

248925

41



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS  
MUNICIPALES Y LA POSIBILIDAD DE  
REUTILIZACION EN LA ZONA METROPO-  
LITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A

FERNANDO ESPINDOLA GUTIERREZ



Director de Tesis: Dr. Jacobo Gómez Lara

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

M. en C. Virginia Abrin Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "ESTUDIO DE LOS RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES Y LA POSIBILIDAD DE REUTILIZACION EN LA ZONA METROPOLITANA  
DE LA CIUDAD DE MEXICO".

realizado por Espíndola Gutiérrez Fernando

con número de cuenta 8238288-1 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis	
Propietario	Dr. Jacobo Gómez Lara.
Propietario	Dr. Noe Rosas Espinoza.
Propietario	M. en C. Agustín de Jesús Quiroz Flores.
Suplente	Biól. Pedro Eloy Mendoza Hernández.
Suplente	Dr. Armando Cabrera Ortíz.

Clase Departamental de Biología

COORDINACION GENERAL  
DE BIOLOGIA



## AGRADECIMIENTOS

---

"A mis padres, por mi existencia, por brindarme su cariño y apoyo, y por guiarme a través de mi formación profesional".

"Al Dr. Jacobo Gómez Lara, por su gran apoyo y por la confianza que me brindo en el desarrollo de este trabajo.

Así también por haberme facilitado el acceso a las instalaciones del laboratorio 2-3 del Química Inorgánica del Instituto de Química, lugar en donde se llevo a cabo esta tesis".

"Mis agradecimientos al Dr. Noe Rosas E., al M.en C. Agustín de Jesús Quiroz F., al Biól. Pedro Eloy Mendoza H. y al Dr. Armando Cabrera O. por su participación y por la revisión para este trabajo".

---

## INDICE

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCION.....	2
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1. EPOCA PREHISPANICA.....	6
2.2. EPOCA COLONIAL.....	6
2.3. EPOCA ACTUAL.....	7
2.4. PROBLEMÁTICA Y REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.....	8
2.5. SITIOS DE CONFINAMIENTO.....	9
3. OBJETIVOS.....	10
4. METODOLOGIA.....	10
RESULTADOS.....	12
5. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM).....	13
5.1. DEFINICION.....	13
5.2. CLASIFICACION.....	14
5.3. CICLO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.....	16
5.4. GENERACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES .....	18
5.5. COMPOSICION.....	23
6. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	26
6.1. ALMACENAMIENTO.....	26
6.1.2. ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO.....	26
6.1.3. ALMACENAMIENTO PUBLICO.....	26
6.1.4. CONSIDERACIONES DE SALUD PUBLICA.....	27
6.2. PROCESADO EN EL LUGAR DE ORIGEN.....	27
6.3. RECOLECCION.....	27
6.4. TRANSPORTE.....	28

<b>7. METODOS DE TRATAMIENTO Y PROCESADO.....</b>	<b>30</b>
7.1. RECUPERACION DE MATERIALES (RECICLAJE).....	31
7.2. ESTABILIZACION ORGANICA: ELABORACION DE COMPOSTA.....	37
7.2.1. PROPIEDADES DE LA COMPOSTA.....	38
7.2.2. FABRICACION DE LA COMPOSTA.....	38
7.2.3. COMPOSTEO POR FERMENTACION LENTA.....	39
7.2.4. COMPOSTEO POR FERMENTACION ACELERADA.....	39
7.2.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA COMPOSTA.....	39
7.3. RECUPERACION DE ENERGIA.....	40
7.3.1. INCINERACION.....	40
7.3.1.1. INCINERACION SIN RECUPERACION DE CALOR.....	41
7.3.1.2. INCINERACION CON RECUPERACION DE CALOR.....	41
7.3.2. PIROLISIS.....	45
7.4. ALMACENAMIENTO PROLONGADO (DISPOSICION FINAL).....	47
7.4.1. TRANSFERENCIA.....	47
7.4.1.1. EQUIPO DE TRANSFERENCIA.....	47
7.4.2. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.....	49
7.4.2.1. TIPOS DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.....	49
7.4.2.2. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.....	50
7.4.3. RELLENOS SANITARIOS.....	52
<b>8. CLASIFICACION POR ENFOQUES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.....</b>	<b>57</b>
8.1. AMBITO ECOLOGICO.....	57
8.2. AMBITO SOCIAL.....	60
8.2.1. LOS PEPENADORES COMO UN GRUPO SOCIAL.....	61
8.3. AMBITO CULTURAL.....	62
8.4. AMBITO ECONOMICO.....	66
8.5. AMBITO TECNOLOGICO.....	71
8.5.1. RECICLAJE.....	71
8.5.2. INCINERACION.....	77
8.5.3. COMPOSTAJE.....	77
8.5.4. RELLENO SANITARIO.....	78
8.5.5. NUEVAS PATENTE INVOLUCRADAS EN EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.....	79
8.6. AMBITO POLITICO.....	94
8.6.1. LEY ORGANICA DE D.D.F.....	97

<b>9. RESIDUOS PELIGROSOS.....</b>	<b>98</b>
<b>9.1. CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.....</b>	<b>100</b>
<b>10. POSIBILIDADES DE REUTILIZACION DE LOS RSM.....</b>	<b>103</b>
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>12. PROPUESTAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.....</b>	<b>111</b>
<b>13. BIBLIOGRAFIA CITADA.....</b>	<b>114</b>
<b>14. ANEXO 1. BIBLIOGRAFIA SUGERIDA.....</b>	<b>119</b>

## RESUMEN

En este trabajo se hace un estudio de actualización bibliográfica en cuanto a los residuos sólidos municipales se refiere, tomando como referencia a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Se analiza la problemática de los mismos y se dan algunas posibles soluciones y sugerencias para minimizarlos.

Se mencionan sus características y se sugiere un manejo adecuado para evitar problemas futuros, como contaminación en diferentes sectores: en el aire, en el suelo, en los ríos y en los lagos. Se describen los métodos más apropiados para su tratamiento entre los que destacan, el reciclaje, la incineración, la elaboración de composta y el confinamiento controlado en rellenos sanitarios.

Para los propósitos de este trabajo se analiza la problemática desde diversos ámbitos: el ecológico, por el impacto ocasionado al medio ambiente; el social, considerando que la población en sus diferentes sectores (en los domicilios, en las industrias, en las vías públicas, etc.) son el agente generador de basura; el cultural, por la mala educación en cuanto al manejo adecuado de la basura; el económico, tomando en cuenta que de la basura se obtiene materia prima para elaborar nuevos productos; el tecnológico, mencionando las técnicas de manejo más adecuadas; y el político, en el cual se revisa la normatividad y el marco legal.

## 1. INTRODUCCION

México posee una riqueza de flora y fauna (biodiversidad), ésta riqueza biológica responde, en parte, a un fenómeno biogeográfico. Nuestro país se halla en la intersección de dos reinos o dominios biogeográficos: el Neártico y el Neotropical, lo que le da un doble conjunto de especies; uno constituido por especies de origen o afinidad boreal que por lo general ocupan y dominan las porciones montañosas, con climas templados y fríos, y otro conformado por especies de afinidad tropical que habitan las partes bajas o medias, con climas cálidos secos o húmedos.

La riqueza biológica de una área determinada es resultado de la variedad de sus ambientes, encargada de proporcionar una variedad de hábitats. Un país con una amplia variedad de ellos tenderá a tener más especies de plantas y animales que un país con un número reducido.

En México, la presencia de cadenas montañosas a lo largo y ancho de su territorio, y la existencia de 30 cumbres de más de 3000 metros de altitud sobre el nivel del mar es lo que hace que haya una gran variación de hábitats. Pueden hallarse regiones desérticas con menos de 50 mm de lluvias al año y porciones donde la precipitación anual es de más de cinco metros; selvas tropicales húmedas; zacatonales alpinos; bosques de coníferas y sabanas.

Un ejemplo de la gran diversidad ambiental del paisaje mexicano se observa al recorrer la ruta que siguió Hernán Cortés en 1519, desde la costa de Veracruz, en el Golfo de México, hasta la antigua capital del Imperio Azteca; 400 kilómetros, aproximadamente, a través de un territorio que incluye manglares, vegetación de dunas, selvas bajas caducifolias, bosques de encino, pinares, bosques mesófilos de montaña, pastizales, matorrales espinosos y matorrales con cactus.

La flora y fauna mexicanas no son notables sólo por su riqueza en especies, sino también por su gran número de endemismos. México es el país del continente americano con mayor porcentaje de especies endémicas de vertebrados terrestres. Su herpetofauna (la más diversa del mundo con 957 especies de anfibios y reptiles) contiene 526 especies que viven exclusivamente en México. lo cual significa un 55% de endemismos. Se registra una lista preliminar de 283 géneros de plantas endémicas que corresponden al 14% del total estimado de 2000 géneros.

Como es bien sabido, las especies endémicas de plantas y animales constituyen los organismos que más atraen la atención de quienes se preocupan por la conservación biológica, pues el hecho de presentar áreas restringidas de distribución y, en muchos casos, poblaciones pequeñas, los vuelven organismos más vulnerables frente a la reducción drástica de hábitats. (Toledo, 1989).

Por desgracia, especialmente durante las dos últimas décadas, los hábitats naturales de México han sido transformados, esto indica que la enorme riqueza de flora y fauna mexicanas se halla seriamente amenazada. En cuanto a la pérdida de áreas con vegetación natural, el estudio sobre la deforestación de los países tropicales, realizado por la Food and Agricultural Organization (FAO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) sitúa a México en el tercer sitio de Latinoamérica con una tasa de 500 000 hectáreas de deforestación anual (1981-1985); en tanto que González Pacheco (1978) la estimó en 400 000 hectáreas por año. Si a estas cifras se le agrega la de las tierras abiertas anualmente a la agricultura; la pérdida por

incendios forestales, que puede estimarse en unas 200 000 hectáreas al año; y la expansión urbana, es posible pensar en 1 000 000 de hectáreas al año de vegetación natural perdida.

Muchos fenómenos de la tierra pueden verse como divergentes o sin relación alguna entre si cuando se estudian por separado, en un laboratorio o desde un escritorio; pero en la naturaleza esto no ocurre.

En la naturaleza cada uno y todos los fenómenos no ocurren de manera aislada; sino que existe una interrelación entre factores bióticos y abióticos.

Cualquier cambio de materia y energía dentro de un ecosistema representará un impulso que modificará a todo o parte del sistema. Por ejemplo, las variaciones numéricas de las poblaciones, tanto de presas como de depredadores provocan cambios en este subsistema.

El desequilibrio ambiental ha provocado la extinción de la mayoría de las especies de fauna originarias del valle de México. En los canales de Xochimilco a ciertas horas hay una gran cantidad de mosquitos que hacen insoportable la permanencia en el lugar, esto obedece a que la paulatina extinción de las ranas en la zona chinampera ha roto la cadena biótica que regulaba la existencia de los moscos, al ser éstos alimento de los anfibios.

En otro escenario, una sobrepoblación de tuzas se ha encargado de frenar la reforestación natural de los bosques aledaños, dando rienda suelta a su apetito de raíces tiernas, ante la ausencia del gato montés que se encargaba de controlar su reproducción, y cada vez es menor el número de ratones de los volcanes, como producto de una modificación de su hábitat.

Por otra parte el pájaro carpintero, que habitaba zonas boscosas como el Desierto de los Leones, y cuyo papel en la cadena ecológica era controlar al gusano descortezador de los árboles. Hoy al desaparecer el ave, los bosques están enfermos y no hay remedio humano que cure ese mal.

En el valle de México la mancha urbana ha terminado con 90% de las 100 especies de vertebrados que habitaban la región y amenaza con extinguir al 10% que sobrevive. La desaparición del hábitat de las especies de vertebrados conlleva a la desaparición paulatina de la flora silvestre en el D.F.. Tal es el caso de las cactáceas que se encuentran en grave peligro de extinción en la región, conformada por 787 kilómetros cuadrados de bosques de coníferas y encinos.

El secretario de la Comisión de Ecología de la Asamblea ciudadana precisó que las condiciones de crecimiento urbano dificultan la protección y restauración de las poblaciones silvestres y ecosistemas. Un desarrollo polarizado demanda bienes naturales escasos y provoca tala inmoderada, elevada contaminación y escasa forestación urbana. (Rodríguez, 1996).

La contaminación ambiental es una problemática que actualmente tiene una importancia tanto a nivel nacional como mundial; esta es producto del descuido y del mal manejo de los productos finales en la manufactura de bienes de consumo por parte de la industria; creando efectos nocivos en los ecosistemas como enfermedades o la muerte y con ello la extinción de algunas especies de plantas y animales, alterando de esta forma el equilibrio ecológico.

Dada la problemática anterior, surgen ideas que buscan el darle un uso a los productos que se consideraban como desechos. Lo anterior acompañado de la creación de normas ambientales

que obliguen a buscar procesos económicamente viables, ayudarán a mantener la calidad del aire, la tierra y agua del lugar donde se encuentran los complejos industriales o plantas químicas, los asentamientos humanos, etc. (Andraca, 1993).

Desde que apareció el hombre sobre la tierra y surgieron las primeras civilizaciones, el hombre ha producido desechos de todos tipos como subproductos de su actividad. Estos desechos derivados de las necesidades naturales que el hombre tenía y tiene (la alimentación, el vestido y la habitación) eran fácilmente asimilados o dispersados por la misma naturaleza. Cuando el hombre se estableció y comenzó a formar ciudades estos desechos comenzaron incrementarse.

Esta situación se ha agravado debido al aumento de la población; a el aumento progresivo de las tendencias consumistas; a un desarrollo industrial enfocado únicamente a la generación de riquezas a corto plazo y sobre todo a la falta de conciencia por parte de la población.

Los residuos sólidos en general se han considerado como las porciones que resultan del consumo de artículos que satisfacen las necesidades de las poblaciones. Estos se han clasificado como municipales, los que se generan en el hogar, comercios, áreas públicas, ect. y los peligrosos o industriales.

Después del consumo o utilización los productos pierden su utilidad y se convierten en desecho, no obstante es posible que, mediante un tratamiento adecuado se pueda obtener de ellos un valor residual o transformarlos en materias primas para otros servicios o fines.

En la actualidad las sociedades tienen una enorme capacidad de consumo, y para satisfacer ese consumismo el hombre ha fabricado infinidad de artículos, productos que por lo general van acompañados de otros elementos inevitables.

Por ejemplo, si se adquiere una computadora para uso personal, ésta requiere de plástico, metales, vidrio, etc., considerando también el empaçado que tiene hasta llegar al cliente, podemos ver que se ha generado una serie de materiales sin uso práctico o bien si la computadora se daña irreparablemente, se convertirá en un desecho sólido.

Siendo la Ciudad de México la que tiene mayor número de habitantes, es también una de las que más genera residuos sólidos; esto obliga a que los métodos de manejo sean de lo mas óptimo para recolectar y trasladar los grandes volúmenes que se originan hasta su destino final.

Reconsiderando el consumismo actual, la sociedad se enfrenta a dos situaciones: una es que si no le da un manejo adecuado a los desechos ocasiona problemas de contaminación, y a la otra es que puede recuperar los subproductos para darles un valor económico al comercializarlos.

Todo lo anterior se conseguirá siempre y cuando la población cuente con una educación ambiental, ya sea formal (impartida en escuelas e instituciones por profesores), o de manera informal (en clubs o asociaciones civiles), para que se conscientice y participe en la solución a los problemas que se originan por los residuos sólidos municipales (RSM).

Se ha sugerido que la tierra no le pertenece al hombre, sino que el hombre pertenece a la tierra, debido a que éste es tan sólo una mas de las especies que conforman un ecosistema. Sin embargo se piensa que el hombre puede hacer y deshacer libremente sobre la tierra.

El cambio ha sido tal que ahora estamos tan alejados de la naturaleza; como tan cerca de paisajes geométricos de bloques de cemento; con torres de acero y postes eléctricos en vez de árboles, con la atmósfera envenenada, el agua contaminada y con alimentos que portan



enfermedades adquiridas en suelos impregnados de sustancias mortales. "Estos son sólo algunos de los costos que el hombre paga por esa equivocada libertad que está destruyendo al mundo". (Deffis, 1989).

Debido a la problemática que generan los residuos sólidos municipales en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), se realiza el presente trabajo, el cual reúne información actualizada sobre el tema, basándose principalmente en tesis, publicaciones de revistas, trabajos presentados en simposios, patentes y libros.

Se da una revisión general en cuanto a generación y manejo de los RSM en la ZMCM.

Se destacan los métodos de tratamiento más comunes como son el reciclaje, la composta, la incineración y los rellenos sanitarios para reducir los grandes volúmenes de desechos generados.

Se analiza la problemática comentando en torno a los RSM y en relación con la ecología, la sociedad, la cultura, la economía, la tecnología y la política.

Finalmente se mencionan algunas soluciones y propuestas para disminuirlos o reaprovecharlos.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 EPOCA PREHISPANICA.

En la época prehispánica, bajo el gobierno de Moctezuma Xocoyotzin, “en las ciudades no había ninguna tienda de comercio, no se podía vender o 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 basura. Dicen los cronistas que los servicios urbanos de limpia y recolección de basura estaban mejor organizados que ahora y el suelo no ensuciaba el pie desnudo, además que los habitantes estaban habituados a no tirar nada en la calle”. afirma el padre Francisco Javier Clavijero.

### 2.2 EPOCA COLONIAL.

Con la llegada de los españoles a México los desechos sólidos comenzaron a manejarse de manera arbitraria. Lo anterior complica las posibilidades de reutilización o reciclaje de los residuos sólidos municipales (RSM), y se crean problemas de salud pública, de contaminación ambiental, de economía y de disgusto e inconformidad en la sociedad.

En el año de 1787, las calles de México eran intransitables por el desaseo y la falta de limpieza; había basura y los caños estaban llenos de lodos pestilentes; y en casi todas las calles se veían muladares o basureros ya que la basura se arrojaba en la vía pública y no había quien la recogiera.

Debido a esto, el Virrey Revillagigedo hizo reglamentaciones municipales para barrer y regar las calles, estableciendo que la basura fuera recogida por carros tirados por mulas, con lo cual se evitó que los basureros continuaran en las calles.

Fue hasta el año de 1824 cuando las medidas dictadas por Revillagigedo dejaron de aplicarse, por lo que el coronel Melchor Muzquíz, estableció las primeras reglamentaciones para la recolección de la basura (se numeraron los carros, se establecieron rutas determinadas y se tocó la campanilla al pasar por las calles, mismas que se siguen observando en la actualidad).

En el año de 1884 el servicio de limpia contaba con 83 carros, 43 pipas y 136 mulas, distribuidos entre las ocho inspecciones de policía. De esta manera por primera vez el servicio de limpia se descentralizó en virtud de que era sumamente imperfecto, porque la ciudad ya era muy grande y los carros no podían recorrerla eficientemente, con la agravante de que el tiradero estaba en uno de los extremos de la ciudad.

En 1886 se compró el primer equipo de limpia, el cual consistió en una máquina para barrer y otra para regar las calles de la ciudad. Para esta fecha se recolectaban aproximadamente 700 toneladas por día.

Los cambios siguieron y fue en el año de 1936 cuando el servicio de limpia contaba ya con 2,500 empleados. Dos años antes se había formado el sindicato de limpia y transportes y el equipo con que se contaba eran camiones tubulares; carros de volteo de 7 y 20 toneladas. Los carros tirados por mulas cubrían los servicios de la periferia de la ciudad.

## 2.3 EPOCA ACTUAL

A partir de 1900 empezaron a realizarse las primeras estadísticas sobre el servicio de limpia. Ya en 1940 se hablaba de reciclar o industrializar la basura, de los problemas de contaminación del suelo, aire y agua, y de la necesidad de que los tiraderos quedaran lo más alejados posible de la zona habitada. A partir de los años cuarentas el D.F. contaba con los tiraderos denominados Santa Cruz Meyehualco y Santa Fé. (Castillo, 1990).

En el Distrito Federal surgieron los tiraderos en la década de los años 40's, Santa Cruz Meyehualco fue el primero, lo que le permitió ser el mas grande y con el tiempo el mas antiguo; ante el crecimiento acelerado de la población y como respuesta a las necesidades de la misma se creó Santa Fé, que funcionó desde 1958 y que hasta principio de los 80's funcionaron como los únicos.

Ante el manejo inadecuado de la basura, que dio lugar a serios problemas ambientales, como los frecuentes incendios incontrolados, los malos olores y la proliferación de fauna nociva entre otros problemas, el D.D.F. tuvo la necesidad de clausurar los tiraderos y crear los rellenos sanitarios.

A principios de los años sesentas se creó la Dirección General de Servicios Urbanos del D.F., de la que depende la oficina de Recolección de Desechos sólidos. Al final de esta misma década, desapareció la mencionada Dirección General para surgir nuevamente a principios de los ochentas.

El crecimiento constante de la ciudad y de su población fue propiciando que la basura se acumulara lejos y fuera de la misma, en varios tiraderos distribuidos en la periferia. Sin embargo, en la actualidad ya no existe el lejos y afuera debido a que las poblaciones aledañas se van uniendo entre si para formar parte de la misma ciudad, esto aunado a los nuevos desarrollos urbanísticos y las vías de comunicación ha propiciado que el Distrito Federal, sea denominado para ciertos estudios como Zona Metropolitana, por el hecho de reubicar todas estas poblaciones.

El Distrito Federal contaba con la Planta Industrializadora de San Juan de Aragón, única en la ciudad, y en ella se desarrolló la incineración y la degradación biológica. Esta planta se instaló en 1974 sobre una superficie de 20 hectáreas y con una capacidad de 750 ton/día, de manufactura extranjera, y de tecnología atrasada al ser adquirida por México; no pasó mas de una década cuando esta planta dejó de funcionar por falta de refacciones.

Para mediados de los años 80 se producía composta por degradación biológica a una capacidad inferior a la proyectada; al parecer la producción se canceló por no tener mercados para su comercialización. A partir de 1989, a través de la Dirección General de Servicios Urbanos y con la supervisión de una empresa particular, se intentó hacerla funcionar en la etapa de incineración, pero el proyecto no funcionó, y éste se canceló.

Fue a principio de la década de los 80 cuando el D.D.F. a través de la Dirección General de Servicios Urbanos, se hizo cargo del control, manejo y disposición final de la basura; así como de la clausura de los tiraderos a cielo abierto existentes hasta ese momento en el Distrito Federal.

En 1982 existían siete tiraderos a cielo abierto: Santa Cruz Meyehualco, San Lorenzo Tezonco, Santa Fé, Prados de la Montaña, Tlalpan, Milpa Alta y Vaso de Texcoco, los cuales fueron clausurados de 1983 a 1994.

Posteriormente al proceso de clausura se ha llevado a cabo el saneamiento y regeneración del sitio, convirtiéndolos en áreas verdes y parques recreativos. Así surgen los rellenos sanitarios controlados. En estos mismos sitios se han intentado establecer proyectos de restauración pero aún no se logra consolidar alguno.

En 1983, el Departamento del Distrito Federal inició el saneamiento y clausura del tiradero de Santa Cruz Meyehualco, cubriendo los residuos con tepetate, así como la perforación de pozos para el venteo del biogas, generados por la biodegradación anaeróbica que sufren los residuos acumulados. Con esta clausura se crean otros tiraderos como: Santa Catarina, San Lorenzo Tezonco, Tlahuac, Milpa Alta y Bordo Xochiaca. De esta manera se agravó la problemática para eliminar la basura en la ciudad de México. A principios de 1985 se inicia la clausura de los tiraderos (Barrios, 1994).

En la actualidad existen dos sitios de relleno sanitario el Bordo Poniente ubicado en la Zona Federal del Lago de Texcoco y Santa Catarina en el oriente de la delegación Iztapalapa.

El tiradero de Santa Catarina es el primero en importancia, con una recepción de 5,100 toneladas de desechos/día. Es pequeña en extensión con 44 has, fue fundado en 1983. Se localiza al oriente de la Delegación Iztapalapa, Santa Catarina suple al antiguo tiradero de Santa Cruz Meyehualco cerrado en 1982.

El tiradero Bordo Poniente fue fundado en 1984, se localiza el norte de la delegación Gustavo A. Madero, en él no se practica la pepena. Aquí se está realizando un relleno sanitario en 138 has. El método de disposición final es realizado por la empresa Sistemas de Ingeniería Sanitaria, S.A., quien ganó un concurso abierto convocado por el D.D.F. en 1984 para llevar a cabo dicho relleno.

#### **2.4. PROBLEMATICA Y REUTILIZACION DE LOS RSM**

Los residuos sólidos municipales (RSM) son causa de la generación de grandes problemas en diferentes ámbitos; social, cultural, ambiental, etc. Esto es debido a la diversidad de los mismos, porque su colecta, manejo y confinamiento suele ser complejo ya que los generamos en todas partes; en domicilios, en comercios, en lugares de servicios, de espectáculos y en las áreas públicas.

En la Ciudad de México, los RSM no han tenido un manejo muy adecuado, debido a que no existe una educación en la materia que fomente la separación. No obstante uno de los mejores métodos es la reutilización (reciclaje).

La reutilización se ha venido practicando desde tiempos inmemoriales por el hecho de aprovechar los materiales para darles otros usos.

Como una consecuencia del reciclaje y de los tiraderos, surge un grupo social dedicado a recolectar materiales para darles un valor económico, estos son los “pepenadores”, quienes venden los productos a empresas e industrias para su reciclaje, obteniendo ingresos de esta actividad. No obstante existe un fuerte paradigma entre la necesidad de este sector y las condiciones insalubres en que viven y se desarrollan sus familias.

## **2.5. SITIOS DE CONFINAMIENTO.**

Los sitios de confinamiento son lugares que se ubican a más de 3 kilómetros del área urbana por los problemas que puedan generar. En un relleno sanitario la basura se cubre con tierra del lugar, se usan dos técnicas: de área, que consiste en distribuir y compactar la basura; y de trinchera que consiste en hacer una excavación para enterrar la basura.

Los impactos ambientales que se pueden presentar son:

Al aire debido a la producción de gases, principalmente metano, que además de tener un olor desagradable es explosivo.

Al suelo al infiltrarse los líquidos lixiviados y contaminar los mantos freáticos.

A la flora y fauna de las zonas aledañas ya que con esto se rompe el equilibrio ecológico del área y con ello la muerte de las especies.

### 3. OBJETIVOS

- \* Realizar una revisión de las más recientes publicaciones relacionadas con los residuos sólidos municipales (RSM) en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.*
- \* Hacer un análisis de los métodos de tratamiento, manejo y reutilización de los Residuos Sólidos Municipales.*
- \* Evaluar la importancia o relación de los RSM en el ámbito de la ecología, la sociedad, la cultura, la economía, la tecnología y la política.*
- \* Proponer algunas soluciones viables en términos del manejo, la educación ambiental y la generación de recursos económicos, para que de esta manera colaboren en la mitigación de los efectos al medio ambiente de los RSM.*

### 4. METODOLOGIA

Para la realización de éste trabajo se hizo una recopilación de información (bibliografía) de diferentes fuentes como son en tesis, en libros, en revistas, en seminarios y cursos, y en patentes haciendo una selección de las publicaciones de los años de 1993 a la fecha.

Las citas de las tesis se buscaron a través de la red tesiuman, para que una vez ubicadas y localizadas se consultaran directamente en la biblioteca correspondiente, tales como: Biblioteca Central, Biblioteca de la Facultad de Química, de Ingeniería, de Arquitectura, de Ciencias, de Ciencias Políticas y Sociales y de Economía.

Los artículos se buscaron directamente de revistas recientes y en bibliotecas como: Biblioteca del Instituto de Química, Biblioteca de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Centro de Información Científica y Humanística, Instituto de Biología, UAM Iztapalapa. Entre las revistas que se revisaron podemos mencionar: Estrategia Industrial, Ciencia y Desarrollo, Información Científica y Tecnológica, Contactos, Calidad Ambiental, Ingeniería Ambiental, Expansión, INARE Informa, etc. Así también se revisaron algunas revistas internacionales como: Andi, Tetls-Ni, Chemistry and Engineering News, Chemistry and Industry, Chemistry in Britain y Chemtech entre otras.

En el Instituto Nacional de Ecología (INE) y en el Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA) se obtuvieron algunos resúmenes y apuntes de cursos y seminarios.

Las patentes fueron buscadas a través del compact disc de patentes americanas de 1993 y 1994, en el Centro para la Innovación Tecnológica y el Instituto de Química de la UNAM.

Una vez obtenidas las citas bibliográficas se realizó un análisis para resaltar las características, el manejo y los métodos de tratamiento de los residuos sólidos municipales, y se hizo una clasificación por enfoques, considerando la problemática de cada uno de ellos.

---

## **RESULTADOS**

---



## 5. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

### 5.1. DEFINICION DE RESIDUO

Existen tres términos para definir a la palabra residuo. Los estudiosos de esta disciplina aún no deciden cual es el término correcto para definir a la basura; si se le define como “desecho” se argumenta que una vez desechado el producto resultante del original no tiene ninguna utilidad; mientras que el emplear la palabra “residuo” induce a un subproducto cuya naturaleza le permite aun ser utilizado, aunque no pueda ser reincorporado al proceso original. Sin embargo, de acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, estos vocablos son sinónimos y se utilizan indistintamente (Maya, 1995).

De lo anterior podemos decir que basura es todo objeto que ya no tiene ningún uso; lo que presupone un deseo de eliminarlo, de desaparecerlo, de deshacerse de él ya que no se le atribuye ningún valor para conservarlo. La basura sugiere suciedad, falta de higiene, mal olor, desagrado a la vista y contaminación.

Por otra parte se considera a un desecho como un material que no es útil y que quizá no lo sea en el futuro; a otro que no es necesario y que produce molestias o daños, y que a su vez puede sustituirse por otro de mayor utilidad.

Sin embargo el término de residuo es mas apropiado que el de desecho o basura.

Según la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en su definición de residuo dice que es: “Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permite utilizarlo nuevamente en el proceso que lo generó”.

En términos generales los Residuos Sólidos Municipales son la parte o porción que queda de un todo, 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, sobrante, sobra, despojo, escoria, ceniza, basura, chatarra, desperdicio y desechos de cualquier naturaleza; domésticos, orgánicos e inorgánicos; polvos de barrido de las casas; obras de construcción, cenizas de fábricas y los desechos de industrias y clínicas.

Los residuos sólidos municipales son una mezcla homogénea de materiales degradables y no degradables, con diferentes tamaños, formas y pesos volumétricos. Presentan gran variedad en sus características físicas químicas y biológicas; lo cual hace que su manejo, tratamiento y disposición final no sea difícil, sino que requieren para su control, una gran demanda de personal y equipos mecánicos, además de requerir técnicas y equipos acordes a su volumen, tipo y características.

Tomando en cuenta su heterogeneidad, se pueden emplear las siguientes definiciones para describir a estos residuos:

- Son materiales que en el tiempo y en el espacio no tienen ningún valor para quienes los generan.
- Son materiales de alto riesgo que afectan la salud pública.
- Son materiales que requieren un manejo lo suficientemente seguro para evitar daños al ambiente.
- Son materiales que al no ser lo suficientemente atendidos, generan problemas de inquietud social y de afectación a la estética.
- Son materiales cuyo manejo requiere de un determinado costo, el cual se incrementa en función del riesgo que presenta dicho manejo.
- Son materiales que tienen un cierto valor intrínseco, así como una cierta vocación para su aprovechamiento.

## 5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Por su origen, los residuos sólidos municipales se pueden definir como todos aquellos materiales derivados de las actividades urbanas que se generan en los domicilios, en los comercios y en los establecimientos de servicio, así como los generados en la red vial, en el transporte y en las instalaciones de servicios.

Estos se clasifican en municipales (no peligrosos) y peligrosos. Los residuos sólidos municipales a su vez se subdividen en :

**DOMICILIARIOS:** Son todos los desechos que se producen dentro del hogar y están conformados generalmente por restos de comida, papel, envases, cartón, plástico, trapo y aluminio entre otros.

**COMERCIALES:** Se componen de todo material de desperdicio que se produce en tiendas de autoservicio, tiendas de productos básicos, tiendas de especialidades, rastros, bodegas de productos perecederos, abarrotes y otros giros similares.

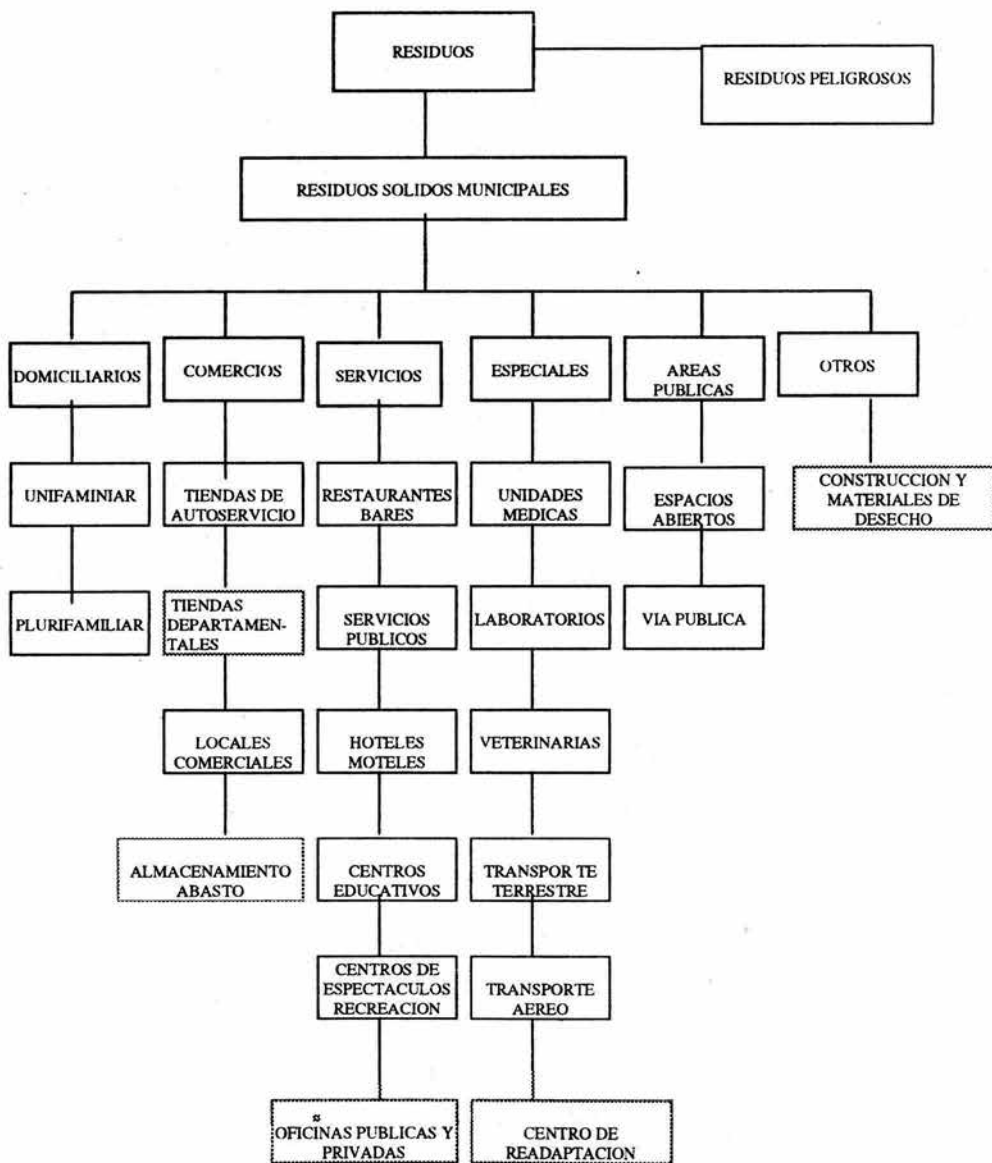
**SERVICIOS:** Se consideran los desechos producidos de mercados y tianguis, restaurantes, loncherías, fondas, bares, centros nocturnos y similares; baños, gimnasios, estéticas, tintorerías y lavanderías, talleres de costura y electromecánicos, toda clase de hoteles, cines, teatros, circos, ferias, balnearios, deportivos y estadios.

**ESPECIALES:** Son los residuos generados en las unidades médicas, los laboratorios de análisis clínicos, de investigación o fabricación de medicamentos y droguerías, también comprende el sector de carga y transporte de pasajeros como el transporte de pasajeros como el aéreo, ferrocarril y urbanos.

**AREAS PUBLICAS:** Son los desechos generados en explanadas, plazas, vías rápidas, ejes viales, calzadas, calles, callejones, parques y jardines.

**OTROS:** Se consideran residuos como escombros, llantas, mobiliario en desuso, etc.

**CUADRO 1. CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**



### 5.3. CICLO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

Los residuos sólidos conforman un ciclo compuesto de diferentes etapas, las cuales están muy estrechamente vinculadas. Se inicia desde la misma producción de los bienes de consumo, continuando con la generación, almacenamiento, colecta, transferencia, transporte primario y secundario, tratamiento y disposición final de dichos residuos. Debido a esta secuencia de etapas, cualquier cambio o modificación que sufra alguna de ellas, habrá de generar un efecto sobre las demás.

