



---

---

# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

## **ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

### **CIENCIAS DE LA TIERRA**

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“El manejo de los residuos sólidos en México”.

TESIS

Que para obtener el Grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

Con especialidad en Geociencias y Administración de los  
Recursos Naturales

PRESENTA:

Elena Araceli Hernández Negrete

Director: Dr. Cayetano Miguel García Reyes

Codirector: Dr. Luis Enrique Ortiz Hernández



México, D.F. Junio 2012.



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 14:30 horas del día 13 del mes de Junio del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de ESIA. U. Ticomán para examinar la tesis titulada:  
"El manejo de los residuos sólidos en México".

Presentada por el alumno:

Hernández  
Apellido paterno

Negrete  
Apellido materno

Elena Araceli  
Nombre(s)  
Con registro: 

A	1	0	0	5	1	7
---	---	---	---	---	---	---


aspirante de:

MAESTRÍA EN GEOCIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES


Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

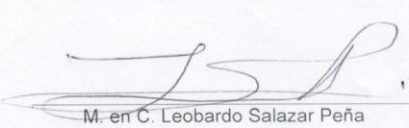
### LA COMISIÓN REVISORA


Directores de tesis

  
Dr. Cayetano Miguel García Reyes


  
Dr. Luis Enrique Ortiz Hernández

  
M. en C. Rodrigo Moneragón Guzmán

  
M. en C. Leobardo Salazar Peña

  
Dr. Arturo Ortiz Ubilla

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

  
Ing. Julio E. Morales de la Garza





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México, D.F. el día 14 del mes Junio del año 2012, el (la) que suscribe Elena Araceli Hernández Negrete alumno (a) del Programa de Maestría en Geociencias y Administración de los Recursos Naturales con número de registro A100517, adscrito a la ESIA Ticomán, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Cayetano Miguel García Reyes y cede los derechos del trabajo intitulado "El manejo de los residuos sólidos en México", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [arahn18@hotmail.com](mailto:arahn18@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Elena Araceli Hernández Negrete

Nombre y firma

## Agradecimientos:

Agradezco al Instituto Politécnico Nacional por brindarme la oportunidad de superarme académicamente.

Gracias Elizabeth por tu valioso apoyo sin el cual no hubiera sido posible la realización y culminación de este trabajo, gracias por soñar conmigo y quedarte a ver como esas ilusiones poco a poco se hacen realidad.

Agradezco de manera especial a mis padres Samuel y Cristina por confiar en mí, por enseñarme el sentido de la responsabilidad e inculcar en mí el inextinguible afán de superación, los amo y espero que algún día estén tan orgullosos de mí como yo lo estoy de ustedes.

Agradezco al Dr. Miguel García Reyes por ser mi guía durante la realización de este trabajo.

Gracias a los Profesores que conformaron mi comisión revisora y mi sínodo por ayudarme en la realización de este trabajo de tesis.

Agradezco a la Dra. Beatriz Maldonado Simán por inculcar en mí el gusto por la investigación y enseñarme que siempre es posible esforzarse un poco más.

Agradezco a mi hermana Cristina por enseñarme el sentido de la tenacidad y perseverancia. Gracias a mis sobrinos Samuel y Kristy por ayudarme a entender que parte del crecimiento implica tropezar, me siento orgullosa de ustedes.

Gracias Sandra por no dejarme claudicar y mostrarme la importancia de la amistad, a Diego por sus palabras de aliento que me iluminaron cuando todo se tornó obscuras.

Gracias a mi tía Martha por todos sus consejos, así como al Sr. Jorge y a la Sra. Eliza por todo su apoyo, gracias a Catalina y Roberto por ser parte de mi familia.

## Índice

<b>Abstract</b>	<i>vii</i>
<b>Resumen</b>	<i>viii</i>
<b>Introducción</b>	1
<b>CAPITULO I Estado del arte en materia de residuos</b>	
I.1	La conceptualización y problemática de la basura..... 5
I.2	Antecedentes..... 18
I.3	El manejo de los residuos sólidos municipales en México..... 22
<b>CAPITULO II. Los residuos sólidos en el Distrito Federal</b>	
II.1	La problemática del acopio de residuos..... 33
II.2	La disposición final de los residuos..... 36
II.3	El relleno sanitario bordo poniente..... 38
a)	Actualización del caso bordo poniente..... 40
II.3	El costo y la ganancia de la basura..... 41
a)	El engaño verde..... 44
II.4	Los residuos peligrosos y la industria..... 48
II.4.1	El almacenamiento de los residuos peligrosos..... 52
II.5	Los procesos de industria limpia..... 54
<b>CAPITULO III: El marco jurídico en materia de residuos sólidos urbanos</b>	
III.1	Los objetivos y principios de una política ambiental..... 56

III.1.1	La fundamentación jurídica mexicana en materia de residuos.....	60
III.1.2	El marco jurídico ambiental que rige al Distrito Federal.....	63
III.2	Acciones y programas para la gestión ambiental en materia de residuos sólidos en el Distrito Federal.....	67

#### **CAPITULO IV Administración de los residuos sólidos**

IV.1	Manejo integral de los residuos sólidos urbanos.....	74
a)	El tratamiento del agua contaminada.....	76
IV.1.1	Recolección y transporte de residuos sólidos.....	82
IV.1.2	Alternativas al depositar los residuos sólidos.....	87
a)	Relleno sanitario mecanizado.....	89
b)	Relleno sanitario semimecanizado.....	90
c)	Relleno sanitario manual.....	91
d)	La incineración.....	93
e)	Producción de mantillo y composta.....	99
f)	Reducción de la fuente.....	99
	CONCLUSIONES.....	101
	BIBLIOGRAFIA.....	104

## ABSTRACT

It's a fact that the handling of solid waste has always meant a problematic facing all levels of Government, its management means enormous conflict as well as the accumulation of wealth and power for some characters, in the case of Mexico find that the residual management represents great challenges which must be addressed in a viable manner considering economic, factors social and geographic. This is why that this investigation on board aspects which are intended to provide viable alternatives for carrying out comprehensive solid waste management by starting from a conceptual perspective basic reaching technical levels that provide data about the effectiveness and consequences of the use of a particular method, also makes mention of legal aspects that this factor should be considered during the planning of the residual management project because it must be consistent with the legal framework of the entity which will be implemented to avoid penalties and closures. It used the Distrito Federal to exemplify the legal framework to be observed by an entity to propose residual management systems that this city has experienced great changes, mostly positive, concerning the residual management, example of this is the residual emissions decreased domestic to make mandatory separation of the waste.

## Resumen

Es un hecho que el manejo de los residuos sólidos siempre ha significado una problemática a enfrentar para todos los niveles de gobierno, su gestión significa enormes conflictos así como la acumulación de riqueza y poder para algunos personajes, en el caso de México encontramos que el manejo residual representa grandes retos los cuales deberán ser abordados de manera viable considerando factores económicos, sociales y geográficos. Es por este motivo que la presente investigación abordó vertientes que tienen por objetivo proporcionar alternativas viables para llevar a cabo la gestión integral de los residuos sólidos iniciando desde una perspectiva conceptual básica hasta alcanzar niveles técnicos que proporcionan datos acerca de la efectividad y consecuencias de la utilización de un determinado método, asimismo se hace mención de aspectos de índole jurídica ya que este factor debe ser considerado durante la planeación del proyecto de manejo residual pues ésta debe ser acorde al marco legal de la entidad donde se implementará para evitar sanciones y clausuras. Se utilizó al Distrito Federal para ejemplificar el marco legal que debe observar una entidad al proponer sistemas de gestión residual ya que esta ciudad ha experimentado grandes cambios, en su mayoría positivos, ejemplo de ello es la disminución de sus emisiones residuales domésticas al hacer obligatorio la separación de la basura.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación intitulada: “El manejo de los residuos sólidos en México” tiene por objetivo general analizar el estado de los residuos sólidos en México y la problemática que siempre ha representado su adecuada gestión, así como las soluciones que se han implementado para afrontar esta problemática.

El origen de este trabajo obedece a diversas inquietudes, la principal de ellas la constituye el hecho de que nadie puede sustraerse a su ciclo pues la generación residual es homogénea y en México su administración atañe al Estado, siendo una constante su acopio deficiente.

Con base en nuestro objetivo general, nuestra hipótesis de trabajo plantea que, en la medida en que se obtenga un panorama real y generalizado de la situación residual mexicana entonces se propondrán soluciones viables para la problemática residual sin incurrir en errores pasados.

En el Capítulo Primero titulado “El estado del arte en materia de residuos”, se define el término basura desde diversas perspectivas, así como su diferenciación, iniciando desde la conceptualización más básica para culminar con terminología especializada.

En este primer apartado abordaremos inicialmente el panorama general de los residuos en México, así como la problemática agravada a enfrentar si no se emprenden acciones inmediatas que permitan iniciar una adecuada gestión residual. De igual manera mencionamos la contaminación del suelo, como eje fundamental ya que cualquier propuesta para solucionar la disposición de residuos debe partir desde este punto para definir las consecuencias que conllevarán las acciones emprendidas.

En el Capítulo I se menciona la composición porcentual de los residuos sólidos, subdivididos por zonas geográficas lo cual permitirá evidenciar los hábitos de consumo de la población mexicana. Es un hecho que, la cuestión del aprovechamiento de los residuos es una constante en los últimos tiempos, sin embargo, existe poca claridad respecto a los productos aprovechables y el “segundo uso” del cual serán objeto, por lo cual fue necesario enunciar la información que permita obtener dicho conocimiento.

Aunado a lo mencionado anteriormente, sostenemos el hecho de que el consumismo voraz es consecuencia de la ausencia de información referente a los efectos adversos que la excesiva adquisición de productos cotidianos representa, por lo cual en este trabajo se incluye la información correspondiente con el fin de crear conciencia en todo aquel que se interese en este trabajo de investigación.

Finalmente en este capítulo se hace mención y se proponen técnicas específicas para el manejo residual en México, así como los diversos métodos técnicos que sustentan dichas propuestas sin dejar de mencionar las ventajas y desventajas de cada opción.

El Capítulo Segundo lleva por título: “Los residuos en el Distrito Federal”, se eligió esta ciudad como caso de estudio pues además de ser una de las zonas que presenta más conflictos en el acopio de residuos también es la que ha experimentado en fechas recientes cambios significativos en hábitos sociales y prácticas gubernamentales.

En este apartado describimos la manera de gestionar los residuos en la capital del país, así como las características de los encargados de proporcionar dicho servicio, a diferencia de otros países con igual o mayor producción de residuos que México, la recolección es realizada por el gobierno, dicha práctica se encuentra fundamentada en múltiples reglamentos y leyes siendo la de mayor importancia la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En el segundo apartado de esta investigación se menciona la historia reciente del Distrito Federal en materia de rellenos sanitarios y los conflictos que se suscitaron en el caso del “tiradero” Santa Cruz Meyehualco por el acaparamiento de las ganancias producidas por concepto de “pepena”.

Asimismo mencionamos los factores técnicos que deben ser considerados en la construcción de un relleno sanitario y las precauciones que deben implementarse para evitar las filtraciones de lixiviados.

Un punto medular en el desarrollo del Capítulo II es el referente al caso del relleno sanitario bordo poniente pues hasta el año de 2011 se utilizó para albergar los residuos producidos por los habitantes del Distrito Federal, por lo cual se aportaron datos obtenidos durante la etapa de funcionamiento y se incluyó un apartado con la información más recientes respecto a este relleno sanitario.

Es fundamental poseer cifras información fidedigna que nos permita llevar a cabo cálculos respecto al acopio y procesamiento de los residuos así como del reciclaje para, de esta manera poder formular opiniones fundamentadas, por este motivo se incluyó esta información en el presente trabajo. De igual manera definimos el concepto de “engaño verde” y la manera en que la generación de estos residuos “compuestos” dificultan el procesamiento residual.

Finalmente mencionamos a los residuos peligrosos originados por el sector industrial, los cuales, deben ser tratados con base en la reglamentación definida al respecto, también, se enlistan los tratamientos que deben recibir dichos residuos según su composición.

El Capítulo número III lleva por título: “El marco jurídico en materia de residuos sólidos urbanos”, en el cuál se define la concepción del precepto de política ambiental, que nos otorga un punto de partida general para la lectura de este trabajo.

De igual manera, se otorgan propuestas de remediación y reducción de los residuos sólidos, dichos lineamientos se fundamentan principalmente en la agenda 21; Como es un hecho conocido, la gestión residual se regula mediante documentos que, en conjunto cimentan la fundamentación jurídica mexicana en materia residual, siendo ordenada de manera jerárquica y mencionada del panorama general al particular.

También se lleva a cabo una descripción de los elementos utilizados para llevar a cabo la gestión de los residuos en cada una de las delegaciones del Distrito Federal, así como de las estaciones de transferencia y plantas de compostaje.

El Capítulo IV de este trabajo lleva por título “La administración de los residuos sólidos”, y en él se menciona la gestión integral de los residuos, haciendo particular énfasis en factores de impacto que atañen a la problemática residual.

Aunque la presente investigación se remite casi exclusivamente a la problemática de los residuos sólidos, es necesario hacer mención del tratamiento del que deben ser objeto las aguas residuales con base en la densidad de su contaminación.

Un factor importante a considerar, es el que menciona la transportación de los residuos al lugar donde serán depositados de manera final ya que, como se menciona en el Capítulo IV, es en esta fase donde se ha detectado el aumento del costo total del manejo de residuos.

Finalmente, se otorgan propuestas que permitirán un adecuado depósito de los residuos sólidos considerando la minimización de riesgos así como factores de impacto ambiental y social.

## CAPITULO PRIMERO. EL ESTADO DEL ARTE EN MATERIA DE RESIDUOS

### 1.1 La conceptualización de la basura.

Para iniciar esta investigación es necesario definir el término “basura” para obtener un punto de partida en común, se le denomina de esta manera a aquello que ya no tiene utilidad alguna, por lo cual es desechado sin embargo un término más específico correspondería a la siguiente definición: aquellos residuos orgánicos que son producto de la comercialización, el transporte, la elaboración de los alimentos y excedentes de comida así como los restos de material vegetal, papel, cartón, madera, y en general materiales biodegradables e inorgánicos como vidrio, plástico, metales y material inerte (SEMARNAT, 2001).

En la opinión de algunos especialistas existen tres tipos de basura, la residencial, la basura por individuo u habitante y la basura domiciliaria, de igual manera la basura urbana comprende residuos de origen industrial, dado lo anterior al dividir la basura urbana entre el total de habitantes de la ciudad se obtiene la generación de “basura urbana per cápita” (Cortinas, 2001).

Para diferenciar a los residuos sólidos domésticos es necesario partir de la conceptualización más básica que podemos obtener y esta se refiere a dos tipos de diferenciación:

**Orgánicos:** Son aquellos cuyo componente principal es el carbono; provienen de materia viva tanto vegetal como animal y están representados principalmente por residuos alimentarios y de parques o jardines, pueden transformarse para su posterior reutilización.

**Inorgánicos:** Es materia inerte proveniente de material no vivo. Tiene la característica de no ser biodegradables, por lo que conservan su forma y propiedades por mucho tiempo, utilizándose como materia prima o subproductos reciclables en diferentes industrias (Rivero, 1999).

Sin embargo, es necesario para el desarrollo esta investigación, ampliar la clasificación a niveles más específicos para, de esta manera llevar a cabo un análisis completo. La tabla 1 ejemplifica los diversos tipos de residuos y menciona las principales fuentes generadoras (Cortinas, 2001):

TIPOS	TABLA 1. SUBGRUPOS RESIDUALES Y FUENTES GENERADORAS
<p><b>Residuos</b> <b>Sólidos</b> <b>Urbanos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales orgánicos, alimenticios, de plantas interiores, de jardinería.</li> <li>Fibras vegetales y otros.</li> <li>- Papel, cartón y productos de papel.</li> <li>- Textiles.</li> <li>- Cuero.</li> <li>- Plásticos.</li> <li>- Vidrio.</li> <li>- Metales.</li> <li>- Loza y cerámica.</li> <li>- Hule.</li> <li>- Otros.</li> </ul>
<p><b>Residuos</b> <b>de manejo</b> <b>especial</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos de alto volumen de la industria minero-metalúrgica.</li> <li>- Residuos de servicios de salud.</li> <li>- Residuos de actividades rurales.</li> <li>- Residuos de los servicios de transporte.</li> <li>- Residuos de envases, embalajes y empaques.</li> <li>- Residuos de demolición, mantenimiento y construcción.</li> <li>- Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de</li> </ul>

	<p>informática, productos electrónicos o de vehículos automotores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Llantas usadas.</li> <li>- Otros.</li> </ul>
<b>Residuos Peligrosos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos peligrosos de origen químico: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosivos.</li> <li>• Reactivos.</li> <li>• Explosivos.</li> <li>• Tóxicos.</li> <li>• Inflamables.</li> </ul> </li> <li>- Residuos biológico-infecciosos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangre, sus derivados y ciertos fluidos corporales.</li> <li>• Cepas y cultivos.</li> <li>• Restos patológicos o cadáveres de animales infectados.</li> <li>• Materiales no anatómicos contaminados.</li> <li>• Objetos punzocortantes que entraron en contacto con agentes Infecciosos.</li> </ul> </li> </ul>

En la opinión de especialistas en la materia, se menciona que “la composición de los residuos sólidos varía de un centro de población a otro, debido a que depende del ingreso económico de los habitantes, actividad económica predominante en el lugar de generación, clima, época del año e incluso del día de la semana”(Torres, 1991).

Por tanto es necesario proponer una clasificación que conceptualizara a los residuos de la siguiente manera:

*Reciclables o recuperables:* Son aquellos que si son seleccionados o “rescatados” de la basura pueden venderse a diferentes industrias, las que,

mediante tratamientos diversos, los utilizara como materia prima, reintegrándolos posteriormente al ciclo de consumo. Entre estos desperdicios tenemos: hueso, trapo, cartón, papel, metal, vidrio y plástico.

*No recuperables nocivos:* Comprenden los desperdicios provenientes de hospitales, casas de cuna, sanatorios, etc. Pueden ser muy peligrosos y se les debe dar un tratamiento especial.

*No recuperables inertes:* Son aquellos que pueden servir como material de relleno: tierra, piedras, cascajo, etc.

*Transformables:* Son aquéllos susceptibles de ser transformados en productos inocuos y aprovechables, están referidos principalmente a los residuos orgánicos como pueden ser: residuos alimentarios, de parques y jardines, agrícolas e industriales de naturaleza orgánica (Rivero, 1999).

Los residuos antes mencionados provienen de actividades que se llevan a cabo en el ámbito doméstico, en sitios públicos, en las industrias que generan residuos derivados de sus procesos, o en nuevas construcciones de establecimientos comerciales y de servicios.

Es un hecho que los residuos representan uno de los más grandes desafíos a resolver en México ya que, factores tales como: la falta de espacios destinados para los desechos, la ausencia de una cultura ambiental eficaz y la deficiente gestión en materia de recolección, son aspectos que hacen que el reto sea aún mayor.

Las consecuencias del desarrollo son hechos ineludibles puesto que los hábitos de consumo se han modificado y nos enfrentamos a un consumismo voraz que pugna únicamente por la satisfacción, ignorando la sustentabilidad, la cual se entiende como: “la satisfacción de las necesidades de generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro, para atender sus propias necesidades” (ENEP Acatlán, 1992).



La administración de los residuos y su aprovechamiento, son aspectos que, a pesar de ser prioritarios, aún no poseen soluciones claras y prácticas, ya que principios tan elementales como la separación de basura, aún no son de carácter obligatorio en toda la ciudad de México (Robles, 2011)<sup>1</sup> y por ende no es posible procesarla, de igual manera el servicio de limpia no cuenta con la infraestructura apropiada para llevar a cabo una eficaz recolección.

Es necesario proponer alternativas eficientes e inmediatas al manejo de los residuos ya que décadas de métodos ineficaces e inapropiados han dejado como consecuencia graves daños tales como: tiraderos clandestinos, mezcla de residuos peligrosos con aquellos que pudieron aprovecharse, contaminación de los recursos hídricos y en general, el desperdicio de recursos naturales, tanto renovables como no renovables.

El manejo de los residuos sólidos es sin duda una cuestión impostergable que requiere soluciones inmediatas ya que, cada día el problema se acentúa y las acciones que podrían funcionar hoy ya no serán factibles para el futuro.

Es común suponer desde el ámbito doméstico que, al depositar la basura en los camiones recolectores se termina su ciclo, sin embargo es precisamente en ese momento cuando se inicia su gestión pues, al concluir el fin para el que fue producido se inicia su proceso como residuo.

A la par, también inicia la problemática que motiva este trabajo ya que, si no se lleva a cabo un proceso exitoso de los desechos estos originarán en la zona metropolitana: bloqueo de coladeras y drenajes (Carrasco, 2011) originando inundaciones en la época de lluvias, el desbordamiento de ríos a causa del bloqueo de corrientes y la contaminación de estos, el deterioro de la imagen urbana a causa

---

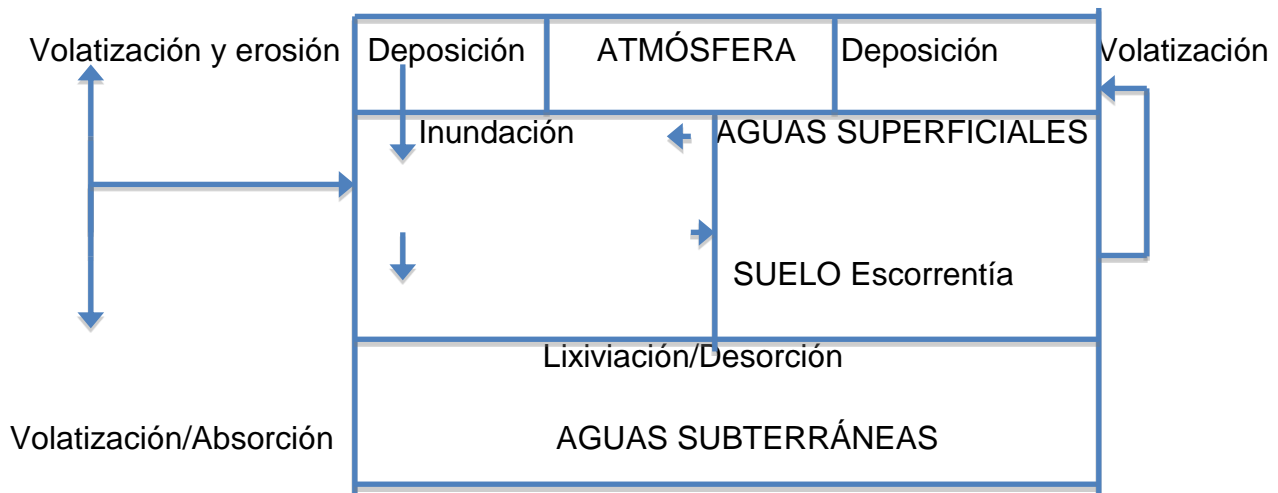
<sup>1</sup>Durante la realización del presente trabajo se estableció la obligatoriedad de separar la basura desde la fuente originaria, en este caso desde los propios hogares, estableciendo multas que pueden ir de desde 10 hasta 150 de salario mínimo, lo cual se encuentra estipulado en la Ley de residuos Sólidos del DF, sin embargo más allá de las multas estipuladas por el Gobierno del Distrito Federal, se prohibió a los camiones de recolección descargar residuos sin que estuviesen debidamente separados de acuerdo a su composición y a la calendarización por días de recepción, lo cual poco a poco está obligando a los habitantes del Distrito Federal a convertir en un hábito la separación de los residuos generados, pues los camiones recolectores no aceptan la basura sin estar clasificada y en el día correspondiente.

de los desechos vertidos en calles y carreteras disminuyendo de esta manera la calidad de vida.

