de una planta de composteo, siempre llega un momento en que las autoridades no pueden seguir subsidiando la operación de estas instalaciones y las abandonan o, en el mejor de los casos, las destinan a otros usos relacionados con los mismos sistemas de aseo urbano. También han existido algunos proyectos exitosos de tipo demostrativo o piloto, para el composteo de residuos sólidos, promovidos y auspiciados por organismos no gubernamentales, instituciones académicas y entidades gubernamentales. En el primer caso, generalmente operados por la comunidad, en el segundo por grupos de estudiantes entusiastas y en el tercero, coordinados y operados por equipos especiales de técnicos, también entusiastas. Sin embargo, en todos los casos el éxito se restringe al valor académico, social, ecológico o inclusive político y difícilmente se ha logrado

reproducirlos, ampliarlos y menos aún continuarlos, ya que durante su periodo de “éxito”, no se desarrollaron los aspectos institucionales, administrativos, económicos y financieros necesarios para el éxito de un proyecto a nivel masivo o industrial.

Finalmente y debido a estos inconvenientes, tampoco se puede hablar, en el sentido estricto de la palabra, de la formación de mano de obra o profesionales calificados en la planeación, implementación, operación y mantenimiento de estos sistemas de tratamiento.

3.2.8 Ventajas y desventajas

Como técnica de procesamiento de la basura urbana, el composteo ofrece las siguientes ventajas:

- Es la única técnica operativa actual para reutilizar la materia orgánica.
- Es adecuada para manejar residuos industriales de empresas productoras de cárnicos, vegetales, madereras, etc.
- Se complementa generalmente con otros procesos como el de recuperación de materiales, producción de RDF, entre otros.
- Si el clima es extremoso puede afectar el proceso.

Algunos de los inconvenientes que presenta el composteo son los siguientes:

- Altos costos de instalación y funcionamiento.
- El mercado del composteo puede ser inestable, estacional o inexistente.
- Requiere de personal calificado.
- Se precisa eliminar objetos voluminosos o perjudiciales para los molinos.
- Se debe separar la fracción compostable del resto.
- La ubicación de la planta es difícil debido a las molestias que ocasiona en los alrededores.

CAPÍTULO 4

LOS 5 GRANDES

RECICLABLES

LOS 5 GRANDES RECICLABLES

Una condición indispensable para que un material recuperado a partir de la basura se considere reciclable, **es que tenga mercado**. Esto hace que de un caso a otro pueda variar la lista de materiales provenientes de la basura, considerados como reciclables. Es común que en la lista de éstos tipos de materiales aparezca uno o varios de los siguientes:

- Papel y cartón
- Metales (ferrosos y no ferrosos)
- Vidrio
- Hule y plástico
- Textiles
- Otros

Es frecuente que las razones por las que un material tenga o no suficiente mercado sean bastante complejas; pero en general, tienen como trasfondo el hecho de que a partir de la basura urbana cruda, es difícil obtener materiales lo suficientemente libres de contaminación como para reemplazar a las materias primas vírgenes.

Dado que los artículos manufacturados de papel, metal, vidrio, etc., necesitan además una serie de productos químicos para darles ciertas propiedades de color, brillo, resistencia mecánica, etc., al ser reprocesados dichos artículos, los aditivos químicos se acumulan, a menos que se eliminen previamente. Por lo general, la acumulación de aditivos es inconveniente y puede llegar a perjudicar las propiedades del producto obtenido.

Algunas de las razones que provocan la baja de los materiales reciclables en el mercado pueden ser las siguientes:

1. La renuencia, por parte de la industria, para reconocer que los reciclables preparados adecuadamente pueden servir, con igual o mejor calidad que la materia prima virgen, para los procesos, y a menudo con mayores ventajas en otros aspectos.
2. La falta de demanda de productos que contengan material reciclado.
3. La falta de capital disponible para el desarrollo de industrias que usen materiales reciclables y produzcan artículos con mercado.
4. La demora en la transferencia de tecnología de países más desarrollados a los menos desarrollados.
5. El desarrollo de oportunidades no percibidas por los empresarios o la falta de capital de inversión a un costo accesible.
6. Que estos recursos reciclados sean propiedad de las ciudades o municipios. Esto implica que el peso político es determinante en las decisiones que se toman.

A continuación se describen los principales materiales aprovechables en los residuos sólidos.

4.1 PAPEL

El papel está continuamente presente en nuestras vidas. De hecho, su consumo suele ser referenciado como un **indicador del nivel de vida de muchos países**. Sin embargo, el desarrollo y prosperidad de un país también puede medirse a través de su capacidad para degradar el medio ambiente a través de los procesos de fabricación del papel y posterior vertidos de los productos químicos residuales. El consumo del papel sin asegurar el desarrollo sostenible concluye generalmente con bosques devastados por la tala, y una producción de residuos que no retornan al ciclo productivo. Por ello, la tasa de consumo de materiales con origen en las celulosas nos obliga a prestar una especial atención al reciclaje de estas materias puesto que la utilización de maderas para la producción de papel tiene como consecuencia la deforestación de muchos bosques primarios sin poder de sustitución.

4.1.1 Definición

Papel es el vocablo empleado para designar diversas clases de hojas fibrosas de estructura análoga al fieltro. Generalmente compuesto por fibras vegetales, pero a veces minerales, animales o sintéticas. Su nombre se deriva del griego **pápyros**, nombre de una planta egipcia (cyperus pápyros), de cuyo tallo sacaban los antiguos egipcios láminas para escribir en ellas.

4.1.2 Historia

Desde siempre, el hombre ha querido comunicar sus pensamientos y que estos perduren más allá de la simple palabra. Para ello ha utilizado distintos soportes materiales. En algunos países o grupos humanos comenzaron utilizando la piedra, luego las tablas de arcilla o de madera para expresarse a través de la escritura. En la India, por ejemplo, usaban las hojas de palmera, los esquimales utilizaban los huesos de las ballenas o los dientes de las focas. En la China, los libros se hacían con bambú y seda. También era muy corriente la utilización de corteza de los árboles (los mayas y los aztecas guardaban sus libros de matemáticas, astronomía y medicina en corteza de árboles). Pero las materias primas más famosas y más cercanas al papel fueron los papiros y los pergaminos.

La hoja de papiro ya se utilizaba 3,000 años A. de C. En Egipto. A orillas del Nilo crecía una planta muy apreciada por los egipcios: **el papiro**. De esta planta se utilizaba prácticamente todo. Su raíz servía como combustible, su médula como alimento y su tallo como antorcha o como un ligero soporte para la escritura, el cual estaba compuesto por láminas del tallo que eran extraídas, rajadas, desplegadas y aplanadas con grandes martillos, entrelazadas, pegadas y secadas. Pero para la elaboración del papiro no solo se empleaba esta planta sino también la capa más interior de varias plantas leñosas como las moreras o las higueras. A pesar de su fragilidad, millares de documentos escritos en papiros llegaron hasta nosotros.

El pergamino es un material transparente u opaco que comenzó a utilizarse para la escritura en la antigua Asia menor y más concretamente en la ciudad de Pérgamo, famosa entre otras cosas porque su biblioteca llegó a contar con más de 200,000 ejemplares hacia el año 300 A. de C; se fabricaba con piel seca y curtida de corderos, cabras, cerdos y asnos. El proceso de elaboración es laborioso y repetitivo hasta llegar a conseguir una fina, uniforme y resistente superficie que es secada al sol sobre un bastidor. En la actualidad se siguen utilizando los mismos procesos que en la antigüedad pero de forma industrializada.

El papel de trapo se obtenía de descomponer trapos. Este proceso se basaba en el golpeo de la materia prima (trapos viejos) hasta lograr deshacerlos por completo. Para ello se utilizaban grandes mazos que golpeaban continuamente los tejidos mientras una corriente de agua iba quitando las impurezas. La pasta resultante se volvía a secar, se prensaba y se obtenía de ella la hoja de trapo.

El papel de fibra vegetal es lo más parecido al papel que nos ha llegado hasta nuestros días. Según todos los indicios su inventor fue el ministro de agricultura chino **Cai Lum** hacia el año 105 D. de C. Este buen señor logró hacer una hoja de material vegetal muy parecida a nuestro papel entremezclando fibras de morera o bambú.