A continuación se hace una descripción genérica de las etapas, mientras que la interrelación se presenta en la figura 1.

a) **GENERACION.** Se refiere a la acción de producir una cierta cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos, en un cierto intervalo de tiempo.

b) **SEGREGACION INICIAL.** Es el proceso de separación que sufren los residuos sólidos en la misma fuente generadora, antes de ser almacenados.

c) **ALMACENAMIENTO.** Es la acción de retener temporalmente los residuos sólidos, en tanto se colectan para su posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

d) **COLECTA.** Es la acción de tomar los residuos sólidos de su sitio de almacenamiento, para depositarlos dentro de los equipos destinados a conducirlos a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

e) **COLECTA CON SEPARACION SIMULTANEA.** Es el proceso mediante el cual se lleva a cabo la colecta segregada en un mismo vehículo de los residuos sólidos. También se identifica con la actividad de coleccionar los residuos sólidos de manera integrada, pero separándolos en ruta.

f) **TRANSPORTE PRIMARIO.** Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos coleccionados en las fuentes generadoras, hacia los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

g) **TRANSFERENCIA.** Es la acción de transferir los residuos sólidos de las unidades vehiculares de recolección, a las unidades vehiculares de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de los mismos a un menor costo, con lo cual se logra una eficiencia global en el sistema.

h) **TRATAMIENTO CENTRALIZADO.** Es el proceso que sufren los residuos sólidos para hacerlos reutilizables, dándoles algún aprovechamiento y/o eliminando su peligrosidad, antes de su destino final. Esta transformación puede implicar una simple separación de subproductos reciclables, o bien, un cambio en las propiedades físicas y/o químicas de los residuos.

i) **TRANSPORTE SECUNDARIO.** Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos hasta los sitios de disposición final, una vez que han pasado por las etapas de transferencia y/o tratamiento o viceversa.



## 5.4. GENERACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

La generación es la cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo. En esta etapa se originan todos los residuos que resultan de la actividades económicas y del consumo.

La generación varía de acuerdo al tipo de ciudad, país o estrato social, por sus características rural o urbano; así mismo pueden modificarse a través del tiempo o por prácticas de consumo.

Por ejemplo se sabe que existe un mayor volumen de residuos en los niveles sociales más altos; los estratos más bajos, aquellos que reciben sólo el salario mínimo, producen 2,450 gr./día/hogar de residuos inorgánicos; mientras que los estratos altos producen 2,864 gr./día/hogar, es decir 15% más. En cuanto a la composición de metal, de papel, de vidrio y de plástico en los primeros se compone de 32%, mientras que en el segundo es del 45%.

Mediante la aplicación de técnicas de muestreo y encuestas se definen las características y cantidades de la generación de los residuos sólidos en la sociedad.

El muestreo se refiere al análisis de los residuos, al tipo de objeto, su cantidad, su peso o volumen, precio desperdicio, marca e inclusive la composición del material. Las encuestas tienen algunas desventajas, entre ellas, la omisión de datos, el olvido y la imprecisión, así como la distorsión de información. (Maya, 1995)

Como se puede observar no existen datos precisos sobre los grandes volúmenes de residuos sólidos que se generan en el Distrito Federal por lo que la diversidad de información de generación es imprecisa, y varía de una fuente a otra.

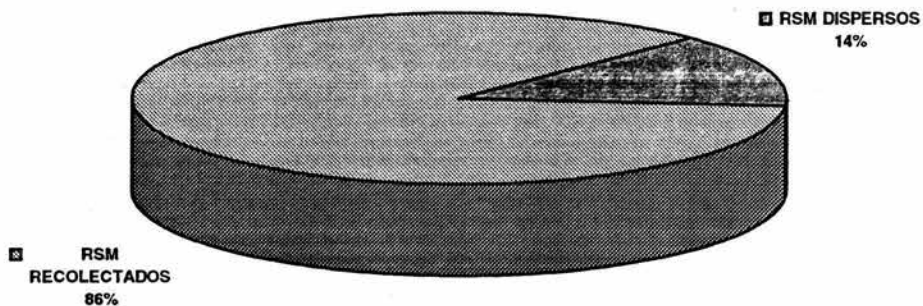
Se estima que la generación diaria de los RSM a nivel nacional en 1994 fue de 80,746 toneladas, equivalentes a la generación total anual de 29.47 millones de toneladas.

Según datos del Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), en promedio 60,560 ton/día (75%) son recolectadas y trasladadas a tiraderos a cielo abierto o seudorrellenos sanitarios, mientras que 20,186 ton/día (25%) quedan dispersos en lugares públicos, lotes baldíos, alcantarillado, barrancas, ríos, mares, etc. La generación promedio diaria *per capita* en 1994 se estimó en 892 gr./día/habitante.

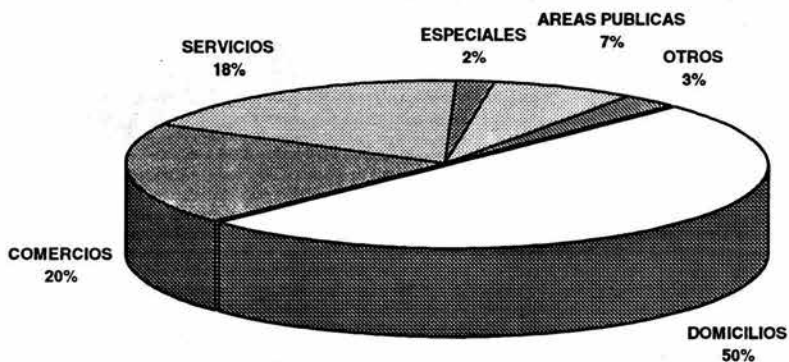
En relación al Distrito Federal se están generando diariamente 11,140 toneladas de residuos sólidos municipales, recolectándose el 86% (9,580 ton/día) y quedando disperso el 14% (1,560 ton/día). Ver gráfica 1.

Si se considera a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la generación diaria de RSM es de 20,478 toneladas, lo que corresponde a 1.2 kg/día/persona, y para el año 2000 se calcula se producirán 25 mil toneladas al día de las cuales 54% corresponderán al D.F. y 46% a los municipios conurbados.

Por el tipo de fuente en el cuadro 2 se presenta la generación de residuos sólidos, así como su porcentaje.



1-A. GENERACION DE RSM RECOLECTADOS Y DISPERSOS.



1-B. GENERACION DE LOS RSM POR TIPO DE FUENTE.

GRAFICA 1. GENERACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

**CUADRO 2. GENERACION DIARIA DE LOS RSM.**

ORIGEN DE GENERACION	CANTIDAD DIARIA	% EN PESO
DOMICILIAR	5,604	50.3
COMERCIOS	2,228	20.0
SERVICIOS	1,980	17.8
ESPECIALES	222	2.0
AREAS PUBLICAS	802	7.2
OTROS	304	2.7
<b>TOTAL</b>	<b>11,140</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Careaga, J. El Reciclaje en el Contexto del Manejo Integral de los Residuos. 1995. Reunión Anual PUMA. UNAM.

**CUADRO 3. RESIDUOS GENERADOS.**

TIPO DE RESIDUO (ORIGEN)	CANTIDAD (TON/DIA)	% EN PESO
ALIMENTICIO	3,126	28.06
JARDINERIA	395	3.55
PAPEL (INCLUYENDO SANITARIO USADO)	2,258	20.27
CARTON (INCLUYENDO ENVASES PARA BEBIDA)	1,240	11.13
PLASTICOS (RIGIDOS, FLEXIBLES Y TERMOFILOS)	924	8.30
METALICOS (ENVASES, CHATARRA)	355	3.18
VIDRIO (BOTELLAS Y FRASCOS)	735	
OTROS	547	18.91
<b>TOTAL DE RESIDUOS GENERADOS</b>	<b>11,140</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: Careaga, J. El Reciclaje en el Contexto del Manejo Integral de los Residuos. IV Reunión Anual, PUMA 1995.

En el cuadro 3 se presentan la cantidad y peso de algunos residuos. La clasificación de las fuentes generadoras de residuos que integran las diversas actividades de la vida urbana, en cualquier localidad, está en función de la cantidad y del tipo de residuo que generan (cuadro 4). Esta forma de agruparlos da pauta para determinar sus características intrínsecas, obteniendo parámetros cualitativos y cuantitativos, lo cual permite contar con indicadores que orienten a las diversas alternativas de tratamiento por tipo de residuos, para así establecer un manejo mas adecuado.

El volumen y la composición de los residuos sólidos municipales no es homogénea en todo el territorio nacional (cuadro 5), sino que responde la distribución hábitos y costumbres alimenticias, al nivel de consumo y al poder adquisitivo de la población distribuida en las diferentes regiones, y a los sistemas responsables de la recolección y disposición final de los RSM.



**CUADRO 4. GENERACION UNITARIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS  
MUNICIPALES**

FUENTES GENERADORAS	SUBCLASIFICACION	GENERACION UNITARIA
DOMICILIARIOS	UNIFAMILIAR	0.669 kg/hab/día
	PLURIFAMILIAR	0.772 kg/hab/día
COMERCIOS	TIENDAS DE AUTOSERVICIO	2.527 kg/emplead/día
	TIENDAS DEPARTAMENTALES	-
	CON RESTAURANTE	1.468 kg/empleado/día
	SIN RESTAURANTE	0.766 kg/empleado/día
	LOCALES COMERCIALES	2.875 kg/empleado/día
	MERCADOS	-
SERVICIOS	COMUNES	2.143 kg/local/día
	ESPECIALES	3.350 kg/local/día
	RESTAURANTES Y BARES	0.850 kg/comensal/día
	HOTELES Y MOTELES	1.035 kg/huésped/día
	CENTROS EDUCATIVOS	0.058 kg/alumno/turno
	CENTROS DE ESPECTACULOS Y RECREACION	-
ESPECIALES	CINES	0.012 kg/espectador/función
	ESTADIOS	0.054 kg/espectador/evento
	OFICINAS	0.179 kg/interno/día
	TERMINAL TERRESTRE	2.418 kg/pasajero/día
	TERMINAL AEREA	5.177 kg/pasajero/día
	RECLUSORIO	0.538 kg/intrno/día
	UNIDADES MEDICAS	-
	NIVEL 1	1.279 kg/consultorio/día
NIVEL 2	4.730 kg/cama/día	

FUENTE: Dirección General de Servicios Urbanos, Departamento del Distrito Federal, 1994

**CUADRO 5. VOLUMEN ESTIMADO DE GENERACION DE RSM POR ZONA A NIVEL  
NACIONAL 1994.**

ZONA	NUMERO DE HABITANTES	GENERACION kg/hab/día	TONELADAS DIARIAS	TONELADAS ANUALES	%
FRONTERIZA	5 424 020	0.976	5 294	1 932 403	6.56
NORTE	18 231 339	0.908	16 552	6 041 387	20.50
CENTRO	43 364 686	0.804	34 854	12 721 546	43.16
DISTRITO FEDERAL	9 092 053	1.275	11 596	4 232 652	14.36
SURESTE	14 353 185	0.867	12 451	4 544 451	15.42
PROMEDIO		0.893			
<b>TOTALES</b>	<b>90 465 283</b>		<b>80 746</b>	<b>29 472 439</b>	<b>100.0</b>

En el Distrito Federal las delegaciones que presentan la generación mas alta de RSM son Iztapalapa, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero, por lo que requieren una mayor atención en el servicio para cubrir la demanda de dichas zonas Cuadro 6.

**CUADRO 6. GENERACION DE RSM POR TIPO DE FUENTE EN EL DISTRITO FEDERAL**

DELEGACION	Población	Domicilios	Comercios	Servicios	Especiales	Areas públicas	OTROS	TOTAL	%
A. OBREGON	644 841	376 200	83 600	59 818	13 267	55 000	22 000	609 885	5.54
AZCAPOTZALCO	474 985	286 000	120 450	81 504	21 154	86 900	15 400	611 408	5.56
BENITO JUAREZ	407 731	229 900	158 400	133 762	23 102	24 200	13 200	582 528	5.30
COYOACAN	718 081	443 300	87 010	60 970	12 092	7 700	24 200	635 272	5.78
CUAJIMALPA	154 291	71 500	15 620	11 272	1 230	7 700	4 400	111 722	1.02
CUAUHTEMOC	595 972	360 800	545 710	388 132	41 965	86 900	19 800	19 800	13.12
G.A. MADERO	1 337 017	830 500	304 700	98 598	35 662	118 800	42 900	1 431 160	13.01
IZTACALCO	448 357	250 800	100 870	47 352	17 757	86 900	15 400	519 079	4.72
IZTAPALAPA	1 683 471	1 023 000	726 330	78 204	13 455	94 600	55 000	1 990 589	18.10
MAGDALENA CONTRERAS	256 833	138 600	25 740	68 304	1 452	7 700	7 700	249 496	2.27
MIGUEL HIDALGO	406 693	301 400	177 980	81 581	27 396	102 300	13 200	703 857	6.40
MILPA ALTA	71 664	38 500	13 200	6 031	1 209	7 700	2 200	68 840	0.63
TLAHUAC	266 288	134 200	26 510	26 400	2 311	7 700	7 700	204 821	1.86
TLALPAN	659 018	319 000	37 180	51 909	21 145	7 700	17 600	454 534	4.13
VENUSTIANO CARRANZA	519 606	317 900	634 700	41 957	41 751	78 100	17 600	1 132 008	10.29
XOCHIMILCO	322 581	172 700	40 700	17 710	2 783	7 700	9 900	251 493	2.29
<b>TOTAL</b>	<b>8 967 349</b>	<b>5 294 300</b>	<b>3 098 700</b>	<b>1 253 468</b>	<b>277 732</b>	<b>787 600</b>	<b>288 200</b>	<b>11 000 000</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: Dirección General de Servicios Urbanos, Departamento del Distrito Federal, 1994.

En el cuadro 7 se puede observar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales.

**CUADRO 7.**

TIPOS DE FUENTES GENERADORAS	PESO VOLUMETRICO "IN SITU" (KG/M3)
DOMICILIARIOS	187
COMERCIOS	280
SERVICIOS	169
ESPECIALES	182
AREAS PUBLICAS	144
OTROS	VARIABLE

## 5.5. COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

La generación de RSM a nivel nacional, ha tenido cambios tanto en composición como en cantidad (cuadro 8 y 9), y esta va a variar de una región a otra.

CUADRO 8. EVOLUCION DE LA GENERACION Y COMPOSICION DE LOS RSM EN MEXICO

COMPOSICION	UNIDAD (TON)	1991	1992	1993	1994**
PAPEL, CARTON, PRODUCTOS DE PAPEL	1000	2 963.47 (14.07%)	3 090.83 (14.07%)	3 952.20 (14.07%)	2 146.77 (7.78%)
TEXTILES	1000	313.83 (1.49%)	327.32 (1.49%)	418.53 (1.49%)	439.14 (1.6%)
PLASTICOS	1000	922.53 (4.38%)	962.18 (4.38%)	1 230.32 (4.38%)	1 290.89 (4.6%)
VIDRIOS	1000	1 242.68 (5.90%)	1 296.08 (5.90%)	1 657.28 (5.90%)	1 738.87 (6.32%)
METALES	1000	609.75 (2.90%)	635.96 (2.90%)	813.19 (2.90%)	853.23 (3.1%)
BASURA DE COMIDA, JARDINES Y MATERIALES ORGANICOS	1000	11 036.66 (52.40%)	11 510.99 (52.40%)	14 718.82 (52.40%)	15 443.56 (56.21%)
OTRO TIPO DE BASURA VARIADA: RESIDUOS FINOS, HULE, PAÑAL DESECHABLE, ETC.	1000	3 973.41 (18.87%)	4 144.17 (18.87%)	5 299.09 (18.87%)	5 559.98 (20.23%)
TOTAL		21 062.33 (100%)	21 967.53 (100%)	28 089.54 (100%)	27 472.44 (100%)

En la Ciudad de México se producían en 1950, 370 gr. de basura *per capita*, y el tipo predominante era de la considerada biodegradable. De 1950 a la fecha se ha incrementado considerablemente el volumen, y también se modificado su composición pasando de 5% de desechos no biodegradables a cerca de 30% en nuestros días (cuadro 10).

El volumen de generación *per capita* aumento de 1950 a 1990 en 20% y la producción de residuos no biodegradables se incremento en este mismo período en 600%.

En el cuadro 11 se presenta la composición de los residuos en diversos países del mundo, en el cual se puede observar que existe una marcada diferencia en cuanto a composición de un mismo material de un país a otro.

La información de la composición física de los residuos sólidos incluye la identificación de los componentes individuales que forman el residuo, el tamaño de la partícula, el contenido de agua y la densidad.

**CUADRO 9. COMPOSICION PORCENTUAL DE RSM**

SUBPRODUCTOS	FRONTERIZA	NORTE	CENTRO	SUR	ZMCM
CARTON	2.07	4.28	3.00	2.51	9.5
RESIDUOS FINOS	3.22	9.71	3.15	3.42	1.96
HUESO	0.52	0.59	0.94	0.61	0.14
HULE	0.71	0.78	0.90	0.31	0.66
LATA	2.15	2.46	1.36	1.95	1.70
MATERIAL FERROSO	0.51	0.46	0.86	1.30	1.14
MATERIAL NO FERROSO	0.22	0.57	0.45	0.72	0.70
PAPEL	13.56	9.17	11.15	11.45	ND
PAÑAL DESECHABLE	10.62	2.59	7.40	5.39	0.51
PLASTICO PELICULA	4.09	3.79	2.15	6.72	3.62
PLASTICO RIGIDO	1.93	2.38	1.27	1.71	3.75
RESIDUOS DE JARDIN	12.53	7.48	27.33	37.74	3.54
RESIDUOS ALIMENTICIOS	33.99	37.56	24.03	16.53	24.07
TRAPO	3.58	1.94	1.29	0.90	0.57
VIDRIO DE COLOR	2.74	3.36	1.86	2.50	2.90
VIDRIO TRANSPARENTE	2.91	4.27	4.15	2.90	4.18
OTROS	4.65	8.61	8.71	3.34	5.44
<b>TOTALES</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>*</b>

ND: No disponible

\* No totaliza el 100% por incluir otros subproductos

FUENTE: Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, Subsecretaría de Desarrollo Urbano, Sedesol. 1994.

**CUADRO 10. EVALUACION DE LA GENERACION Y PROPORCION NO BIODEGRADABLE DE LOS RSM EN EL DISTRITO FEDERAL**

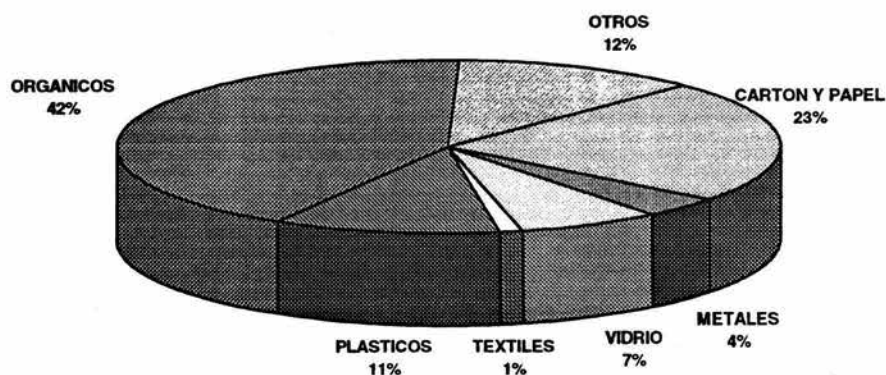
Año	Generación <i>per capita</i> gr./hab/día	Proporción no biodegradable (%)
1950	370	5
1993	1000	30

FUENTE: Dirección General de Servicios Urbanos, Departamento del Distrito Federal, 1994.

**CUADRO 11. COMPOSICION DE LOS RESIDUOS (% EN PESO) EN DIVERSOS PAISES**

Residuo	Suecia	E.U.	Japón	Europa	México	El Salvador	Perú	India
Papel y cartón	44.00	36.00	40.00	30.00	20.00	18.00	10.00	2.00
Metales	7.00	9.20	2.50	5.00	3.20	0.80	2.10	0.10
Vidrio	5.00	9.80	1.10	7.00	8.20	0.80	1.30	0.20
Textiles	--	2.10	----	3.00	4.20	4.20	1.14	3.00
Plásticos	10.00	7.20	7.00	6.00	3.80	6.10	3.20	1.10
Orgánicos	---	26.0	--	30.0	50.0	43.0	50.0	75.0
Otros	34.0	9.70	49.5	19.0	10.6	27.1	32.0	18.70

Los componentes individuales (subproductos) que conforman principalmente los residuos sólidos convencionales se clasifican como: papel, cartón, metales, vidrio, textiles, plásticos, orgánicos y otros. Gráfica 2.



GRAFICA 2. COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

En lo que respecta a la generación total de desechos en el D.F. la vivienda ocupa el primer lugar con el 67%, el segundo lugar lo ocupa la industria con el 24% y el tercero la vía pública en el 9%.

Es importante conocer la composición química de los residuos para tratarlos adecuadamente y saber si es posible un proceso alterno o recuperar energía. Si el residuo va a ser utilizado como combustible, las propiedades más importantes a conocer son: la pérdida de humedad, la pérdida de materia volátil, las cenizas residuales, los porcentajes de C,H,O,N, y la energía calorífica (Zanelli, 1995). En el cuadro 12 se presenta la composición físico-química por diferentes tipos de fuentes consideradas, de los subproductos contenidos en los residuos sólidos.

CUADRO 12. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS RSM GENERADOS EN DIVERSAS FUENTES

Parámetros fisicoquímicos	Domiciliarios	Comercios	Servicios	Especiales	Areas públicas
Humedad (%)	39.65	46.78	50.08	48.04	7.20
Cenizas (%)	20.82	4.80	12.97	6.73	25.14
Poder calorífico superior (kg/kcal)	3 491.80	2 885.00	3 695.00	3 371.00	4 911.00
Materia orgánica (%)	69.28	37.25	33.10	91.73	74.69
Carbono (%)	40.20	21.61	19.20	52.68	43.41
Hidrógeno (%)	4.62	2.48	2.21	6.95	4.99
Oxígeno (%)	21.79	12.68	7.13	31.04	22.01
Nitrógeno (%)	2.67	0.48	4.56	1.06	4.27

Nota: Valores en base seca.

FUENTE: Dirección General de Servicios Urbanos. Departamento del Distrito Federal, 1994.

## **6. MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS**

Se entiende por manejo, el conjunto de operaciones que incluyen almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje y disposición final, de los residuos sólidos. En la actualidad, el manejo de los residuos sólidos conforma un sistema en donde se encuentran estrechamente vinculadas las etapas anteriores. El manejo de residuos sólidos convencionales no requiere de personal especializado ni de procesos muy complicados.

### **6.1. ALMACENAMIENTO**

Se refiere a la conservación temporal de los residuos en un lugar o un recipiente exclusivo para tal fin, hasta el momento ya sea de ser entregados al servicio de recolección, de ser procesados para su aprovechamiento o de ser dispuestos finalmente. Existen dos tipos de almacenamiento: el domiciliario y el público.

#### **6.1.2. ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO**

Esta etapa se inicia en las fuentes generadoras ya sea en domicilios, mercados, escuelas, oficinas, etc., y se conservan en recipientes de diferentes capacidades, formas y tamaños. Varían en materiales con que son fabricados (plástico, metal, madera, etc.) por lo que resultan poco prácticos y antihigiénicos, además se almacenan los residuos sin previa selección de los subproductos y los conservan hasta el momento en que pasa el servicio de recolección de la delegación correspondiente.

También se utilizan como depósitos de almacenamiento bolsas de papel o plástico, que pueden permitir una recolección mas rápida. Su uso es universal y recomendable.

La idea sería que los contenedores para almacenar los residuos domiciliarios fueran convencionales en cuanto a su forma, capacidad y materiales.

#### **6.1.2.3. ALMACENAMIENTO PUBLICO**

Este se logra a través de una serie de contenedores generalmente metálicos de diversa capacidad, distribuidos por todo el Distrito Federal.

El servicio de limpia también se almacena de forma temporal, hasta la llegada del camión recolector, el almacenamiento se realiza en tambos metálicos que tienen una capacidad de 200 litros, son manipulados por dos hombres para su vaciado, y resultan ser imprácticos al momento de vaciar los residuos al camión recolector, pues son muy pesados.

Los residuos sólidos recolectados en la vía pública tienen diferente composición y se almacenan mezclados, en esta etapa se inicia, aunque en menor grado, la selección de subproductos denominada "pepena".

Actualmente se han implementado papeleras en parques y jardines y en algunos casos, se han colocado recipientes con letreros alusivos a depósitos de residuos orgánicos e inorgánicos, de manera que su manejo facilite su recolección; aunque esto en la práctica no ha funcionado, debido a que buena parte de la población desconoce la diferencia entre uno y otro tipos de residuos. Por lo que resulta de vital importancia aplicar estrategias de educación ambiental formal y no formal de manera que en el mediano plazo alcancemos un mejor nivel de vida.

#### **6.1.2.4. CONSIDERACIONES DE SALUD PUBLICA**

La salud pública debe ser tomada en cuenta cuando se va a planear el almacenamiento de residuos. En primer lugar se tiene que evitar crear zonas de almacenamiento insalubre, ya que esto puede ser una fuente de infecciones y enfermedades. Se debe de cuidar que los contenedores sean adecuados y que cierren bien. En el caso de los residuos peligrosos, por ningún motivo deben estar al alcance del público, ya que podría tener consecuencias fatales. Además de considerar esto, también se debe evitar que las zonas de almacenamiento estén a la vista de todos, para así tratar de mantener un buen aspecto de los lugares.

#### **6.2. PROCESADO EN EL LUGAR DE ORIGEN**

El procesado en el lugar de origen se utiliza para recuperar materiales reutilizables de los residuos, reducir el volumen de dichos residuos o alterar su forma física. Las operaciones mas comunes de procesado en el lugar de origen (aplicadas comunmente en grandes complejos industriales y comerciales) incluyen separación manual (por ejemplo en vidrio, latas de aluminio, papel, etc.) compactado e incineración de residuos. El procesado en el lugar de origen de los residuos sólidos es muy importante, ya que de él depende en gran parte la recuperación que se pueda tener de los recursos.

#### **6.3. RECOLECCION**

La recolección es el retiro de los cubos o bolsas de basura de domicilios, de comercios y los dejados en las aceras, así como los dejados en la vía pública; estos son depositados en los vehículos recolectores para su posterior traslado a una estación de transferencia, instalación de tratamiento o sitios de disposición final.

Los servicios de recolección realizados por el Departamento de Limpia Municipal se divide en tres:

- 1) Manual, que consta de un equipo de dos cilindros metálicos (tambos) de 200 litros de capacidad, montados sobre una estructura móvil que es impulsada por un trabajador, y accesorios como pala y/o láminas;
- 2) Semimecanizada, que consiste en camiones de diversas capacidades como: camión de volteo, camión recolector de carga trasera, de carga lateral y/o de carga frontal;

3) Mecanizada, la cual se realiza en las cunetas de las calles utilizando máquinas barredoras con capacidad de 2 a 3 metros cúbicos.

La recolección es un sistema complejo cuando las ciudades son grandes, por lo que es necesario establecer rutas de recolección que minimicen esfuerzos y optimicen el servicio. Estas rutas se diseñan en función de una serie de variables las cuales dependen de la localidad estas son:

Tasa urbana de la localidad

Topografía de la localidad

Ancho y tipo de calles

Frecuencia, método y equipo de recolección

Densidad de la población

Índices de generación de los residuos.

La frecuencia de recolección es variada y va de una a tres veces por semana, aunque su ausencia es frecuente en buena parte del Distrito Federal. En el cuadro 13 se muestra la cantidad de basura recolectada y la cantidad de vehículos recolectores en el D.F. según delegación.

La Dirección General de Servicios Urbanos está a cargo de la recolección por contenedores en 281 sitios ubicados en instituciones médicas fundamentalmente, además de efectuar el hidrolavado y fumigación periódica del mismo. (D.D.F.-D.G.S.U. 1989).

#### 6.4. TRANSPORTE

Se refiere al traslado de los residuos urbanos desde su lugar de origen hasta la estación de transferencia, a la planta de tratamiento o a su disposición final; transportados en diversos tipos de vehículos recolectores de varias capacidades.

El tipo de vehículos recolectores tienen mucho que ver con el método de recolección y el volumen que recogen. Existen varios modelos que están en función del desarrollo económico y social del país, pero todos ellos son vehículos compactadores con mecanismos de carga trasera, frontal y lateral con capacidades volumétricas que van desde los 12 m<sup>3</sup> hasta los 30 m<sup>3</sup> y con mecanismos de carga y descarga de contenedores.

El transporte lo efectúan 1,907 vehículos recolectores pertenecientes a las delegaciones políticas del Distrito Federal. En el período de 1989-1994 se puso en marcha un programa para fortalecer el parque de vehículos de limpia, que incluye la adquisición de nuevas unidades que ya están en servicio, son camiones ecológicos de color verde, y la rehabilitación de los ya existentes.

La recolección y transporte se presentan en una sola etapa pues se realizan seguidas, una inmediatamente después de otra.



En el Distrito Federal (D.F.) la responsabilidad de recolección y transporte corre a cargo de las delegaciones políticas; la transferencia, el tratamiento y la disposición final de los residuos es responsabilidad de la Dirección General de Servicios Urbanos (D.G.S.U.), dependiente del Departamento del Distrito Federal (D.D.F.)

**CUADRO 13. SUPERFICIE DE RELLENOS SANITARIOS,  
RECOLECCION DE BASURA Y VEHICULOS RECOLECTORES  
SEGUN DELEGACION**

DELEGACION	SUPERFICIE DE LOS RELLENOS SANITARIOS a (HECTAREAS)	RECOLECCION DE LA BASURA (TONELADAS)	VEHICULOS RECOLECTORES a
AZCAPOZALCO		216810	143
COYOACAN		269005	116
CUAJIMALPA DE MORELOS		064240	37
GUSTAVO A. MADERO		461725	238
IZTACALCO		184690	90
IZTAPALAPA	32 b	622325	222
MAGDALENA CONTRERAS, LA		084315	40
MILPA ALTA		036135	21
ALVARO OBREGON	30 c	252945	134
TLAHUAC		068255	37
TLALPAN		160600	63
XOCHIMILCO		092345	44
BENITO JUAREZ		252945	131
CUAUHTEMOC		529980	233
MIGUEL HIDALGO		309155	167
VENUSTIANO CARRANZA	400 c	409530	191
<b>TOTAL</b>	<b>462</b>	<b>4015000</b>	<b>1907</b>

a Datos referidos al 31 de diciembre

b El dato se refiere al tiradero de Santa Catarina, el cual se encuentra en proceso de saneamiento.

c Relleno Sanitario Prados de la Montaña

d Relleno Sanitario Bordo Poniente, localizado en la Zona Federal del Lago de Texcoco.

FUENTE: INEGI. 1994, Anuario estadístico del D.F. p 52 México D.F.

## 7. METODOS DE TRATAMIENTO Y PROCESADO

El tratamiento se refiere a la transformación o conversión de los residuos en otros productos útiles, a través de métodos físicos, químicos o bioquímicos.

De los métodos físicos se considera la separación, la trituración, la pulverización y la compactación; en los métodos químicos se contemplan la incineración, pirolisis, hidrogenación, oxidación e hidrólisis; y de los métodos bioquímicos esta la degradación biológica.

Estos métodos son usados en sistemas de recuperación de desechos sólidos para mejorar la eficiencia del sistema, para recuperar recursos y para preparar materiales para la recuperación de productos de conversión y energía.

La clasificación de las fuentes generadoras de residuos que integran las diversas actividades de la vida urbana, en cualquier localidad, está en función de la cantidad y del tipo de residuos que generan. Esta forma de agruparlos da pauta para determinar sus características intrínsecas, obteniendo parámetros cualitativos y cuantitativos, lo cual permite contar con indicadores que orienten a las diversas alternativas de tratamiento por tipo de residuos, para así establecer un manejo mas adecuado. (Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1993-1994).

El aprovechamiento de los residuos sólidos en la Ciudad de México debe ser planteado con base en tres factores esenciales que determinen de manera fundamental su reutilización: la composición porcentual de los desperdicios; los diferentes porcentajes de aprovechamiento del total reciclado, y; la distribución de los materiales recuperados entre los intermediarios y acaparadores de los tiraderos oficiales del D.D.F. quienes posteriormente los reparten entre las industrias que trabajan con desechos dentro de su producción de bienes de consumo (Deffis, 1989).

Las técnicas que se apliquen para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos deberán cumplir con las siguientes requisitos:

- 1) Tener un costo accesible para la comunidad que las va a emplear.
- 2) Ser capaces de eliminar los riesgos para la salud y el ambiente que genera la basura no tratada sin ocasionar otros que no se puedan prever y evitar como parte de la propia tecnología de procesamiento.
- 3) Poder procesar la basura al mismo ritmo que se genera, lo que implica por lo general capacidad para procesar altos volúmenes y flexibilidad para absorber fluctuaciones en la cantidad de la basura diaria que se produce y en su composición.

Con el avance de aproximadamente 30 años en el desarrollo de esta área, ha sido posible generar procesos que actualmente constituyen las opciones en los sistemas para recuperación de materiales, los cuales tienen garantizada la materia prima, ya que la cantidad existente es inmensa y sin ninguna limitación.

En la actualidad existen cuatro técnicas principales de tratamiento de desechos sólidos urbanos: reciclar/reusar, elaboración de composta, incinerar y depositar.

En la mayoría de los casos el uso de estas técnicas aplicadas en forma individual o combinada permite lograr una solución satisfactoria, tanto en el aspecto económico como ambiental.

## PROCESOS ACTUALES

<b>1. RECUPERACION DE MATERIALES</b>
--------------------------------------

RECICLAJE REUSO
--------------------

<b>2. ESTABILIZACION ORGANICA</b>
-----------------------------------

ELABORACION DE COMPOSTA
-------------------------

<b>3. RECUPERACION DE ENERGIA</b>
-----------------------------------

A) INCINERACION B) PIROLISIS
---------------------------------

<b>4. ALMACENAMIENTO PROLONGADO</b>
-------------------------------------

RELLENO SANITARIO
-------------------

### 7.1. RECUPERACION DE MATERIALES (RECICLAJE): POSIBILIDADES ACTUALES

La Organización Mundial de la Salud considera a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México como uno de los asentamientos humanos que más basura genera en el mundo. Los habitantes e industriales de la Ciudad de México producen diariamente 11,000 toneladas de desechos sólidos. De este volumen, 8,000 toneladas van a parar a dos rellenos sanitarios, uno de los cuales esta en el límite de su capacidad y el resto pasa por un sistema de tratamiento, en el que se aprovecha sólo entre el 13 y 14 % de los desechos sólidos.

El dilema de que hacer con la basura no es nuevo, pero en México no están integrados los sectores que debieran encontrar métodos integrales para estabilizar sus componentes contaminantes y obtener provecho de ella. Los residuos industriales constituyen una fuente riquísima de materias primas recuperables. (Tena, 1995). Aunque tienen el riesgo de generar mientras tanto problemas ambientales y de salud sobre todo a los pepenadores.

El reciclaje se define como el proceso mediante el cual se recuperan, reelaboran y aprovechan los desechos industriales, comerciales y domésticos convirtiéndolos en materia prima para fabricación de nuevos productos útiles a la sociedad.

La separación y concentración selectiva de materiales incluidos en los residuos son la operación básica de los métodos de aprovechamiento.

Los trabajadores del servicio de limpia separan algunos materiales durante el barrido, la recolección y el transporte; luego los venden a centros de acopio y éstos a su vez a las industrias que los reciclan. Los subproductos recuperados son principalmente: cartón, envases de vidrio, de plástico y aluminio, restos de cobre y latas.

Por otro lado los pepenadores son un grupo mas o menos organizado, que trabaja en los sitios de disposición final. Estos grupos recolectan infinidad de materiales de entre los residuos como papel, cartón (si están limpios), envases de vidrio, de plástico y aluminio, diversos metales, restos de tela y huesos, los cuales pueden ser comercializados a través de sus dirigentes en centros de acopio y/o directamente a las industrias recicladoras.

Los centros de acopio son lugares que se encargan de recibir los subproductos derivados de la pepena. En la ciudad existen este tipo de depósitos pero no se tienen cuantificados ni ubicados, y se ignora el tipo de subproductos y la cantidad que reciben.

“El reciclaje disminuye las dificultades y costos de la eliminación de los desechos, mejora el medio ambiente y conserva los recursos naturales”. En otras palabras, al reciclar los desechos por las mismas industrias que los generan reducen los requerimientos de materias primas nuevas. Esto trae como consecuencia que se exploten en menor cantidad los recursos naturales; y por otra parte se requiere de menor inversión.

En un principio, la basura doméstica puede ser recuperada, desde su origen en los hogares, por selección mecánica, física o química. Se necesita evaluar cual de estos métodos es conveniente para cada caso, con el fin de obtener subproductos, de tal forma que sea mas fácil su reciclaje.

La separación de residuos es una operación que permite no mezclar los desperdicios generados, evitando con ello el gasto de selección, limpieza y lavado de los subproductos en una planta de tratamiento, además de contribuir a tener una mejor calidad de materia recuperada. La simple separación de residuos orgánicos e inorgánicos representaría un gran avance que debe fundamentarse a la vez con programas de motivación y educación ambiental en todos los niveles posibles.

La recuperación de desechos sólidos en México está mas o menos enfocada de la siguiente manera:

1. Preselección y limpia de materiales; separación y recolección de materiales en las fuentes de generación.

En este proceso participan: pepenadores, empleados de limpia, carretoneros, recolectores callejeros, amas de casa, etc. Los desperdicios no reciclables se envían a los tiraderos, la mayoría de ellos a cielo abierto, y a los que llegan muchos materiales que son irrecuperables porque se mezclan con líquidos y desechos de todo tipo.

2. Selección, limpia y el transporte hacia los centros de acopio.

Proceso en el que toman parte los mini y macrocomercios de reciclaje.

3. El proceso de adecuación, tratamiento y beneficio para transformarlos en materias primas.

Acopio, selección, preparación, transformación incipiente (corte y empaçado de materiales), y traslado de los mismos a las plantas transformadoras.