Otro aspecto nocivo a considerar es sin duda la contaminación de los suelos, la cual se define como: “Un suelo contaminado es todo aquel que cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen antropogénico, en concentración tal que comporte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente (Bureau Veritas Formación, 2008)”

La contaminación del suelo originará repercusiones que incidirán principalmente sobre la atmósfera y el agua, pues causará esterilidad en el suelo, la contaminación de mantos freáticos y consecuentemente del agua potable, así como de la cadena alimenticia pues la contaminación de todos los elementos mencionados implicará su transporte y consecuente ingestión, al respecto podemos ejemplificar lo dicho de manera práctica con el cuadro 1.2(Bureau Veritas Formación, 2008)donde se muestra de manera clara el ciclo que seguirá el agua contaminada:

Cuadro 1.2. La contaminación de suelos repercute en la atmosfera y el agua.



Al respecto podemos enumerar las siguientes repercusiones que se presentarán al existir una contaminación de suelo (Bureau Veritas Formación, 2008):

- Contaminación de aguas subterráneas o superficiales, bien sea por los lixiviados o por la esorrentía, respectivamente. Lo que hace que puedan pasar a aguas de abastecimiento, de uso agrícola o industrial.
- Si se pretende su eliminación mediante combustión, puede ocasionarse mayores problemas que los iniciales, ya que puede llevar a la formación de sustancias nuevas más peligrosas.
- También se puede producir una contaminación del aire, además de por combustión, por evaporación, sublimación o arrastre de sustancias por el viento.
- Envenenamiento por contacto directo con el lugar contaminado, esto suele ocurrirle a los empleados que trabajan en el lugar del vertido.
- Intromisión en la cadena alimentaria.
- Si existen sustancias corrosivas, pueden incluso corroer alguna cimentación.
- Riesgo de fuego y explosión.

Debemos señalar que los espacios destinados para la recepción de la basura se encuentran ya a su máxima capacidad y aún más, es un hecho que se deben tomar acciones decisivas en materia residual pues las deficiencias en su procesamiento es una situación constante en todos los Estados de la República Mexicana, para ejemplificarlo debemos mencionar el conflicto que enfrenta actualmente del Gobierno del Distrito Federal al cerrar el basurero denominado como bordo poniente (Proceso, 2011), situación que abordaremos a lo largo de esta investigación.

Según cifras oficiales aportadas por el Instituto Nacional de Ecología los residuos generados en el México se distribuyen conforme a la tabla 1 (DGIESDU, 1994).

Tabla1. Composición porcentual por zonas de los residuos sólidos:

Subproductos	Fronteriza	Norte	Centro	Sur	ZMCM
Cartón	2.07	4.28	3.00	2.51	9.5
Residuos finos	3.22	3.22	3.15	3.42	1.96
Hueso	0.52	0.59	0.94	0.61	0.14
Hule	0.71	0.78	0.90	0.31	0.66
Lata	2.15	2.46	1.36	1.95	1.70
Material ferroso	0.51	0.46	0.86	1.30	1.14
Material no ferroso	0.22	0.57	0.45	0.72	0.70
Papel	13.56	9.17	11.15	11.45	ND
Pañal desechable	10.62	2.59	7.40	5.39	0.51
Plástico película	4.09	3.79	2.15	6.72	3.62
Plástico rígido	1.93	2.38	1.27	1.71	3.75
Residuos de jardín	12.53	7.48	27.33	37.74	3.54
Residuos alimenticios	33.99	33.99	24.03	16.53	24.07
Trapo	3.58	1.94	1.29	0.90	0.57
Vidrio de color	2.74	3.36	1.86	2.50	2.50
Vidrio transparente	2.91	4.27	4.15	2.90	4.18
Otros	4.65	8.61	8.71	3.34	5.44
Totales	100%	100%	100%	100%	*

Se puede observar con base en la tabla 1 que la mayor parte de los residuos pueden ser objeto de reciclaje y son pocos los que tendrían que ser depositados en un relleno sanitario, destacando el hecho de que el Distrito Federal es la entidad que genera el mayor porcentaje de basura por habitante (SEMARNAT, 2001), tal como lo demuestra la tabla 1.2, asimismo destacamos que se carecen de datos actualizados otorgados desde el ámbito gubernamental.

Tabla 1.2. Residuos generados en la República Mexicana clasificados por Estados.

Estados	Población	Generación per cápita (kg/hab/día)	Generación diaria en toneladas	Generación anual en toneladas
Centro	51,117,711	0.788	40, 281	14,702, 565
D.F	8, 683,824	1.329	11, 541	4, 212, 465
Norte	19, 501,930	0.891	17, 376	6, 343, 240
Sur	12, 615, 849	0.679	8, 328	3, 039, 721
Frontera Norte	6, 347, 055	0.956	6, 067	2, 214, 455
Nacional	98, 266, 369	0.853	83, 831	30, 598, 315

Existe un amplio listado de productos susceptibles de ser reciclados, los cuales representarían una fuente de ingresos importante para el sector gubernamental si existiesen las condiciones para ser reciclado en plantas creadas específicamente para este fin, sin embargo actualmente son acaparados por la pepena clandestina:

*Papel y Cartón:* estos insumos son altamente cotizados pues es el subproducto utilizado por fábricas de empaques, costales de cemento, láminas de cartón y otros embalajes, el papel generado de manera doméstica o en oficinas es utilizado para la elaboración de cartoncillo, cartón gris, periódico, etc.

*Trapo:* Es común encontrarlo mezclado en los residuos y tiene diversas clasificaciones que incluyen: algodón, casimir, estambre, fibras sintéticas o trapo industrial. El algodón previamente lavado se puede utilizar para la limpieza en maquinarias, el trapo industrial es utilizado para hacer estopa, relleno de colchones de segunda mano y muebles de baja calidad.

*Chatarra:* Se denomina de esta manera al conjunto de materiales metálicos contenidos en los residuos y son materia prima de las industrias siderúrgicas y de fundición con el fin de elaborar fierro colado y lámina.

*Vidrio:* Este material es muy cotizado ya que es posible fundirlo y elaborar vidrio, cristal y fibra de vidrio, también es posible mediante un proceso industrial lavarlo y reutilizarlo, es necesario clasificarlo según su color.

*Hueso:* es utilizado de manera industrial para la elaboración de alimentos para animales ya que posee un alto contenido en calcio y potasio, también es utilizado para la manufactura de grenetina.

*Madera:* es utilizada para la fabricación de cimbra, cerillos y palillos.

*Plásticos:* se subdividen en plásticos sólidos y de película, los sólidos se clasifican en: PVC, polietileno de alta densidad, poliestireno y polipropileno que son utilizados en la fabricación de envases, cubetas y juguetes, por otra parte el plástico sólido se muele y se convierte en artículos de baja calidad, el plástico en

película se denomina polietileno de baja densidad y es utilizado en la fabricación de bolsas (Rivero, 1999).

A pesar de los beneficios planteados, es un hecho tangible que el aprovechamiento de los residuos en México, aún se encuentra muy lejos de naciones como Italia, Noruega y Dinamarca, dichas naciones ocupan los primeros lugares en materia de reciclaje (Gunter, 2005) aunque, resulta indebido comparar a estas naciones con el caso de México puesto que las condiciones sociales, la densidad poblacional y la cultura respecto a las bondades del reciclaje que poseen otros países no son equiparables con ninguna nación en Latinoamérica.

Los residuos aumentan y modifican su composición; podemos señalar que la Revolución Industrial fue el inicio de la generación de residuos en masa ya que, los procesos industriales que se implementaron con el uso de las máquinas y la producción en serie, generaron una mayor cantidad de residuos que los denominados “métodos artesanales” aun así hasta la década de los cincuenta los residuos se componían en su mayoría de elementos orgánicos y de fácil asimilación para la naturaleza.

Es un hecho que en la actualidad, los productos son cada vez más especializados y más contaminantes, además de requerir complicados procesos químicos para su degradación y en algunos casos no pueden ser objeto de ella siendo casi indestructibles o de muy lenta degradación, la tabla 1.3 describe un tiempo aproximado de desintegración.<sup>2</sup>

Tabla 1.3. Degradación de residuos de uso común

Producto	Tiempo aproximado que tarda en degradarse	Características
Lata de aluminio	10 años	Tienen 210 micrones de espesor de aluminio recubierto de barniz y de estaño. A la intemperie hará falta

<sup>2</sup>Vease: <http://www.semarnat.gob.mx/Pages/Inicio.aspx>

		mucha lluvia y humedad para que el óxido la cubra en su totalidad.
Goma de mascar	5 años	Un trozo de goma de mascar masticada, por acción del oxígeno se convierte en un material de extrema dureza que empieza a resquebrajarse hasta desaparecer.
Botellas de plástico	De 100 a 1000 años	Al aire libre pierden su tonicidad, se fragmentan y se dispersan. Enterradas, tienen mayor durabilidad. La mayoría está hecha de tereftalato de polietileno, material que es conocido comúnmente como PET, que es un material de difícil degradación pues los microorganismos no poseen mecanismos para atacarlos.
Juguetes de plástico	300 años	La mayoría de los juguetes son de plástico. Los rayos ultravioletas del sol solo logran dividirlos en moléculas pequeñas.
Zapatos deportivos	200 años	Los zapatos deportivos conocidos comúnmente como "tenis" se componen por cuero, tela, goma y en algunos casos espumas sintéticas, estos componentes tienen varias etapas de degradación. Lo primero que desaparece son las partes de tela o cuero. El interior de los zapatos no puede ser degradado solo se

		reduce.
Colillas de cigarro	De 1 a 2 años (solo la Colilla)	El filtro es de acetato de celulosa y las bacterias del suelo se encuentran acostumbradas a combatir materia orgánica por lo tanto no pueden atacarla. Se puede degradar más rápidamente en el agua, sin embargo, es un proceso aún más contaminante.
Botellas de vidrio	4000 años	Es un objeto muy resistente y es sumamente difícil lograr su transformación pues el vidrio está constituido por arena, carbonatos de sodio y de calcio, puede ser reciclado en un 100%
Tetra – pack	30 años	El 75% de su estructura es de celulosa, el 20% de polietileno puro de baja densidad y el 5% de aluminio. El material que tarda más en degradarse es el aluminio. La celulosa al estar expuesta en un tiradero a cielo abierto desaparece en poco más de 1 año.
Pilas	Más de 1000 años	Sus componentes son altamente contaminantes, no se degradan y contienen mercurio, además de Zinc, Cromo, Arsénico, Plomo y Cadmio, estos elementos pueden



		empezar a separarse luego de 50 años expuestos a la intemperie pero permanecerán de manera invisible como agentes nocivos.
Bolsas de plástico	150 años	Están hechas de polietileno de baja densidad.
Unicel	100 años	El unicel no es un material biodegradable sin embargo está presente en gran parte del embalaje de artículos electrónicos sin que sea usado para otra función siendo inmediatamente desechado, solamente puede ser degradado para ser convertido en moléculas mínimas pero nunca desaparecerá del todo.
Papel	1 año	Se compone básicamente por celulosa siendo fácil de asimilar por el entorno.
Desechos orgánicos	3 a 4 semanas	Son de fácil asimilación para la naturaleza
Diskettes	200 años	Contienen plástico y metal en su exterior. Su interior cuenta con una delgada película magnética. Aunque actualmente se encuentren discontinuados existe una enorme cantidad de ellos en los basureros producto de su auge.

Encendedores	100 años	Están constituidos por acero y plástico, El acero, expuesto al aire libre, comienza a dañarse y enmohecerse levemente después de 10 años. El plástico, en ese tiempo, ni siquiera perderá el color.
--------------	----------	---

## 1.2 Antecedentes.

Se calcula que los seres humanos en el mundo producimos cada año dos billones de toneladas de residuos sólidos, de acuerdo con estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas, en 2025 el mundo quintuplicará la generación de desechos per cápita que representan riesgos para la salud y el medio ambiente.

Indudablemente el tema de los residuos sólidos rebasa las fronteras y la basura se ha convertido en un serio problema mundial como consecuencia de la falta de compromiso de algunas naciones aunado a la creación de necesidades basada en objetos desechables, dichas cuestiones han tenido serias consecuencias tanto en la acumulación de basura como en la contaminación del medio ambiente.

No existe a escala mundial un adecuado tratamiento de la basura que no afecte a terceros ni políticas de prevención efectivas por parte de los fabricantes de productos que generan grandes cantidades de residuos en el procedimiento de manufactura.

Por otra parte las políticas gubernamentales mundiales deben pugnar por que las empresas posean una mayor responsabilidad de sus acciones y asuman las consecuencias de la comercialización desmedida ante las instituciones responsables internacionales, asimismo los gobiernos nacionales deben redoblar esfuerzos a fin de controlar más las acciones de las empresas contaminantes.

Sin lugar a dudas los casos de Alemania<sup>3</sup> y Suiza son un ejemplo a seguir en materia ambiental pues han desarrollado políticas serias en este ámbito sin embargo si no se implementan acciones rigurosas a escala mundial, no servirán de mucho ya que vivimos en un planeta compartido y las actividades que se lleven a cabo repercutirá tarde o temprano en los demás países.

Al respecto en Toronto, Canadá, se redujo 30% la cantidad de basura destinada a ser enterrada y se proponen llegar a 2012 sin residuos para vertederos, mientras que, Nueva Zelanda se convirtió en 2001, en el primer país regido por un programa de Basura Cero el cual contempla metas específicas.

En tanto, en San Francisco, se propusieron reducir 75% la basura para 2011 y en Kamikatsu, Japón, pretenden llegar a 2020 con cero residuos (Hanan, 2004). Sin embargo el panorama no es tan alentador en otras ciudades pues existen evidencias que indican que en los últimos años las naciones industrializadas del mundo han cuadruplicado su producción de desechos sólidos por lo menos en cuanto a lo que a desechos domésticos se refiere, incrementándose esta cifra en un 2 o un 3% cada año, persistiendo el paradigma de que entre más industrializado es el país mayor es la manera en que contaminara.

Ejemplo de lo anterior refiere que, el promedio de basura que cada persona genera diariamente es de aproximadamente dos kilogramos, y este promedio va en aumento, lo cual significa que, la basura generada en las casas de Estados Unidos llegó en la década de los 90's, a más de 220 millones de toneladas.

En algunas ciudades europeas, se desechan cerca de 500 toneladas de cartón y papel usado, recuperándose apenas de 2 a 3 millones de toneladas por año en cada una de ellas, significando la salvación de entre 20 y 30 árboles. Una mención aparte merecen países como Suiza y Holanda, en donde existe un alto grado de concientización por parte de la población, en dichas naciones se recicla

---

<sup>3</sup>Se tiene evidencias que demuestran que Alemania es el país con mayor índice de reciclaje per cápita del mundo.

casi el 50% de los residuos susceptibles de ser procesados para ser aprovechados nuevamente (Enkerlin, 2007).

La situación es grave con los residuos domésticos, sin embargo, lo es más aún con los residuos procedentes de la industria, como es el caso de la producción nuclear. El mar Mediterráneo es una de las cuencas marinas más contaminadas del mundo, de igual manera el Atlántico acoge más de 100.000 toneladas de residuos nucleares de baja y media actividad, además de muchos productos tóxicos (Enger, 2006)<sup>4</sup>. Una gran cantidad de los residuos industriales originados por esta industria podrían ser reciclados y reincorporarse al ciclo productivo.

Quizá la solución más viable consistiría en depositarlos en vertederos que se encontraran bajo un control permanente en los propios países en donde se generan, sin embargo, es un hecho que los naciones industrializadas consideran a los países con un menor desarrollo como el lugar idóneo para enviar los residuos generados por su actividad productiva o aquellos que ya no pueden ser aprovechados de manera alguna, ejemplo de ello es el cargamento con desechos electrónicos provenientes de China que se pretendía introducir a México a través del Puerto ubicado en Lázaro Cárdenas en el Estado de Michoacán (Oseguera, 2012).

En el mundo diariamente se consumen y desechan gran cantidad de productos de corta duración como pañales desechables, periódicos, artículos sanitarios o utensilios desechables, perjudicando seriamente el entorno ambiental y contribuyendo a que el espacio destinado para los residuos sea insuficiente, cifras conservadoras señalan que los envases de dichos productos representan el 40% de la basura doméstica.

---

<sup>4</sup>En 1970 la moratoria estadounidense detuvo el desecho de desperdicios radioactivos en los océanos. Antes de esto, Estados Unidos colocó casi 90 000 barriles de desperdicios radioactivos en el piso oceánico. Los países europeos también han desechado material radioactivo tanto de bajo como de alto nivel en el Océano Atlántico. Antes de 1983, cuando fue detenida la eliminación en el océano, estos países desecharon 90 000 toneladas métricas de materiales radioactivos en el mar.

El término de la basura electrónica se utiliza para definir a todos aquellos productos electrónicos que han sido desechados o descartados, tales como: computadoras, teléfonos celulares, televisores y electrodomésticos (Ahumada, 2002). La chatarra electrónica surge a la par de la tecnología pues los avances en materia de dispositivos tienen como consecuencia una rápida obsolescencia aunado a la continua demanda de nuevas tecnologías en todo el mundo.<sup>5</sup>

En todo el planeta se producen cada año entre 20 y 50 millones de toneladas de basura electrónica y el tratamiento inadecuado de estos dispositivos puede ocasionar graves impactos al medio ambiente y poner en riesgo la salud humana<sup>6</sup>, dichos residuos contienen más de 700 elementos, como Plomo, Cadmio y Litio.

En México es prácticamente nulo el manejo de los residuos electrónicos pues se carece de una cultura informativa que indique su adecuado manejo, en la mayoría de los casos los residuos electrónicos son mezclados con la basura doméstica o se guardan indefinidamente en los hogares y su almacenaje se realiza casi exclusivamente en centros de acopio semiclandestinos para ser comercializados de la misma manera (Payán, 2010)<sup>7</sup>.

Algunas investigaciones independientes indican que la mayor parte de los desechos procede de los países desarrollados, como resultado de un comercio de basura que viola el Convenio de Basilea<sup>8</sup>, destacando el hecho de que Estados Unidos se negó a firmar dicho tratado como se negó a ratificar su adhesión al protocolo de Kioto. Por otra parte China genera cada vez más cantidad de basura electrónica debido al aumento del poder adquisitivo de su población. (Bove, 2001)

---

<sup>5</sup>Ejemplo de esta situación es la comercialización de los productos Apple que independientemente del control de su huella de carbono, comercializan un nuevo producto con características muy similares al que lo antecede en un periodo no mayor a seis meses, provocando un consumismo voraz con las previsibles consecuencias futuras.

<sup>6</sup>Vease: <http://www.pnuma.org/>

<sup>7</sup>En México solamente la compañía RECALL INTERNACIONAL lleva a cabo el acopio de los celulares inservibles, sin embargo en México no se lleva a cabo la sustracción de metales valiosos como oro y plata y es necesario enviarlos a Bélgica para su separación.

<sup>8</sup>Vease: <http://www.semarnat.gob.mx/Pages/Inicio.aspx>

### 1.3 El manejo de los residuos sólidos municipales en México.

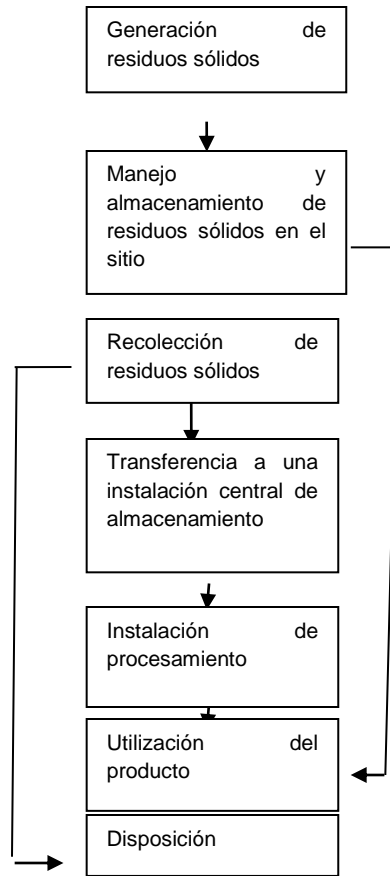
A través de los años la sociedad mexicana ha resultado la problemática de los residuos sólidos, en la mayoría de los casos por sus propios medios, acciones tales como tiraderos clandestinos, el sepultamiento no autorizado de los desechos y su abandono en la vía pública son ejemplo de ello.

Es necesaria una conceptualización más específica respecto a lo que se conoce como residuos sólidos municipales, su estricta definición se refiere a “lo conformado por todos los materiales que la gente en una región ya no desea debido a que están descompuestos, rotos o no tienen otro uso o valor. Incluye los desperdicios domésticos, de establecimientos comerciales, instituciones y de algunas fuentes industriales” (Enger, 2006).

A lo largo de los años la mención de los residuos sólidos ha sido sinónimo de problemas, esto debido a la alta densidad de población y a los malos hábitos que la población conserva. Estas costumbres han derivado en la proliferación de insectos, roedores y microorganismos patógenos, ocasionando como consecuencia enfermedades y disminución de la calidad de vida.

Existen elementos prácticos que nos permiten ejemplificar los elementos de un sistema de administración de residuos sólidos (Masten, 2004) tal como se muestra en el cuadro 1.3 el cual, mediante un mapeo ejemplifica de manera práctica cómo es que se debe llevar a cabo una adecuada gestión:

Cuadro 1.3 Sistema de administración de residuos sólidos.



De manera teórica es necesario señalar las técnicas específicas para el manejo de los residuos en México por tanto, definimos que para iniciar en la gestión residual se deben conceptualizar los elementos que integran dicho proceso: almacenamiento, recolección, transportación, tratamiento y disposición final.

*Almacenamiento:* nos referimos a este paso por ser el inicio en la gestión residual una vez que se ha generado, es en este punto donde los residuos forman un conjunto y es necesario dividirlos en orgánicos e inorgánicos, se depositan en recipientes diferentes o se mantienen transitoriamente en el lugar donde han sido generados, es común que en este punto inicial el manejo sea inadecuado ya que de manera negligente muchas veces son dejados al descubierto, quemados o incluso son depositados en el mismo contenedor indistintamente.

*Recolección:* En esta actividad los residuos son transferidos a un vehículo con fuerza motriz para trasladarlos al lugar donde serán dispuestos, almacenados o industrializados finalmente, los métodos más utilizados en México para recolectar los residuos son:

*Método manual:* Se emplea el capital humano para llevar a cabo la transferencia de residuos, principalmente este método está representado por los trabajadores del departamento de limpia y su función es recolectar los residuos en domicilios, calles o comercios.

*Método semimecanizado:* Esta actividad es realizada con un vehículo motorizado con una capacidad de carga preestablecida y transportará residuos del lugar de generación al de disposición, el vehículo es llenado de forma manual, en México son conocidos comúnmente como camiones de basura, y constituyen el método más usado independientemente del estrato social y económico.

*Mecanizada:* Se realiza en las cunetas de las calles con barredoras.

*Transportación:* Esta fase es una de las más importantes dentro del proceso de los residuos, asimismo es el que contiene elementos más problemáticos. Un diagnóstico especifica que entre el 70 y 80% de los gastos de operación se invierten en transporte (Aguilar, 1992), además se plantea el hecho de que el presupuesto asignado a este rubro siempre resulta insuficiente pues involucra la adquisición y mantenimiento del parque vehicular.

*Tratamiento:* Desde un punto de vista técnico existen múltiples opciones para el tratamiento de residuos sólidos sin embargo inicialmente no es tan complicado como parece pues solo es necesario hacer dos subdivisiones:

- a) Aquellas de las cuales no es posible obtener productos comercializables
- b) La que buscan recuperación de productos reciclables.



