

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA.**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.**



**CONTROL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.**

**POR:**

**JUAN MANUEL VEGA ROSELL**

**MONOGRAFÍA.**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**TÍTULO DE**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN COAHUILA, MÉXICO**

**ABRIL DEL 2013.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA.

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.

MONOGRAFÍA ELABORADO POR EL C. JUAN MANUEL VEGA ROSELL. BAJO SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO

REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES.

APROBADA POR:

Asesor Principal: \_\_\_\_\_

  
MC. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ.

Asesor: \_\_\_\_\_

  
ING. RUBI MUÑOZ SOTO.

Asesor: \_\_\_\_\_

  
DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR.

Asesor: \_\_\_\_\_

  
ING. MARIA DE LOURDES GONZÁLEZ BETANCOURT.

  
Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

MONOGRAFÍA DEL C. JUAN MANUEL VEGA ROSELL QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES.

COMITÉ EXAMINADOR:

PRESIDENTE \_\_\_\_\_

MC. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ.

VOCAL \_\_\_\_\_

ING. RUBI MUÑOZ SOTO.

VOCAL \_\_\_\_\_

DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR.

VOCAL SUPLENTE \_\_\_\_\_

ING. MARÍA DE LOURDES GONZÁLEZ BETANCOURT.

Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL DE 2013

## **DEDICATORIAS:**

Les dedico esta monografía a mis papas que aunque mi papa ya no esta aquí conmigo ellos se esforzaron mucho por salir adelante, hicieron muchos sacrificios y me llevaron por un buen camino lleno de honestidad, honradez, educación, y en general ser una mejor persona.

Ellos hicieron que cumpliera uno de mis sueños y propósitos en la vida, les debo todo y sin ellos no hubiera logrado este sueño.

## **AGRADECIMIENTOS:**

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que me abrió sus puertas para que yo pudiera cumplir mi sueño, a los excelentes profesores que tiene la universidad que gracias a ellos aprendí todo lo que tenía que saber sobre procesos ambientales.

A mis queridos compañeros con los que pase muchas alegrías y bonitas anécdotas que nunca podre olvidar, a toda aquella convivencia en general.

## **RESUMEN.**

La presente monografía pretende enriquecer el conocimiento sobre el estudio de residuos sólidos, la contaminación del medio ambiente constituye uno de los problemas más críticos en el mundo y es por ello que ha surgido la necesidad de toma de conciencia y la búsqueda de alternativas para su solución.

Los residuos sólidos orgánicos urbanos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales. Este trabajo define cada uno de los tipos de aprovechamiento apoyados en la normatividad existente; Igualmente compila algunas experiencias a nivel mundial, regional y local, los impactos positivos y negativos y los costos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos.

La importancia del aprovechamiento de los residuos orgánicos empieza a adquirir una mayor dimensión por el acelerado crecimiento urbanístico y la necesidad de reutilizar materias primas desechadas, lo que motivó a hacer una investigación documental cuyo tema central es el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos en México. En éste trabajo se agrupa la información más relevante a cerca del tema en los últimos 10 años, iniciando con la definición y clasificación de los residuos, pasando por la generación y tipos de aprovechamiento y finalizando con los costos operativos y ambientales.

### **PALABRAS CLAVES:**

**APROVECHAMIENTO, RESIDUOS SÓLIDOS, RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES, SUELOS.**

## INDICE:

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>8</b>
<b>MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>8</b>
1. Definición de manejo integral.....	8
2. La jerarquía de los residuos sólidos.....	9
3. Elementos del manejo integral de residuos sólidos .....	10
<b>GUÍA PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE ADECUADO DE LOS RESIDUOS .....</b>	<b>42</b>
1. Aspectos generales .....	42
2. Aspectos particulares.....	47
3.    Ejemplo de cómo plantear una Política Municipal de Manejo Ambiental de Residuos .....	52
4.    Ejemplos de evaluaciones a realizar.....	55
5.    Capacitación para el manejo integral ambiental de los residuos .....	58
6.    Comunicación sobre el manejo integral ambiental de los residuos .....	59
7.    Ejemplo de procedimiento de emergencia.....	60
8.    Ejemplo de requerimientos de monitoreo y medición.....	61
<b>EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS ADVERSOS AL AMBIENTE EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS.....</b>	<b>63</b>
1. Evaluación del impacto ambiental desde la perspectiva del riesgo .....	63
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>71</b>