Sobre el año 610 D. de C. unos monjes coreanos enviados por su rey a China aprendieron el arte para fabricar papel y diseminaron su invento en su país y por el Japón. Algo parecido sucedió con la extensión de estos conocimientos hacia el oeste ya que algunas caravanas que pasaban cerca de **Samarcanda** fueron hechas prisioneras coincidiendo que en ellas iban dos chinos que conocían los secretos para la fabricación del papel y a cambio de su libertad les mostraron cómo se elaboraba. Hacia el año 795 se instaló en Bagdad (Turquía) una fábrica de papel y la industria floreció en la ciudad hasta el siglo XV. Y ya en Damasco, en el siglo X

se fabricaba la que era llamada "carta damascena", un tipo de papel que era exportado hacia occidente. La fabricación del papel se extendió a lo largo de la costa del norte de África llegando a Europa por la península ibérica y sobre el año 1150 ya existía en **Xátiva** una fábrica de papel montada por los árabes. Los fabricantes de este lugar producían papel de algodón en el siglo XI. Otra ciudad que tuvo una fábrica importante de papel fue **Toledo**, donde se producía "papel toledano".

Desde la invención de la imprenta, el consumo de papel aumentó e hizo que se incrementara el número de fábricas papeleras. El aumento de la producción tipográfica consumía muchísimo más papel que antes, en tiempo de los copistas.

A finales del siglo XVI, los holandeses inventaron una máquina que permitía deshacer los trapos hasta el estado de fibra pura. Esta máquina pasó a llamarse "la holandesa" y se ha seguido utilizando hasta nuestros días, con cambios sucesivos pero no modificando la idea básica.

Hasta el final del siglo XVIII, la fabricación del papel era totalmente artesanal. Los molinos de papel eran oficinas primitivas y las hojas eran hechas de una en una, en cantidades bastante reducidas. La industria surge cuando es posible mecanizar el proceso. Y el auténtico espaldarazo llega con la invención de la máquina de fabricar papel continuo, hecho conseguido en Francia, en 1800, por Louis Robert y con la utilización de la pasta de madera.

El proceso para reciclar el papel se inventó en el año 1800 por **Matthias Koops**, quien descubrió que se podía formar de nuevo una pulpa por desintegración de papel en agua caliente. Desde éste descubrimiento trascendental, el papel es uno de los componentes de la basura urbana con mayor potencial de recuperación.

4.1.3 Clasificación

Es necesario tener la capacidad de reconocer las diferentes clases de papel usado, y mantenerlas separadas para usarlas adecuadamente durante el reciclaje. Una tonelada de papel en la basura corresponde a 20 troncos de árbol de 16 cm de diámetro y 8 m de largo. Por ello, **reciclar el papel significa evitar la tala de muchos millones de árboles cada año.** Una vez recolectado el papel, pasa a manos de mayoristas, quienes lo clasifican en grados bien definidos, luego se forman pacas de 250 a 750 kg de peso cada una.

Como es de esperarse, las actividades de las organizaciones responsables del flujo de papel, desde que éste se convierte en basura hasta que llega a los mayoristas, tienen influencia directa del mercado del producto (oferta y demanda). El papel presenta fluctuaciones en casi todos los países.

El papel que contiene la basura se puede clasificar en dos grupos, dependiendo el grado de limpieza: papel comercial y doméstico.

- El papel comercial es aquel que se recolecta en oficinas y comercios, que en general es de buena calidad y se encuentra relativamente limpio por no estar mezclado con desechos orgánicos.
- El papel doméstico es el que se recolecta en forma domiciliaria, y se encuentra mezclado con desechos orgánicos de toda clase y es bastante sucio.

Ambos tipos de papel se utilizan como materia prima por las industrias papeleras que se dedican a la fabricación de cartón gris, cartoncillo, envases de tomate, cajas de zapato, tapas para huevo, cajas para granjas avícolas y láminas acanaladas.

4.1.4 Ventajas

Las ventajas de utilizar papel reciclado son evidentes. Los primeros beneficiados serán los bosques primarios, cuya amenaza de tala no dependerá directamente de la demanda de materia prima, sino de nuestra capacidad para concienciar a la sociedad en la recolección selectiva de papel usado.

Por dependencia se beneficiarán otros sectores como la energía y los recursos de agua, pero no menos importante es la reducción en la contaminación de las aguas así como la acumulación en vertederos, en este último caso más dañinos cuando se emiten a la atmósfera productos contaminantes resultantes de la incineración.

4.1.5 Desventajas

Sólo una parte del papel y del cartón desechado es reutilizable debido a consideraciones económicas y logísticas:

- La fibra virgen es abundante y relativamente barata.
- Muchos centros urbanos están localizados a grandes distancias de las fábricas de papel.
- La capacidad de las fábricas para destintar y reutilizar el papel y el cartón usados es limitada.

Las empresas recicladoras compran el papel residual usado basándose en la fuerza y el rendimiento de la fibra, así como en el brillo, según el tipo de producto fabricado.

Los principales tipos de papel para reciclaje son: periódico, cartón corrugado, papel de oficina y papel mezclado. Y se pueden obtener productos como: papel periódico, papel higiénico, pañuelos de papel, hueveras, cartón y productos para construcción (fibra prensada).

Los procesadores de papel consideran que el mayor problema en el reciclaje de éste **es la presencia de contaminantes**. La gama de estos incluye el látex, plásticos, metales, resinas, ceras, alquitranes o breas, espumas plásticas y materia orgánica. La contaminación por ceras, breas, látex o cualquier otro material de recubrimiento pueden arruinar todo el lote, porque éstos materiales forman película que interfieren con la adherencia de goma al medio corrugante. Desde luego, existe un cargo económico debido a la presencia de contaminantes, ya que se agrega el costo de su eliminación y disposición.

Aunque el material contaminado se puede emplear en algunas aplicaciones sin ocasionar daños, es un hecho que **la contaminación es una grave limitación para el uso de materiales recuperados a las aplicaciones más bajas**, es decir, baja calidad de los productos, en donde la presencia de contaminantes es menos problemática.

4.2 METAL

De los metales recuperados, la mayor parte está constituida por cobre, aluminio, plomo, bronce y hierro. El hierro es el metal que tiene mayor demanda y valor comercial. Todos estos metales, una vez recuperados, se someten a fundición para su moldeado y para la obtención del producto final que se desee. El reciclaje de metales tiene como su fuente más importante la chatarra y los autos abandonados, los cuales se pueden reciclar en las fundidoras. En países desarrollados, se gastan grandes sumas de dinero para mover y reciclar los autos abandonados. En algunos casos, una parte del costo del auto nuevo se destina a pagar los gastos que, eventualmente, representará su último destino. Del mismo modo, el costo de llevar un carro hasta el reductor de tamaño puede rebasar el valor del material reciclado. Entre los problemas que tienen las fundidoras en el reciclaje de autos encontramos que del 20% al 25% del peso de éstos proviene de materiales no metálicos como vidrios, hules, etc., que se deben separar, porque de otro modo constituirán impurezas para eliminar. Esto se resuelve

parcialmente al fragmentar el auto en una máquina especial y separar, por medios magnéticos, todo el material ferroso. Los materiales no ferrosos se pueden recuperar por flotación. En la basura urbana, la fuente más importante de metales son los botes, derivados del consumo de múltiples alimentos y bebidas. El mayor problema en el reciclaje de éstos, es la obtención del metal libre de elementos extraños.

4.2.1 Definición

Son cada uno de los elementos químicos buenos conductores del calor y de la electricidad, con un brillo característico y sólidos a temperatura ordinaria, salvo el mercurio. En sus sales de disolución forman cationes.

4.2.2 Historia

El hombre primitivo conoció y utilizó primero el estaño antes que el hierro, aunque éste último haya tenido después un mayor protagonismo en la historia del progreso industrial. El uso tan temprano del estaño se debió probablemente a que necesita menos calor para fundirse y, por lo tanto, se obtuvo más fácilmente.

El estaño aparece citado en la Biblia. La Edad del Bronce (aleación de cobre y estaño) se sitúa en unos 3,500 años A. C. y fue el prólogo de la Edad del Hierro. A lo largo de la historia, el estaño ha demostrado con creces su magnífico comportamiento ante la contaminación e incluso frente a los elementos ácidos, cualidades que siguen haciendo de él un elemento indispensable para los envases de conservas.