4. La incorporación de esta materia prima al proceso de producción de nuevos productos.

Acopio de grandes volúmenes, selección técnica como puede ser la clasificación de materiales de acuerdo a su aleación, densidad, clase, etc; transformación incipiente; corte con soplete, con tijera hidráulica, prensado, triturado de los residuos sólidos hasta transformarlos en insumos para la industria nacional y extranjera.

Los sistemas de separación de materiales requieren de una extraordinaria cooperación de la población, así como de los comercios. (Castro, 1996).

## **VENTAJAS Y BENEFICIOS**

Como consecuencia de este proceso y en todas sus fases, el reciclaje contribuye a la solución del problema de los desechos sólidos, entre los múltiples beneficios se pueden citar:

- a) Conservación y mejoramiento de las condiciones ecológicas de las comunidades.
- b) Ahorro de energía en el proceso de generación de materias primas y en la elaboración de nuevos productos.
- c) Ahorro de materias primas provenientes de las minas, recursos naturales no renovables que se deben conservar para el futuro.
- d) Reducción considerable de costos a las empresas públicas estatales responsables de la recuperación, transporte y disposición final de las basuras, además del aumento de la vida útil de los rellenos sanitarios.
- e) Educación a la comunidad en el manejo responsable de las basuras y en la conservación del medio ambiente.
- f) Generación de ingresos y oportunidad de empleo para los grupos marginados de la población.
- g) Promoción, desarrollo y fortalecimiento de cooperativas, grupos y personas que viven de la recuperación de desechos.
- h) Fuente de financiamiento para obras de beneficio social en las comunidades. (Anónimo, 1991).

Los envases y empaques para los productos, son en el mundo moderno un elemento indispensable para su conservación, mercadeo, distribución y comercialización; cada vez más variados, creativos y abundantes, pero este incremento en los envases debe estar en armonía con la conservación del medio ambiente.

Para la década de los noventa, se está imponiendo en el mundo el reciclaje de empaques como una de las cualidades esenciales del mismo, que éstos tengan un comportamiento ecológico, que sean amables al medio ambiente y no aumente el problema de los desechos sólidos, que al no ser reciclables se conviertan en basura.

Del total de toneladas de basura que se generan en la ciudad de México, no todas se recolectan; de la basura recolectada no toda ingresa a los tiraderos, ya que en los vehículos de limpieza se realiza una primera pepeña por parte de los choferes, macheteros y voluntarios. No toda la basura depositada en los tiraderos es recuperada por dos razones:

Porque la recuperación de materiales por medio de la pepena es un proceso manual y difícil, hecho que impide aprovechar al máximo su contenido; y porque no todos los materiales contenidos en la basura depositada son demandados por la industria.

En el cuadro 14 se presenta la composición física promedio en el Distrito Federal a nivel domiciliario, en el cual se indican aquellos productos que son factibles de ser reciclados, así como la composición física promedio de los residuos sólidos municipales generados y también a nivel municipal.

En el cuadro 15 se presentan los principales tipos de RSM recolectados así como su volumen generado y reciclado.

De los materiales que pueden ser rescatados de la basura, después de haber sido industrializados, pueden obtenerse gran número de productos, como los que se muestran en el cuadro 16.

**CUADRO 14. COMPOSICION FISICA PROMEDIO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

SUBPRODUCTOS	DOMICILIARIOS PESO (%)	MUNICIPALES PESO (%)
CARTON	2.25*	1.38*
CUERO	4.91	5.65
ENVASES DE CARTON	0.13	0.09
FIBRA DURA VEGETAL	0.08	0.46
FIBRA SINTETICA	1.58	0.84
GRASA	---	0.08
HUESO	0.09*	0.19*
HULE	0.20	0.37*
JERINGA DESECHABLE	---	0.06
LATA	2.61*	1.54*
LOZA Y CERAMICA	0.47	.031
MADERA	0.13	0.63
MATERIAL DE CONSTRUCCION	0.57	2.95
MATERIAL FERROSO	1.33*	1.45*
MATERIAL NO FERROSO	0.07*	0.56*
PAPEL BOND	2.72*	4.74*
PAPEL PERIODICO	5.33*	5.14*
PAPEL SANITARIO	8.42	5.57
PAÑAL DESECHABLE	3.16	1.58
PLACAS RADIOLOGICAS	---	0.01
PLASTICO PELICULA	5.66	4.79*
NEOPRENO (LLANTAS)	---	---
PLASTICO RIGIDO	4.15*	3.35*
POLIURETANO	0.17	0.17
POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.77	0.56
RESIDUOS ALIMENTICIOS	32.36	36.40
RESIDUOS DE JARDINERIA	5.57	4.83
TOALLAS SANITARIAS	---	0.03
TRAPO	0.56	0.37
VIDRIO DE COLOR	4.35*	2.84*
VIDRIO TRANSPARENTE	6.14*	4.60*
OTROS	2.09	3.47
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>10.00</b>

\*RESIDUOS RECICLABLES

FUENTE: Dirección General de Servicios Urbanos, Departamento del Distrito Federal. 1994.

**CUADRO 15. PRINCIPALES TIPOS DE RSM RECOLECTADOS, 1991-1994  
(VOLUMEN GENERADO Y RECOLECTADO)**

TIPO DE RESIDUO	VOLUMEN (TONELADAS)	1991	1992	1993	1994
PAPEL, CARTON, PRODUCTOS DE PAPEL VIDRIO	GENERADO	2 963 470	3 090 831	3 952 198	4 146 772
	RECIKLADO	60 781	63 393	81 060	85 050
METALES (ALUMINIO)	GENERADO	1 242 677	1 296 084	1 657 283	1 738 874
	RECIKLADO	47 694	49 744	63 607	66 738
OTROS NO FERROSOS	GENERADO	336 997	351 480	449 433	471 559
	RECIKLADO	18 619	18 619	24 831	26 054
FERROSOS	GENERADO	104 259	108 739	139 043	145 889
	RECIKLADO	5 760	6 008	7 682	8 060
PLASTICOS	GENERADOS	168 499	175 740	224 716	235 780
	RECIKLADO	9 310	9 710	12 416	13 027
LLANTAS USADAS	GENERADO	922 530	962 178	1 230 322	1 290 893
	RECIKLADO	277	289	369	387
	GENERADO	159 926	166 799	213 284	223 784
	RECIKLADO	1 214	1 266	1 619	1 699

FUENTE: Dirección de Proyectos de Residuos Sólidos para la preservación del medio ambiente, Subsecretaría de Desarrollo Urbano, Sedesol, 1994.

**CUADRO 16. PRODUCTOS OBTENIDOS DEL RECICLAJE DE DESECHOS.**

RESIDUO UTILIZADO	PRODUCTO FINAL
BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	PAPEL
DESPERDICIO DE PAPEL Y DE CARTON	PAPEL Y CARTON REGENERADO
RESIDUOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	TARIMAS DE PLASTICO
DESPERDICIO DE HULE DE LLANTA	LODERAS PARA CAMION
RESIDUOS DE HULE NATURAL, CUERDA NYLON, POLIETILENO DE DIFERENTES DENSIDADES PVC	LLANTAS
MADERA DE PINO	POLIDUCTO PARA AGUA E INSTALACIONES ELECTRICAS
PEDACERIA DE VIDRIO	AGLOMERADOS
FIBRAS DE VIDRIO DE TERCERA	TODA CLASE DE PRODUCTOS DE VIDRIO
CHATARRA DE ACERO	FIBRA DE VIDRIO PARA AISLAMIENTOS
CHATARRA DE ALUMINIO, BRONCE, HIERRO GRIS	TERMOSTATICOS
CHATARRA DE COBRE	PERFILES COMERCIALES PARA FABRICACION, MAQUINARIA Y ESTRUCTURAS
CHATARRA DE ALUMINIO	PIEZAS DE MAQUINARIA EN GENERAL
DESPERDICIOS DE ZINC, ALUMINIO, PLOMO	CONECTORES ELECTRICOS, TUERCAS, VALVULAS
DESPERDICIOS DE CONDUCTORES ELECTRICOS	LINGO DE ALUMINIO PARA EL ENVASADO
PEDACERIAS DE LADRILLO REFRACTORIO	OXIDO DE ZINC
FRUTAS Y LEGUMBRES EN DESCOMPOSICION (PAN TORTILLA)	BARRA DE COBRE
HUESOS Y CARTILAGO	MATERIALES REFRACTORIOS
LLANTAS	ALIMENTOS PARA ANIMALES, MEJORADORES DE SUELOS
PELICULA	ALIMENTOS, GELATINAS, COSMETICOS, PEGAMENTOS
PLASTICO	SUELAS PARA ZAPATOS, JUEGOS INFANTILES
TRAPO	HIDROCETIL CELULOSA
BOTELLA Y FRASCOS	JUGUETES, SUELAS DE TENIS, ETC.
	ESTOPA
	NO SE INDUSTRIALIZAN, SE UTILIZAN PARA ENVASAR MERMELADAS, CAFE, ETC.

FUENTE: Castillo, B. H. 1990. La Sociedad de la basura .UNAM.

La industrialización de los residuos reciclables se realiza principalmente por empresas de la iniciativa privada, para quienes su realización representa una buena alternativa económica a los desechos (materia prima); son comprados a bajos precios, pudiendo obtenerse mas o menos de manera constante, lo cual les permite obtener ahorros considerables en sus adquisiciones de materia prima.

Entre las principales industrias que reciclan los desechos pepenados (ya sea en el proceso productivo o en el envasado y presentación final de sus productos o mercancías) podrían mencionarse:

1. **INDUSTRIAS CERVECERAS Y REFRESQUERAS** (Moctezuma y Cuauhtémoc, Pepsi-Cola, Coca-Cola, Bacardí, Sauza, Domecq, entre otras) que utilizan las botellas enteras rescatadas para reenvasar sus productos.
2. **INDUSTRIA COLCHONERA** (Dormi-Mundo, Selther, Simmons), reconstruyen los tambores de los colchones, los pintan y forran para venderlos como nuevos.
3. **INDUSTRIA COSMETOLOGICA** (Avón), compra los envases vacíos para llenarlos nuevamente.
4. **INDUSTRIA RECICLADORA DE TRAPO** (Estopas Sánchez, Planta Industrial Romano S.A.), compran el trapo de algodón para producir estopa, muy cotizada para limpieza de vehículos.
5. **INDUSTRIAS CARTONERAS Y PAPELERAS** (Cartón S.A., Papel El Fénix, Kimberly-Clark, San Rafael), cuando el cartón es limpio se utiliza en la elaboración de cajas, el papel de primera y segunda para pasta de celulosa. Si ambos materiales están sucios o mojados se utilizan para elaborar láminas de cartón que sirven para techos de viviendas.
6. **INDUSTRIAS DE VIDRIO Y METAL** (Metales Ermita, Recuperadora y Transformadora de Metales S.A., Comercial Vidriera Mexicana, Vitro-Corporativa), el vidrio se funde y usa para producir envases, floreros, vasos, etc. El metal se funde para formar hierro colado o 'esponja', útil en refacciones para lavadoras, licuadoras, parrillas, planchas. El acero sirve para la producción de varillas para la construcción.
7. **HULERAS Y LLANTERAS** (Uniroyal, Cia. Hulera Omega), con el hule se elaboran cámaras para llantas, recubrimientos y pivotes de llantas.
8. **INDUSTRIA ALIMENTICIA** (Jumex, Del Monte, Jello, Maggi, Knorr Suiza), utilizan los desperdicios de frutas para elaborar mermeladas y jugos; las legumbres para salsas o conservas y el hueso para saborizantes, caldos de pollo y gelatinas, además de gomados y pegamentos.
9. **TUBERIAS Y CONDUCTORES** (Conduflex), fabrican manguera y alambres de desechos plásticos y metálicos como el cobre y otros.
10. **INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**, funde algunos de los metales rescatados para elaborar partes mecánicas. (Castillo, 1990).



## 7.2. ESTABILIZACION ORGANICA (COMPOSTA).

Como se menciono anteriormente las posibilidades de reciclaje son enormes, sin embargo éste método es sólo para materiales inertes o inorgánicos, por lo que conserne al material orgánico, existe el método de estabilización orgánica o elaboración de composta.

El composteo se define como la degradación bioquímica de la materia orgánica fermentable, para convertirla en un compuesto bioquímicamente inactivo llamado composta (compost). Se puede decir que la composta 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 aplicados al suelo no provoquen una competencia, entre sus microorganismos y las plantas superiores, por los nutrientes que ambos necesitan.

Las características generales de la composta o humus son las siguientes;

1. Color negro o café obscuro.
2. Es prácticamente insoluble en el agua, aunque una parte pueda estar en suspensión coloidal.
3. Se disuelve en gran cantidad de soluciones alcalinas dando un extracto coloreado. Por esta razón, algunas persona definen erróneamente el hùmus como ácido húmico.
4. Su relación C-N es entre 10/1 y 20/1, pero depende del material original y de su grado de descomposición.
5. No es bioquímicamente estable; cambia su composición por actividad microbiana si las condiciones ambientales (temperatura y humedad) lo propician, hasta que eventualmente se oxida y produce sales inorgánicas, CO<sub>2</sub> y agua.
6. Tiene una alta capacidad de intercambio que es fundamental, por que permite la combinación con otros constituyentes inorgánicos del suelo la absorción del agua.

La composta no se puede considerar como un fertilizante, pero la aplicación conjunta de ésta y fertilizantes químicos o mejoradores de suelos como CaCO<sub>3</sub> o dolomita aumenta el crecimiento de los cultivos. Sin embargo es comparable a un buen estiércol; ligeramente mas rico en nitrógeno y hierro. La composición de la composta depende fundamentalmente del contenido de la basura fresca.

En el cuadro 17 se hace una comparación en la composición de la composta y el estiércol, en donde se puede apreciar que la composta sustituye con ventajas al estiércol natural, en su doble finalidad de abono mineral y orgánico.

CUADRO 17. COMPARACION DE CONTENIDOS COMPOSTA-ESTIERCOL

ELEMENTOS (%)	COMPOSTA	ESTIERCOL
HUMEDAD	30	70
MATERIA ORGANICA	35	18
NITROGENO	0.95	0.50
FOSFATOS	0.50	0.30
POTASIO	0.72	0.60
HIERRO	1.2	0.06
MAGNESIO	0.25	0.2
MANGANESO	0.23	0.004
COBALTO	0.0005	0.00004

FUENTE: Deffis, C. A. 1993. La basura es la solución. Ed Concepto S.A. México.

La elaboración de composta es el método más usado a nivel mundial para el procesamiento de desechos orgánicos. Entre sus ventajas se encuentran: la eliminación de los malos olores y la reducción considerable de riesgos de incendio, pues el material resultante no es combustible.

La composta contiene también celulosa en una proporción del 8 al 12% junto con estos elementos. Por su aportación de oligoelementos al suelo, su valor es muy aprobado.

También se presentan sustancias en cantidades muy bajas como son: cobre, manganeso, zinc, boro, molibdeno y magnesio. (Trejo, 1994).

### 7.2.1. PROPIEDADES DE LA COMPOSTA

**ACTIVIDAD FISICA.** Mejora las propiedades físicas del suelo, al facilitar su arado; lo hace más poroso y más aireado; mejora también su capacidad para absorber humedad con el consiguiente ahorro de la misma y regula la temperatura superficial, permeabilidad y drenaje de los suelos; evita la formación de costras; mejora la actividad biológica del suelo, así como el crecimiento de raíces. Las ventajas antes mencionadas dependen de las características de los suelos.

**ACTIVIDAD QUIMICA.** Con la arcilla, el humus forma un complejo arcilloso-húmico que funciona como regulador de la nutrición vegetal; aumenta la capacidad de intercambio de iones; economiza y hace más asimilables los abonos minerales; mantiene el fósforo en estado asimilable debido a la formación de complejos fosfo-húmicos; proporciona gas carbónico que fomenta la solubilidad de los elementos minerales; permite obtener productos de mejor sabor, con mayor capacidad de conservación y mayor resistencia en el transporte.

**ACTIVIDAD BIOLOGICA.** El humus revitaliza el suelo al aprovechar microorganismos útiles; aumenta la resistencia de las plantas a todo tipo de enfermedades; está exento de semillas y malas hierbas, por las altas temperaturas que soporta durante la fermentación, con lo que se elimina cualquier posibilidad de contaminación.

### 7.2.2. FABRICACION DE COMPOSTA

El composteo es un proceso que puede realizarse al aire libre (composteo lento) o en reactores fermentadores (composteo acelerado) y permite reciclar gran parte de la basura, básicamente orgánica.

El propósito del composteo es convertir la basura biodegradable en abono útil en la agricultura como mejorador de suelos. Este proceso controla la fermentación aerobia de la basura, la cual ocurre naturalmente por la acción de los microorganismos. La duración del proceso en el composteo lento es de uno a tres meses, mientras que el composteo acelerado es de dos a ocho semanas.

Su desarrollo se ha disminuído debido a las frecuentes dificultades que existen para vender la composta (compuesto de abono obtenido a partir de la basura).

### 7.2.3 COMPOSTEO POR FERMENTACION LENTA

Este requiere de una área muy grande. Se separa el material no fermentable, se tritura la fracción fermentable y se apila en patios ya sea al aire libre o en un cobertizo si el tiempo es muy malo (excesivas lluvias por ejemplo). Las pilas de composta se revuelven al menos tres veces durante el proceso; la primera entre el 3° y el 10° día, la segunda entre el 10° y el 20° día y la tercera entre el 40° y 90° día.

El primer volteo se realiza hasta que la temperatura interna del material alcance 65°C y el último cuando esta se estabilice.

Finalmente la composta se depura mediante tamizado fino. Los productos que se separan o sea aquellos que no se incluyen en la composta (plásticos, vidrio, metales, etc.) a menudo se venden o se envían a un relleno sanitario. El rechazo de materiales inertes en el composteo generalmente es de menos del 50% del peso inicial de la basura.

### 7.2.4. COMPOSTEO POR FERMENTACION ACELERADA

Una vez separada y molida la materia, se introduce a un reactor en el que se agregan agua y aire en las cantidades óptimas requeridas para la fermentación, manteniendo la carga en constante agitación. Con un monitoreo permanente se obtiene una composta de alta calidad en un lapso corto.

El producto se depura al igual que la fermentación lenta y se deposita en un sitio llamado de maduración en el cual la fermentación continúa lentamente hasta alcanzar el punto requerido (esta operación puede durar semanas) (Trejo,1987).

### 7.2.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACION DE LA COMPOSTA

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Aprovechamiento de la basura orgánica para obtener un producto final, útil al suelo Es el medio más económico para producir un compuesto húmico, con grandes ventajas ambientales. No hay contaminación del ambiente durante el proceso aunque hay ligeros gases Necesita una extensión de terreno mucho menor que la del tiradero controlado	Necesita mas espacio que la incineración La descarga de basura produce olores que hay que eliminar, montando instalaciones de ventilación La calidad de la composta obtenida varia en función de la composición de la basura fresca. A causa de la incidencia de los gastos de transporte en el precio final de la composta, su área de venta es limitada

(Deffis, 1989).

## 7.3. RECUPERACION DE ENERGIA

### 7.3.1. INCINERACION

La incineración es el método mas efectivo y radical para disponer de la basura, pero es el mas costoso. Sin embargo, en los últimos años se han perfeccionado los hornos y se ha logrado hacer una depuración casi perfecta de los humos, productos de la combustión.

Uno de los principales inconvenientes que presentaba este sistema, era la gran cantidad de polvo y cenizas que salían por las chimeneas y que provocaban un alto grado de contaminación atmosférica. Esta es la razón por la que muchas ciudades se resistían a implantar la incineración de basura como método para solucionar los problemas.

La incineración consiste en quemar la basura en hornos especiales cuyo diseño toma en cuenta sus características propias: alto contenido de humedad, heterogeneidad y poder calorífico relativamente bajo. Es un proceso que utiliza la descomposición térmica vía oxidación, a fin de convertir un residuo en material menos voluminoso, tóxico o nocivo.

Primero la basura se deshidrata al contacto con los gases calientes y por el calor de radiación y posteriormente se quema. A lo largo del proceso, dispositivos automáticos mueven y revuelven la basura para lograr la incineración mas completa posible.

Los productos principales son desde el punto de vista del volumen, anhídrido carbónico, agua y cenizas; mientras que los productos de primer interés, por sus efectos ambientales, son aquellos compuestos que contienen azufre, nitrógeno, halógenos, metaloides y metales pesados (especialmente mercurio, arsénico, selenio, plomo y cadmio).

Se han ido desarrollando varias tecnologías de incineración para tratar y manejar residuos peligrosos. El horno rotatorio es la tecnología mas utilizada, el cual consta de un cilindro lineal refractario grande de 60 pies de longitud, el cual gira lentamente y se reclina a un ángulo de 5 grados. Se depositan residuos sólidos y líquidos en el horno para ser transformados en cenizas y gases, el tiempo empleado es de 30 min. a 1 ½ hr. y utilizando una temperatura de 1,300 °C. (Hanson, 1993).

El proceso en general consiste en secar la basura dentro del horno elevar la temperatura al grado de incineración, introducir el aire necesario para la combustión y por último, evacuar los residuos.

El proceso es continuo; por un lado entra la basura al o a los hornos y sale por el otro extremo completamente quemada, durante esta combustión se producen gases y una parte de escorias, los cuales son materiales inorgánicos óptimos para rellenos sanitarios, pavimentación de calles y usos similares; su producción representa entre el 5 y 10% del volumen inicial de la basura y desde el punto de vista higiénico son absolutamente inertes.

El poder calorífico de la basura oscila entre límites bastante amplios de acuerdo a su composición. Este calor es aprovechable en la producción de vapor, para uso industrial y la producción de energía eléctrica.

Para el proceso de la incineración de la basura hay que considerar varios factores: primero, la combustión del material debe llevarse a cabo en un horno especial para tal efecto; segundo, comprende la eliminación de los residuos, las cenizas o escorias; tercero, es el control de los contaminantes que resultan del proceso de la combustión. Este último puede solucionarse mediante una segunda cámara de combustión para complementar la oxidación de todos los gases quemados, así como instalando dispositivos como filtros precipitadores electrostáticos para eliminar las materias en suspensión que escapan del gas, al ser liberado. Finalmente, la energía que representa quemar los desechos, debiera ser recuperada para algún propósito útil. (Deffis, 1989).

La incineración puede hacerse con o sin recuperación de calor. El calor que se libera en este proceso puede recuperarse en forma de agua caliente, vapor o electricidad, pero esta opción requiere de instalaciones adicionales. Figura 2. Debido a que este proceso es complicado y muy costoso en México no se practica.

#### 7.3.1.1. INCINERACION SIN RECUPERACION DE CALOR

La basura se coloca en una tolva a la entrada de la planta. De ahí se toma ya sea mediante una almeja móvil en las grandes plantas o mediante equipo manual en las pequeñas. En seguida la basura se introduce en un horno, donde se seca y después se quema con el aire requerido para la combustión. La temperatura máxima deberá ser alrededor de 750°C por lo menos para que los componentes orgánicos se destruyan y no deberá exceder de 1000°C para evitar que ciertos residuos se fundan y adhieran al incinerador y para proteger los materiales refractarios.

Los gases de combustión se enfrían hasta 250 a 300°C antes de salir a la atmósfera; esto puede lograrse haciéndolos circular en sentido contrario a la basura de entrada, y posteriormente inyectando aire frío en la corriente de salida del extractor de polvo; o bien, mediante automatizaciones de agua de enfriamiento en el circuito del gas o por convección.

#### 7.3.1.2. INCINERACION CON RECUPERACION DE CALOR

Las instalaciones, incluso el incinerador, son los mismos que en el caso anterior. La recuperación de calor se genera por intercambio de calor entre los gases de combustión y un circuito de agua o vapor. Dichos gases son altamente corrosivos y pueden dañar a los intercambiadores por lo que se debe ser muy cuidadoso en el diseño y operación de la planta para evitar reparaciones costosas.

Una vez que los gases se enfrían, se limpian y liberan hacia la atmósfera. El vapor producido puede enviarse a una línea de consumo o usarse para generar electricidad como se muestra en la figura 2. (Trejo, 1987).

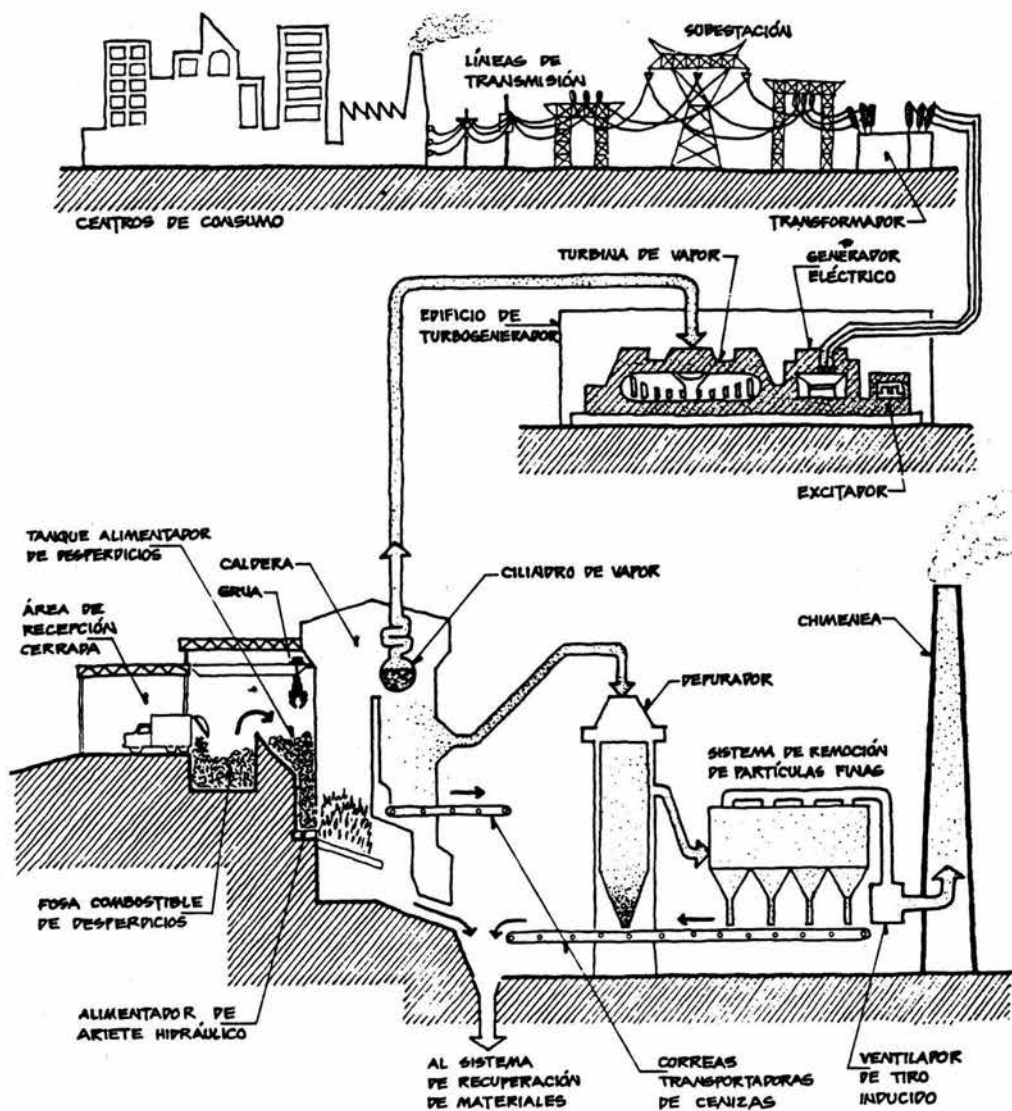


FIGURA 2. PLANTA DE INCINERACION, PRODUCCION DE ELECTRICIDAD Y RECUPERACION DE METALES.

FUENTE: DEFFIS, C.A. LA BASURA ES LA SOLUCION. ED. CONCEPTO S.A. MEXICO, D.F. 1989. PP. 75.

Existen varios tipos de incineración:

**Incineración convencional:** Se alcanzan temperaturas de entre 800 a 900°C

**Incineración a alta temperatura:** Se alcanzan temperaturas de hasta 1600°C

**Incineración de lecho fluidizante:** Se alcanzan temperaturas de 1000 a 1200°C

En el cuadro 18 se muestran los tipos de incineradores más importantes.

CUADRO 18. TIPOS DE INCINERADORES

PROCESO	DESCRIPCION
Horno de parrillas	El desecho es transportado en el horno a través de parrillas mecánicas, existen muchos diseños de parrillas
Hogar múltiple	Cámara cubierta con sistemas refractarios con hogares localizados uno arriba de otro. Los desechos se inyectan arriba y caen de un hogar a otro. temperaturas de 300-1000 grados C
Lecho fluidizante	Lecho de material inerte granulado, p ej. arena. El aire es impulsado a través del lecho para que las partículas actúen como "fluidos". Esta agitación causa el mezclado del desecho con aire y permite que se quemem partículas mas grandes. temperaturas entre 800-950 grados C
Horno rotatorio	Cámara de combustión rotatoria. Temperaturas de 800 a 1200 grados C

FUENTE: Zanelli, A. 1995. Situación actual de los residuos sólidos en México. Tesis. UNAM. Facultad de Química. p. 76

En el cuadro 19 se muestran las ventajas y desventajas que se presentan en la incineración.

**CUADRO 19. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INCINERACION**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>El volumen y peso de los residuos se reducen a una fracción de su tamaño original.</p> <p>La reducción del volumen es inmediata, no requiere largos períodos de residencia, como es el caso del relleno sanitario.</p> <p>Los residuos pueden ser tratados <i>in situ</i>, sin necesidad de que sean trasladados a sitios lejanos.</p> <p>Con la adecuada tecnología, las emisiones al aire libre pueden ser controladas con una alta efectividad y con el mínimo de impacto a la atmósfera.</p> <p>Las cenizas residuales generalmente no son putrescibles.</p> <p>Existe la tecnología para destruir completamente aún los materiales mas riesgosos de una manera completa y efectiva.</p> <p>La incineración requiere una área pequeña de almacenamiento de sus residuos.</p> <p>Al utilizar las técnicas de recuperación de calor, los costos de operación pueden ser reducidos mediante la utilización de la energía ahorrada.</p>	<p>Se requiere emplear un alto costo de capital inicial.</p> <p>Se necesitan operadores capacitados.</p> <p>Existen materiales no incinerables; por ejemplo, residuos con altos contenidos de líquidos o sólidos no combustibles.</p> <p>Es necesario tener un sistema de control analítico con alto nivel de precisión, exactitud y confiabilidad en línea con el sistema de emisión de gases, líquidos y sólidos, para evitar cualquier accidente futuro.</p> <p>Algunos materiales requieren utilizar energéticos adicionales para alcanzar los estándares de eficiencia requeridos.</p>



### 7.3.2. PIROLISIS

Este es un proceso anaerobio del cual se pueden obtener algunos hidrocarburos. Consiste en separar la materia orgánica aplicándole calor directamente pero sin permitir la entrada de oxígeno con lo cual se le puede transformar en gas metano, carbón y petróleo. (Castillo, 1987).

De esta forma se puede identificar a la pirolisis como un proceso de gasificación de los elementos combustibles de los residuos sólidos en ausencia de oxígeno.

En la pirolisis, los residuos orgánicos son destilados o vaporizados a la forma de gas combustible (CO, H<sub>2</sub>O, metano, etc.), el cual puede ser utilizado como combustible en la cámara de combustión externa a fin de recuperar energía, y gas combustible (CO<sub>2</sub> y vapor). El nivel de carbón fijo en las cenizas de pirolisis es mas alto que el de la incineración normal.

El proceso de pirolisis se usa normalmente cuando los residuos tienen alto poder calorífico (mas de 8,000 kJ/kg de agua contenida). Si el residuo en cuestión tiene un poder calorífico superior a 15,000 kJ/kg de agua contenida, el empleo de la pirolisis es virtualmente una necesidad para prevenir el problema de la fusión de cenizas y los materiales a recuperar.

La compañía Monsanto ha desarrollado el sistema Langard, que incluye recepción, trituración y pirolisis del desecho, separación de residuos, generación de vapor y purificación de gases de salida. Los productos que se pueden recuperar son vidrio, metales y cartón.

Este método se divide en tres subsistemas principales:

1. Recuperación de residuos
2. Pirolisis y recuperación de energía
3. Recuperación de materiales

La etapa de preparación del residuo incluye la recepción y almacenamiento; el desmenuzamiento, que separa los materiales no combustibles y algunos metales; la trituración y una nueva etapa de almacenamiento.

En el proceso de pirolisis se calientan los residuos triturados a 980°C. en una atmósfera deficiente de oxígeno. La mayor parte de la materia orgánica se transforma en productos gaseosos, sobre todo metano. El residuo sólido es principalmente carbón, vidrio, metal y cenizas.

El desperdicio triturado se alimenta de forma continua a un horno refractario rotatorio. El horno esta diseñado para que todas las partículas sólidas estén expuestas de la misma forma al calor.

La operación se lleva a cabo a presiones debajo de la atmosférica. Cuando termina la pirolisis se pasan los gases a un quemador, de ahí los gases a alta temperatura entran en un intercambiador donde se generan 90,000 kg/h de vapor saturado a 1.73 MPa. Después de esto, los gases que no hayan sufrido combustión son atrapados por una torre de aspersión de agua; el resto pasa por

el ventilador de succión que arrastra los gases desde el horno, de ahí se enfrían con aire y se condensa el agua para la recirculación; los gases son finalmente liberados a la atmósfera.

En la etapa de recuperación de materiales, los productos sólidos del horno son descargados en un tanque de "extinción" lleno de agua. Parte de esta agua viene de la torre de aspersión por lo que ya contiene materiales disueltos.

Una vez enfriados los sólidos, pasan a una etapa de separación por flotación. En un tanque, el carbón debido a su menor densidad, flota y se puede separar fácilmente del resto (componentes pesados), este carbón es simplemente filtrado para recuperar agua.

El resto de los compuestos sólidos pasa a una etapa de separación magnética, donde se dividen finalmente metales y el agregado vítrioso.

La humedad no debe de superar el 50%, de lo contrario habrá problemas con la trituration y con el flujo de materiales (Zanelli,1995).

En la figura 3 se muestran las etapas del proceso Monsanto.

Siendo la pirolisis uno de los procesos mas costosos y lentos, esta por demás decir que se ubica totalmente fuera de las posibilidades económicas del país.

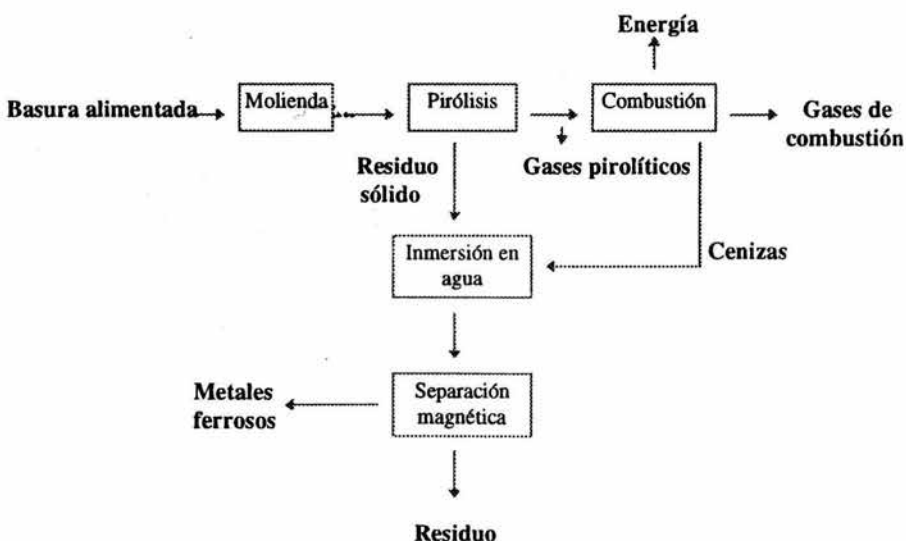


FIGURA 3. PROCESO PIROLITICO MONSANTO.

FUENTE: Trejo V. R.. 1994 "Procesado de la basura urbana" Ed. Trillas. P 230 México, D.F.

## 7.4. ALMACENAMIENTO PROLONGADO (DISPOSICION FINAL)

### 7.4.1. TRANSFERENCIA

La transferencia y transporte se refiere a los medios e instrumentos utilizados para transferir los residuos desde los camiones recolectores a camiones contenedores de capacidad mayor y el transporte de los residuos hasta los centros de procesamiento a los sitios que le corresponden a cada tipo de residuo (Zanelli, 1995).

En esta etapa se tiene como propósito reducir los grandes recorridos de los vehículos recolectores y con ello los tiempos no productivos. De esta forma los residuos son transferidos de los recolectores a tractocamiones, vehículos de mayor capacidad denominados trailers, que los transportan a las plantas de tratamiento o a los sitios de disposición final. Esta operación se efectúa en las estaciones de transferencia.

El sistema de transferencia se inicia en México a partir de los años setentas, época en la que se construyeron gran parte de las estaciones que actualmente están operando.

El sistema de transferencia tiene un segundo impulso en la construcción de estaciones, de la segunda generación, por así llamarlo, en la cual podemos tener por ejemplo las estaciones Central de Abastos, Coyoacan y Xochimilco, que fueron puestas en operación por la Dirección General de Servicios Urbanos en 1985, como apoyo a la problemática del cierre de los diversos tiraderos a cielo abierto. Después se abre una nueva forma de operación a la cual se le denomina "operación regional", con esto la captación de desechos se logró incrementar notablemente y se tuvo la alternativa para la descarga de los recolectores que acudían a esos tiraderos a cielo abierto (Barrios, 1994).