En el primer caso la opción más rápida sin ser la más sustentable es la incineración, para el caso de la recuperación de productos comercializables puede ser:

- Pirolisis
- Hidrogenación
- Deshidratación
- Oxidación
- Digestión anaerobia
- Compactación
- Composteo
- Reciclaje

*Disposición final de los residuos sólidos:* Este es el punto que marca la finalización de la gestión residual, en México existen principalmente tres maneras de depositar los residuos:

- 1- *Tiraderos a cielo abierto:* este método es el más común en México por ser el más cómodo y económico, aunado a una escasa educación del manejo residual, consiste en depositar desechos en un lugar y desentenderse del problema generado, los denominados “tiraderos” pueden ser clandestinos o bien municipales. Es un hecho que como ya mencionábamos la poca información efectiva que existe respecto al problema que se genera al depositar los residuos en tiraderos a cielo abierto representa el punto medular de esta práctica, sin embargo debemos considerar que la falta de planeación en las rutas y horarios de recolección es un factor fundamental en el desarrollo de este problema.

Al respecto podemos observar el caso exitoso del Estado de Querétaro de Arteaga donde se ha marcado una diferencia en el acopio de residuos al realizar dichas labores por la noche ya que al ser una ciudad cuyos ingresos per cápita provienen mayormente del sector manufacturero los horarios de descanso de los trabajadores coinciden con los de acopio de residuos domiciliarios.

2- *Entierros controlados*: Consiste en hacer una excavación en algún sitio escogido de acuerdo con la disponibilidad de terreno de una localidad, procurando que se encuentre lejos de los asentamientos poblacionales y que tenga libre acceso, una vez que el sitio elegido llega a su capacidad máxima se cubre con tierra y se selecciona otro terreno para el mismo fin. Este método es el utilizado de manera más común en poblaciones relativamente pequeñas y es altamente contaminante pues si el suelo no cuenta con preparación previa que contemple geomembranas o en casos rudimentarios suelo de tepetate, es seguro que los lixiviados se filtraran y contaminaran los mantos acuíferos repercutiendo no solo en la salud de la población aledaña sino en general. Un caso emblemático de lo mencionado es el que nos muestra el municipio de Polotitlan en el Estado de México donde esta práctica es común y en el caso del último entierro de residuos autorizado, se construyó un kínder en la superficie del terreno sin que mediara remediación alguna.

3- *Rellenos sanitarios*: Se define de manera elemental como un sitio de disposición de tierra que aplica un método diseñado para disponer los residuos sólidos en una forma que minimice los riesgos ambientales al repartirlos, reducidos hasta su volumen mínimo práctico y aplicar y compactar material de cubierta al final de cada día (Davis, 2005).

Es necesario destacar el hecho de que desde la perspectiva de la Ingeniería Ambiental propone que un buen relleno sanitario se debe apegar a estrictos códigos de operación basados en principios sólidos de Ingeniería. Estos principios se definen cada vez mejor conforme avanza el conocimiento sobre el comportamiento de los materiales de desecho en las condiciones del relleno. La manera más elemental de explicar la forma en que opera un relleno sanitario es la siguiente: se aprovecha algún hueco en el terreno seleccionado o con maquinaria se hace una excavación de proporciones regulares, después se tiende una primera capa de basura y se le comprime, enseguida, se tira una capa de tierra para cubrir la primera capa de basura, y este procedimiento sigue hasta que se cubre toda la excavación.

Como la última capa es de tierra, el terreno puede aprovecharse para jardines o lugares de recreación. Sin embargo, este método no se encuentra desprovisto de inconvenientes, pues el papel compactado y el material orgánico se descomponen sin la presencia del aire, dando por resultado la producción de gas metano, el cual al no ser aprovechado como combustible puede representar un peligro para la salud. Al llevar a cabo la selección del lugar en el cual se asentaran un relleno sanitario es necesario observar las siguientes variables:

- Existen lugares restringidos, como humedales, llanuras donde se presenten inundaciones y zonas de impacto sísmico.
- Se debe considerar que la ciudadanía domiciliada cercanamente al lugar propuesto se opondrá.
- Debe existir proximidad a carreteras principales para reducir el costo de transportación.
- Se debe examinar límites de carga de carreteras y puentes así como limitaciones en pasos a desnivel.
- Ubicación del nivel freático y de acuíferos de abastecimiento.
- Condiciones y topografía del suelo.
- Disponibilidad de material de cubierta.
- Clima (inundaciones, deslizamiento de lodo, etc.)
- Requisitos de zonificación.
- Áreas de amortiguamiento en torno al sitio.
- Ubicación de construcciones históricas, especies amenazadas y factores ambientales a considerar.

Recientemente algunos investigadores evidenciaron el hecho de que los rellenos sanitarios no son la mejor opción pues poseen altos costos de construcción –al menos 400 millones de pesos– y mantenimiento, y causan una permanente e irreversible pérdida de suelos (Velasco, 2008).

Sobre el mismo tema, el Instituto Politécnico Nacional informó que de las 12 mil toneladas diarias de residuos sólidos urbanos que se generan en el Distrito Federal, sólo se recicla 6%, el cual equivale aproximadamente a 750 toneladas,

cantidad homogeneizada a los desechos que produce una sola delegación(Velasco, 2008).

Dado lo anterior debemos entonces enumerar las ventajas y desventajas de la utilización del relleno sanitario con el fin de formular una opinión fundamentada, al respecto:

Ventajas de la creación y uso de un relleno sanitario (Vázquez, 2002):

- Si se consigue un terreno a bajo costo, es el método más económico para la disposición de los residuos sólidos.
- La inversión inicial es baja comparada con otros métodos de disposición.
- Es un método completo de disposición final; es decir, no deja residuo.
- Se puede poner en operación en corto tiempo.
- Es flexible ya que puede recibir cantidades mayores o menores de basura con poco personal o equipo adicional.
- Una vez terminado el proceso, el terreno se puede habilitar como campos deportivos, aeropuertos, estacionamientos, etc.

Desventajas del uso de un relleno sanitario (Vázquez, 2002):

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

Una práctica poco común en los rellenos sanitarios mexicanos es la pulverización, sin embargo, a pesar de su nulo ejercicio, está demostrado por experiencias en otros países que es un procedimiento viable para otorgar una solución para el problema de los residuos a corto plazo.

El proceso de la pulverización consiste en esparcir la basura en capas de aproximadamente 20 cm de espesor y después pasar sobre ella un equipo triturador que sea capaz de “pulverizar” la basura hasta el grado de dejarla convertida en capas muy delgadas.

Ventajas (Vázquez, 2002):

- Se reduce en gran medida las molestias para los vecinos del relleno sanitario.
- La densidad del material cambia muy poco con el tiempo.
- Los asentamientos que se producen son mínimos.
- El tránsito de vehículos rodantes sobre el material no presenta problemas.

Desventajas

- El polietileno de baja densidad frecuentemente se enreda en las piezas del molino y lo atascan.
- Los rellenos sanitarios de basura triturada se deben cubrir a diario.
- Se requiere de una gran extensión de tierra pues al poner una capa de 25 cm de basura molida es recomendable no poner más basura durante al menos dos meses lo que hace este método inviable para las grandes poblaciones.

Después de mencionar el proceso estipulado para el manejo de los residuos es necesario mencionar que México no es una nación desarrollada sin embargo, hemos heredado de Estados Unidos los malos hábitos de consumo al no razonar antes de adquirir un producto, lo cual implica consecuencias ambientales, es un hecho que la problemática mexicana se agrava principalmente en las zonas con alta densidad poblacional.

Cada día aumenta la cantidad de residuos en las principales ciudades de México esto debido en gran medida a factores tales como: la migración de la gente del campo a la ciudad, la necesidad creada de acumular aparatos tecnológicos y la nula regulación respecto al empaque de dichos productos.

Los residuos sólidos en áreas metropolitanas mexicanas como Monterrey, Guadalajara o la Ciudad de México suman toneladas de residuos anuales y para trasladar esta basura se necesitan, al día, miles de viajes de camiones recolectores con capacidad de carga de por lo menos tres toneladas cada uno.

En todo el país se generan aproximadamente 84 mil toneladas de basura diariamente, en el Distrito Federal se generan 12 mil toneladas de residuos. En la escala mundial México ocupa el décimo lugar de los países que más basura producen. Hace 50 años cada mexicano generaba 300 gramos de basura diariamente, en la actualidad cada mexicano genera aproximadamente 900 gramos (Leal, 1996).

Existen datos que afirman el hecho de que solamente considerando los envases de plástico que se desechan en las calles, dan como resultado aproximado 90 millones de toneladas al año (Leal, 1996).

Aunado a lo anterior México conserva aún su cultura respecto a la compra de productos en los denominados “tianguis” el problema de dichos mercados ambulantes es que la basura que producen va a parar a las coladeras lo que muy probablemente ocasionara inundaciones en época de lluvias, consideramos que el problema no tiene relación con los estratos sociales, sino más bien, se remite a cuestiones de educación y cultura.

Como ya mencionamos anteriormente una de las prácticas más comunes de procesar la basura es llevada a cabo principalmente en las provincias y se remite a simplemente quemarla.

Esta práctica, sin embargo, no es recomendable, porque el ambiente se contamina con el humo y los elementos que al entrar en contacto con el fuego

tienen reacciones químicas inesperadas pudiendo ocasionar pequeñas explosiones o incluso intoxicaciones a quien aspire el humo.

En el caso de la incineración controlada es necesario destacar varios aspectos: la mayoría de los incineradores que se usan para producir energía eléctrica son de combustión en masa, es decir se quema basura mezclada, sin separar materiales peligrosos como acumuladores o baterías de automóviles y materiales no combustibles, los cuales pueden interferir con las condiciones de combustión y provocar gran contaminación atmosférica.

Las cenizas que se desprenden de los incineradores, en general, contienen sustancias peligrosas como dioxinas, ácido clorhídrico, furanos, plomo, mercurio, cadmio y otros metales tóxicos que pueden generar cáncer y trastornos en el sistema nervioso. Otro inconveniente se refiere a que la construcción de incineradores es muy costosa, al igual que su operación y mantenimiento por lo cual deben de procesar una gran cantidad de basura para que sean redituables y aún con dispositivos avanzados de control de contaminación, se emiten diversas sustancias tóxicas a la atmósfera (Conesa, 1995).

Al respecto podemos mencionar que diversos estudios han reportado más de 200 compuestos químicos orgánicos que se liberan durante la incineración de los residuos, siendo contundentes los efectos negativos sobre la salud, en la tabla 1.4 podemos dar cuenta de los compuestos más comunes y dañinos presentes en la quema residual clandestina, además de las enfermedades que causan.

Tabla 1.4. Compuestos liberados durante la incineración de residuos.

COMPUESTO	EFFECTOS
ACETALDEHIDO	Probable Cancerígeno
ÁCIDO ACÉTICO	Toxicidad Moderada
ACETONA	Toxicidad Moderada
ALDRÍN	Cáncer Animal
ANTRACENO	Cáncer Humano

BENCENO	Cáncer Humano
BENZOANTRACENO	Cáncer Animal
BENZOPIRENO	Cáncer Animal
BENZILCLORO	Alta Toxicidad
BUTANO	Toxicidad Moderada
CLOROACETOFENONA	Alta Toxicidad.
CRISENO	
CICLOHEXANO	Cáncer Animal
CICLOPENTANO	Cáncer Animal
CICLOPROPANO	Cáncer Animal
D.D.T.	Toxicidad Moderada
DIBENZOANTRACENO	Toxicidad Moderada
DIBENZOPIRENO	Toxicidad Moderada
DIELDRIN	Cáncer Animal
DISOBUTILFTALATO	Cáncer Animal
ETILENO	Cáncer Animal
FORMALDEHIDO	Cáncer Animal
HEPTANO	Muy Tóxico Para Aves
HEXACLOROETANO	Toxicidad Moderada
HEXACLORONAFTALENO	Cáncer Animal
INDENO 1, 2, 3-PIRENO	Toxicidad Moderada
METILANTRACENO	Muy Tóxico
METILCICLOHEXANO	Muy Tóxico
BIFENIL POLICLORINADO	Cáncer Animal
PROPANOL	Neoplasia Animal
PIRENO	Toxicidad Moderada
P-TOLUEDINO	Cáncer Animal

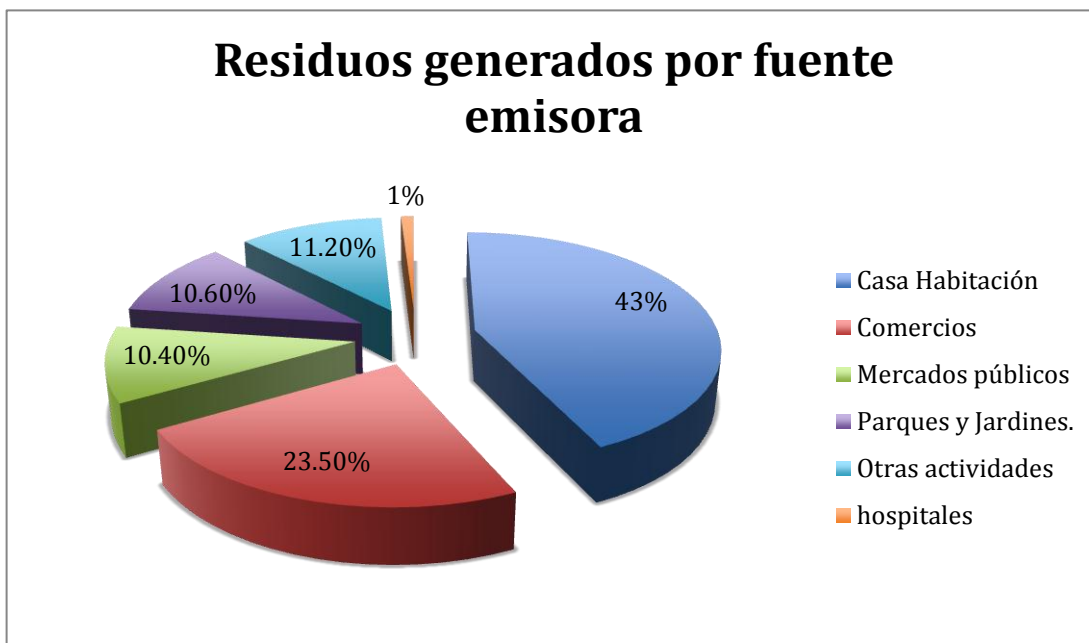


## CAPÍTULO SEGUNDO. LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO FEDERAL

### II.1 La problemática del acopio de residuos.

Indudablemente el tema de la recolección de los residuos es un tópico medular dentro de esta investigación ya que según datos oficiales, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se generan más de 19,000 toneladas de basura al día, el origen de esta gran cantidad de residuos se genera conforme a la información contenida en cuadro 2, el cuál menciona que la mayor parte de los residuos se generan de manera doméstica.<sup>9</sup>

Cuadro 2. División de residuos generados por fuente emisora



<sup>9</sup>Vease <http://www.planverde.df.gob.mx/planverde/>

El sistema de recolección de residuos en la Ciudad de México presenta características muy particulares puesto que es obligación del gobierno local llevar a cabo las tareas de limpieza así como las relacionadas con la recolección de basura, si bien dichas labores se llevan a cabo por personal perteneciente al Gobierno del Distrito Federal también existen actores independientes que complementan el ciclo de los desechos y que indudablemente forman parte de la tradicional forma de deshacerse de los residuos.

Los trabajadores de limpia conocidos tradicionalmente como “barrenderos” son comunes en las colonias populares pues es una manera rápida de deshacerse de los residuos sin necesidad de esperar al camión designado para dicho efecto, sin embargo este empleo lucra directamente con una obligación gubernamental que beneficia a la sociedad y que en ningún caso debe representar una ganancia para un particular sin que medie una justa concesión.

Otra denominación que reciben los trabajadores de limpia independientes es la de “burreros o romanos” dichas personas se auxilian de una carreta para transportar los desechos que previamente separan para rescatar el fierro, el trapo, el plástico y el cartón hacia los pocos centros de acopio que existen para de esta manera obtener ingresos.

Pero ningún otro sujeto dentro del proceso informal de recolección tiene la importancia que poseen los denominados “pepenadores” quienes juegan un papel fundamental en el manejo residual originado desde el ámbito doméstico puesto que se encuentran presentes tanto en el camión recolector como al interior del relleno sanitario, en el transporte llevan a cabo tareas de separación anticipada, es decir que seleccionan los materiales para después venderlos.

Contrario a lo que podríamos determinar, la denominada “pepena” no se originó en países tercermundistas sino que los antecedente históricos nos indican que surgió en los países desarrollados debido a la carestía originada por la segunda guerra mundial la cual obligo a los sobrevivientes a la recuperación de

diversos productos de los tiraderos, actualmente esta práctica es casi nula en países desarrollados.

La actividad denominada como “pepena” se divide en dos partes:

*Prepepena:* En esta actividad inicial se seleccionan los productos reciclables en el “camión de la basura”, es común observar que el personal que viaja a bordo de este transporte realiza actividades de preclasificación rudimentarias, en un diversos recipientes separan cartón, vidrio, metal y todo aquello que pueda ser reciclado, esta actividad se lleva a cabo durante el proceso de recolección manual

*Pepepena:* Es la actividad de selección de los subproductos que se da en los lugares de disposición final de los residuos.

Al interior de los rellenos sanitarios o de los basureros los pepenadores llevan a cabo la misma labor con la diferencia de que en este punto la basura llega aún más mezclada que en su origen, siendo más difícil separarla. Asimismo los denominados “pepenadores” deben lidiar con algunas cuestiones de índole política o de liderazgo puesto que esta labor no se encuentra totalmente regulada como tal ante el Gobierno del Distrito Federal y son muy pocos los dedicados a esta actividad que puedan insertarse bajo el esquema gubernamental.

Existen diferentes opciones bajo las cuales los pepenadores laboran, pueden trabajar por cuenta propia y elegir a un líder de su grupo para representarlos frente a terceros, el caso más común se refiere a que los pepenadores no son independientes y se limitan únicamente a ser empleados de un cacique o líder.

De igual manera existen muchos casos en que los pepenadores trabajan en su propio tiradero clandestino, dicha situación desencadena una serie de impactos sociales y medio ambiental nocivos ya que al no operar bajo ninguna norma el riesgo de contaminación de suelo y emisiones de gas metano aumenta.

Aunado a lo anterior es común que exista toda una organización de control y cacicazgo que controla toda la actividad de pepena en un sector o lugar de disposición final (Castillo, 1990).

## II.2 La disposición final de los residuos.

Respecto a los servicios públicos otorgados desde el ámbito gubernamental hacia la población debemos destacar el hecho de que la Carta Magna establece en el Artículo 115 Constitucional fracción III inciso c) como atribución exclusiva de los Municipios y del Distrito Federal el manejo de los servicios públicos, entre los que se encuentra la “Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos”.

En el Distrito Federal las delegaciones tienen a su cargo la recolección de los residuos y su transporte fundamentalmente a las estaciones de transferencia y en menor medida a las plantas de selección o directamente a los sitios de disposición final.

Como es del conocimiento público los residuos sólidos en el Distrito Federal siempre han representado un problema dada la magnitud de ellos, a lo largo de la historia contemporánea podemos mencionar la existencia de varios lugares que al llegar al máximo de su capacidad han tenido que ser clausurados y ser sujetos de técnicas de remediación.

En el año de 1982 existían siete tiraderos de basura a cielo abierto, siendo el más importante y polémico el que se localizó en “Santa Cruz Meyehualco” que poseía una extensión de 150 hectáreas y funcionó a lo largo de cuarenta años constituyendo un importante foco de contaminación para la ciudad, dada su naturaleza irregular y carente de normas.

En el año de 1985 se clausuró el tiradero denominado “San Lorenzo Tezonco” que recibía 2,000 toneladas diarias de basura provenientes de la capital y albergando en su interior al menos a 2, 500 “pepenadores”, de igual manera en 1987 se clausuro el “Tiradero de Santa Fe”.

Actualmente toda la basura recolectada en las diferentes delegaciones se envía al denominado “bordo poniente” luego de que lugares de depósito como Santa Catarina (DGSU, 2004) y San Juan de Aragón llegaran a su máxima capacidad y se procediera a su clausura.

La Ciudad de México cuenta con trece estaciones de transferencia, este término se refiere a las instalaciones intermedias entre las diversas fuentes que generan residuos sólidos y las plantas de selección o el sitio de disposición final, que en el caso del Distrito Federal es el bordo poniente.

El objetivo principal de las estaciones de transferencia es incrementar la eficiencia del servicio de recolección, y significan un enorme ahorro en costos de transportación, ya que en vez de trasladarse hasta las plantas de selección o los sitios de disposición final, recurren a la estación de transferencia ubicada en su demarcación o bien la ruta más cercana. Esta operación permite que los vehículos de recolección se incorporen nuevamente a sus rutas durante la jornada de trabajo.

Los residuos se descargan en los tracto camiones que transportan un volumen equivalente a 4 ó 5 camiones recolectores, ya sea a las plantas de selección o al sito de disposición final, destacando el hecho de que las estaciones de transferencia en este caso operan de manera cerrada, esto con la finalidad de controlar los efectos ambientales negativos, tales como ruido, polvo, fauna nociva, microorganismos y malos olores; así como reducir el impacto y deterioro del entorno urbano aledaño a las estaciones de transferencia.

El Distrito Federal cuenta actualmente con 13 estaciones de transferencia en 12 delegaciones políticas: Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez,

Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A Madero, Iztapalapa (2), Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco (GDF, 2011).

La organización y operación de dichas plantas se realiza de manera coordinada entre el Gobierno del Distrito Federal mediante sus mecanismos gubernamentales representados por la Dirección General de Servicios Urbanos y la Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal, así como los llamados “pepenadores”.

En estas instalaciones se recuperan más de 20 materiales reciclables que son comercializados en la Ciudad de México, dichos materiales son en su mayoría aluminio proveniente de enseres domésticos, chatarra, bote aluminio, fierro, lámina metálica, cobre, alambre, botellas de refresco y cerveza, vidrio ámbar, transparente y verde, cartón, todo tipo de papel, periódico, PVC, PET, plástico rígido, nylon y vinil, el material no recuperado o rechazado, se transporta al sitio de disposición final que en el caso del D.F es el bordo poniente.

En la construcción de los sitios de disposición final, antes de depositar los materiales, se coloca una geomembrana de polietileno de alta densidad, que funge como impermeabilizante para evitar la filtración de lixiviados<sup>10</sup>. La Dirección General de Servicios Urbanos es la responsable de la disposición final de los residuos sólidos generados en el Distrito Federal, teniendo actualmente como único sitio para tal fin el Relleno Sanitario Bordo Poniente, el cual se ubica en el área del antiguo lago de Texcoco, en terrenos pertenecientes a la Comisión Nacional del Agua, en este lugar se cuenta también con una planta de tratamiento para lixiviados.

### II.2.1 El relleno sanitario bordo poniente.

---

<sup>10</sup>Los lixiviados son líquidos altamente contaminantes, producidos por la circulación de agua -generalmente de lluvia- en la basura y también al integrarse algunos elementos contenidos en ésta a los mantos freáticos e incluso al acuífero. En los sitios de disposición final, los residuos sólidos son confinados en forma controlada en espacios que al saturarse son reforestados y se convierten regularmente en áreas verdes.

Para iniciar este punto es necesario definir un nuevo concepto de relleno sanitario adicional al que antes habíamos mencionado, el cual se refiere a un método desarrollado por la ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo, mediante el esparcido de los residuos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen práctico y cubriéndolos con suelo al fin de día de trabajo, previniendo los efectos adversos en el medio ambiente (Pérez, 2008).

