

154  
Zej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**SITUACION ACTUAL DE LOS RESIDUOS  
SOLIDOS EN MEXICO**

**TRABAJO MONOGRAFICO  
DE ACTUALIZACION  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
ALEJANDRO ZANELLI TREJO**



MEXICO, D. F.

1995

**FALLA DE ORIGEN**

**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.

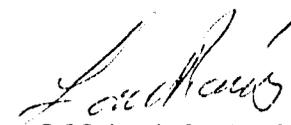
**JURADO ASIGNADO :**

**PRESIDENTE:** Prof. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa.  
**VOCAL:** Prof. Leticia María de los Angeles González Arredondo.  
**SECRETARIO:** Prof. Landy Irene Ramírez Burgos.  
**1er. SUPLENTE:** Prof. Rodolfo Torres Barrera.  
**2do. SUPLENTE:** Prof. Ricardo Pérez Camacho.

**SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA :**

PIQA y QA ( Programa de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental ). Laboratorio 301, Conjunto E Facultad de Química, UNAM.

**ASESOR :**

  
Q.F.B. Landy Ramírez Burgos.

**SUSTENTANTE :**

  
Alejandro Zanelli Trejo.

## **DEDICATORIAS**

A mi madre Ernestina Trejo Bonilla, por su amor y ejemplo de superación, y por que gracias a ella he logrado todo lo que soy en la vida.

A la memoria de mi padre Aldo Zanelli Morino.

A mis hermanos, Elide y Aldo por haberme brindado todo su cariño y apoyo.

A mi abue Ofe, por todo el amor que me ha dado.

A mis tíos y primos, por su cariño y confianza.

A Ihalí, por compartir conmigo los mejores momentos de mi vida.

A mis amigos, por estar conmigo en las buenas y en las malas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Q.F.B. Landy Ramírez Burgos, por su valioso asesoramiento para la realización de este trabajo.

A la Doctora Carmen Durán D. de Bazúa y a la Maestra Leticia Ma. de los Angeles González A. por haber dedicado parte de su valioso tiempo para la revisión de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a todos mis profesores por haberme formado como persona y como profesionista.

**SITUACION ACTUAL  
DE LOS  
RESIDUOS SOLIDOS  
EN MEXICO**

## INDICE

	Pag.
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	2
II. ANTECEDENTES HISTORICOS	7
III. PANORAMA GENERAL	12
IV. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	
4.1. Definiciones	15
4.2. Tipos de residuos sólidos	16
4.3. Composición física	17
4.4. Composición química	23
V. GENERACION	
5.1. Residuos convencionales	26
5.2. Residuos industriales	27
VI. MANEJO, ALMACENAMIENTO Y PROCESADO EN EL LUGAR DE ORIGEN	32

## INDICE

	Pag.
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	2
II. ANTECEDENTES HISTORICOS	7
III. PANORAMA GENERAL	12
IV. CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	
4.1. Definiciones	15
4.2. Tipos de residuos sólidos	16
4.3. Composición física	17
4.4. Composición química	23
V. GENERACION	
5.1. Residuos convencionales	26
5.2. Residuos industriales	27
VI. MANEJO, ALMACENAMIENTO Y PROCESADO EN EL LUGAR DE ORIGEN	32

VII. RECOLECCION	
7.1. Servicios de recolección	35
7.2. Tipos de sistemas de recolección	36
7.3. Rutas de recolección	37
VIII. TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE	
8.1. Estaciones de transferencia	39
8.2. Métodos de transferencia	41
8.3. Locación de las estaciones de transferencia	42
8.4. Transferencia y transporte de residuos sólidos peligrosos	44
IX. METODOS DE PROCESADO Y RECUPERACION	
9.1. Técnicas de procesado	45
9.2. Sistemas de recuperación de material	48
9.3. Recuperación de energía	55
X. METODOS DE DISPOSICION FINAL	
10.1. Métodos no sanitarios	58
10.2. Métodos sanitarios	61
XI. PLANTAS INDUSTRIALIZADORAS DE BASURA EN MEXICO	79
XII. SITUACION EN EL DISTRITO FEDERAL	84
XIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91

## ANEXOS

ANEXO I. LEGISLACION 96

ANEXO II. LEGISLACION CONSULTADA 108

XIV. CITAS BIBLIOGRAFICAS 109

XV. BIBLIOGRAFIA GENERAL 111

## LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA 1. Composición de la basura en el D.F. 19

GRAFICA 2. Porcentaje de residuos sólidos domésticos  
e industriales generados en México 29

GRAFICA 3. Gastos mensuales en la eliminación de  
residuos sólidos en el D.F. 90

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Composición en subproductos de los residuos  
sólidos municipales en la Ciudad de México 20

TABLA 2. Composición en subproductos de los residuos  
sólidos municipales por zonas en México 21

TABLA 3. Composición en subproductos de los residuos sólidos en diversos países	22
TABLA 4. Valores típicos del contenido de humedad, poder calorífico y CHON	24
TABLA 5. Composición en subproductos de los residuos en los Estados Unidos	25
TABLA 6. Generación de residuos sólidos en el D.F.	30
TABLA 7. Superficie de los rellenos sanitarios, recolección de basura y vehículos recolectores según delegación	38
TABLA 8. Procesos de recuperación de productos de conversión biológica y química	57
TABLA 9. Especificaciones de las cubiertas de los rellenos sanitarios	64
TABLA 10. Rellenos sanitarios municipales	69

#### LISTA DE MAPAS

MAPA 1. Estaciones de transferencia en el D.F.	43
--	----

#### LISTA DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1. Diagrama del proceso pirolítico Monsanto	56
DIAGRAMA 2. Esquema simplificado del proceso seguido en la planta industrializadora de desechos sólidos de la Ciudad de México	83

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Modalidades más comunes en rellenos sanitarios	68
FIGURA 2. Ubicación de las partes principales que constituyen una planta incineradora de basura	77
FIGURA 3. Vista lateral y frontal de un horno rotatorio	78

## RESUMEN

---

Este trabajo hace un breve y conciso recorrido por los antecedentes históricos del problema de los **residuos sólidos en México**, presenta también un conjunto de definiciones relacionadas con el tema, aspectos fundamentales y sugerencias concretas para el manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos así como los principales métodos de disposición final, la revisión del marco legal correspondiente y diversos aspectos de la problemática tales como el económico, social, político y ecológico.



"La sociedad moderna ha aprendido -a un alto costo- que no puede seguir despilfarrando sus recursos, adoptando procesos de producción sucios e ineficientes y generando productos de los cuales no puede deshacerse en forma ambientalmente idónea o cuya acumulación conlleva riesgos para la salud y el ambiente."

"Curiosamente, al verse obligada a reconsiderar sus sistemas de desarrollo y a replantear sus procesos productivos para hacerlos más respetuosos del ambiente, la sociedad ha descubierto las ventajas económicas de hacer un uso intensivo de los materiales, de ahorrar energía y de prevenir los daños ambientales." (1)

Un aspecto importante que debe tomarse en cuenta al considerar las implicaciones de la generación de residuos sólidos es que nuestro planeta es un sistema con dimensiones fijas y capacidades limitadas de asimilación, de manera que todos los residuos que se vierten al ambiente permanecerán de una u otra forma en él, a pesar de que al ser transportados por el agua o el aire pudiéramos perderlos de vista.

(1) CORTINAS DE NAVA, CRISTINA y VEGA GLEASON, SYLVIA. 1993. Residuos peligrosos en el mundo y en México. Serie monografías, No.3, SEDESOL. Pub. INE. P. i. México, D.F.

"Contrariamente a los malos hábitos de los seres humanos, la naturaleza funciona a través de *ciclos* en los cuales la materia orgánica atraviesa por procesos de decaimiento, degradación y reutilización como fuente de energía y alimento, dado lo cual no se generan residuos y todo se aprovecha." (2)

Muchas cosas se tiran cuando ya no tienen ningún valor para nosotros. Todos los días la gente desecha restos de comida, montones de papel o envases de metal, plástico o vidrio, en bolsas para los recolectores. A veces, tiramos un suéter viejo o los desgastados neumáticos de un vehículo. Y de vez en cuando convertimos en chatarra algo grande, como un refrigerador o incluso un automóvil. Todos estos materiales conforman los **residuos sólidos**, llamados comúnmente *desperdicios*.

Los desperdicios se consideran como materiales que ya no podemos usar en nuestros hogares, comercios, industrias, ni en ningún otro lado. Sin embargo, son valiosos recursos que aún no hemos aprendido a utilizarlos de nuevo con el mayor provecho.

En ocasiones se vuelve a utilizar algo de papel, vidrio o metales mediante el reciclaje, usándolos como materia prima para fabricar nuevos productos útiles.

No obstante, la mayoría de los desechos se eliminan simplemente colocándolos en algún lado. Habría que eliminarlos de modo que no dañaran al ambiente, pero en la mayoría de los casos no se hace esto.

(2) Op. Cit. P. 21.

Se están desarrollando nuevos métodos de eliminación de residuos, pero ante todo debemos aprender más acerca de cómo volverlos a utilizar, para poder conservar los recursos naturales, tales como la madera y los metales.

Los residuos sólidos tienden a aumentar cada año, conforme cambian los hábitos de vida y los procesos de fabricación, esto, junto con la mala planeación y el crecimiento acelerado que han sufrido los principales centros urbanos de nuestro país, han provocado que la contaminación ocasionada por los residuos sólidos se convierta en un problema por demás serio.

En la mayoría de las localidades del país los residuos sólidos son depositados en tiraderos a cielo abierto, ocasionando, por un lado, alteraciones irreversibles en el sistema ecológico y, por el otro, no existe un aprovechamiento de los productos que los conforman.

Ante esta situación y debido a los beneficios que puede acarrear un buen manejo y disposición final de los residuos sólidos es conveniente que las autoridades en todo el país orienten a la población acerca del peligro que ocasiona la disposición inadecuada de la basura, den a conocer las bases reglamentarias que regulen la recolección, transporte, tratamientos y disposición final, se difundan las prácticas más adecuadas para su almacenamiento e informen a la comunidad de los problemas de salud pública que origina un inadecuado manejo de los desechos sólidos.

Como ya se mencionó anteriormente, los residuos sólidos están constituidos por diferentes objetos y productos que se utilizan en la vida diaria como en el hogar,

trabajo, o medio en el que se desenvuelve el hombre y que, una vez que pierden su utilidad original, se desechan.

La generación de residuos sólidos en México depende principalmente de:

- Nivel de vida de la población, siendo mayor el volumen de residuos en donde aquél es más alto.

- La forma de vida de los habitantes y costumbres.

- El número de habitantes del municipio.

Por lo tanto, la generación de los residuos está íntimamente relacionada con el grado de desarrollo de la localidad, la concentración de la población y su ingreso, así como la facilidad para consumir más productos.

#### Industria

El país, en las últimas décadas, ha tenido un crecimiento acelerado en la actividad industrial, trayendo como consecuencia un incremento en la generación de residuos sólidos, cuyas características pueden variar desde los no peligrosos para la salud hasta los peligrosos y potencialmente peligrosos, siendo todos ellos contaminantes del suelo por lo que es necesario conocer la cantidad de residuos y fuentes generadoras para proyectar una adecuada disposición.

Este trabajo, además de resaltar la importancia del problema de los residuos sólidos y de subrayar la estrechez de las políticas institucionales en torno al manejo

de los desperdicios de la República Mexicana y, en especial, de la Zona Metropolitana del Valle de México (que es la ciudad más grande del mundo), presenta enfoques y técnicas alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos tanto a nivel domiciliario como industrial.

## II. ANTECEDENTES HISTORICOS

La solución a los problemas ocasionados por el desecho de residuos sólidos (basura) ya era preocupación de innumerables civilizaciones en todo el mundo desde tiempos inmemoriales. En el caso de México, remontándose hasta la época de los aztecas (siglo XV), el padre Francisco Javier Clavijero afirma: "en las ciudades no había una sola tienda de comercio, no se podía ni vender ni comprar fuera de los mercados, y por lo tanto nadie comía en las calles, ni tiraban cáscaras ni otros despojos". (3)

De esta forma pasó el tiempo y, ubicándose entonces en la época colonial donde, como es bien sabido, no se respetó la cultura de los pueblos pre-coloniales y hubo proliferación de los residuos en la calle (llamados genéricamente muladares).

No fué, sino hasta el año de 1789 cuando Revillagigedo hizo que se barrieran y regaran las calles y estableció un sistema de recolección de basura que consistía de carretas tiradas por animales, lo que hace necesaria la creación de tiraderos establecidos fuera de la ciudad.

Ya en la época independiente (1824) el Coronel Melchor Muzquiz nombra una comisión para que reglamente el sistema de limpia de la ciudad, estableciendo un

(3) HURTADO MARIN, JOSE DE JESUS. 1991. *El derecho, la sociedad y la contaminación originada por el desecho de residuos sólidos en México*. Tesis UNAM, Facultad de Derecho. P. 3. México, D.F.

sistema de limpia con carretones de tracción animal con horario de mañana y noche para la recolección, contando dichos carretones con campanillas para dar aviso a la población. Asimismo se imponen multas a las personas que arrojen basura.

"En la época de la Reforma el servicio de limpia se llevaba por medio de 80 carretones de tracción animal. El sistema se encontraba dividido en 8 sectores y se erogaban en promedio un total de \$50,000.00 anuales". (4)

El sistema de recolección permanece sin grandes cambios durante el siglo XIX. Ya en el siglo XX se empiezan a usar vehículos de combustión interna para agilizar la recolección. "Para 1929 el servicio de limpia cuenta con 190 carretones de 2.5 m<sup>3</sup> y una pequeña flota de camiones, tractores y remolques. Al personal lo constituían ya unas 1,500 personas. En 1938 con un personal aproximado de 2,000 trabajadores, se intentan instalar las primeras plantas de industrialización de basura, las cuales son llevadas a la práctica en 1941 instalándose en el Holiday Inn del Aeropuerto, en Atzacapotzalco y en Tetepilco. Cierran en 1943." (5)

Hasta antes de la década de los cuarenta la disposición final de los residuos sólidos no representaba un gran problema para el servicio de limpia, ya que bastaba con llevar los desechos fuera de los núcleos urbanos y problema resuelto, ya que las cantidades producidas de desechos, así como las características en su composición permitían que los desechos se reintegraran rápidamente al ciclo natural sin ocasionar daños significativos al ambiente.

(4) Opus.Cit P. 4.

(5) Opus.Cit P. 4-5.

Sin embargo, a partir de la década de los 40's, la generación de residuos sólidos incrementó sustancialmente, resultado de la explosión demográfica y del desarrollo acelerado. Fue en ese entonces cuando se crearon los primeros grandes tiraderos a cielo abierto, ubicados al Oriente y Poniente del Distrito Federal: el de Santa Cruz Meyehualco y el de Santa fé, ubicados en las actuales Delegaciones Iztapalapa y Alvaro Obregón respectivamente.

El tiradero de Santa Cruz Meyehualco fue el principal sitio de disposición con que contaba la ciudad, alcanzando una superficie de 148 ha aproximadamente. En el caso del tiradero de Santa fé éste llegó a cubrir poco más de 60 ha aproximadamente.

Debido a su notable crecimiento y a todos los problemas que ocasionaban, el Departamento del Distrito Federal se abocó a la clausura de los tiraderos a cielo abierto y a seleccionar y preparar sitios para operar rellenos sanitarios.

La clausura y saneamiento del tiradero de Santa Cruz Meyehualco se inició en 1983. Los desechos se cubrieron con una capa de material limo-arcilloso y se construyeron pozos de venteo de biogás.

Posteriormente se sanearon el tiradero de San Lorenzo Tezonco (colocando en este una capa plástica complementaria como sello final del terreno), el de Borde Xochiaca (ubicado en el ex-lago de Texcoco) y algunos otros en las Delegaciones Tláhuac, Milpa Alta y Tlalpan.

La clausura y saneamiento del tiradero de Borde Xochiaca en el ex-lago de Texcoco fue de vital importancia, (en el cual vertían sus desechos las Delegaciones

Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero), ya que fue el antecedente que propició la creación del primer relleno sanitario de la ciudad.

Así, en 1985, se dispuso de una región de 95 ha junto al Bordo Poniente para implantar la primera etapa de operación del relleno sanitario. Se acondicionaron bordos de contención de desechos de 2m de altura, que a su vez servían como caminos para el acceso de vehículos recolectores. De esta forma se logró una retícula de 16 macroceldas en las que se fueron depositando los desechos de distintas delegaciones del D.F. Habiendo quedado completo el depósito hasta el nivel de los caminos (2m), se procedió con la segunda fase del proyecto, que consistía en implantar otros 3m de espesor al relleno, quedando entonces una capa final de 5m de espesor. Asimismo, en el sitio se contaba con toda la infraestructura necesaria para su buen funcionamiento, como: básculas, talleres, oficinas, etc.

Gracias al éxito de este primer relleno sanitario, se decidió implantar otro relleno sanitario, que se hizo necesario al clausurar el tiradero de Santa Fé y así satisfacer las necesidades de disposición de la Zona Poniente. Después de varias evaluaciones se decidió ubicarlo en Prados de la Montaña.

Fué para noviembre de 1986 cuando comenzó a operar el segundo relleno sanitario de la ciudad, y de esta forma se procedió a sanear el tiradero de Santa Fé. La clausura y saneamiento de este tiradero trajo como consecuencia el descontento de la gran cantidad de pepenadores que "trabajaban" ahí, por lo cual las autoridades tuvieron que concertar con los líderes de la pepena para cambiar su lugar de trabajo, trasladándolos a la unidad habitacional Tlayapaca y modificando su forma habitual de seleccionar los subproductos reciclables de la basura.

El relleno sanitario de Prados de la Montaña opera mediante pepena controlada diurna y vespertina. La cobertura de los desechos se hace diariamente durante la noche. La reubicación de los pepenadores (que acabó con las condiciones inhumanas de vida que llevaban, ya que la mayoría de ellos vivían dentro de los tiraderos en "casas" construidas con cartón y lámina, y por lo tanto sin ningún tipo de servicio), así como el aprovechamiento de su trabajo (realizado ahora de forma organizada y con el equipo de seguridad necesario, como lo son guantes, batas, etc) para poder separar de forma eficaz los subproductos reciclables de la basura en el relleno sanitario, marcó un importante avance en la disposición final de los residuos en México.