#### 7.4.1.1. EQUIPO DE TRANSFERENCIA

Un equipo de transferencia consta de dos partes principales: el tractocamión que es lo que da la fuerza motriz para moverse y la caja que es el lugar donde se depositan los desechos y que cuenta con una sistema para la descarga de los mismos.

Las cajas, comúnmente denominadas trailers, están fabricadas de estructura metálica, estas cajas pueden ser abiertas en toda la parte superior o bien estar completamente cerradas. Una característica principal del trailer es su descarga la cual puede ser:

1. Por volteo en llamadas cajas tipo góndolas, tienen una capacidad de 35 a 38 m<sup>3</sup> y cargan de 9 a 15 toneladas.
2. Cajas tipo compactadoras, tienen una capacidad de 56 m<sup>3</sup> compactados y cargan 21 toneladas. Este sistema consta de una placa móvil que es accionada por un pistón telescópico

que corre sobre sus respectivas guías mediante accionamiento hidráulico, lo cual hace que compacte el contenido contra la parte posterior y al abrir la puerta funciona para descargar.

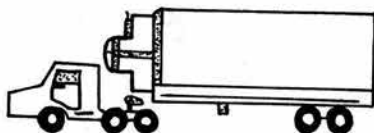
3. Cajas con sistema de cadenas, tiene la capacidad de  $70 \text{ m}^3$  y cargan 19 toneladas. El sistema está compuesto de cuatro cadenas separadas a distancias iguales y sobre estas se encuentran montadas unas soleras metálicas, simulando una especie de carrilera, las cuales arrastran los residuos y los expulsan por la parte posterior, el sistema de acondicionamiento es hidráulico y mecánico, a base de engranes.

4. Cajas con sistema de piso vivo, tienen una capacidad de  $70 \text{ m}^3$  y cargan 19 toneladas. El sistema consta de varias placas de 10 cm de ancho a todo lo largo de la caja formando un piso de aluminio, las placas son accionadas por un mecanismo hidráulico (Pérez,1995). Figura 4.

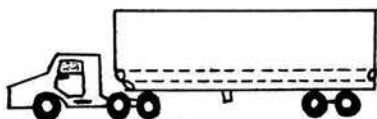
Algunas veces, los camiones recolectores transportan los residuos al sitio de disposición final o a la planta de tratamiento. La distancia de transporte influye enormemente en el costo del servicio, no solo por el transporte en si, sino también por la pérdida de tiempo. De aquí la necesidad de contar con estaciones de transferencia que permitan ahorro de tiempos y movimientos.



1) CAJA DE SISTEMA DE GONDOLA



2) CAJA DE SISTEMA DE COMPACTADORA



3) CAJA DE SISTEMA DE CADENA



4) CAJA DE SISTEMA DE PISO VIVO

FIGURA 4. EQUIPOS DE TRANSFERENCIA.

## **7.4.2. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.**

Las estaciones de transferencia son estructuras en las que se transfieren los residuos sólidos, estas cuentan con accesos independientes tanto para recolectores (camiones) como para trailers. Subiendo una rampa los camiones recolectores llegan junto a las tolvas, en tanto que los trailers (transferencias) se colocan abajo de éstos para ser llenados.

Las tolvas son el almacén que se utiliza para transferir los residuos de recolección a trailers, estos últimos quedan en dirección a la salida.

Cada trailer efectúa cuatro viajes por turno de 8 horas. La cantidad de vehículos para llevar a cabo esta operación hasta 1988 constaba de 115 trailers y de 133 cajas, cada una con una capacidad de 21 toneladas y son llenadas aproximadamente con 7 camiones recolectores.

### **7.4.2.1. TIPOS DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.**

**DESCARGA DIRECTA:** en este tipo de estaciones los residuos son vaciados directamente dentro del vehículo utilizado para transportarlos al sitio final de su tratamiento. Generalmente están contruidos en dos niveles. En el nivel interior se coloca el vehículo de transporte con la cubierta del contenedor abierta. En el nivel superior se coloca el camión recolector, que vacía su contenido en el contenedor del vehículo ubicado debajo de él.

**DESCARGA DE DEPOSITO:** estas estaciones están provistas de un contenedor grande que sirve como depósito de los residuos. Los camiones recolectores vacían sus residuos dentro del depósito y posteriormente los vehículos de transporte son llenados con residuos sacados del depósito. Este tipo de estaciones de transferencia se utiliza en lugares donde el flujo de residuos no es muy grande. Se deben remover los residuos del depósito por lo menos cada dos días.

**COMBINACION DE DESCARGA DIRECTA Y DEPOSITO:** Este tipo de instalaciones combina los dos tipos de descarga anteriores. En este caso, el grosor de las paredes del contenedor no afectará ya que los residuos no contienen los catalizadores necesarios para realizar las reacciones de oxidación que provoquen una intoxicación en los trabajadores.

La capacidad de operación de una estación de transferencia debe ser tal, que los vehículos recolectores no deban estar esperando para descargar. Los camiones recolectores cobran por hora y la pérdida de tiempo significa pérdida de dinero. Al diseñar una estación de transferencia se deben de tomar en cuenta este tipo de detalles para que los beneficios que se obtengan gracias a ella sean mayores que las pérdidas que puedan ocasionar.

Los tipos y la cantidad de accesorios y equipos empleados dependen de la capacidad de la estación. Un equipo que siempre debe estar presente son las básculas, ya que éstas determinan la cantidad de residuo que ha entrado y la cantidad que va saliendo en cada cargamento.

Las estaciones de transferencia deben estar contruidas con materiales que sean fáciles de limpiar. En el caso de que las estaciones sean de descarga directa, hay que rodear el área de intercambio de material con paravientos para evitar que vuelen los papeles u objetos ligeros. Generalmente se utiliza estos paravientos en cualquier estación de transferencia.

#### 7.4.2.2. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.

Las estaciones de transferencia se deben de colocar lo mas cerca posible de los centros más importantes de producción de residuos sólidos. Deben estar en lugares con fácil acceso a las carreteras y/o a los medios secundarios de transporte. También se debe considerar la posibilidad de colocar en el lugar de la estación de transferencia plantas para procesamiento de materiales de los que se pueda producir o recuperar energía. (Zanelli, 1995).

Durante los últimos tres años el sistema de transferencia se ha fortalecido con la construcción de tres nuevas estaciones y el mejoramiento de las ya existentes, incorporando conceptos ambientales compatibles para el control de ruido, polvo, partículas y microorganismos al medio, así como para la prevención y control de fauna nociva. Por ello, las nuevas estaciones son cerradas con paredes acústicas y sistemas hidroneumáticos para lavado y riego, así como con equipos para control de la calidad ambiental interior (Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1993-1994).

En el mapa 1 y en el cuadro 20 se muestran las estaciones de transferencia en el Distrito Federal, localizadas en las diferentes delegaciones.

**CUADRO 20. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA ACTUALES**

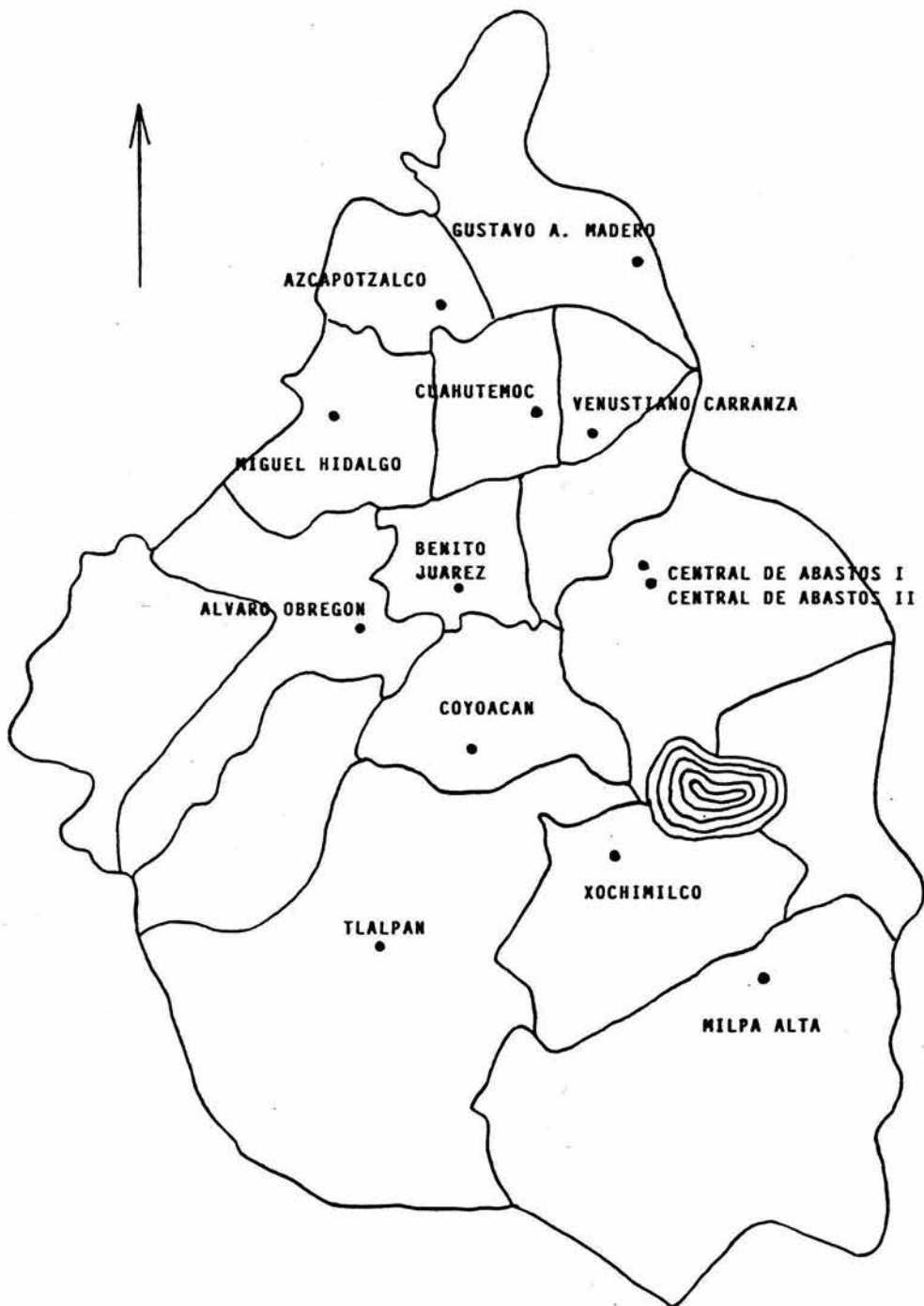
Número	Estación	Año de construcción	Delegaciones atendidas
1	Alvaro Obregón	1992	Alvaro Obregón
2	Azcapotzalco	1973	Azcapotzalco
3	Benito Juárez	1983	Benito Juárez
4	Central de Abastos I	1984	Iztapalapa, Iztacalco, Cauhtémoc
5	Central de Abastos II	1992	Central de Abastos, Iztapalapa
6	Coyoacan	1985	Coyoacan, Tlalpan
7	Cauhtémoc	1979	Cauhtémoc
8	Gustavo A. Madero	1974	Gustavo A. Madero
9	Miguel Hidalgo	1972	Miguel Hidalgo
10	Milpa Alta	1986	Milpa Alta
11	Tlalpan	1991	Tlalpan
12	Venustiano Carranza	1974	Venustiano Carranza, Iztacalco
13	Xochimilco	1986	Tlahuac, Milpa Alta , Xochimilco

La distribución de las estaciones de transferencia en el Distrito Federal, se realizó considerando los siguientes criterios:

1. Cobertura, que se refiere al número de habitantes beneficiados dentro del área de influencia de la estación de transferencia.

2. Vialidad, indica la capacidad de las avenidas (número de carriles) y el flujo vehicular. Esto significa que la maniobra de los trailers y de los camiones recolectores al entrar a las estaciones de transferencia, y en algunos casos, en espera, no deben entorpecer la vialidad diaria.

3. Uso del suelo, no se tiene una clasificación propia para estaciones de transferencia, lo único que permite su construcción es que el suelo este destinado a la misma construcción. (Maya,1995).



MAPA 1. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA ACTUALES.

### 7.4.3. RELLENOS SANITARIOS

La disposición final se refiere a la etapa en la que los residuos sólidos finalmente son depositados en un sitio que puede o no ser controlado. Existen métodos para la disposición final de los residuos sólidos, los cuales están divididos en dos grupos: los métodos no sanitarios, estos pueden ser tiraderos a cielo abierto, también llamados vaciaderos abiertos o vertederos libres; y métodos sanitarios o rellenos sanitarios.

Los tiraderos a cielo abierto, son sitios en los que los residuos son abandonados al aire libre por más de un día, sin ser sometidos a algún tipo de tratamiento. El procedimiento consiste solo en descargar los residuos sin control, en excavaciones antiguas, canteras abandonadas o terrenos apropiados por su configuración. Otras veces estos depósitos se localizan a orillas de ríos, en inmediaciones de bosques y en proximidades a carreteras, y con mucha frecuencia, están aledaños a los centros urbanos, pero fuera de ellos, en donde llegan los camiones recolectores y tiran la basura.

En algunos casos, el control de estos tiraderos esta a cargo de personas que viven de la selección de los subproductos, los pepenadores.

Por todas estas razones, este método es totalmente inadecuado y, sobre todo, antihigiénico, pero por desgracia es el mas utilizado en México y en la mayor parte de los países del mundo (especialmente en los países subdesarrollados).

Según la Sociedad Americana de Ingenieros de Obras Públicas un relleno sanitario es “ el método de eliminación de basura en tierra por el que no se originan molestias ni riesgos para la salud o la seguridad pública, al seguir principios de ingeniería para depositar la basura en la zona práctica de menores dimensiones, para reducirla al volumen práctico mínimo y para recubrirla con una capa de tierra al término de cada jornada o a los intervalos mas frecuentes que resulten necesarios”. (Trejo, 1994).

En el relleno sanitario son depositados los residuos ya clasificados y algunas veces triturados, siendo colocados en capas regulares unos a continuación de otros, que se cubren con un manto de tierra. La fermentación aerobia descompone la materia y los residuos no fermentables permanecen bajo la tierra.

La opción que por su falibilidad de técnica y costo es adecuado para el tratamiento y eliminación de residuos sólidos es el relleno sanitario. Este es el mas utilizado en el mundo. En México debido a la creciente preocupación que por la calidad ambiental y la salud publica se tienen varios proyectos de rellenos sanitarios en diferentes partes del país. (Alanis,1993).

La mejor solución para la disposición final de los residuos sólidos municipales es el diseño y construcción de rellenos sanitarios. Algunos grupos ecologistas y la población en general los pudieran aceptar si se demuestra que no generan problemas de contaminación ambiental. Para ello se requiere que sea una instalación controlada que confine tanto al biogas como a los lixiviados, evitando que puedan migrar mas allá del sitio de confinamiento.

El procedimiento comunmente usado es la construcción de celdas. Todos los desechos recibidos son esparcidos en capas dentro de un área determinada y se compacta al final de cada período



de operación, se cubren con una capa de tierra que también se compacta. Los desechos de material de cubierta compactado constituyen una celda.

La cubierta se hace con material que conforma el suelo del lugar y su espesor depende del tipo de materia, del clima y la erosión del suelo. El material de cubierta empleado en un relleno sanitario se clasifica en: cubierta diaria, intermedia y final y depende de la capa usada que, a su vez dependerá de la susceptibilidad de la erosión por el agua y el viento.

Una guía para usar estas clases de capas, esta determinada por el tiempo de exposición de esta a los elementos y espesor mínimo.

#### **Funciones de la cubierta:**

**Diaria:** evitar la proliferación de vectores como ratas, moscas, etc., evitar el fuego, vuelo de material ligero y paso de la humedad. Su espesor mínimo es de 15 cm y tiempo de exposición de 0 a 7 días.

**Intermedia;** son las mismas que la diaria y en ella se incluye el control de gases, además de que pueden servir como base para superficie de rodamiento. Se compacta una capa de 15 cm y luego otra igual. Su espesor mínimo es de 30 cm y tiempo de exposición de 7 a 365 días.

**Final:** son las mismas que las capas anteriores además del uso final que se haya destinado (sustentar vegetación, etc.). Su espesor mínimo es de 60 cm y más de 365 días de tiempo de exposición.

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 las filtraciones de los lixiviados y evitar la contaminación de aguas subterráneas. Para lo cual es preciso verificar sistemáticamente los mantos acuíferos próximos a los rellenos sanitarios, así como la localización de una red de tubos perforados o pozos y zanjas, rellenos de gravilla, para dar salida al gas metano, producto de la fermentación, que tiene un olor muy desagradable además de ser muy explosivo.

Entre los argumentos en pro de esta técnica se encuentran los siguientes:

- \* Proporcionar rellenos sanitarios con un funcionamiento apropiado en el que el trabajo no ofrezca problemas, sin que tampoco hayan filtraciones de aguas subterráneas y formación de gases.
- \* Convertir las hondonadas en zonas reactivas utilizando los residuos como material base.
- \* Una vez que han llegado al límite los rellenos, los terrenos improductivos que generalmente son hondonadas, se pueden ocupar en centros comerciales, fábricas o fraccionamientos. (Deffis, 1989).

El sitio en el que se pretenda establecer un relleno sanitario debe cumplir con determinadas características geológicas, edafológicas e hidrológicas, entre otras; éstas tendrán carácter obligatorio para la selección de zonas de disposición final de los RSM, con la ratificación del

Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a rellenos sanitarios para la disposición final de los residuos sólidos municipales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1994 (\*Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1993-1994), estas condiciones son las siguientes:

- El manto freático deberá encontrarse a una profundidad mayor de 10 metros.
- La zona de recarga de acuíferos o fuentes de abastecimiento de agua potable deberán encontrarse a una distancia mayor de mil metros, aguas arriba del sitio elegido.
- Las zonas de fracturación deberán ubicarse como mínimo a una distancia de 500 m del sitio y no deberá operar ningún relleno sanitario en la zona fracturada.
- El suelo deberá reunir características tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes.
- El sitio deberá contar con suficiente material para la cubierta diaria de los residuos sólidos, para el tiempo que dure la vida útil del relleno sanitario.
- Deberá tener una vida útil mínima de siete años, tiempo en el cual deberá ser saneado o clausurado.
- El sitio deberá estar ubicado a una distancia mayor de mil metros de la zona de inundación, cuerpos de agua y áreas donde se localicen drenajes naturales.
- Deberá estar ubicado a una distancia mayor de tres kilómetros del área urbana; en una área de fácil y rápido acceso por carretera o caminos de terracería transitables en cualquier época del año; a una distancia mayor de 200 m. de las vías de comunicación terrestre; fuera de áreas naturales protegidas, del área de influencia de aeropuertos, de los derechos de vía de oleoductos o gasoductos, de las líneas de conducción de energía eléctrica y a una distancia mayor de 150 m. de zonas de almacenamiento de hidrocarburos.
- El sitio deberá tener un sistema de drenaje pluvial con que se equipe.
- La pendiente media del terreno natural del sitio no deberá ser mayor a 30% y deberá estar protegida de los procesos de erosión hídrica.

En el área metropolitana el relleno sanitario Bordo Poniente es del que se tiene mas control sobre estos aspectos.

El contar con un sitio que reúna estas condiciones no asegura evitar la generación de contaminantes ambientales (biogas y lixiviados) en la disposición final de los RSM; se requiere una visión que involucre desde aspectos eminentemente ecológicos como el reciclaje y la recuperación de la zona, hasta la alta tecnificación como las obras de ingeniería requeridas para confinar de manera segura los residuos sólidos municipales.

La unidad de todo relleno sanitario es la celda diaria en donde se esparce y se compactan los residuos durante un día, al final del mismo son cubiertos con una capa de algún material, que en caso de ser suelo también se compacta. El funcionamiento de esta celda requiere de instalaciones complementarias para su operación segura desde el punto de vista ambiental, estas son:

- \* Área de acceso y espera
- \* Cerca o área perimetral
- \* Caseta de vigilancia
- \* Caseta de pesaje y básculas
- \* Caminos permanentes
- \* Energía eléctrica

- \* Area de emergencia de disposición final
- \* Area de amortiguamiento
- \* Sistema de impermeabilización
- \* Area administrativa
- \* Pozos de monitoreo de lixiviados
- \* Servicios sanitarios
- \* Almacén cobertizo
- \* Señalamientos fijos y móviles
- \* Sistemas de monitoreo de biogas
- \* Sistemas de captación de biogas
- \* Sistemas de captación y tratamiento de lixiviados
- \* Drenajes perimetrales e interiores (Cortinas, 1993-1994)

No obstante lo anterior existen dos métodos denominados de área y de trinchera respectivamente en cuanto a rellenos sanitarios.

**METODO DE AREA:** Este consiste en la distribución y compactación del volumen de basura diaria en el terreno, al término de la jornada se recubren los residuos con una capa de tierra de 15 cm. inmediatamente se compactan. De esta manera la basura de cada día forma una especie de elevación pudiendo crearse sucesivas elevaciones hasta llegar a formar un montículo; como ejemplo de esta técnica esta Bordo Poniente.

**METODO DE TRINCHERA:** Consiste en la simple excavación de una trinchera para enterrar la basura. La excavación puede alcanzar hasta los 12 m. de profundidad total, dependiendo de los mantos freáticos. Una vez depositada la basura en la zanja, ésta se extiende y se compacta al grado de conseguir la eliminación de bolsas de gas y aire, reducir al mínimo la sedimentación natural y evitar incendios. Esta técnica no se realiza en los sitios de disposición final del D.F.

La compactación, el recubrimiento y el drenaje son las técnicas indispensables para el manejo del relleno. La última capa de recubrimiento debe ser de un espesor mayor a 60 cm., bien compactada y con buen drenaje para evitar estancamientos. (Maya,1995).

Existen dos sitios de relleno sanitario en la ciudad de México, donde se dispone cerca de 90% de los residuos sólidos del total generado.

El relleno sanitario Bordo Poniente ubicado en la Zona Federal del Lago de Texcoco recibe 50% de los residuos que se generan en la zona metropolitana, en tanto que el sitio Santa Catarina en el oriente de la delegación Iztapalapa recibe el 40% restante.

Los principales gases que se encuentran en los rellenos sanitarios incluyen aire, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, nitrógeno y oxígeno. Mas del 90% esta compuesto por metano y CO<sub>2</sub>. Si estos gases salen a la atmósfera de manera no controlada, el metano puede acumularse debajo de alguna construcción pudiendo generar serios accidentes. El CO<sub>2</sub> es muy soluble en agua, por lo que generalmente la acidificará convirtiendo el suelo en un suelo duro al formar carbonatos de calcio y magnesio (Zanelli, 1995). En la figura 5 se muestra el aprovechamiento que se le puede dar a un relleno sanitario como es la obtención de biogas y de energía eléctrica.

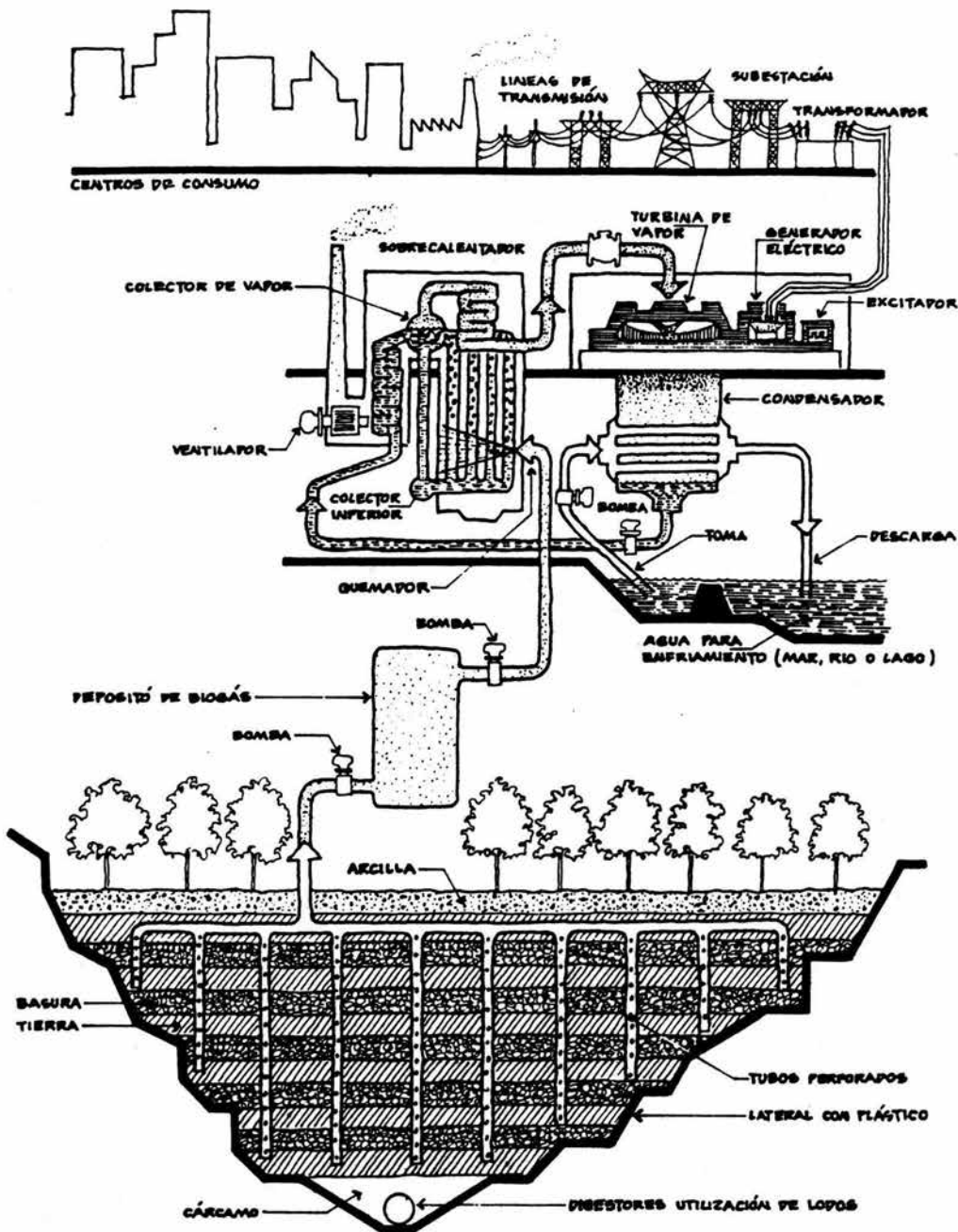


FIGURA 5. APROVECHAMIENTO DEL BIOGAS DE UN RELLENO SANITARIO PARA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA.

## 8. CLASIFICACION POR ENFOQUES RELACIONADOS CON LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

### 8.1. AMBITO ECOLOGICO.

Con el adelanto tecnológico y la aparición de las concentraciones humanas, la calidad y cantidad de los desechos sólidos fue sufriendo grandes cambios originando con ello problemas de salud y contaminación ambiental. Dicho fenómeno ha provocado que el proceso de los desechos sólidos se modifique en forma sustancial, pasando de ser una simple acción de desalojo a un ciclo complejo de disposición final.

Al no haber otra manera de deshacerse de la basura, en algunas ocasiones se arrojan a los ríos, lagos, etc., y da como resultado un foco de contaminación, la producción de gases al fermentarse la basura, los cuales son altamente explosivos, generando nubes fétidas y la proliferación de fauna nociva. (Pérez, 1995).

En los datos proporcionados por la SEDESOL se puede destacar que México genera anualmente 146 millones de toneladas de residuos industriales sin considerar la contaminación de aguas y de la atmósfera. La mayoría de los residuos líquidos y sólidos son tirados al drenaje irresponsablemente, heredando el problema al municipio en cuestión, y en el peor de los casos a los ecosistemas vecinos.

Los desechos de los residuos industriales en el mundo no han tenido el suficiente control sobre la toxicidad y radioactividad de los mismos, lo que ha traído como consecuencia la contaminación de los cuerpos de aguas. En este proceso son corresponsables tanto el que genera y el que almacena los desechos. El establecimiento de un confinamiento de residuos industriales requiere cuidadosos estudios exigidos hoy en día por SEDESOL: de geología, sismología, geografía, climatología, hidrología y demografía entre otros aspectos que contribuyan a determinar el lugar idóneo para evitar la filtración de los residuos. (Fugarrolas, 1993).

La cantidad de desechos en las ciudades cada día se hace mas impresionante, vemos que son acumulados: plásticos, vidrio, papel, aluminio, desperdicios alimenticios, etc., así como material orgánico como cadáveres de animales en descomposición lo que complica su manejo. Todo este potencial puede ser visto como una gran industria de reciclaje, ya que colectando y separando cada material, se obtiene por ejemplo, más plástico, vidrio, aluminio, etc., a partir de los ya existentes, reduciendo el costo de inversión por parte de la industria y disminuyendo los residuos para reducir el disturbio ambiental; lo mismo para los residuos orgánicos en la obtención de composta para producir abonos y fertilizantes y liberación de biogas por descomposición de los microorganismos (Strauch, 1995).

Algunos investigadores (Instituto de Biología, UNAM) han estudiado mecanismos para llevar a cabo el reciclaje del material orgánico utilizando insectos y gusanos, en este caso se ha experimentado con el gusano *Tenebrio molitor*. El propósito de este estudio fue evaluar la capacidad de este gusano para reciclar diferentes productos nutritivos, las variaciones en su valor nutritivo, la cantidad y calidad de las proteínas obtenidas; así como los desechos orgánicos pueden utilizarse para criar a estos insectos, porque constituyen un medio abundante,

constante, muy barato y susceptible de ser reciclado para obtener proteínas para la alimentación animal a precios mas reducidos (Ramos, 1993).

Si bien desde el punto de vista ecológico el reciclaje no es la mejor alternativa, ya que lo mejor sería generar menos basura, la industria del reciclaje propicia que se tenga un ahorro considerable en recursos, por ejemplo, puede establecerse un comparativo de lo que se requiere para la generación de una tonelada de papel;

A) Desde la materia prima virgen, se requiere talar de 14 a 17 árboles; utilizar 15,000 litros de agua, lo que genera un 100% de polución en la misma; se consume un 100 % de energía , y se genera un 80% de contaminación en el aire.

B) Desde el reciclado, también llamado fibra secundaria, se requiere recuperar papel de desecho, el proceso se reduce a la mitad, se dejan de talar de 14 a 17 árboles; se consumen únicamente 5,000 litros de agua, lo que equivale a una reducción en la contaminación del líquido a un 35 %, se consume sólo el 35 % de energía, y la contaminación del aire se reduce a tan sólo un 6% (Castro, 1996).

Como consecuencia de la falta de tratamiento de la basura, cuando ésta se acumula en un sitio al aire libre sin ninguna previsión ni tratamiento (lo cual se conoce como tiradero a cielo abierto) se presentan diversos problemas (Trejo, 1987), entre los que destacan los siguientes:

1. **PROLIFERACION DE INSECTOS.** Debido a que en la basura se presenta gran cantidad de humedad y materia orgánica, resulta un sitio mas conveniente para la proliferación de diversos insectos domésticos y del campo ya que resultan un buen medio para el desarrollo de huevos y larvas. Ademas encuentran en el tiradero a cielo abierto un ambiente idóneo para su reproducción, que le ofrece humedad, temperatura, abrigo y alimento.

Entre los insectos de mayor proliferación están las diversas variedades de moscas y cucarachas, así como algunos gusanos que son muy comunes en los tiraderos a cielo abierto.

2. **PROLIFERACION DE ROEDORES.** Por las características antes mencionadas las ratas y ratones encuentran en los tiraderos un lugar idóneo para proliferar; éstos así como los insectos emigran e invaden zonas aledañas al tiradero causando problemas infecciosos. Las enfermedades que estos animales causan son bien conocidas, detectándose la amibiasis, la malaria, la rabia, la tifoidea, el paludismo, la encefalitis, las infecciones de la piel e intestinales, así como diversas parasitosis y padecimientos cutáneos. Males que directa o indirectamente afectan al hombre debido al mal manejo de los residuos.

3. **MALOS OLORES.** En los tiraderos a cielo abierto la fermentación de la basura se desarrolla en forma descontrolada y lenta, presentándose simultáneamente los procesos aerobios y anaerobios, como esta fermentación se da al aire libre, es frecuente que se formen compuestos malolientes, que pueden percibirse a grandes distancias.

4. **GERMENES PATOGENOS.** Los tiraderos constituyen un peligro para la salud de todos los habitantes debido a la presencia de gérmenes patógenos provenientes de hospitales y rastros (los cuales frecuentemente se mezclan con los desechos domésticos), que podrían ser diseminados por elementos naturales como los vientos y aguas o por transmisores, como insectos y roedores, y así provocar gran variedad de enfermedades.

**5. INCENDIOS Y CONTAMINACION DEL AIRE.** Debido a que al descomponerse la basura, la temperatura del material se eleva a valores cercanos a 40°C, ya que se produce gas metano (el cual es espontáneamente inflamable a concentraciones de 5-15% en aire) resulta muy alta la probabilidad de incendios prolongados ocasionados por la lenta combustión de la basura, además de las cantidades de humo y cenizas que son arrastradas por el viento a zonas cercanas afectando la salud de los habitantes y agravando la contaminación atmosférica.

**6. CONTAMINACION DE LAS AGUAS.** Los tiraderos a cielo abierto ocasionan, con frecuencia la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Las lluvias o los escurrimientos, al infiltrarse a través de la basura en fermentación, arrastran diferentes compuestos solubles formando una solución altamente corrosiva y en ocasiones poco inestable desde el punto de vista bioquímico, conocida como lixiviado, que al seguir infiltrándose en el suelo puede contaminar los mantos freáticos u otros.

**7. CONTAMINACION DEL SUELO Y DEGRADACION DEL AREA.** En el tiradero al quedar toda el área cubierta por desechos, se inutiliza el terreno para cualquier otro fin; también se daña el suelo por la infiltración de los lixiviados, ya que las capas del suelo actúan como atenuadores de los contaminantes impregnándose de ellos.

Con todos estos problemas se favorece la “producción” de ambientes afectados que traen como consecuencia la muerte de especies animales por intoxicación o envenenamiento; lo mismo en el caso de las plantas, ya que se pueden manifestar marchitamiento de hojas y en general toda la planta.

La infiltración de lixiviados trae como consecuencia la destrucción de hábitats naturales en el área afectada, creando de esta forma zonas desérticas.



## 8.2. AMBITO SOCIAL.

El mal manejo de los desechos sólidos, comunmente llamados basura, es un problema de indisciplina social que comparten todos los países del mundo. En las sociedades urbanas no hay manera de utilizar la gran cantidad de productos sobrantes que la misma sociedad genera, y vemos como se van llenando los hábitats urbanos con envases y empaques usados, con material de información, metales, vidrio y desperdicios orgánicos, que de no tener utilización o aprovechamiento en una forma inteligente, se han convertido ya en una carga ecológica muy difícil de soportar. En medio de la sociedad moderna, caracterizada por su desbordante necesidad de consumo, una nueva cultura va adquiriendo práctica: El Reciclaje. (Anónimo, 1991).

La generación de residuos solidos en la República Mexicana ha llegado a niveles que rebasan los límites de la indiferencia; su magnitud, calidad y características, hacen que las autoridades y organismos correspondientes asuman una mayor atención para proponer soluciones adecuadas que minimicen o eliminen el impacto negativo que estos puedan ocasionar al ambiente y fundamentalmente a la salud humana. Parte de la solución al problema de los residuos sólidos es contar con elementos técnicos que permitan un manejo adecuado de los mismos, en particular el almacenamiento temporal que se necesita hasta que estos pasen a ser mejorados por las autoridades o por alguna empresa privada especializada encargada de desarrollar las otras fases subsecuentes. (Fuentes, 1994).

La creciente concentración urbana ha multiplicado los volúmenes de basura y los servicios de recolección, lo que trae como consecuencia que los desechos nunca hayan sido tratados como debe de ser, desde el punto de vista técnico. La basura es piedra angular de los problemas socioeconómicos y políticos por lo cual es necesario la creación de plantas procesadoras de desechos sólidos que realicen la disposición de la recolección diaria en el D.F., en base a los siguientes objetivos:

- \* Evitar que como consecuencia de la acumulación de desperdicios, la contaminación envuelva a la ciudad.
- \* Al desaparecer los tiraderos y convertirlos en zonas industriales se permite el adelanto urbanístico.
- \* Un lugar fijo de depósitos y un diseño adecuado de rutas y tiempos, facilita el control del servicio de recolección.
- \* Alojjar dentro de la industria a los pepenadores del lugar aprovechando su experiencia y colocándolos dentro del plano de obreros industriales.

Como entes sociales, todos los habitantes del planeta somos responsables del futuro, y debemos asumir nuestra responsabilidad histórica y participar para preservar, antes que las consecuencias de nuestros actos sean irreversibles. (Castro,1996).



### 8.2.1. LOS PEPENADORES COMO UN GRUPO SOCIAL.

Los pepenadores constituyen un grupo particular de trabajadores dadas las condiciones en que tienen que realizar su labor; sin protección legal o seguridad social, percibiendo bajos ingresos y habitando en sitios insalubres.

La pepena consiste en seleccionar, clasificar y vender los materiales que contienen los desechos que llegan a los tiraderos y que son demandados para su industrialización. Dentro del tiradero existe una organización interna bien consolidada y controlada por el concesionario, la cual podría considerarse como una "organización informal", debido a que no se rige por los ordenamientos vigentes para otras actividades laborales. Un ejemplo de ello es que no existen contratos en los que se limite la edad o sexo.