LA SITUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL Y DE LOS RESIDUOS EN OTROS PAÍSES .....	72
1. La situación en América Latina .....	72
2. La situación en los países desarrollados .....	88
3. La experiencia canadiense .....	103
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>110</b>
LA SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO ....	110
1. Cronología histórica .....	110
2. Evolución de los servicios de aseo urbano .....	112
3. Clasificación, generación y composición de los residuos sólidos .....	113
LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO EN MÉXICO .....	126
1. Almacenamiento .....	126
2. Barrido Manual y Mecánico.....	129
3. Recolección .....	131
4. Transporte.....	136
5. Tratamiento.....	139
6. Disposición Final.....	142
7. Aspectos Institucionales.....	146
8. Aspectos Financieros.....	148
9. Aspectos Sociales.....	148
10. Aspectos Ambientales.....	150
11. Aspectos de Capacitación y Adiestramiento .....	151
MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL APLICABLE AL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO .....	152

1. Consideraciones generales de la legislación ambiental en el área de los residuos.....	152
2. Marco legal actual en materia de residuos sólidos municipales.....	154
3. Legislación sobre Prevención y Control de la Contaminación del Suelo y el Agua.....	169
PRINCIPIOS Y BASES PARA UNA POLÍTICA NACIONAL DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	173
1. Objetivos de la política.....	173
2. Principios de la política ambiental nacional.....	173
<b>CAPITULO I V.....</b>	<b>185</b>
PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	185
1. Características generales del suelo .....	185
Figura 15. Reacción de hidrólisis del carbono .....	192
IMPLICACIONES DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR RESIDUOS Y ENFOQUES PREVENTIVOS .....	196
1. Impactos ambientales de las actividades antropogénicas .....	196
2. Aspectos relacionados con la disposición final de residuos.....	197
RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS.....	209
1. Investigación, caracterización, evaluación y técnicas para la restauración de suelos contaminados.....	209
2. Evaluación de suelos potencialmente contaminados .....	210
3. Métodos de investigación exploratoria.....	212
4. Identificación de contaminantes del suelo .....	213
5. Restauración y confinamiento de suelos contaminados .....	214
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>216</b>



## INTRODUCCIÓN

México al igual que muchos países del mundo enfrenta grandes retos en el manejo integral de sus residuos sólidos municipales (RSM). Esto debido al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país, las costumbres de la población, la elevación de los niveles de bienestar, así como la tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos.

Lo anterior ha modificado de manera sustancial la cantidad y composición de los RSM. Por lo que la generación aumentó de 300 g por habitante por día en la década de los cincuentas, a más de 850 g en promedio en 1998; asimismo, la población se incrementó en el mismo periodo de 30 millones a más de 98 millones, contribuyendo a la fecha a una generación nacional estimada de 83,830 ton diarias de residuos sólidos municipales.

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), en cuatro décadas la generación de RSM se incrementó nueve veces y sus características se transformaron de materiales mayoritariamente orgánicos, que se integraban fácilmente a los ciclos de la naturaleza, a elementos cuya descomposición es lenta y que requiere de procesos complementarios para efectuarse, a fin de evitar el deterioro ecológico que pudiera convertirse en un daño irreversible.

Actualmente, la Sedesol estima que se recolecta únicamente 83% del total de los RSM generados, es decir 69,600 ton, quedando dispersas diariamente 14,230 ton. Del total generado, sólo poco más de 49% se deposita en sitios controlados, esto es, 41,200 ton por día, lo que quiere decir que 42,630 ton se disponen diariamente a cielo abierto en tiraderos no controlados o en tiraderos clandestinos.

Existen varios casos de daños graves provocados por el manejo deficiente de RSM, entendiendo manejo como las diferentes fases del ciclo de vida de los residuos desde que se generan, almacenan, transportan, tratan y disponen en algún sitio, por ser causantes directos de

contaminación del suelo, aire o agua.

Tal situación se debe a que por mucho tiempo en México, el control sobre los RSM ha sido deficiente y aún no se logra en todo el territorio nacional la incorporación de técnicas modernas de administración para la solución del problema que, en forma directamente proporcional al tiempo que pasa, se va agravando.

Los esfuerzos que realizan los gobiernos municipales, estatales y federales, así como los demás sectores de la sociedad generadora, no han sido suficientemente concatenados para alcanzar resultados tangibles respecto a la solución del reto que presenta el manejo integral de los residuos sólidos municipales.

A lo anterior se suma el desafío que constituye la suscripción del Tratado de Libre Comercio (TLC) de América del Norte, de los tratados comerciales establecidos con países de América Latina y con la Unión Europea, que sin duda incidirán en las políticas y esquemas de gestión de los productos reciclables y en el manejo integral de los residuos sólidos.