El relleno sanitario bordo poniente se dividió para su operación en cuatro etapas, de las cuales las tres primeras, operadas a partir de 1985 y hasta 1993, sumaron una superficie efectiva acumulada de 249 hectáreas que han culminado su vida útil. La etapa actual en operación (IV), se inició a principios de 1994 y cuenta con una superficie de 472 hectáreas; se ubica al suroeste del antiguo lago de Texcoco y al sur de las etapas anteriores, separada de aquellas por la autopista México- Texcoco; actualmente tiene una recepción diaria de aproximadamente 12,000 toneladas al día, de residuos sólidos y se prevé su clausura para finales de 2011.

Al respecto podemos observar que la tabla 2.1 menciona de manera práctica las cifras oficiales de la operación del bordo poniente incluyendo costos y oportunidades al mencionar la generación de biogás.

Tabla 2. El bordo poniente en cifras (GDF, 2011):

BORDO PONIENTE	
Recepción diaria de residuos	12,000 Toneladas
Protección del suelo	Geomembrana de polietileno de alta densidad con espesor de 1mm.
Altura de las celdas	8.5 metros.
Método de operación	Zanja hasta 1.5 metros y área hasta de 8 metros.
Compactación	900 kg a 1 tonelada por m3.
Maquinaria utilizada	Equipo marca BOMAG, modelo BC 671

	Con peso de 32 toneladas y motor de 350 h.p.
Control de biogás	250 pozos de venteo.
Control de lixiviados	Drén perimetral para captación, cárcamos de bombeo, tinas de evaporación y proyecto piloto de reinyección.
Costo directo de operación	4.5 dólares por tonelada
Otras características	Barda perimetral, zona de Amortiguamiento, controles de acceso Bascula para control de ingreso de Residuos.

En el Relleno Sanitario Bordo Poniente se dispone de manera controlada los residuos sólidos generados en la ciudad, desechos de la industria de la construcción y residuos sólidos provenientes de municipios aledaños del Estado de México, incluyendo el rechazo de las plantas de selección, mediante acciones de empuje, extendido, nivelación, compactación y cobertura de los mismos con tepetate; extracción y acarreo de lixiviados; riego de caminos y de los frentes de trabajo con agua tratada.

Derivado de esto y ante la cercanía de llegar a la capacidad máxima del bordo poniente se proponen varios lugares para trasladar el depósito de basura de la capital dichos lugares contemplan a Jilotzingo ubicado a 2,4 km del D.F, Huehuetoca a 9 km, Xonacatlan 47 km, Tecámac, Ecatepec o Chicoloapan<sup>11</sup>.

a) Actualización del caso del bordo poniente

Como ya se había anunciado previamente se llevó a cabo el cierre del bordo poniente (Notimex,2011) que servía como depósito para los residuos generados en el Distrito Federal y de algunos municipios mexiquenses el día 19 de Diciembre de 2011, lo cual generó durante los últimos días del 2011 un caos, muestra de ellos

<sup>11</sup>Vease: <http://www.eluniversal.com.mx/noticias.html>



eran las largas filas de vehículos cargados de residuos que esperaban órdenes para dirigirse a descargar hacia otro lugar y la aparición de enormes montículos de basura en el Hemisiclo a Juárez producto del retraso en la recolección residual en el Centro Histórico de la Ciudad de México.

Al respecto las autoridades capitalinas mencionaron que dichas situaciones se presentarían de manera esporádica mientras se terminaba de definir el destino final de los residuos, los cuales serían trasladados a las estaciones de transferencia y plantas de selección (Robles, 2011).

Por otra parte, una vez que se llevó a cabo la clausura del bordo Poniente se hizo pública la idea emitida por el Gobierno del Distrito Federal para lanzar una convocatoria (GDF, 2012) donde se especifica la posibilidad de obtener una licitación que permita explotar los recursos generados por el relleno sanitario, los cuales serán extraídos por medio de la captura del Biogás.

### II.3 El costo y ganancia de la basura.

El proceso al cual se encuentran sometidos los residuos es un servicio proporcionado desde el ámbito gubernamental que se paga mediante las contribuciones de impuestos aportados por la ciudadanía, es un hecho que en materia ambiental la mayoría de las veces no se tiene suficiente claridad respecto a cuánto dinero se gasta, en que se gasta y si realmente ese gasto corresponde a las necesidades inmediatas de la sociedad.

Ejemplo de lo anterior son los camiones recolectores de basura los cuales, operan en condiciones deplorables, así como el personal que labora en dichos vehículos, el cual se encuentra trabajando sin observar las más mínimas normas de higiene y seguridad requeridas para la realización de su trabajo, tales como el uso de uniformes adecuados, calzado industrial o incluso los elementales guantes.

Un elemento vital para llevar a cabo los recorridos en el camión recolector es la gasolina, sin embargo al ser proporcionada por la delegación correspondiente, esta se raciona sin seguir un orden lógico puesto que solo se recolecta por la mañana, dando por resultado que al anochecer muchas calles- independientemente de su situación socioeconómica- se ven atestadas de desechos.

En teoría el servicio de recolección de desechos es gratuito, tal como lo marca la Ley General de Residuos Sólidos del Distrito Federal, la cual hace mención en el Artículo 38 que “El servicio de recolección domiciliaria en casa habitación, unidades habitacionales y demás edificaciones destinadas a vivienda, así como los establecimientos mercantiles considerados como contribuyentes de ingresos menores, se realizará de manera gratuita”.

Sin embargo la realidad es otra puesto que es una costumbre popular pagar por este servicio en el famosos “bote de propinas” colocado a un costado de los camiones recolectores de basura, con lo cual la aportación por muy mínima que sea corresponde a un pago indebido.

Otro factor destacable respecto a la ganancia de la basura es el correspondiente a los residuos que son separados y acaparados por los pepenadores que hacen uso de los recursos materiales gubernamentales para procurarse recursos ya que al recolectar la basura brinda un servicio pagado con dinero de los impuestos, por tanto, si existiese un beneficio lo que corresponde es hacer partícipe de el a los contribuyentes y la manera adecuada podría ser la implementación de mejoras en los servicios como: camiones adecuados para recibir tanto residuos orgánicos como inorgánicos y recolección nocturna de residuos.

Hasta este punto la ganancia de dinero ha quedado únicamente en el ámbito local, sin embargo es un hecho que no solo en la Ciudad de México, sino en todo el país han existido casos oscuros basados en supuestos “sindicatos o uniones”. Cuando mencionamos el término “cacicazgo de la basura”, nos referimos al uso de

los pepenadores como trabajadores que reciben un sueldo ínfimo y están a las órdenes de un líder que recibe todas las ganancias que se acumulan.

El caso del basurero de Santa Cruz Meyehualco es representativo de lo antes mencionado en las palabras de Héctor Castillo Vertier: “Con el camión recolector podíamos entrar todos los días y prácticamente en cualquier horario, el legendario tiradero de basura Santa Cruz Meyehualco. La primera vez que intenté ingresar al Tiradero (al “tiro” como le llaman los trabajadores), llegué con una cámara y una grabadora, arriba de un camión de basura, pero al ser descubierto por los pepenadores y encargados del sitio, fui violentamente sacado y amenazado de muerte si intentaba regresar.

En la entrada del tiro había un letrero grande: “Prohibida la entrada a periodistas o cualquier otra persona que no tenga permiso de la Unión”. Por ello, al llegar como trabajador, como “un mugroso más”, que sólo iba a cumplir con el trabajo de ir a depositar los desechos de la comunidad, pude empezar a establecer nuevas amistades y contactos dentro del tiradero de Meyehualco”.

“Todos los días, después de pasar a vender los materiales que habíamos separado en nuestro recorrido del camión a cualquiera de los más de dos mil pequeños negocios y changarros que se encargan de la compra venta de materiales industriales, nos dirigíamos al tiro para llevar los sobrantes y siempre a la misma familia de pepenadores. Ahí, descargábamos el camión, empezaba a trabajar la familia y era el momento propicio para tomar una cerveza, un pulque, echar un taco o descansar un momento antes de volver al recorrido (si es que necesitábamos recorrer otras fincas), o ir a entregar materiales a empresas particulares (que nos cargaban ahí mismo los empleados del tiradero), o bien, simplemente para dar por concluido un día más de trabajo”.

Y sigue: “Ahí fue cuando descubrí la presencia del líder, del dirigente que aspiraba a ser presidente de la república, del millonario despilfarrador, amado y odiado, respetado y temido, anárquico, violento, pero inserto perfectamente como

una pieza indispensable del rompecabezas político de la ciudad, el Zar de la Basura, Rafael Gutiérrez Moreno”.

En el trabajo antes citado se reseña una parte fundamental para entender el caciquismo que es el entender la cultura popular de esa comunidad y que está en perfecta concordancia con la cultura dominante, con la cultura política y, por ende, con la integración social de esta forma peculiar de marginalidad (los pepenadores tenían prohibido salir a vender sus productos fuera de los dominios del cacique, o tenían que avisar a donde iban a ir y pedir permiso.) (Berthier, 2002).

Se estima con base en el trabajo realizado por Berthier que Gutiérrez Moreno recuperaba alrededor de 70 mil dólares diarios, cantidad que lograba reunir al tener un grupo inmenso de trabajadores a su servicio y de monopolizar el aprovechamiento de los residuos sólidos capitalinos.

Siendo actualmente el bordo poniente el único lugar que oficialmente recibe los residuos del Distrito Federal es natural que exista una asociación que consiguió allegarse más derechos que obligaciones, tal es el caso del llamado: “Frente Único de Pepenadores A.C” quienes al cerrar los tiraderos de San Juan de Aragón y Santa Catarina emigraron al bordo poniente imponiéndose de tal manera que lograron ser el grupo hegemónico que monopolizó las ganancias obtenidas.

#### a) El engaño verde

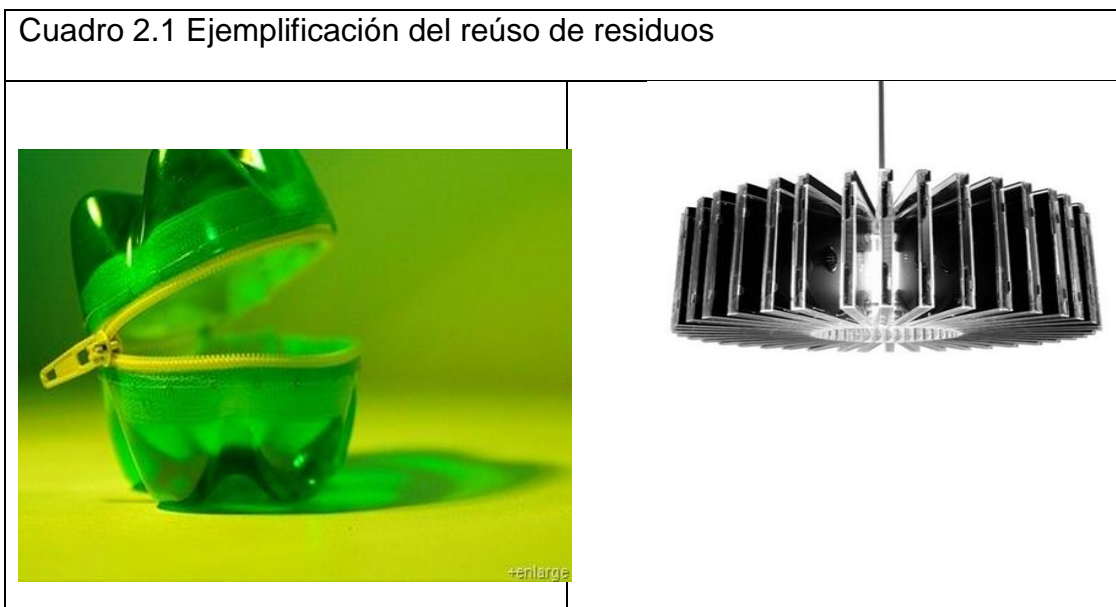
Es un hecho que en las últimas décadas se ha llevado a cabo una campaña permanente alrededor del mundo donde se pregona la importancia de proteger nuestro entorno así como los recursos naturales, sin embargo, también debemos señalar que muchas veces la realización de dichas campañas no tiene por objeto los beneficios al ambiente que se promueven.

Quizá el origen de lo que se denomina comúnmente “engaño verde” se basa en la desinformación que al respecto prevalece, podémos observar que es común utilizar el término reciclaje para cualquier acción que involucre manejo de residuos para un fin distinto para el que fueron concebidos.

Por tanto es necesario hacer una distinción respecto a dos términos que al usarse indiscriminadamente contribuyen a generar más confusión y alimentan la creencia de estar realizando un beneficio al planeta. Dichos términos corresponden a reciclaje y reúso.

Reúso: Este concepto se refiere a la utilización de materiales desechados (cajas de cd's, llantas, botellas de vidrio, etc.) para que, en conjunto, sirvan como materia prima en la elaboración de objetos muy distintos y alargar un poco más su vida útil. Al respecto podemos ejemplificar lo antes mencionado con las imágenes contenidas en el cuadro 2 donde claramente se aprecia lo antes mencionado.

Cuadro 2.1 Ejemplificación del reúso de residuos



Reciclaje: Este concepto se divide en reciclaje primario y secundario, el reciclaje primario es un proceso en el que los desperdicios originales forman el mismo material; por ejemplo, papel periódico reciclaje para imprimir más periódicos, en el reciclaje secundario los desechos se convierten en otros productos, es decir se convierten en materia prima, ejemplo de ello es el cartón hecho de periódicos viejos.

Al otorgar los conceptos de reúso y reciclaje podemos sostener una opinión de manera fundamentada respecto a que el uso del término de reciclaje no debe

utilizarse de manera indistinta pues en la mayoría de los casos dista mucho de apegarse a lo que en realidad significa.

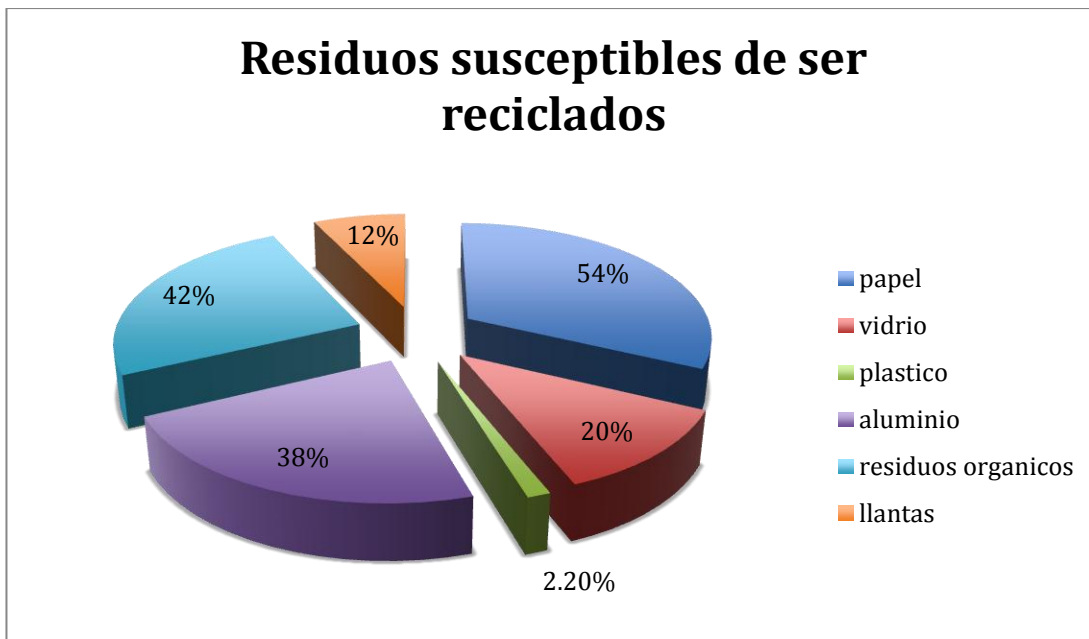
Al formular la anterior aclaración podemos destacar que, si bien el reuso ha experimentado un auge en los últimos años, no es una solución definitiva ni viable puesto que lejos de solucionar la problemática de los residuos sólidos la acentúa pues la composición de los residuos será más compleja dado que presentara diversos materiales en una sola unidad (pegamento, unicel, vidrio, plástico, etc.), lo cual hará más difícil su reciclaje, adicionalmente ninguno de los usos que se le otorga a los residuos sólidos con el proceso de reuso tendrá una vida útil de más de tres años, siendo manufacturados únicamente por cuestiones de moda, cuestión que es respaldada por el hecho de que existen empresas pequeñas que se dedican a la manufactura de productos de reuso adquiriendo la materia prima y no recolectándola de las fuentes emisoras por lo cual aumentan la problemática en lugar de aportar soluciones.

En lo que respecta al reciclaje genuino, podemos mencionar que si se practica de manera eficiente resulta una alternativa real al manejo de residuos sólidos (Nebel, 1999):

- El papel (54% de recuperación) se convierte de nuevo en pulpa para fabricar papel reciclado, cartón y otros productos; bien molido se vende como aislante de celulosa, o se troza para hacer composta.
- El vidrio (20% de recuperación) se tritura, se funde de nuevo y se convierte en nuevos envases o triturado se emplea como sustituto de la arena de asfalto, concreto y otros materiales de construcción.
- Algunas formas de plástico (2.2% de recuperación) se funden y sirven para fabricar fibras textiles, ropa, tuberías de drenaje y láminas.
- Los metales también se vuelven a fundir y a reelaborar. El aluminio (38% de recuperación) hecho chatarra ahorra hasta el 90% de la energía necesaria para fabricarlo. Además, no siempre se encuentra en la localidad, por lo que hay que traerlo de otra parte. El reciclaje de aluminio ahorra energía, crea empleos y reduce el déficit comercial.

- Los desperdicios de comida y de los jardines (recortes de hojas, hierbas y plantas, 42% de recuperación) se convierten en composta para acondicionar el humus del suelo.
- Las telas (recuperación insignificante) se muelen y utilizan para fortalecer los productos de papel reciclado.
- Las llantas viejas (12% de recuperación) se funden o desmenuzan y se incorporan al asfalto de las autopistas (que contienen hasta 20% de neumáticos).

Para ejemplificar los datos anteriormente mencionados de una manera más práctica observaremos en el cuadro 2.2 aquellos residuos que son susceptibles de ser reciclados de manera provechosa:



La contraparte de los beneficios antes mencionados se refiere a que en la última década el mercado y los precios de materiales reciclados han fluctuado mucho. Entre los factores que afectan los precios del mercado se encuentran:(Mackenzie' 2004):

- Condiciones económicas.
- Demanda general.

- Demanda de productos hechos parcial o totalmente de materiales recuperados.
- Calidad de los materiales recuperados (problemas de contaminación).
- Capacidad de uso de material recuperado en un proceso.
- Exceso de capacidad para producir material virgen.
- Costo de transporte.
- Mercados de exportación.
- Diferencia entre oferta y demanda.
- Legislación.

#### II.4 Los residuos peligrosos y la industria

Podríamos mencionar que los antecedentes históricos y legales referentes a los residuos peligrosos en la industria son muy recientes ya hasta hace poco no había una normatividad que hiciera mención alguna respecto a este tema y su manejo se limitaba únicamente a la vigilancia de las autoridades locales sobre los desagües de las alcantarillas.

Se les denomina residuos peligrosos a todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente (LGEPA, 2011) así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfiera a otro sitio, de conformidad a lo que se establece en la ley (LGPGIR, 2011).

También debemos mencionar que se conceptualiza de manera coloquial al término desecho industrial como aquel residuo que excede notablemente las generadas por un particular, al respecto algunos autores lo ejemplifican de la siguiente manera: “De ese modo los desechos de un supermercado serán llamados “industriales”, aunque no tengan nada de fundamentalmente diferente con los residuos domiciliarios. Lo mismo ocurre con los de un criadero “industrial” es decir



el que sobrepasa en volumen los de una explotación de mediana importancia” (Leroy, 1997).

La diferenciación entre ambos términos consistirá en que los desechos industriales no presentan un nivel de toxicidad tan alto como los que contiene propiamente los residuos peligrosos, aunque ambos se generan en el ámbito industrial y no está permitido su depósito en los lugares asignados para los residuos sólidos generados de manera doméstica.

Contrariamente a lo que se piensa el hecho de que un residuo sea peligroso no significa necesariamente que provoque daños al ambiente, los ecosistemas o a la salud, porque para que esto ocurra es necesario que se encuentre en una forma “disponible” que permita que se difunda en el ambiente alterando la calidad del aire, suelos y agua, así como que entre en contacto con los organismos acuáticos o terrestres y con los seres humanos.

Debemos mencionar como antecedente que a comienzos de los años setenta, había tres métodos principales de tiraderos de residuos peligrosos en tierra (Wright, 1999):

Inyección en pozos profundos: La inyección en pozos profundos consiste en excavar un “pozo” en el estrato seco y poroso que se encuentra debajo de las corrientes subterráneas. En teoría, los líquidos de desechos peligrosos bombardeados en el pozo se hunden en el material poroso y quedan aislados para siempre. En la práctica, es casi imposible garantizar que las fracturas en el estrato impermeable no dejen escapar los desechos para que contaminen el agua.

La realidad en esta práctica es que la introducción de tales residuos llega a causar suficientes presiones para originar fracturas. Además, los desechos alcanzarían las aguas subterráneas por otras vías.

Depósitos superficiales: Son simples depresiones excavadas en las que se vierten y retienen líquidos, anteriormente eran el medio más barato y, por tanto, el

más utilizado para deshacerse de grandes volúmenes de agua que contuvieran cantidades pequeñas de residuos químicos.

Cuando los desechos se vierten, los sólidos se asientan y acumulan, en tanto que el agua se evapora. Si el fondo se sella bien y la evaporación iguala las entradas, los depósitos captan desechos indefinidamente. Ahora bien, si no se sellan de manera correcta, los residuos escurren hasta los mantos freáticos; asimismo, tormentas excepcionales suelen causar desbordamientos y los materiales volátiles se evaporan a la atmosfera regresando mediante el ciclo del agua a contaminar el agua de otros lugares.

Rellenos sanitarios: Cuando los desechos peligrosos se encuentran en forma de sólidos o líquidos concentrados se colocan en bidones y se entierran en rellenos sanitarios. Si el relleno está bien recubierto y encapsulado además de poseer algún medio para eliminar los lixiviados que escurren al fondo, se dice que está razonablemente resguardado y que es un relleno seguro. No obstante las diversas barreras están sujetas a daños o deterioros y muchos expertos piensan que solo es cuestión de tiempo para que el contenido escape incluso de los rellenos sanitarios más seguros.

Eliminación nocturna y acumulación local: La necesidad de otros métodos para deshacerse de los residuos químicos creó las oportunidades para una nueva industria: la eliminación de desechos. Muchas empresas respetables ingresaron en el campo sin embargo por falta de reglamentaciones específicas hubo también negociaciones sin escrúpulos. Cuando pilas de bidones aparecieron en edificios abandonados, lotes baldíos o rellenos sanitarios municipales, se hizo evidente que algunos se embolsaban el pago del servicio y luego arrojaban los desechos en cualquier lugar a la mano, abrigados por la obscuridad por eso se nombró a esta actividad “descarga nocturna”.

Actualmente las disposiciones regulatorias, leyes, reglamentos y normas, establecen pautas de conducta a evitar y medidas a seguir para lograr que dicho manejo se realice en forma segura a fin de prevenir riesgos, a la vez que fijan

límites de exposición o alternativas de tratamiento y disposición final para reducir su volumen y peligrosidad.