La hojalata es una lámina muy fina de acero recubierta de una capa microscópica de estaño. El acero proporciona resistencia, dureza y maleabilidad mientras que el estaño asegura la inocuidad del conjunto frente a los elementos con que deberá entrar en contacto.

Hoy forma parte de nuestra vida en aspectos muy diversos, pero su invención no es demasiado conocida.

La hojalata aparece por primera vez en la Alemania del siglo XIV y consiste en chapas de hierro superficialmente estañadas. Pese a los inconvenientes de la fabricación manual y a su alto precio, el nuevo producto se convierte pronto en algo muy apreciado. Su elaboración, de hecho, constituía un auténtico secreto industrial. Los ingleses, que exportaban su estaño a Sajonia para luego tener que comprar allí la hojalata, tardaron mucho tiempo en conseguir la fórmula: un espía que recorrió la Sajonia alemana bajo la inocente apariencia de un simple viajero se hizo con ella. A principios del siglo XVIII, Inglaterra introduce la fabricación masiva de la hojalata por medio de la laminación mecánica de la chapa de hierro. Aunque la tecnología ha experimentado avances muy importantes, la laminación sigue realizándose hoy con el mismo principio.

Muy pronto, en el Reino Unido dan paso al envase de hojalata en sustitución de las frágiles y pesadas botellas de vidrio. La expansión paulatina de estos nuevos alimentos pone de manifiesto -aunque sin que se supiera la razón- su eficaz acción ante enfermedades como el escorbuto, que diezma las tripulaciones de los barcos. Más tarde se sabría que esta enfermedad aparece por la carencia de determinadas vitaminas y que las conservas, precisamente, mantienen íntegro el contenido vitamínico y nutricional de los alimentos.

Al inglés Peter Duran se debe la patente del envase de hojalata en 1812, aunque él mismo manifestó que era obra de "cierto extranjero que vive fuera". Aquellos primitivos envases eran, no obstante, bastante distintos de los que hoy todos tenemos en casa. Se recortaba la chapa, se moldeaba a martillazos y se soldaba después, una vez introducido el alimento por un

pequeño orificio. Todo ello a mano y con un ritmo de producción ciertamente lento: una lata por persona y hora cuando en la actualidad se producen más de 1,000 latas por minuto y se envasan unas 600 en la misma fracción de tiempo.

4.2.3 Clasificación

Los metales se pueden clasificar en dos categorías:

- **Metales férreos (hierro y acero).** Los bienes que más contienen metales son: electrodomésticos, gran cantidad de aparatos y equipos industriales, automóviles, tuberías, material de construcción, chatarra industrial, muebles y puertas. Las latas de acero y hojalata se separan magnéticamente (por el recubrimiento de estaño) y se transportan a una estación de desestañado. El estaño que se recupera es de 2.5 a 3 kilos por tonelada de latas. El acero limpio se usa para producir acero nuevo.
- **Metales no férreos.** Además del aluminio, los metales no férreos son: cobre, latón, bronce, plomo, níquel, estaño y cinc.

4.2.4 Ventajas

- Cuantos más envases de acero se recuperen, más cantidad se estará reciclando, porque la chatarra férrea es indispensable para el proceso metalúrgico, tanto para la acería integral como para la acería eléctrica.
- Por cada tonelada de acero usado que reciclamos, ahorramos una tonelada y media de mineral de hierro y unos 500 kilogramos de carbón. Si hablamos de energía, el ahorro es del 70% y en cuanto al agua el consumo se ve reducido en un 40%. El beneficio para el entorno es evidente.
- Otra gran ventaja del reciclaje del metal, es el ilimitado número de veces que se puede reciclar sin que pierda o se reduzcan sus propiedades físicas.

4.2.5 Desventajas

- El mayor impedimento para el reciclaje de latas de acero es el alto costo de su transportación.
- El mayor problema en el reciclaje de botes es la obtención del metal libre de elementos extraños.
- Las aleaciones que existen entre los metales perjudican su reciclaje.

4.3 PLÁSTICO

La mayoría de los plásticos contenidos en la basura son del tipo **termoplástico** y, por otro lado, son materiales combustibles con un alto valor energético. El hecho de que sean termoplásticos nos permite fundirlos nuevamente y reutilizarlos como materia prima que, con un ligero acondicionamiento, puede ser reciclada. Los termoplásticos representan el **80%** del total de los desechos plásticos. El reciclado representa, entonces, una alternativa para ahorrar materiales y energía.

Si el material es combustible se podrá quemarlo, obtener energía para mover turbinas y generar electricidad, o para algún otro equipo industrial que requiera calor en su operación. Esta alternativa tiene la desventaja de que en la combustión de los plásticos se desprenden gases tóxicos que deben ser tratados antes de salir libremente a la atmósfera.

4.3.1 Definición

El término plástico, de manera general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturaleza que **carecen de un punto fijo de ebullición** y poseen, durante un intervalo de temperaturas, propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, de forma específica, denota ciertos tipos de

materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

4.3.1.1 Definición enciclopédica

Materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado.

Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas, polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

4.3.1.2 Etimología

El vocablo plástico deriva del griego **plastikos**, que se traduce como **moldeable**. Los polímeros, es decir, las moléculas básicas de los plásticos, se hallan presentes en estado natural en algunas sustancias vegetales y animales como el caucho, la madera y el cuero, si bien en el ámbito de la tecnología moderna de los materiales tales compuestos no suelen encuadrarse en el grupo de los plásticos, que se reduce preferentemente a preparados sintéticos.

4.3.2 Historia

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collander ofreció una recompensa de 10,000.00 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural, destinado a la

fabricación de bolas de billar. Una de las personas que compitieron fue el inventor norteamericano Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol. Si bien Hyatt no ganó el premio, su producto, patentado con el nombre de celuloide, se utilizó para fabricar diferentes objetos. El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y de su deterioro al exponerlo a la luz.

El celuloide se fabricaba disolviendo celulosa, un hidrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución de alcanfor y etanol. Con él se empezaron a fabricar distintos objetos como mangos de cuchillo, armazones de lentes y película cinematográfica. Sin éste, no hubiera podido iniciarse la industria cinematográfica a fines del siglo XIX. Puede ser ablandado repetidamente y moldeado de nuevo mediante calor, por lo que recibe el calificativo de termoplástico.

En 1909, el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído. Este producto podía moldearse a medida que se formaba y resultaba duro al solidificar. No conducía la electricidad, era resistente al agua y los disolventes, pero fácilmente mecanizable. Se lo bautizó con el nombre de baquelita (o bakelita), el primer plástico totalmente sintético de la historia.

Baekeland nunca supo que, en realidad, lo que había sintetizado era lo que hoy conocemos con el nombre de copolímero. A diferencia de los homopolímeros, que están formados por unidades monoméricas idénticas (por ejemplo, el polietileno), los copolímeros están constituidos, al menos, por dos monómeros diferentes. Otra cosa que Baekeland desconocía

es que el alto grado de entrecruzamiento de la estructura molecular de la baquelita le confiere la propiedad de ser un plástico termoestable, es decir, que puede moldearse apenas concluida su preparación. En otras palabras, una vez que se enfría la baquelita no puede volver a ablandarse. Esto la diferencia de los polímeros termoplásticos, que pueden fundirse y moldearse varias veces, debido a que las cadenas pueden ser lineales o ramificadas pero no presentan entrecruzamiento. Entre los productos desarrollados durante este periodo están los polímeros naturales alterados, como el rayón, fabricado a partir de productos de celulosa.

4.3.2.1 Evolución

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década de los 30's, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP).

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos, botes y hueveras. El poliestireno expandido (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislante térmico.

También en los años 30's se crea la primera fibra artificial, el nylon. Su descubridor fue el químico Wallace Carothers, que trabajaba para la empresa Dupont. Descubrió que dos sustancias químicas como el hexametilendiamina y ácido adípico, formaban polímeros que, bombeados a través de agujeros y estirados, formaban hilos que podían tejerse. Su primer uso fue en la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana. Al nylon le siguieron otras fibras sintéticas como el orlón y el acrilán.