La mala planeación y el crecimiento acelerado que han sufrido los principales centros urbanos de nuestro país en las últimas décadas, han provocado que la contaminación ocasionada por residuos sólidos sea un problema grave.

De esta forma puede verse que actualmente se producen en la República Mexicana, en promedio, 85,000 toneladas diarias aproximadamente. La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se encuentra a la cabeza de las ciudades con mayor generación de residuos sólidos **en el mundo**, con una generación estimada de cerca de 17,000 toneladas diarias de basura, de las cuales cerca de 11,000 toneladas diarias corresponden solo al Distrito Federal.

En México, como en muchos otros países poco desarrollados tecnológicamente, el reciclaje de materiales sin prácticas de Ingeniería se realiza en casi todas las ciudades de forma más o menos clandestina con ayuda de la pepena. Como se vió anteriormente, ésta actividad está fuertemente ligada a intereses particulares y, en muchos casos, a decisiones políticas.

Autoridades, funcionarios, trabajadores y líderes que intervienen en el servicio de limpia, recolección y disposición final de los residuos sólidos en México laboran mediante acuerdos establecidos de manera informal, lo cual desencadena conflictos y pugnas por el control de rutas, zonas y tiraderos. Principalmente en la Ciudad de México, donde las 85,000 toneladas de basura que se producen diariamente en el país, son generadoras de riqueza, empleos y de un verdadero negocio para algunas empresas que adquieren a bajo costo materiales reciclables, éstos se transforman en

mercancías con un nuevo valor de uso. Un claro ejemplo de esto último se presenta a continuación:

"Según una investigación realizada por Héctor Castillo Berthier, el sociólogo que más ha profundizado en este ámbito, las fábricas de sello de goma compran el hueso para hacer sus pegamentos; mediante el cebo excedente de las carnicerías se hace manteca vegetal; los desperdicios de fruta se transforman en refrescos enlatados con pulpa de fruta natural; los residuos de polietileno, en tarimas de plástico; el hule de llantas, en loderas para camión; hule, alambre y nylon, en llantas; la chatarra de aluminio, cobre y hierro en piezas de maquinaria; las llantas, en suelas para zapato; el plástico, en suelas de tenis y juguetes; los colchones viejos nuevamente en colchones y "box springs"; los cartilagos, en gelatinas, cosméticos abonos y fertilizantes; los animales muertos, en embutidos; los restos alimenticios de los mercados se venden como alimento para puercos; el fierro y el vidrio se vuelven a fundir; los restos de pescado y plumas de pollo se procesan para alimentos balanceados para ganado." (6)

El origen de los problemas ocasionados por el manejo de los residuos sólidos en nuestro país se debe principalmente a las siguientes causas:

- Falta de cultura en la población.
- Mala administración.
- Falta de presupuesto.

(6) PUENTE, SANDRA. 1995. "Se disputan grupos políticos el control de la basura", Diario EL UNIVERSAL, Nuestra Ciudad. Lunes 12 de junio. P. 2. México D.F.

En un estudio que lleva por nombre "Los demonios del Consumo", de Iván Rastrepo, director del Centro de Ecología y Desarrollo, apunta que en México se tiran 1.6% más basura orgánica que los residentes de los Estados Unidos y Canadá y explica que esto puede deberse a que allá se consumen más alimentos empaquetados que en México.

En un estudio efectuado por el Centro de Ecodesarrollo, se demostró que durante los censos de población aumentó el consumo de ciertos productos (como la carne y leche) y disminuyó el de otros (como la bebidas alcohólicas). Lo anterior se concluyó por la simple contabilización de los envases de ciertos productos encontrados en la basura. Los investigadores colectaron la basura por zonas o sectores de diversos niveles económicos.

La basura recolectada en zonas donde vive gente con mejores ingresos económicos tiene mayor abundancia de metales, papel, plásticos y vidrio, lo que demuestra mayor consumo de alimentos industrializados.

La basura demuestra que el poder adquisitivo no tiene nada que ver con sus hábitos alimenticios y que la dieta de los mexicanos es inadecuada.

En la mayoría de los hogares mexicanos se consumen tortillas, pan blanco, frijol, leche, carne, huevos, frutas y verduras (aunque su abundancia si depende del nivel económico).

El problema es que todos los niveles económicos consumen la misma cantidad de dulces y alimentos de los denominados chatarra.

## IV. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

### 4.1. Definiciones

Residuo: "cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó." (7)

Residuos o desechos sólidos: "se consideran como residuos o desechos sólidos aquellas materias que no son capaces de ser arrastradas por un fluido de flujo libre, sea éste una corriente de aire o una corriente líquida."(8) De esta forma puede decirse que un residuo sólido es cualquier material que no puede fluir por sí mismo.

"A esta caracterización desde el punto de vista físico, debe sumarse otra desde el ángulo económico: son residuos aquellos subproductos que, por carecer de valor para la persona que los genera, son abandonados o desechados por ella." (9).

(7) QUIMICA WIMER , CHEMICAL WASTE MANAGMENT DE MEXICO, CIBA-GEIGY, 1993. \_Memorias: "Manejo de Residuos Industriales", UNAM, Facultad de Química. P. 44. México D.F.

(8) Ibid (3), P. 16.

(9) Op..Cit. P.16.

Dentro de estos residuos pueden encontrarse diferentes tipos, dependiendo de su origen y de sus características físicas y químicas.

#### 4.2. Tipos de residuos sólidos

Convencionales (domésticos): son aquellos residuos que se generan básicamente de actividades domésticas y provienen principalmente de casas-habitación, comercios, oficinas, vías públicas, etc. Algunos de estos residuos son: residuos de comida, papel y cartón, ceniza, residuos de jardinería, cascajo, etc.

Industriales: son aquellos residuos que se generan en cualquier proceso industrial de extracción, beneficio, transformación y/o producción. Típicamente estos incluyen cenizas industriales, restos de construcción y demoliciones y \*residuos peligrosos, siendo éstos últimos todos aquellos residuos que representan un peligro substancial inmediato o en un período corto de tiempo para humanos, animales o plantas.

\*Nota: los residuos sólidos peligrosos pueden ser generados tanto doméstica como industrialmente, pero como la industria los produce en variedad y cantidades considerablemente mayores, se da especial importancia a los generados por ésta última.

### 4.3. Composición física

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

Componentes individuales (subproductos): Los componentes individuales que conforman principalmente los residuos sólidos convencionales se clasifican como sigue: papel, madera, plástico, vidrio, piedra, materia orgánica y trapos.

En la gráfica 1 y en la tabla 1 se muestra la composición en subproductos de la basura en la Ciudad de México, observando que el 50% corresponde a materia orgánica y casi el 20% a papel y cartón, mientras que en la tabla 2 se muestra esta misma en las diferentes zonas que conforman a la República Mexicana, y en la tabla 3 se muestra en diversos países.

Tamaño de partícula: El tamaño de los componentes es importante en la recuperación de materiales por medios mecánicos o magnéticos. Existen gráficas que relacionan el tamaño de partícula con el porcentaje total del componente.

Contenido de agua: El contenido de agua de los residuos sólidos se expresa generalmente como la masa de agua por unidad de masa de material mojado o seco. La cantidad de agua en base a la masa mojada es:

$$\% \text{ humedad} = ((a-b)/a) * 100$$

En donde: a es la masa inicial

b es la masa después del secado." (10)

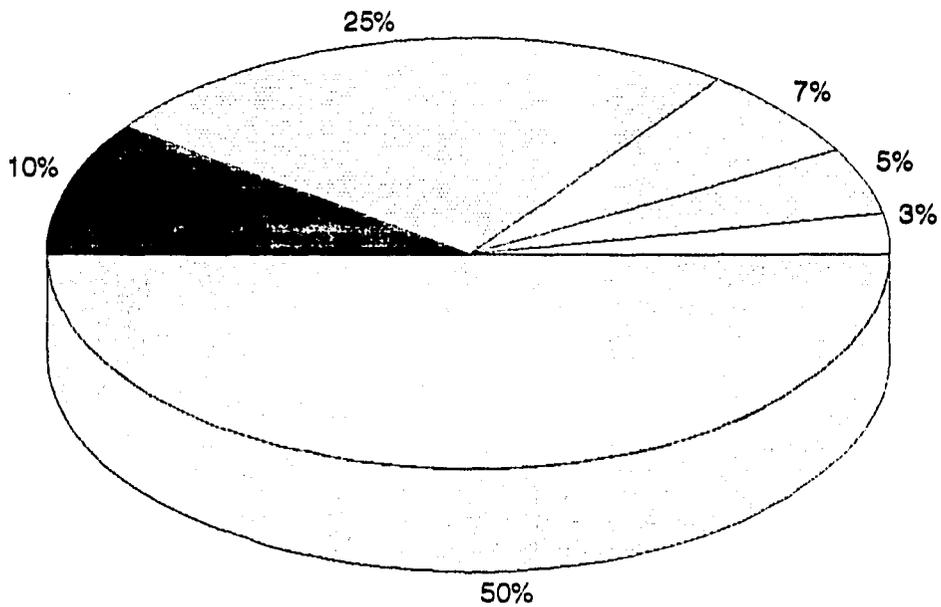
Los compuestos que más agua tienen son los que se originan a partir de la comida.

Densidad: Las densidades de los residuos sólidos varían generalmente debido al lugar geográfico en el que se encuentran, la temporada del año y el tiempo de almacenamiento. El escoger densidades promedio de los distintos residuos puede ser difícil. Sin embargo, se pueden encontrar tablas en las que se presentan las densidades por intervalos, así como la densidad promedio de los principales componentes individuales de los residuos.

(10) INSTITUTE FOR SOLID WASTES, AMERICAN PUBLIC WORKS ASSOC. 1976. Tratamiento de los residuos urbanos. (Trad. por Fco. Sanabria C.) Instituto de estudios de administración local. 3a. ed. P.441. Madrid, España.

# GRAFICA 1

## COMPOSICION DE LA BASURA EN EL D.F.



□ METALES      □ VIDRIO      □ PLASTICO  
□ PAPEL Y CARTON      ■ OTROS      □ MATERIA ORGANICA

• FUENTE:

Aguilar Bennumea, Sergio. 1995. 'Situación actual del reciclado de plástico en México y el entorno internacional'  
Tesis UNAM. Facultad de química. P.37. México D.F.

**TABLA 1****COMPOSICION EN SUBPRODUCTOS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES  
EN LA CIUDAD DE MEXICO (% EN PESO)**

<b>SUBPRODUCTO</b>	<b>1984</b>	<b>1988</b>	<b>1990</b>
Algodón		0.23	0.23
Cartón	3.27	3.28	3.24
Cuero	0.33	0.65	0.66
Cartón encerado	1.14	1.44	
Fibra vegetal		1.42	5
Fibra sintética		4.91	0.47
Hueso	1.54	0.47	0.83
Hule	0.28	0.82	0.21
Jardinería	1.09	0.21	4.04
Latas	1.66	3.97	1.62
Loza y cerámica	2.63	1.59	0.75
Madera	0.45	0.74	0.59
Material de construcción		0.58	0.78
Metal ferroso	0.73	0.77	0.52
Metal no ferroso	0.24	0.21	0.21
Papel	12.1	12.43	12.67
Pañal desechable	3	3	3.06
Plástico película	3.33	5.04	5.14
Plástico rígido	1.5	5.04	5.14
Poliuretano		4.44	4.52
Poliestireno		0.32	0.33
Residuos alimenticios	51.64	44.14	54.02
Residuos finos	3.19	0.94	0.95
Trapo	2.28	2.37	2.41
Vidrio	5.86	6.82	6.95
Otros	3.74	3.14	3.2

\* FUENTE: RUIZ SANTOYO, MA. ESTHER, ET AL. 1994. "LA QUIMICA EN LA SOCIEDAD". CAP.I: "QUIMICA Y MEDIO AMBIENTE". ED.UNAM. P.58 MEXICO, D.F.

**TABLA 2****COMPOSICION EN SUBPRODUCTOS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES POR ZONAS EN MEXICO**

<b>SUBPRODUCTO</b>	<b>FRONTERIZA</b>	<b>NORTE</b>	<b>CENTRO</b>	<b>SUR</b>
Cartón	3.01	42.8	4.16	4.51
Hueso	0.52	0.59	0.94	0.61
Hule	0.71	0.78	0.9	0.31
Latas	3.13	2.46	2.1	2.8
Metal ferroso	0.51	0.46	0.86	1.37
Metal no ferroso	0.22	0.57	0.45	1
Papel	11.36	9.17	8.8	6.9
Pañal desechable	4.96	2.59	2.79	4.01
Plástico película	2.68	3.79	3.32	3.96
Plástico rígido	2.8	2.38	1.96	2.38
Jardinería	15.35	7.48	6.95	7.88
Residuos alimenticios	25.72	37.56	38.2	41.06
Trapo	2.52	1.94	2	1.25
Vidrio de color	3.98	3.36	2.86	3.95
Vidrio transparente	4.22	4.27	4.15	4.28
Otros	13.63	8.61	14.36	9.23

\* FUENTE: RUIZ SANTOYO, MA. ESTHER, ET AL. 1994. "LA QUIMICA EN LA SOCIEDAD". CAP. I: "QUIMICA Y MEDIO AMBIENTE". ED. UNAM, P. 59. MEXICO, D.F.

**TABLA 3****COMPOSICION EN SUBPRODUCTOS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS (% EN PESO) EN DIVERSOS PAISES**

<b>PAIS</b>	<b>SUECIA</b>	<b>EEUA</b>	<b>JAPON</b>	<b>EUROPA</b>	<b>MEXICO</b>	<b>SALVADOR</b>	<b>PERU</b>	<b>INDIA</b>
Cartón y papel	44	36	40	30	20	18	10	2
Metales	7	9.2	2.5	5	3.2	0.8	2.1	0.1
Vidrio	5	9.8	1	7	8.2	0.8	1.3	0.2
Textiles		2.1		3	4.2	4.2	1.4	3
Plásticos	10	7.2	7	6	3.8	6.1	3.2	1
Orgánicos		26		30	50	43	50	75
Otros	34	9.7	49.5	19	10.6	27.1	32	18.7

\* FUENTE: RUIZ SANTOYO, MAR. ESTHER, ET AL. 1994. "LA QUIMICA EN LA SOCIEDAD". CAP.I: "QUIMICA Y MEDIO AMBIENTE". ED.UNAM. P.59. MEXICO, D.F.

#### 4.4 Composición química:

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 a 150°C por una hora, la pérdida de materia volátil después de quemarlo a 950°C, las cenizas residuales, los porcentajes de C,H,O,N,S y la energía calorífica.

En la tabla 3 se muestran los valores típicos del contenido de humedad, poder calorífico y C,H,O,N de los subproductos que conforman a los residuos sólidos.

Cambios en la composición: Para un planteamiento adecuado en el manejo de los residuos sólidos la información que se tenga sobre la composición futura de los residuos es importante, ya que todo residuo sólido va ir variando sus propiedades con el tiempo.

En la tabla 4 se muestra la composición de los residuos sólidos en Estados Unidos.

**TABLA 4**

**VALORES TÍPICOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD, PODER CALORIFICO Y CHON**

SUBPRODUCTO	HUMEDAD %	PODER CALORIFICO MW/kg	CARBON %	HIDROGENO %	OXIGENO %	NITROGENO %
Algodón	10	4.46	55.99	6.68	31.29	4.12
Cartón	5	4.52	44	5.9	44.6	9.3
Cuero	10	4.84	60	8	11.6	10
Residuos finos	3.2	2.37	20.62	2.57	4	0.5
Fibra vegetal	12	4.19	49.4	6.1	43.7	0.1
Fibra sintética	15	4.84	46.19	6.41	41.85	2.18
Hueso		4.52	41.72	5.75	27.62	2.97
Hule	2	6.46	77.65	10.35		2
Latas		0.19	4.47	6	4.3	0.05
Loza y cerámica	8	1.93	26.3	3	2	0.5
Madera	20	5.16	49.5	6	42.78	0.2
Material de construcción	8	1.93	26.3	3	2	0.5
Metal ferroso	3	0.19	4.54	0.63	4.28	0.5
Metal no ferroso	2	0.19	4.47	6	4.3	0.5
Papel	6	4.65	43.5	6	44	0.3
Pañal desechable	3	9.04	60	7.2	22.8	
Plástico película	3	9.04	67.21	9.72	15.82	0.46
Plástico rígido	0.2	12.71	84.54	14.18	0	0.06
Poliuretano	0.2	7.23	63.27	6.26	17.65	5.99
Poliestireno	0.2	10.59	87.1	8.45	3.96	0.21
Residuos alimenticios	70	1.29	48	6.4	37.6	2.6
Jardinería	60	1.81	47.8	6	38	3.48
Cartón encerado	3.45	7.29	59.18	9.25	30.13	0.17
Trozo	10	4.46	55	6.6	31.2	4.12
Vidrio de color	2	0.04	0.52	0.07	0.36	0.03
Vidrio transparente	2	0.04	0.52	0.07	0.36	0.03
Otros	4.34	0.19	4.54	0.63	4.28	0.05

\* FUENTE: RUIZ SANTOYO, MA. ESTHER, ET AL. 1994. "LA QUIMICA EN LA SOCIEDAD". CAP.1. "QUIMICA Y MEDIO AMBIENTE". ED UNFM. P.62. MEXICO D.F.

## TABLA 5

### COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

COMPOSICIÓN	%	COMPOSICIÓN	%
Residuos municipales		Residuos Industriales	
Composición física		Composición física	
Papel	45.63	Papel	42.73
Madera	3.00	Madera	7.34
Plástico	2.52	Plástico	12.61
Vidrio	6.22	Vidrio	3.03
Piedra, arena	7.65	Piedra, arena	5.09
Materias orgánicas	22.62	Productos químicos orgánicos	3.32
Tropos	4.45	Tejidos, trapos	3.28
		Productos cerámicos	1.57
		Productos químicos inorgánicos	0.19
		Productos petroquímicos	0.23
		Caucho	2.45
		Productos comerciales mixtos	4.15
		Productos alimenticios	5.00
		Productos varios	4.43
Características químicas al recibirlas			
Humedad	30.1		
Sustancias volátiles	34.7		
Cenizas	35.2		
Valor calorífico BTU/lb	3,364		

\* FUENTE: Institute for Solid Wastes, American Public Works Assoc. 1976 "Tratamiento de los residuos urbanos". (Trad. Fco. Sanabria C.) Madrid, España.