En la Zona Metropolitana del Valle de México se generan anualmente alrededor de 587 mil toneladas al año de residuos peligrosos, lo cual representa alrededor de 33 kilogramos al año por habitante. Aproximadamente la mitad de estos residuos se generan en el Distrito Federal y la otra mitad en los municipios conurbados del Estado de México (CMPCC, 1992).

Los residuos peligrosos se generan principalmente en la industria y servicios, aunque en las casas también existe una contribución importante. Su composición es variada, e incluye sustancias orgánicas e inorgánicas. Una importante proporción de la generación de residuos peligrosos está asociada con una administración deficiente, por sobrexistencia de materia primas y almacenamiento de productos fuera de especificación.

Además, persisten en la industria vicios en la operación de los procesos industriales, como la deficiente capacitación del personal, la falta de estandarización de procesos y la carencia de programas de mantenimiento preventivo y correctivo. Con frecuencia, los residuos generados se encuentran almacenados en los patios de las industrias, lo que representa para estas tanto problemas de operación como desperdicio de espacios, además de riesgos ambientales. Entre los giros industriales que producen los mayores volúmenes de residuos peligrosos, destacan la industria química, fundidora, textil y artes gráficas.

Adicionalmente es común que el manejo de residuos peligrosos sea deficiente ya que el desconocimiento de procedimientos que permitan su adecuado manejo provoca situaciones tales como: mezcla de residuos peligrosos que pueden reaccionar entre sí, manipulación inadecuada, deficiente tratamiento de los toneles que contuvieron anteriormente residuos.

Una tendencia mundial había girado en torno a los residuos y es que el manejo de los residuos había sido parcial, porque se consideraba únicamente el

control de los efectos y no el combate del origen, actualmente la tendencia se ha ido orientando hacia un manejo integral, basado en una estrategia que da prioridad a las prácticas de manejo que evitan la generación de residuos o que reducen su volumen.

En el ámbito empresarial los residuos peligrosos deben ser objeto de una auditoria interna, como punto de partida para conocer la situación real del manejo de los materiales, insumos y residuos que impera en esos momentos en las empresas. Asimismo, esta auditoria permite evidenciar los puntos focales de generación de residuos a todo lo largo del proceso de producción. En todo este proceso, es necesario sacar a la luz los costos derivados de los manejos inadecuados o de las operaciones que aun cuando no son inadecuadas, pueden substituirse por otras más redituables o menos impactantes.

En las empresas se elaboran Manuales de Minimización, Tratamiento y Disposición de Residuos Industriales. Estos incluyen datos estadísticos del giro industrial en cuestión, bases legales para el manejo de residuos peligrosos, descripción de los principales procesos productivos y de los tipos de residuos generados. Las medidas de minimización incluidas están relacionadas con los materiales e insumos empleados, con los procesos de producción y con la organización interna que rige a la empresa.

Uno de los problemas más frecuentes en la industria se refiere a volúmenes considerables de residuos mezclados, es por este motivo que en los manuales se plantean medidas referentes a mantener la seguridad al interior de la empresa, una alternativa para mantener la óptima relación entre la industria y los residuos peligrosos se refiere al manejo integral de ellos, es decir que se necesita que los generadores, proveedores y el gobierno participen en la elaboración de planes encaminados a la gestión residual.

Además de lo anteriormente mencionado debemos destacar que los residuos industriales presentan características específicas, al respecto:

- Irregularidades en su producción y entrega
- Residuos peligrosos homogéneos
- Presencia de sustancias pastosas cuya viscosidad varia con la temperatura
- La existencia de materiales corrosivos, ya sea por acidez, alcalinidad u otra reacción química.

#### II.4.1 El almacenamiento de los residuos peligrosos.

Uno de los elementos más polémicos respecto a los residuos sólidos peligrosos es el referente a su almacenamiento, sin embargo esta situación no debiera representar ningún problema ya que se encuentra reglamentada por la LGEEPA que en su artículo 15 marca que los residuos peligrosos deben (LGEEPA, 2011):

I.Estar separados de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados

II.Estar ubicados en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;

III.Contar con muros de contención, y fosas de retención para la captación de los residuos o de los lixiviados;

IV.Los pisos deberán contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado;

V. Contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicos, electrónicos o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia;

VI. Contar con sistemas de extinción contra incendios. En el caso de hidrantes, éstos deberán mantener una presión mínima de 6 kg/cm<sup>2</sup> durante 15 minutos

VII. Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

Sin embargo estos lineamientos tienen una vigencia, de acuerdo al artículo 56 de la Ley General para la Prevención y Manejo Integral de los Residuos Peligrosos se establece que “Se prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos por un periodo mayor de seis meses a partir de su generación, lo cual deberá quedar asentado en la bitácora correspondiente. No se entenderá por interrumpido este plazo cuando el poseedor de los residuos cambie su lugar de almacenamiento. Procederá la prórroga para el almacenamiento cuando se someta una solicitud al respecto a la Secretaría cumpliendo los requisitos que establezca el Reglamento”.

Al respecto debemos destacar que en México las empresas que generan residuos peligrosos han practicado diversos métodos con el fin de minimizar los daños de su generación, aunque en la mayoría de los casos esto no es posible y la reducción haya sido poco significativa.

Por tanto debemos mencionar algunos ejemplos de métodos utilizados para dichos fines:

- Almacenamiento: los residuos suelen depositarse en áreas específicas, el riesgo que se corre es alto puesto que pueden explotar con las previsibles consecuencias, es recomendable mantener los residuos a diferentes alturas y mantenerlos a una temperatura adecuada.
- Neutralización: Se utilizan reactivos químicos tales como: cal o ácido sulfúrico para reducir la toxicidad de los residuos.

## II.5 Los procesos de industria limpia.

Se le denomina industria limpia a aquella empresa que demuestra cumplir de manera satisfactoria con los requerimientos en materia medioambiental, esto por medio del proceso de certificación, dicho proceso consiste en la revisión sistemática y exhaustiva a los procedimientos empresariales y prácticas con la finalidad de comprobar el grado de cumplimiento tanto de los aspectos normados

como de los que no lo están, y en consecuencia, detectar posibles situaciones de riesgo a fin de emitir las recomendaciones preventivas y correctivas que correspondan (SEMARNAT, 2004), dicha certificación es llevada a cabo por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

El principal instrumento utilizado por la PROFEPA para determinar la procedencia de otorgar un certificado de industria limpia es la auditoría ambiental y se define como: el proceso que se lleva a cabo de forma voluntaria por parte de los responsables del funcionamiento de una empresa y mediante el cual realizan el examen metodológico de sus operaciones respecto de la contaminación y el riesgo que generan, así como el grado de cumplimiento de la normatividad ambiental y de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operaciones ingeniería aplicables con el objeto de definir medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger el medio ambiente (Brañes, 2000). De acuerdo con los resultados de la auditoría se pueden dictaminar algunas acciones correctivas a la empresa y, al cumplirse, se emite el Certificado de Industria Limpia a favor de la empresa y los proyectos.

La metodología producción más limpia (P+L) es muy útil porque es sencilla y suele mejorar la ecología y la economía del proceso al que se le aplica. Esta consiste en mejorar aspectos técnicos y administrativos de un proceso de producción con el propósito de disminuir la contaminación que genera.

Con esto se propone evitar desperdicios innecesarios y mejorar la eficiencia de utilización de materias primas e insumos. Su aplicación mejora la economía del proceso de producción al mismo tiempo que disminuye su impacto ambiental. Un aspecto negativo al respecto se refiere a que muy probablemente sólo se harán cambios técnicos y administrativos mínimos, que no cambian sustancialmente ni el proceso ni el producto.

## CAPITULO TERCERO. EL MARCO JURÍDICO EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

### III.1 Los objetivos y principios de una política ambiental

Para iniciar este capítulo es necesario otorgar una definición de política ambiental que nos sirva como punto de partida general, se entiende a ésta como el motor para la implantación y la mejora del sistema de gestión ambiental de la organización, de tal forma que puede mantener y mejorar potencialmente su comportamiento ambiental (Bureau, 2008).

Y debe ser definida a través de la planeación democrática de los gobiernos municipales, estatales y federal, promoviendo la participación de la ciudadanía para hacer propuestas de políticas relacionadas con la gestión integral de los residuos (SEMARNAT, 2011).

Por tanto una política ambiental define los parámetros a seguir dentro de una organización mediante la implementación de normas y principios, cuestión que no siempre es fácil puesto que las normas generalmente se implementan de manera general sin considerar casos específicos.

En el ámbito público encontraremos que la legislación ambiental es de carácter muy general y en otras absolutamente específica lo que añade complejidad a su aplicación puesto que en materia de residuos sólidos se debe considerar el origen de estos, su tratamiento y la manera en que serán dispuestos finalmente.

El evidente deterioro ambiental en México obliga a plantear la imperiosa necesidad de fortalecer y aplicar el marco legal ya existente, si bien sería injusto formular una opinión generalizada acerca de que la legislación ambiental es un mero simbolismo, tampoco podemos decir que ésta se encuentre acorde a las necesidades mexicanas.



En la política ambiental existente en México es frecuente que se le dé un mayor énfasis a la calidad del aire principalmente en las grandes ciudades, sin embargo, a pesar de que México está dotado de un marco jurídico para normar el manejo y disposición de residuos sólidos son pocas las acciones emprendidas de manera efectiva.

Según un estudio de la Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2003) se estima que más de la mitad de los residuos municipales es vertido en rellenos sanitarios ilegales o que no están controlados y que un 20% de los residuos municipales no se recolecta sino que se desecha ilegalmente en las calles, espacios abandonados, barrancos o corrientes de agua. Esto se debe en gran medida a la incapacidad y apatía de los gobiernos locales para manejar adecuadamente los residuos.

Es frecuente que al tratar de implementar políticas en materia ambiental solo se consideren aspectos obvios y de bajo impacto que principalmente finalizan solo en demagogia, por este motivo es necesario puntualizar los principios básicos en cuanto a remediación.

- **Principio de reducción de la fuente:** Implica que se debe minimizar la generación y volumen de los residuos tanto en cantidad (volumen) como en su potencial efecto de causar contaminación al ambiente, entre otros, utilizando diseños adecuados de procesos y productos (SEMARNAT, 2008).

Es decir que, como planteamos con anterioridad, la creación y ejecución de leyes que detengan la creación de residuos sólidos desde su origen es imperioso, en teoría un consumo meditado podría disminuir significativamente los residuos generados en los hogares, sin embargo, esto no es una realidad y se deben crear leyes que obliguen a los distintos proveedores a disminuir las envolturas y empaques que contengan sus productos.

- **Principio de inventario, ciclo de vida:** Demanda la realización del inventario de las sustancias y productos que se diseñen y manejen de manera que se reduzcan al mínimo los impactos adversos al ambiente, en cada una de las fases de su ciclo de vida: generación, uso, recuperación y disposición final (SEMARNAT, 2008).

En este punto debemos mencionar que si bien existen diversos listados acerca de sustancias peligrosas, no existe en México algún documento que mencione la posibilidad de sustituir un material por otro menos contaminante.

- **Principio de precaución:** Plantea la necesidad de adoptar medidas preventivas considerando los costos y beneficios de la acción o inacción, cuando exista evidencia científica, aún limitada, para considerar que la liberación al ambiente de una sustancia, residuo o energía, puede causar daños a la salud a al ambiente (SEMARNAT, 2008).

Respecto a este tema debemos mencionar que la ciencia deberá respaldar al aspecto social para evitar caer en una especie de “obscurantismo verde” y demostrar con hechos que determinado factor contaminante afecta la calidad de vida aunque sea con un mínimo impacto.

- **Principio de control integral de la contaminación:** Requiere que el manejo integral de los residuos se realice con un enfoque multimedios, para evitar la transferencia de contaminantes de un medio a otro (SEMARNAT, 2008).

Para poder tener una mayor comprensión respecto al principio de multimedios conceptualizaremos que se refiere a evaluar globalmente múltiples aspectos como la generación de contaminantes, la ubicación geográfica, y los impactos sociales que pudiesen existir entre muchos otros con el fin de establecer especificaciones de operación que tengan dos características: factibilidad y efectividad.

- **Principio de estandarización:** Establece la necesidad de contar con estándares o normas que permitan el manejo ambiental adecuado de los residuos en todas las fases de su ciclo de vida.

Al crear un estándar uniforme para todos los productores es más factible que se dé una competencia justa para controlar los residuos que finalmente serán desechados por el consumidor sin que medie ventaja para alguno pues la homogeneización proporciona un parámetro a seguir.

- **Principio de autosuficiencia:** Demanda que todos los países cuenten con la infraestructura necesaria para asegurar que los residuos que generen se manejen de manera adecuada en su territorio.

Este punto es toral en el tema de las políticas ambientales puesto que aunque existan medidas legales eficientes y eficaces, si no se cuenta con la infraestructura adecuada difícilmente se concluirá el ciclo de los residuos sólidos, en el caso del Distrito Federal dichos desechos se consideran una amenaza latente y obligan a la clausura del relleno sanitario bordo poniente.

- **Principio de proximidad.** Mediante el cual se busca que el acopio, tratamiento o disposición final de los residuos tengan lugar tan cerca de la fuente generadora como sea posible y que sea técnica y económicamente factible y ecológicamente recomendable (INE, 2011).

Este principio se establecer con la finalidad de que el traslado de los residuos sólidos no constituya un problema adicional, asimismo quizá la realización de este principio no sería posible en zonas habitacionales dada la oposición que esto generaría sin embargo, es viable llevarla a cabo en zonas industriales e incluso a largo plazo pudiese representar una reducción importante de recursos destinados a este rubro.

- **Principio de Soberanía:** Bajo el cual cada país debe tomar en consideración sus condiciones políticas, sociales y económicas, al establecer su estructura nacional de manejo integral de residuos (INE, 2011).

Este punto se desarrolla en el Plan Nacional de Desarrollo que menciona los lineamientos a seguir desde el gobierno federal, en el año de 1992 se dieron grandes pasos en materia ambiental con la creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y el Instituto Nacional de Ecología.

- **Principio del que contamina paga:** Hace responsable de remediar las consecuencias de la contaminación a quien la produzca. A este respecto México posee normas oficiales mexicanas que norman la operación y lineamientos de las distintas empresas dependiendo del nivel de contaminación que produzcan.

- **Principio de participación pública.** Demanda asegurarse que al diseñar e instrumentar los sistemas de manejo integral de residuos se informe e involucre a la sociedad. Podríamos calificar este principio como la parte social pues aunque no se menciona de manera implícita la idea de políticas públicas se encuentra de manera tácita pues es imposible pensar en una acción gubernamental de esta índole sin la cooperación de la sociedad.

Ejemplo de lo anterior es la implementación de manera rígida de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en varias delegaciones obligando a la ciudadanía a separar los residuos en orgánicos e inorgánicos so pena de no brindar el servicio. Dada esta situación es imperante que las políticas ambientales tengan como finalidad remediar y sobre todo prevenir los impactos negativos al ambiente y a la salud.

### III.1.1 La fundamentación jurídica mexicana en materia de residuos

En el año de 1971 aparece la primera Ley ambiental en México denominada, Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación, que si bien su carácter de aplicación era federal, realmente se trataba de un ordenamiento cuyo primer ámbito de aplicación era el Distrito Federal. Podemos decir que era una ley diseñada para el Distrito Federal y que se aplicaba nacionalmente con una extraña interpretación de su carácter "federal".

El 10 de agosto de 1987, con la Reforma Constitucional a los artículos 27 y 73 se cambia el esquema, sin embargo al no haberse realizado una reforma constitucional integral, dejó al Distrito Federal en un espacio no definido, ya que no quedaba claro quién iba a ejercitar las facultades para legislar en materia ambiental y si la concurrencia era aplicable al Distrito Federal, como entidad federativa o como municipio.

Desde entonces y hasta el 28 de enero de 1988, fecha en que se publicó, la LGEEPA, éste fue el esquema que se siguió. A partir de la entrada en vigor de ésta, el esquema es de mayor concurrencia entre las entidades federativas y la federación, haciendo la aclaración que dentro de este sistema no se incluye al Distrito Federal. Esta situación llevo a una indeterminación del ámbito local de aplicación de la ley federal en el Distrito Federal.

Podemos señalar que casi la totalidad de la reglamentación jurídica existente en México dimana de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente pues se considera la ley suprema en esta materia al respecto:

ARTÍCULO 1o.-(LGEEPA, 2011) La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;
- II.- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;
- III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;
- IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el

establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;

V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;

VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;

Dado lo anterior es necesario definir que además se otorga el sustento legal al tema de los residuos sólidos mediante la siguiente jerarquización:

1. **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.-** En el artículo 115 se indica que corresponde a los municipios la responsabilidad de prestar el servicio de limpia con el concurso del estado.

2. **Ley general de salud.-** Establece las disposiciones relacionadas con el servicio público de limpia en donde se promueve y apoya el saneamiento básico, se establecen normas y medidas tendientes a la protección de la salud humana para aumentar su calidad de vida.

3. **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.-** Plantea que queda sujeto a la autorización de los municipios o del Distrito Federal, conforme a sus leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. La Secretaría expedirá las normas a que deberán sujetarse los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de residuos sólidos. Debemos destacar que en esta Ley dada su naturaleza son frecuentes las alusiones respecto a los residuos sólidos.

4. **Normas Oficiales Mexicanas.-** Solo existe una norma específica en materia de residuos sólidos la NOM-083-ECOL-1996 y establece las

condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos.

5. **Ley de Residuos sólidos en el Distrito Federal.**- En este documento se menciona las responsabilidades de cada secretaria en materia de recolección de residuos sólidos, así mismo se menciona cual deberá ser el papel de la ciudadanía.

III.1.2 El marco jurídico ambiental que rige al Distrito Federal.

Debemos definir al marco jurídico ambiental como el conjunto de leyes que tienen aplicación directa en acciones de carácter ambiental, podremos encontrar dichas nomas en textos particulares o insertadas en una Ley general.

El marco legal del Distrito Federal se sustenta en el siguiente orden:

- 1.- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- 2.- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- 3.- La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- 4.- La Ley Ambiental del Distrito Federal.
- 5.- La Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.
- 6.- El Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.
- 7.- La Agenda Ambiental de la Ciudad de México.
- 8.- El Plan Verde de la Ciudad de México.
- 9.- Ley de aguas del Distrito Federal.
- 10.- Reglamento de la Ley ambiental del Distrito Federal.
- 11.- Reglamento de impacto ambiental y riesgo.

Por tanto se debe considerar que en materia de residuos, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos señala qué autoridades tienen a su cargo las funciones y servicios públicos, entre los que se encuentra el servicio de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos, y también marca la pauta para la coordinación de las distintas jurisdicciones locales y municipales y de éstas con la federación y el Distrito Federal.

La LGEEPA fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y establece las reglas sobre la forma de distribución de competencias entre los tres niveles de gobierno, asignándoles facultades específicas, y particularmente sobre la materia que nos ocupa, señala que corresponde a los Estados regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no sean peligrosos y que para prevenir y controlar la contaminación del suelo es necesario evitar y reducir la generación de residuos sólidos; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.

Asimismo, en la LGEEPA se instruye a los gobiernos locales a emitir la legislación ambiental necesaria y, en este sentido, el 9 de julio de 1996 se emitió la LADF, que desde entonces, en materia de residuos sólidos ya buscaba impulsar el desarrollo y fortalecimiento de la cultura ambiental para el correcto manejo de los residuos proclamando la necesidad de contar con programas para reducir la generación.

Las disposiciones de la LGPGIR, publicada el 8 de octubre del 2003, en el Diario Oficial de la Federación, tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, así como de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial y establece las bases para aplicar el principio de responsabilidad compartida.

En el reglamento de la ley antes mencionada, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006, si bien regula primordialmente aspectos



relativos a los residuos sólidos peligrosos, también establece disposiciones encaminadas a reglamentar los planes de manejo de residuos de manejo especial y sólidos urbanos, entre los que se encuentran los planes de manejo considerados como locales, cuando su aplicación sea en un solo Estado, Municipio o el Distrito Federal.

En particular, en la Legislación ambiental del Distrito Federal se establecieron las facultades de la Secretaría del Medio Ambiente en materia de residuos sólidos, entre las que destacan, la emisión de normas ambientales con el objeto de establecer los requisitos, condiciones o límites permisibles en la operación, recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, tratamiento, industrialización o disposición final de residuos sólidos, así como en el manejo de residuos sólidos que presenten riesgo para el ser humano, para el equilibrio ecológico o para el ambiente.

En el ámbito local, el Gobierno del Distrito Federal publicó el 22 de abril de 2003, en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, misma que considera que el manejo integral de los residuos sólidos debe realizarse adoptando medidas que permitan minimizar su generación, tanto en la fuente como en la disposición final, y deja claro que para ello es necesario separar los residuos, además de llevar a cabo la recolección y el manejo diferenciado, dando lugar a la modificación del sistema de limpia en su conjunto.

En dicho ordenamiento jurídico se establecen y definen los instrumentos de política ambiental necesarios para llevar a cabo los objetivos planteados, entre los que destaca el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, así como los Planes de Manejo para los diversos tipos de generadores presentes en la ciudad, y un Inventario que contenga la clasificación y cuantificación de los residuos sólidos y sus tipos de fuentes generadoras. De la misma manera considera la responsabilidad compartida entre productores, distribuidores, comercializadores y consumidores, como elemento clave para la reducción de la generación.

Adicionalmente a estos esfuerzos, el 1 de octubre de 2004 se publicó en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal* el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos,

que destaca la necesidad de crear una conciencia de educación sobre los residuos sólidos urbanos entre sus habitantes.

Asimismo, el 12 de julio de 2006 se publicó en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal* la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal, creada con el objeto de lograr un control óptimo, fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada.

Además, con la finalidad de incrementar el aprovechamiento de estos materiales, se presenta una clasificación diferenciada de los mismos. El 16 de mayo de 2008, en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal* se publicó el Acuerdo por el que se crea la Comisión para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos de la Ciudad de México, como un órgano de coordinación, operación, monitoreo, seguimiento y evaluación de las políticas, acciones y programas instrumentados por la Administración Pública del Distrito Federal en materia de generación, minimización, manejo, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos.

Dicha comisión es presidida por el Jefe de Gobierno y está integrada por los titulares de las Secretarías de Gobierno, Medio Ambiente, Obras y Servicios, Salud, Finanzas, el Instituto de Ciencia y Tecnología y la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial.

El 7 de octubre del 2008 se incorpora al marco jurídico local el Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, del cual se desprende que, además de lo dispuesto en la Ley, la política ambiental en materia de residuos sólidos tiene como finalidad establecer los mecanismos adecuados para garantizar la incorporación de los costos ambientales producidos desde la generación de los residuos sólidos, hasta su disposición final.

### III.2 Acciones y programas para la gestión ambiental en materia de residuos sólidos en el Distrito Federal

Según informes del Gobierno del Distrito Federal la política en materia de residuos sólidos urbanos, se encamina hacia la prevención y minimización de la generación mediante el conjunto de acciones, operaciones y procesos que permitan disminuir la cantidad de residuos existentes en cada etapa del manejo: generación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición (GDF, 2010).

La planeación del gobierno del Distrito Federal en materia de residuos sólidos consiste en implementar el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos que concierne a las personas físicas o morales que generen, almacenen, transporten, manejen, traten, dispongan, aprovechen, reciclen o reutilicen cualquier tipo de residuo sólido en el Distrito Federal.

Asimismo se han planeado otras acciones para dar cauce al asunto de los residuos sólidos en México desde el ámbito gubernamental:

El barrido es la actividad de recolección manual o mecánica de los residuos sólidos en la vía pública. El Gobierno Del Distrito Federal realiza el servicio de barrido mecánico y manual mediante dos ámbitos de atención: a través de la Dirección General de Servicios Urbanos y de la Secretaría de Obras y Servicios, encargada del mantenimiento y limpieza urbana de la red vial primaria de la ciudad.