En la década de los 90's, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se ha desarrollado vertiginosamente el uso del tereftalato de polietileno (PET),

4.3.2.1.1 La segunda guerra mundial

Durante la Segunda Guerra Mundial, tanto los aliados como las fuerzas del Eje sufrieron reducciones en sus suministros de materias primas. La industria de los plásticos demostró ser una fuente inagotable de sustitutos aceptables. Alemania, por ejemplo, que perdió sus fuentes naturales de látex, inició un gran programa que llevó al desarrollo de un caucho sintético utilizable. La entrada de Japón en el conflicto mundial cortó los suministros de caucho natural, seda y muchos metales asiáticos a Estados Unidos. La respuesta estadounidense fue la intensificación del desarrollo y la producción de plásticos.

4.3.3 Clasificación

Si bien existen más de cien tipos de plásticos, los más comunes son sólo seis, y se les identifica con un número dentro de un triángulo para facilitar su clasificación al reciclarlos, ya que las diferentes características de éstos exigen generalmente una separación específica.

CUADRO 4.1 CÓDIGOS DE LOS TERMOPLÁSTICOS MÁS USADOS

CÓDIGO	SIGLAS Y NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	USO TÍPICO
1	PET Polietileno Tereftalato	Envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, punto al centro del fondo.	Envases para refresco, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos, medicinas, agroquímicos, etc.
2	PEAD Polietileno de Alta Densidad	Envases opacos, gruesos, de diversos colores, rígidos, con una línea a lo largo y fondo del cuerpo.	Envases para cloro, suavizantes, leche, cubetas, envases alimentos, etc.
3	PVC Cloruro de Polivinilo	Envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo del cuerpo y fondo del envase.	Envases para shampoo, agua purificada, etc. También usado para mangueras, juguetes, tapetes, recubrimiento de cables, tubería y perfiles.
4	PEBD Polietileno de Baja Densidad	De tipo transparente, aunque se puede pigmentar, de diversos calibres.	Principalmente usado para película y bolsas y también para tubería y otros.
5	PP Polipropileno	Plástico opaco, traslúcido o pigmentado, empleado para hacer película o bolsas.	Para hacer película o bolsas, envases, jeringas, cordeles, rafia para costales y sacos, etc.
6	PS Poliestireno	Existen dos versiones: a) El expansible o espumado y b) El cristal.	a) Unicel o nieve seca y b) Fabricación de cajas, envases y vasos transparentes pero rígidos.
FUENTE: Seminario "Acopio y reciclaje de PET"			

4.3.4 Ventajas

- Son seguros, lo que los convierte en materiales adecuados para envases y embalajes.
- Son ligeros, lo que permite ahorros sustanciales de energía en su producción y en el transporte de mercancías envasadas.
- Son versátiles, es decir, hay un plástico para cada aplicación, desde la técnica aeroespacial más sofisticada, pasando por aplicaciones en automoción, ind. eléctrica, etc.
- Son resistentes y duraderos, lo que, lejos de ser un inconveniente, es una gran ventaja para perfiles, tuberías, parachoques o contenedores.

4.3.5 Desventajas

- El viento los esparce por toda la zona circundante en donde se encuentran depositados.
- Crean capas impermeables que impiden la fermentación aerobia de la materia orgánica.
- Su alto poder calorífico obliga a la construcción de hornos de incineración con mejores paredes refractarias.
- Su combustión causa gases tóxicos.
- Su presencia en la composta, que se emplea como fertilizante, incorpora todos los inconvenientes antes mencionados.

4.4 VIDRIO

4.4.1 Definición

- El vidrio es un silicato que funde a 1,200° Centígrados.
- Está constituido esencialmente por **silíce** (procedente principalmente del cuarzo), acompañado de caliza y otros materiales que le dan las diferentes coloraciones.

4.4.2 Historia

Para encontrar los orígenes del vidrio habría que remontarse a los años 3,000 y 2,000 A. de C. Existían en ese tiempo unos cristales que eran coloreados con óxidos de metales. En las tumbas etruscas, por ejemplo, se hallaron muchas piezas de vidrio.

Se sabe que los egipcios fabricaron vidrio hasta el año 1,200 A. de C. Era un material claro, pintado en tonos verdes y azules. Entre los objetos que crearon destacan vasos, amuletos y figuras.

Ya en el siglo IX A. C. existen referencias del empleo del vidrio en Siria y Mesopotamia. Una industria que pronto se expandió a todo el arco mediterráneo. Pero fue en las costas fenicias donde se desarrolló el descubrimiento del vidrio soplado, en el siglo I A. C. Una técnica que corresponde a los periodos helenístico y romano. Por aquel entonces, Egipto se convierte en Alejandría y, acto seguido, en el más importante proveedor de utensilios de vidrio a las cortes reales. **Había nacido el vidrio manufacturado.** El mayor avance en los conocimientos del vidrio y sus posibilidades tiene lugar en Europa en el siglo III. La variedad más extendida era un vidrio transparente. Sin embargo, a la caída del imperio romano, las técnicas artísticas del vidrio se detienen. Hacia el año 1,000 occidente renace con el vidrio que Siria había exportado a la cultura árabe. Indudablemente, el espaldarazo definitivo al empleo del vidrio tendría lugar en Venecia en el siglo XII, en Murano en el siglo XIII, con el arte checo en el siglo XV, Bohemia y Francia. Capítulos de la historia que darían paso a la industrialización del vidrio en el siglo XIX.

4.4.3 Clasificación

Debido a su aplicación, el vidrio se clasifica en **industrial** y **doméstico**.

- **Industrial:** Es el que no se utiliza para envasar productos alimenticios (almacenamiento de productos químicos, biológicos, vidrio plano: ventanas, cristales blindados, fibra óptica, bombillas, etc.).
- **Doméstico:** Es aquel que se emplea para almacenar productos alimenticios; aunque de una manera general, es el vidrio que el ciudadano desecha a la basura.

Para reciclar vidrio primero se debe despojar a los envases de aquellos materiales como papel y plástico, de lo contrario, el vidrio se debilitaría. Luego, los vidrios deben ser clasificados según su color en verde, blanco, extraclaro y opaco, ya que si no se separan, se corre el riesgo

de que, por ejemplo, una pequeña cantidad de vidrio verde pueda cambiar el color de los envases transparentes.

El vidrio posee características que lo hacen muy útil para la fabricación de distintos objetos, por ejemplo: botellas, frascos, termos y vasos. Como cualquier otro material comúnmente usado para envases, el vidrio tiene sus ventajas y desventajas:

4.4.4 Ventajas

- El empleo del vidrio usado reduce considerablemente la energía necesaria para su fabricación. El promedio de ahorro en los hornos de fusión es de 130 Kg. de combustible por tonelada métrica de vidrio reciclado.
- Se disminuye el volumen de los residuos sólidos. Por cada tonelada de botellas recicladas, se reduce 1 tonelada de basura.
- Se reduce la erosión producida en la búsqueda y extracción de materias primas, así como disminuye la dependencia del petróleo. Por cada tonelada de vidrio reciclado, se genera un ahorro de 1.20 toneladas de materias primas TEP: Toneladas equivalentes de petróleo.
- Otra ventaja difícil de cuantificar pero no por ello menos importante es la mejora medioambiental que supone el reciclar envases que son tirados sin ninguna consideración.
- Es inerte al contacto con alimentos y fármacos en general, no se oxida, es impermeable a los gases y necesita menos aditivos para conservar los alimentos envasados. En particular, el vidrio usado para envases no presenta el fenómeno conocido como "migraciones" —de residuos de polimerización y aditivos— hacia el producto, hecho común al envasar en plásticos.
- Es ideal para ser reutilizado pues resiste temperaturas de hasta 150° C, lo que facilita su lavado y esterilización.

- Es 100% reciclable, no perdiéndose material ni propiedades en este proceso y posibilitando un importante ahorro de energía con relación a la producción a partir de la materia prima virgen necesaria para su elaboración. Cada tonelada de vidrio reciclado permite dejar de usar aproximadamente 1.2 toneladas de materia prima virgen.