### 5.1. Residuos convencionales

**Alimentos:** los residuos alimenticios son los residuos vegetales, animales o frutales que resultan del manejo, preparación, cocinado, y consumo de alimentos. La característica más importante de estos residuos es que se pudren rápidamente.

**Basura:** la basura consiste en residuos sólidos combustibles y no combustibles, sin contar los residuos alimenticios. La basura combustible consiste de materiales como papel, cartón, plásticos, textiles, hule, cuero, madera y residuos de jardinería. La basura no combustible incluye vidrio, porcelana, latas de latón, latas de aluminio, metales ferrosos y no ferrosos, tierra y cascajo.

**Cenizas:** estos son materiales que son residuos de la combustión de madera, carbón, coke y otros materiales combustibles.

**Cascajo:** entran en la categoría los residuos que se originan de la demolición de edificios o alguna otra estructura. Podemos incluir aquí los residuos tales como tierra, piedras, concreto, ladrillos, yeso, maderos, tejas y partes eléctricas, así como de plomería.

**Residuos especiales:** aquí se agrupan aquellos residuos como la basura de las calles, vehículos abandonados, etc.

Residuos agrícolas: se clasifican aquí aquellos residuos que resultan de las diversas actividades agrícolas como puede ser la siembra y cosecha, la producción de leche, la producción de animales de engorda y la operación de lotes de alimentación.

## 5.2. Residuos Industriales

Convencionales: son aquellos residuos que no representan un peligro para la salud.

Peligrosos: éstos se generan en cantidades limitadas en la mayor parte de las actividades industriales. En términos de generación, la importancia está con la identificación de las cantidades y de los tipos de residuos sólidos peligrosos generados en cada fuente. Por lo general la información necesaria no es proporcionada fácilmente por parte de las industrias que manejan este tipo de residuos.

Como se había mencionado antes, los residuos peligrosos son los residuos que presentan un peligro substancial, inmediato o en un plazo de tiempo para humanos animales o plantas. Según la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente un residuo se clasifica como peligroso si tiene las siguientes características:

- |                |   |
|----------------|---|
| 1.- Corrosivo  | C |
| 2.- Reactivo   | R |
| 3.- Explosivo  | E |
| 4.- Tóxico     | T |
| 5.- Inflamable | I |

\*Nota: últimamente se ha añadido otra letra que es la B de riesgo biológico infeccioso.

Los procesos que se consideran como generadores de la mayoría de los residuos peligrosos son: química orgánica, inorgánica, metales, plaguicidas, explosivos y galvanoplastia. Entre los residuos peligrosos que genera este grupo están: sustancias orgánicas e inorgánicas de alta toxicidad y metales pesados y metaloides como el arsénico, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, plomo y selenio. Como grupo de procesos problema se tienen los de la petroquímica, que genera cantidades considerables de hidrocarburos pesados, lodos de sus sistemas de tratamiento de agua y catalizadores agotados de los procesos catalíticos, entre otros.

En la gráfica 2 se muestra que el 70% de los residuos sólidos generados en México son industriales y el 30% restante son domésticos.

En la tabla 6 se muestra la generación de residuos sólidos en el D.F. por delegaciones, reportando valores de Ton/día y kg per cápita, haciendo una comparación entre 1987 y 1993.

- |                |   |
|----------------|---|
| 1.- Corrosivo  | C |
| 2.- Reactivo   | R |
| 3.- Explosivo  | E |
| 4.- Tóxico     | T |
| 5.- Inflamable | I |

\*Nota: últimamente se ha añadido otra letra que es la B de riesgo biológico infeccioso.

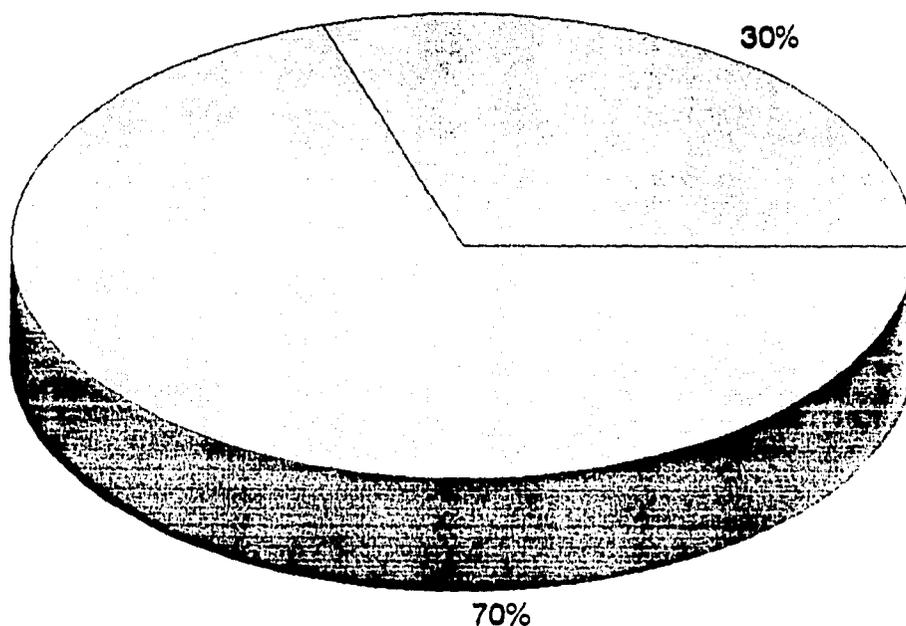
Los procesos que se consideran como generadores de la mayoría de los residuos peligrosos son: química orgánica, inorgánica, metales, plaguicidas, explosivos y galvanoplastia. Entre los residuos peligrosos que genera este grupo están: sustancias orgánicas e inorgánicas de alta toxicidad y metales pesados y metaloides como el arsénico, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, plomo y selenio. Como grupo de procesos problema se tienen los de la petroquímica, que genera cantidades considerables de hidrocarburos pesados, lodos de sus sistemas de tratamiento de agua y catalizadores agotados de los procesos catalíticos, entre otros.

En la gráfica 2 se muestra que el 70% de los residuos sólidos generados en México son industriales y el 30% restante son domésticos.

En la tabla 6 se muestra la generación de residuos sólidos en el D.F. por delegaciones, reportando valores de Ton/día y kg per cápita, haciendo una comparación entre 1987 y 1993.

## GRAFICA 2

### PORCENTAJE DE RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS E INDUSTRIALES GENERADOS EN MEXICO



DOMESTICOS  INDUSTRIALES

\* FUENTE: AGUILAR BENHUMEA, SERGIO. 1995. "SITUACION ACTUAL DEL RECICLADO DE PLASTICO EN MEXICO Y EL ENTORNO INTERNACIONAL." TESIS UNAM FACULTAD DE QUIMICA. P.3.6. MEXICO D.F.

**TABLA 6****GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL D.F.**

	<b>1987</b>	<b>1993</b>
* Alvaro Obregón		
Ton/día	610	693
kg per cápita	0.95	1.07
* Cuajimalpa de Morelos		
Ton/día	152	176
kg per cápita	1.27	1.14
* Coyoacán		
Ton/día	646	737
kg per cápita	1.01	1.03
* Benito Juárez		
Ton/día	622	693
kg per cápita	1.53	1.7
* Azcapotzalco		
Ton/día	525	594
kg per cápita	1.11	1.25
* Tlahuac		
Ton/día	159	187
kg per cápita	0.77	0.7
* Milpa Alta		
Ton/día	80	99
kg per cápita	1.26	1.38
* Miguel Hidalgo		
Ton/día	760	847
kg per cápita	1.87	2.08
* Magdalena Contreras		
Ton/día	205	231
kg per cápita	1.05	0.9

**TABLA 6****GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL D.F.**

	<b>1987</b>	<b>1993</b>
* Alvaro Obregón		
Ton/día	610	693
kg per cápita	0.95	1.07
* Cuajimalpa de Morelos		
Ton/día	152	176
kg per cápita	1.27	1.14
* Coyoacán		
Ton/día	646	737
kg per cápita	1.01	1.03
* Benito Juárez		
Ton/día	622	693
kg per cápita	1.53	1.7
* Azcapotzalco		
Ton/día	525	594
kg per cápita	1.11	1.25
* Tlahuac		
Ton/día	159	187
kg per cápita	0.77	0.7
* Milpa Alta		
Ton/día	80	99
kg per cápita	1.26	1.38
* Miguel Hidalgo		
Ton/día	760	847
kg per cápita	1.87	2.08
* Magdalena Contreras		
Ton/día	205	231
kg per cápita	1.05	0.9

	1987	1993
* Iztapalapa		
Ton/día	1480	1705
kg per cápita	1	1.01
* Iztacalco		
Ton/día	451	506
kg per cápita	1.01	1.13
* Gustavo A. Madero		
Ton/día	1120	1265
kg per cápita	0.89	0.95
* Cuauhtemoc		
Ton/día	1299	1452
kg per cápita	2.18	2.44
* Xochimilco		
Ton/día	222	253
kg per cápita	0.82	0.78
* Venustiano Carranza		
Ton/día	1064	1122
kg per cápita	2.05	2.16
* Tlalpan		
Ton/día	371	440
kg per cápita	1	1
* TOTAL		
Ton/día	9766	11000
kg per cápita	1.23	1.3

\* FUENTE: INEGI. 1994 "Cuadernos Estadísticos Delegacionales". P. 51. México D.F.  
(Excepto Delegaciones Tlahuac y Magdalena Contreras P. 49.)

## **VI. MANEJO, ALMACENAMIENTO Y PROCESADO EN EL LUGAR DE ORIGEN**

### **Manejo**

Se entiende por manejo, el conjunto de operaciones que incluyen el 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 diversas etapas antes mencionadas; dichas etapas serán tratadas con detenimiento en capítulos posteriores.

El manejo en el **lugar de origen** se refiere a las actividades asociadas con el manejo de los residuos sólidos hasta que estos son colocados en contenedores especiales que son usados para su almacenamiento antes de la recolección.

El manejo de residuos sólidos convencionales no requiere de personal especializado ni de procesos muy complicados. Por otro lado, el manejo de residuos sólidos peligrosos requiere de contenedores especiales y dicho manejo debe estar a cargo de personal calificado y especializado para el tipo de residuo del que se trate.

## Almacenamiento

a) Para residuos convencionales, los contenedores van desde unos pocos litros hasta 300 litros de capacidad. Dentro de este intervalo, los pequeños son generalmente utilizados en oficinas individuales, y estaciones pequeñas de trabajo. Los medianos y grandes, por otro lado, se utilizan para lugares donde se genera un gran volumen de residuos de este tipo.

b) Para residuos sólidos peligrosos, las prácticas de almacenamiento dependen de los tipos y las cantidades de residuos generados, así como del período durante el cual se lleva a cabo esta generación. Generalmente, si se generan cantidades limitadas y muy pequeñas, éstas se pueden almacenar en contenedores adecuados durante varios meses. Si la generación es mayor, se deben utilizar instalaciones especiales diseñadas para lograr contener grandes cantidades de residuos.

Locación: la locación de los contenedores depende de dos factores principalmente, la localización del espacio disponible y la facilidad para recolectar los residuos en dicho espacio. Para lograr colocar los contenedores en el lugar óptimo, se debe trabajar conjuntamente entre la empresa o el generador de residuos y la institución pública o privada encargada de llevar a cabo la recolección de dichos residuos.

Consideraciones de salud pública: 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 de enfermedades. Se tiene que cuidar que los contenedores sean adecuados y que cierren bien, ya que de otra manera se estaría dando pie a

que se fomenten los problemas antes mencionados. En el caso de los residuos sólidos peligrosos, por ningún motivo éstos deberán estar al alcance del público, ya que esto podría tener consecuencias incluso fatales. Además de considerar esto, también se tiene que evitar que las zonas de almacenamiento estén a la vista de todos, para así tratar de mantener un buen aspecto de los lugares. Casi siempre se pueden encontrar lugares que cumplan con ser de fácil acceso para los recolectores, pero que no estén a la vista.

### Procesado

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

La recolección consiste en tomar los residuos sólidos en la fuente que los ha generado y depositarlos en los vehículos recolectores para su posterior traslado a una estación de transferencia, instalación de tratamiento o sitio de disposición final.

Los puntos a considerar para llevar a cabo una buena recolección de residuos sólidos son los siguientes:

### 7.1. Servicios de recolección

Municipal: los servicios de recolección realizados por el Departamento de Limpia Municipal se pueden dividir en tres: 1) Manual, que consta de un equipo conformado por dos cilindros metálicos de 200 litros de capacidad, montados sobre una estructura móvil que es impulsada por un trabajador y accesorios tales como escoba, pala y/o láminas; 2) Semimecanizada, que consiste en vehículos de combustión interna de diversas capacidades, como son: camión de volteo, camión recolector de carga trasera, de carga frontal y/o de carga lateral; 3) Mecanizada, la cual se realiza en las cunetas de las calles utilizando máquinas barredoras con capacidad de 2 a 3 m<sup>3</sup>.

Industrial-Convencional: los servicios de recolección que se prestan a grandes complejos comerciales e industriales están enfocados típicamente al uso de grandes contenedores, tanto móviles como estacionarios. Los compactadores utilizados en este caso son del tipo que pueden ser utilizados para comprimir

material directamente dentro de los contenedores antes mencionados o para formar bultos compactos que serán almacenados posteriormente en estos contenedores.

**Residuos sólidos peligrosos:** los residuos sólidos peligrosos que se generan y que deben ser llevados a un lugar de tratamiento generalmente son recolectados por el generador de este residuo o por un transportista especializado.

## 7.2. Tipos de sistemas de recolección:

Dependiendo del modo de operación de los sistemas de recolección, se pueden clasificar en dos categorías. La primera incluye a los sistemas de contenedores móviles y la segunda a los estacionarios:

**Sistemas de contenedores móviles:** los sistemas de recolección en los cuales los contenedores utilizados para el almacenamiento de los residuos son transportados hacia el lugar de procesamiento, transferencia o almacenamiento final y que son después regresados al lugar de recolección se llaman sistemas de contenedores móviles.

Hay tres tipos principales de sistemas de contenedores móviles:

- 1.- Sistemas de camión grúa de transporte de contenedores.
- 2.- Sistemas de contenedor con base inclinable.
- 3.- Sistemas de "trailer" transportador de basura.

**Sistemas de contenedores estacionarios:** los sistemas de recolección en los cuales los contenedores utilizados para el almacenamiento de los residuos permanecen en

el punto de generación de dichos residuos se definen como sistemas de contenedores estacionarios. Existen dos tipos principales de este sistema, aquellos en los que se utilizan compactadores autocargables y aquellos en los cuales se utilizan vehículos cargados manualmente.

### 7.3. Rutas de recolección

Una vez que se ha establecido el equipo que se debe utilizar y los requerimientos laborales que se tengan, se deben establecer rutas de recolección de tal forma que los factores antes mencionados sean utilizados de una manera eficiente. Ya que en cada lugar, las características de tráfico y de acceso son diferentes, no se puede utilizar un método establecido para encontrar la ruta de recolección óptima. En cada situación se tendrán que tomar consideraciones diferentes para lograr que mediante este proceso se encuentre la ruta óptima lo más rápido posible. Algunos de los factores que se deben tomar en consideración son, por ejemplo, la identificación de puntos y frecuencia de recolección, la coordinación de los sistemas existentes de recolección, la hora del día a la que se llevará a cabo la recolección, las cantidades que recolectarán en cada lugar, etc.

En la tabla 7 se muestra la cantidad de basura recolectada y la cantidad de vehículos recolectores en el D.F. según delegación.

**TABLA 7**

**SUPERFICIE DE LOS RELLENOS SANITARIOS,  
RECOLECCION DE BASURA Y VEHICULOS RECOLECTORES  
SEGUN DELEGACION  
1993**

DELEGACION	SUPERFICIE DE LOS RELLENOS SANITARIOS a/ (HECTAREAS)	RECOLECCION DE BASURA (TONELADAS)	VEHICULOS RECOLECTORES a/
AZCAPOTZALCO		216810	143
COYOACAN		269005	116
CUAJIMALPA DE MORELOS		64240	37
GUSTAVO A. MADERO		461725	238
IZTACALCO		184690	90
IZTAPALAPA	32 b/	622325	222
MAGDALENA CONTRERAS, LA		84315	40
MILPA ALTA		36135	21
ALVARO OBREGON	30 c/	252945	134
TLAHUAC		68255	37
TLALPAN		160600	63
XOCHIMILCO		92345	44
BENITO JUAREZ		252945	131
CUAUHTEMOC		529980	233
MIGUEL HIDALGO		309155	167
VENUSTIANO CARRANZA	400 d/	409530	191
TOTAL	462	4015000	1907

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. Mexico, D.F.

## VIII. TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE

Los términos transferencia y transporte se refieren 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 o a los sitios que le corresponden a cada tipo de residuo. Este servicio se puede dividir en cuatro partes importantes:

- 1.- Estaciones de transferencia
- 2.- Métodos de transferencia
- 3.- Locación de las estaciones de transferencia
- 4.- Transferencia y transporte de los residuos sólidos peligrosos.

### 8.1. Estaciones de transferencia

Los factores que se deben de tomar en cuenta para el diseño de una estación de transferencia son los siguientes:

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 constituidas en dos niveles. En el nivel inferior se coloca el vehículo de transporte con la cubierta del contenedor abierta. En el nivel

superior se coloca el camión recolector, que vaciará su contenido en el contenedor del vehículo ubicado debajo de él.

Descarga de depósito: 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.

Combinación de descarga directa y depósito: 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. Es recomendable que las personas que tengan contacto directo con los residuos utilicen máscaras antigás y trajes de asbesto.