El servicio de barrido competencia de la Secretaria de Obras y Servicios se realiza a través de la Dirección General de Servicios Urbanos. Esta actividad se lleva a cabo en horario nocturno en la red vial primaria, misma que tiene una longitud de 930 kilómetros y está integrada por 9 vías rápidas, 29 ejes viales y 37 avenidas principales.

Respecto a las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal, éstas proporcionan el servicio de barrido mecánico en la red vial secundaria, misma que tiene una longitud aproximada de 9,557 km lineales, donde no quedan incluidos los perfiles de barrido manual. Para la prestación de este servicio, las Delegaciones cuentan con una variedad de barredoras, tales como: mecánicas, hidrostáticas

mecánicas, hidráulica con eje triciclo y tolva, sistema compresor, centrífugo de cepillos laterales, dual, mini barredora y de succión. En total las demarcaciones cuentan en su conjunto con 110 barredoras para el barrido mecánico; 39% del equipo tiene una antigüedad mayor a 20 años (GDF, 2007).

Se estima que las Delegaciones atienden aproximadamente 3,100 km diarios; sin embargo, sólo 25% de las barredoras mecánicas se encuentran en buenas condiciones, mismas que en su mayoría corresponden a modelos no mayores a 10 años. El 75% restante se encuentra en condiciones entre regulares y malas.

La Secretaría de Obras y Servicios a través de la Dirección General de Servicios Urbanos, realiza la limpieza diaria mediante barrido manual en 26 vialidades primarias. En promedio se barren 1,700 km en 15 horas. Estas actividades se realizan con 1,200 trabajadores aproximadamente y 96 vehículos de recolección, distribuidos en cinco zonas de la ciudad.

Los residuos recolectados en las jornadas de barrido nocturno son transportados y depositados en cualquiera de las ocho estaciones de transferencia que se encuentran en Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Central de Abasto, Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza.

Para la prestación del servicio en las calles, las Delegaciones emplean en mayor proporción el barrido manual, para lo cual cuentan con una plantilla de personal operativo la cual consta de 9,661 trabajadores, misma que organiza los trabajos, asignando vialidades o colonias a cada trabajador.

A estos trabajadores se le dota de las herramientas necesarias, que básicamente son: escobillón (de fibras cortas y duras que puede ser de ramas o de plástico), escoba de vara perlilla, carrito de mano (con base de ruedas y uno o dos tambos cilíndricos), y recogedor y pala en algunas ocasiones. Actualmente las Delegaciones cuentan con 7,827 carritos para dicha actividad.

La organización de barrido manual en cada una de las demarcaciones es variable, ya que puede ser por cuadrilla de barredores o por rutas fijas asignadas a

un barredor. El tamaño de la cuadrilla dependerá del área a limpiar y de la cantidad de residuos a recolectar. Por otra parte, se les asigna un camión recolector y un supervisor para controlar el trabajo. Algunas Delegaciones prefieren el barrido por ruta fija que consiste en rutas establecidas en calles o manzanas.

Las Delegaciones Políticas son las entidades responsables de realizar la recolección de los residuos sólidos y su posterior transporte a las estaciones de transferencia. En su conjunto recolectan 10,760 toneladas de residuos por día. El servicio de recolección en la Ciudad de México se lleva a cabo en 1,730 rutas con 2,485 vehículos que cubren en su recorrido 1,633 colonias.

Un aspecto que debe tomarse en cuenta es la eficacia en la recolección, donde influyen el tipo y el modelo del vehículo. Los resultados más eficientes se obtienen al utilizar vehículos con carga trasera, ya que 55% del parque vehicular con que cuentan las Delegaciones es de este tipo, porque se logra compactar más los residuos y la altura de carga se mantiene, representando menos número de viajes y un menor consumo de combustible.

El objetivo de las estaciones de transferencia es incrementar la eficiencia del servicio de recolección y, con ello, reducir el tiempo de traslado de los vehículos, así como disminuir el tiempo de descarga de los residuos. El Gobierno del Distrito Federal cuenta con estaciones de transferencia, las cuales hemos mencionado con anterioridad y se encuentran ubicadas en puntos intermedios entre las diversas fuentes generadoras y el sitio de disposición final.

El horario de operación de las estaciones es de 6:00 a 22:00 horas, aunque las estaciones que procesan los residuos de la Central de Abastos, las instalaciones Coyoacán y Cuauhtémoc trabajan las 24 horas. Para la recepción de los residuos orgánicos se dispone específicamente de tolvas verdes para la descarga de esta fracción.

Las estaciones de transferencia cuentan con una capacidad instalada para la recepción de los residuos mayor a la que actualmente reciben, con excepción de la Delegación Coyoacán, donde la cantidad de residuos transferidos diariamente se

aproxima prácticamente a la capacidad instalada. Ésta se calcula bajo la condición de que los vehículos recolectores tengan una frecuencia de arribo distribuida homogéneamente durante el día; sin embargo, en la actualidad 80% de los viajes coinciden entre las 11:00 y las 14:00 horas, provocando saturación al ingresar a la estación de transferencia.

Lo anterior plantea la necesidad de hacer una revisión de las estaciones de transferencia para evaluar la posibilidad de cambiar el uso de algunas, para utilizar menos estaciones con una mayor ocupación de su capacidad instalada y utilizar los espacios de las que cierran para gestionar los residuos con otras tecnologías.

Actualmente aún se encuentra funcionando la planta de selección de residuos sólidos ubicada en el interior del bordo poniente, pues el Gobierno del Distrito Federal se encontró obligado a permitir el trabajo que ahí se realiza debido a presiones de índole social (Fuentes, 2011).

Las plantas de selección de residuos sólidos, son propiedad del Gobierno del Distrito Federal; su administración y mantenimiento se encuentra a cargo de la dirección General de Servicios Urbanos, mientras que la operación la llevan a cabo los gremios de selectores.

Los residuos que ingresan a las plantas de selección provienen, en su mayoría, de las estaciones de transferencia, recolectores, particulares y del Estado de México.

En la actualidad, el Distrito Federal cuenta con plantas de composta con las siguientes características:

1. Otorgar prioridad a la producción de composta de alta calidad a partir de materia orgánica limpia proveniente de la Central de Abasto y mercados, así como la proveniente de poda de áreas verdes, parques y jardines.
2. Ubicar los sitios de producción de composta más cercanos a las fuentes generadoras de materia orgánica, para evitar los costos económicos y ambientales del traslado en la zona urbana.

3. Promover la producción de composta a cargo de los propios consumidores para combinar el punto de generación y el lugar de consumo.
4. Fomentar la producción de composta domiciliaria para uso en azoteas, huertos domiciliarios, uso doméstico y macetas de ornato.
5. Establecer biodigestores en el mediano plazo, conforme el avance de la recolección separada para generar biogás y/o electricidad.
6. Los Centros Integrales de Reciclaje y Energía (CIRE) incluirán el tratamiento de los residuos orgánicos mediante el tratamiento en pilas y/o biodigestores.

El Gobierno del Distrito Federal identificó sitios potenciales como alternativa viable para la disposición final de los residuos sólidos generados en el Distrito Federal, considerando en ese análisis la NOM-083-SEMARNAT-2003 que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final y la forma como debe realizarse el cierre de los rellenos sanitarios. Adicionalmente, será necesario confirmar con estudios e información suficiente la viabilidad técnica, económica y la aceptación social de los predios seleccionados.

La identificación de sitios posibles se realizó tanto en lugares ubicados en el territorio del Distrito Federal, como en los estados de México e Hidalgo. En estos últimos se identificaron algunos predios con factibilidad técnica, aunque todos presentan dificultades por su lejanía, el costo del suelo, el costo del transporte y la vulnerabilidad ante cualquier dificultad con la población local. La conclusión a la que se llegó con respecto al territorio del Distrito Federal fue que ninguno de los sitios analizados cumplía con las disposiciones de la normatividad vigente y que, además, el rechazo de la sociedad ante la perspectiva de la instalación de un nuevo sitio para el tratamiento de residuos es muy elevado.

En 1985 se seleccionó el sitio que actualmente se ocupa como sitio de disposición final, firmándose en Noviembre de 1992 un Convenio de Colaboración entre la Comisión Nacional del Agua y el Gobierno del Distrito Federal.

Dicho relleno sanitario se ubica en la zona federal del lago de Texcoco, bajo administración de la Comisión Nacional del Agua, para tal fin se destinó una superficie total de 1,000 hectáreas, donde se inició la disposición en una sección designada como etapa I, incluyéndose también el saneamiento de la zona denominada Zona GAM, y que está considerada dentro del mismo convenio. Se continuó en las etapas II y III, sumando una superficie de 273 ha ocupada para relleno sanitario.

A partir de 1995, se inició la disposición en la denominada IV etapa, con una superficie de 375 hectáreas exclusivas para la disposición de residuos por lo que no se considera dentro de la medición mencionada las plantas de lixiviados y composta, selección, amortiguamiento, vivero y accesos existentes en esta etapa.

La superficie utilizada por las cuatro etapas suma 680 de las 1,000 ha concesionadas. Las primeras tres etapas ya clausuradas, tienen una altura que fluctúa entre 4 y 6 m, mientras que la IV etapa tiene actualmente 12 m de altura en el perímetro.

En la IV etapa se depositaron 13,401 toneladas diarias, de las cuales casi 2,488 provienen de varios municipios del Estado de México. En ese sitio se cuenta con infraestructura para recolectar y tratar los lixiviados, así como con un invernadero y una planta de composta con capacidad para procesar 200 toneladas diarias de materia orgánica.

El cierre de la IV etapa es un proceso largo, complejo y costoso que debería realizarse al mismo tiempo que se habilita en la superficie disponible el nuevo esquema, para lo cual el aprovechamiento del gas de la etapa IV podría sufragar los costos del cierre paulatino y la apertura de las nuevas instalaciones.

Si bien el mejor sitio para la disposición de residuos sólidos del Distrito federal es el relleno sanitario Bordo Poniente, el Gobierno del Distrito Federal se encuentra analizando y seleccionando el o los sitios factibles que sustituirán la disposición actual.



## CAPITULO CUARTO. LA ADMINISTRACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

El manejo integral de los residuos sólidos urbanos es uno de los servicios públicos más complicados y sensibles en la agenda gubernamental pues tiene graves efectos sobre la salud pública y la imagen urbana, así como incidencia directa sobre la calidad de vida de la sociedad mexicana, por estos motivos es de vital importancia otorgarle la importancia debida sin limitarse únicamente a denominarla como “un problema de basura”.

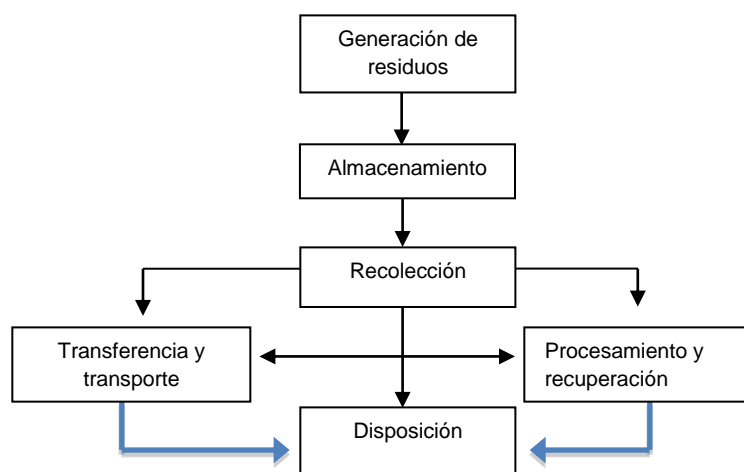
Para atenderlo, en México y alrededor del mundo, se han realizado diagnósticos que suelen derivar en la implementación de algunas mejoras tecnológicas que han mejorado la prestación del servicio en pocos casos asimismo, la literatura especializada, ha prestado escasa atención a los factores institucionales que influyen sobre la prestación de este servicio, por tanto es necesario mencionar la influencia de factores institucionales tales como: instrumentación legal, administración pública, recursos financieros y participación ciudadana, sobre el desempeño de los gobiernos locales mexicanos en el manejo integral de los residuos sólidos urbanos.

Es un hecho tangible que los ayuntamientos de los Estados que presentan un mejores análisis de la problemática residual poseen diferencias totales respecto a los que no contemplan factores de impacto; por tanto el hecho de considerar aspectos demográficos impactantes como: el panorama socioeconómico, el ámbito legal, la inversión en capital humano debidamente capacitado, la solicitud de recursos financieros de programas federales e incluso los ingresos propios, así como activa participación ciudadana que colabore en las políticas públicas gubernamentales darán por resultado el éxito en el manejo residual.

Dado lo anterior debemos señalar que las ciencias ambientales poseen su propia visión respecto a la administración de los residuos sólidos, que es aportada desde la visión de la ingeniería ambiental que plantea: En el pasado se consideraba que los residuos sólidos eran un recurso, por lo que se examinará su potencial actual como recurso. Sin embargo, en general se considera que los residuos sólidos son un problema que se debe resolver lo más económicamente posible, y no que son un recurso que se debe recuperar (Davis, 2005).

Para ejemplificar lo antes mencionado debemos observar el diagrama que se encuentra plasmado en el cuadro 4 el cuál muestra una gestión adecuada de un sistema de administración de residuos sólidos desde la perspectiva de la ingeniería ambiental(Tchobanoglous,1977).

Cuadro 4. La Administración de Residuos Sólidos en la Ingeniería Ambiental.



#### IV.1 Manejo integral de los residuos sólidos urbanos

Se denomina residuos sólidos urbanos a aquellos que se generan en las casas habitación, los que provienen de cualquier otra actividad con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos (LGPGIR, 2011).

Un punto importante que hemos tratado de destacar a lo largo de esta investigación es distinguir con claridad entre la conceptualización de los términos gestión y manejo de los residuos sólidos urbanos. El manejo de los residuos sólidos se refiere tradicionalmente a las actividades de generación, almacenamiento y procesamiento en origen, recolección, transferencia y transporte, separación, procesamiento y transformación, así como disposición, lo cual se apega a lo que comúnmente se conoce como manejo integral (LGPGIR, 2011).

Por otra parte la gestión integral de los residuos, en cambio, incluye tanto equipamiento como actividades administrativas (capacitación de personal y fortalecimiento institucional), financieras, legales, de planeación y de ingeniería, así como la participación ciudadana. Por tanto no es posible encasillar las dos concepciones en un mismo significado.

Como ya mencionamos los residuos sólidos urbanos son los generados en las casas habitación, así como los residuos que provienen de cualquier otra actividad con características domiciliarias, así como los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos. El manejo integral de los RSU, de forma tradicional, comprende las etapas de reducción de origen, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final.

En México, y en general en el mundo, los gobiernos requieren realizar estudios de composición de los residuos generados a través de un diagnóstico que aporte la mínima información requerida para determinar las estrategias de gestión adecuadas, por este motivo conocer la situación de la entidad es el paso inicial para la creación de programas pertinentes y precisos que incluyan actividades de minimización, reuso y reciclaje.

Sin embargo y dado lo anterior es necesario destacar que la mayor proporción de municipios en México carecen de cifras o diagnósticos de la situación que guarda el manejo de los residuos sólidos urbanos (Burnley, 2007).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) define como manejo integral a las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, ya sea se realicen de manera individual o combinadas de manera apropiada, es decir, ajustadas a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

Los conceptos de recolección, rutas, transferencia, aprovechamiento, y disposición deben adaptarse ya que el último Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales fue editado por la Secretaría de Desarrollo Social en 2009, por lo cual se considera desactualizado y no es acorde a los requerimientos actuales y reales.

a) El tratamiento del agua contaminada

Aunque este trabajo se ha enfocado exclusivamente a mencionar aspectos referentes al manejo de residuos sólidos, debemos hacer mención de la existencia de efluentes líquidos contaminados que no son limitativos a la existencia de lixiviados.

Por lo anterior debemos destacar que las aguas residuales pueden tener las previsible consecuencias negativas si no reciben un adecuado manejo pues son fuente de enfermedades, en general, este es un aspecto poco mencionado en el manejo de residuos ya que el problema solo es visible en grandes volúmenes, en México las denominadas “aguas negras” son usadas de manera clandestina en la agricultura.

Las aguas residuales no tratadas representan un grave peligro para la sociedad ya que son transmisoras de muchas enfermedades infecciosas pues al encontrarse contaminadas principalmente con excremento de seres humanos y de algunos animales es común que en dichas aguas se alojen microorganismos

patógenos que provocan enfermedades, tal como lo muestra un estudio que refiere los datos que se aportan en el cuadro 4.1 (Nebel, 1999).

Cuadro 4.1. Microorganismos patógenos presentes en las aguas negras

ENFERMEDAD	AGENTE INFECCIOSO
Fiebre tifoidea	<i>Salmonella typhi</i> (bacteria)
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i> (bacteria)
Salmonelosis	Varias especies de <i>Salmonella</i> (bacteria)
Diarrea	<i>Escherichia coli</i> y varias especies de <i>Campylobacter</i> (bacterias)
Hepatitis infecciosa	Virus de la hepatitis A
Poliomielitis	Virus de la polio
Disentería	Varias especies de <i>Shigella</i> (bacteria) <i>Entamoeba histolytica</i>
Giardiasis	<i>Giardia intestinalis</i> (protozooario)
Numerosas enfermedades parasitarias	(ácaros, platelmintos)

Dado lo anterior deducimos que las aguas residuales deberían ser un tema a destacar en el manejo integral de residuos por el simple hecho de que utilizan un recurso no renovable que cada día es más escaso: el agua, y las campañas respecto a la necesidad de cuidarla y evitar su despilfarro en México son relativamente recientes (Llanos, 2010).

Por otra parte es necesario proponer alternativas que permitan eliminar los contaminantes que contienen las aguas residuales que son desechadas,

actualmente se tiene prevista la creación y puesta en servicio de una planta de tratamiento de aguas residuales que se ubicará en Atotonilco de Tula en el Estado de Hidalgo (CNA, 2011).

Respecto a las aguas residuales existen cinco subdivisiones específicas de contaminación, las cuales nos serán muy útiles al definir el proceso de limpieza al cual se deberán someter para su reutilización. A continuación describiremos cada una de ellas (Nebel, 1999):

- **Residuos y cuerpos sólidos:** Los residuos incluyen trapos, bolsas de plástico, y otros objetos que se dejan ir por los excusados o que resbalan por los desagües de lluvia en los lugares en los que aún están conectados al sistema de aguas residuales. Los cuerpos sólidos son arena y grava gruesas, y también entran sobre todo por el alcantarillado.

- **Partículas de materia orgánica:** Esta categoría comprende partículas visibles de materia orgánica producto de los desechos de alimentos en la basura doméstica así como materia fecal y papeles de los excusados. Incluye también bacterias y otros microorganismos que han comenzado a digerir los desechos y tal vez agentes patógenos. Es importante observar que, por definición, las partículas de materia orgánica se asentarán en las aguas tranquilas.

-

- **Materia orgánica disuelta y en estado coloidal:** Esta materia orgánica procede de las mismas fuentes, y la única distinción es su tamaño. En tanto que las partículas visibles de materia orgánica se asientan en aguas tranquilas, las partículas coloidales son tan finas que no sedimentan en un lapso razonable. También están presentes bacterias y otros microorganismos, entre ellos los patógenos. Además hay materia orgánica disuelta de jabones, detergentes, y otros agentes de limpieza y lavado.

- **Material inorgánico disuelto:** El material inorgánico disuelto está formado sobre todo por nitrógeno, fósforo y otros nutrientes de los desechos fecales, además de los fosfatos de los detergentes y los ablandadores de agua.

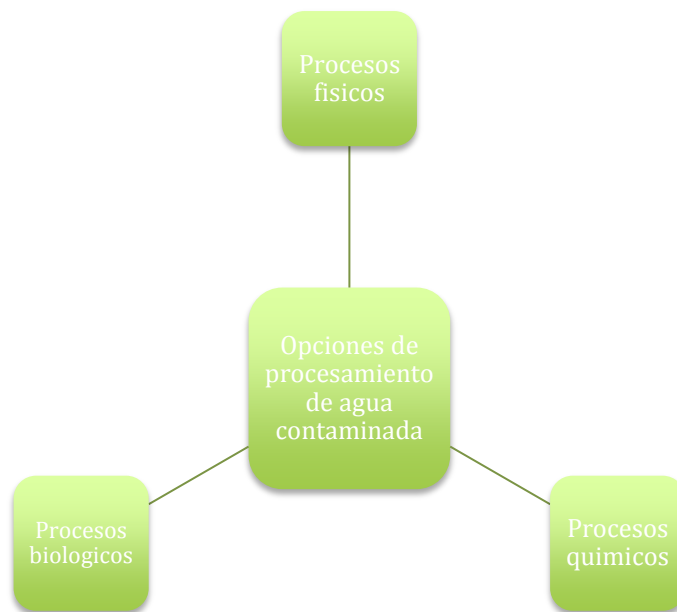
- **Otros contaminantes:** Además de las cuatro categorías de contaminantes de las aguas de desecho “normales” mencionadas anteriormente, existen grandes cantidades de pesticidas, metales pesados y otros compuestos tóxicos porque la gente vierte en las tuberías, las partes que no usa de los productos que los contienen. Además algunas industrias vierten en el alcantarillado ciertos desechos tóxicos. Para ejemplificar prácticamente lo antes mencionado debemos remitirnos a la figura 4.

Figura 4. Subdivisiones de las aguas residuales



En el ámbito científico existen fases para la eliminación de los contaminantes en las aguas de desecho así como tres tipos de técnicas para procesar el agua contaminada, las cuales se muestran en la figura 4.1 y se describe su explicación al continuar.

Figura 4.1 Alternativas de tratamiento de aguas residuales.



- **Procesos físicos:** Que dependen esencialmente de las propiedades físicas de la impureza, como tamaño de partícula, peso específico, viscosidad, etc. Ejemplos comunes de este tipo de procesos son: cribado, sedimentación, filtrado, transferencia de gases (Tebbut, 2008).
- **Procesos químicos:** Que dependen de las propiedades químicas de una impureza o que utilizan las propiedades químicas de reactivos agregados. Algunos procesos químicos son: coagulación, precipitación, intercambio iónico.
- **Procesos biológicos:** Que utilizan reacciones bioquímicas para quitar impurezas solubles o coloidales, normalmente sustancias orgánicas. Los procesos biológicos aeróbicos incluyen filtrado biológico y los lodos activados. Los procesos de



oxidación anaeróbica se usan para la estabilización de lodos orgánicos y desechos orgánicos de alta concentración.

- 
- **Tratamiento preliminar:** Este paso es sumamente necesario pues se retiraran residuos y cuerpos sólidos, se divide en dos etapas: cribar los residuos y asentar los sólidos. Para eliminar los residuos se hace pasar el flujo de aguas negras por una hilera de barras separadas aproximadamente por unos 2.5 cm.

Los residuos se recogen mecánicamente de la criba y se llevan al incinerador. Después de pasar por la criba, el agua fluye por un tanque de sedimentación de sólidos el cual es un depósito similar a una piscina en el que, su velocidad se aminora para permitir que los sólidos se asienten. Estos sedimentos se retiran en forma mecánica y se lleva a los rellenos sanitarios.

- **Tratamiento primario:** Después de la preliminar, el agua pasa al tratamiento primario, en el que fluye muy despacio por unos tanques grandes llamados clarificadores y por ello permanece casi inmóvil durante varias horas. Las partículas de materia orgánica, que suman alrededor del 30 al 50 % del total de ese material, se asientan en el fondo, de donde son retiradas. Al mismo tiempo, los materiales grasos o aceitosos flotan hacia la superficie, donde son recogidos. Todo este material retirado recibe en conjunto de *lodos en bruto* (Nebel, 1999).
- **Tratamiento secundario:** A este tratamiento podríamos llamarlo también biológico, pues se sirve de descomponedores naturales. En esencia, se crea un ambiente en el que estos microorganismos se alimentan de la materia orgánica disuelta y en estado coloidal y por respiración celular la descompongan en dióxido de carbono y agua.