No menos importantes son los convenios que se están desarrollando para contender con fenómenos como el cambio climático global que involucran aspectos relacionados con el manejo y disposición de los residuos.

Es por lo antes expuesto, que hoy en día una de las prioridades de atención de los tres órdenes de gobierno, la constituye el manejo integral de los RSM. Dicho manejo no puede abordarse exclusivamente desde el punto de vista técnico, por tratarse de una problemática compleja, íntimamente relacionada con la forma de administración de los recursos, de la capacidad administrativa de los organismos responsables de su gestión y de la forma en que tiene lugar el desarrollo económico y social del país.

En estas circunstancias, la elaboración de este documento tiene como propósito servir de apoyo a la conformación de las redes intersectoriales estatales y municipales integrantes de la Red Mexicana de

Manejo Ambiental de Residuos (REMEXMAR), que a su vez forma parte de la Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos (REPAMAR), al establecer los principios y bases de una política nacional y las estrategias necesarias para su implementación, con la finalidad de abrir espacios de análisis y reflexión sobre estos temas, que lleven a la propuesta de acciones a desarrollar para fortalecer los sistemas de manejo integral de residuos en cada entidad. Para lograr esto último, se promoverá la formación de Grupos de Trabajo dentro de las redes, centrados en el Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIREs).

Los impactos al ambiente y en la salud humana debidos al inadecuado manejo de los RSM, necesitan el establecimiento de principios y bases para integrar una política nacional que comprenda estrategias para la definición de un marco regulatorio destinado a lograr su control más eficiente y el desarrollo de programas para reducir su generación, así como que estimule sistemas de tratamiento que sean viables desde las perspectivas técnica, económica, social y ambiental, y que permitan su reuso, reciclado, composteo y la recuperación de su valor calorífico, según corresponda y sea factible.

Todo lo anterior, dentro de un sistema integral que abarque la incorporación de herramientas tecnológicas y administrativas modernas, la participación responsable de los diversos sectores de la sociedad, el fortalecimiento de las instituciones involucradas en el manejo y operación de los sistemas de aseo urbano y la búsqueda de esquemas de financiamiento adecuado a las capacidades de pago de los municipios.

El presente documento presenta información que puede ser útil para unificar los criterios de la clasificación de los RSM entre los profesionales del gremio. Da una visión general de los antecedentes de los esfuerzos realizados en este campo y pone en consideración la estadística proveniente de los estudios realizados en los tres niveles de gobierno. Analiza la infraestructura disponible, el marco jurídico e institucional que respalda los sistemas de gestión integral y presenta lo

que se ha realizado en el país respecto al manejo de los RSM, resaltando los avances logrados y buscando sacar provecho de las experiencias negativas.

A lo largo del documento se plantean alternativas y experiencias para determinar cómo deben manejarse los residuos, a quién corresponde operar los programas de manejo integral de los mismos, quién debe pagar por su operación, cuál es el papel que juegan los productores de bienes de consumo que se convierten en residuos, cuál es el papel que corresponde a los consumidores de ellos y generadores de los residuos y, sobre todo, cómo pueden las comunidades participar activamente en el diseño e instrumentación de los programas de gestión de los residuos, en particular las mujeres, los niños y los grupos dedicados a la pepena.

En lo que respecta a las implicaciones ambientales derivadas del manejo integral de los residuos sólidos, se ha considerado conveniente revisar la legislación en la materia, así como aspectos conceptuales básicos relativos al riesgo que esto representa, a la evaluación de los impactos que ocasionan los residuos sobre los suelos y a los elementos básicos para su restauración.

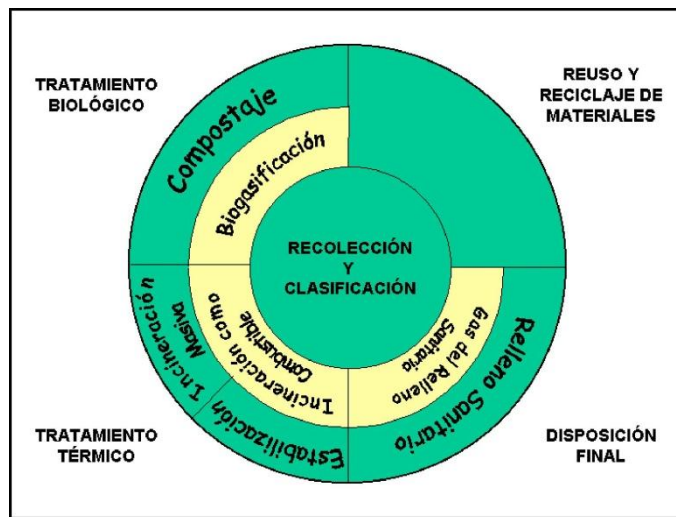
# CAPITULO I

## MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

### 1. Definición de manejo integral

El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzos de reuso y reciclaje, tratamientos que involucran compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios (figura 1). El punto clave no es cuántas opciones de tratamiento se utilicen, o si se aplican todas al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia.