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

Equipos y accesorios requeridos: los tipos y la cantidad de accesorios empleados dependen de la capacidad de la estación. Un equipo que siempre debe estar

presente son las básculas, ya que estas determinarán la cantidad de residuo que ha entrado y la cantidad que va saliendo en cada cargamento.

Requerimientos ambientales: las estaciones de transferencia deben estar constituidas de 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. Generalmente se utilizan estos paravientos en cualquier estación de transferencia.

## 8.2. Métodos de transferencia

Los principales medios utilizados actualmente para transportar residuos sólidos son: vehículos de motor, trenes y navíos.

Vehículos de motor: los vehículos de motor utilizados para transportar residuos sólidos en carreteras deben de satisfacer diversos requerimientos, entre los más importantes están: que los residuos deben estar cubiertos durante el transporte, que no se excedan los límites de carga y que los métodos para descargar sean simples y confiables.

En los últimos años los "trailers" y "semitrailers" se han utilizado debido a su simplicidad y comodidad. Los métodos utilizados para descargar los "trailers" de transporte se clasifican de acuerdo a si se descargan solos o si necesitan equipo auxiliar. Los "trailers" que se descargan solos están equipados con mecanismos tales como camas hidráulicas, pisos móviles y motores de autocontrol.

Trenes: existen vagones especiales para el transporte de residuos. Estos vagones deben cumplir los siguientes requisitos: ser de materiales de fácil limpieza y tener sistemas de ventilación para evitar la fermentación de desechos.

Navíos: Se han utilizado para transportar los residuos sólidos hacia lugares de procesamiento o tiraderos en el océano, aunque esto último ya dejó de emplearse.

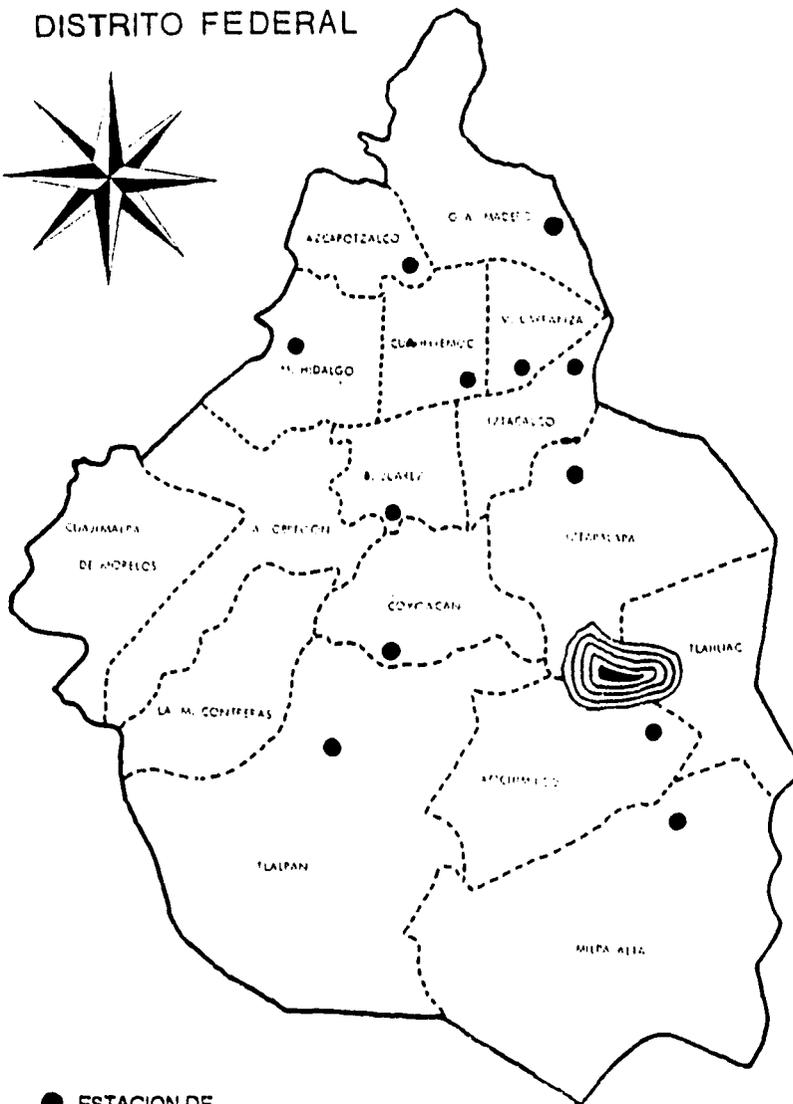
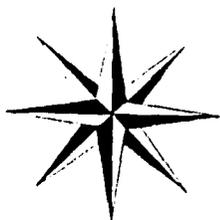
### **8.3. Locación de las estaciones de transferencia**

Siempre que se pueda, se deben colocar estaciones de transferencia lo más 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.

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

# MAPA 1

DISTRITO FEDERAL



● ESTACION DE TRANSFERENCIA

\* FUENTE: Deña Caso, Armando. 'La basura es la solución' Ed. CONCEPTO, P. 89, México 1989.

ESTACIONES DE TRANSFERENCIA EN EL D.F.

#### 8.4. Transferencia y transporte de residuos sólidos peligrosos

Las estaciones de transferencia para residuos sólidos peligrosos son diferentes de las convencionales. Los residuos sólidos peligrosos no son compactados, descargados a diferente nivel ni recolectados por muchas compañías de recolección. Los sólidos son transportados a los lugares de procesamiento sin moverlos de los contenedores de recolección. Muchas veces los residuos son tratados en las estaciones de transferencia. Por ejemplo la neutralización de cierto residuos corrosivos reducirá los costos en tanques y vehículos de transporte.

## **IX. METODOS DE PROCESADO Y RECUPERACION**

Esta parte es una de las más importantes, pues va a analizar las diferentes técnicas y métodos usados para recuperar materiales, productos de conversión química y biológica y energía de los residuos sólidos.

Se trata de alternativas que, por lo general, no requieren de inversión por parte de los generadores de residuos sólidos, ya que son operaciones rentables en las que se emplean materiales de fácil separación y purificación.

Por lo general, se recomienda que las empresas generadoras de residuos sólidos y las encargadas de su recuperación se instalen lo más cerca posible unas de las otras, con el fin de facilitar las operaciones. (En especial si se trata de residuos sólidos peligrosos).

### **9.1. TECNICAS DE PROCESADO**

Son técnicas usadas 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. A continuación se presentan las técnicas más importantes.

### Separación manual de componentes

La separación manual de desechos sólidos se puede llevar a cabo en el lugar donde éstos se originan, en una estación de transferencia, en una estación de procesamiento o en algún tiradero a cielo abierto. El número y los tipos de residuos recuperados o clasificados depende de la locación, las oportunidades de reciclado y del mercado de reventa.

### Almacenamiento y transferencia

Los factores que van a influir de manera importante en el diseño de lugares para almacenamiento y transferencia son:

1. El tamaño del material antes, y después de procesar.
2. La densidad del material.
3. Las características abrasivas del material.
4. El contenido de humedad.

### Reducción mecánica del volumen

Este es un factor muy importante en el desarrollo y operación de sistemas de tratamiento de desechos sólidos. Se utilizan vehículos equipados con compactadores mecánicos en la recolección de la mayoría de los residuos sólidos industriales.

El papel compactado destinado a reciclaje es mandado a centros de proceso. Se ha encontrado, cuando se compactan residuos sólidos industriales, que la densidad final (generalmente  $1100 \text{ kg/m}^3$  aprox.) es esencialmente la misma, sin importar la densidad inicial ni la presión aplicada.

#### Reducción química del volumen

La incineración ha sido el método más comúnmente utilizado para la reducción de residuos. Una de las ventajas de la incineración es que puede ser utilizada para reducir el volumen original en un 80-90%. Aunque la tecnología de la incineración ha avanzado desde 1960, el control de las emisiones a la atmósfera y el costo inicial son los mayores problemas para la implementación.

#### Alteración mecánica del tamaño

El objetivo de la reducción del tamaño es obtener un producto que sea uniforme y considerablemente menor en tamaño a su forma original. Es muy importante recalcar que la reducción de tamaño no implica reducción en volumen.

#### Separación mecánica de componentes

La separación mecánica de componentes es una operación necesaria en la recuperación de recursos a partir de residuos sólidos y en los lugares en los cuales la energía se recuperará a partir de residuos procesados.

Existen gran cantidad de métodos mecánicos para la separación de los componentes que conforman a los residuos sólidos. Entre los más importantes están: el tamizado, la separación por aire, la separación inercial y la separación electromagnética.

#### Procesado de residuos sólidos peligrosos

El principal propósito del procesado de residuos peligrosos es reducir al máximo la cantidad de material que se deposite en los rellenos de disposición final. Este procesado puede ser efectuado por medio de mecanismos físicos, químicos, térmicos y/o biológicos. La clave es conocer las características del residuo a tratar, las cuales deben de identificarse a la perfección antes de comenzar cualquier tipo de proceso.

#### 9.2. SISTEMAS DE RECUPERACION DE MATERIAL

Los materiales que se recuperan de los residuos sólidos son principalmente: papel, hule, plásticos, textiles, vidrio, materiales ferrosos, y materiales orgánicos e inorgánicos. Conociendo el contenido de los residuos, debe decidirse qué parte de ellos se quiere recuperar. Para diseñar tales sistemas, se deben de considerar los siguientes criterios:

1. Eficiencia del proceso.
2. Seguridad y flexibilidad.
3. Facilidad y economía de operación.

#### 4. Control ambiental.

En los sistemas de recuperación de material entra un aspecto muy importante que es el reciclaje de residuos sólidos. Se conocen como subproductos reciclables a aquellos materiales que pueden utilizarse nuevamente como materia prima para la producción de otros productos. Dentro de los materiales que se reciclan comúnmente se encuentran:

Vidrio: este material proviene principalmente de botellas de todo tipo, como las provenientes de bebidas, medicamentos, alimentos, perfumería, etc.

Plástico: puede provenir de vasos, envases, platos, tazas, juguetes, bolsas, etc.

Cartón: pueden ser cajas de galletas, medicamentos, zapatos, cereales, etc.

Papel: pueden ser periódicos, revistas, libros, cuadernos, etc.

Metal: pueden ser envases, utensilios domésticos, partes de automóviles, etc.

Otros materiales que pueden ser reciclados son: algodón, hule, madera, cerámica, trapo, etc.

## Recuperación de productos por conversión biológica

Los principales productos por conversión biológica que se pueden obtener de los residuos sólidos son: humus, metano, alcoholes, proteínas, glucosa y otros compuestos orgánicos.

### Composta

El método de composteo consiste en una descomposición biológica de los constituyentes orgánicos de los residuos, bajo condiciones controladas de ingeniería; dando como producto, un material que se usa como acondicionador de suelos (humus).

El proceso de fermentación de residuos se ha venido utilizando por campesinos y jardineros en forma primitiva desde hace siglos en todo el mundo. El método más general consiste en la acumulación de estiércol y residuos vegetales en montones, sobre espacios de tierra en la que se dejan reposar durante tiempo suficiente para que se lleve a cabo la fermentación; después, este material se aplica al terreno. Este producto requiere de seis meses a un año y no necesita cuidado alguno, excepto que debe de voltearse todo el material una o dos veces al año (esto se hace con el propósito de "aerar" el material, ya que la descomposición se lleva a cabo principalmente por bacterias de carácter aerobio). Con el paso del tiempo se empieza a mecanizar este proceso, surgiendo el método Earp, Dano, VAM y el de plantas industrializadoras, que es el que se utiliza en México, reduciendo el tiempo de producción de composta (humus) a un intervalo de tiempo de 30 a 40 días aproximadamente.

Todo material orgánico excluyendo plástico, hule y cuero se puede convertir, mediante actividad bacteriana, en composta. La descomposición de los desechos orgánicos puede ser llevada a cabo ya sea aerobia o anaerbiamente. Una vez que los residuos se han convertido en humus, se les da un procesado adicional para llevarlos al mercado, esto incluye: triturado, granulado, etc.

#### Digestión o tratamiento anaerobio

Este proceso es utilizado para la obtención de gas metano a partir de los residuos sólidos. El primer paso es preparar la fracción orgánica de los desechos sólidos para la digestión. Esto incluye separación y reducción de tamaño. El segundo paso es la adición de humedad y nutrimentos, seguido por un mezclado y un ajustamiento a un pH cercano a 6.7. Posteriormente, se calienta alrededor de 327-373 K y se lleva a cabo la digestión en un reactor por un tiempo de entre 8 y 15 días. El último paso es la captura, almacenamiento y separación de los componentes del gas obtenido en el proceso.

#### Recuperación de productos por conversión química

Existen gran cantidad de procesos para la recuperación de productos por conversión química pero, por desgracia, son procesos caros y de la mayoría, sólo se dispone de tecnologías a nivel de planta piloto.

El proceso más importante para la recuperación de productos de conversión química es la pirólisis, el cual ha tomado mucha importancia actualmente, principalmente en los países industrializados; gracias al desarrollo del proceso

Monsanto-Langard se ha superado ya la etapa de plantas piloto. A continuación se tratan los aspectos más importantes de la pirólisis.

## Pirólisis

"El término pirólisis se refiere a la descomposición fisicoquímica del material orgánico constituyente de los desechos sólidos, debido a la acción de la temperatura en una atmósfera deficiente de oxígeno." (11).

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

La pirólisis parcial o, más correctamente, combustión deficiente en aire, es un proceso de gasificación por calor en presencia de oxígeno controlado. En realidad, los procesos comerciales de pirólisis son de pirólisis parcial.

En la pirólisis, los residuos orgánicos son destilados o vaporizados a la forma de gas combustible ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , metano, etc., el cual puede ser utilizado como combustible en la cámara de combustión externa a fin de recuperar energía), y gas incombustible ( $\text{CO}_2$  y vapor). El nivel de carbón fijo en las cenizas de pirólisis es más alto que el de incineración normal.

(11) INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA. 1989. Pirólisis. 15 de marzo. P.12. México D.F.

El proceso de pirólisis se usa normalmente cuando los residuos tienen alto poder calorífico (más 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 pirólisis 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, manejo, trituración y pirólisis del desecho, separación de residuos, generación de vapor y purificación de gases de salida. Los productos que se pueden recuperar son: vidrio, metales y carbón.

Este método se divide en tres subsistemas principales:

1. Preparación de residuos.
2. Pirólisis 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 pirólisis 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 está 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 pirólisis 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 a los gases desde el horno, de ahí se enfrían con aire y se condensa 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 el agua.

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

Se debe tener cuidado con la alimentación, pues el triturador no debe de aceptar trozos grandes de acero, partes de automóviles, concreto reforzado, cable o

aceite, ya que se puede dañar seriamente; al horno no deben llegar materiales explosivos o productos químicos peligrosos. La humedad no debe de superar el 50% o habrá problemas con la trituración y con el flujo de materiales.

El carbón obtenido está húmedo y, por lo tanto, tiene poco valor comercial, por lo que se está diseñando un proceso para su secado. El agregado vídrioso también requiere secado antes de poder comercializarse, por lo que también se está trabajando en ello.

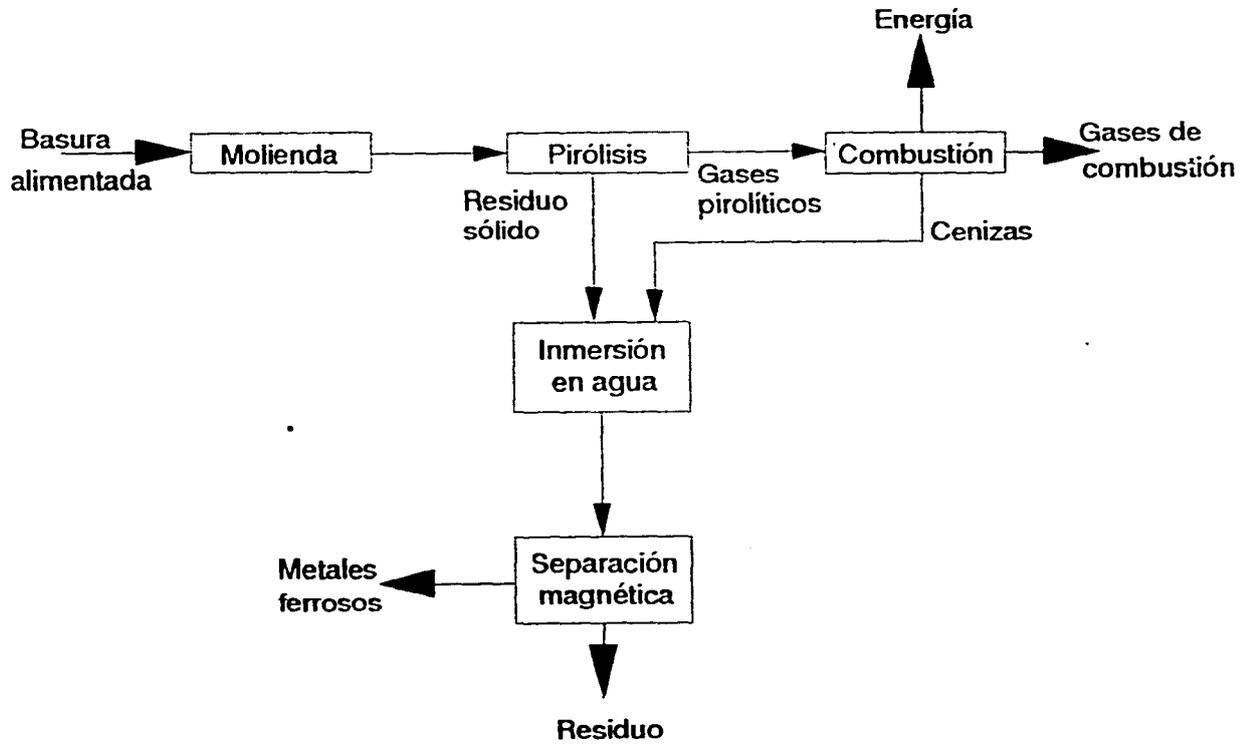
En el diagrama 1 se muestran las etapas principales del proceso Monsanto.