El flujo del tratamiento primario es ese medio rico en alimentos, y lo único que hace falta es añadir oxígeno para facilitar la respiración y el crecimiento de los organismos.

Para el tratamiento secundario se utilizan dos técnicas:

**Sistema de filtros de goteo:** El agua que sale del tratamiento primario es rociada para que escurra en un lecho de piedras del tamaño de un puño, cuya profundidad es de dos a tres metros, este ambiente mantiene una cadena alimentaria compleja de bacterias, protozoarios y gusanos pequeños que absorben y digieren la materia orgánica del agua y microorganismos patógenos, el agua se pasa por clarificadores secundarios.

Con el tratamiento primario y los filtros de goteo, se elimina de 85 a 90 por ciento de la materia orgánica.

**Sistema de lodos activados:** Consiste en que el agua que sale del tratamiento primario se deposita en un tanque grande equipado con un sistema de burbujeo. Cuando el agua se introduce en el tanque, se le añade una mezcla que contiene lodo activado (con saprofitos) y se airea con vigor conforme circula.

En este medio bien ventilado, los organismos consumen la materia orgánica, junto con los microorganismos patógenos y reducen su biomasa, como se comen entre ellos mismos tienden a agruparse en conglomerados que reciben el nombre de *borra* la cual se asienta cuando el agua vuelve a estar en reposo.

**Separación de los nutrientes biológicos:** En esta fase se elimina el material inorgánico disuelto, se modifican los sistemas secundarios de lodo activado para que también sea posible recoger los nutrientes, así como los desechos de la oxidación.

Finalmente se lleva a cabo la limpieza y desinfección final la cual se lleva a cabo una vez que se removieron biológicamente los nutrientes, en esta fase final las aguas residuales se someten a una última limpieza por filtración en una capa de arena y se desinfectan.

Es un hecho que pocos microorganismos patógenos quedan después de las etapas de tratamiento y filtración.

#### IV.1.1 Recolección y transporte de residuos sólidos

La recolección incluye hacer acopio de los residuos sólidos de diversos orígenes y transportarlos hasta el centro de transferencia, planta de aprovechamiento o sitio de disposición final, debemos destacar el hecho de que la recolección es una de las actividades más costosas dentro del manejo integral de los residuos.<sup>12</sup>

Al respecto es importante destacar que México aún tiene un sistema de limpia que en la mayoría de los casos podríamos clasificar como rudimentario ya que aún no se cuenta con un sistema de recolección en las calles que sea automatizado, por tanto en la mayoría de los casos se practica el barrido manual.

Sin embargo debemos señalar los pocos casos en los cuales se realiza el barrido de manera automática. El uso de este sistema de barrido se observa en mayor proporción en ciudades de los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Baja California; en el centro del país también se realiza, aunque en forma escasa. El hecho de que pocas ciudades dispongan de maquinaria para el barrido se debe principalmente a la asignación de recursos económicos para adquirir el equipo y una vez adquirido darle el mantenimiento adecuado.

Dado lo anterior y observando los casos de éxito de la práctica del barrido manual, debiera pugnarse por implementar esta práctica en los Estados de la República mexicana que así lo permitieran; sin embargo el motivo por el cual esta práctica es poco frecuente es de índole social ya que se esgrimen argumentos respecto a que si bien el barrido mecánico implica menores gastos que el manual, ocasiona el desplazamiento de mano de obra y favorece la salida de divisas del país ya que el equipo utilizado para proporcionar este servicio es importado.

Al respecto se proporcionan los siguientes datos de manera oficial (SEDESOL, 2009):

Con respecto a rutas de recolección los datos son:

---

<sup>12</sup>Según estimaciones realizadas por especialistas en la materia, la recolección constituye entre el 70 y el 85% del costo total del manejo de los residuos sólidos.

- En el 75% de las ciudades las áreas atendidas se dividen por sectores operativos.
- Sólo el 43% de las ciudades medias realizan un diseño a través de un método técnico para llevar a cabo la recolección.
- En cuanto a los métodos actuales de recolección realizados en el país, el más común es el de parada fija, el cual implica esperar al camión recolector más sin embargo, debido a las características de nuestras ciudades se ha optado por emplear primordialmente una combinación de estos.
- El 26.67% de las ciudades disponen de rutas eficientes de recolección y en un 73.33% no son suficientes.

Adicionalmente a lo ya mencionado se calcula que el número promedio de viajes que realiza cada camión diariamente es de 3, y por cada vehículo recolector se emplean en promedio 1 chofer y 3 ayudantes.

Dado lo anterior podemos deducir que la ausencia de diseño de rutas de recolección da por resultado una deficiente planeación en la gestión de los residuos y por ende una deficiente recolección de los residuos que al no llegar a su destino final especificado permanecerán en las calles con las previsibles consecuencias.

Es de vital importancia hacer hincapié en el transporte de los residuos sólidos hacia los vertederos donde serán depositados finalmente ya que al igual que la fase de recolección es la etapa que más recursos económicos emplea.

Por lo tanto, para que un Estado o Municipio tenga una exitosa gestión residual es necesario llevar a cabo un análisis de los costos y beneficios con base en:

- La generación de basura producida en los distintos sitios o fuentes.
- Frecuencia y métodos de recolección.

- Personal necesario.
- Condiciones medios ambientales y sociales de cada ciudad.

Por otra parte debemos mencionar que además del capital humano es necesario contar con herramientas básicas y en buen estado para cumplir con el servicio de recolección de residuos. Por lo tanto debemos referirnos a los camiones recolectores “de basura” pues siempre han representado para las distintas entidades mexicanas una paradoja ya que muestran tangiblemente la fortaleza y debilidad de los sistemas de limpia estatales.

En los Municipios más marginados de la República Mexicana visualizamos que el transporte más usado es el denominado “camión de volteo” así como otro tipo de vehículos, los cuales no son los más adecuados desde el punto de vista económico y sanitario.

Los vehículos compactadores a pesar de reunir mejores ventajas para el transporte son ocupados como segunda opción. Asimismo una situación recurrente son los vehículos descompuestos, situación preocupante ya que se estima que se encuentran en esta situación casi el 20% del total de vehículos en activo.

Aunque la situación anteriormente mencionada debiera ser una prioridad gubernamental es alarmante el hecho de que se señale con base en diversos análisis presupuestales que solo el 37% de las ciudades carecen de presupuesto específico para el mantenimiento del parque vehicular de los servicios de limpia, lo que significa que en la mayoría de los casos no se cuenta con talleres apropiados, refacciones especiales y equipo necesario.

Así mismo de los vehículos restantes que se encuentran en servicio activo, encontramos que un alto porcentaje se considera parametralmente de malas a regulares condiciones, lo que refleja también que se carece de un mantenimiento preventivo y correctivo.

Dado lo anterior debemos resaltar que al referirnos a la asignación de recursos para los servicios de limpia no debemos argumentar sólo la compra de suficientes vehículos, lo cual es indispensable para el sistema para el transporte de los residuos, también es necesario impulsar acciones como organizar y equipar los talleres de mantenimiento, minimizando con esto los costos y prolongando la vida útil de los vehículos con lo cual se podrá realizar una cobertura más eficiente.

En lo referente al aspecto de eficiencia del servicio, se debe contemplar dentro de la planeación, la posibilidad de instalar centros de transferencia en sitios estratégicos, con el fin de que los vehículos recolectores de los residuos puedan ampliar su cobertura al reducir las distancias al sitio de disposición final o de tratamiento.

Actualmente solo 16 ciudades medias del país cuentan con centros de transferencia, los cuales operan como tales o a través de remolques o tráileres; en dos más existe el proyecto de construcción y en otra están por concluirse los trabajos de instalación.

Es necesario mencionar las ventajas de la implementación y uso cotidiano de los centros de transferencia dando primordial importancia al ámbito económico pues es el primer aspecto a considerar desde la perspectiva gubernamental al analizar su viabilidad. Al respecto podemos mencionar datos otorgado por el Instituto Nacional de Ecología:

**Costo de operación del equipo de recolección que incluye los cargos fijos de consumo y de personal (INE, 2009).**

- Costo de operación del equipo de recolección ..... 0.042 U.S.\$/ton-min

**Costo de operación del equipo de transporte y transferencia, que considere los cargos fijos, de consumo y de personal.**

- Costo de operación del equipo de transferencia.....005 U.S.\$/ton-min

**Costos fijos de la estación de transferencia, que sólo tomen cuenta, los costos de inversión de la instalación.**

- Costo de inversión de la estación de transferencia.....0.1 U.S.\$/ton

**Costos variables de la estación de transferencia, que incluyen exclusivamente al personal que la opera.**

-Costo de operación de la estación de transferencia.....01 U.S.\$/ton

Ahora bien, si se toma un valor promedio de 1 hora y 10 minutos para un viaje de "ida-vuelta" de cualquier vehículo recolector sin considerar la estación de transferencia, la operación con vehículos de recolección está costando actualmente alrededor de 2.94 U.S. \$./ton; valor que se vería reducido en 1.48 U.S. \$/ton mediante el empleo de la citada estación, ya que su operación costaría 1.4 U.S. \$/ton; lo cual significa un ahorro de US \$2,905 por día para la situación actual que implica un manejo de 1,963 ton/día.

Por tanto deducimos que un método adecuado de recolección reduce los costos de operación, el cual debe ser diseñado de acuerdo a las condiciones topográficas, socio- económicas, etc. de las áreas que se vayan a atender, con el fin de ampliar la cobertura del servicio, sobre todo de las áreas marginales de bajos ingresos, en las que por las condiciones de hacinamiento y las condiciones previas de la vivienda, la recolección debe ser más eficiente.

#### IV.1.2 Alternativas al depositar los residuos sólidos

Es un hecho que no es posible, ni se debe generalizar a los residuos en una sola forma de tratamiento ya que existen diferencias sustanciales entre los residuos sólidos y los líquidos, por un lado observamos que en lo que respecta a los

primeros, muy poco ha cambiado desde siglos atrás pues consideramos que el depósito y almacenamiento fue el primer destino de los residuos generados por la humanidad.

Sin embargo debemos destacar que esta práctica, conforme ha avanzado la evolución de la humanidad, ha sido cada vez más nociva y dañina puesto que los residuos generados se han ido modificando y de ser casi en su totalidad materia orgánica han pasado a representar verdaderos riesgos para las poblaciones y la sociedad en general.

Se tienen registros que nos remontan a la Edad Media donde se observa que los residuos urbanos generados, se vertían en las calles o en los ríos, con las consecuentes repercusiones en la salud de la población, siendo hasta el siglo XIX donde se lleva a cabo una mayor concientización acerca del peligro que representaba deshacerse de esta manera de los residuos sólidos. Paris es la precursora del uso de lo que en la actualidad se denomina como: “basurero”.

Por otra parte como ya mencionamos el manejo de residuos líquidos es un tema en el cual pocas veces se abunda ya que al filtrarse en el subsuelo dejan de ser un problema visible para convertirse en otro invisible aún más grave pues la contaminación de los mantos acuíferos la mayoría de las veces es irremediable.

El uso de un vertedero de desechos ha sido durante mucho tiempo un punto de vista práctico y barato. Las desventajas de los vertederos son las molestias para los habitantes del lugar previsto para construirlo, lo cual constituye un factor de presión extraordinariamente fuerte ya que generalmente los gobiernos no desean que se les relacione con acciones que serán recordadas por la sociedad afectada de manera negativa.

Aunado a lo anterior se presentan evidentes riesgos para la salud pública pues atraen y sirven de criadero de fauna nociva principalmente de ratas y moscas. Por otra parte debemos destacar que quienes manejan y escogen los residuos corren el riesgo de contagiarse y transmitir enfermedades, sobre todo si los desechos clandestinos de hospitales o de excretas humanas se depositan junto



con los desechos generales. Además, condenan grandes áreas que, incluso después del cierre del sitio y del relleno posterior, no son aptos para muchas actividades.

Cuando los desechos orgánicos se depositan en botaderos o rellenos sanitarios profundos sufren una degradación anaerobia y se convierten en fuentes significativas de metano, los residuos enterrados siguen deteriorándose durante muchos años, la producción de lixiviados y de gas metano tienen que ser evacuados y tratados por períodos largos periodos de años.

Respecto de los residuos sólidos podemos mencionar que existen tres tipos diferentes de rellenos sanitarios:

a) Relleno sanitario mecanizado

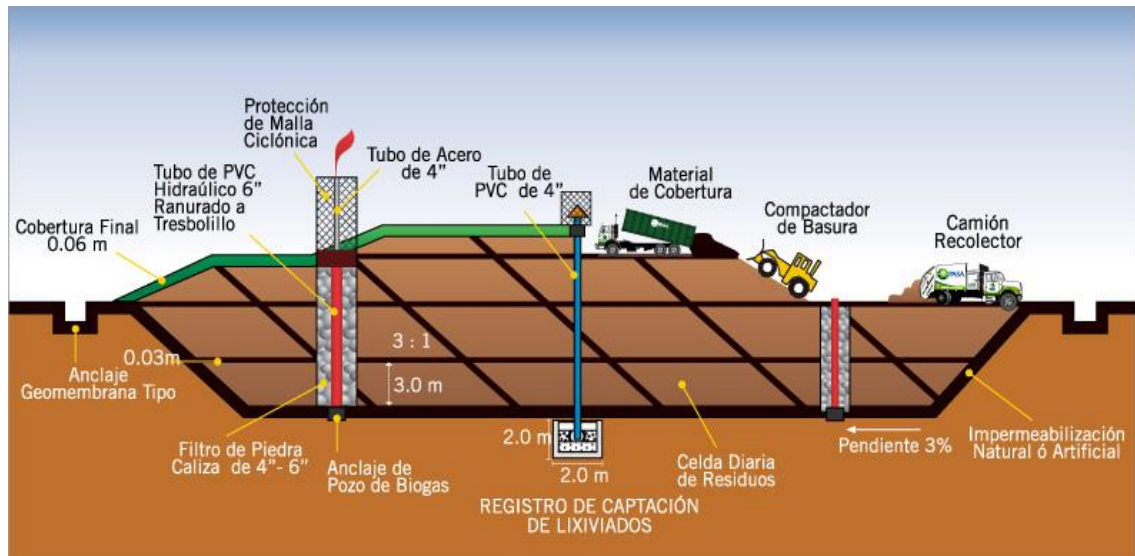
El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo que dependerá de la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, así cómo la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como de un equipo especializado para el movimiento de tierra como puede ser un tractor de oruga, una retroexcavadora, etc., como nos muestra la figura 4.2 un relleno sanitario mecanizado requiere de una avanzada gestión residual basada en un eficiente sistema de gestión de calidad que se rija preferentemente bajo parámetros de normatividad ISO.

Figura 4.2 Relleno Sanitario Mecanizado<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup>Vease: <http://www.pasa.mx/>



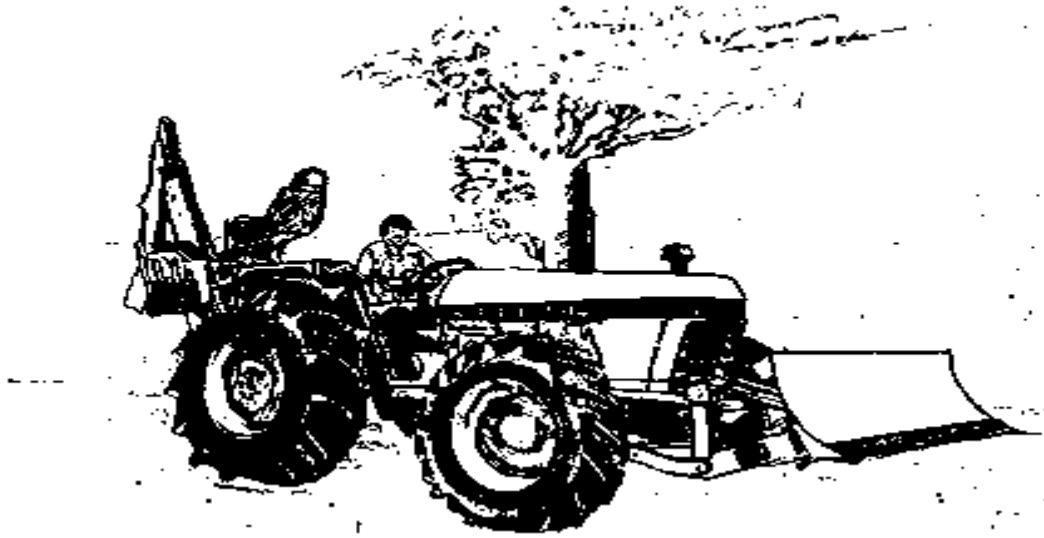
## b) Relleno sanitario semimecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo a la labor manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno.

En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semimecanizado, un ejemplo de dicha maquinaria nos lo muestra la figura 4.3.

Expertos en la materia señalan que es necesario llevar a cabo el movimiento de la tierra permanentemente cuando al relleno sanitario se llevan más de 40 toneladas diarias de Residuos, siendo este volumen el equivale por lo general a poblaciones mayores de 40.000 habitantes.

Figura 4.3<sup>14</sup> Tractor agrícola adaptado para su función en un relleno semimecanizado



#### c) Relleno sanitario manual

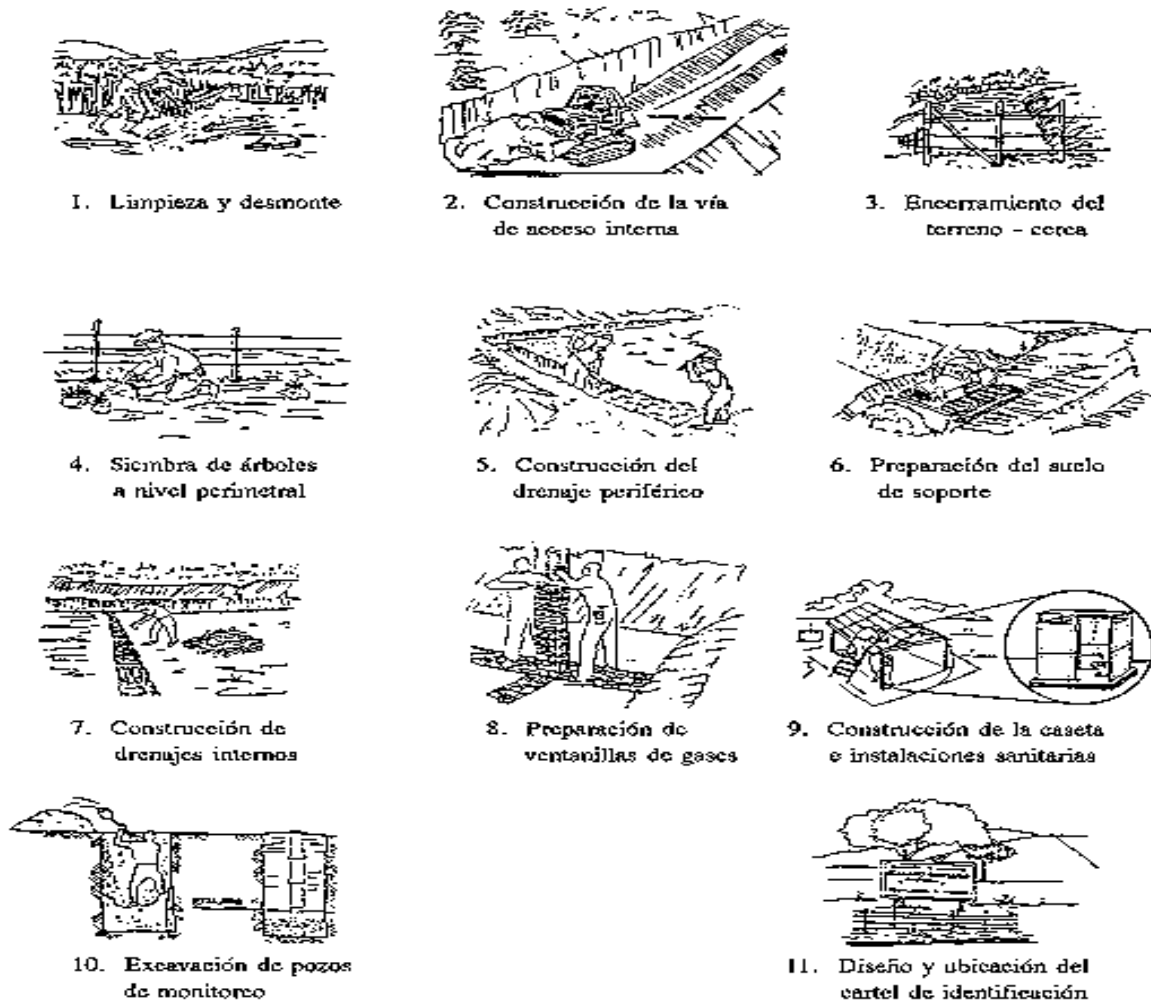
Es una adaptación de la conceptualización de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen, la cual debe ser de menos de 15 toneladas por día, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.

---

<sup>14</sup>Vease: [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_rsm/e/unidad3.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad3.html)

El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutado con el apoyo de la comunidad y el empleo de algunas herramientas.

Cuadro 4.2 Preparación y construcción de un relleno sanitario manual<sup>15</sup>.



Muchas son las limitaciones técnicas que son impuestas sobre el funcionamiento de estos sitios por ejemplo el suelo debe ser lo más impermeable posible, se debe buscar la protección de los recursos hídricos y el establecimiento de geomembranas para evitar una posible filtración al subsuelo.

<sup>15</sup>Vease: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo3.html>

Asimismo es necesario señalar la producción de metano en los rellenos sanitarios, al respecto (Bernel, 1999) se menciona que dos tercios de los desechos son materia orgánica, por lo tanto están sujetos a la descomposición natural. Ahora bien, los desechos enterrados no tienen oxígeno, por lo que su descomposición es anaerobia, su principal subproducto es el biogás, que está compuesto por dos tercios de metano y el resto por hidrógeno y bióxido de carbono, dicha mezcla es altamente inflamable.

El biogás es generado en el fondo de los rellenos y es posible que se escurra en dirección horizontal a través de suelo y rocas, penetra en los cimientos y es muy probable que si no se le correctamente aprovechado cause explosiones y explote.

Algunas ciudades han obtenido beneficios de estos problemas mediante la instalación de “pozos de gas” en los rellenos viejos y en operación. Los pozos canalizan el biogás, el metano se purifica y se aprovecha como combustible (Osorio, 2012).

#### d) La Incineración

Por otra parte encontramos que existe otra manera de desaparecer visualmente a los residuos. La incineración es una técnica de destrucción de residuos por medio del fuego. La incineración es criticada por causa de las dioxinas cancerígenas producidas por la combustión.

Con el fin de controlar la cuantía de las dioxinas, una norma se aplica sobre todos los incineradores, la fijación de un filtro capaz de limitar las emisiones de dioxinas. La incineración de residuos también provoca la expulsión de dióxido de carbono. Este gas de efecto invernadero contribuye al calentamiento global.

La falta de los conocimientos actuales sobre los efectos de las incineradoras sobre la salud humana viene causada porque las incineradoras son a menudo rechazadas por sus vecinos. La incineración es criticada porque requiere una cantidad de combustible que podría ser utilizada para otras cuestiones.