4.4.5 Desventajas

- Hoy el vidrio es uno de los materiales más costosos dentro de los usados para envases. Es más caro que otros materiales tanto en su proceso de producción, distribución y recuperación.
- Su manipulación acarrea cierta peligrosidad porque se corren riesgos de rotura que pueden generar heridas a distintas personas a lo largo del ciclo de vida del envase. En particular, los funcionarios municipales encargados de la recolección de basura padecen estos accidentes cotidianamente, generando además del problema sanitario un importante incremento en el costo laboral de las intendencias.
- En la fase de distribución éstos generan un alto costo energético de transporte, pues son de los más pesados, demandando una importante fuerza motriz, en general muy contaminante al usar combustibles derivados del petróleo.
- En la medida que los envases de vidrio eran casi todos retornables, no generaban basura a excepción de que se rompieran. Pero si el envase de vidrio es descartable, entonces esto sí es un problema grave desde el punto de vista ambiental y sanitario.

4.5 MATERIA ORGÁNICA

4.5.1 Definición

Se puede definir como todo aquello que alguna vez tuvo vida.

4.5.2 Historia

Las investigaciones acerca del humus comienzan realmente en la segunda mitad del siglo XVIII, y ya en 1761 aparece un libro de Walerius como el primer manual de química agronómica. A finales del siglo XIX se analiza la posibilidad de la asimilación directa por el vegetal de las sustancias húmicas y la participación de éstas en la nutrición de las plantas. Thaer (1809) tomó esta idea y Grando (1872-73) también la compartía pero con una interpretación distinta.

Los descubrimientos de Pasteur fueron muy importantes para el desarrollo de la microbiología. De este modo, ya en el último cuarto del siglo pasado, se estableció que la formación del humus representa un ciclo biológico que se debe a la actividad de los seres vivos, tanto microorganismos como representantes del mundo animal.

En los últimos años se desarrolla intensamente el apartado referente a la participación de las sustancias orgánicas del suelo en los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta. Se ha establecido la posibilidad de ingreso de sustancias húmicas y de algunos compuestos orgánicos de naturaleza individual en la planta, donde se incorporan a los procesos de respiración y metabolismo, elevando el "tonus vital" del organismo vegetal. Esto último contribuye a intensificar el consumo de elementos nutritivos del suelo de los fertilizantes aportados y, en definitiva, asegura un mejor desarrollo de la planta. De este modo, creando con ayuda de la materia orgánica un fondo biológicamente activo, el hombre tiene la posibilidad de intervenir en el metabolismo de la planta, teniendo como fin la elevación de la productividad.

4.5.3 Clasificación

Los desechos orgánicos en general pueden clasificarse en:

- **Desechos orgánicos rápidamente putrescibles:** Como desechos orgánicos frescos provenientes de alimentos, hierbas, cáscaras de frutas, etc.
- **Desechos orgánicos lentamente putrescibles:** Como hojas de ramas y árboles, paja, aserrín, etc.
- **Desechos orgánicos difícilmente putrescibles:** Como piezas de madera, ropas elaboradas con fibras naturales, cuero, cuernos, huesos, etc.
- **Desechos orgánicos peligrosos:** Básicamente desechos provenientes de hospitales.

4.5.4 Ventajas

- **Mejora las propiedades físicas del suelo:** La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.
- **Mejora las propiedades químicas:** La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación.
- **Mejora la actividad biológica del suelo:** La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo.

4.5.5 Desventajas

Entre las desventajas que se le atribuyen al compost están:

- **Las de tipo económico:** A la hora de plantearse un compostaje hay que tener en cuenta que este proceso supone una cierta inversión, ya que se necesitan una serie de equipos y a veces unas mínimas instalaciones, si bien es cierto que la mayoría de las operaciones del proceso se pueden realizar con maquinaria existente en cualquier granja.
- **Las de disponibilidad de terreno:** No hay que olvidar que dentro del proceso de compostaje hay que prever un terreno para almacenar los materiales de partida, otro para mantener los compost durante la fase de maduración y otro para almacenar los productos ya terminados, además del espacio dedicado al compostaje propiamente dicho.
- **Las de tipo climatológico:** Si el clima es muy frío, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas, e incluso, a veces, se para, debido a la imposibilidad de hacer funcionar los equipos adecuadamente a causa de las heladas y nevadas. Las lluvias excesivas también pueden dar lugar a problemas de encharcamientos y anaerobiosis si no hay un buen drenaje y una inclinación adecuada del terreno.
- **Las de tipo medioambiental:** Estas desventajas se pueden evitar con una buena práctica a la hora de realizar el proceso y con una buena elección del terreno donde se van a almacenar, tanto los materiales iniciales como los compost en fase de maduración, ya que es en este periodo donde hay más peligro que las pérdidas de nitrógeno, en forma de nitratos, contaminen las aguas subterráneas.
- **Las de valor fertilizante:** En general los compost tienen fama de que su contenido en nitrógeno es muy bajo, pero eso es sólo cierto si a lo largo del proceso ha habido pérdidas debido a una mala práctica. Por otra parte, las cantidades que hay que aplicar de compost son superiores a las que habría que aplicar cuando se usan fertilizantes químicos de síntesis, debido a que en un compost los nutrientes se encuentran en formas muy complejas y necesitan sufrir en el suelo un proceso de mineralización para ser asimilados por las plantas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la aportación en sucesivas cosechas será menor debido al efecto residual a que da lugar la más lenta liberación de nutrientes.

CAPÍTULO 5

LOS CENTROS DE

ACOPIO O DE

RECICLAMIENTO

LOS CENTROS DE ACOPIO O DE RECICLAMIENTO

Un proyecto de reciclamiento tiene sentido más allá del obvio servicio comunitario que consiste en aceptar los materiales seleccionados de las personas y devolverlos al sistema económico. Dicho proyecto, si se realiza en forma adecuada, también es una clara demostración de cómo nos podemos hacer responsables de nuestro impacto físico sobre el planeta.

Tanto la persona que selecciona en su casa el vidrio usado y el periódico como la que decide organizar un pequeño centro de reciclamiento, están aprendiendo un principio muy simple, pero muy sabio: *“no puedes tirar nada lejos porque no hay ningún lugar lejos”*. Empezar un proyecto de reciclamiento es un compromiso muy serio tanto frente a la comunidad como en el medio, así que hay que hacerlo bien.

Cuando decidas empezar un proyecto de recolección de desperdicios reutilizables, lo primero que deberás pensar es si éste proyecto será un servicio, en primera instancia, o un medio de ganar dinero, en segunda; o a la inversa. El reciclamiento puede ser un medio difícil de ganar dinero si no se invierte mucha energía. El centro de recolección se puede convertir en una empresa a gran escala que requiera equipo pesado, bodegas y camiones.

No empieces solo y no dudes en solicitar apoyo económico, donaciones de tiempo, trabajo voluntario, equipo y lugares para hacer publicidad. Acepta lo que el proyecto significa: una importante empresa que tiene éxito gracias a la gente que desea ver más allá de los botes de basura para un futuro más habitable.

Muchos centros de reciclamiento empiezan como proyectos de cooperativas con trabajo voluntario; otros como un proyecto sin fines de lucro y algunos más como un negocio. Cada

forma tiene sus ventajas y sus desventajas. Tú tendrás que definir lo que más convenga al grupo con el que trabajes y a la comunidad.

Define un periodo, tres meses o un año, durante el cual vayas a hacer funcionar tu centro de reciclamiento. Los primeros meses siempre son los más difíciles; necesitarás tiempo y experiencia para resolver en forma positiva las dificultades.

La experiencia de muchos de los grupos que han tenido éxito recomiendan que es mejor comenzar con la recolección de un solo producto; por ejemplo, vidrio, papel y cartón o plástico. Luego, cuando sea posible, continuar con dos o más productos. El periódico es el que genera más dinero desde el principio.

Un depósito que recolecta diversos productos genera menos dinero con relación a la cantidad de trabajo que se requiere, pero si el proyecto incluye todos los productos reciclables, ofrece un mejor servicio; también, atrae más gente que si se trabaja con un solo producto, porque la gente prefiere llevar todo a un solo lugar y al mismo tiempo.

Si visitas los lugares que ya existen, tendrás más ideas para decidir la clase de proyecto que desees emprender. Para decidir el tipo de material que desees recolectar, puedes investigar el mercado y los precios, si lo que quieres es obtener dinero. También puedes donar o llegar a un arreglo de porcentajes con otro depósito que ya tenga establecida la venta de los materiales. Algunas compañías, tal vez las del papel, te podrán proporcionar los contenedores y/o el transporte de los materiales.