### 9.3. RECUPERACION DE ENERGIA

Los principales procesos utilizados para la recuperación energética de los residuos sólidos son la incineración (con recuperación de calor) y el uso como combustible suplementario en calderas. Estos procesos convierten en vapor el producto energético de los residuos sólidos aprovechando al máximo su poder calorífico.

En la tabla 8 se muestran los principales procesos de conversión biológica y química.

**DIAGRAMA 1**  
**Diagrama del proceso pirolítico Monsanto**



\* FUENTE: Trejo Vázquez, Rodolfo. 1994. "Procesado de la basura urbana". Ed.Trillas. P. 230. México, D.F.

**TABLA 8**

**PROCESOS DE RECUPERACION DE PRODUCTOS DE CONVERSION BIOLÓGICA Y QUÍMICA**

PROCESO	PRODUCTO DE CONVERSION	PREPROCEDIMIENTO	COMENTARIOS
<b>BIOLOGICO:</b>			
Composto	Humus	Separación por aire y trituración	No hay mercado técnicamente comprobado a toda escala
Digestión	Gas metano	Separación por aire y trituración	Tecnología a nivel de planta piloto.
Conversión biológica a proteína	Alcohol y proteínas	Separación por aire y trituración	Tecnología a nivel de planta piloto
Fermentación biológica	Glucosa y furfural	Separación por aire y trituración	Se utiliza en conjunción con el proceso hidrolítico
<b>QUÍMICO:</b>			
Combustible suplementario en calderas	Energía en forma de vapor	Separación por aire, trituración y separación magnética	Se pueden ajustar las calderas ya existentes para este proceso. Hay que tomar en cuenta las regulaciones de calidad del aire
Gasificación	Energía en forma de gas de baja energía	Separación por aire, trituración y separación magnética	También puede ser usada para lodos industriales
Pirólisis	Energía en forma de gas o aceite	Triturado y separación por aire	Proceso Monsanto-Langard
Hidrólisis	Glucosa y furfural	Triturado y separación por aire	Tecnología a nivel de planta piloto
Conversión química	Acetate, gas, acetato de celulosa	Triturado y separación por aire	Tecnología a nivel de planta piloto

\* FUENTE: Hagerly, James. 1986. "Solid Waste Management" Collier-McMillan International editions, 3rd ed. P.77. Nueva York, EEUU

## **X. DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS**

Existen muchos métodos para la disposición final de los residuos sólidos, los cuales están divididos en dos grandes grupos, que son los métodos no sanitarios y los métodos sanitarios. A continuación se explican los más importantes:

### **10.1. METODOS NO SANITARIOS**

Estos métodos son los que disponen de los residuos en forma inadecuada y por demás insalubre, teniendo un reaprovechamiento de estos prácticamente nulo, poniendo en peligro la salud humana y dañando seriamente el ambiente, por lo que su práctica debe ser eliminada completamente.

#### **Tiradero a cielo abierto**

Un tiradero a cielo abierto es un sitio en el que los residuos son abandonados al aire libre por más de un día, sin ser sometidos a ningún tipo de tratamiento.

Este método es el más repugnante, insalubre e insatisfactorio de disposición de residuos sólidos. Estos tiraderos generalmente inician su formación en lugares relativamente lejanos de los asentamientos humanos pero, debido al incremento en la población y al crecimiento de los tiraderos, llega un momento en que se encuentran dentro de las comunidades, lo que ocasiona serios problemas. Estos

"muladares" permiten la proliferación de ratas, moscas y otros organismos portadores de enfermedades. Además, suelen quemarse constantemente, lo cual contamina el aire y constituye un riesgo de incendio para otras propiedades.

Cuando un tiradero se ubica en un sitio lejano del centro de generación de desperdicios con la finalidad de evitar los problemas antes mencionados, el costo de transporte crece considerablemente.

Por otro lado, los tiraderos a cielo abierto propician la práctica de la pepena (recolección de materiales con algún valor). Esto acarrea grandes problemas, ya que la mayoría de los pepenadores establecen sus viviendas en los tiraderos viviendo con toda su familia en condiciones por demás inhumanas y, sobre todo, insalubres.

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

#### Tiradero al mar

El método empleado para la disposición de desechos sólidos en el océano consiste en transportarlos en barcos de cualquier tipo o especialmente diseñados (los desechos están dentro de contenedores o tambores). Estos contenedores completamente llenos con residuos son lanzados al mar y son hundidos posteriormente con hachas.

Grandes cantidades de desechos sólidos domésticos e industriales han sido arrojados al mar; esto se hizo pensando que el mar es una inmensa fosa que puede absorber una cantidad infinita de contaminantes. Esta idea ya ha sido completamente desechada porque en los tejidos de algunas especies marinas se han encontrado altas concentraciones de metales pesados, además de que estudios más detallados muestran la alteración de los ecosistemas marinos causados principalmente por la modificación de cadenas tróficas.

El problema de la contaminación marina por desechos sólidos radioactivos es evidente, por lo que las autoridades prohibieron definitivamente su lanzamiento al mar.

#### Alimento para cerdos

Los desechos de alimentos conocidos con el nombre de "escamocha" se han usado por algún tiempo para la alimentación de cerdos. Para este proceso se requiere separar estos residuos de los restantes. Este es un medio económico para eliminar éste tipo de residuos, pero propicia la infección de los cerdos con diversos parásitos que pueden ser transmitidos al hombre. La pasteurización de estos residuos durante 30 min elimina los peligros pero no favorece sus propiedades alimenticias, pues los cerdos no aumentan tanto de peso como cuando se alimentan con escamocha cruda. Este método de disposición prácticamente ha desaparecido debido a la disponibilidad y bajo costo de alimentos industriales de gran rendimiento y facilidad de uso, además de la presión ejercida por las autoridades.

## 10.2. METODOS SANITARIOS

Estos métodos son los más recomendables, ya que, cuando son practicados adecuadamente, hacen que la posibilidad de poner en peligro la salud humana y de dañar seriamente el ambiente sea prácticamente nula.

### Enterramiento

Existen varios métodos para este tipo de disposición final.

#### Método de área

Se utiliza cuando el terreno presenta dificultad para excavación. Se hacen montículos con los residuos y se tapan con tierra.

#### Método de trinchera

Es ideal para áreas donde el nivel del manto freático está varios kilómetros por debajo de la superficie. Se cava un hoyo en el cual se depositarán los residuos. Después se esparcirán y compactarán los residuos, para posteriormente tapar la trinchera.

#### Método de depresión

En lugares donde hay depresiones naturales o artificiales es fácil usarlas como destino final de depósito de los residuos. La técnica empleada es la

siguiente: se deposita el residuo ya compactado en la depresión y se tapa. Se debe tomar en cuenta la geometría del lugar, las características del material del suelo, y de la geología e hidrología del lugar, así como el acceso.

#### Enterramiento en áreas húmedas

Debido a los problemas asociados con las aguas locales, el desarrollo de olores y la estabilidad estructural, los sitios de enterramiento son pocas veces escogidos en áreas húmedas. Si alguna de estas áreas tales como pantanos, playas, lagunas, etc. deben ser utilizadas, hay que tener cuidado especial para eliminar el movimiento de gases y purgas. Esto se puede hacer drenando el sitio y poniendo arcilla en el fondo.

#### Relleno sanitario

Los métodos de enterramiento explicados anteriormente, como son el de área y el de trinchera, son la base del relleno sanitario. En la figura 1 se muestran las modalidades más comunes en rellenos sanitarios.

\*La definición más aceptada, es la propuesta por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, que establece al relleno sanitario como un método de disposición de residuos en la tierra, sin la creación de problemas o riesgos para la salud pública, mediante el uso de principios de ingeniería, para confinar los residuos al área más pequeña, reduciendo éstos a su volumen mínimo y cubriéndolos con una capa de tierra al finalizar cada día de operación o intervalos

más frecuentes según sea necesario." (12)

El procedimiento usado comúnmente es la construcción de celdas. Todos los desechos sólidos recibidos son esparcidos en capas dentro de un área determinada y se compactan y al finalizar cada periodo de operación, se cubren con una delgada capa de suelo, que también se compacta. Los desechos de material de cubierta compactado constituyen una celda.

Las dimensiones de la celda son determinadas por el volumen de los residuos compactados que dependerá de la densidad de los desechos en el relleno. Se recomienda que la altura de la basura sea de 2-2.5 metros, y para rellenos muy grandes puede ser de 5-10 metros. El ancho de la celda debe ser mínimo dos veces el ancho de la cuchilla del tractor, se recomienda como máximo 50 metros y dependerá del flujo de vehículos y la cantidad de desechos, el largo será aproximadamente el mismo que el ancho.

La cubierta se hace con el material que conforme el suelo del lugar y su espesor dependerá del tipo de material, 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 del espesor de la capa usada que, a su vez, dependerá de la susceptibilidad a la erosión por el agua y el viento. Una guía para usar estas clases de capas, está determinada por el tiempo de exposición de ésta a los elementos y se presenta en la tabla 9.

(12) TREJO VAZQUEZ, RODOLFO. 1994. *Procesamiento de la basura urbana*. Ed. Trillas, p. 13. México D.F.

\*TABLA 9

CUBIERTA	ESPESOR MINIMO	TIEMPO DE EXPOSICION
Diaria	15 cm	0 a 7 días
Intermedia	30 cm	7 a 365 días
Final	60 cm	más de 365 días

\*Fuente: RIVAS FUENTES, CARLOS. 1979. Disposición de desechos sólidos por el método de relleno sanitario. Tesis UNAM. Facultad de Química P. 65. México D.F.

#### Funciones

Diaria: evitar la proliferación de vectores como ratas, moscas, etc., evitar fuegos, vuelo del material liviano y paso de la humedad.

Intermedia: son las mismas que la diaria y en ella se incluye el control de gases, además de que puede servir como base para superficie de rodamiento. Se compacta una capa de 15 cm y luego otra igual. Cuando se pretende que permanezca por mucho tiempo, necesitará de mantenimiento.

Final: Son las mismas que las capas anteriores, además del uso final que se haya destinado (sustentar vegetación, uso agrícola, construcciones, etc). Se compacta en capas de 15 a 20 cm. Deberá tener toda la conformación adecuada como es el bombeo y la pendiente.

Un punto muy importante que se deberá tomar en cuenta dentro del proceso de planificación del relleno, es determinar la capacidad del terreno disponible, conocer la densidad de los residuos, la población a la que se pretende servir, la profundidad de la obra y los días de vertido al año.

"En un relleno sanitario puede haber filtraciones de agua, ya sea desde la superficie o bien corrientes subterráneas, produciéndose un líquido lixiviado, que es una mezcla acuosa de sólidos disueltos y en suspensión, así como productos de la descomposición microbiana. Este "lixiviado" puede aflorar a la superficie o infiltrarse a través del suelo hacia abajo o a los alrededores.

La forma más obvia de controlar la producción de "lixiviado" y su movimiento es previniendo la entrada de agua al relleno lo más que sea posible." (13)

Por esta razón nunca debe de haber intercepción de los mantos freáticos con la basura. En caso de que el manto freático quede cerca de las capas de basura es necesario impermeabilizar el fondo del relleno con arcilla o material sintético como PVC, bajar el nivel de las aguas construyendo barreras impermeables o construyendo pozos y sacando el agua. En todo relleno sanitario es necesario colocar pozos de observación para conocer el nivel de contaminación. De la misma forma es necesario aplicar una capa de material impermeable para el recubrimiento final del relleno, además de compactar perfectamente cada una de las diferentes

(13) RIVAS FUENTES, CARLOS. 1979 Disposición de desechos sólidos por el método de relleno sanitario. Tesis UNAM. Facultad de Química. P.5-6. México D.F.

cubiertas que conformen el relleno para evitar filtraciones provenientes de aguas superficiales.

La capa final del relleno debe tener una pendiente que permita un fácil escurrimiento superficial del agua de lluvia. Para desviar los escurrimientos superficiales se utilizan canales abiertos o también se pueden construir cunetas de protección.

Los siguientes fenómenos biológicos, químicos y físicos ocurren cuando los residuos sólidos se emplean como relleno:

1. Degradación biológica, ya sea aerobia o anaerobia con la posterior formación de gases y líquidos;
2. Oxidación química de los materiales de desecho;
3. Escape de los gases del relleno;
4. Movimiento de los líquidos causado por diferencia de presiones;
5. Disolución y escurrimientos de materiales orgánicos e inorgánicos;
6. Movimiento del material disuelto por gradientes de concentración y ósmosis y
7. Asentamientos irregulares causados por la consolidación de material en los huecos.

Los principales gases que se encuentran en los rellenos incluyen aire, amoníaco,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , metano, nitrógeno y oxígeno. Más del 90% está compuesto por metano y  $\text{CO}_2$ . Si estos gases salen a la atmósfera de manera no controlada, el metano puede llegar a acumularse debajo de alguna construcción pudiendo generar serios accidentes. El  $\text{CO}_2$  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.

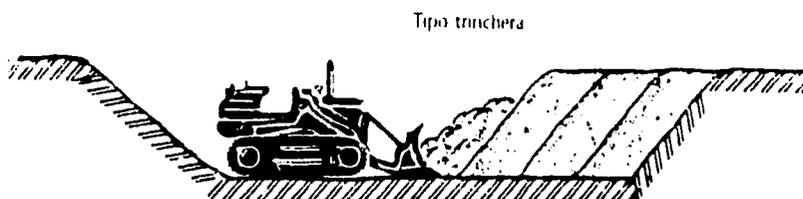
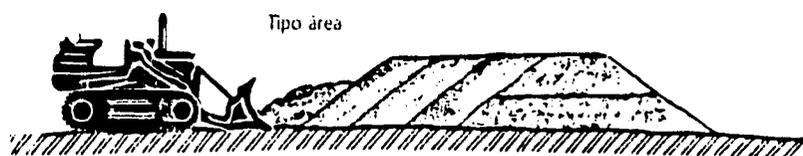
Para prevenir reacciones indeseables en los rellenos, por lo general se segregan los residuos por su tipo y características químicas. Por ejemplo, si se mezclan residuos ácidos con residuos que contienen cianuros, se producirá gas cianuro extremadamente tóxico.

"Uno de los grandes beneficios del relleno sanitario es que al terminarlo se deja a nivel deseado y con una superficie uniforme a terrenos que originalmente tenían desniveles y depresiones, elevando con esto su valor. Un relleno sanitario terminado puede tener una gran variedad de usos, pero todos ellos se deben planear antes del inicio de las operaciones." (14)

En la tabla 10 se muestran los rellenos sanitarios municipales construidos año por año en México desde 1983, la ampliación de los rellenos en operación y su capacidad de procesamiento anual.

(14) Op. Cit. P. 78.

**FIGURA 1**  
**MODALIDADES MAS COMUNES**  
**EN RELLENOS SANITARIOS**



\* FUENTE: Trejo Vázquez, Rodolfo. "Procesado de la basura urbana". 1994  
Ed. Trillas. P.15. México, D.F.

## TABLA 10

### RELLENOS SANITARIOS MUNICIPALES

	CONSTRUIDOS EN EL AÑO	AMPLIACION DE RELLENOS EN OPERACION	CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO ANUAL <sup>a/</sup>
1983			
1984	3		424
1985	22	7	1812
1986	6	11	1552
1987	10	3	938
1988	7	7	1020
1989	18	3	776
1990	5	3	588
1991	3	3	989
1992	5		1646
1993	6	ND	765

NOTA: Se refiere a las acciones responsabilidad de la SEDUE hasta mayo de 1992 y SEDESOL a la fecha. Se reportan datos a partir del año en que se inició su registro.

<sup>a/</sup> Se refiere a los construídos en el año. Cifras en miles de toneladas.

\* FUENTE: INEGI. 1994. "Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos." P.477. México, D.F.

## TABLA 10

### RELLENOS SANITARIOS MUNICIPALES

	CONSTRUIDOS EN EL AÑO	AMPLIACION DE RELLENOS EN OPERACION	CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO ANUAL a/
1983			
1984	3		424
1985	22	7	1812
1986	6	11	1552
1987	10	3	938
1988	7	7	1020
1989	18	3	776
1990	5	3	588
1991	3	3	989
1992	5		1646
1993	6	ND	765

NOTA: Se refiere a las acciones responsabilidad de la SEDUE hasta mayo de 1992 y SEDESOL a la fecha. Se reportan datos a partir del año en que se inició su registro.

a/ Se refiere a los construídos en el año. Cifras en miles de toneladas.

\* FUENTE: INEGI. 1994. "Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos." P. 477. México, D.F.

## Biodegradación

La biodegradación es un método en el cual los procesos biológicos, físicos y químicos que ocurren en la superficie del suelo se utilizan para tratar residuos biodegradables. Los residuos se extienden sobre una superficie y en ese lugar ocurre la biodegradación.

Cuando se agregan residuos orgánicos al suelo, éstos están sujetos a los siguientes procesos simultáneamente:

- Descomposición química y bacteriana.
- Escurrimiento de compuestos solubles en agua.
- Volatilización de algunos componentes de los desechos originales y/o de los productos de descomposición.

Algunos factores que se deben considerar al evaluar la biodegradabilidad de los residuos orgánicos en un relleno incluyen:

1. Composición del residuo
2. Compatibilidad de los residuos con la microflora del suelo
3. Requerimientos ambientales incluyendo oxígeno, temperatura, pH y nutrientes inorgánicos y
4. Contenido de humedad de la mezcla de residuos.

La biodegradación es apta para residuos que contienen compuestos orgánicos biodegradables y que no están sujetos a escurrimiento importante mientras se lleva a cabo la bioconversión.

El composteo es el método de biodegradación controlada más usado actualmente, el cual ya fue explicado anteriormente al hablar sobre la recuperación de productos de conversión biológica.

Tecnológicamente hablando, es factible la "compostificación" de residuos biodegradables, pero el principal problema es la baja posibilidad de comercializar la composta producida de los residuos de la industria química-orgánica por su imagen y por la posibilidad de bioacumulación de algunos compuestos químicos orgánicos, resistentes a la degradación. De esta forma, la posible presencia de sustancias tóxicas dañará la actividad microbiana a desarrollarse en el proceso. Estudios recientes han demostrado ampliamente lo anterior, por lo que en la actualidad, la tecnología de composteo no tendrá gran importancia como alternativa de disposición final de residuos orgánicos de industrias distintas de la alimentaria o de residuos domésticos (convencionales).