En el interior de cada familia existe una organización específica. Cada miembro recolecta diferentes materiales; los niños se encargan de la lata de aluminio, el hueso, plástico, papel y chácharas; los hombres colectan escasamente algunos materiales, como vidrio, metales, cartón papel y llantas, aunque su principal función consiste en llevar a la báscula los materiales ya empacados. Las únicas herramientas con que se cuenta son bieldos, ganchos elaborados por ellos mismos y sus manos.

Una vez seleccionados los materiales, se empaican y se llevan a las básculas, en donde después de ser pesados son pagados directamente por el encargado que tenga ahí el concesionario respectivo.

En la Ciudad de México, una jornada normal de trabajo es de 8 horas diarias y las condiciones generales están determinadas por la Ley Federal del Trabajo. Sin embargo, en el tiradero las condiciones de trabajo son diferentes; se trabaja 10 horas en promedio, pues no se tiene ninguna organización específica al respecto; los pepenadores reciben el pago a destajo de acuerdo a las cantidades recolectadas y con el precio que establece el concesionario; no existe ningún fundamento jurídico que regule las funciones de los miembros. Este tipo de relaciones informales permiten la explotación de los pepenadores y la reproducción de la fuerza de trabajo, pero no crean de ninguna forma las condiciones propicias que aseguren la vida y la salud de los pepenadores y sus familias, es decir no existen elementos que proporcionen una mejora en su calidad de vida.

Una de las razones más poderosas para que los pepenadores no busquen modificar la actual organización que prevalece en los tiraderos radica en que de alguna forma gozan de cierto tipo de "beneficios" que ellos consideran "privilegios". Los pepenadores pueden tener una vivienda pagando exclusivamente los materiales con que será construida cartón y lámina) y sólo en el caso de Santa Catarina pagando rentas muy bajas. El suministro eléctrico es tomado de transformadores cercanos por medio de un cableado improvisado, el agua potable es proporcionada por pipas de la delegación correspondiente. En caso de algún accidente grave el concesionario se encarga de llevarlos a instituciones médicas (públicas o privadas).

Entre los pepenadores existe la creencia de que ellos son los únicos dueños de la basura por lo que no permiten que gente ajena al gremio se las quite, puesto que los dejarían sin fuente de ingresos. Esto es grave cuando se plantean programas de educación ambiental avocados al tema. Esta es una de las dificultades para entrar libremente a los tiraderos y obtener datos reales

sobre el manejo de los residuos, de la misma manera que en la Dirección General de Servicios Urbanos del D.D.F. es casi imposible obtener datos, planes, estadísticas o cualquier información sobre la basura.

Los pepenadores y éstas autoridades menores, temen decir la verdad debido a la posible intervención directa de autoridades superiores, de grupos ecologistas o de la sociedad civil que tratará de regular su actividad, regulación que afectaría su forma de vida que no están dispuestos a cambiar.

Quitarles de golpe los derechos que por ignorancia, desidia, o corrupción de las autoridades, han adquirido los pepenadores aliados con los choferes de limpia y recolección, puede causar un desastre de alto costo social en todos los niveles de la población de la Ciudad de México. Suspender el servicio de limpia y recolección; con sólo tres días se acumularían 45 mil toneladas de desechos en la Ciudad de México.

Se debe señalar que los pepenadores son un grupo social marginado, ya que al emplear su fuerza de trabajo en la recuperación de esa cantidad de subproductos de la basura para reciclarlos, dejan de estar al margen de la sociedad al integrarse con el trabajo de la pepena, al proceso de producción, transformando los desechos de esa sociedad que los margina en bienes útiles que tienen un nuevo valor de uso para la misma sociedad.

El centralismo en el caso de la Ciudad de México, ha propiciado que el Distrito Federal quede rodeado de ciudades perdidas y campamentos provisionales, con gente que no esperan integrarse a la ciudad puesto que la economía en crisis nunca les va a generar nuevas fuentes de trabajo.

Al integrar a este grupo de trabajadores al plan de reutilización productiva de los residuos domiciliarios, podrían ingresar al sector formal con seguridades y prestaciones que señala la ley: Seguro social, INFONAVIT, etc.

### 8.3. AMBITO CULTURAL.

México necesita un cambio de actitudes, pues posee una grave contaminación atmosférica, de sus ríos, lagos, suelos que repercute en la flora y la fauna, pero sobre todo en el hombre. Se debe de actuar unidos y coordinados, ya que solo con la participación de todos como unidad se logrará un medio ambiente sano.

Se podrían mencionar muchas causas que ocasionan la contaminación ambiental, se puede hablar de corrupción en la política, falta de recursos económicos y tecnológicos, pero fundamentalmente detrás de todas las causas, se encuentran la nula o mala educación ambiental.

Existe un desconocimiento real del problema de la contaminación ambiental, creada por la basura, así como las consecuencias que provoca en plantas, animales y en el mismo hombre, es por ello que debe existir una orientación educativa dirigida sobre todo a las amas de casa, quienes son las que comúnmente se encargan del tratamiento de la basura doméstica, acerca del manejo adecuado de los desechos sólidos en el hogar.

Es muy importante la labor del pedagogo (y profesionales de otras áreas interesados en la misma temática) en la educación ambiental, de manera que se permita en la ciudadanía hábitos cívicos, propiciando el cambio de actitudes negativas, impartiendo didácticamente sus conocimientos y educando para que se promueva la convivencia entre los hombres y entre el hombre y el medio ambiente. Por lo tanto debe haber un orden lógico, gradual al pasar de lo educativo a lo ecológico, realizando una síntesis de ambas, sirviendo de base para la elaboración de manuales, textos, audiovisuales, etc. sobre educación del hombre en cuanto al manejo de los desechos sólidos. (Gallardo,1992).

En la ponencia presentada en forma de reporte en la 23a. Conferencia Anual de la Asociación Norteamericana para la Educación Ambiental, en septiembre de 1994 en Cancún, Quintana Roo, México, se hizo fundamental la formación de grupos ecologistas o clubs de ecología en las instituciones de educación superior, lo cual traería como consecuencia, profesionistas con cultura ecológica, que sin ser especialistas, estarían comprometidos con su medio ambiente logrando de esta manera, crear en el futuro una "Industria Ecológica".

Por ejemplo en el sur de Tamaulipas en 1988 se inició en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (I.T.C.M.) en el área de Ingeniería Química el módulo de ingeniería ambiental, optativo para los estudiantes de ésta carrera. Se prevén las alternativas de solución en problemas ambientales como:

Tratamiento de aguas negras

Tratamiento de Residuos Urbanos y Peligrosos

Caracterización de aguas

Conocimiento de los Diferentes Ecosistemas y sus Posibles Alteraciones

Contaminación del Suelo y Atmósfera

Desarrollo de Proyectos de Investigación

Sin embargo, los estudiantes de otras carreras del Instituto, ¿que oportunidad tendrían de conocer, como su actividad profesional, afectaría al medio ambiente?. De ahí surge Generación Ecologista Ambiente 2000, que tiene la idea de apoyar actividades ambientales para todo el alumnado del Instituto con una propuesta clara: no ser un grupo ecologista más, sino aplicar los conocimientos de ingeniería para resolver los problemas con las que nos encontramos todos los días y además estar lo suficientemente preparados para apoyar al sector productivo y gubernamental.

Se propuso y se difundió la idea de la separación y clasificación de los desperdicios domiciliarios, propuesta por otras agrupaciones ambientalistas. De ahí surgió la idea de la campaña municipal "Hoy no hice basura" en junio de 1993, que se realizó dentro de los eventos de celebración del día mundial del medio ambiente, con apoyo total de los gobiernos municipales de Tampico y Madero, De esta manera se ha fomentado consciencia ecológica tanto a la comunidad estudiantil y del tecnológico como a la comunidad en general. La implementación de pláticas por parte de miembros del Grupo Ecologista Ambiente 2000 se han llevado a cabo en escuelas de distintos niveles desde preescolar hasta superior, siempre con magníficos resultados.

De acuerdo a esta ponencia, para lograr y fomentar una educación ambiental:

\* La participación debe ser voluntaria

\* La diversificación de especialidades proporciona una mejor visión del problema

\* El apoyo de ingenieros químicos en GEA 2000 es determinante

- \* Se debe invitar continuamente a los demás estudiantes a interesarse por acciones a favor del medio ambiente
- \* Se deben organizar eventos locales y regionales donde pueda participar directamente la comunidad
- \* Se apoya la idea de formar una red de educadores ambientales en la región
- \* Se debe evaluar en un futuro cercano el desempeño de los integrantes de Generación Ecologista Ambiente 2000 en las funciones profesionales para saber de esta manera si cumple la función de su creación. Todas estas propuestas son válidas para muchas otras organizaciones. (Martínez, 1994).

Por otro lado se ha propuesto que en los laboratorios de enseñanza se debe aplicar un tratamiento de los residuos y se debe fomentar en el estudiante el que un experimento no está terminado mientras no se traten y/o dispongan adecuadamente los residuos generados. Para poder realizar y trabajar un experimento es necesario conocer lo fundamental sobre seguridad en el laboratorio y sobre la toxicidad de las sustancias; así como relacionar el trabajo con la necesidad de cuidar el medio ambiente. Se debe tener información sobre un posible método de tratamiento de los residuos para transformarlos y desecharlos o disponerlos en tal forma que no cause un deterioro al medio ambiente (Ruíz, 1993).

Según el director técnico de Desechos Sólidos del Departamento del Distrito Federal y presidente de la Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos dice que la investigación académica no va a la par de la modernización que en el manejo de la basura han emprendido las autoridades en los últimos años. A pesar de que la basura representa un amplio campo de investigación, la mayoría de las universidades mexicanas no cuentan o son escasos los cursos enfocados al tratamiento de los residuos sólidos. Sólo la Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco y la Unidad de Bioingeniería del Instituto Politécnico Nacional dedican mayor espacio al tema, pero no es suficiente para dar respuesta a la demanda de personal que requieren los sectores público, privado y académico. Las demás escuelas o facultades que tienen relación con el tema, como son las de ingenieros civiles, ingenieros químicos, químicos y biólogos, los abordan muy superficialmente y a nivel maestría sobre ingeniería ambiental hay pocas materias para ver aspectos de los residuos sólidos. En México existe solo un reducido número de expertos en el tema, aunque hayan otros especialistas que lo tocan de manera general. (Tena, 1995).

En la Facultad de Estudios Superiores (FES) Zaragoza, en 1983 se empezó a trabajar con residuos sólidos en la Zona de Santa Cruz Meyehualco y después en Bordo Xochiaca; de esta manera nació en proyecto del Plan para la Rehabilitación de Nuestro Ecosistema Impactado por la Acumulación de Residuos Sólidos, que buscaba caracterizar los sustratos y analizar el efecto de los residuos en esos lugares.

En 1989 se inició en la misma institución el proyecto Plan para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos, que en su primera fase contemplaba la participación del personal administrativo de la facultad, a quienes se dotó de contenedores para depositar papel, que más tarde se recogía para reciclarlo, de esta manera se pretendía crear conciencia en la comunidad para tratar de disminuir los residuos sólidos. Después este plan se conoció como Programa del Manejo Integral de Residuos Sólidos en el cual se invitó a toda la comunidad de la FES Zaragoza. Se instaló un centro de acopio para residuos. El programa pretende que la mayoría de los residuos se reciclen. "Esto requiere que profesores, trabajadores y estudiantes participen depositando los residuos en los tambos correspondientes,

y que los desechos no se mezclen, sino que se trasladen separados al centro de acopio para canalizarlos hacia su reciclaje, con lo que buscan generar un modelo universitario de participación". Comenta el Biólogo Faustino López que el objetivo es generar en los estudiantes una cultura del manejo de residuos para que no viertan los reactivos químicos al drenaje, con esto se impide que los reactivos de la facultad se viertan a la tuberías. (Ayala, 1996).

Por otra parte "La educación ambiental es algo muy distinto de la enseñanza de la ecología. Esto se debe entender en términos de que enseñar ecología es contribuir a la formación en el ámbito de una disciplina científica que tiene un objeto de estudio claramente definido, mientras que educación ambiental implica entender un análisis crítico de las formas correctas de relación entre la sociedad y la naturaleza, de tal manera que en dicho análisis se articulen las ciencias sociales y las naturales en la búsqueda de una explicación integral de la realidad."

Una de las finalidades de la educación ambiental es la de propiciar la solidaridad entre las naciones haciendo ver la interdependencia política, económica y ecológica que es vital para la humanidad. Se podrá solucionar el problema ecológico si se coopera a nivel nacional, delegación con delegación, municipio con municipio, estado con estado; y a nivel internacional, país con país y si se desliga totalmente la idea de competencia.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus recursos (UICN), patrocinada por la UNESCO en 1970, da la siguiente definición de educación ambiental: "Es el proceso de reconocer valores y aclarar conceptos para crear habilidades y actitudes necesarias que sirvan para comprender y apreciar la relación mutua entre el hombre, su cultura y su medio biofísico circundante."

La educación ambiental también incluye la práctica de tomar decisiones y actuar conforme al razonamiento planteado, para ello es importante que las personas estén bien informadas, sensibilizadas y conscientes de la mala actuación del hombre para que tomen buenas decisiones y actúen bien.

Los objetivos de la educación ambiental son los siguientes:

- a) Crear conciencia sobre el medio ambiente y sus problemas
- b) Proporcionar conocimientos que permitan la convivencia adecuada del hombre con el medio ambiente.
- c) Crear y modificar actitudes que permitan una verdadera participación de los individuos en la protección y mejoramiento del medio ambiente.
- d) Crear la habilidad necesaria para resolver los problemas ambientales
- e) Desarrollar la capacidad de evaluación de medidas y programas en términos de factores ecológicos, políticos, sociales, económicos estéticos y educativos.
- f) Garantizar una amplia participación social que asegure una acción adecuada para resolver los problemas ambientales.

#### 8.4. AMBITO ECONÓMICO.

De acuerdo a Wells, R. (1994), la respuesta a los problemas ambientales ha sido una propuesta de no-ganar para los gerentes. El dilema ha sido, "ayude al ambiente y lesione su negocio, o dañe irreparablemente su negocio mientras protege al planeta". En un mundo verde, los industriales pueden rediseñar un producto de tal manera que use menos materias primas que dañen al ambiente o que agoten los recursos; éste esfuerzo si tuviera éxito resultaría en reducciones de costos directos de manufactura y en ahorros de inventario.

La industria de E.U. ha rediseñado sus productos y procesos para reducir el desperdicio, así el mercado esperado para los servicios de tratamiento y eliminación de desechos sólidos no se ha materializado. Los recursos que no se fueron al tratamiento y eliminación de desechos han ido a usos mas productivos de la economía.

La clave para mantener un mejor ambiente es la administración de recursos, no la tecnología. Las tecnologías de reducción de costos van a surgir siempre y cuando los sistemas administrativos identifiquen, prioricen y evalúen las oportunidades ambientales. Lo que necesitamos es mejorar los procesos y productos, no encontrar mejores formas de eliminar la basura.

Si se quieren ampliar los negocios, incrementar la competitividad, proteger el ambiente, atender la salud pública y tener una buena imagen ante el público, todo con una mínima inversión, las grandes empresas tienden a lograr estas metas al reducir la producción final de los residuos que no son aprovechables. Esta reducción en los residuos permite que haya costo y tecnologías bajas, haciendo que el valor de los materiales o productos sean más eficientes, así se incrementa la producción y la competitividad se hace mas difícil. (Underwood, 1994).

El impacto ambiental de los desechos también depende de que si antes de la disposición se les somete a tratamiento para disminuir su toxicidad o no. Socialmente la solución ideal sería que no se produjeran desechos industriales, que todas las materias primas se aprovecharán para producir artículos y que no hubiera desperdicio. Un programa de intercambio de desechos intenta transferir lo que para una empresa son desechos, a otra, para la cual tales sustancias son materia prima. (Robinson, 1994).

Una industria ecológica podría hacer que los residuos o subproductos desechados de un sector fueran procesados por otros, disminuyendo de esta manera la cantidad de desechos. Todos salen ganando con este tipo de programas:

- a) Las empresas vendedoras ven reducidos sus costos de disposición de desechos y obtienen una nueva fuente de ingresos.
- b) Las empresas compradoras obtienen materia prima a menor costo. De esta manera se le da un uso mas racional a los recursos naturales y una forma de mejorar la competitividad de la economía.
- c) La sociedad en su conjunto se ve beneficiada, ya que al haber menos desechos, se reduce la necesidad de tiraderos, rellenos sanitarios o incineradores, y por lo tanto menor contaminación de tierra, aire y agua. (Medina, 1991).



A raíz de la moda ecológica que vive el mundo desde hace algunos años, se ha implementado una nueva cultura con respecto a los productos que normalmente se tiraban a la basura. Así, buena parte de los desechos se han convertido en materia prima, de esta manera se crea un atractivo negocio con el reciclaje de papel, de cartón y de plástico.

Una de las compañías pioneras en integrarse a este redituable negocio fue Sonoco de México. Todos los productos elaborados por esta empresa son ecológicos porque se basan en la fabricación de productos de cartón. Sonoco utiliza todo lo que se encuentra en los grandes centros de recolección para molerlo en sus instalaciones, con ello se produce papel que se utiliza en los diferentes tipos de empaques. La corporación compra el papel a los pequeños pepenadores en centros especiales de recolección. Existen lugares donde juntan el papel, lo procesan y lo enriquecen, posteriormente se producen tubos, conos, tambores, embases y cajas plegadizas. Otro de los productos que se puede llamar nuevo es el esquinero de protección, un laminado compuesto por plásticos de diferentes densidades que se mezclan con papel. Todo esto se desarrolla con la idea de sustituir la madera, para evitar en lo posible la tala de los bosques. Además Sonoco ha instrumentado un programa para introducir en México una nueva modalidad de bolsas de supermercado, las cuales son fotosensibles, esto es que al darles la luz se destruyen en dos semanas. (Ortíz, 1990).

Estudios recientes han demostrado que en el Reino Unido son generados cada año residuos con una energía contenida equivalente a 26 millones de toneladas de carbón, estos residuos incluyen en general basura doméstica, industrial y comercial, y varios residuos agrícolas e industriales especializados. También han sido evaluados como oferta entre las empresas más económicamente activas de energía. (Santen, 1993).

Si el valor de los residuos está basado en que el costo de la colección y el costo de procesamiento podrían ser menores a los ingresos generados por la venta de los productos, entonces es probable que algunas personas no estén de acuerdo con determinadas formas de reciclaje. Si las ciudades están preparadas para contribuir colectivamente, aportando costos adicionales en una calidad de servicio se estará en una etapa de conscientización ambiental para una mejor existencia en el planeta. (Lamont, 1993).

Ha habido muy poca inversión en los residuos sólidos comparado con las necesidades de México. La mayor parte de los 2.5 mil millones de dólares de inversión pública para el medio ambiente en México ha sido para infraestructura en general, construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, mejoramiento de sistemas de manejo, equipo para control de la contaminación, conservación y manejo de la tierra. Existen además muchas oportunidades para la inversión privada en la eliminación de los residuos sólidos. Conociendo las cantidades, fuente, composición y manejo actual de los residuos industriales y municipales es posible estimar la inversión requerida durante esta década para las necesidades no satisfechas de los residuos sólidos en México.

Según estudios realizados se estima que la inversión total requerida es de 7.6 mil millones de dólares. De esta cantidad, aproximadamente 1.5 mil millones serían requeridos para manejar los residuos industriales peligrosos, y aproximadamente 2.6 mil millones de dólares serían requeridos para la eliminación de los residuos industriales no-peligrosos.

Para satisfacer las necesidades municipales de los residuos sólidos, se necesitarían 3.5 mil millones de dólares para la recolección, clasificación, incineración, mezcla y disposición final en el relleno. (Bustani, 1994).

En el cuadro 21 se presentan las estimaciones requeridas para las necesidades no satisfechas de los RSM en México.

**CUADRO 21. ESTIMACIONES REQUERIDAS PARA LAS NECESIDADES NO SATISFECHAS EN MATERIA DE RESIDUOS SOLIDOS EN MÉXICO 1993, SEGUN EL AUTOR**

Necesidades no satisfechas	Ton/día	Operaciones	Inversión
<b>A. INDUSTRIALES</b>			
A-1 Peligrosos	12,325	Solidificación y relleno sanitario	1,500
A-2 No peligrosos	450,000	Relleno	2,600
<b>B. MUNICIPALES</b>			
B-1 Recolectado en basureros abiertos	24,014	Clasificación, incineración, mezcla y relleno	2,000
B-2 No recolectado	18,055	Recolección, clasificación, incineración, mezcla y relleno	1,500
<b>Inversión total requerida</b>			<b>7,600</b>

Los desechos domésticos son posibles generadores de materias primas si son reciclados, obteniéndose así un beneficio social, ecológico y económico. Para conseguir esto es necesaria una planta de tratamiento que cuente con una adecuada identificación de los desechos, transporte y disposición final. Obteniéndose de éste servicio una ganancia tanto económica como social, y pueda ser autofinanciado debido al reciclaje de materiales de desecho (papel, vidrio, etc.). Esta podía ser financiada por la iniciativa privada ya que representa un buen negocio y podría recibir apoyo gubernamental para su política ecológica, o por el sector público ya que actualmente los problemas ecológicos han representado un transtorno político, social y económico, debido a que es muy difícil reeducar a una sociedad mal acostumbrada y muy poco disponible a obedecer reglamentos para manejar el medio ambiente, pero aun mejor, representaría un buen negocio.

Por otra parte vemos que el manejo y disposición final de la basura representa inversión muy alta para el gobierno capitalino. Casi 20 mil empleados desde barrenderos, choferes, tractoristas, hasta profesionistas. Así como tractores, camiones, cajas y máquina pesada, trece estaciones de transferencia, la planta industrializadora de desechos sólidos de San Juan de Aragón y varios edificios de oficinas. De igual manera enterrar la basura ya sea en clausuras de tiraderos o en rellenos sanitarios también tiene un costo y representa un desperdicio y una falta de imaginación de las autoridades que así contaminan la atmósfera, las aguas subterráneas, el suelo y el subsuelo.



Por lo anterior podemos mencionar cinco problemas económicos de los residuos sólidos en la Ciudad de México que pueden ser claves durante la dinámica de reciclado y reuso:

1) La economía ilegal o subterránea que se genera, ya que en la cadena del reciclaje de los subproductos hay enormes sumas de impuestos que se evaden

2) Resulta absurdo estar pagando un alto precio por la limpieza, recolección y disposición final de lo que se considera un servicio público, ya que generan otros problemas como la contaminación de acuíferos subterráneos.

Si repartimos el costo del servicio de limpia y la recolección entre el total de contribuciones reales en el D.F., considerando que fluctúan entre 7 y 10 millones, tendremos que los habitantes de la Ciudad de México pagan por lo menos de 1,500 a 2,200 pesos mensuales por el servicio, sin contar con las propinas que periódicamente hay que darles a los choferes de los camiones para tener un servicio regular.

3) Con las condiciones actuales, y debido a los vicios y mafias que existen alrededor de la basura, no se puede recuperar una mayor cantidad de subproductos inorgánicos, que son los que más fácil se comercializan, puesto que los que no se alcanzan a pepear se entierran.

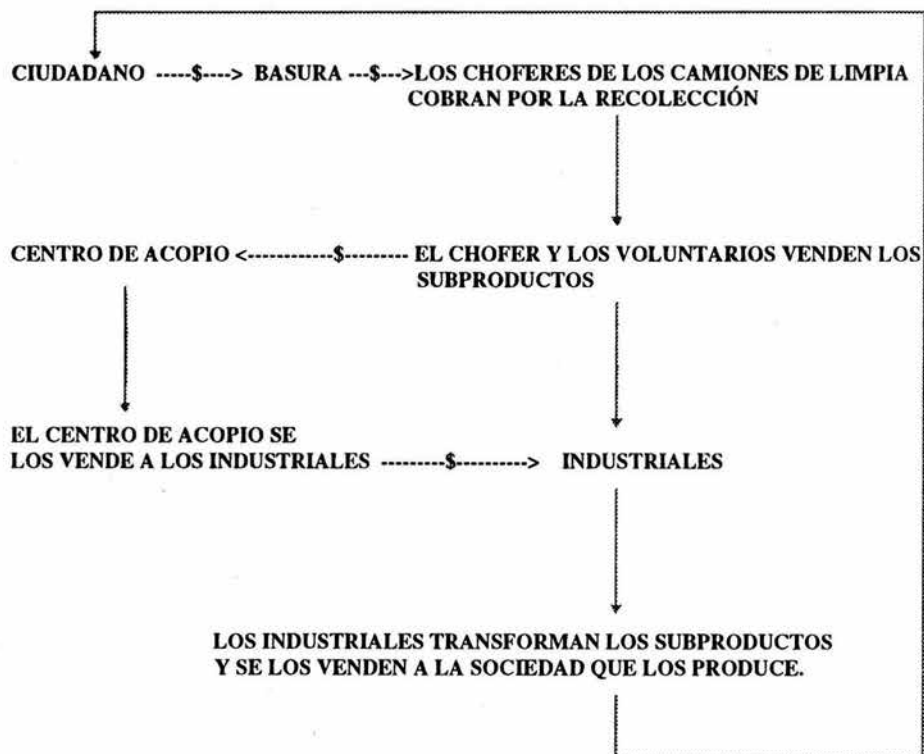
Si consideramos que la ciudad de México produce 7,500 toneladas de materiales inorgánicos, recuperando el 80% se obtendrán 6,000 toneladas al día de residuos inorgánicos y considerando que en algunos centros de acopio lo pagan a 1.50 pesos por kilogramo, se obtendrían 9 millones de pesos diarios en la venta de materiales lo cual representa un buen negocio.

4) La utilización del 100% de la materia orgánica que se lleva a los tiraderos o a rellenos sanitarios .

Si consideramos también el 80% de esas 7,500 toneladas al día de materiales orgánicos que se pueden procesar y vender, tendremos que 6,000 toneladas, menos el 30% de pérdida en el proceso, nos arroja un total de 4,200 toneladas de composta, si se vende a un precio de 2.00 pesos el kilogramo, produciría 8.4 millones de pesos diarios.

5) La basura es un gran negocio, aunque solo para unos cuantos; su manejo implica el control sobre las posibilidades de comercialización. Así podemos decir que el Sindicato de limpia y recolección conjuntamente con los pepenadores "acaparan la basura" y si sienten peligro de perder aunque sea sólo una parte, toman represalias que consisten en no recoger la basura en la zona que le cause problemas.

En el siguiente esquema se puede apreciar claramente que quien no obtiene beneficios económicos dentro de un ciclo de recolección de la basura es el ciudadano común. La familia mexicana que sólo paga para eliminar la basura. Por eso el lema del plan de utilización productiva de los residuos sólidos es: "Lo que antes nos costaba hoy nos produce".



En este esquema podemos apreciar que dentro del ciclo que recorre la basura en todos y cada uno de sus pasos se generan ingresos económicos.

## 8.5. AMBITO TECNOLOGICO.

Algunos países han obligado a las industrias a procesar sus desechos, para ser aprovechados y no sean un peligro para la población. Procesos como estabilización y rellenos sanitarios; tratamiento fisicoquímico; recuperación (reciclaje); elaboración de composta e incineración son los mas utilizados.

Las tecnologías han ido avanzando por lo que a las empresas especializadas les concierne resolver la problemática. Los países del primer mundo, Japón, Europa y Estados Unidos van a la vanguardia en métodos de tratamiento y disposición final. Una planta de tratamiento incluye: personal capacitado; un sistema de control de los desechos y productos que se generen: sólidos, líquidos o gases; responsabilidad y; respaldo económico (Pérez, 1993).

Entre las opciones tecnológicas para el manejo de los RSM se encuentran:

### 8.5.1. RECICLAJE

De acuerdo a la B.P. CHEMICAL, cuando se dispone de los residuos sólidos hay un dilema entre reciclaje, incineración y relleno. Esta empresa ha estado desarrollando procesos químicos a temperatura y presión bajas para transformar materiales plásticos de botellas y envolturas en plásticos vírgenes. Este proceso estará en una planta piloto que producirá hidrocarburos reciclados a una velocidad de 20 kg/hr. El reciclaje convencional de plásticos por el reprocesamiento de materiales sólidos tiene limitaciones ya que la resinas producidas son inadecuadas para un uso original. (Anónimo, 1993(1)).

Por su parte investigadores alemanes han encontrado una nueva forma para reciclar las calaveras y defensas de los autos. Encontraron que el polimetil metacrilato (PMMA) es reciclado favorablemente gracias a sus propiedades químicas y físicas. Sin embargo el reciclaje es costoso y depende de las partes diseñadas. El material reciclado dice Röhm, ofrece una alternativa para los grupos de materiales que se utilizan para la construcción de viviendas. Se están tratando de transferir los resultados de laboratorio y planta piloto para una plataforma de producción, creando así, a partir de esos materiales reciclados materiales para la construcción. (Anónimo, 1993(2)).

La Food and Drug Administration (FDA), empresa norteamericana esta interesada en ayudar a resolver el problema de los residuos sólidos, con el uso de polímeros reciclados para empaques de alimentos. Debido a que el plástico es permeable existe la posibilidad de que un pesticida o aceite de motor pueda ser absorbido por el mismo y contenerlo en resinas después de reciclado. Por otra parte el vidrio, el aluminio y el acero han sido usados con seguridad en contacto con los alimentos por muchos años, ya que la impermeabilidad de éstos materiales y las altas temperaturas usadas durante el reciclaje los excluyen de la posibilidad de contaminar el producto final reciclado. Esta empresa sigue investigando el reciclaje de plásticos para que sean seguros al ser usados en contacto con alimentos. (Helen, 1993).

Por su parte las autoridades de Estados Unidos y Australia han aprovechado una nueva tecnología que permitirá el manejo del plástico reciclado para ser usado por primera vez en empaques de alimentos. Le llamaron sistema repetición multicapas. Este trabajo utiliza

polietileno tereftalato (PET), consiste en formar tres capas de plástico; una interna de PET reciclado envuelta de dos capas vírgenes, así el plástico virgen previene la contaminación de los alimentos. (Anónimo, 1993(3)).

El uso de cartón reciclado para la fabricación de papeles para empaques se ha incrementado debido a que las fábricas de papel utilizan mayores porcentajes de fibras recicladas en sus mezclas, esto aunado a preservar el medio ambiente.

El volumen de fibra reciclada que se puede utilizar en las fabricas de papel depende principalmente de:

1. Volumen de desperdicio disponible en el mercado nacional e internacional, así como el volumen de celulosa virgen.
2. Calidad del cartón reciclado, el cartón corrugado que se recolecta se debe seleccionar de manera minuciosa para eliminar todos los materiales contaminantes como: plásticos, vidrios, uncel, hilos, madera, etc.,
3. El precio del cartón corrugado debe ser competitivo con otras materias primas fibrosas existentes en el mercado.

Cuando se utiliza papel reciclado se tienen ventajas en ahorros de consumo de energía, agua y productos químicos, con respecto al uso de celulosa virgen, sin embargo el cartón que se esta reciclando actualmente en México, ya ha sido reciclado en varias ocasiones lo que impacta de manera significativa en el desarrollo de características de resistencia en la fabricación de papel, esto hace que las empresas deban contar con equipos y tecnología adecuada para el uso de estas fibras. (Zamora, 1996).

El reciclado de envases de vidrio en nuestro país tiene mas de 50 años de existencia. Se ha utilizado por la industria y dentro del ramo artesanal como materia prima. Entre los beneficios de la industria al utilizar vidrio reciclado se encuentran:

1. Reemplaza las mezclas básicas como materia prima ( una mezcla básica esta compuesta de soda ash, arena sílica y caliza, que son los ingredientes principales en la formación del vidrio para envases).
2. Cuando es utilizado en los procesos de fundición, los hornos pueden operar a menor temperatura que cuando trabajan con mezclas básicas, lo cual lleva a un ahorro de energía y a una mayor vida del horno.
3. Lleva a operar a una planta a una mayor capacidad en comparación a cuando se utilizan mezclas.
4. Reduce las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Cuidados que se deben tener cuando se recicla vidrio. El vidrio reciclado contiene toda clase de impurezas como son: materiales orgánicos (papel y cartón), metales magnéticos (especialmente hierro), metales no magnéticos (aluminio, zinc, etc.) y materiales inorgánicos (pedazos de cerámica, barro, porcelana, grava, escoria, piedras, etc.) y plásticos.

Además de lo anterior, el vidrio de envases reciclados es contaminado con vidrio de composición diferente como son: vidrio plano, de ventana, de foco, de laboratorios, platos, tazas de cerámica, etc.. Todos estos materiales no son compatibles con el vidrio de envases, por lo cual deberán ser separados.

Entre los efectos de los contaminantes en el vidrio reciclado están: el material orgánico es relativamente inofensivo cuando no hay en exceso; el hierro es peligroso, principalmente por su ataque al fondo del horno, ya que la formación de fusiones de silicatos de hierro conducen a la destrucción de los materiales refractarios; los metales ligeros no magnéticos se quedan en el vidrio fundido formando inclusiones de silicio, los cuales afectarán la resistencia de los envases. (Pérez, 1996).

El plástico es el resultado de la polimerización de numerosos grupos de átomos que repiten la misma fórmula, es un material susceptible de moldearse.

El polímero es el material sintético de resinas artificiales moldeable bajo presión a altas temperaturas, en un compuesto químico de varias moléculas idénticas. Las ventajas de este material son: es un material ligero, térmico, versátil, seguro (no se rompe), es aislante y sirve para cocinar en microondas. Con frecuencia se critica a la industria del plástico por estar creando un problema con los residuos que genera, sin aportar una solución válida. (Zamora, 1996).

Los plásticos de desecho pueden clasificarse en industriales y municipales, para su reprocesamiento sólo se consideran los termoplásticos. Los desechos plásticos municipales son más difíciles de reutilizar por las siguientes razones: a) Es problemática la recolección; b) Normalmente conviene separar previamente los diferentes plásticos, con el fin de obtener buenas propiedades con el material procesado; c) En muchos casos es necesario el proceso de lavado y secado, aumentando con ello los costos.

Entre los principales usos que se le pueden dar al plástico reciclado están:

Producción de materia prima plástica.

Confección de un sinnúmero de objetos, artefactos y materiales de construcción.

Producción de mezclas de termoplásticos usando el plástico de desecho.

Como agente aglutinante en fabricación de materiales aglomerados (materiales compuestos).

Uso de partículas finas de espuma de poliestireno en tierra para jardín.

Como agente filtrante artificial y absorbente de aceites.

Agregado de espuma de poliestireno pulverizada para mezclar con cemento y producir concreto ligero.

Mezcla de plásticos con fibras para producir materiales de construcción, etc.

Para que el reciclaje del plástico pueda ser una realidad lo que se debe tomar en cuenta fundamentalmente es que los fabricantes de estos materiales especifiquen el número de clasificación que permita de una manera rápida separarlo, y así propiciar su recuperación y transformación, ya que en la actualidad este producto es generador de grandes volúmenes en los tiraderos.

Tomando en cuenta que en México sólo el 1% de plástico es reciclado, se debe prestar mayor atención para incentivar su reciclaje y generar nuevas tecnologías. (Antúnez, 1996).

En la actualidad en México se generan infinidad de productos plásticos que no especifican su composición; la mayoría de los fabricantes de envases de plásticos en otras partes de mundo codifican ahora sus productos con un número del 1 al 7, que representan las resinas más comunes, lo cual facilita su clasificación.

Clasificación de resinas de acuerdo a la Society of the Plastics Industry (SPI).

	RESINA	MATERIAL
PET	Polietileno Tereftalato	Botellas de refrescos carbónicos, recipientes para comida.
PE-HD	Polietileno de Alta Densidad	Botellas de leche, botellas de detergente, productos en forma de lámina, tales como bolsas.
PVC	Policloruro de vinilo	Recipientes domésticos y de comida; tuberías.
PE-LD	Polietileno de Baja Densidad	Envase de película fina y envoltorios; otros materiales de lámina.
PP	Polipropileno	Cajas para botellas, maletas, tapas y etiquetas.
PS	Poliestireno	Vasos y platos de espuma, artículos moldeados por inyección
OTROS	Todas las demás resinas y materiales multilaminados	Plásticos no seleccionados.

Los plásticos mas comunmente reciclados son el PET/1 y el PE-HD/2.

Usos del plástico después de haber sido reciclado:

PET/1. Se recicla en fibras de poliester utilizadas para fabricar sacos de dormir, almohadas y ropa de invierno. Se usa también para bases y fibras de moqueta, películas, correas, envases de comida y plásticos para la industria automotriz. Un uso alternativo a este material es logrado en base a la despolimerización de botellas y se repolimerizan en resinas de calidad virgen para nuevas botellas de refresco.

PE-HD/2. Este material se regranula para producir botellas de detergente o de aceite para auto, para envolturas protectoras, bolsas de plástico y productos moldeados como juguetes y cubos.

PVC/3. El PVC es una resina de alta calidad que necesita poco o ningún tratamiento, pero se recicla muy poco porque los costos de recolección y selección son muy caros. Se recicla en cortinas para baño, alfombras plásticas, tubería para riego, macetas y juguetes.

PE-LD/4. Polietileno de baja densidad, es la llamada película plástica de la cual se fabrica: el PACK que se usa para empacar comida, es la funda plástica de los pañales y también se usa para elaborar bolsas de basura, es un plástico que no genera volumen y que por lo general termina en los basureros.

PP/5-Polipropileno. Se regranula para elaborar cajas de baterías de automóvil, tapas de recipientes, etiquetas de botellas, tablas de plástico, postes y muebles de jardín; se usa en poca cantidad para envases de comida.