Antes de tomar alguna decisión, verifica con la empresa el horario en el que acepta los materiales, el mínimo y el máximo de éstos y cualquier requerimiento específico. Coméntales tu proyecto. Busca los más cercanos para evitar altos costos por concepto de transporte.

5.1 LOS CENTROS DE ACOPIO

5.1.1 Definición

Es el lugar donde se juntan, limpios y clasificados, los residuos inorgánicos como: papel, cartón, metal, plástico, vidrio y otros productos no biodegradables. También se le llama **centro de reaprovechamiento** porque es el eslabón entre las industrias que reutilizan o reciclan los residuos o subproductos de la basura y la sociedad que los produce. Los centros de acopio son claves en el programa de uso productivo de la basura domiciliaria, y deben ser administrados por la propia comunidad que los organiza, puesto que sólo funcionarán a partir de que ésta deposite en ellos la basura clasificada.

5.1.2 Historia

Desde la antigüedad, la existencia de los residuos sólidos no orgánicos resultantes de un proceso de consumo doméstico, llevaba a las personas –y en particular a las mujeres- a una reutilización de los mismos. Es así como los frascos se reutilizaban para las conservas; las botellas en objetos artesanales (lámparas, vasos); la ropa usada se transformaba en trapos y hasta en colchas (EUA) o en objetos decorativos (Chile); las latas y recipientes de plástico en objetos útiles para los centros educativos y en objetos artesanales al igual que el papel (papier maché). Sin embargo, la civilización actual ha arribado a una cultura del consumo basada en el lema *“úselo y tírelo”*, con ausencia de responsabilidad sobre el uso y destino de los residuos y con, cada vez mayor, desinterés por la posibilidad de reutilizarlos. Simultáneamente, en el mercado existen cada día nuevos productos –de moda- para suplir cualquier utilidad que eventualmente se desearía dar a un objeto usado. Junto con el lema anterior que significa que

usted lo compra, lo usa y lo tira, se generaliza el hecho de que otras personas se hacen cargo de eliminar los desperdicios de su vista sin que usted se moleste.

Existe el otro lema: *“no trabaje, nosotros lo hacemos por usted”*; es decir, no pretenda reutilizar, mejor consuma (compre) lo que le ofrecemos. Por éstas y otras razones, las prácticas de reutilización se están perdiendo y eso es una de las causas principales de la creciente generación de residuos sólidos. No obstante, en nuestra cultura se conserva la costumbre de reconocerle una utilidad a diversos productos que, cuando no pueden usarse por la persona que los está desechando, se decide regalarlos, subcomercializarlos directamente mediante “ventas de garage”, o bien se entregan a otras que sí los aprovecharán y que han desarrollado pequeños negocios –en su mayoría también insertos en la economía informal- que funcionan como centros de reciclamiento.

5.1.3 Clasificación

La clasificación de los centros de acopio se basa en la experiencia de los que surgieron en la década anterior en nuestro país, la cual se muestra a continuación:

5.1.3.1 Según su origen

- a) Centros de acopio que surgen desde una institución pública municipal, estatal o federal.
- b) Centros de acopio que surgen por iniciativa de alguna asociación civil o grupo ecologista, pero que trabajan en estrecha relación con la autoridad municipal.
- c) Proyectos que surgen por iniciativa de alguna asociación civil u organización social y que no han establecido una coordinación con la autoridad municipal.
- d) Proyectos que surgen desde una institución educativa y encuentran fácil vinculación con las empresas, manteniendo relativa autonomía de las autoridades.

- e) Proyectos que surgen por iniciativa de alguna asociación y que tienen establecidos convenios con otras asociaciones o empresas.

5.1.3.2 Según el lugar donde se han instalado

- a) En escuelas públicas.
- b) Escuelas privadas de educación básica o educación superior.
- c) Vías públicas.
- d) Unidades habitacionales.
- e) Colonias residenciales.
- f) Colonias marginadas.
- g) Centro de acopio móvil.

5.1.3.3 Según quien lo opera

- a) Personal pagado por el ayuntamiento.
- b) Personal pagado por particulares.
- c) Personal de las escuelas en combinación con personal del ayuntamiento.
- d) Voluntarios.

5.1.3.4 Por su infraestructura

- a) Instalaciones construidas exclusivamente para el centro de acopio.
- b) Instalaciones adaptadas para operar como centros de acopio.
- c) Con contenedores que funcionan como centros de acopio.
- d) Infraestructura móvil (tambos clasificadores sobre un camión de volteo o de 3 ton.)
- e) Que cuentan con bodega destinada al proyecto.

5.1.3.5 Por el transporte que utilizan

- a) Del ayuntamiento.
- b) De las empresas compradoras (Industrias finales)
- c) Particulares.

5.1.4 Ventajas

5.1.4.1 En lo social

- La creación de fuentes de trabajo en los centros de acopio de inorgánicos y en las plantas de tratamiento de los orgánicos.
- Mejoramiento de las condiciones de vida de los pepenadores.
- Mejoramiento de la imagen de la ciudad como consecuencia de la concientización ecológica.
- Disminución del consumismo en la población.
- Generación de un incentivo a la economía doméstica, principalmente a los estratos de bajos recursos.
- Creación de una conciencia ecológica en la población.

5.1.4.2 En lo económico

- Eliminación de la economía subterránea, que se sostiene con base en la venta de subproductos de la basura.
- Creación de una industria sana, a partir de varias plantas de composta, alimento para animales y otras.
- Disminución en los costos de limpieza, recolección y disposición final del municipio.

- Ahorro de divisas por importaciones de materia prima para la fabricación de plásticos, aluminio y otros.
- Ahorro de energía para la fabricación de nuevos productos con los materiales recuperados.

5.1.4.3 En lo ecológico

- Eliminación de las posibilidades de contaminación en los acuíferos subterráneos.
- Preservación de los recursos naturales.
- Al manejar la basura en forma adecuada, se evitarán enfermedades infecciosas, respiratorias e intestinales, la proliferación de fauna nociva y la contaminación ambiental.

5.1.5 Desventajas

- El éxito de los centros de reciclaje depende, en gran medida, del interés de la comunidad, por ello, varios tienen una vida corta.
- La recuperación inadecuada de materiales con frecuencia entorpece las operaciones de tratamiento, retrasa la recolección, hace inoperantes las instalaciones y puede ser una fuente de peligro para las personas involucradas.
- En una sociedad desarrollada existen pocos incentivos para conservar las fuentes de materiales primarios – éstos se asumen siempre como inextinguibles – o para hacer un esfuerzo serio por recuperar materiales desechados de la basura.
- Dado que el circuito de los subproductos reciclables está vinculado principalmente a las actividades de la “economía informal”, no existen criterios para definir los precios, sino sólo un mercado muy restringido y monopolizado, por lo cual, existe un caos en los precios de los subproductos.

5.2 PLAN DE UTILIZACIÓN PRODUCTIVA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS

Este plan consta de cuatro acciones principales:

1. Clasificación y separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos desde su origen (en los domicilios)
2. Traslado de los inorgánicos desde las viviendas a los centros de acopio, los cuales deberán instalarse en sitios de fácil acceso a la ciudadanía; éstos centros serán el eslabón de las industrias que requieren materia prima con la sociedad que los produce.
3. Recolección y traslado de los orgánicos a diversas plantas de producción de composta, fertilizante y alimento de animales.
4. Transportación de los subproductos desde el centro de acopio hasta las industrias que los requieran.

Indudablemente, la puesta en marcha de un plan como éste implica romper con muchos intereses creados y con derechos adquiridos por la costumbre actual del manejo de los residuos.

El aterrizaje de las ideas para la puesta en marcha del plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios exige, desde su primera etapa, la participación de las autoridades y de la ciudadanía, para que conforme el plan sea aceptado por la población, tenga también una mayor cobertura o avance en las etapas que se plantean. La coordinación gobierno-ciudadanía es indispensable, puesto que el plan pretende la integración completa del gremio de pepenadores al ciclo de recuperación de los subproductos y la fabricación de composta bajo la vigilancia de las autoridades.