Si la basura cruda que contiene latas es utilizada para la producción de composta y triturada antes de su procesamiento, el nivel de metales pesados podría sobrepasar varias veces los estándares establecidos, razón por la cual la separación de los residuos es generalmente indispensable.

### Incineración

La incineración es un proceso que utiliza la descomposición térmica vía oxidación a fin de convertir un residuo en material menos voluminoso, tóxico o nocivo. 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 contiene azufre, nitrógeno, halógenos, metaloides y metales pesados (especialmente mercurio, arsénico, selenio, plomo, y cadmio).

Si los residuos gaseosos de incineración contienen compuestos indeseables, se necesitan tratamientos secundarios tales como incineración secundaria o posterior, lavado de gases o filtración, para que las concentraciones de éstos compuestos bajen a niveles aceptables antes de su emisión. Los residuos líquidos y sólidos provenientes de los procesos de estos tratamientos secundarios pueden también requerir tratamientos antes de su disposición final.

Las variables que tienen efectos importantes sobre la oxidación completa de los residuos son:

1. Combustibilidad,
2. Tiempo de residencia,
3. Temperatura de flama y
4. Turbulencia en la zona de reacción.

El proceso de incineración permite reducir el volumen en un 80 a 90%, es decir, que es un proceso de reducción de volumen por gasificación. Los residuos sólidos incinerados y luego compactados en un relleno, pueden ocupar solamente de 4 a 10% de su volumen original; si antes de incinerar se recupera material entonces se reduce todavía más el volumen de los residuos.

El proceso de combustión ocurre en el horno del incinerador, éste incluye parrillas y cámaras de combustión. Existen numerosos diseños de hornos, los más usados en la incineración de los residuos sólidos son los hornos verticales, rectangulares o rotatorios.

Existen varios tipos de incineración, entre las más importantes se encuentran:

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

Incineración a alta temperatura: se alcanzan temperaturas de hasta 1600°C.

Incineración en lecho fluidificado: se alcanzan temperaturas de 1000 a 1200°C.

El proceso ocurre en dos etapas: combustión primaria, en la que ocurren cambios fisicoquímicos cercanos a las etapas de combustión. Esta etapa consiste en secado, volatilización e ignición de los residuos sólidos. La combustión secundaria, que logra la combustión de los residuos no quemados en el horno, así como la de partículas de carbón suspendidas en los gases y además elimina olores; para que exista una combustión secundaria es necesaria una temperatura alta, abundante aire, y una corriente de gas que sea turbulenta.

Antes de que pase el aire a los aparatos de control de la contaminación atmosférica, los gases deben enfriarse a una temperatura de entre 260 y 370°C, lo que se logra introduciendo exceso de aire o inyectando agua dentro de la corriente de gas caliente. Para seguridad en la operación se usan materiales refractarios además de combustible auxiliar.

Cuando se pone en funcionamiento un horno con corriente de aire inducida, éste alcanza temperaturas de 760 a 980°C en una hora.

Normalmente, los residuos peligrosos orgánicos pueden ser destruidos y/o "destoxificados" mediante la incineración. Muchos de ellos se destruyen completamente y otros dejan un poco de residuos sólidos que pueden o no ser peligrosos.

#### Ventajas de la incineración

- El volumen y peso de los residuos se reducen a una fracción de su tamaño original.

- La reducción de volumen es inmediata; no requiere largos periodos de residencia, como es el caso del relleno sanitario.

- Los residuos pueden ser tratados *in situ*, sin necesidad de que sean trasladados a sitios lejanos.

- Con la adecuada tecnología, las emisiones al aire libre pueden ser controladas con una alta efectividad y con un impacto negativo mínimo a la atmósfera.

- Las cenizas residuales generalmente no son putrecibles.

- Existe la tecnología para destruir completamente aún los materiales más riesgosos de una manera completa y efectiva.

- La incineración requiere un área pequeña de almacenamiento de los residuos.

- Al utilizar las técnicas de recuperación de calor, los costos de operación pueden ser reducidos mediante la utilización de la energía ahorrada.

En contraste, algunos de los problemas de la incineración son los siguientes:

- Se requiere emplear un alto costo de capital inicial.
- Se necesitan operadores capacitados.
- Existen materiales no incinerables; por ejemplo, residuos con altos contenidos líquidos o sólidos no combustibles.
- 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 fortuito.
- Algunos materiales requieren utilizar energéticos adicionales para alcanzar los estándares de eficiencia requeridos. (15)

En la figura 2 se muestra la ubicación de las partes principales que constituyen una planta incineradora de basura.

(15) *Ibid.* (1), P.33.

## Tipos de Incineradores

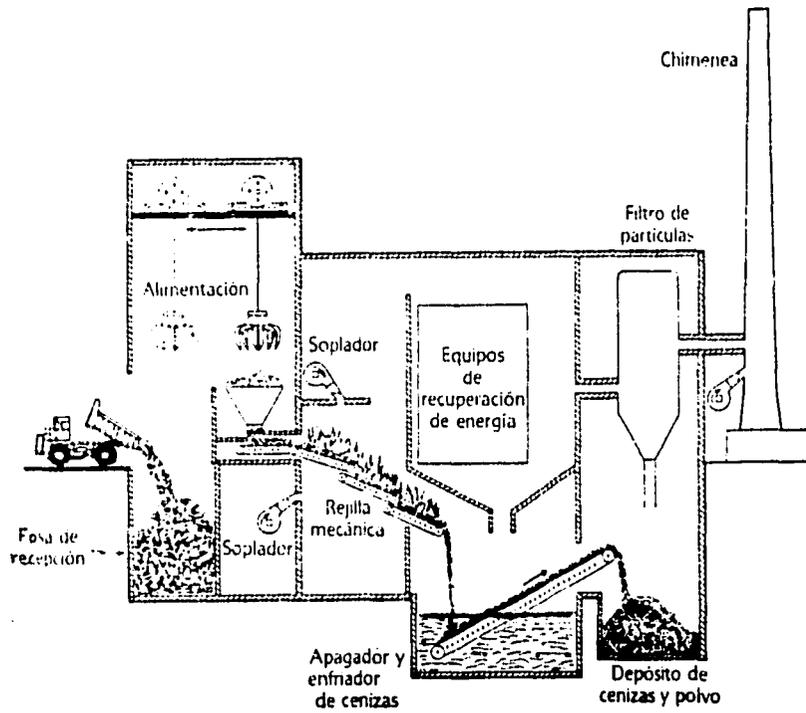
Proceso:	Descripción:
Horno de parrillas	El desecho es transportado en el horno a través de parrillas mecánicas; existen muchos diseños de parrillas.
Hogar múltiple	Cámara cubierta con sistemas refractarios con hogares localizados uno arriba del otro. Los desechos se inyectan arriba y caen de un hogar a otro. Temperaturas de 300-1000°C.
Lecho fluidificado	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 mezclamiento del desecho con aire y permite que se quemen partículas más grandes. Temperaturas entre 800 y 950°C.
Horno rotatorio	Cámara de combustión rotatoria. Temperaturas de 800 a 1200°C. (16).

En la figura 3 se muestra la vista frontal y lateral de un horno rotatorio.

(16) Ibid.(7), P. 64.

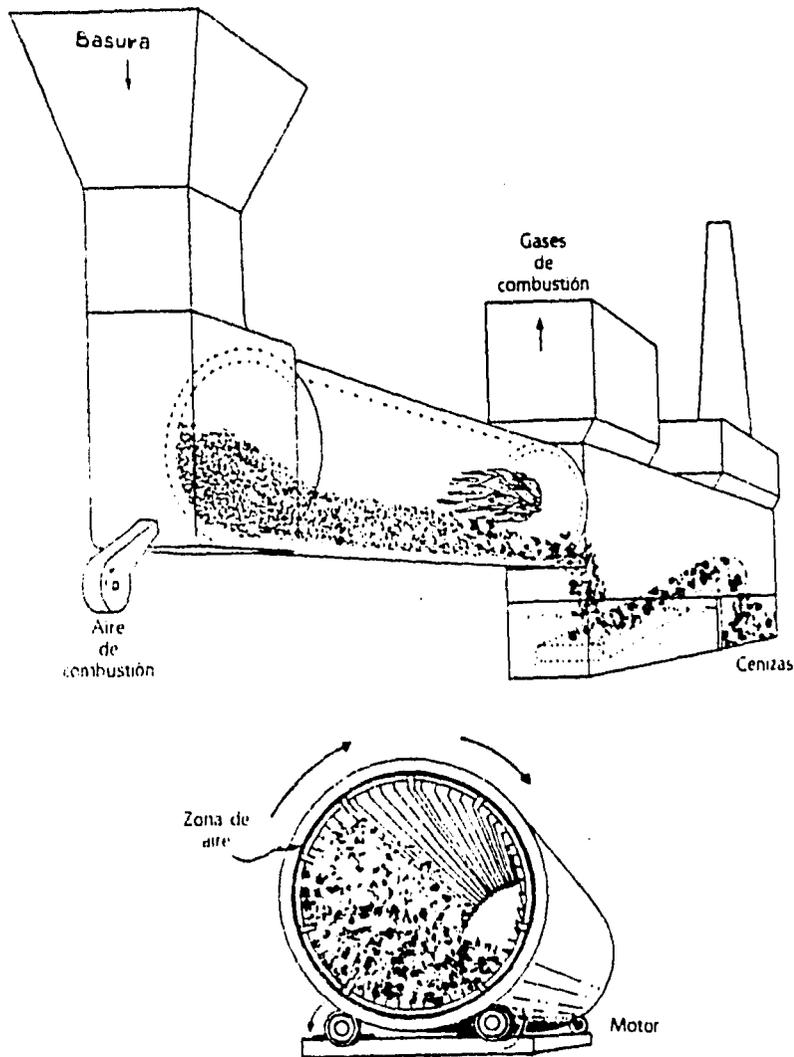
## FIGURA 2

### UBICACION DE LAS PARTES PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA PLANTA INCINERADORA DE BASURA



\* FUENTE: Trejo Vázquez, Rodolfo. "Procesado de la basura urbana". 1994  
Ed. Trillas. P.59. México, D.F.

### FIGURA 3 VISTA LATERAL Y FRONTAL DE UN HORNO ROTATORIO



\* FUENTE: Trojo Vázquez, Rodolfo. "Procesado de la basura urbana". 1994.  
Ed. Trillas. P.65. México, D.F.

Existen un sinnúmero de sistemas de disposición de residuos que utilizan la pepena y/o producen composta. Cada una de las soluciones obedece a las condiciones peculiares socio-económicas del país. Se han visto infinidad de métodos para eliminar los desechos (basura) y uno de ellos es usar la planta industrializadora; éstas plantas lo que hacen en realidad es separar los subproductos que tienen un valor comercial, moler el resto de la basura para someterla a un proceso biológico controlado que la estabilice y obtener como producto final, un mejorador de suelos (composta).

En realidad este procedimiento es sólo uno de los muchos que existen para procesar los residuos. Las operaciones unitarias se enlistan a continuación:

- Pesaje de los residuos,
- Recepción y almacenamiento,
- Alimentación y dosificación,
- Selección de subproductos,
- Molienda,
- Cribado,
- Prefermentación,
- Maduración,
- Cribado fino.

En la actualidad existen en el país 3 plantas de este tipo, localizadas en Guadalajara, Monterrey y el Distrito Federal, las cuales utilizan tecnologías

compradas a la empresa Buhler-Miag. Se encuentra en inicios de operación una cuarta planta en la ciudad de Toluca, que utiliza tecnologías compradas a las empresas Hazemat y Sayer.

#### **a) Planta de Guadalajara, Jal.**

Con los Ingresos provenientes de la recuperación de subproductos se pagan de un 30 a un 50% de los gastos operacionales.

La venta del producto final llamado composta no ha resultado como se esperaba, habiéndose vendido únicamente la mínima parte de la producción. Debido a los factores económicos de la región y a la gran acumulación de composta en los patios de la planta, ésta planta tiende a cerrar o dejar de operar temporalmente, hasta lograr vender el producto almacenado.

#### **b) Planta de Monterrey, N. L.**

En este caso, en la ciudad de Monterrey como en casi todas las ciudades del norte del país, la basura podría denominarse de buena calidad en lo que respecta al contenido de subproductos. En efecto, la planta de Monterrey obtiene ingresos por ventas que casi cubren el total de los gastos operacionales de la planta. Con la composta, sin embargo ha sucedido algo semejante a lo de la ciudad de Guadalajara. No se ha creado un mercado para el producto que permita a la planta tener utilidades por este concepto. La recuperación de subproductos llega a ser del 20% de la basura recibida.

compradas a la empresa Buhler-Miag. Se encuentra en inicios de operación una cuarta planta en la ciudad de Toluca, que utiliza tecnologías compradas a las empresas Hazemat y Sayer.

#### **a) Planta de Guadalajara, Jal.**

Con los ingresos provenientes de la recuperación de subproductos se pagan de un 30 a un 50% de los gastos operacionales.

La venta del producto final llamado composta no ha resultado como se esperaba, habiéndose vendido únicamente la mínima parte de la producción. Debido a los factores económicos de la región y a la gran acumulación de composta en los patios de la planta, ésta planta tiende a cerrar o dejar de operar temporalmente, hasta lograr vender el producto almacenado.

#### **b) Planta de Monterrey, N. L.**

En este caso, en la ciudad de Monterrey como en casi todas las ciudades del norte del país, la basura podría denominarse de buena calidad en lo que respecta al contenido de subproductos. En efecto, la planta de Monterrey obtiene ingresos por ventas que casi cubren el total de los gastos operacionales de la planta. Con la composta, sin embargo ha sucedido algo semejante a lo de la ciudad de Guadalajara. No se ha creado un mercado para el producto que permita a la planta tener utilidades por este concepto. La recuperación de subproductos llega a ser del 20% de la basura recibida.

### **c) Planta del Distrito Federal**

A esta planta desde un principio se le ha dado un enfoque de planta piloto para la ciudad y aunque se intenta vender parte de la composta, está previsto que parte de la producción se envíe inmediatamente al lago de Texcoco como parte del programa de recuperación de los suelos salinos-sódicos del mismo.

Los subproductos obtenidos han promediado en los primeros meses de operación un 7% de la basura recibida. La respuesta al mercado de la venta de composta todavía no puede evaluarse, debido al corto tiempo que se le ha dado al estudio del mismo.

En el diagrama 2 se muestra un esquema simplificado del proceso seguido en la planta industrializadora de residuos sólidos de la Ciudad de México.

### **d) Planta de Toluca, Edo. de Méx.**

A esta planta desde un principio se le ha dado el enfoque de una empresa de servicio y no de beneficio.

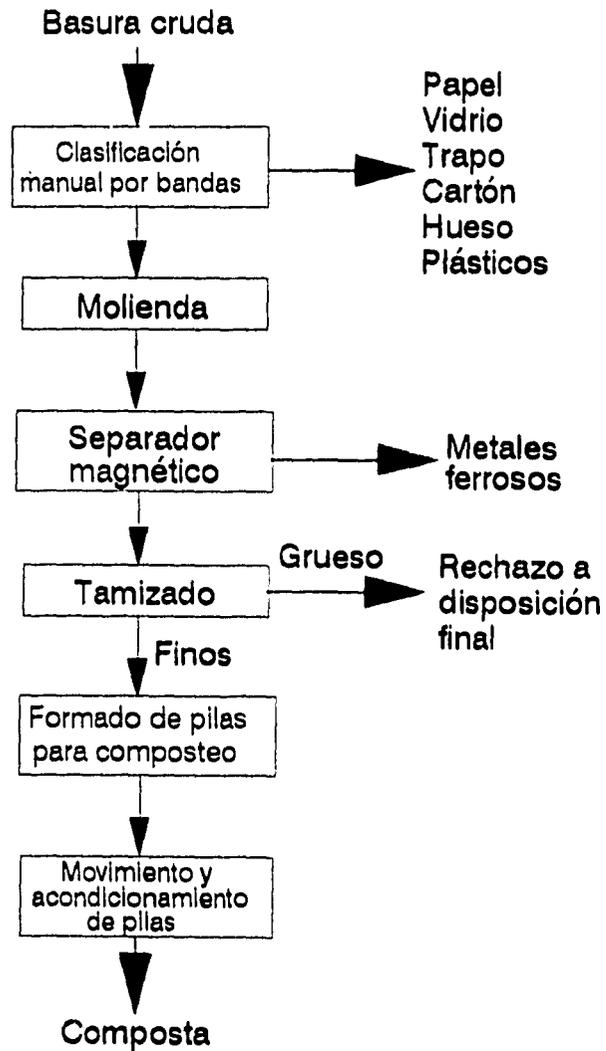
En efecto, la planta tiene un costo muy bajo, ya que los edificios se construyeron en forma de nave industrial, la recuperación de subproductos se hace en una pequeña banda con poco personal, ya que debido a la calidad de la basura, no se espera un alto porcentaje de recuperación. El material sólido para la producción de la composta es cargado de inmediato en camiones que lo reparte a los ejidatarios de las zonas aledañas, para que de acuerdo a un instructivo que se les

proporcione, efectúen los volteos y obtengan la composta ellos mismos, por lo que viéndola desde este punto de vista, la planta en realidad es solo un centro de separación de residuos.

Esta planta actualmente tiene algunos problemas ya que se construyó en medio de la ciudad y la gente se ha quejado de malos olores, lo que ha provocado que se piense en cerrarla y reubicarla.

## DIAGRAMA 2

Esquema simplificado del proceso seguido en la planta industrializadora de desechos sólidos de la Ciudad de México



\* FUENTE: Trejo Vázquez Rodolfo. 1994. "Procesado de la basura urbana". Ed. Trillas. P.145. México, D.F.

## **XII. SITUACION EN EL DISTRITO FEDERAL**

El manejo y disposición final de residuos sólidos ha sido fiel reflejo de las características que ha tomado el proceso de urbanización del Distrito Federal (D.F.). Así, se tiene que la generación de basura y su manejo han estado en relación directa con el tamaño de la población, usos del suelo, nivel de ingreso y patrones de consumo.