**PS-6-Poliestireno.** El 25% de este material se usa para elaborar envases de comida rápida, para empaquetar carne, para embalaje, para vasos y cubiertos. Según la PSI este plástico ocupa sólo el 1% del volumen de los residuos sólidos, sin embargo su transportación y recuperación, debido al bajo peso que tienen, es costosa, es por eso que se le ha considerado como un producto inútil del que podría prescindirse.

**Plásticos Mezclados y Multilaminados.** Se usan para envasar catsup y mayonesa, no tienen mercado como producto regranulado, por lo que se les utiliza en los flujos de plásticos usados, especialmente el polietileno y polipropileno, para elaborar productos que no tienen grandes especificaciones como serían las defensas para autos, postes, vigas, vallas, etc.

El reciclaje de basura representa además una importante posibilidad de hacer negocio, requiere de una población consciente de que su participación en este proceso es determinante. Se recomienda separar los desperdicios de acuerdo al siguiente procedimiento:

a) El plástico se obtiene del petróleo y las reservas de petróleo no duran más de 50 años, cuando se tira a la basura contamina durante muchos años aún cuando sea biodegradable, el 95% de los plásticos son reciclables si están limpios.

b) Las cajas de cartón se despegan y se guardan planas, las hojas no se arrugan y se colocan extendidas, por cada tonelada de papel y cartón se dejan de cortar 17 árboles .

c) Las latas se pueden abrir de un sólo lado y guardarlas metidas unas adentro de otras, o abrirlas de los dos lados para aplanarlas.

d) El vidrio se puede reutilizar o ser reciclado, ahorrando con esto muchos recursos naturales, una tonelada de vidrio reutilizada varias veces como frascos, ahorra 117 barriles de petróleo.

e) Dentro del grupo de varios, entran todos los objetos fabricados con diferentes materiales, y que no se pueden separar fácilmente.

f) Los materiales orgánicos no se reciclan, pero a partir de ellos se puede hacer composta. La composta es un abono muy rico ya que no contiene productos químicos los cuales son muy contaminantes para la tierra y para el ser humano. (Massieu, 1992).

## LISTA DE DESPERDICIOS QUE PUEDEN SER UTILES MEDIANTE UN RECICLAJE:

### PLASTICOS (\*)

Bolsas, botes y tapas  
Ega pack  
Discos  
Objetos de acrílico  
Hule espuma  
Botones de plástico  
Medias nylon  
Cepillos de dientes  
Unicel  
Plumas y plumones  
Juguetes de plástico.

### PAPEL Y CARTON

Desperdicios de papel  
Hojas y cuadernos  
Periódicos  
Revistas  
Invitaciones  
Cajas de cartón  
Papel encerado  
Envolturas de papel  
Etiquetas  
Papel celofán  
Fotografías  
Cartones de huevo  
Tetra pack

### METALES (\*)

Latas de conservas, de cerveza  
y de refrescos  
Tapas de metal  
Corcholatas  
Botones de metal  
Papel aluminio  
Bolsa interior de leche en  
polvo  
Pasadores de pelo  
Alfileres  
Grapas  
Ganchos de ropa  
Alambre  
Cacerolas de aluminio, acero  
inoxidable

### VIDRIO (\*)

Frascos de vidrio  
Frascos de medicina  
Focos  
Vasos  
Ventanas  
Espejos  
Floreros

### VARIOS

Pilas  
Cerámica  
Hule  
Telas, hilos y estambres  
Aérosolos  
Zapatos  
Brochas y pinceles  
Lápices labiales  
Fibras para trastes  
Aparatos eléctricos  
descompuestos  
Cuero  
Juguetes de varios materiales

### CONTROL SANITARIO

Pañales desechables  
Toallas sanitarias  
Algodones y gasas usadas  
Jeringas

### COLILLAS DE CIGARROS

### MATERIA ORGANICA

Desperdicios de comida,  
frutas y verduras  
Desperdicios de carne, pollo y  
pescado  
Huesos  
Cascarones de huevo  
Mimbre  
Paja  
Ratán  
Poda de jardinería  
Pedazos pequeños de madera  
Escobetas  
Estropajos  
Basura de aspiradora  
Ceniza

(\*) Lavarlos cuando estén sucios.



### 8.5.2. INCINERACIÓN.

La Comisión de Contaminación Ambiental Royal en Gran Bretaña, dice que bajo condiciones controladas es posible que la incineración sea la mejor opción para disponer los residuos. Para la incineración de los residuos químicos y municipales que no pueden ser reciclados están: los residuos clínicos; cadáveres de animales y; llantas usadas. La incineración permite obtener energía para generar electricidad o proveer de vapor o agua caliente. La Comisión también considera implicaciones de sanidad al tomar en cuenta que las emisiones de plantas de incineración bien empleadas, cumpliendo con las normas establecidas es improbable que cause efectos de salud. (Anónimo, 1993(4)).

Con la incineración se elimina el problema de la salud, originado por la acumulación de desperdicios; se reduce el volumen de desechos sólidos en un 85% y por lo tanto requiere menos tierra para su eliminación; para la incineración puede utilizarse equipo de diversos tamaños, desde equipos caseros hasta incineradores municipales con capacidad de hasta 1,000 toneladas diarias; los residuos son inertes, inodoros y fáciles de manejar. La desventaja de la incineración es que se desperdicia la enorme cantidad de materias primas que conforman la basura.

### 8.5.3. COMPOSTAJE.

Debido a que en México el 52.98% del total de los residuos generados son orgánicos; el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante la fabricación de composta a gran escala puede ser la respuesta adecuada ya que mas de la mitad de los residuos pueden ser, no solamente dispuestos, sino que su alto contenido energético puede reaprovecharse mediante éste método de tratamiento.

El compostaje involucra una tecnología alternativa que se ha utilizado en México desde la década de 1970. Como se menciona en el capítulo 6.2 la composta consiste en una serie de transformaciones en procesos metabólicos para la descomposición incompleta de la materia orgánica heterogénea mediante la acción de una población microbiana, bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y concentración de oxígeno.

El compostaje como método de tratamiento y confinamiento representa ventajas como: reducción del volumen de desechos; destrucción total de parásitos patógenos; reciclado de residuos orgánicos; reducción de problemas de contaminación y salud pública asociados al mal manejo de la basura y; producción de un producto estable, no contaminante y con excelentes propiedades para mejoramiento de suelos (Villaseñor, 1995).

#### 8.5.4. RELLENO SANITARIO.

El método de relleno sanitario es una tecnología la cual en México no ha tenido gran auge. Sin embargo en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se cuenta con el de Bordo Poniente y el de Santa Catarina.

Entre las ventajas de un relleno sanitario se puede decir que es el método más económico para la disposición de los desechos sólidos, su inversión inicial es baja, es un método completo de disposición final ya que no deja residuos, se puede poner en operación en corto tiempo, recibe todo tipo de desechos sólidos, con esto se reduce la necesidad de recolecciones separadas, al terminar el procesado el terreno se puede habilitar como campos deportivos, aeropuertos, estacionamientos, etc.

Como desventajas podemos decir que en áreas muy pobladas el terreno apropiado puede estar muy lejos por lo cual resulta muy costoso 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 de mantenimiento periódico, las construcciones sobre el relleno son especiales y muy limitadas debido a los gases y asentamientos. (Trejo, 1994).

## 8.5.5. PATENTES NUEVAS INVOLUCRADAS EN EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El tema de los residuos sólidos y su tratamiento cada día tiene mas auge debido a la gran problemática que representa, es por ello que en la actualidad son mas los investigadores que se inclinan hacia la búsqueda de nuevos métodos y técnicas que lleven a resolver el problema de la cada vez mas creciente emisión de los desechos sólidos por parte de las poblaciones e industrias.

Las patentes americanas más recientes, las cuales fueron recopiladas del compact disc de los años correspondientes a 1993-1994 ( USPs Claim and Abstract Papeents Searching December 1994. [1993-194], 1995 Micropatent, 250 Dodge Avenue, East Haven CT. 06512-3358 USA), las podemos clasificar en nueve grupos tomando en cuenta su técnica o al producto que originan.

### 1) *Por trituración, picado, molido, machacado de materiales*

- No. 5007590    Aparato y método para mezclar residuos sólidos o semisólidos con aditivos  
5024770    Separación de residuos, sistema de reciclaje y procesado  
5269474    Equipo para un picado continuo de basura municipal y otros residuos en general  
5372077    Sistema de disposición de basura  
5411213    Método para el tratamiento de materiales sólidos  
5431347    Sistema y método para eliminar residuos.

### 2) *Por la producción de biogas y energía*

- No. 4953457    Método de un aparato compactador de un ciclo continuo, incluyendo una circulación forzada en una precámara de aire para tratar residuos sólidos urbanos biodegradables y separando y reciclando los componentes no-biodegradables de ellos  
5009672    Proceso para reciclar y reutilizar residuos, en particular residuos sólidos urbanos  
5400726    Método para tratar basura o residuos y prensa mejorada para implementarlo  
5423891    Método para una gasificación directa de residuos sólidos

### 3) *Por la producción de combustible*

- No. 5114541    Proceso para producir combustible sólido, líquido y gaseoso a partir de material orgánico  
5288413    Tratamiento de un residuo de un fango para producir un combustible no adhesivo

### 4) *Por purificación para eliminar contaminantes de aguas residuales*

- No. 5374358    Sistema para tratar efluentes residuales comerciales

### 5) *Por la fijación y estabilización de residuos peligrosos*

- No. 5087375    Método para producir materia prima industrial insoluble a partir de desperdicios.  
5193936    Fijación y estabilización de plomo de suelos contaminados y en residuos del suelo.

6) *Por incineración, para obtener cenizas*

- No. 5177305 Procesos de incineración de residuos  
5245114 Inmovilización de plomo a partir de cenizas finales  
5387739 Tratamiento de cenizas residuales municipales

7) *Por descomposición por radiación*

- No. 5100638 Método por descomposición fotoquímica de materiales orgánicos

8) *Por compostaje*

- No. 4934235 Método para tratar residuos  
5184780 Eliminación de residuos sólidos  
5253764 Sistema para tratar residuos domésticos

9) *Por la formación de partículas de cerámica (cementos)*

- No. 4952242 Composición para solidificación o semi-solidificación de materiales residuales  
5268131 Método para hacer partículas de cerámica de peso ligero.



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGÍA  
UNAM

1) POR TRITURACION, PICADO, MOLIDO, MACHACADO DE MATERIALES

En todos estos métodos lo primero que se hace es recolectar y preclasificar los residuos sólidos para reducirlos de tamaño. El invento 5007590 propone un método para tratar residuos sólidos o semisólidos altamente viscosos. Se reduce su tamaño triturándolos por medio de un molino, después se separan y homogenizan con un mezclador de cuchillas anchas, posteriormente el residuo se mezcla con un aditivo para un uso futuro (Taylor, 1991).

Otro tratamiento similar al anterior, pero con la variante de que se le aplica un agente antiaglomeración es la patente 5411213, el resultado es la formación de partículas grandes (Just, 1995).

En el método 5024770, los residuos se procesan y separan por medio de un molino rotatorio húmedo, a el cual se le bombea agua subterránea de un relleno sanitario para un proceso de ablandamiento y pulverización de material biodegradable; en éste método se separan los materiales en biodegradables y no biodegradables. (Boyd, 1991).

El invento 5269474, consiste en un equipo para picar o triturar la basura municipal, después se compacta y se lleva a rellenos sanitarios; con esto se reduce el volumen de la misma, las aguas residuales son tratadas. (Reis, 1993).

La patente 5372077 propone un sistema para eliminar basura, incluye una unidad clasificadora de basura, la cual consiste de un mecanismo de corte, una separación a través del agua, exprimidores y un separador con ventilación que es controlado para separar plásticos y minerales. Cuenta con un horno controlado para quemar la basura, una unidad de tratamiento controlado para gases residuales y una unidad controladora para tratamiento de aguas residuales. (Yen, 1994).

El método 5431347, incluye un patio para almacenar partículas de desecho, a estas partículas se les da un pretratamiento para separar materiales, en un aparato criogénico se incluyen partículas no metálicas, el sistema incluye un aparato de separación de partículas de peso ligero para separar residuos tratados en material espumoso y otros residuos; y un aparato recolector para separar residuos tratados en material espumoso y otros residuos; y un aparato recolector del agente espumante, con lo cual se separa el material espumoso en plásticos sólidos y agente espumante gaseoso el cual se licua y enfría. (Hayas, 1995).

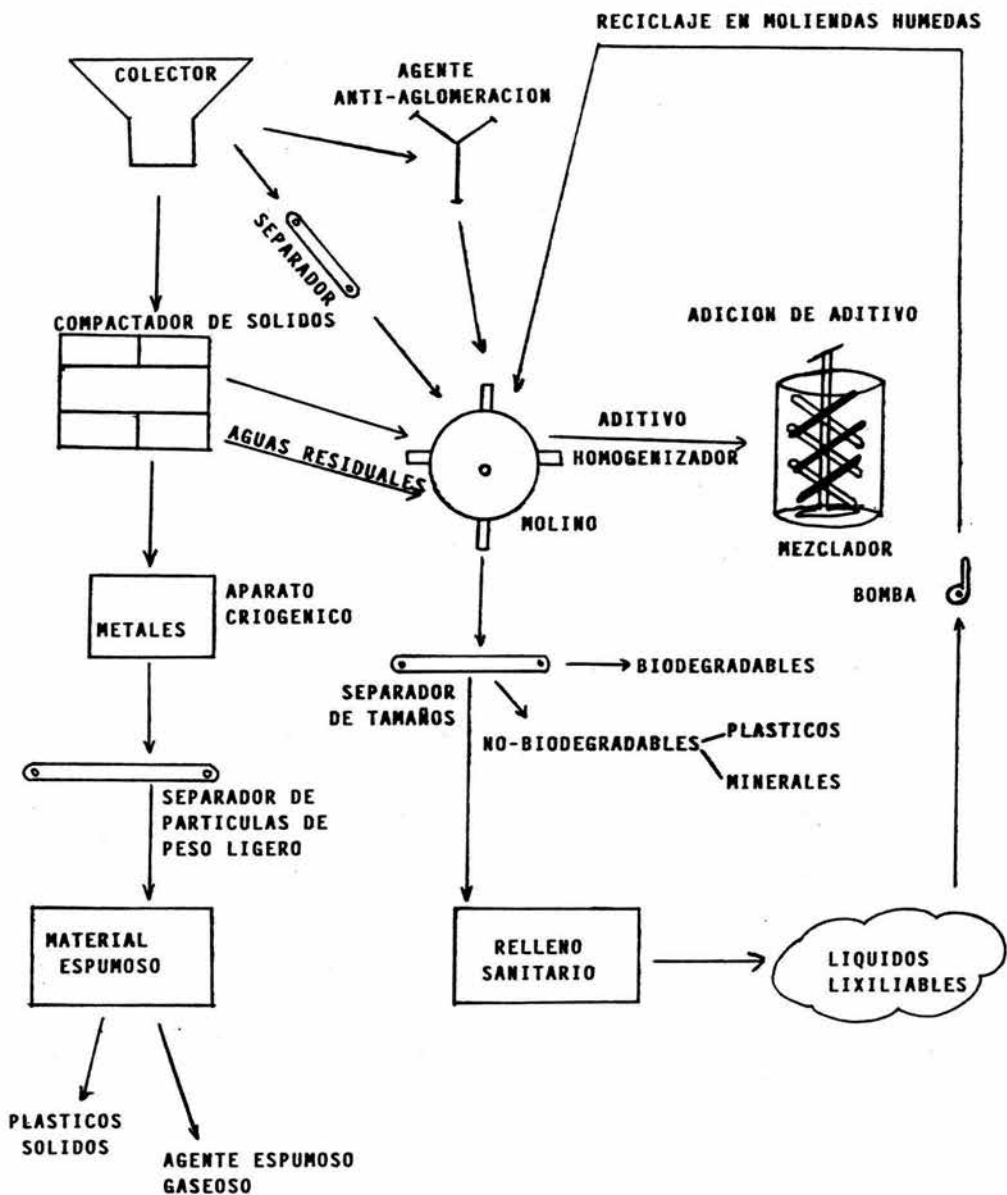


FIGURA 6. POR TRITURACION, PICADO Y MOLIDO DE MATERIALES

## 2) POR LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS Y ENERGIA

Estos métodos se basan en la compresión de materiales aplicándoles presión. En la patente 4953457, se alimentan los residuos en un cuarto tubular cerrado, pero ventilado, hacia el cual se lleva aire comprimido, para comprimir el residuo a un grado predeterminado. Se pasa y se filtra el biogas producido a través de filtros de sifón hidráulico; separara el filtrado, se recicla hacia el cuarto de tratamiento para humedecer la masa compactada y entonces se separan los sólidos no biodegradables. (Campo, 1990).

En el proceso 5009672, los residuos sólidos urbanos se someten a una compresión de alta presión, para separar material orgánico en descomposición, de un material seco finamente separado. El material orgánico entra en un proceso de fermentación anaerobia en un reactor sellado para extraer biogas y obtener humus blando; el humus se somete a un refinamiento y a un proceso de cribado (tamizado) para recuperar materiales ligeros; estos se combinan con el material seco, a su vez estos dos materiales se someten a un proceso de cribado para separar material combustible, como papel, tela madera, plásticos, cuero y caucho, del material inerte como vidrio, polvos y metales ferrosos. El material combustible se tritura, se selecciona y tamiza, y de las partes ligeras se forman bloques para producir un combustible sólido. (Ruffo, 1991).

La patente 5400726 propone someter los residuos a una compresión sobre una presión final mayor a 800 Bar para extraer una fracción fermentable en forma de pulpa húmeda, y separar una fracción sólida combustible con una humedad relativa de menos del 20%, la compresión de los residuos empieza a efectuarse en dos fases sucesivas, en una cámara provista con orificios para extrudir la fracción fermentable y una salida para la fracción combustible. De la fracción fermentable se obtienen ventajas de su biomasa para producir productos orgánicos; y con la fracción combustible, para la producción de energía. (Dummons, 1995).

La patente 5423891 propone un método de gasificación directa de materiales de desperdicios sólidos con contenido de hidrocarburo para producir un gas combustible con contenido calorífico, dicho método comprende los pasos en secuencia de:

- a) se precalientan los sólidos HCS transportadores de calor en un quemador de efecto rápido, incluyendo un horno que quema un combustible mezclado con oxígeno a una temperatura suficiente para romper térmicamente el hidrocarburo del residuo sólido directamente a un gas combustible de alto contenido calorífico;
- b) Se separan el HCS caliente de los productos de combustión del combustible y la mezcla de oxígeno;
- c) Se alimentan los HCS calientes dentro de una retorta de un horno rotatorio de eje horizontal, el cual tiene un recubrimiento refractorio sellado para gases, con dicho hidrocarburo contenido en los residuos sólidos en ausencia de oxígeno;
- d) Se mezclan los residuos sólidos con HCS en dicha retorta del horno rotatorio por contacto sólido-sólido, en ausencia de oxígeno por un tiempo suficiente para calentar el residuo a una temperatura en la cual todo el contenido de hidrocarburo de los residuos es convertida por un rompimiento térmico directamente en un producto gaseoso de alto contenido calorífico, y en la retorta residuos conteniendo carbón;
- e) Se separan los HCS de los residuos en la retorta del producto gaseoso;
- f) Se recicla el HCS separado para regresarlo a el horno de quemador de efecto rápido para recalentar a un temperatura en la cual el calentamiento de HCS es en contacto sólido-sólido en dicha retorta del horno rotatorio con contenido de hidrocarburo sólido adicional, el rompimiento térmico del hidrocarburo del residuos sólido adicional ocurre produciendo un gas combustible de alto contenido calorífico. Taylor, 1993).

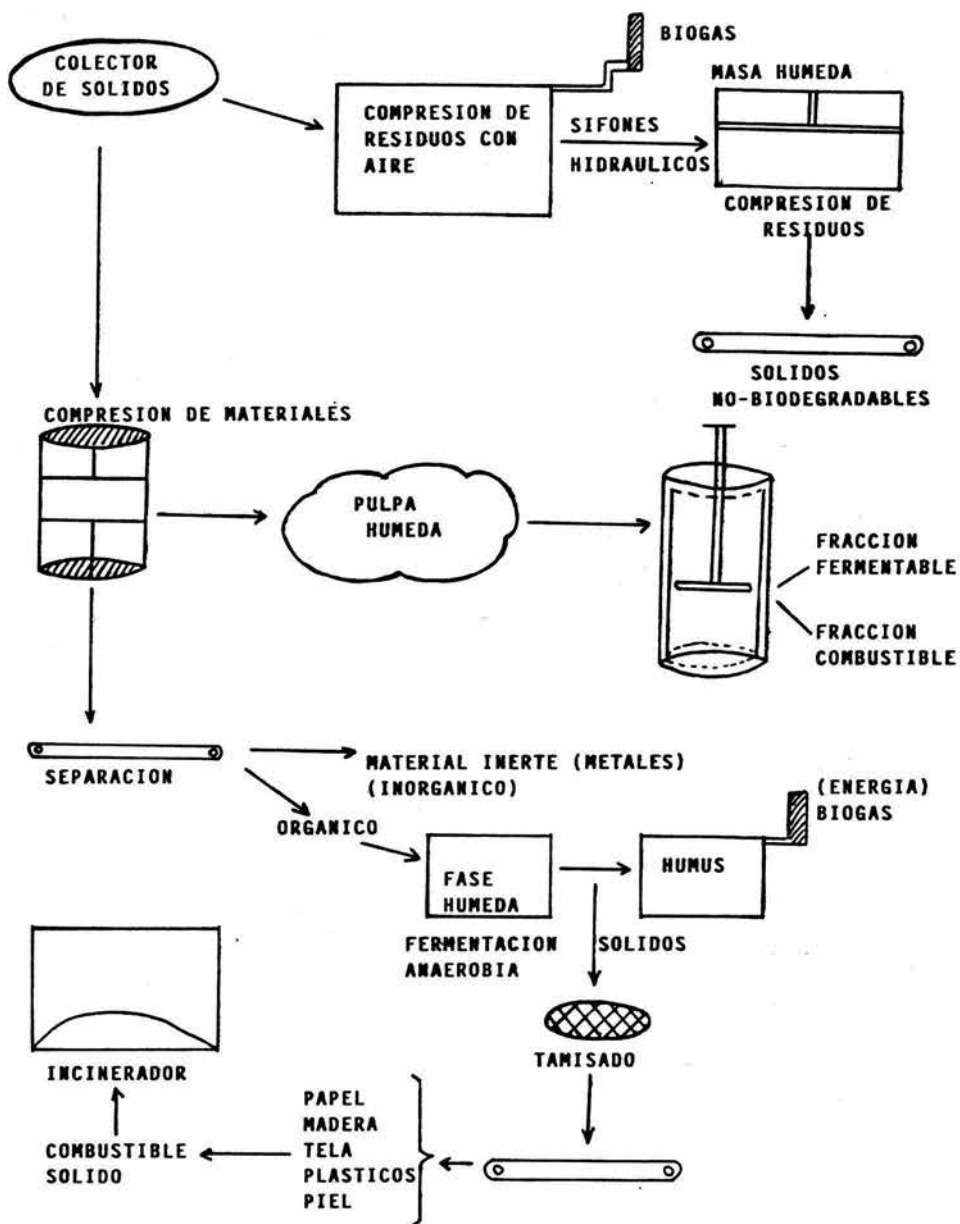


FIGURA 7. POR LA PRODUCCION DE BIOGAS Y ENERGIA.

### 3) POR LA PRODUCCION DE COMBUSTIBLE

La patente 5114541, propone un proceso para obtener un combustible líquido tipo petróleo a partir de lodos, fangos y material orgánico de basura industrial o privada. En primer lugar se obtiene un volumen de material seco sólido de consistencia granular, se calienta de 5-30 °C por minuto en ausencia de aire, después se aíslan los gases y vapores y se separa el líquido, el cual da lugar al combustible tipo petróleo. (Bayer, 1992). En la patente 5288413, un residuo de fango que contiene agua, aceite y sólidos es sometido a filtración al vacío o aplicándole un gas inerte. Se emplea un filtro auxiliar para retener la máxima cantidad de aceite de la masa filtrada. La pasta filtrada se seca a temperatura baja, para remover el agua y producir un sólido no-adherible con alto contenido calorífico. De esta manera el producto se convierte en un combustible sólido. (Chu, 1994).

### 4) POR PURIFICACION PARA ELIMINAR CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES

La patente 5374358 consiste en un sistema para tratar efluentes residuales comerciales que permitan la purificación de residuos efluentes de comercios, de industrias y de instituciones para que tengan un mínimo de efectos al ambiente. El invento que provee un sistema para eliminar contaminantes como grasas vegetales y animales, así como aceites y grasas minerales (FOGs); y petróleo total hidrocarbonado (TPHs) de los efluentes residuales en un sistema continuo. Durante el proceso de tratamiento, el FOGs y el TPHs desechados en textiles son limpiados y tratados con un pH alcalino o detergente ácido-sensitivo, causándole su emulsificación. Los residuos efluentes son entonces tratados por eliminación de partículas y sólidos. La emulsión alcalina se rompe por acidificación de aguas residuales en donde se descarga y dispersa el FOGs y TPHs. Estos en la emulsión rota y disuelta son aglomerados introduciendo un polímero catiónico orgánico. El residuo efluente es alimentado a una estación de separación, donde los aceites son absorbidos en una superficie apropiada como una placa o un empaque lipofílico.

Las moléculas de aceite forman gotitas que se elevan a la superficie y son sifoneadas y/o bombean. Las aguas residuales son descargadas para una regulación estándar ambiental después de un ajuste final de pH que conforma el residuo efluente. (Kaniecki, 1994).

### 5) POR FIJACION Y ESTABILIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

Dos patentes proponen métodos para tratar desperdicios tóxicos o peligrosos que contienen materia orgánica y metales, para que en uno de ellos se produzca materia prima industrial insoluble y en el otro para estabilizar el contenido de plomo lixiliable. La patente 5087375, consiste en mezclar residuos con plásticos incluyendo óxidos de silicio y aluminio para formar componentes inorgánicos lixiliables con dichos metales creando una mezcla de plástico; con esta mezcla se forman partículas con gran área de superficie; se le aplica calor para remover material orgánico, se seca y destila a una temperatura de 60-200 °C, dando lugar a una pirólisis en un ambiente libre de oxígeno a una temperatura de 400-500 °C; se unen los materiales inorgánicos a complejos silicato sólido insoluble por calcinación a una temperatura de 75-



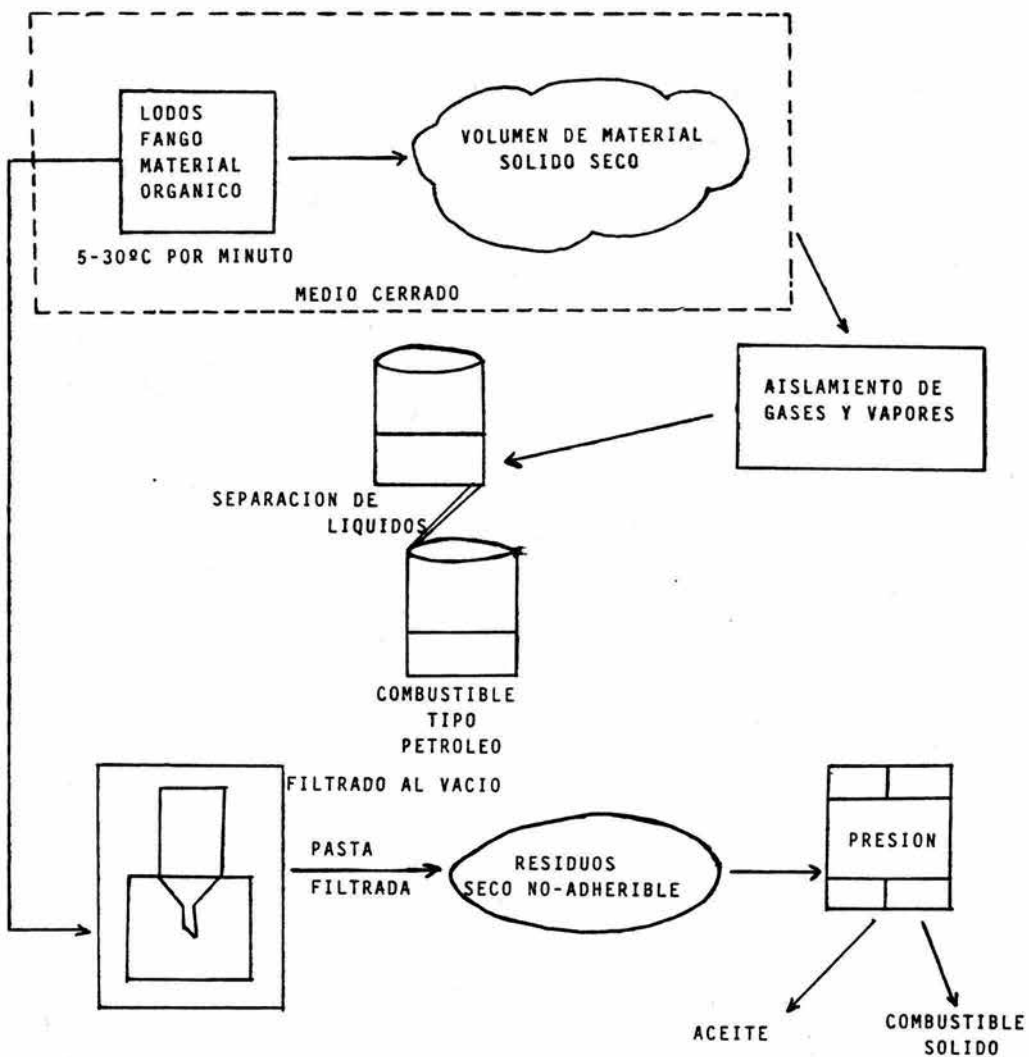


FIGURA 8. POR LA PRODUCCION DE COMBUSTIBLE.

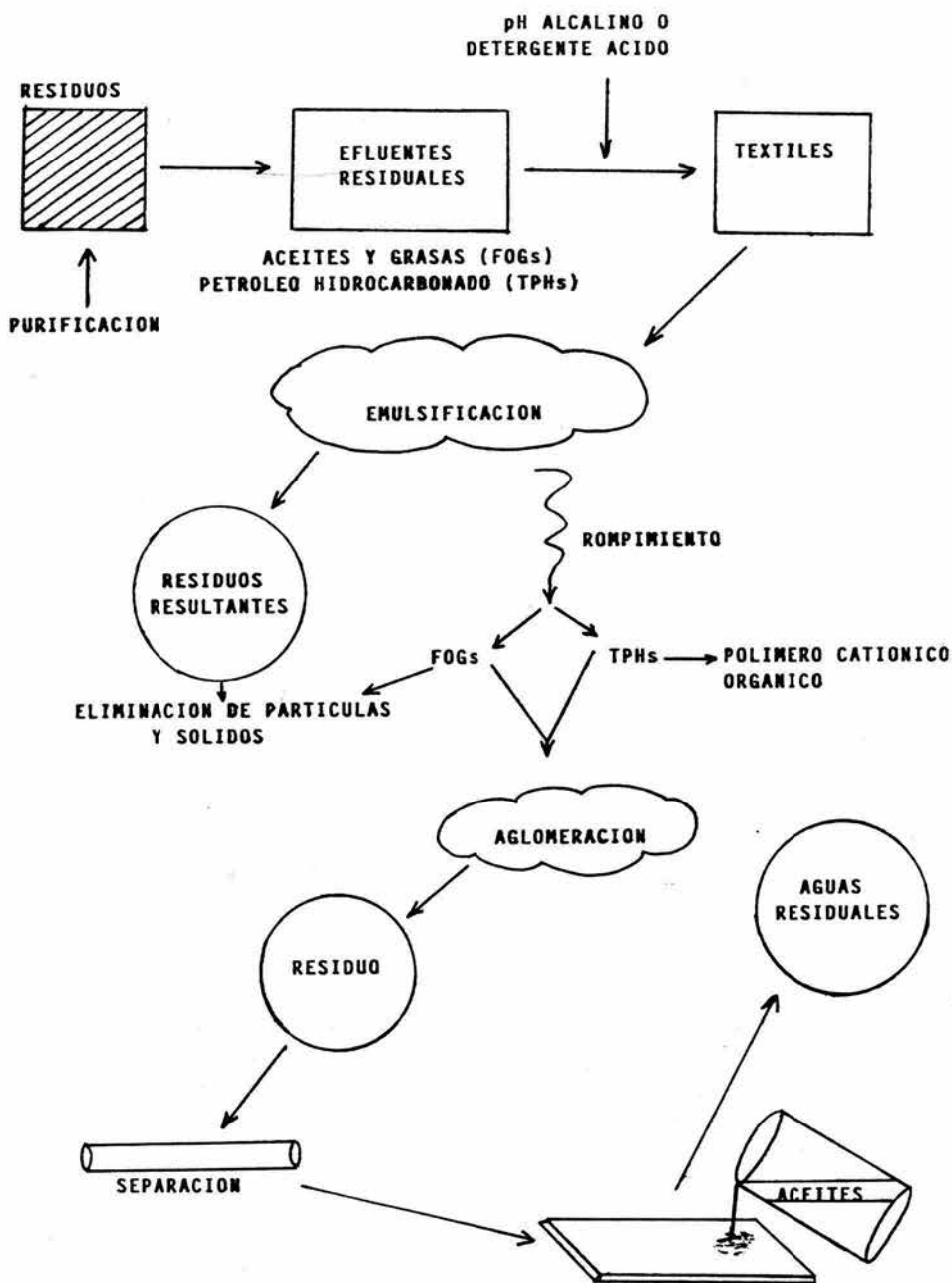


FIGURA 9. POR PURIFICACION PARA ELIMINAR CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUALES.

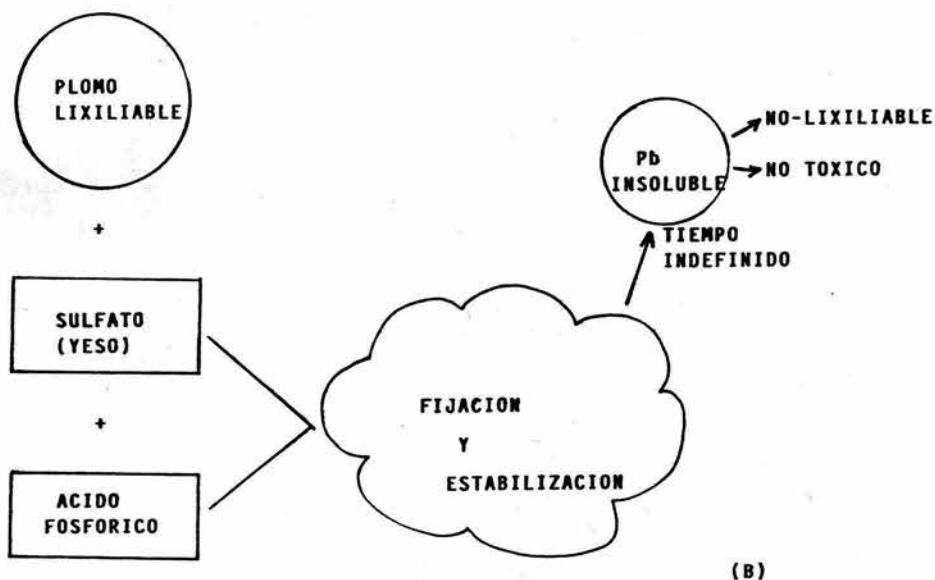
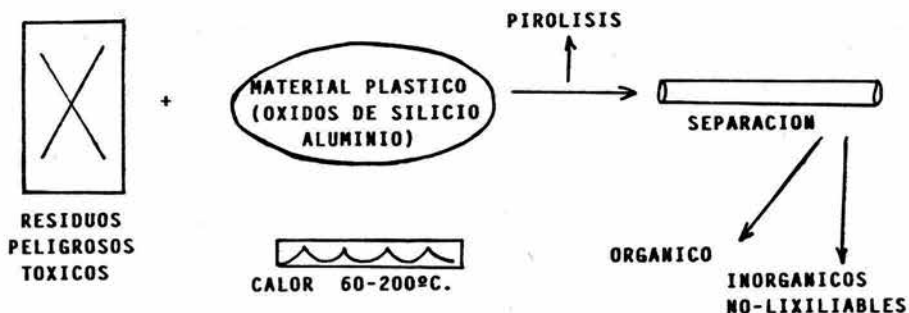


FIGURA 10. POR FIJACION Y ESTABILIZACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.

1150°C. (Weincourm, 1992). La patente 5193936, consiste en mezclar un residuo sólido que contiene plomo lixiliante con un compuesto que contiene sulfato para que reaccione con el plomo y obtener una primera mezcla, esta mezcla contiene un compuesto de plomo insoluble tipo mineral. A esta primera mezcla se le adiciona un reactivo que tiene fosfato para reaccionar con el plomo lixiliante remanente, entonces se obtiene una segunda mezcla que contiene un compuesto de plomo insoluble tipo mineral. (Pal, 1993).