De ninguna manera se propone reubicar los tiraderos, sitios de disposición final, o rellenos sanitarios en lugares más alejados de la ciudad como se ha hecho siempre conforme ésta crece. Con dicha alternativa el problema de los residuos sólidos se agravaría aún más puesto que el transporte sería más costoso, los sitios seleccionados para el vertido de basura se contaminarían de la misma manera que los anteriores, el despilfarro de recursos sería mayor y los pepenadores trasladados a esos lugares, seguirían viviendo en las mismas condiciones precarias que hasta ahora.

La participación ciudadana es necesaria para la correcta separación de los residuos desde su origen, con el objeto de que los subproductos sean entregados a los centros de acopio limpios y clasificados. Asimismo, la participación de las autoridades para la recolección y transportación de la basura orgánica hasta su destino final, ya sea a las plantas de composta o a los rellenos sanitarios, durante las primeras fases de adecuación y estabilización del plan, y con el objeto de disponer del tiempo para la promoción, localización, construcción y equipamiento de las plantas de fabricación de composta en la periferia de la ciudad.

5.2.1 Etapas de implantación

Antes de iniciar formalmente la implantación del plan, se deberá realizar una prueba piloto en conjuntos habitacionales de diferentes estratos económicos, para seguir su comportamiento, evaluarla y modificarla en su caso.

Después de tres meses, se tendrán las conclusiones y adecuaciones que se requieren para iniciar el plan.

5.2.1.1 Primera etapa

La introducción del plan, para la utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios deberá iniciarse en conjuntos habitacionales, comunidades organizadas o grupos de edificios que cuenten con 500 viviendas como mínimo, y que por su necesaria organización vecinal pueden, de manera independiente, recolectar su basura inorgánica limpia y clasificada, y manejar su propio centro de acopio.

5.2.1.1.1 Difusión y comunicación del plan

En virtud de que la recuperación de subproductos domésticos en conjuntos habitacionales no tiene antecedentes, es necesario tomar previsiones en lo relativo a difusión y comunicación, aunque para la prueba piloto y la primera etapa no es necesario utilizar los medios de comunicación masiva.

La publicidad es muy importante para tu centro de recolección porque las personas que van a utilizarlo necesitarán saber cómo preparar los materiales adecuadamente. Ellos deben saber qué materiales se pueden seleccionar, de qué manera, a qué hora está abierto el servicio y dónde está localizado el depósito.

Los objetivos del plan deben ser conocidos por los participantes. En consecuencia es necesario:

1. Imprimir un folleto o historieta explicativa destinado a las amas de casa, en donde se explique detalladamente la mecánica de separación, limpieza, almacenamiento y entrega de cada uno de los subproductos que pueden ser aceptados; así como explicar qué hacer con los orgánicos. Esta información deberá repartirse 15 días antes de iniciar el plan y 15 días después.

2. Imprimir un cartel con la información básica, que será colocado en la cocina de cada vivienda, para recordar, permanentemente, las acciones de separación y los objetivos del plan.
3. Antes de iniciar la puesta en práctica del plan, deberán realizarse reuniones con grupos, que no sean numerosos, de los vecinos involucrados en el plan, para explicarles detalladamente en qué consiste su participación y los objetivos que persigue la recuperación de subproductos y materia orgánica proveniente de la basura.
4. Se deberán hacer dos reuniones de información y sensibilización en las que se capacitará, teórica y prácticamente, al personal que estará encargado de la recolección y operación del centro de acopio, así como al personal administrativo.
5. Durante las primeras tres semanas cuando el plan esté funcionando, se harán visitas del personal capacitado a los participantes para resolver dudas.

5.2.1.1.2 Comercialización

El esfuerzo de los participantes para separar y clasificar sus residuos sólidos, debe ser respaldado con los resultados obtenidos por la administración y operación del centro de acopio, por consiguiente, hay que tomar en consideración que:

- La calidad de los subproductos es muy importante para conservar a los clientes y para obtener buenos precios; dicha calidad sólo se logra revisando constantemente el estado de los productos recibidos y procesados en el centro de acopio, con los inorgánicos, y en la planta de composteo con los orgánicos.
- Las negociaciones de venta de los subproductos deben ser realizadas directamente por el administrador del centro de acopio, con la participación y supervisión de los vecinos interesados.
- Los cobros a las industrias deberán realizarse con prontitud para aumentar la liquidez económica del centro de aprovechamiento; para ello, deberán celebrarse convenios con los industriales.

5.2.1.1.3 Bases legales de operación

Debido a las implicaciones fiscales que presenta una operación de compra-venta, es necesario garantizar que el plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios respete a la normatividad administrativa, fiscal y legal existente. Una de las condiciones básicas para el funcionamiento del plan, es la de efectuar las operaciones de compra-venta entre particulares y para ello es necesario que la forma de organización de los participantes, esté facultada de acuerdo a su acta constitutiva ante notario público para la realización de actos de tipo comercial. Esto significa que las administraciones de los centros de acopio deberán expedir **factura** a las industrias compradoras, para documentar la venta de los subproductos.

5.2.1.1.4 Manual de operación

Con el objeto de clarificar las operaciones del centro de acopio, éste contará con un manual de operaciones que será una guía para los administradores y podrá ser modificado conforme lo indiquen las primeras semanas de funcionamiento.

5.2.1.2 Segunda etapa

Con las modificaciones y experiencia que durante la implantación de la primera etapa se haya dado, se iniciará la segunda, en comunidades organizadas y edificios multifamiliares de todos los estratos socioeconómicos.

La comunicación del plan, independientemente de los folletos, carteles y reuniones que se deberán tener con los vecinos, incluirá la difusión del sistema por todos los medios masivos de comunicación.

Respecto al manejo de los residuos, la operación del centro de acopio, la comercialización y las bases legales de operación, continuarán de la misma manera, desde la primera etapa hasta la última.

5.2.1.3 Tercera etapa

Enfocada a estratos socioeconómicos alto y medio alto. A través de los comités de manzana de las delegaciones políticas se lanzarán convocatorias para la instalación del centro de acopio por zonas donde, rescatando la tradición del "ropavejero" (ser urbano casi desaparecido), se recolecte la basura limpia y clasificada para comercializarla.

El municipio puede establecer un centro de acopio cerca de los lugares de reunión de la comunidad, como mercados, plazas y parques públicos.

Es necesaria la concurrencia de los comerciantes de grandes almacenes para el establecimiento de múltiples centros de acopio.

Para las etapas siguientes, dirigidas a los estratos medio bajo y bajo, se deberán seguir los mismos procedimientos que para las anteriores, con las modificaciones producto de la experiencia y manejo de los residuos en estratos similares.

5.3 DIMENSIONES DE LOS CENTROS DE ACOPIO

Como ya se explicó anteriormente, los centros de acopio son los sitios donde se almacenan, limpios y clasificados, los residuos sólidos inorgánicos que las empresas demandan para utilizarlos como materia prima en la fabricación de nuevos productos. La localización del centro de acopio en la primera etapa del plan de utilización productiva de los residuos sólidos

domiciliarios deberá ser dentro o en un lugar muy próximo a las unidades habitacionales que participan en dicho plan.

Lo ideal en etapas posteriores sería ubicar varios centros de éste tipo conforme a ciertas rutas diseñadas para aumentar la eficiencia de los vehículos recolectores de la industria, ya que la generación de subproductos, está íntimamente relacionada con la serie de actividades de una ciudad; la recuperación debe organizarse en forma de una red de aprovechamiento.

A nivel general, lo más recomendable para el transporte de los subproductos del centro de acopio a las industrias, es negociar con éstas para que envíen sus propios vehículos a recolectar los residuos, mismos que serían cargados por el personal del centro de acopio.

En etapas más avanzadas, lo más conveniente para pequeñas zonas habitacionales será tener un centro de acopio general, o sea, una especie de gran bodega que agrupe varios centros de menor tamaño.

5.3.1 Volumen de los subproductos

Para tener una idea más clara de la capacidad que deben tener los centros de acopio o aprovechamiento y las superficies necesarias para su instalación, se requiere saber qué volúmenes ocupan los subproductos de la basura. (Cuadro 5.1)

CUADRO 5.1 VOLÚMEN DE LOS SUBPRODUCTOS		
SUBPRODUCTO	DENSIDAD EN (KG/M ³)	
	VIVIENDA	CENTRO DE ACOPIO
Vidrio	459	1,000
Botella plástico	10	150
Botes lámina	300	1,500
Cartón	250	250
Papel	400	400
Bolsa plástico	100	100
Densidad promedio	260 kg/m³	550 kg/m³
FUENTE: La basura es la solución. Armando Deffis Caso. Árbol editorial.		