Por ejemplo, según información del INEGI, en la década de los 50's se producían 370 gramos de residuos por habitante al día aproximadamente, predominando fundamentalmente los biodegradables, mientras que para el año de 1993 se producían 1.3 kg de residuos por habitante al día aproximadamente, siendo casi la mitad de estos no biodegradables.

Durante estos últimos años, no sólo se ha incrementado considerablemente el volumen, sino también se ha modificado su composición, pasando de un 5% de desechos no biodegradables en la década de los cincuentas a aproximadamente un 50% en la actualidad.

Dentro de esta concepción, al inicio de la anterior década, se determinó elaborar un diagnóstico integral de las condiciones del manejo de los desechos sólidos, desde su generación hasta su tratamiento y disposición final, incorporando las fases de recolección, y transferencia, cosa que hasta la fecha no se ha hecho, por lo que Héctor González Reza, vicepresidente de la Comisión de Preservación del Medio Ambiente y Ecología, de la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, I legislatura (ARDF), indicó que se encargará de la implantación de un programa

integral que abarca todas las fases antes mencionadas, antes de acabar el presente año. Precisó que debe reconocerse que no solo la construcción de más estaciones de transferencia es la solución. Asimismo señaló que aún cuando los rellenos sanitarios de Prados de la Montaña, Santa Catarina y Bordo Poniente en sus dos secciones tiene capacidad para los próximos veinte años y operan con avanzada tecnología y resultados satisfactorios hasta el momento, el incremento constante de volumen de basura que se genera obliga a buscar otras opciones con carácter de urgencia para su confinamiento, que garantice en 100% la no contaminación de los mantos freáticos de la Ciudad de México.

En este caso algunas de las acciones inmediatas que deben llevarse a cabo son la aplicación cabal del Reglamento de Limpia y el avance en un apartado específico en la futura ley de ecología para la capital, que se trabaje en la asamblea, con el fin de reducir sustancialmente el volumen de basura generada, así como la aplicación de sanciones a quienes transgredan la prohibición de tirar basura en la vía pública, áreas verdes y zonas naturales protegidas. Hace falta ir más allá de la parte enunciativa y declarativa del reglamento, y asumir la parte ejecutiva, así como una mayor difusión de su contenido para concientizar a la población de este grave problema y no generar más basura. Respecto a la recolección, se debe revisar a fondo el esquema utilizado para ello en la ciudad de México, con el fin de reducir los costos de operación que actualmente son excesivos." (17)

(17) *Ibid.* (6). P. 1-2.

El reciclaje en la ciudad de México se realiza por medio de la pepena, la cual se lleva a cabo, primero en el camión recolector y después en los tiraderos a cielo abierto.

La organización que aglutinaba y controlaba a los pepenadores de la ciudad de México era la Compañía Urbana de México S.A., concesionaria de los tiraderos de la ciudad durante mucho tiempo.

El mayor imperio de la basura que existe en México se encuentra en Iztapalapa y se le conoce como Santa Catarina, lugar amurallado en donde los pepenadores y sus familias no viven ya en chozas de cartón y lámina, sino en casas construidas por ellos y con ciertas comodidades.

Dicho tiradero -el último existente de forma oficial en la ciudad de México- pretende ser clausurado por las autoridades del DDF y concesionarlo a la iniciativa privada.

Sin embargo, el terreno es propiedad de la Unión de Pepenadores y no del departamento, por lo que según sus líderes, en cualquier proyecto se deberá tomar en cuenta a las 6,500 familias que dependen de la pepena.

Asimismo, el director de Desechos Sólidos del DDF, Eduardo Castro Rivas, pretende acabar con las pugnas entre el Sindicato de Limpia y la Unión de Pepenadores mediante un programa que busca industrializar al máximo los desechos y volver a los líderes de los pepenadores y a los miembros de la unión, en obreros asalariados.

Así, se proyecta que los líderes compren una planta seleccionadora de basura, el DDF haría entrega de la basura y con esto, los hasta ahora pepenadores se volverían trabajadores de dicha instalación, aunque cabe señalar que los líderes de los pepenadores se muestran poco convencidos con la medida.

Pese a ser de los más marginados, los habitantes de Santa Catarina viven de la basura, más no en la basura.

Los habitantes de Santa Catarina poseen servicios públicos, escuelas y áreas de recreo, así como de policía propia durante las 24 horas.

Diariamente se reciben decenas de trailers que transportan los residuos sólidos de las 13 estaciones de transferencia delegacionales. Los cerca de 20 trailers que existen en cada planta delegacional (con capacidad para ocho camiones recolectores) realizan hasta tres viajes diarios.

"Para el sociólogo Héctor Castillo Berthier, enfrentar el problema es encarar las propias estructuras del sistema político: corrupto, caciquil y corporativo, ya que tanto gobierno, Sindicato de Limpia y la Unión de Pepenadores participan en un intercambio, en donde todos los sectores intervienen en el proceso por mantener el control y el poder." (18)

(18) Op. Cit. P. 2.

Actualmente, empresarios pequeños y medianos han comenzado a invertir con el fin de obtener diversos materiales susceptibles de reciclaje.

Tal es el caso del Centro Ecológico de Reciclado, cuyo titular es el Ing. Sebastian Alonso Cruz, el cual desde junio del año pasado comenzó a instalar centros de acopio en los estacionamientos de los centros comerciales, los cuales funcionan con el mismo horario que la tienda.

Actualmente cuenta con 15 módulos que se encargan de recibir envases de vidrio (separados según su color en verde, azul, café, ambar y transparente), bolsas de plástico, cartón, papel, y metales.

Todos estos materiales se transportan a una bodega y planta recicladora que se encuentra en la colonia Providencia, en la delegación Azcapotzalco.

Por otro lado, el proyecto de la creación de centros de acopio por parte del D.D.F., los cuales tienen por objetivo la recepción, pesaje, manejo, selección, almacenamiento y transporte de los productos reciclables han tenido serios problemas, ya que los costos de operación han resultado excesivos, y todo se debe a una mala administración.

Este proyecto cuenta con varias plantas piloto ubicadas en las unidades habitacionales de: Fuentes Brotantes, Condesa, Rosario y Plateros, y pretende promover la recuperación de aquellos materiales de los residuos sólidos domiciliarios susceptibles de ser empleados en la industria como base para la producción de otros bienes de consumo.

Asimismo, existen más de 2,000 depósitos particulares de material reciclable que se localizan en la Zona Metropolitana, donde los precios por kilogramo de los materiales oscilan entre los 30 y 50 centavos en el caso de cartón, papel, madera, fierro, huesos y trapo; en lo que se refiere a botellas y latas su precio de compra es de cinco centavos cada una.

A través de un análisis realizado por el INEGI, se vio que en el año de 1987, se estaban generando 9,766 toneladas diarias, estimándose un incremento anual del 2.5% por habitante aproximadamente, lo que significa que para el año 2000 se habrán de manejar casi 20,000 toneladas diarias. En el año de 1993, se generaban 11,000 toneladas al día, volumen con lo cual en un mes se llenaría el Estadio Azteca. Tomando en cuenta la magnitud de esta cantidad se deduce que en poco tiempo vamos a estar ahogados en montañas de basura, ya que sólo un 75% de la basura generada es recolectada y el restante 25% queda disperso en terrenos, calles, casas, etc., ocasionando además un deterioro en el ambiente.

Algunos estudios sobre la recuperación de papel, a partir de la basura del Distrito Federal, indican que sólo se recupera de él un 2.5% en los tiraderos y 3% en la planta industrializadora. Esto se debe a la humedad de la basura (entre 40 y 50%) y a la baja eficiencia en la recuperación.

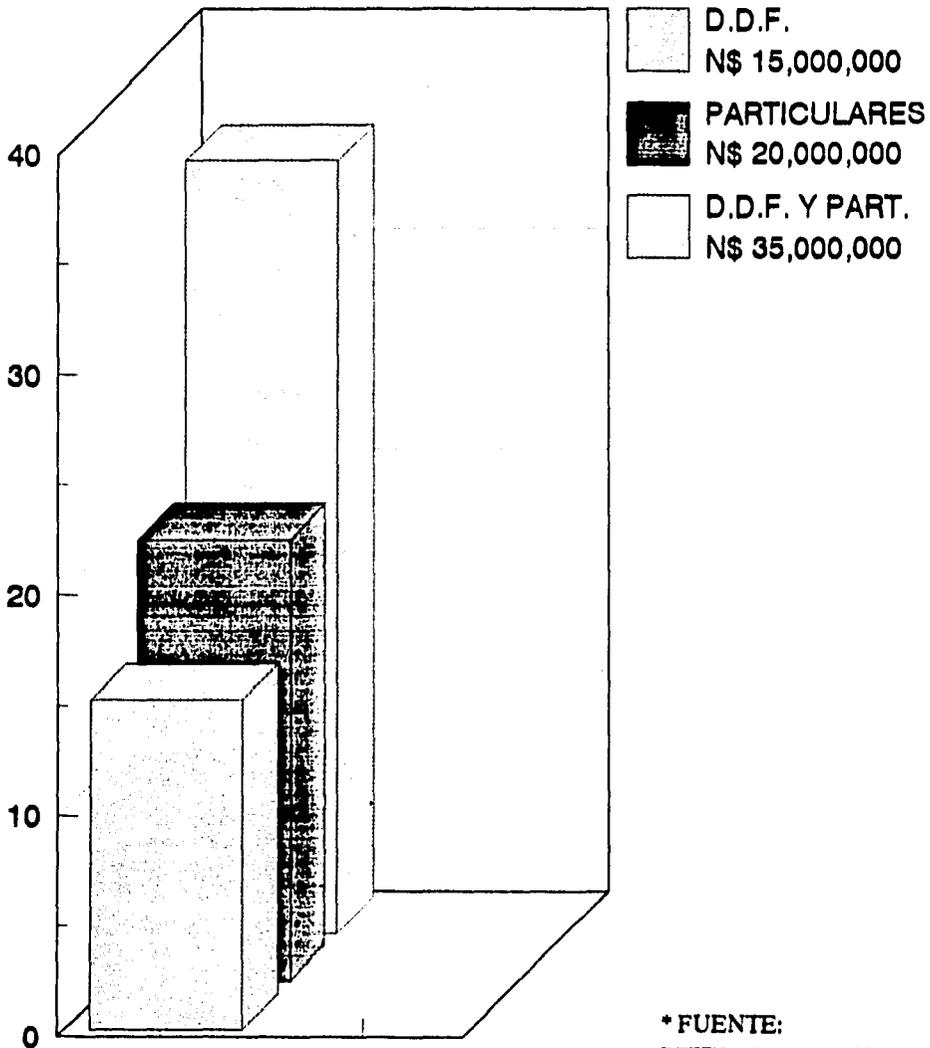
En la gráfica 3 se muestran los gastos mensuales en la eliminación de residuos sólidos en el Distrito Federal, que sumando los gastos del D.D.F. y los de los particulares el gasto total es de N\$ 35,000,000.

# GRAFICA 3

## GASTOS MENSUALES EN LA ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL DISTRITO FEDERAL

(CONSIDERANDO 2 MILLONES DE VIVIENDAS)

MILLONES DE NUEVOS PESOS



\* FUENTE:

DEFFIS CASO, ARMANDO. 1989.  
"LA BASURA ES LA SOLUCION"  
Ed. Concepto. P.70. México, D.F.

### **XIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al hacer un análisis profundo de la presente investigación podemos concluir lo siguiente:

La falta de control de residuos sólidos derivados de las actividades domésticas e industriales, la falta de conciencia de la sociedad para evitar la proliferación de la basura y la carencia de políticas en búsqueda de soluciones definitivas a los problemas ocasionados por los residuos sólidos, aunados a la crisis económica y al atraso educativo, tecnológico y científico, son los principales factores que han provocado que la problemática ocasionada por los residuos sólidos en México alcance niveles alarmantes.

Los problemas ocasionados por los residuos sólidos en nuestro país (así como en la mayor parte del mundo) van en aumento. La generación de residuos sólidos crece alarmantemente, aumentando cada vez más los residuos no biodegradables. Este problema, además de crecer junto con el aumento en la población, también ha sido favorecido con el aumento considerable de la generación de residuos per cápita (la gente tiende a tirar cada vez más basura).

Actualmente resulta obvio que el manejo que se hace de los residuos sólidos generados en el país es insostenible. Está permeado por grupos de poder político que homogeneizan el proceso y por la apropiación cotidiana de sendas ganancias generales a través de redes económicas subterráneas. En México se generan 85,000 toneladas diarias de residuos sólidos, mientras que solamente en la Zona Metropolitana del Valle de México se generan 17,000 toneladas diarias

aproximadamente. Se recolecta solamente el 10% de esta cantidad, contribuyendo de esta forma a elevar los niveles de contaminación y se gastan, sólo por la vía oficial, 15 millones de nuevos pesos para enterrarla. Por ello, resulta inexplicable y aún irritante la indiferencia, tanto de algunas autoridades relacionadas con el problema, como de una parte considerable de la población afectada.

Algo que se tiene que acabar definitivamente son los tiraderos a cielo abierto, y esto se puede lograr eficientizando el sistema de limpia de la ciudad, acabando con los problemas técnico-administrativos que han puesto obstáculos a su desarrollo y buen desempeño. Para acabar con los tiraderos a cielo abierto, lo primero que hay que hacer es sanear los ya existentes y, prestando un servicio eficiente de limpia, evitar que sigan creciendo y eliminar definitivamente la creación de tiraderos clandestinos.

La política de los rellenos sanitarios está ya pasada de moda, es equivalente a esconder la basura bajo el tapete, con las agravantes que implican: costos exorbitantes, contaminación de mantos acuíferos y la negación sistemática de alternativas rentables y productivas.

El primer paso para mejorar el servicio de los departamentos de limpia públicos será la capacitación del personal en el manejo y tratamiento de los residuos sólidos. Después, se deben elaborar proyectos en los cuales se planeen los sistemas más eficientes de recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos dependiendo de la región del país de que se trate.

Por otro lado puede verse que los problemas ocasionados por los residuos sólidos son de índole cultural principalmente, por lo que se debe de difundir entre la

población a lo que conlleva 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 el nivel básico para que los niños entiendan la problemática ambiental de nuestro país, así como utilizar los sistemas masivos de comunicación dando mensajes y transmitiendo programas especiales que ayuden a formar esta cultura "ecológica".

Puede concluirse que los principales procedimientos para el manejo y/o aprovechamiento de residuos sólidos se reducen a cuatro actividades:

1. Reducir
2. Reusar.
3. Reciclar
4. Recuperar.

Con el manejo eficaz de estas cuatro técnicas se resuelve prácticamente la problemática que ocasionan los residuos sólidos. El problema radica en que, como ya se había mencionado anteriormente, la población no está educada de una forma en la que concientice la problemática ambiental en el país y en el planeta entero y sepa cuál es la mejor forma de manejar sus residuos sólidos y no sólo deshacerse de ellos porque ya no representan una utilidad directa, no importando los problemas que estos causen al librarse de ellos sin la menor precaución. Aún las industrias y los constructores prefieren deshacerse de sus residuos de forma ilícita que gastar un poco para saber cuál es la mejor forma de sacar provecho de ellos y que los remanentes causen los menores problemas posibles. Todo esto se puede resolver aplicando las cuatro técnicas antes mencionadas.

Asimismo, se requiere avanzar más rápidamente, tanto hacia una legislación de empaque y embalaje, como a una estandarización de los plásticos, metales y vidrio con que se elaboran los recipientes de numerosos productos comerciales, con la finalidad de facilitar su reciclaje y evitar su desecho incontrolable.

Con la investigación realizada puede concluirse que los residuos sólidos conforman un ciclo, donde se encuentran vinculadas las diversas etapas y que, a partir de la misma producción de los artículos de consumo, se inicia la generación, para así pasar a la recolección, tratamiento y disposición final. Por tanto, cualquier esfuerzo que se realice en alguna de sus etapas habrá de tener un efecto directo en las demás.

De esta forma se pueden caracterizar 6 etapas principales:

1. Generación,
2. Almacenamiento,
3. Barrido, recolección y transporte,
4. Transferencia,
5. Tratamiento y
6. Disposición final.

En una o más de estas etapas entra una actividad que como ya se vió es de suma importancia, que es la *separación de los residuos*, actividad que se debe de promover entre la población así como en las industrias, ya que la separación *in situ* de residuos sólidos desde el lugar de generación ayudaría mucho a que se puedan desempeñar con mayor eficacia las actividades antes mencionadas, ahorrando mucho tiempo, dinero y esfuerzo.

Por otro lado se debe actualizar y mejorar cada día la legislación ambiental referente a los residuos sólidos, regulando cada una de las seis etapas antes descritas para hacerlas más eficientes. Además, la normatividad debe de ser más estricta en cuanto a las sanciones a las industrias y empresas de la construcción, y, a su vez, el gobierno debe de fomentar la minimización de residuos así como otorgar estímulos fiscales a las industrias que inviertan en sistemas anticontaminantes.

Es inevitable la expectativa de que, en el contexto de la política del régimen actual, se introduzcan cambios a la política para el manejo de residuos sólidos a fin de enfrentar el problema no sólo en la Zona Metropolitana del Valle de México, sino en todos los centros urbanos del país.

Otro aspecto importante es que gran parte de la información acerca del tema viene en inglés, lo que es de preocupar, ya que esto indica que en México, aunque el problema de los residuos sólidos es grande, no se ha hecho nada de real importancia para resolver el problema, por lo que toda la tecnología es importada y se tienen innumerables problemas para adecuarla a las necesidades e idiosincrasia propias de nuestro país. Es por esto que, los ingenieros químicos, además de ayudar a concientizar y educar a la gente y a las industrias sobre la problemática existente ocasionada por los residuos sólidos, deben adecuar estas tecnologías a los requerimientos nacionales, regionales y locales y así llegar a crear tecnologías propias, teniendo como premisa fundamental la búsqueda siempre de la protección y bienestar de los seres humanos y ecosistemas.

Derecho ambiental: "Conjunto de normas jurídicas que regulan la influencia de la actividad humana sobre el biotopo, la biocenosis y el uso de la energía y los efectos que dicha actividad ocasiona sobre el ecosistema". (19)

Antecedentes histórico legislativos en México

-1971- Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental.