**Figura 1. Manejo integral y sustentable de los residuos sólidos**



Así, por ejemplo, un sistema en una municipalidad que incorpore reciclado, incineración con recuperación de energía y relleno sanitario puede ser muy diferente al sistema prevaleciente en otra municipalidad que incluya reciclado, composta y relleno sanitario.

Lo cual no tiene importancia, en tanto se alcance el objetivo principal del manejo integral de residuos sólidos, que es encontrar los medios económicos y ambientales más apropiados para desviar una cantidad óptima de residuos del relleno sanitario.

El modelo descrito en la figura 1 hace hincapié en la interrelación de las partes del sistema y no intenta predecir cual es el mejor sistema.

## **2. La jerarquía de los residuos sólidos**

El manejo integral de los residuos sólidos le da una nueva dimensión al enfoque comúnmente conocido como la **jerarquía del manejo de residuos sólidos** referido en el cuadro 1, el cual prioriza las opciones de manejo de residuos en un orden de preferencia que parte de la prevención de la generación, del reusó, reciclaje o compostaje, de la incineración con recuperación de energía, de la incineración sin recuperación de energía, y del confinamiento en rellenos sanitarios como última opción. Este enfoque ha influido significativamente en las decisiones y estrategias de manejo de residuos a nivel local, nacional e internacional durante los últimos 25 años.

### **Cuadro 1. Jerarquía de los elementos de los sistemas de gestión integral de residuos sólidos**

- Reducción de origen (reducción en la fuente).
- Reutilización (retornabilidad/rellenamiento).
- Compostaje y Biodegradación.
- Reciclaje.
- Incineración con recuperación de energía.
- Relleno sanitario.

Modificado de: Careaga J. A., Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes. Sedesol. Instituto Nacional de Ecología. Serie Monografías No. 4.1993.

Sin embargo, la interpretación del enfoque citado debe ser flexible y ajustarse a las realidades locales, así como tomar en consideración diversos elementos como los que se citan a continuación:

- No siempre el reciclado de residuos es la mejor opción desde la perspectiva ambiental y económica, como lo muestra la aplicación del análisis de ciclo de vida comparativo, en el que se pone en perspectiva esta opción respecto de la generación de los materiales primarios correspondientes.
- La selección de las combinaciones de formas de manejo de los residuos y de las prioridades que deben asignárseles, requiere hacerse con base en diagnósticos que permitan conocer las situaciones que privan en cada localidad respecto del tipo y volúmenes de residuos que se generan, la infraestructura disponible o accesible para su manejo, los mercados de los materiales secundarios, entre otros.
- La factibilidad económica de las distintas modalidades de manejo de los residuos sólidos.

Por lo anterior, la jerarquía debe ser vista más como un menú de posibles opciones de tratamiento de residuos, que como un esquema rígido.

### 3. Elementos del manejo integral de residuos sólidos

En el contexto del desarrollo sustentable, el objetivo fundamental de cualquier estrategia de manejo de residuos sólidos debe ser la maximización del aprovechamiento de los recursos y la prevención o reducción de los impactos adversos al ambiente, que pudieran derivar de dicho manejo.

Es claro que es difícil minimizar costos e impactos ambientales simultáneamente. Por lo tanto, siempre habrá que hacer juicios de valor para reducir los impactos ambientales globales del sistema de manejo de residuos, tanto como sea posible, a un costo aceptable; encontrar este punto de balance siempre generará debates. Por tal razón, se podrán tomar mejores decisiones en la medida que se cuente con datos para estimar los costos y determinar los impactos ambientales, lo cual puede generar nuevas ideas en el marco de los procesos de mejora continua.

Un sistema de manejo de residuos sólidos, económica y ambientalmente sustentable debe ser integral, orientado al mercado, flexible y capaz de manejar todos los tipos de residuos sólidos. La alternativa de centrarse en materiales específicos, ya sea porque son fácilmente reciclables, o por la percepción pública, puede ser menos efectiva que una estrategia que simultáneamente considere el aprovechamiento de múltiples materiales presentes en los residuos. Tampoco se descarta la posibilidad de que, si se pone demasiado énfasis en materiales específicos, esto pueda llevar a fabricantes a diseñar productos que sean reciclables, a costa de disminuir los esfuerzos de reducción de la generación de los residuos en la fuente.