## 6) POR INCINERACION, PARA OBTENER CENIZAS

En la patente 5177305, las porciones de residuos sólidos de todos orígenes son comprimidos y pulverizados a una granulometría de menos de 5 mm, se calientan entre 750-1350 °C. De acuerdo al invento, si se aplica un residuo líquido para obtener una masa pastosa se debe de adicionar en forma pulverizante que tenga gránulos de menos de 500 micras carbonato de calcio, óxido de silicio y posiblemente aluminio y óxidos de hierro en cantidades para producir las siguientes proporciones después de la incineración. La aplicación del tratamiento es para todos los tipos de residuos por combustión. (Pichat, 1993). En la patente 5245114, a las cenizas de la combustión de desperdicios sólidos que tienen suficiente cantidad de plomo (Pb), si se les adiciona fosfato soluble en agua, especialmente ácido fosfórico incrementa la inmovilización del plomo de modo que cada residuo este en conformidad con la prueba de toxicidad sobre un amplio rango de pH, particularmente con respecto a la más estricta prueba de extracción TCLP. Las cenizas finales pueden ser húmedas o secas cuando se tratan con el fosfato soluble en agua. El contacto es preferentemente en un ambiente cerrado para evitar el contacto final de las cenizas expuestas a la atmósfera antes del tratamiento. (Forester, 1993).

En el método 538739, las cenizas obtenidas de la incineración de residuos municipales son mezcladas con pequeñas cantidades de agua, de 10-35% por peso de las cenizas, y el producto así formado es compactado y extruído. Donde se requiere se adiciona suficiente cal para elevar el pH del producto de 7.4 a 11.6. La cal puede ser combinada con un producto que contiene sílice y/o aluminio. El producto sólido obtenido es virtualmente insoluble en agua y no es contaminante. (Pichat, 1995).

## 7) POR DESCOMPOSICION POR RADIACION

En la patente 5100638 se menciona un método por descomposición fotoquímica de materiales orgánicos por radiación, para reciclar residuos sólidos y líquidos principalmente gas hidrógeno y carbón sólido en forma de polvo difuso. El material a procesar se introduce en un reactor que tiene una cámara de reacción interna cerrada con paredes internas hechas de material que tiene masa térmica baja, para limitar el paso del calor. En el interior de la cámara se genera un intenso campo de radiación, principalmente radiación infrarroja al aplicar suficiente energía (de 1100-1500 °C). Se mezcla con aire el carbón sólido difuso y los gases que se quitaron del reactor hasta que se enfrían, y se colecta el carbón en polvo. (Levin, 1992).

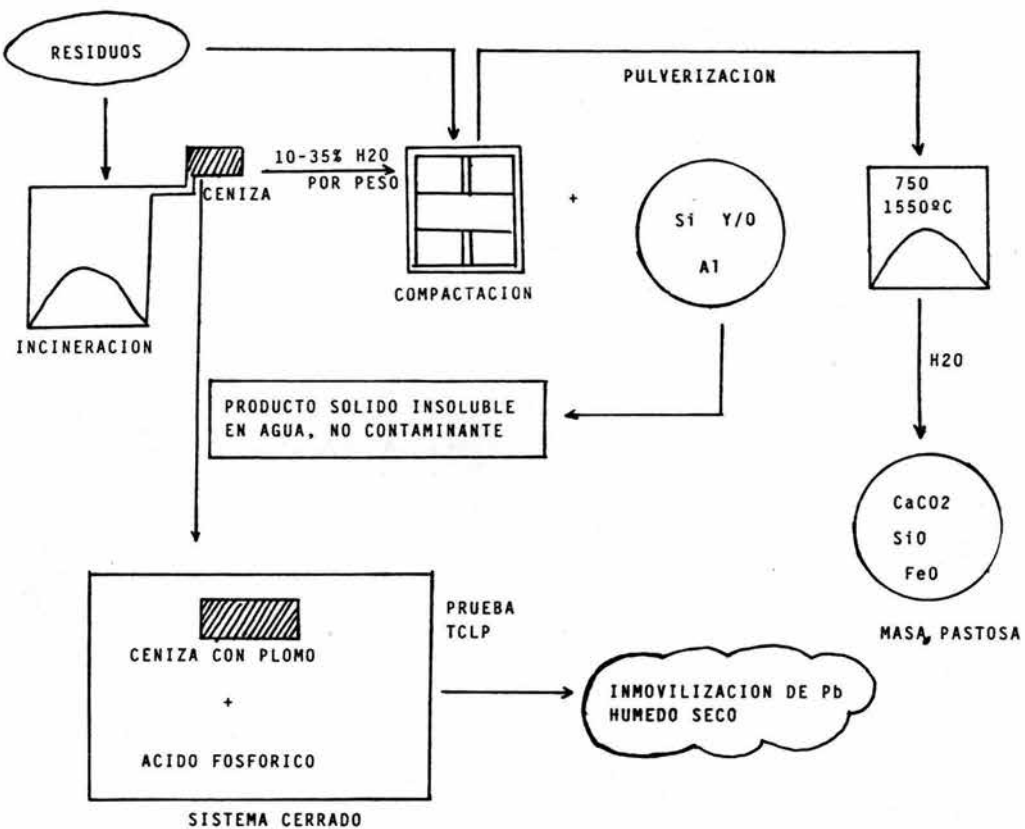


FIGURA 11. POR INCINERACION PARA OBTENER CENIZAS.

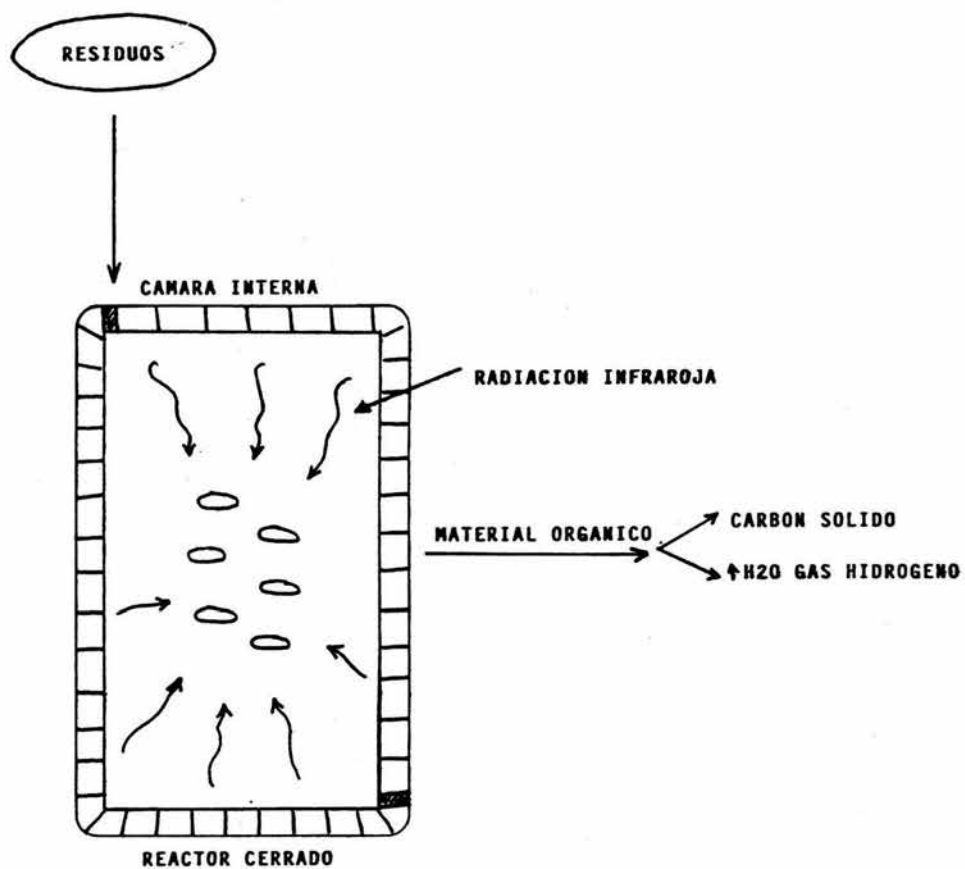


FIGURA 12. DESCOMPOSICION POR RADIACION.

## 8) POR SU COMPOSTAJE

La patente 4934235 propone un método en el cual se dividen los residuos en una fracción de composta y un combustible derivado de la basura; se descompone biológicamente la fracción de composta de forma tal de generar combustible gaseoso; se quema el combustible derivado de la basura a una temperatura alta; se conducen los gases generados de la combustión del combustible derivado de la basura a una cámara; se alimenta al menos parte del combustible gaseoso generado a la cámara de combustión y quemándolos en ella. (Jormanaiien, 1990). En la patente 5184780, se describe un sistema y proceso para tratar residuos sólidos, el sistema incluye una instalación que tiene una o más líneas de tratamiento para procesar los residuos sólidos recuperando materiales reciclables útiles, como papel corrugado, metales ferrosos, productos plásticos, papel y vidrio y para formar varias fracciones las cuales pueden ser convertidas en composta. Esto trae consigo un mínimo de impacto ambiental. (Wiens, 1993).

El método 5253764, consiste en alimentar los desperdicios que generalmente comprenden papel o pulpa, vidrio, metal, plásticos y otros residuos sólidos a un primer contenedor que tiene agua caliente; se gira el contenedor para intermezclar los residuos sólido con el agua bajo una presión predeterminada; se somete el contenedor con los materiales húmedos a un vacío para obtener un contenido de humedad deseado de la pulpa, preferentemente de 20 a 30 %; se llevan los materiales del contenedor para ser separados en sus partes componentes; se suministra un segundo contenedor de tratamiento para recibir el material; se bombea el agua del primer contenedor al segundo para que el agua en el sistema este en un sistema cerrado y, se retira la pulpa conteniendo 20-25% de humedad para un posterior uso. (Gement, 1993).

## 9) POR LA FORMACION DE PARTICULAS DE CERAMICA (CEMENTOS)

Se describen dos técnicas para el tratamiento de cenizas y papel para eliminarlos del ambiente, y para producir partículas de cerámica útiles como agregados de peso ligero (por ejemplo para uso en productos de concreto). La patente 5268131 propone una mezcla con arcilla y agua, creando la forma y tamaños deseados los cuales se someten a cocción para producir partículas de cerámica que son más ligeras que los agregados naturales. Se forma una suspensión de arcilla en agua; se adiciona cenizas y material fibroso orgánico y por último se reduce el contenido de agua a menos del 60% por peso del sedimento. (Harrison, 1993). La patente 4952242, propone una composición para convertir residuos a estado sólido o semi-sólido, comprende: a) entre 50-65 % por peso de cemento portland; b) entre 20-28 % por peso de un fijador seleccionado de un grupo que consiste de sulfato de calcio, compuestos de sulfato de calcio con agua, carbonato de calcio y compuestos de carbonato de calcio con agua; c) entre 5-20 % por peso de cenizas de silicio amorfas (biogénicas); d) entre 5-10 % por peso de un emulsificador seleccionado de un grupo que consiste de fosfato de sodio y carbonato de sodio, y las mezclas de estos. (Earp, 1990).

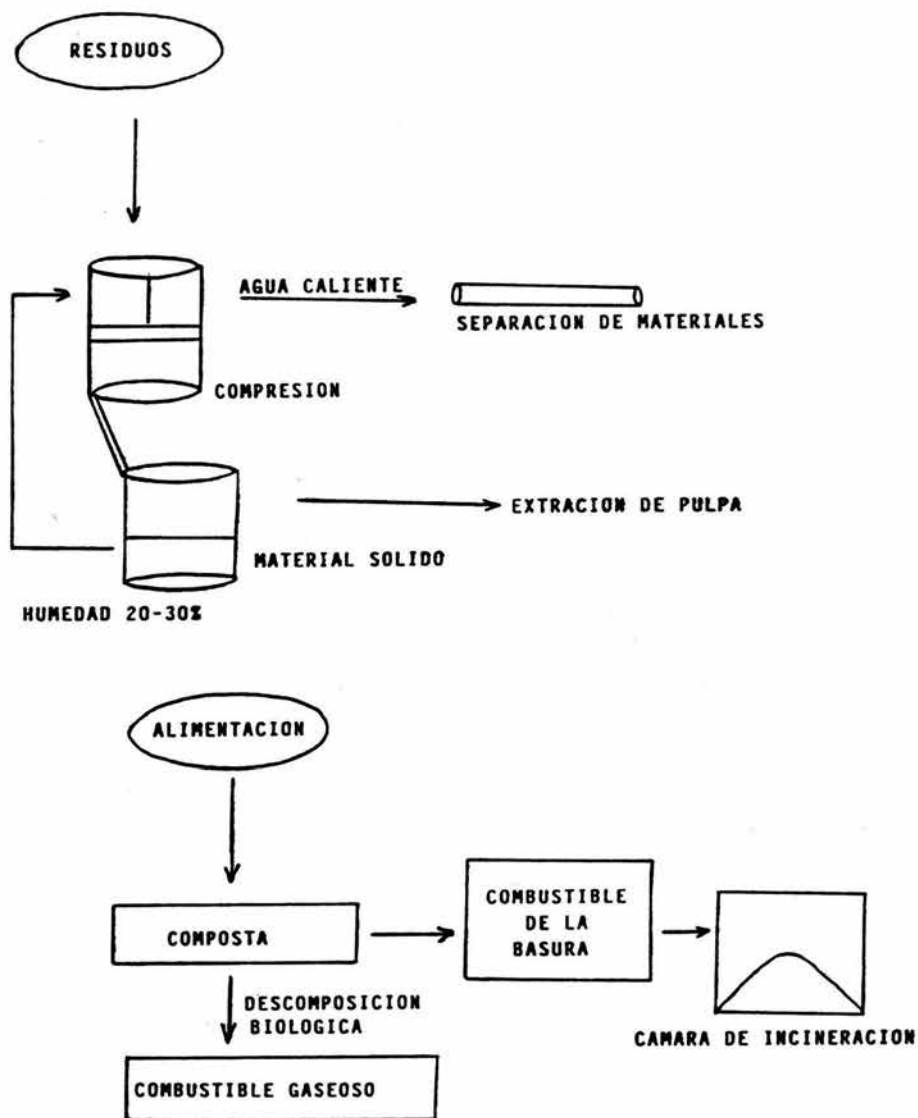


FIGURA 13. POR COMPOSTAJE.



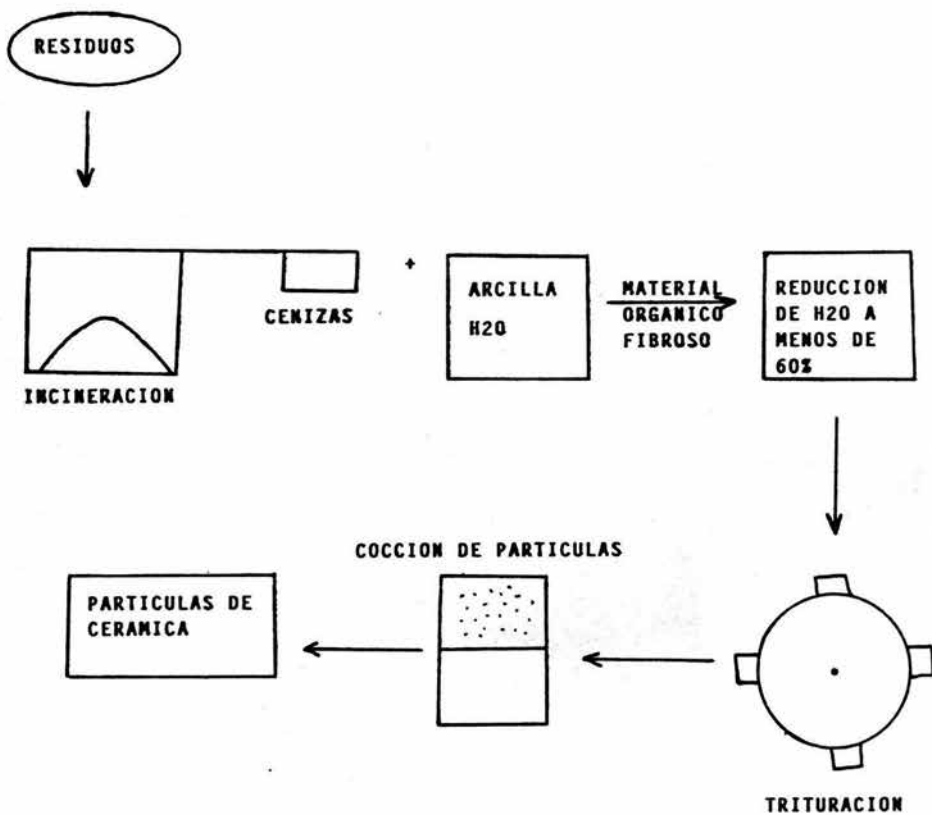


FIGURA 14. POR LA FORMACION DE PARTICULAS DE CERAMICA.

## 8.6. AMBITO POLITICO Y ASPECTOS LEGALES

La legislación y normatividad en materia de la contaminación y protección ambiental ha tenido un cierto desarrollado en los últimos años; la Ex-Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), elaboró y publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), así como varios reglamentos y una cantidad de normas técnicas ecológicas, estos ordenamientos se han enfocado a áreas consideradas como prioritarias tales como: las descargas de aguas residuales municipales e industriales, emisiones a la atmósfera y manejo de residuos peligrosos entre otros.

Esto ha ocasionado que se hayan desatendido otras áreas como es el caso de los residuos sólidos municipales (RSM), en este ámbito se carece de normas en materia de rellenos sanitarios en particular. La regulación de los RSM le compete a las entidades federativas, a diferencia de los residuos peligrosos (PUMA, 2-8 mayo 1995).

Los residuos sólidos representan un gran problema, al provocar una alteración nociva en el proceso biológico de los suelos y aguas, producir en muchas ocasiones envenenamientos orgánicos, molestias a la comunidad por malos olores y un deterioro urbano. Es por ello que se ha propuesto un reglamento a la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en materia de residuos sólidos municipales RSM y lograr así aminorar el daño ambiental en México y en el mundo.

Con la implementación de un reglamento en materia de RSM se pretende dar un marco legal y económico para permitir impulsar, regular, vigilar y coordinar el mayor uso de la reciclabilidad, incineración con recuperación de energía y compostaje de los RSM, (principalmente de envases y embalajes) obteniendo la mayor durabilidad de los rellenos sanitarios, el ahorro de materias primas y energía y un incremento en la protección al medio ambiente (\*Bulas, 1994).

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente se publicó en el Diario oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Esta Ley constituye las bases para la restauración y preservación del equilibrio ecológico. También distribuye la competencia de los aspectos ambientales entre los tres niveles del gobierno (federal, estatal y municipal) y prevé la expedición de Reglamentos y Normas Técnicas y Ecológicas para la conducción de la política ecológica.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, SEDUE (actualmente Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL) publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental en la Gaceta Ecológica (Vol. 1, No. 1, junio de 1989) (Navarrete, 1993).

A continuación se hace referencia a fragmentos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental relacionados con los residuos sólidos.

**Artículo 9.** En el Distrito Federal la Secretaría ejercerá las atribuciones a que se refiere el artículo anterior y el Departamento del Distrito Federal ejercerá las que se preven para las autoridades locales, sin perjuicio de las que competan en la asamblea de representantes de Distrito Federal, ajustándose a las siguientes disposiciones especiales:

**A. Corresponde a la Secretaría:**

**IX. Proponer al Ejecutivo Federal las disposiciones que regulen las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos, en coordinación con la Secretaría de Salud.**

**X. Proponer al Ejecutivo Federal las disposiciones que regulen los efectos ecológicos de los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Comercio y Fomento Industrial.**

#### **POLITICA ECOLOGICA.**

**Artículo 15. Para la formulación y conducción de la política ecológica y la expedición de normas técnicas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:**

**IV. La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de vida de las futuras generaciones.**

**V. La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar el desequilibrio ecológico.**

#### **PLANEACIÓN ECOLOGICA**

**Artículo 18. El Gobierno Federal promoverá la participación de los distintos grupos sociales en la elaboración de los programas que tengan por objeto la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, según lo establecido en esta Ley y las demás aplicables.**

#### **INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN ECOLOGICAS.**

**Artículo 41. El Gobierno Federal, las entidades federativas y los municipios con arreglo a lo que dispongan las legislaturas locales, fomentarán investigaciones científicas y promoverán programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación propiciar el aprovechamiento racional de los recursos y proteger los ecosistemas. Para ello se podrán celebrar convenios con instituciones del sector social y privado, investigadores y especialistas en la materia.**

#### **PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y DE LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS**

**Artículo 120. Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local:**

**I. Las descargas de origen industrial;**

**II. Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas;**

**III. Las descargas derivadas de actividades agropecuarias;**

**IV. Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción de recursos no renovables;**

**V. La aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas;**

**VI. Las infiltraciones que afectan los mantos acuíferos, y**

**VII. El vertimiento de residuos sólidos en cuerpos y corrientes de agua.**

#### **PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

**Artículo 134. Este artículo considera los siguientes criterios:**

**I. Corresponde al estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo;**

**II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;**

- III. Es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; e incorporar técnicas y procedimientos para reuso y reciclaje, y
- IV. La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas.

**Artículo 135.** Los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo se consideran en los siguientes casos:

- Y. La ordenación y regulación del desarrollo urbano;
- II. La operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios;
- III. Las autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos, y
- IV. El otorgamiento de todo tipo de autorizaciones para la fabricación, importación, utilización y generar la realización de actividades relacionadas con plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

**Artículo 136.** Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

- I. La contaminación de suelo;
- II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;
- III. Las alteraciones en el suelo que alteren su aprovechamiento, uso o explotación, y
- IV. Riesgos y problemas de salud.

**Artículo 137.** Queda sujeto a la autorización de los gobiernos de los estados o municipios, con arreglo a las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento y disposición final de residuos sólidos municipales.

**Artículo 138.** La Secretaría promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para:

- I. La implementación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales, y
- II. La identificación de alternativas de reutilización y disposición final de residuos sólidos municipales, incluyendo la elaboración de inventarios de los mismos y sus fuentes generadoras.

**Artículo 141.** La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial promoverá la fabricación y utilización de empaques y envases para todo tipo de producto cuyos materiales permitirán reducir la generación de residuos sólidos.

En el artículo 138 se entiende que una alternativa para mejorar el tratamiento de los residuos sólidos municipales es la utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios.

Con respecto a la participación social expresada en los artículos 157 y 158, Hay que señalar que la televisión comercial en México no destina un sólo espacio dedicado al fortalecimiento de la conciencia ecológica, y gran parte de su programación promueve el consumismo.

Por su parte, los medios impresos en su mayoría se concretan a señalar errores, desastres y problemas ecológicos sin impulsar la formación de una conciencia (Deffis, 1989).

### 8.6.1. LEY ORGÁNICA DEL D.D.F.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 23 de la Ley Orgánica del D.D.F., el sistema de limpia, recolección y disposición final es un servicio público al servicio de la ciudadanía, y dice:

“Para los efectos de esta ley, se entiende por servicio público, la actividad organizada que se realice conforme a las leyes o reglamentos vigentes en el Distrito Federal, con el fin de satisfacer en forma continua, uniforme, regular y permanente, necesidades de carácter colectivo. La prestación de estos servicios es de interés público”.

El artículo 1 dice: “El servicio de limpia de la Ciudad de México, de las poblaciones del Distrito Federal y de las calzadas que comunican entre si estas poblaciones, estará encomendado al Departamento del Distrito Federal quien lo prestará con la cooperación del vecindario por conducto de la oficina respectiva y de las demás dependencias conexas del propio departamento.

El artículo 7 dice: “Las basuras y desperdicios provenientes de las vías públicas serán recolectados precisamente por el personal de limpia o por cualquier otro autorizado por el Departamento del Distrito Federal.

A fin de que una empresa particular pueda prestar un servicio público, será necesario que, además de darse los presupuestos que prescriben los artículos anteriores de este capítulo, el Presidente de la República a través del Jefe del D.D.F., le otorgue una concesión en la que se contengan las normas básicas que establece el artículo 27; así como las estipulaciones contractuales que procedan en cada caso.

Se sugiere que la población podrá optar por los siguientes métodos de disposición final:

- 1) Planta de recuperación de subproductos y fabricación de composta
- 2) Incineración
- 3) Relleno sanitario

No se incluye la descarga a cielo abierto, por ser desde cualquier punto de vista inaceptable y nunca deberá usarse. Cualquier tipo de disposición final deberá cumplir con las leyes y reglamentos vigentes para prevenir y controlar la contaminación.

Algunos países han elaborado sistemas de evaluación ambiental, cada uno desarrollado dentro de su propia estructura legal. Sin embargo todos los sistemas tienen elementos comunes derivados por la introducción del Acta de 1969 de Política Ambiental por los Estados Unidos. Se han desarrollado dos proyectos para el tratamiento y disposición de los residuos: el primero incluye instalaciones para la incineración o tratamiento químico; y el segundo incluye sitios de relleno para la transferencia o eliminación de residuos domésticos, industriales y comerciales (Elliot, 1993).

Según J. Pugh (1993) políticamente se debe presionar a las autoridades correspondientes para reducir la cantidad de los residuos que se envían a los rellenos, realizando reuso o reciclaje. Los rellenos sanitarios sólo serían necesarios para residuos que no puedan ser recuperados benéficamente por problemas de contaminación.

## 9. RESIDUOS PELIGROSOS.

Existen miles de productos cuya elaboración, utilización y desecho son altamente peligrosos. Esto se debe en parte a que la producción de sustancias químicas se ha incrementado enormemente en los últimos veinte años.

Se considera residuos peligroso, a cualquier residuo sólido que presente una o mas de las siguientes características:

- **CORROSIVIDAD**
- **REACTIVIDAD**
- **EXPLOSIVIDAD**
- **TOXICIDAD**
- **INFLAMABILIDAD**
- **BIOLOGICO INFECCIOSAS**

*Corrosividad*, la corrosividad indicada por el pH, se escogió como característica de identificación de un residuo peligroso debido a que los residuos con alto o bajo pH pueden reaccionar peligrosamente con otros residuos o causar contaminantes tóxicos que migren a ciertos residuos. Ejemplos de residuos corrosivos incluyen, residuos ácidos y salmuera usada en la manufactura del acero. La corrosión del acero es un primer indicador de un residuos peligroso ya que es un residuos capaz de corroer el acero, puede escapar de los tambores y liberar otros residuos.

*Reactividad*, es una característica de un residuos peligroso, ya que los residuos inestables pueden poseer un problema explosivo en cualquier estado del ciclo del manejo del residuo. Ejemplos de residuos reactivos incluyen el agua proveniente de las operaciones de trinitrotolueno y los solventes gastados de cianuro.

*Explosividad*, un residuos presenta la característica de explosividad si una muestra representativa del mismo tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

- Es mas sensible a golpes o fricción que el dinitrobenceno
- Es capaz de producir una aeración de descomposición detonante o explosiva a 25°C y una atmosfera de presión

*Toxicidad*, un residuos tóxico en contacto con un organismo viviente es capaz de producir la muerte o dañarlo en alguna forma. Estas sustancias tóxicas son peligrosas dependiendo de la exposición al riesgo y la manera en la cual tal desecho se maneje (USEPA 1990). Efectos adversos tales como carcinogénesis, mutagénesis y teratogénesis son generalmente contraídos por el contacto con sustancias tóxicas. Estas propiedades intrínsecas definen los materiales tóxicos.

Sin embargo los términos "tóxico y peligroso" no son intercambiables. Las sustancias peligrosas pueden tener propiedades intrínsecas y extrínsecas. La toxicidad denota la capacidad de una sustancia para producir daño, mientras peligroso denota la probabilidad de que tal daño resultara del uso u contacto con una sustancia. Se puede causar daño agudo a los humanos o a los animales cuando los residuos tóxicos son inhalados ingeridos o por el contacto con la piel.

**Inflamabilidad** es la característica utilizada para definir como peligrosos aquellos residuos que pudieran causar un incendio, durante el transporte, almacenamiento disposición. (Ejemplos: residuos de aceites y solventes gastados).

**Biológico infeccioso**, son los residuos que se generan principalmente en hospitales o laboratorios, y que al contener microorganismos como virus, bacterias y hongos, pueden producir enfermedades. En casa también generamos este tipo de residuos al tirar como basura común jeringas, vendas y gasas usadas. (Navarrete, 1993).

Los residuos peligrosos (RP) se han convertido, desafortunadamente, en parte de nuestra vida, día con día convivimos con ellos, en mayor o menor grado, como consecuencia del nivel de industrialización de nuestras sociedades. En nuestras casas u oficinas generamos residuos considerados por la legislación ambiental como peligrosos.

Un solvente o una aceite lubricante usado, la pintura removida, las pilas de una radio o la batería usada de un automóvil son considerados como residuos peligrosos por su toxicidad al ambiente.

A pesar de no existir un inventario de los residuos peligrosos que se generan el país, el Instituto Nacional de Ecología (INE) estima, según datos recientes de la misma dependencia, que éstos son del orden de las 14,500 toneladas diarias. El INE estima que tan sólo el 10% de los residuos peligrosos generados en el país son tratados o confinados de manera adecuada, lo cual implicaría que 13 mil toneladas de residuos peligrosos generados en tan sólo un día son dispuestos o tirados en basureros a cielo abierto inadecuadamente (Lesser, 1996).

Un residuo peligroso se define como un residuos sólido, una combinación de residuos, los cuales debido a su cantidad, concentración, sus características físicas, químicas o infecciosas pueden:

a) Causar o contribuir significativamente a incrementar la mortalidad o las enfermedades serias, irreversibles o que produzcan incapacidad.

b) Poseer un peligro sustancial o potencial para la salud humana o en el ambiente cuando son tratados, almacenados, transportados o dispuestos inadecuadamente.

Aún cuando la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (USEPA), menciona el término "residuo sólido", ésta definición también incluye residuos semisólidos, líquidos y gaseosos.

Por otra parte la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos emplea un criterio extenso y riguroso para definir a un residuo peligroso.

Un residuo se considera peligroso si (Cope 1893):

1) No esta incluido en las excepciones que establece la legislación del Acta de Conservación y Recuperación de los Recursos (The Resource Conservation and Recovery Act RCRA)

a) Desagüe doméstico

b) Retorno de los flujos de irrigación

c) Residuo nuclear

d) Residuos doméstico

e) Residuos generados por el cultivo de cosechas y crianza de ganado (estiércol), los cuales regresan al terreno en forma de fertilizantes.

f) Sobrecarga de minería que se regresa a la mina



g) Ceniza muy fina, ceniza de fondo, residuos que es escoria de metales y el proveniente de los sistemas de control de las emisiones de chimeneas de gas, cuando se utiliza carbón de piedra u otros combustibles fósiles.

2) Exhibe alguna característica de los residuos peligrosos en términos de inflamabilidad, corrosividad, reactividad o toxicidad.

3) Contienen cualquiera de los elementos que aparecen el lista de Constituyentes peligrosos que elaboro la USEPA, a menos que con base en una consideración posterior de los factores que se presentan a continuación, el administrador considere que el residuos no es capaz de manifestar algún posible peligro para la salud humana o para el ambiente cuando se trata, almacena, transporta o deposita en forma incorrecta, o cuando se maneja de cualquier otra forma no determinada:

a) La naturaleza de la toxicidad que presentan

b) La concentración del residuo

c) La posibilidad de que el compuesto una vez degradado, emigre hasta la atmosfera como consecuencia de un manejo incorrecto.

d) La persistencia del constituyente o la de cualquier producto tóxico derivado de su degradación

e) La porción en la que el componente o cualquier producto de la degradación se bioacumule en los ecosistemas.

f) Las diferentes clases de manejo inadecuadas a las que se pueda someter el residuo

g) Las cantidades generadas de ese residuos a nivel regional o nacional

h) La naturaleza y severidad del daño a la salud humana y al ambiente, que ocurren como resultado de una manipulación inadecuada de los residuos.

4) Los residuos tóxicos y los que presentan un peligro crítico, se encuentran incluidos en las listas de la USEPA, en las cuales también se identifica a los residuos peligrosos provenientes de fuentes específicas y no específicas. Las sustancias que aparecen en dichas listas, producen efectos tóxicos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos en el ser humano y otras formas de vida (Espíndola,1992).

## 9.1. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

### RESIDUOS INORGANICOS

a) Ácidos y álcalis. Componentes principales de la cantidad total de los residuos peligrosos generados por diversos sectores de la industria, los residuos ácidos provienen principalmente de la preparación de superficies y acabados de metales. El peligro de los ácidos y álcalis esta en su acción corrosiva.

b) Residuos de cianuro, se generan principalmente en la industria del acabado de metales y en el tratamiento a altas temperaturas de ciertos aceros. Estos residuos presentan una toxicidad aguda.



c) Lodos y soluciones que contienen metales pesados, arsénico, cadmio, cromo hexavalente, plomo, mercurio, níquel, zinc y cobre, generándose éstos en una amplia gama de procesos de manufactura como: la producción del cloro, de pigmentos, producción de baterías, textiles, galvanizado de metales, preservación de la madera.

d) Residuos de asbestos, normalmente surgen de los residuos de recubrimientos, estaciones de energía, plantas de manufactura industrial, fábricas de gas, astilleros y hospitales. Los materiales que contienen asbestos pueden aparecer como residuos provenientes de la demolición o reconstrucción de locomotoras y vagones ferroviarios y de la construcción y demolición de sitios.

## RESIDUOS ACEITOSOS

Se generan principalmente del proceso, uso y almacenamiento de aceites minerales. Por ejemplo residuos de lubricación y fluidos hidráulicos, lodos de fondos de tanques de almacenamiento de aceites y aceites amargos residuales.

## RESIDUOS ORGANICOS

a) Solventes halógenados, se generan de operaciones de limpieza en seco, limpieza de metal en la industria ingenieril, y en menor cantidad, de los procesos de desengrasado y en las industrias textil y de cortiduría. Estos residuos son muy tóxicos, tienen movilidad y permanecen mas en el ambiente.

b) Residuos de solventes no halógena, son hidrocarburos e hidrocarburos oxigenados de los cuales, los mas utilizados son el tolueno, metanol, isopropanol y etanol, de los cuales se utilizan en la producción de pinturas, tintas, adhesivos, resinas, cosméticos, saborizantes de alimentos, etc., su peligro principal es su inflamabilidad.

c) Residuos de Policloruros de Bifenilo (PcBs). Se generan en la manufactura de PcBs y del equipo en que fueron utilizados, principalmente como fluidos dieléctricos, en transformadores y capacitores, también como fluidos hidráulicos y de transferencia de calor.

d) Residuos de resinas y pinturas, son combinaciones de solventes y materiales poliméricos incluyendo en algunos casos metales tóxicos.

e) Residuos de biocidas, se generan tanto en la manufactura como en la formulación de biocidas y en el empleo de estos compuestos en la agricultura y horticultura. (Espíndola, 1992).

En todos los foros y convenios internacionales en materia de residuos peligrosos, como la Cumbre de la Tierra y el Convenio de Basilea en los que México ha tomado parte, se hace hincapié en recomendar el tratamiento *in situ* de los (RP) o tan cercano a las fuentes generadoras como sea posible.

Como resultado del primer encuentro parlamentario, llevado a cabo en el mes de julio de 1992, entre la Asamblea de Representantes del Distrito Federal (ARDF) y la Cámara de Diputados del Estado de México, surgió el Acuerdo No. 16 en el que se solicita la intervención de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el

Valle de México, con el fin de elaborar un Programa Integral para el Manejo de los Residuos Peligrosos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Este programa consiste en promover, al máximo posible, que los procesos industriales se modernicen y generen cero residuos; si existe generación, la prioridad será minimizarlos. Los residuos inevitables deberán ser reciclados y, la porción de ellos que no sea posible reciclar, serán incinerados o neutralizados, hasta convertirlos en residuos inertes, que serán confinados apropiadamente.

Con el Programa Integral para el Manejo de Residuos Peligrosos en la ZMCM se pretende: ampliar, desarrollar e instrumentar la normatividad faltante para garantizar un óptimo manejo ambiental de los residuos peligrosos; Desarrollar los procedimientos y la infraestructura para minimizar, coleccionar, transportar, reciclar, tratar y disponer los residuos peligrosos; promover la participación, apoyo cooperación y cumplimiento por parte de los generadores de residuos peligrosos e industriales. (Cortinas, 1994)

## 10. POSIBILIDADES DE REUTILIZACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Por todo lo expuesto anteriormente, y partiendo de que es fundamental disminuir los grandes volúmenes de basura que se genera diariamente en la ciudad, es necesario dar a conocer algunas posibles aplicaciones o reutilizaciones dirigidas en general a cualquier habitante de esta ciudad; y como resultado que se consiga reducir los altos niveles de contaminación de los suelos, agua y atmósfera, generada por los residuos sólidos.

Entre las posibilidades de reutilización podemos mencionar las siguientes:

### 1. Separación de los residuos sólidos según su contenido.

Debido a que la responsabilidad total relacionada con el manejo y disposición de los residuos sólidos no es exclusiva de las autoridades, sino que se comparte con toda la población; se puede decir que "la solución somos todos", pues si todos generamos residuos, todos debemos participar, en las medidas de nuestras posibilidades, separando los desechos en botes o contenedores de diversos colores en: orgánicos e inorgánicos, y a su vez de los inorgánicos aislar vidrios, metales, cartón, madera papel y otros productos que pueden ser vendidos fácilmente. Esto se puede llevar a cabo sobre todo en unidades habitacionales en donde estando organizados se puede destinar un lugar a manera de centro de acopio, en éste podría haber un encargado cuya función sea vender los materiales para su reutilización. Esta actividad permitirá proteger el ambiente y conservar los recursos.

Para muchas de las colonias del Distrito Federal que carecen del servicio de limpia, o lo reciben eventualmente, resulta conveniente que los vecinos se organicen buscando lugares estratégicos para el almacenamiento de los residuos clasificándolos y separándolos, pues de esta manera se pueden reducir los grandes volúmenes de desechos, los malos olores y la proliferación de insectos y roedores.

### 2. Recuperación de subproductos.

Se pueden recuperar los subproductos reciclables como: el papel y cartón, envases de plástico rígido, latas metálicas y de aluminio entre otros. La separación de los residuos desde su punto de generación es fundamental, porque se recuperan gran parte de los empaques o envases libres de los olores fétidos y si es papel o cartón, éste se puede reciclar ya que sucio no tiene ningún valor, y así se pueden controlar los malos olores y los volúmenes excesivos de basura.