-1971- Reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos.

-1973- Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas.

-1976- Reglamento para la prevención y control de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruidos.

- 1982- Ley Federal de protección al ambiente. (Reformada en 1984).

(19) SOLIS GRANADOS FERNANDO. 1994. El Derecho Ambiental en México. CONIECO. P. 1. México D.F.

-1987- Decretos a la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos que por su naturaleza puedan causar daños al ambiente o a la propiedad o constituyen un riesgo a la salud o bienestar público.

-1988- Ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente.

#### Fundamento Constitucional Actual

Art. 4o. Derecho a la salud.

Art. 25. Desarrollo sostenible.

Art. 26. Plan Nacional de Desarrollo.

Art. 27. Recursos naturales.

Art. 73. Facultades del congreso.

Art. 115. Facultades de los municipios.

#### Marco Jurídico del Derecho Ambiental

- Ley Federal de Aguas (11-I-72).

- Ley de Conservación de Suelo y Aguas (06-VI-86).

- Ley de Expropiación (25-XI-36).

- Ley General de Asentamientos Humanos (25-V-76).

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (28-I-88).

- Ley Federal del Mar (8-I-86).

- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo (29-XI-58).

- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear (4-II-85).
- Ley Minera (26-6-92).
- Ley de Pesca (5-II-92).
- Ley Federal de Caza (25-VI-92).
- Ley Federal de Turismo (6-II-84).
- Ley Federal de Vivienda (7-II-84).
- Ley de Fomento Agropecuario (2-II-84).
- Ley Federal para el Fomento de la Microindustria (26-I-88).
- Ley Forestal (22-II-92).
- Ley General de Bienes Nacionales (8-I-82).
- Ley Orgánica de los Tribunales Agrarios (28-II-92).
- Ley de Obras Públicas (30-XII-80).
- Ley de Distritos de Desarrollo Rural (26-II-92).
- Ley General de Salud (7-II-84).
- Ley de Planeación (5-I-83).
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (22-XII-75).
- Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos (13-XII-74).
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización (1-VII-92).
- Ley de Vías Generales de Comunicación (29-II-40).

## **LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE.**

### TITULO PRIMERO

#### DISPOSICIONES GENERALES.

- CAPITULO I      Normas preliminares.
- CAPITULO II     Concurrencia entre la Federación, las Entidades  
Federativas y los Municipios.
- CAPITULO III    Atribuciones de la Secretaria y Coordinación entre las  
Dependencias y Entidades de la Administración Pública  
Federal.
- CAPITULO IV    Política Ecológica.
- CAPITULO V     Instrumentos de la Política Ecológica.

### TITULO SEGUNDO

#### AREAS NATURALES PROTEGIDAS.

- CAPITULO I      Categorías Declaratorias y Ordenamiento de las Areas  
Naturales Protegidas .
- CAPITULO II     Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas.
- CAPITULO III    Flora, Fauna Silvestres y Acuáticas.

## TITULO TERCERO

### APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS ELEMENTOS NATURALES.

- CAPITULO I Aprovechamiento Racional del Agua y los Ecosistemas Acuáticos.
- CAPITULO II Aprovechamiento Racional del Suelo y sus Recursos.
- CAPITULO III Efectos de la Exploración y Explotación de los Recursos No Renovables en el Equilibrio Ecológico.

## TITULO CUARTO

### PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

- CAPITULO I Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.
- CAPITULO II Prevención y Control de la Contaminación del Agua y sus Recursos.
- CAPITULO III Prevención y Control de la Contaminación del Suelo.
- CAPITULO IV Actividades Consideradas como Riesgosas.
- CAPITULO V Materiales y Residuos Peligrosos.
- CAPITULO VI Energía Nuclear.
- CAPITULO VII Ruido, Vibraciones, Energía Térmica, Lumínica y Olores.

TITULO QUINTO  
PARTICIPACION SOCIAL  
CAPITULO UNICO.

TITULO SEXTO  
MEDIDAS DE CONTROL Y DE LA SEGURIDAD Y SANCIONES.

CAPITULO I	Observancia de la Ley.
CAPITULO II	Inspección y vigilancia.
CAPITULO III	Medidas de Seguridad.
CAPITULO IV	Sanciones administrativas.
CAPITULO V	Recurso de Inconformidad.
CAPITULO VI	De los Delitos del Orden Federal.
CAPITULO VII	Denuncia Popular.

ARTICULOS TRANSITORIOS.

### **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

En su parte "Prevención y Control de la Contaminación del Suelo", establece en su artículo 134 que "Para la prevención y control de la contaminación del suelo se considerarán los siguientes criterios:

- Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo.
- Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.
- Es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; e incorporar técnicas y procedimientos para su uso y reciclaje."

\*Esta ley dispone en su artículo 136 que los residuos que se acumulen o depositen en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar que se presenten las siguientes circunstancias:

- La contaminación del suelo.
- Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.

- Las alteraciones en el suelo que modifiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y
- Riesgos y problemas de salud." (20)

En el artículo 140 previene: "Los procesos industriales que generen residuos de lenta degradación se llevarán a cabo con arreglo a lo que disponga el reglamento correspondiente."

"No podrá autorizarse en ningún caso la importación de residuos para su derrame, depósito, confinamiento, almacenamiento, incineración o cualquier tratamiento para su destrucción o disposición final en el territorio nacional o en las zonas en las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción."

#### **Reglamento para el Servicio de Limpia en el Distrito Federal:**

Este reglamento se creó el 6 de julio de 1989 en el Salón de Sesiones de la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, es de orden social e interés general, y tiene por objeto regular la prestación del servicio de limpia.

(20) *Ibid.* (3). P. 89.

- Las alteraciones en el suelo que modifiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y
- Riesgos y problemas de salud." (20)

En el artículo 140 previene: "Los procesos industriales que generen residuos de lenta degradación se llevarán a cabo con arreglo a lo que disponga el reglamento correspondiente."

"No podrá autorizarse en ningún caso la importación de residuos para su derrame, depósito, confinamiento, almacenamiento, incineración o cualquier tratamiento para su destrucción o disposición final en el territorio nacional o en las zonas en las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción."

#### **Reglamento para el Servicio de Limpia en el Distrito Federal:**

Este reglamento se creó el 6 de julio de 1989 en el Salón de Sesiones de la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, es de orden social e interés general, y tiene por objeto regular la prestación del servicio de limpia.

El artículo 10 prevé que "el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios será gratuito. En el caso de establecimientos mercantiles o industriales, en los que la generación de residuos por día sea superior a los 200 kg, pagarán los derechos correspondientes que establezca la Ley de Hacienda."

"El servicio de limpia comprende:

- El barrido de vías públicas y áreas comunes.
- La recolección de residuos sólidos.
- El diseño, instrumentación y operación de sistemas de almacenamiento, transporte, reuso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos." (21)

En su artículo 36 establece que "Queda prohibido:

- Arrojar o abandonar en la vía pública, áreas comunes, barrancas y en general, en sitios no autorizados, residuos sólidos de cualquier especie.
- Extraer de los botes colectores, depósitos o contenedores instalados en la vía pública, los residuos sólidos que contengan.

(21) Op. Cit. P. 93.

- Arrojar o abandonar en lotes baldíos, residuos sólidos de cualquier especie.
- Establecer depósitos de residuos sólidos en lugares no autorizados."

### **Plan Nacional de Desarrollo**

"El Plan Nacional de Desarrollo, al tiempo que precisa las orientaciones a las que deben sujetarse los programas de la Administración Pública Federal, busca encauzar eficazmente las acciones de la sociedad en la solución de sus problemas y en la satisfacción de sus aspiraciones.

Con el propósito de precisar las tareas del quehacer ecológico, el Plan Nacional establece como propósitos prioritarios el atender la limpieza del suelo, con el tratamiento adecuado de los desechos sólidos y el manejo correcto de sustancias peligrosas y adecuar el marco legal para impedir acciones que dañan seriamente el ambiente." (22)

El Plan Nacional expresa que "Para prevenir y controlar la contaminación de residuos sólidos, se propiciará el establecimiento de sistemas adecuados de recolección, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos municipales e industriales contaminantes mediante acciones orientadas a:

(22) Qp...Cit. P. 99.

- Lograr la colaboración de las empresas para el tratamiento de sus residuos industriales, en especial de aquellos que son peligrosos por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, radioactivas, inflamables e infecciosas.

- Activar el establecimiento de plantas recicladoras, de tratamiento e incineración de residuos sólidos.

- Avanzar en el reciclaje de materiales susceptibles de reutilizarse, a fin de reducir volúmenes a tratar en el suelo.

- Propiciar la disminución del uso de materiales de lenta degradación en la industria."

### **Normas Oficiales Mexicanas**

En el ámbito federal, existen también diversas normas relativas a la determinación de diversos parámetros de los residuos sólidos. La mayoría de las normas relacionadas con los residuos sólidos convencionales fueron elaboradas y publicadas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) con la denominación Norma Oficial Mexicana (NOM); posteriormente, la extinta SEDUE elaboró un cierto número de Normas Técnicas Ecológicas (NTE), aunque enfocadas principalmente al manejo de residuos peligrosos. Cabe mencionar que a la fecha existe una carencia de normas relativas a la recolección, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos convencionales, debido posiblemente a la atención prioritaria otorgada a los residuos peligrosos, campo en el que se carecía totalmente de normas. La nueva Ley de Metrología ha unificado criterios

respecto a la nomenclatura de las normas en México, estableciendo la antigua denominación utilizada por la SECOFI.

A continuación se anotan en orden cronológico algunas normas mexicanas aplicables al campo de los residuos sólidos convencionales:

NOM-AA-16-1984	Determinación de humedad.
NOM-AA-18-1984	Determinación de cenizas.
NOM-AA-24-1984	Determinación de nitrógeno total.
NOM-AA-25-1984	Determinación de pH. (método potenciométrico).
NOM-AA-92-1984	Determinación de azufre.
NOM-AA-15-1985	Método de cuarteo.
NOM-AA-19-1985	Peso volumétrico "in situ".
NOM-AA-21-1985	Determinación de materia orgánica.
NOM-AA-22-1985	Selección y cuantificación de subproductos.
NOM-AA-33-1985	Determinación de poder calorífico.
NOM-AA-52-1985	Preparación de muestras en laboratorio para su análisis.
NOM-AA-67-1985	Determinación de la relación carbono/nitrógeno.
NOM-AA-68-1986	Determinación de hidrógeno.
NOM-AA-90-1986	Determinación de oxígeno.

- CONSTITUCION POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.
  
- LEY FEDERAL DE LAS ENTIDADES PARAESTATALES.
  
- LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.
  
- LEY GENERAL DE SALUD.
  
- PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 1989-1994.
  
- REGLAMENTO INTERIOR DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.
  
- REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE LIMPIA EN EL DISTRITO FEDERAL.

## CITAS BIBLIOGRAFICAS

1. CORTINAS DE NAVA, CRISTINA y VEGA GLEASON, SYLVIA. 1993. Residuos peligrosos en el mundo y en México. Serie Monografías No.3, SEDESOL. Pub. INE. P. i. México D.F.
2. Op. Cit. P. 21.
3. HURTADO MARIN, JOSE DE JESUS. 1991. El derecho, la sociedad y la contaminación originada por el desecho de residuos sólidos en México. Tesis UNAM, Facultad de Derecho. P. 3. México D.F.
4. Op. Cit. P. 4.
5. Op. Cit. P. 5.
6. PUENTE, SANDRA. 1995. Se disputan grupos políticos el control de la basura. Diario EL UNIVERSAL, Nuestra Ciudad. Lunes 12 de junio. P. 2. México D.F.
7. QUIMICA WIMER, CHEMICAL WASTE MANAGEMENT DE MEXICO, CIBA-GEIGY. 1993. Memorias: "Manejo de Residuos Industriales", UNAM, Facultad de Química. P. 44. México D.F.
8. Ibid. (3) P. 16.
9. Op. Cit. P. 16.
10. INSTITUTE FOR SOLID WASTES OF AMERICAN PUBLIC WORKS ASSOCIATION. 1976. Tratamiento de los residuos urbanos. (Trad. por Fco. Sanabria C.) Instituto de estudios de administración local. P. 441. Madrid, España.
11. INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA. 1989. Pirólisis. 15 de marzo. P. 12. México D.F.

12. TREJO VAZQUEZ, RODOLFO. 1994. *Procesamiento de la basura urbana*. Ed. Trillas. P. 13. México D.F.
13. RIVAS FUENTES, CARLOS. 1979. *Disposición de desechos sólidos por el método de relleno sanitario*. Tesis UNAM. Facultad de Química. P.5-6. México D.F.
14. *Op. Cit.* P. 78.
15. *Ibid.* (1). P. 33.
16. *Ibid.* (7). P. 64.
17. *Ibid.* (6). P. 1-2.
18. *Op. Cit.* P. 2.
19. SOLIS GRANADOS, FERNANDO. 1994. *El Derecho Ambiental en México*. CONIECO. P.1. México D.F.
20. *Ibid.* (3). P. 89.
21. *Op. Cit.* P. 93.
22. *Op. Cit.* P. 99.

Aguilar Benhumea, Sergio.

Situación actual del reciclado de plástico en México y el entorno internacional.

Tesis UNAM. Facultad de Química.

México, D.F. 1995.

Alter, Harvey y Dunn, J.

Solid waste conversion to energy.

Marcel Dekker Inc.

Nueva York, EEUUA. 1980.

Bolaños Gomez, Federico.

El impacto biológico. Problema Ambiental Contemporáneo.

Coordinación General de Estudios de Posgrado.

Instituto de Biología. UNAM.

México, D.F. 1990.

Comisión Nacional de Ecología.

Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1989-1990.

México, D.F. 1992.

Cortinas de Nava, Cristina, y Vega Gleason, Sylvia.

Residuos peligrosos en el mundo y en México.

Serie Monografías No. 3.

SEDESOL-INE.

México, D.F. 1993.

Davis, M. & Cornwell, D.

Introduction to Environmental Engineering.

Mc Graw Hill International Ed.

Nueva York, EEUUA. 1991.

Deffis Caso, Armando.

La basura es la solución.

Concepto.

México D.F. 1989.

Donnadieu, J.

Waste Management.

Collier-Mc Millan Internacional Editions.

1a. ed. Nueva York, EEUUA. 1980.

Garfias y Ayala, Francisco Javier.

Notas Sobre Temas Ambientales Publicados en 1992.

SEDESOL - INE.

México D.F. Diciembre 1993.

General Electric Company.  
Solid Waste Management. Technology Assessment.  
Van Nostrand Reinhold.  
1a. ed. Nueva York, EEUUA. 1975.

Hagerty, J.  
Solid Waste Management.  
Collier-Mc Millan Internacional Editions.  
3a. ed. Nueva York, EEUUA. 1987.

Hurtado Marín, José de Jesús.  
El derecho, la sociedad y la contaminación originada por el desecho de los residuos  
sólidos en México.  
Tesis UNAM, Facultad de Derecho.  
México, D.F. 1991.

INEGI  
Anuario Estadístico del Distrito Federal.  
México, D.F. 1994.

INEGI  
Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos.  
México, D.F. 1994.

INEGI  
Cuadernos Estadísticos Delegacionales.  
México, D.F. 1994.

Información Científica y Tecnológica.

México, D.F. 15 de Marzo de 1989.

Institute for Solid Wastes of American Public Works Association.

Tratamiento de los residuos urbanos.

(Trad. por Fco. Sanabria Celis).

Instituto de estudios de administración local.

3a. ed. Madrid, España. 1976.

Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. A.C.

Memorias de la Semana de Protección Ambiental

UNAM. Facultad de Química.

México, D.F. Julio 1995.

Masters, G.M.

Introduction to Environmental Engineering and Science.

Prentice Hall.

Nueva Jersey, EEUUA. 1991.

Miller, G.T. y Armstrong, P.

Living in the Environment.

Wadsworth Pub. Co.

San Francisco California, EEUUA. 1979.

Odum, E.P.

Fundamentos de Ecología.

Ed. Interamericana.

México, D.F. 1986.

Perry, Robert.

Chemical Engineer's Handbook.

McGraw-Hill 6a. Ed.

Nueva York, EEUUA. 1991.

Pfeffer, John T.

Solid Waste Management Engineering.

Prentice Hall.

Nueva Jersey, EEUUA. 1992.

Puente, Sandra.

Se disputan grupos políticos el control de la basura.

EL UNIVERSAL. Nuestra Ciudad.

México D.F. Lunes 12 de junio de 1995.

Química Wimer, Chemical Waste Management de México, Ciba-Geigy.

Memorias: "Manejo de Residuos Industriales".

UNAM, Facultad de Química.

México, D.F. abril de 1993.

Rivas Fuentes, Carlos.

Disposición de los desechos sólidos por el método de relleno sanitario.

Tesis UNAM. Facultad de Química.

México, D.F. 1979.

Rothman, H.

La barbarie ecológica.

Fontamara.

Barcelona, España. 1980.

Ruiz Santoyo, Ma Esther, Turpin Marion, Sylvie y Vaca Mier, Mabel.

La Química en la Sociedad.

UNAM.

México, D.F. 1994.

Sánchez Gómez, Jorge.

Un enfoque racional y eficiente para el manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.

Enviro-Pro.

México, D.F. Julio 1993.

SEDUE - DDF.

Curso sobre Desechos Industriales.

SEDUE.

México, D.F. abril 1990.

Shin, Robert A.

Contaminación de los mares.

Marumar.

Buenos Aires, Argentina. 1976.

Solis Granados, Fernando.

El Derecho Ambiental en México.

CONIECO

México, D.F. 1994.

Tchobanoglous, G.

Environmental Engineering.

Mc. Graw Hill

2a. ed. Nueva York, EEUUA. 1989.

Tchobanoglous, G, Theisen y Eliassen.

Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues.

McGraw-Hill

Nueva York, EEUUA. 1977.

Trejo Vázquez, Rodolfo.

Procesamiento de la basura urbana.

Trillas.

México, D.F. 1994.

Warner, F.

Municipal Refuse Disposal.

(Trad. Arturo Dávila V.)

Reus.

Madrid, España. 1982.