Es muy fácil reducir el volumen de los envases de vidrio, plástico y hojalata, rompiéndolos y comprimiéndolos, no así el cartón, papel y las bolsas de plástico; por tanto, la densidad de los tres primeros es mucho mayor en las viviendas en su condición natural. Conociendo la densidad de los subproductos, el siguiente paso es saber en qué cantidad de peso y volumen participan cada uno de éstos. (Cuadro 5.2)

CUADRO 5.2 PORCENTAJE DE PESO Y VOLUMEN DE LOS SUBPRODUCTOS			
SUBPRODUCTO	% DE PESO	% DE VOLÚMEN	
		VIVIENDA	CENTRO DE ACOPIO
Vidrio	30	17	10
Botella plástico	15	35	28
Botes lámina	5	3	1
Cartón	10	9	12
Papel	35	20	26
Bolsa plástico	5	16	23
TOTAL	100 %	100 %	100 %
FUENTE: La basura es la solución. Armando Deffis Caso. Árbol editorial.			

5.3.2 Equipamiento

El equipamiento de los centros de acopio se seleccionó considerando una operación manual de los procesos de reducción de volumen de los envases de vidrio, plástico y hojalata con el objeto de reducir los costos de almacenamiento. La operación del centro se puede realizar con los siguientes elementos:

- Equipo para pesar: báscula de piso de 500 kg y de mesa de 10 kg.
- Mobiliario de oficina: escritorio, sillón y sillas.
- Material de apoyo: escobas, recogedores y carretes de lazo.
- Material de oficina: dotación de papelería.

La cantidad de material y equipo son proporcionales al tamaño de los centros de acopio, de acuerdo a la expectativa de generación factible.

5.3.3 Personal

Las necesidades de personal se derivan igualmente de la cantidad de viviendas involucradas en el plan y de los tiempos requeridos para manejar los subproductos desde la recolección y el transporte a los centros de acopio, hasta la carga de los mismos en los vehículos que los trasladarán a las industrias. Se ha considerado que en todos los casos, deberá haber un administrador, responsable del centro. Sobre todo si se toma en cuenta que el mínimo de participación para que los costos de recolección, manejo, operación y administración sean rentables, es de 250 viviendas.

5.3.4 Forma de almacenaje

Se deben instalar tres tipos de almacén. En el primero se dispondrá de anaqueles para colocar botellas de vidrio completas que tienen así un mayor precio de venta, y en último, se acomodarán los materiales de plástico y hojalata en cajas de madera; colocándolas una sobre la otra hasta completar columnas de 2 m de alto.

5.3.4.1 Almacén de botellas de vidrio completas

En anaqueles modulares o bien con entrepaños de 45 cm de ancho por 2 m de altura, en la cantidad que se estime necesaria, conforme al número de viviendas, puesto que éste producto tiene mayor demanda.

5.3.4.2 Almacén de vidrio quebrado en recipientes

Se deben recolectar en tambos de 100 litros para mayor facilidad de manejo y separarlo por sus tres colores: verde, ámbar y blanco.

5.3.4.3 Almacén de botella de plástico y hojalata

Se colocarán en cajas similares a las de verduras o jitomates y se estibarán una sobre la otra, hasta alcanzar una altura de 2 m.

5.3.5 Recolección y traslado de los subproductos al centro de acopio

- Los subproductos de envases de vidrio, plástico y hojalata se almacenan por separado desde el domicilio, y se colocan mezclados en bolsas de plástico.
- Los subproductos laminados como cartón, papel y plástico película se almacenarán empacados, por separado y amarrados.
- Se deberán establecer uno o varios días fijos de la semana para que las familias depositen los paquetes de subproductos en el exterior de sus domicilios, donde acudirá el personal contratado para recolectarlos y llevarlos al centro de acopio en carretillas o diablos.
- En lo que respecta al procesamiento de los subproductos, los materiales de tipo laminado serán agrupados según su clasificación y empacados con fleje para facilitar su manejo.
- Por su parte, los subproductos de tipo envase, serán recibidos, lavados cuando sea necesario y clasificados para mandar a cortar el vidrio y la hojalata a un proceso de aplastado de golpe.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante mucho tiempo, los residuos sólidos han sido considerados como un problema difícil de erradicar pero, si se analiza la situación que guardan estos materiales con respecto a su capacidad para ser reutilizados en procesos similares o diferentes a los que originalmente fueron creados, lo más seguro es que cambie nuestra perspectiva respecto a la importancia de estos en el ciclo ecológico, es decir, existen formas de darles muy buen uso a prácticamente todos los productos de desecho.

Es cuestión de hacer un profundo análisis sobre la oferta y demanda de cada residuo sólido en particular, así como realizar labor de convencimiento en cada uno de los habitantes que poblamos este planeta. Una recomendación muy útil al momento de difundir la importancia del reciclamiento en cualquier comunidad es comenzando con las futuras generaciones, o sea, enseñar a los niños y niñas en edad escolar dicho tema, que incluso debería formar parte de sus programas de enseñanza.

Cabe señalar que existen otros métodos para el tratamiento de los residuos sólidos, los cuales se aplican dependiendo la problemática existente, así como la capacidad para adquirir tecnología, pero lo importante de todo esto es que el mayor éxito que se puede obtener no es contando con sistemas automatizados de primer mundo para tratar los desechos, sino cambiando nuestra forma de pensar, aceptando que estamos afectándonos a nosotros mismos y a nuestras futuras generaciones.

Si no actuamos ahora, lo lamentaremos quizás demasiado tarde. Vale la pena actuar desde este momento para evitar futuras lamentaciones porque aún estamos a tiempo de arreglar todo el desorden que hemos provocado debido a nuestra ignorancia.

BIBLIOGRAFÍA

LA BASURA ES LA SOLUCIÓN.

Armando Deffis Caso.

Árbol editorial.

Cuarta reimpresión, 1994.

La basura. MANUAL PARA EL RECICLAMIENTO URBANO.

Margarita Aguilar Rivero, Héctor Salas Vidal.

Editorial trillas.

Sexta reimpresión, octubre 1999.

Manual para determinar la factibilidad de reducción y reuso de residuos sólidos municipales. SEDESOL. Secretaría de desarrollo social.

Manual técnico-administrativo para el servicio de limpia municipal.

SEDESOL. Secretaría de desarrollo social.

2001.

Procesamiento de la basura urbana.

Rodolfo Trejo Vázquez.

Editorial trillas.

Tercera reimpresión, octubre 1999.

Reciclamiento de BASURA. Una opción ambiental comunitaria.

Margot Aguilar Rivero.

Editorial trillas.

Primera edición, febrero 1999.

Seminario “acopio y reciclaje de PET”

APREPET. Asociación para promover el reciclado del PET, A. C.

CIBERGRAFÍA:

http://www.agrilogica.com/tecnicas/compost_antiguo.htm#beneficios

http://www.basf.es/basfespas/es/negocios_productos/plasticos.htm

<http://www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>

<http://www.ctv.es/USERS/reciclayjuega/pasta/elpapel.htm>

http://www.eco-sitio.com.ar/reciclaje_en_general.htm

www.erres.org.uy/vidrios.htm

www.geocities.com/juancarlosruiz2000/reportajevidrio.html

<http://www.iespana.es/natureduca/>

http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica13.asp

www.internatura.uji.es/estudios/reciclar/r_vidrio.html

<http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos5/recicla/recicla.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos10/recic/recic.shtml>

<http://recicla.netfirms.com/>

<http://html.rincondelvago.com/reciclaje-de-materiales.html>

<http://www.udabol.edu.bo/biblioteca/mfq/quimica/quimica/trabajos/trabajos1/83/losmetales.do>

C

SNTE *Sindicato
Nacional de
Trabajadores de la
Educación*

UNIDAD ORGULLO COMPROMISO

"POR LA EDUCACIÓN AL SERVICIO DEL PUEBLO"