### 3. Comercialización de los subproductos.

Una vez separados se pueden conservar los subproductos recuperados con el objeto de comercializarlos en centros de acopio quienes los compran, aunque el inconveniente es, que sus precios son bajos. En caso de no querer almacenarlos se pueden entregar a los recolectores o al servicio de limpia ya separados; pues éstos rescatan los subproductos comerciales, los venden al centro de acopio y éstos a su vez los comercializan en la compra de ciertos productos.

#### **4. Calendario programado de recolección semanal.**

Aparte del recorrido normal para la recolección por parte del servicio de limpia, la recolección de los desechos separados se puede planear, esto es, se puede establecer un calendario de recolección semanal en el que se determinen días específicos para recolectar materiales inorgánicos como por ejemplo: los lunes se recolectarían papel cartón y vidrio; los miércoles latas metálicas y de aluminio, y plásticos; los viernes se recolectarían materia orgánica y residuos sanitarios. El cambio tendría que ser paulatino porque es difícil educar y conscientizar a la comunidad, pero es necesario y se podría iniciar el calendario por aquellas zonas que sí reciben el servicio con cierta frecuencia, y poco a poco se podría involucrar a toda la población.

#### **5. Apoyo al programa de separación y recolección.**

Este se puede dar a través de una infraestructura que incluya la distribución estratégica en toda la ciudad de centros de acopio y de la recolección alternada de subproductos recuperados.

#### **6. No tirar todo a la basura.**

Reutilizar envases, envolturas, bolsas y objetos viejos. Con este proceso se obtienen objetos útiles y decorativos para el hogar como por ejemplo; vasos, lámparas de pared, copas, servilleteros, portaplumas, etc., las bolsas de plástico se pueden y se usan para coleccionar la basura.

#### **7. Tener higiene en el tratamiento de la basura.**

No arrojar basura a la vía pública, lotes validos o áreas verdes. Guardar los desperdicios en bolsas bien cerradas, depositar la basura en botes con tapa, lavar periódicamente los botes de basura y mantener limpias las banquetas.

#### **8. Elaboración de composta.**

Una vez separada la materia orgánica e identificada, su selección es mas fácil y la producción de composta resultaría ser de mejor calidad. La materia orgánica desechada en cada hogar, puede ser almacenada para que se degrade de manera anaerobia en un recipiente de plástico con perforaciones en la tapa, puede depositarse la materia orgánica y alternarse con tierra regándola y mezclándola con frecuencia hasta obtener composta, para mejorar el suelo de los jardines o de las macetas de los hogares o de las áreas verdes públicas vecinas a los domicilios. Aquellos hogares que tienen jardines pueden destinar una superficie pequeña por ejemplo 1 m<sup>2</sup> para producir composta, colocando capas alternas de materia orgánica y suelo.

### **9. Ser cuidadosos en las compras.**

Adquirir productos naturales hasta donde sea posible; comprar artículos por su contenido, no por el atractivo de su envoltura, evitar los envases desechables.

### **10. Consumo de productos con envases retornables.**

Otra manera de actuar en beneficio del medio ambiente es optar por consumir productos que cuenten con envases retornables, puesto que adquirirlas con envases no retornables se traduce en un costo superior, que va en contra del salario y obviamente del ambiente. Los envases no retornables de diversos tipos se han hecho muy comunes y la utilidad y aprovechamiento de los recursos deben estar en función de la necesidades y desarrollo económico del país. Las botellas de vidrio deben preferirse a las de plástico, además cualquier clase de vidrio puede reciclarse industrialmente, no así cualquier clase de plástico.

### **11. Eliminar envolturas extras.**

Es importante rechazar las envolturas extras, se debe forzar al industrial a que genere "bolsas de plástico biodegradables". Es necesario sustituir las bolsas de polietileno por bolsas de fibra natural, por ser biodegradables y cuya vida útil es mayor.

En la actualidad es inevitable hasta cierto punto el uso desmedido de los plásticos y empaques, pues hasta consumir hasta el mínimo producto el cual va acompañado de una bolsa de polietileno o de un envase no retornable, y cuyo proceso se ha convertido ya en una costumbre.

### **12. Divulgación de un programa general masivo.**

Este deberá incluir la difusión a través de los medios masivos de comunicación, en donde es necesaria la participación de las autoridades. Este programa debe involucrar a todos los estratos sociales, establecer objetivos bien definidos considerando que la población debe de ser reeducada, para lo cual es necesario definir términos como residuos orgánicos e inorgánicos que permita la separación de los desechos de manera homogénea y crear la necesidad de entregarlos separados al servicio de limpia.

### **13. Denunciar la problemática.**

Las autoridades deben publicar las sanciones por la producción de basura y los inconvenientes ambientales de su disposición, de otra manera la población nunca va a conocer las repercusiones que sobre el medio y la salud pública existen como consecuencia del mismo hombre.

Es necesario que las autoridades correspondientes trabajen en la publicación de material referente a la contaminación ambiental por la disposición de la basura y la manera de contrarrestar sus daños; pues ocultar la información y decir que todo esta bien no permite que la población se percate de su responsabilidad y obligación que tiene al generar basura.

#### **14. Conscientizar a la población infantil.**

Es urgente y necesario crearles hábitos correctos a los menores en vez de lograr un cambio de actitud en los adultos, ya que éstos lamentablemente han sido "mal educados". Les toca a los niños de hoy, adultos de mañana, cambiar las costumbres consumistas generadoras de basura. Los adultos debemos moderar estos hábitos para que los niños nos imiten.

#### **15. Implementar programas de recuperación de materiales en escuelas.**

Las escuelas pueden llevar a cabo programas de recuperación de cartón, papel y latas de aluminio y su comercialización les puede permitir tener fondos para el mantenimiento de la propia escuela.

#### **16. Los programas de ecología.**

En los últimos años se ha introducido en los planes de estudio la ecología, como una de las disciplinas más relevantes de este fin de siglo, por ello, deben ser apoyadas por personal capacitado y consciente de la problemática ecológica. Los mismos profesores muchas veces carecen de la información y sólo se limitan a definirlo como temas difíciles y con probabilidades de omitirlos en sus programas o por la dificultad de hacerlos comprender, pueden resultar solamente descriptivos y con ello no lograr ninguna reflexión al estudiante y menos que aspire a un cambio de actitud en él. En este caso la Dirección encargada del manejo de los residuos sólidos puede llevar a cabo una campaña permanente dirigida a escolares de enseñanza básica y media.

#### **10.1. SUGERENCIAS A LA COMUNIDAD:**

1. La comunidad tiene el derecho y el deber de informarse sobre la manera adecuada de manejar los residuos sólidos
2. Participar con el municipio en la solución de problemas.
3. Estar conscientes de la obligación de educar a sus hijos y de educarse ellos mismos en hábitos cívicos e higiénicos.
4. Exigir que la industria no cree envases, envolturas, etc, que no sean reciclables o reutilizables.
5. Exigir al gobierno legislación y el cumplimiento de la misma.
6. Colaborar con los jefes de manzana o colonos de su zona en las acciones ecológicas que se presentan, como mantener limpias las calles y banquetas y cuidar los árboles.
7. La comunidad urbana, dentro de cada municipio deberá conscientizarse de la responsabilidad que tiene como miembro de ella en el almacenamiento, manejo y recolección de la basura producida.

**8. La comunidad urbana deberá propiciar la salud y seguridad de sus residentes y vigilar por la limpieza y belleza de su ciudad, a través de eficientes y bien organizados sistemas de recolección y eliminación de basura.**

**9. Debemos solidarizarnos con todos los miembros de la comunidad, participando en los programas municipales, proponiendo nuevos y mejores métodos de tratamiento de desechos sólidos. (Gallardo, 1992).**

## 11. CONCLUSIONES

De la revisión y análisis de esta investigación se puede concluir lo siguiente:

Nuestra época se caracteriza entre otras cosas por un incremento poblacional desmedido y por un desarrollo industrial acelerado. Estas dos características propician que el ambiente se deteriore cada vez más, ya que la generación de los residuos ha aumentado en cantidad y volumen, y por la diversidad y complejidad en su composición y producción.

Los problemas ocasionados por los residuos sólidos en nuestro país, así como en el resto del mundo va en aumento. La generación de residuos sólidos crece de manera acelerada; la Ciudad de México que es la mas grande del mundo, es también una de las que va a la cabeza en cuanto a generación de basura, la mayor cantidad se produce en los domicilios, en segundo lugar la industria, y por último las áreas públicas; encontrándose que cada vez son más los materiales no bio-degradables (inorgánicos).

Si dividimos al país en zonas vemos que la que más genera basura es la zona centro. En México se generan 80,746 toneladas diarias de residuos sólidos, mientras que en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se generan 20,478 toneladas diarias aproximadamente. De éstas se recolectan el 75%, mientras que el 25% restante queda disperso en tiraderos al aire libre.

En el Distrito Federal la cantidad de residuos generados está en relación directa al número de habitantes por delegación, así vemos que la delegación Iztapalapa con una población de 1,683,471 habitantes genera 1,990,589 toneladas diarias de basura, le sigue la delegación Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza. Del total de residuos generados el 50% de ellos es de composición orgánica (restos de comida y jardinería) lo cual hace que se dificulte en determinado momento su separación de otros materiales como papel y cartón que constituyen un 20%.

Para mejorar el servicio de limpia en la ciudad el conocimiento del manejo de los residuos solidos es fundamental, ya que desarrollando buenos métodos y proyectos se resuelve en gran medida el problema de los mismos.

Es importante saber que existe un ciclo de los residuos sólidos en el cual las diferentes etapas están estrechamente relacionadas, y cualquier cambio o modificación que sufra alguna de ellas habrá de ocasionar un efecto sobre las demás. Estas se caracterizan como:

- \*Generación
- \*Almacenamiento
- \*Recolección y transporte
- \*Transferencia
- \*Tratamiento
- \*Disposición final.

A diferencia del manejo de los RSM, que son las etapas consecutivas desde su generación hasta su disposición final; el tratamiento consiste en la transformación de los residuos en otros productos de utilidad a partir de los ya existentes. Se destacan cuatro procesos principales de



tratamiento los cuales son: recuperación de materiales (reciclaje); compostaje; recuperación de energía (incineración y pirolisis); disposición final (relleno sanitario).

En México el reuso o reciclaje es el que más éxito ha tenido en comparación con los demás; el método de recuperación de energía es muy costoso, así como el relleno sanitario que requieren de equipo y personal capacitado, el composteo es factible en su proceso, pero no ha tenido un mercado muy amplio para su comercialización debido a que es un proceso muy lento y el producto resultante es muy caro.

Los tiraderos al aire libre son lugares que deben desaparecer ya que estos traen como consecuencia que se originen problemas ambientales por la contaminación de suelos, subsuelos, y aguas subterráneas por la filtración de líquidos lixiviados, y por consiguiente a la flora y fauna del lugar.

Por otra parte la fauna que en esos lugares habita (roedores e insectos), son vectores de muchas enfermedades infecciosas, como la tifoidea, amibiasis, entre otras, creando problemas de salud para la población cercana a éstos sitios.

Al verse afectada la zona de un tiradero al aire libre, la vegetación comienza a marchitarse por la absorción de los líquidos lixiviados que se generan o por la acumulación de desechos sobre la misma. Al seguir acumulándose ocasiona la desaparición de la misma vegetación dando lugar a zonas desérticas y con ello la extinción local de especies herbívoras y por consiguiente las carnívoras rompiendo con esto el ciclo natural de la cadena trófica.

La sociedad en general no está acostumbrada a ser limpia y ordenada para hacer del consumo lo óptimo de se desecho final, la gran cantidad de productos de limpieza, los químicos, los plásticos y las latas, sólo representan un porcentaje de la enorme cantidad de basura que las ciudades desechan, hoy en día los países industrializados cuentan con sistemas de recolección de basura muy sofisticados, no sucede lo mismo en los países en vías de desarrollo, debido a la diversidad social del consumo.

Gran parte de los problemas ocasionados por los residuos sólidos son de índole cultural principalmente, por lo que se debe difundir en la población que involucra esta problemática y promover una cultura "ecológica" que ayude a resolver estos problemas. Una opción para fomentar esta cultura es elaborar programas que se incluyan en las escuelas desde nivel básico para que los niños entiendan la problemática ambiental de nuestro país, así como utilizar los métodos masivos de comunicación dando mensajes y transmitiendo programas especiales que ayuden a fomentar esta cultura "ecológica".

Debemos estar conscientes y crear una cultura de reutilización de materiales de desecho en la población, para que se conozca el problema, y así ser muy cuidadosos al realizar las compras seleccionando productos que no generen mucha basura y sobre todo aplicar el principio de las tres "R" Reducir, Reusar y Reciclar.

Desde el punto de vista económico la basura representa un negocio muy remunerado. Los desechos domésticos son generadores de materias primas si son reciclados, obteniéndose así un beneficio social, ecológico y económico. Los choferes de los camiones recolectores, los barrenderos y los pepenadores separa y venden los productos a centros de acopio obteniendo así ganancias de esos materiales que la población considera como inservibles.

En nuestro país a pesar de que el problema de los residuos sólidos es muy grande, no se ha hecho nada de real importancia para resolverlo. Toda la tecnología es importada en esta materia y se tienen muchos problemas para adecuarla a las necesidades e idiosincrasia propias de México. Es por esto que ingenieros químicos, ingenieros ambientales y ecólogos deben de adecuar estas tecnologías o crear tecnologías propias para los requerimientos nacionales de cada localidad, y tener como finalidad la protección del medio ambiente y en general de los seres vivos que en él se desarrollan.

Se debe de crear o mejorar la normatividad ambiental en el caso de los RSM, para establecer un reglamento que las autoridades correspondientes impongan a la población para un buen manejo y tratamiento de los residuos tanto domiciliarios, industriales, de servicios y áreas públicas.

Se debe de actualizar y mejorar la legislación ambiental. La normatividad debe de ser más estricta en cuanto a las sanciones a las industrias y empresas de la construcción, así mismo el gobierno debe de fomentar la minimización de los residuos, y otorgar estímulos a las industrias que participen en la solución de estos problemas.

## 12. PROPUESTAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

La generación desmedida de los residuos sólidos en los últimos tiempos ocasionado problemas de diversa índole, como de salud a ambientales principalmente. No obstante se deben buscar soluciones para disminuir en la medida de lo posible dicho problema.

Existe la práctica de la recuperación de materiales para reciclarlos (pepena), lo cual le proporciona buenas remuneraciones a quienes se dedican a ello, y se ayuda a la naturaleza, ya que se extraen menos recursos como materia prima para la elaboración de productos.

Sin embargo esta es sólo parte de la solución, por lo cual es necesario proponer algunas soluciones viables que ayuden a resolver este problema, las cuales se mencionan a continuación.

### A) Proyectos propuestos:

1. En la U.N.A.M. existe una propuesta de un proceso para tratamiento de basura para producir material de construcción y/o sus precursores, y combustibles sólidos, ésta propuesta esta a cargo del Dr. Jacobo Gómez Lara del Instituto de Química y del Dr. Rodrigo A. Cárdenas del Centro para la Innovación Tecnológica.

El proyecto esta basado en tratamientos químicos, secados, calcinaciones y otras operaciones comunes en la industria de la transformación. Se propone que al tratar la basura doméstica se pueden producir materiales para la construcción y combustibles sólidos y así ayudar a evitar la acumulación de éstos materiales.

En el proceso se seleccionan y retiran componentes que puedan causar problemas técnicos, mecánicos, ambientales o que puedan ser tratados de otro modo para su reciclaje (especialmente metales y objetos varios cuyo valor sea suficientemente alto para ser eliminados en este primer paso).

En la primera etapa se hace pasar el material a través de un gusano o hélice "sin fin" o bandas transportadoras, desde donde manualmente y con otros métodos, se separen metales y otros componentes que interfieran con los tratamientos posteriores.

En la segunda etapa se deben separar los materiales en dos partes:

A) residuos como piedras, cascajo, vidrio, arena, etc, que se puedan utilizar como material para construcción.

B) residuos como materia orgánica, papel, cartón, plástico, etc, que puedan ser útiles como materia prima para la fabricación de combustibles sólidos.

### Operaciones del proceso "A".

I. Trituración y mezcla simultánea con residuos de combustión o cenizas de otros procesos y con un neutralizante que contenga óxido de calcio libre o combinado hasta obtener una mezcla homogénea en polvo.

II. Calcinación de la mezcla a 1000°C para producir un "clinker" que al mezclarse con sulfato de calcio hemihidratado (yeso) y molerse simultáneamente da un cemento para la construcción.

### Operaciones del proceso "B".

I. Mezclado con neutralizados (por ejemplo el material conocido como "K2") para interrumpir la fermentación ácida natural.

II. Secado en horno con molienda simultánea a 175°C

III. Mezclado con un combustible líquido poco volátil (de alta viscosidad) para formar un sólido impregnado.

IV. Compactación en "Bricketas", cilindros, "pellets" u otras formas aceptables como combustibles sólidos.

El poder calorífico de este producto por kg es entre 3,500 y 4,000 calorías.

2. Debido a que los desechos plásticos son más difíciles de reutilizar por su recolección; porque hay que separar los diferentes plásticos con el fin de obtener buenas propiedades con el material reprocesado; y porque en muchos casos es necesario el proceso de lavado y secado, aumentando con ello costos. En la Universidad Autónoma Metropolitana (Iztapalapa), se propone un proyecto donde el reprocesamiento del plástico se efectúa sin lavar o limpiar, lo que se espera sea un proceso económico y viable. (Escobar, 1992).

#### B) Propuestas sugeridas:

3. La incineración es un método efectivo y radical para disponer la basura, su inconveniente radica en que es muy costoso. Sin embargo se propone este método cuando se trate de materiales residuales hospitalarios o de clínicas, como material de curación y jeringas usadas, las cuales representan un peligro por el contagio de enfermedades. También es conveniente la incineración de material no degradable como plásticos, ya que estos en los rellenos sanitarios permanecen por un período de tiempo muy largo.

4. Se propone a las industrias que requieren del empaque o embalaje en su producción que identifiquen el tipo de material del que está compuesto. Debido a que no todas las industrias llevan esto a la práctica, es necesario que las autoridades correspondientes establezcan una serie de normas legales en materia de reuso de empaques y embalajes. Esto para que al momento de reciclarlos sea fácil su clasificación y para darle un uso más confiable al mismo.

5. Rechazar hasta donde sea posible los empaques excesivos, la caja de la pasta dental es un ejemplo de un empaque que al consumidor sólo le produce estorbo. Se podrían colocar contenedores clasificados en centros comerciales, así después de haber comprado los productos los consumidores podrían depositar solo las envolturas y llevarse a sus casas el producto.

6. Procurar el uso de vasos de cristal, platos de loza y servilletas de tela en lugar de los desechables.

7. Presionar a los industriales para que elaboren pañales desechables con plásticos biodegradables; o en su caso evitar al máximo el uso de pañales desechables ya que además del gasto que representan, tardan más de 500 años en descomponerse. Se calcula que un niño requiere unos 6,500 pañales entre su nacimiento y los tres años.

8. Aprovechar las dos caras de toda hoja de papel. El papel usado por una cara puede servir por el reverso para borradores o trabajos en sucio. Si se recorta, sirve para recados, listas del mercado, recordatorios, etc.

9. Usar bolsas o canastas para ir al mercado, evitar el adquirir en exceso bolsas de plástico, que por lo general se tiran de inmediato al basurero.

**10. Producir composta, o sea abono a base de residuos orgánicos de forma controlada, ya sea en un espacio del jardín o en un tambo con perforaciones para su aireación.**

**11. Promover la creación de centros de acopio de la basura. No tiene mucho sentido separar la basura de acuerdo a su clase si no hay quien la aproveche. Si todos cooperan en cada colonia, puede haber un negocio que viva de comprar papel, vidrio y latas para ser recicladas.**

**12. En materia de educación se propone:**

- a) Elaborar planes y programas para la comunidad dentro de municipio o gobierno federal.
- b) Diseñar materiales didácticos que favorezcan la creación de hábitos higiénicos, la comprensión de conocimientos que ayuden al hombre a vivir dignamente.
- c) Impartir cursos, seminarios y pláticas.
- d) Coordinar exposiciones educativas ecológicas que promuevan la conscientización de la persona.
- e) Trabajar interdisciplinariamente con un equipo de especialistas coordinando las labores del conjunto, logrando una visión integral de la realidad.
- f) Diseñar en forma didáctica folletos, libros y publicaciones informativas y educativas.
- g) Diseñar anuncios educativos para cine, radio, T.V. y prensa sobre educación ambiental.
- h) Crear cursos que ayuden a los padres a sensibilizar, concientizar y formar a sus hijos en una educación ambiental.
- i) Coordinar consultas populares que ayuden a elegir vías de solución acordes a los problemas ambientales.
- j) Organizar y coordinar Simposios Ecológicos que concerten la presencia de interesados en mejorar el ambiente y en el tratamiento de desechos sólidos.

### 13. BIBLIOGRAFIA CITADA.

- Anónimo. 1991. La industria de envases y empaques y el reciclaje. ANDI. (109). pp. 43-53. Medellin, Colombia. (Marzo-Abril).
- Anónimo(1). 1993. Plastics cracks under pressure. Chemistry in Britain. 29 (10). pp. 847. England. (October).
- Anónimo(2). 1993. New light on recycling. Chemistry in Britain. 29 (4). p. 277. England. (April).
- Anónimo(3). 1993. Safe and Sound. Chemistry and Industry. (11). pp. 380. England. (7 June).
- Anónimo(4). 1993. Thumbs up for incineration. Chemistry and Industry. (11). pp. 380. England. (7 June).
- Alanis, Q.M. y Díaz, CH.R. 1993. Modificaciones a los formatos de las manifestaciones de impacto ambiental para su aplicación a los proyectos de rellenos sanitarios, Revista Internacional de Contaminación Ambiental. (Universidad del Valle de México). 9 (Supl. 1). pp. 60. (Enero).
- Andraca Urueta, Ricardo. Proyecto de evaluación técnica y económica de un proceso para la recuperación de materiales y energía a partir de los desechos sólidos urbanos. Tesis. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México, D.F. 1993.
- Antúnez, M.J. 1993. El plástico, una interrogante. INARE informa. (2). pp. 4. México, D.F.
- Ayala, G. 1996. Todo un éxito el Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos en Zaragoza. Gaceta UNAM. (3058). pp. 10-12. (7 Nov). México, D.F.
- Barrios, G.P. Planta industrializadora de basura. Tesis. UNAM. Facultad de Arquitectura. México, D.F. 1994
- Bulas, M. J. El nuevo orden ecológico internacional estudio de caso: propuesta de reglamento a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de residuos sólidos municipales en México. Tesis. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán. México, D.F. 1994.
- Bustani, A.A. 1994. Situación de los residuos sólidos en México. Calidad Ambiental. 1. (7). pp. 13-16. Monterrey, N.L. (Enero).
- Careaga, J. 1995. El reciclaje en el contexto del manejo integral de los residuos. IV Reunión Anual del Programa Universitario de Medio Ambiente. UNAM. México, D.F..
- Castillo. B.H. 1990. La sociedad de la basura. Cuaderno de investigación social. No. 9. UNAM. México, D. F.

- Castro, M. 1996. Que son los residuos sólidos y de que manera intervienen los recicladores en su gestión?. INARE Informa. (2). México, D.F.
- Cortinas, C. y Y 1993-1994. Ordaz. Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. pp. 235-259.
- Deffis, C.A. 1989. La basura es la solución. Ed. Concepto, S.A. México, D.F..
- Departamento del Distrito Federal. Dirección General de Servios Urbanos. 1994.
- Elliot, D. 1993. The waste disposal industry and environmental assesement. Institute of waste management. Institute of waste management. (2). pp. 4-8. (April).
- Escobar, A. y Muranatsu, K. 1992. Recuperación de desechos plásticos. Contactos. (5). pp. 45-49. México, D.F. (Enero-Abril).
- Espíndola, Z.M. Evaluación de tecnologías que emplean procesos fisicoquímicos para el tratamiento de residuos peligrosos. Tesis. Facultad de Química. UNAM. México, D.F. 1992.
- Fuentes, J.U. Almacenamiento temporal en las fuentes de generación de los residuos sólidos municipales. Tesis. UNAM. Facultad de Ingeniería. México, D.F. 1994.
- Fugarrolas, W. (1993) Los desechos industriales: Como manejarlos y que hacer con ellos?. Estrategia Industrial. 10. Feb (110), pp. 13-17. México, D.F.
- Gallardo T.M.E. Posibilidades pedagógicas de mejora ambiental a partir del manejo adecuado de los desechos sólidos en el hogar. Tesis. Universidad Panamericana. (Pedagogía). México, D.F. 1992.
- Hansson, D.J. (1993) Hazardous waste incineration presents legal. technical challengers. Chemistry and Engeneering news. 7, (13), pp. 7.14. U.S.A. March 29.
- Helen, R.T. and Armstrong, D.J. 1993. Recycled plastic for food packaging. Chemtech. 23. (8). pp. 55-58. U.S.A. (August).
- Hernández, B.L. Manejo de los residuos sólidos municipales en la zona metropolitana de la ciudad de México. Tesis. UNAM. Facultad de Ingeniería. México, D.F. 1993.
- Lamont, A. 1993. Composting: its importance in the UK. Institute of waste management proceedings. (3), pp. 24-27. (July).
- Martínez, F. H. 1994. Educación superior: Plataforma de educación ambiental. Calidad Ambiental. 2, (1), pp. 9-10. Monterrey, N.L. (Enero).
- Massieu, P. 1992. Reciclaje de los desperdicios: recuperación de materia prima para la industria?. Estrategia Industrial. 9. (105), pp 5-7. México, D.F.
- Maya, S.G. El impacto ambiental derivado de la disposición final de los residuos sólidos en el Distrito Federal. Tesis. UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. México, D.F. 1995.

Medina, M. 1991. Intercambio de desechos industriales. Tetla-ni. 8, (59). pp 2.4. Monterrey, N.L. (Enero).

Navarrete, R.M.E. Recopilación de la tecnología de estabilización/solidificación para el tratamiento de residuos industriales peligrosos. Tesis. Facultad de Química. UNAM. México, D.F. 1993.

Ortiz, de E.J. 1990. Sonoco. Basura de oro. Expansión. 22, (556), pp. 90-95. México, D.F.

Pérez, G.F. 1993. Plantas especializadas en tratamientos y disposición de residuos. Ingeniería Ambiental. 6, (18), pp. 46-48. México, D.F.

Pérez, M.E. 1996. El reciclado del vidrio. INARE Informa. (2). pp. 2-3. México, D.F.

Pérez, R.I. 1995. Planta procesadora de desechos sólidos. Tesis. UNAM. Facultad de Arquitectura. México, D.F.

Pugh, J. 1993. Diverting tactics: a landfill levy. Chemistry and Industry. (1). pp. 40. England. 3 (January).

Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA). Curso sobre manejo y disposición final de residuos sólidos. 2-8 Mayo de 1995.

Ramos, E.J. 1993. Insectos recicladores de basura. Información Científica y Tecnológica. 15, (202), pp. 23-25. México, D. F.

Rodríguez, F.I. 1996. El desequilibrio ambiental ha provocado la extinción de la mayoría de las especies de fauna originarias del valle de México. Crónica. pp. 5B. México, D.F. (30 noviembre).

Robinson, S. 1994. Time to declare interdependence. New Scientist. 142, (1929). pp. 46. (11-June).

Ruíz, E. G. Tratamiento de residuos en los laboratorios de enseñanza. Tesis. UNAM. Facultad de Química. México, D.F. 1993.

Santen, A.V. 1993. Energy from waste; a perspective. Institute of waste management (11), pp. 11-19, (January).

Strauch, M. 1995. Futuro del reciclaje. Información Científica y Tecnológica. 17, (220-221), pp. 32-35. México,D.F. (Enero-Febrero).

Tena, G. 1991. La basura recurso desperdiciado. Ciencia y Desarrollo. XXI, (121), pp. 88-90. México, D.F.

Toledo, V.M. 1989. La diversidad biológica en México. Ciencia y Desarrollo. XIV, (81), pp. 17-30 México, D.F.



- Trejo, V.R. 1987. La disposición de desechos sólidos urbanos. *Ciencia y Desarrollo*. 74, (XII), México, D.F.
- Trejo, V.R. 1994. *Procesamiento de la basura urbana*. Ed. Trillas. México, D.F.
- Underwood, J.D. 1994. Source reduction: a waste solution. *Chemistry and Industry*. (1), pp 18-21, England. (3 January).
- Villaseñor, J.A. Análisis de la situación actual de la operación de compostaje a nivel industrial como método de tratamiento de residuos sólidos municipales en México, D.F. Tesis. Universidad la Salle. México, D.F. 1995.
- Wells, R. 1994. El reto de volverse verde. *Calidad Ambiental*. 1, (12), pp. 15-16. Monterrey, N.L. (Dic.).
- Zamora, L.C. 1996. Reciclado de cartón corrugado para fabricación de papel de empaque. *INARE Informa*. (2), pp. 6. México, D.F.
- Zanelli, A. y Castillo, H. 1987. Procesos de trabajo e impactos en el medio ambiente urbano. *Estudios demográficos y urbanos*, 2, (3), México, D.F.
- Zanelli, T.A. Situación actual de los residuos sólidos en México. Tesis. UNAM. Facultad de Química. México, D.F. 1995.
- 

## PATENTES

- Bayer, E. (1992 02 23). Process for producing solid, liquid and gaseous fuels from organic starting material. 5114541.
- Boyd, J.A./Staples, G. (1991 06 18). Waste separating, processing and recycling system. 5024770. American Materials Recycling Inc.
- Campo, L. (1990 09 04). Method and continuous cycle compactor apparatus, including a circulating forced air pre-chamber for treating biodegradable solid urban waste materials and for separation and recycling the non-biodegradable components thereof. 4953457.
- Chu, H. (1994 02 22). Treatment of waste sludge to produce a non-sticking fuel. 5288413. Shell Oil Company.
- Dumons, P. (1995 03 28). Method of treating rubbish or waste and improved press for implementing it. 5400726.
- Earp, E. (1990 08 28). Composition for solidification or semi-solidification of waste materials.

Forester, K. (1993 09 14). Immobilization of lead in bottom ash. 5245114. Wheelabrator environmental systems, Inc.

Gement, P. (1993 10 19). System for treatment of household waste. 5253764.

Harrison, G. (1993 12 07). Method for making light weight ceramic particles. 5268131.

Hayashi, M./Takamura, Y. (1995 07 11). System and method for disposing waste. 5431347.

Hitachi LTD. Jormanainen, M./Laukkanen, R. (1990 06 19). Method for treating waste materials. 4934235. Otokumpu Oy.

Just, A. (1995 05 02). Method for treatment of solid materials. 5411213.

Kaniecki, T./Diamond, H. (1994 12 20). System for treating commercial waste effluents. 5374358. Diamond Chemical Company Inc.

Levin, G. (1992 03 31). Method for photochemically decomposing organic materials. 5100638  
Advanced waste treatment technology

Pal, K. (1993 03 16). Fixation and stabilization of lead in contaminated soil and soil waste. 5193936. Maccorp Incorporated.

Pichat, P. (1995 02 07). Treatment of municipal waste ash. 5387739.

Pichat, P. (1993 01 05). Waste incineration process. 5177305.

Reis, G./Massocco, G. (1993 12 14). Equipment for continuous chopping of municipal refuse and other solid wastes in general. 5269474.

Ruffo, G./Vezzani, L. (1991 04 23). Process for recycling and reutilizing waste, in particular solid urban waste. 5009672.

Taylor, P. (1991 04 16). Apparatus and method for mixing solid or semisolid wastes with additives. 5007590. Itex Enterprises, Inc.

Taylor, R. (1995 06 13). Method for direct gasification of solid waste materials. 5423891.

Weinwurm, P. (1992 02 11). Method for producing insoluble industrial raw material from waste. 5087375. Aggio Recovery.

Wiens, T. (1993 02 09). Solid waste disposal. 5184780. First Dominion Holdings, Inc.

Yen, Ch./Tai, J. (1994 12 13). Garbage disposal system. 5372077.

## ANEXO A. BIBLIOGRAFIA SUGERIDA.

- Anónimo. 1993. An alternative to incineration?. *Chemistry in Britain*. 29, (6). pp. 460. England. (June).
- Anónimo. 1993. Plastics pile up. *Chemistry and Industry*. (13). pp. 481. England (5 July).
- Arvizu, F.F. Estudio de factibilidad técnico-económica de un sistema de manejo de residuos sólidos en la Ciudad de México. Tesis. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F. 1994.
- Bellin. I. 1993. L'atomovile recycle. *La recherche*. 24, (259). pp. 1247-1254. Francia. (Nov.).
- Bertolini. G. 1993. Les temps du plastique est-il revolu?. *La recherche*. 24. (255). pp. 754-757. Francia. (Juin).
- Bonilla, T.L. Centros de clasificación de desechos sólidos y planta de composta en el Distrito Federal. Tesis. Facultad de Arquitectura, UNAM. México, D.F. 1990.
- Borchardt, J.K. 1993. Paper de inking technology. *Chemistry and Industry*. (8). pp. 273-276. England. (19 April).
- Borman, S. 1993. Earth sciences report urges system approach. *Chemistry and engineering news*. 71, (9) pp. 9. U.S.A. (March).
- Bridges, O. 1995. A perspective of solid waste disposal in the Russian Federation. *Institute of waste Management Proceedings*. (2). pp. 13-18. (April).
- Castelan, A. E.Y. Estudio de factibilidad para la creación de microempresas destinadas a reprocessar algunos materiales encontrados en los desechos sólidos en la Ciudad de México. Tesis. Escuela de Ingeniería, Universidad Panamericana. México, D.F. 1993.
- Castillo, C. L. Caracterización y posibles aplicaciones de los residuos sólidos generados en una fábrica de papel. Tesis. Facultad de Química, UNAM. México, D.F. 1992.
- Castillo, E. H. Caracterización y recuperación (reciclado) de chatarra (latas). Tesis. Facultad de Química, UNAM. México, D.F. 1995.
- Castillo, H. Camarena, M. Ziccardi, A. 1987. Procesos de trabajos e impactos en el medio ambiente urbano, estudios demográficos y urbanos. 2, (3). pp. 513-543. México, D.F. (Sep-Dic.).
- Galvan, V. M.A. Caracterización de los desechos sólidos del ex-tiradero de Santa Cruz Meyehualco. Tesis. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM. México, D.F. 1995.

- González, P.C. 1978. Los caminos del universo forestal. *Investigación económica*. (34), pp. 195-204.
- Hernández S. C. Aplicación de la simulación para el mejoramiento del sistema de recolección de desechos sólidos municipales en la Ciudad de México. Tesis. Escuela de Ingeniería, Universidad Panamericana. México, D.F. 1993
- Illman, D. 1993. Waste acidrecovery sysstem cited for technology transfer. *Chemistry and Engineering news*. 71, (14). pp. 27. U.S.A. (April).
- López, C.R. 1993. El vaso regulador El Cristo, problemática y posibles perspectivas de solución. *Revista internacional de contaminación ambiental*. (Universidad Autónoma de Tlaxcala). 9. (Supl. 1). pp. 64. (Enero).
- López, M. R. Tratamiento y disposición de residuos nucleares. Tesis. Facultad de Química UNAM. México, D.F. 1992.
- Meza, B. M.A. La concesión a particularidades del servicio de recolección y reciclamiento de los desechos sólidos generados en el Distrito Federal. Tesis. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM. México, D.F. 1994.
- Miller, A. 1994. Feedstock recycling. *Chemistry and Industry*. (1), pp 8-9. England. (3 January).
- Navarrete, R. M.E. Evaluación de procesos térmicos para el tratamiento de residuos peligrosos. Tesis. Facultad de Química UNAM. México , D.F. 1993.
- Pacheco, Y.J.L. Reuso de residuos sólidos. Tesis. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F. 1994.
- Pérez, C. J.L. Planta procesadora de desechos sólidos en Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México. Tesis. Facultad de Arquitectura, UNAM. México, D.F. 1990
- Queriar, C. P. Tecnologías innovadoras en el tratamiento de residuos peligrosos. Tesis. Facultad de Química UNAM. México, D.F. 1994.
- Rose. J. 1993. Far from wrappend up. *Chemistry and Industry*. (16), pp. 615. (August).
- Rowatt, R.J. 1993. The plastic waste problem. *Chemtech*. 23,(1), pp. 56-60. U.S.A. (January).
- Rues. H. E. 1994. Conciencia ecológica en la administración hotelera. *Calidad ambiental (Elementos esenciales para el desarrollo sostenible)*. 1, (7). pp. 21-22. Monterrey, N.L. 9 (Enero).
- Salinas, C. M.E. Aislamiento de aerobacterias en una estación de transferencia de desechos sólidos en la Ciudad de México. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 1991.

**Sanchez, P.S. Política social para la planeación del ambiente en el sector salud: desechos sólidos hospitalarios. Tesis. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán, UNAM. México, D.F. 1994.**

**Serrano, C. B.J. Estudios del compst y su proceso productivo a partir de los deschos sólidos municipales en el D.F. Tesis. Facultad de Economía, UNAM. México, D.F. 1995.**

**Turrado, S.J. y Ramírez, P.R. 1994. Panorama de la industria papelera en México, Ciencia y Desarrollo, XX, (118), pp. 38-45. México, D.F.**

**Walker, C.N. 1993. Landfill leache control: a diagnosis and prognosis. Institute of waste Management. (1), pp. 3-10. (January).**