Las escorias, que son los residuos sólidos procedentes de la incineración de residuos, suponen el 25% de las cantidades que emergen en forma de desecho. Se trata de mezclas de metales, vidrio, sílice, alúmina, piedra caliza, cal, productos inquemados y agua. Todos estos desechos son ordenados y separados por un imán y por las famosas corrientes de Foucault para eliminar los diversos metales que pueden ser reciclados. Dependiendo de su calidad y estabilidad, el resto de la escoria se almacena en vertederos o se utiliza como relleno en las carreteras.

Como antecedente de este método podemos mencionar la fabricación de uno de los primeros incineradores a gran escala, el cual se construyó en Inglaterra en el año de 1870, posteriormente se construyeron otros en Estados Unidos y Alemania en 1885 y 1896 respectivamente (Vázquez, 2002).

La incineración es un tratamiento que consiste en destruir los residuos por acción de una alta temperatura, lo cual se conoce técnicamente como termodestrucción. La Termodestrucción se realiza en hornos, que poseen en general dos cámaras. La cámara primaria que se encuentra a una temperatura aproximada de 800° C, la cual recibe los residuos y es donde comienza el proceso de combustión en una atmósfera carente de oxígeno.

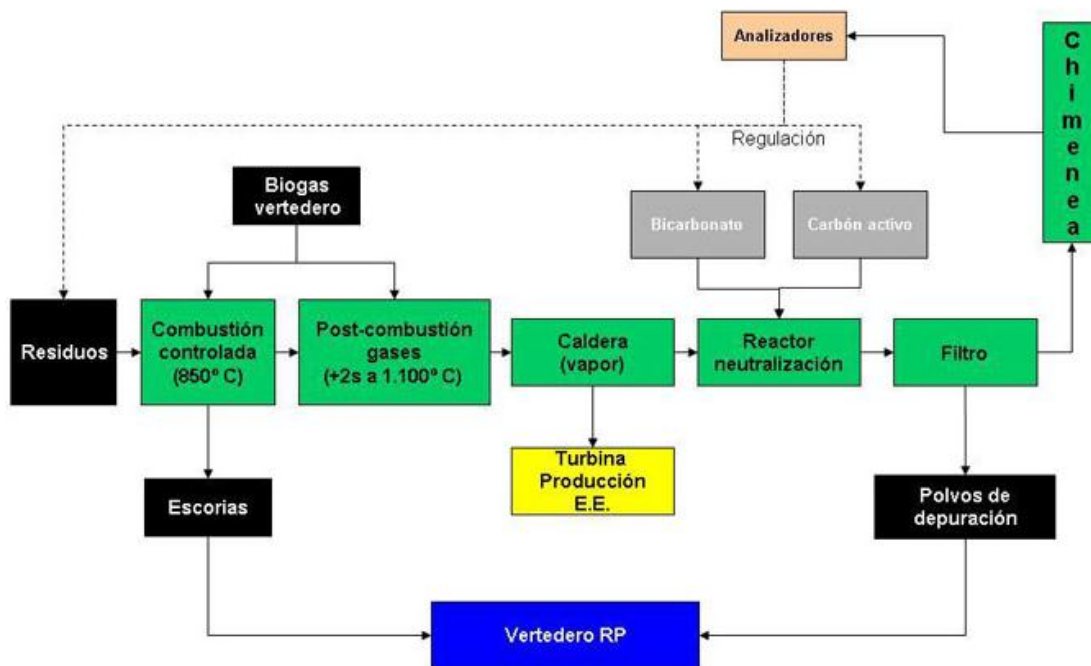
La cantidad de aire de combustión es regulada a fin de liberar el Material Volátil y oxidar el Carbón Fijo del residuo. Los gases generados pasan a la cámara secundaria donde se introduce un exceso de aire y la mezcla de aire-gas es recombustionada a 1200° C con un tiempo de resistencia de 2 segundos.

El propósito principal de la incineración es convertir la basura urbana en un material no peligroso, estable tanto química como microbiológicamente, con un peso y volumen menor. Todo esto, logrado en corto tiempo dentro de una instalación de dimensiones reducidas, por tanto es necesario seguir el mapeo que nos muestra la figura 4.3 con la finalidad de llevar a cabo los procedimientos de manera adecuada.

Un segundo objetivo de la incineración es obtener energía derivada del uso de basura urbana como combustible. Empero se debe puntualizar que la finalidad principal de un incinerador es destruir la basura y recuperar la energía.

El uso de los incineradores como medio para proveer energía disminuyó a principios del siglo XX debido a la disponibilidad de combustibles fósiles a bajo costo, sin embargo resurgió a principios de los setenta por los fuertes incrementos en los precios del petróleo, aunque volvió a decaer a mediados de los ochenta a causa del desplome en los precios del petróleo a nivel mundial.

Cuadro 4.3 Mapeo de un sistema de incineración<sup>16</sup>.



La incineración sirve para destruir principalmente los materiales orgánicos, y aquellos elementos inorgánicos con resto de materiales orgánicos. También se utiliza para destruir productos terminados que no se desean comercializar y materias primas que no se van a utilizar, por ejemplo:

<sup>16</sup>Vease: <http://www.cogersa.es/metaspaces/portal/14498/19238>

- Alimentos y medicamentos vencidos.
- Medicamentos próximos al vencimiento.
- Envases de productos discontinuados.
- Materias primas y productos fuera de especificación.

Algunas ventajas del uso de incineradores son las que se muestran a continuación (Vázquez, 2002).

- Es higiénica casi en su totalidad.
- La reducción de volumen es de 10 a 1, o aún más, proporción considerablemente mayor de lo que puede lograr cualquier forma de disposición. El peso de la basura convertida en ceniza seca se reduce a cerca del 30% del peso original.
- El control que se puede lograr sobre el proceso es tal que se puede garantizar que sean mínimas las cantidades de materia orgánica en el residuo, de modo que el método permita la disposición de ceniza en sitios no apropiados para relleno sanitario convencional.
- Los problemas de polvo no están asociados con la disposición de cenizas.
- El espacio requerido para la disposición de ceniza es mucho menor que el que se necesitaría para un relleno sanitario.
- La planta de incineración es una instalación compacta dentro de un edificio bien proyectado que se ubica en el campo o fuera de la zona urbana.
- Sus residuos están relativamente libres de molestias y se pueden usar como material del relleno.
- Con la incineración se puede tratar la basura directamente, sin necesidad de clasificarla o molerla previamente.



- El clima no afecta el método de incineración.
- Puede ser flexible tanto en las horas como en las condiciones de operación.
- Ofrece posibilidades de conseguir ingresos adicionales por la venta de productos colaterales (electricidad, vapor, agua caliente, metales, vidrios, otros)

Sus desventajas son (Vázquez, 2002):

- Requiere de gran inversión de capital.
- Presenta altos costos de mantenimiento y funcionamiento.
- Como hemos visto anteriormente tiene altos riesgos de contaminación ambiental.
- Incompatibilidad con otros sistemas de manejo de residuos.
- No es un método completo, ya que genera cenizas y hay que buscar un sitio para disponer de dichos residuos.
- La mano de obra utilizada en un relleno sanitario es muy diferente a la empleada en una planta incineradora ya que en esta última debe estar altamente calificada al igual que el personal que se encarga de su mantenimiento.

Las dioxinas son el contaminante más conocido asociado a los incineradores, causan una gran variedad de problemas en la salud, incluyendo cáncer, daños al sistema inmunológico, y problemas reproductivos y en el desarrollo. Dichos elementos se biomagnifican, lo que significa que pasan a través de la cadena alimentaria desde la presa al predador, concentrándose en los productos a base de carne y lácteos y, finalmente, en los humanos. Las dioxinas son de particular interés porque están por todas partes presentes en el medio ambiente y en los humanos a niveles que han demostrado causar problemas en la salud, lo que implica que la población entera está sufriendo sus efectos ahora. En todo el mundo, los incineradores son la fuente primaria de dioxinas.

Los incineradores son también una fuente principal de contaminación con mercurio. El mercurio es una poderosa neurotoxina, que deteriora las funciones motoras, sensoriales y cognoscitivas, y la contaminación con mercurio está esparcida.

Los incineradores son también una fuente significativa de otros metales pesados contaminantes, como el plomo, cadmio, arsénico, cromo y berilio. Otros contaminantes de interés emitidos por los incineradores incluyen algunos hidrocarburos halogenados (que no son las dioxinas); gases ácidos, precursores de la lluvia ácida; efluentes particulados, que deterioran las funciones pulmonares; y gases del efecto invernadero.

Sin embargo, la caracterización de las emisiones contaminantes de los incineradores se halla aún incompleta, y muchos compuestos aún no identificados están presentes en las emisiones al aire y en las cenizas.

Aunque podría opinarse sin una base fundamentada que la incineración de las plantas es una actividad carente de consecuencias debemos mencionar que también produce metales pesados, que son el problema central de un vertedero controlado.

Por lo anteriormente mencionado las alternativas deben atacar la entera noción de la disposición de residuos, reciclando todos los materiales en desuso de vuelta a la economía humana o la naturaleza misma, y por lo tanto aliviando la presión ejercida sobre los recursos naturales.

Para hacerlo, tres supuestos sobre el manejo de residuos deben ser reemplazados por tres nuevos principios. En lugar de asumir que la sociedad va a producir cada vez más cantidad de residuos, debe darse prioridad a la minimización de los residuos.

Los elementos desechados deben ser segregados para que cada fracción pueda ser óptimamente convertida en composta o reciclada, en lugar del sistema actual de disposición de residuos mezclados. Y las industrias deben rediseñar sus

productos para facilitar su reciclaje al finalizar su vida útil. Estos principios se aplican a varias clases de residuos.

En el ámbito internacional, el Convenio de Estocolmo, si bien no prohíbe la incineración, introduce severas restricciones para llevar a cabo su práctica. Cuatro de los 12 químicos que el Convenio toma como objetivo son productos no intencionales derivados de la incineración, y el Convenio llama a su continua minimización y eliminación.

El Convenio de Estocolmo habla, significativamente, de descargas totales, no sólo emisiones al aire, y llama claramente a los países a prevenir la formación - no sólo la descarga- de estos químicos. Ya que la formación de esos cuatro químicos resulta inevitable en la incineración, esta medida emite una clara señal de que el fin de la incineración es una posibilidad a corto plazo.

#### e) Producción de mantillo y composta

Esta es una alternativa en el depósito de residuos pues al implementarla se reducen significativamente la contaminación de suelos pues, lo que se conoce comúnmente como mantillo es un material de origen orgánico con el cual se cubre el suelo, también se emplea para proteger áreas donde el suelo está perturbado o para controlar el crecimiento de vegetación indeseada en ciertos lugares.

Denominamos composteo al proceso en el cual se permite que el proceso natural de descomposición transforme la materia orgánica en composta, ejemplo de composteo lo podemos observar de manera natural en la naturaleza pues las hojas y ramas en el piso del bosque forman una capa que protege las raíces de las plantas, asimismo se forma un ambiente propicio para gusanos e insectos benéficos que transformarán materia orgánica en composta.

#### f) Reducción en la fuente

Este punto es vital en el manejo de residuos ya que simplemente si se controlan la generación de residuos desde su origen la problemática se minimiza

drásticamente, por tanto definimos la reducción en la fuente como: la práctica de diseñar, fabricar, adquirir, usar y reutilizar materiales de manera que la cantidad de desperdicios o su toxicidad se reduzca (Enger, 2006).

Al respecto: Los cambios en el diseño de los envases de bebidas gaseosas y de leche son buenos ejemplos de reducción en la fuente. Desde 1977, el peso de una botella plástica de refresco de dos litros se ha reducido de 68 g a 51g. Esto se traduce a 114 millones de kg de plástico al año, cuyo ingreso al flujo de desperdicios se ha evitado. El peso de una botella de plástica de leche se ha reducido 30%(Enger, 2006).

El factor que determina las decisiones de compra es fundamental en la reducción de la fuente ya que los consumidores marcaran la pauta al elegir comprar productos que hayan reducido el desperdicio de embalaje así como la adquisición de productos a granel.

## CONCLUSIONES

Para fines de esta investigación fue fundamental diferenciar la conceptualización de los términos utilizados que refieren a los desechos y nos ayudan a determinar la manera adecuada para referirnos a cada uno considerando el contexto en el que se utilice.

Fue necesario proponer un punto de inicio que parta de la conceptualización más básicas para, de esta manera asegurarnos que el conocimiento al que nos referiremos a lo largo de esta investigación sea uniforme.

La identificación de las fuentes originarias de residuos nos permitirán desarrollar una conciencia respecto a la emisión de contaminantes, asimismo su clasificación permitirá determinar el tratamiento más adecuado.

Es necesaria la reflexión en el consumo de productos que tengan impacto medioambiental, de igual manera, son necesarias políticas públicas que sancionen a aquellas empresas que obtienen recursos económicos sin contribuir a minimizar los efectos adversos de los insumos que producen.

El reciclaje es un factor importante y fundamental en el manejo de los residuos sólidos, por lo cual las medidas adoptadas en el Distrito Federal en materia de separación residual deben ser implementadas gradualmente a nivel nacional para aprovechar aquellos productos que sean susceptibles de ser reciclados y de esta manera reducir los residuos que se reciben en los rellenos sanitarios.

De igual manera es necesario impulsar a la industria del aprovechamiento de la basura tecnológica pues consideramos que México posee las características necesarias para el florecimiento de las empresas dedicadas a este ramo; por lo cual es necesario un subsidio gubernamental o particular para la adquisición de la maquinaria necesaria, eliminando la necesidad de enviar al extranjero los insumos para su aprovechamiento.

Es necesario implementar una adecuada gestión de residuos que, de manera integral observe la preponderancia de factores materiales y humanos para poder proporcionar un servicio eficaz que satisfaga las necesidades de la población mexicana, para lo cual, en caso de ser necesario, debe contemplarse la posibilidad de llevar a cabo una concesión parcial a uno o varios particulares, sin permitir jamás la pérdida del control de la gestión residual.

Es un hecho comprobado que el Estado pierde el control del lugar de disposición final de los residuos al darle cabida a las distintas asociaciones de “pepenadores” que habitan en dichos lugares, siendo estos generalmente explotados y redituables para los líderes; por lo cual es necesario integrar a estos trabajadores bajo el esquema de trabajadores gubernamentales, de tal manera que sus derechos y obligaciones se encuentren delimitados y su sindicato se encuentre regulado en la medida de lo posible.

El caso del Bordo Poniente ejemplifica lo anteriormente planteado pues, a pesar de estar clausurado de manera oficial, el gobierno del Distrito Federal se ha visto imposibilitado para cerrar de manera definitiva la estación de transferencia ubicada en dicho lugar pues se encuentra sitiada por diversas agrupaciones siendo aun altamente redituable para estos gremios.

En las últimas décadas se ha utilizado indistintamente el término de reciclaje, desarrollando un fraude operado de manera gradual ya que, la proliferación de productos supuestamente “reciclados” no es más que el reuso de las materias primas lo cual, al ser desechados complica su aprovechamiento pues se integran varios insumos en un solo producto.

En México existen certificaciones otorgadas por Organismos internacionales que verifican el cumplimiento de los diversos lineamientos referentes a distintas normas, tal es el caso de la normativa ISO y OSHA, sin embargo el caso que nos ocupa, refiere a la certificación como Industria Limpia la cual es certificada por la Procuraduría Federal del Medio Ambiente, la cual se otorga a las empresas que

cumplen los requerimientos solicitados en materia medioambiental, dicha certificación debiera ser obligatoria para todas las empresas independientemente de sus emisiones ya que, si su carácter fuese sancionador y obligatorio el sector empresarial se vería obligado a replantear sus procesos con los consecuentes beneficios.

Es un hecho tangible que ninguna medida propuesta, dará el resultado deseado si no se toman medidas radicales en cuanto a reducción desde la fuente originaria, lo cual se puede llevar a cabo sancionando a aquellas empresas cuyos empaques no sean de fácil reciclaje y llevando a cabo una permanente campaña de concientización de la sociedad mexicana respecto al hecho fundamental de que, además de verificar los mejores precios se debe constatar la durabilidad del producto, su empaque y la manera en que ambos se integran al medio ambiente una vez que sean desechados.

Es necesaria una adecuación en la gestión integral de residuos que observe las condiciones actuales de la población y con base en dichas percepciones se deben fijar nuevos paradigmas que implementen mejoras sustanciales como el diseño de nuevas rutas de recolección y el acopio nocturno.

Dado lo anterior podemos determinar que el objetivo general de este trabajo se cumplió ya que a lo largo de esta investigación se abordó de manera repetida la problemática residual además de proporcionar alternativas para afrontar de manera inmediata su problemática.

## BIBLIOGRAFIA

Ahumada, B, *El libro verde: Ecología cero para una nueva sociedad en un mundo sustentable*, México, UNAM, 2002.

Aguilar, Margot, *La basura es un tesoro en Ecología, municipio y sociedad civil*, México, Trillas, 1992

Berthier, Héctor, *Garbage, work and society*, UNAM, citado del recurso informático ScienceDirect.

Berthier, Héctor, *La sociedad de la basura: cacicazgo en la ciudad de México*, México, UNAM, 1990.

Bove, José, *El mundo no es una mercancía*, Barcelona, Icaria, 2001.

Brañes, Raúl, *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*, México, FCE, 2000.

Burnley, S. J, *A review of municipal solid waste composition in the United Kingdom en Waste Management*, Inglaterra, 2007. Citado del recurso informático ScienceDirect.

Buenrostro, O. y Bocco, G. *Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives*, Resources Conservation & Recycling, 2003, número 39. Citado del recurso informático ScienceDirect.

Bernard, Nebel, *Ciencias Ambientales*, México, Pearson, 1999.

Bureau Veritas Formación, *Manual para la formación en Medio Ambiente*, España, Lex Nova, 2008.

Cortinas, Cristina, *Hacia un México sin basura*, México, Grupo Parlamentario del PVEM, 2001

Conesa, Vicente, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Madrid, Mundi- Prensa, 1995.

CMPPC y SM-Dinamys, *Estudio de Prefactibilidad de la Gestión de Residuos Tóxicos y Peligrosos*, México, CMPPC y TÜV-ARGE-MEX, 1992.

Comisión Nacional del Agua, Planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco, <http://www.conagua.gob.mx/sustentabilidadhidricadelvalledemexico/ptaratotonilco.aspx>



Carrasco, Sandra, *50% de encharcamientos por tirar basura: protección civil*, *El Universal*, 29 de Junio de 2011, <http://www.eluniversaldf.mx/coyoacan/nota29117.html>

Davis, Mackenzie, *Ingeniería y ciencias ambientales*, México, Mc Graw Hill, 2005

Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, Subsecretaría de Desarrollo Urbano, México, Secretaría de Desarrollo Social, 1994

Enger, Eldon, *Ciencia Ambiental*, México, Mc Graw Hill, 2006

ENEP, Acatlán, *Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*, México, 1992.

Enkerlin, Arturo, *Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible*, México, International Thompson, 2007

Enger, Eldon, *Ciencia ambiental*, México, Mc Graw Hill, 2006

Fuentes, Ruth, *Ganan pepenadores; no cerrará la planta de selección de basura aún después de la clausura del Bordo Poniente*, México, *La Crónica*, 19 de Noviembre de 2011.

[http://www.cronica.com.mx/nota.php?id\\_notas=618032](http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_notas=618032)

Gunther, Maihold, *Hacia una cultura ecológica*, Madrid, Fundación Friedrich Ebert, 2005.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, *Otorgamiento de una concesión de los residuos sólidos urbanos propiedad del DF que se encuentran en la IV Etapa de dicho Relleno Sanitario, para la captura y aprovechamiento del biogás generado por los mismos, para ser utilizado como combustible y/o la generación de energía eléctrica*. México, 27 de Febrero de 2012. <http://www.noticiasdetucidad.df.gob.mx/?p=29584>

Gobierno del Distrito Federal, *Ciudad de México, Crónica de sus Delegaciones*, México, Secretaría de Educación del Distrito Federal, 2007.

Hanan, Fanuel, *La basura, problema de todos*, Caracas, Ratuela, 2004.

Instituto Nacional de Ecología, *Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas*, 2009.

Instituto nacional de Ecología, *Guía para el manejo ambientalmente adecuado de los residuos*, México, 2011. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/345/guia.html>

*Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*, México, 2003.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, México, 2011

Leal, José, *Temas Ambientales Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, México, Coedición Gobiernos del Estado de México y de la Ciudad de México, 1996.

Leroy, Jean-Bernard, *Los desechos y su tratamiento*, México, Fondo de cultura económica, 1997.

Llanos, Raúl, *Entra en vigor la nueva multa por tirar agua*, La jornada, 30 de Julio de 2010.

Masten, Susan, *Ingeniería y ciencias ambientales*, Mc Graw Hill, México, 2004.

Nebel, Bernard, *Ciencias ambientales*, Pearson, México, 1999.

NOTIMEX, *GDF cierra definitivamente el Bordo Poniente*, México, El economista, 2011. <http://eleconomista.com.mx/distrito-federal/2011/12/19/gdf-cierra-definitivamente-bordo-poniente>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2003, <http://www.oecd.org/>

Oseguera, Carlos, *Confisca PROFEPA en Lázaro Cárdenas cargamento con desechos electrónicos de China*, México, La Jornada, 5 de Marzo de 2012. <http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2012/03/05/confisca-profepa-en-lc-cargamento-con-desechos-electronicos-de-china/>

Osorio, Ernesto, *Prevé GDF que usar biogás cueste mil mdp*, Reforma, 27 de Febrero de 2012, <http://www.reforma.com/ciudad/articulo/647/1293125/>

Pérez, Javi, *¿Qué es un relleno sanitario?*, México, Ingenierosinc, 2008. <http://www.ingenierosinc.com/2008/07/31/que-es-un-relleno-sanitario/>

Payán, Marco, *La basura electrónica es una mina de oro*, México, CNN EXPANSION, 24 de Diciembre de 2010. <http://www.cnnexpansion.com/expansion/2010/12/22/la-basura-electronica-es-una-mina-de-oro>

Redacción del Semanario Proceso, *“Cierran bordo poniente, el ultimo tiradero del DF”*, México, 19 de Diciembre de 2011.

Robles, Johana, *Modifican operación de bordo*, México, El Universal, 2011. <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/109449.html>

Rivero, Margot, *Reciclamiento de Basura*, trillas, México, 1ra edición, 1999.

Robles, Johana, *En todo el DF obligatorio separar la basura*, México, El Universal, 17 de Junio de 2011, <http://www.eluniversal.com.mx/notas/773294.html>

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales*, México, 2001.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Manual del manejo de residuos sólidos*, México, SEMARNAT, 2004.

Secretaria del Medio Ambiente del Distrito federal, *En 2001 se clausuró el sitio de disposición final controlado Santa Catarina*, Secretaria de Obras y Servicios, Dirección General de Servicios Urbanos, México, 2004, <http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/11/01clave.pdf>

Secretaria de Desarrollo Social, *Manual Técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*, México, 2009. <http://www.sedesol2009.sedesol.gob.mx/archivos/802402/file/ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf>

Tchobanoglous, Theisen, *Solid Wastes*, Nueva York, Mc Graw Hill, 1977, p.450

Torres, Carlos, *¿Qué hacer con la basura?*, *Federalismo y desarrollo*, núm. 30, México, 1991.

T. H. Y. Tebbutt, *Fundamentos de control de la calidad del agua*, México, Limusa, 2008.

Vázquez, Rodolfo, *Procesamiento de la basura*, Trillas, México, 2002.

Velasco, Elizabeth y León, Gabriel, *Rellenos sanitarios deben desaparecer: investigadores*, México, La Jornada martes 29 Febrero de 2008. <http://www.jornada.unam.mx/2008/01/29/index.php?section=sociedad&article=040n3soc>

Wright, Richard, *Ecología y desarrollo sostenible*, Pearson, México, 1999.