Por lo anterior, se considera que el sistema integral debe ser capaz de manejar residuos de múltiples orígenes como pudieran ser domésticos, comerciales, industriales, de la construcción y agrícolas. Cabe señalar que, enfocarse en el origen de un material (por ej. residuo doméstico o comercial), pudiera ser menos productivo que enfocarse en la naturaleza del material, sin importar su fuente.

### **3.1. Reducción en la Fuente**

Las iniciativas para prevenir la generación de residuos son una contribución muy importante a la estrategia de manejo integral de residuos sólidos, esto se debe a que reducen la cantidad de materiales desechados que requieren tratamiento. Más aún, el concepto de reducción ayuda a elevar la conciencia del público en el manejo de los residuos sólidos, aunque dicha reducción debe ser evaluada cuidadosamente para asegurar que tenga bases científicas, ya que decisiones arbitrarias basadas en información sin fundamento pueden resultar en la disminución de una parte del flujo de residuos a costa de un mayor uso de recursos.

En los países en donde ya existe una conciencia ambiental los fabricantes tienen incentivos económicos y ambientales para darle al consumidor productos de la manera más eficiente posible. La reducción debe hacerse caso por caso tomando en cuenta el ciclo de vida del producto en cuestión. De esta manera, se



previene que los problemas sólo cambien de lugar, ya que una mejora aparente en una parte del ciclo de vida puede simplemente llevar a otros problemas posteriores.

Por ejemplo, la reducción en empaques de alimentos puede resultar en una mayor cantidad de comida desperdiciada ó en que se requiera una mayor cantidad de empaque para su transportación. El concepto “más a cambio de menos” ha sido adoptado por la industria dando lugar a productos concentrados, empaques más ligeros y rellenables, reducción de empaques de transportación y otras innovaciones. Como parte de los esquemas de minimización de residuos sólidos, se han introducido cambios en los procesos de producción, en donde muchas compañías han adoptado esquemas internos de reciclado ó de recuperación de energía.

La industria también ayuda a reducir los residuos extendiendo la vida de sus productos, de manera tal que se posterga el punto en el que los productos se convierten en residuos. Esto se lleva a cabo, por ejemplo, haciendo productos fáciles de reparar o de mejorar.

Un manejo integral de residuos sólidos exitoso, requiere que los miembros de la sociedad que contribuyen a integrar el flujo de residuos asuman sus responsabilidades. Productores de materias primas, fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores y autoridades deben responsabilizarse por los residuos que generan. Una manera efectiva de promover la minimización de residuos experimentada en otros países, ha sido cobrar al generador de éstos conforme a la cantidad producida; ésta es una aplicación del principio “el que contamina paga” y forma parte de una estrategia de responsabilidad compartida.

En los Estados Unidos hay evidencia de que los sistemas de tasa variable aplicados a los consumidores pueden resultar en: reducciones significativas de la cantidad de residuos generados, incrementos en las tasas de reciclado y disminuciones de los costos totales del sistema de manejo de residuos. Este sistema de tasa variable también promueve el reuso cuando es conveniente y apropiado para los consumidores. Este tipo de esquemas deben ser simples para su aplicación, es decir, pagar por bolsa o contenedor y deben existir sistemas

alternativos para el reciclado o compostaje, de manera que los consumidores puedan reducir sus pagos mediante acciones responsables.

**La minimización o reducción en la fuente, en realidad precede al manejo efectivo de los residuos y no es parte de él,** ya que afectará el volumen generado y, hasta cierto punto, la naturaleza de los residuos, pero aun así habrá residuos que serán generados y requerirán de sistemas de manejo integral. Por lo tanto, además de la minimización o reducción en la fuente, es necesario un sistema efectivo para manejar estos residuos.

### **3.2. Reciclaje**

Aunque el reciclaje es muy favorecido por la sociedad, en ciertos casos puede tener algunos aspectos negativos. Como parte de una estrategia de manejo integral de residuos sólidos el reciclaje de materiales puede ayudar a conservar recursos, evitar que materiales valorizables contenidos en los residuos vayan a disposición final y hacer participar al público en general en el tema. Sin embargo, en muchos casos se han creado expectativas irreales acerca de la contribución que el reciclaje puede hacer en un sistema de manejo integral de residuos. El reciclaje es un proceso complejo que en sí consume recursos durante el transporte, selección, limpieza y reprocesado de los materiales reciclables. Además, en este proceso también se producen residuos.

Por lo antes expuesto, el reciclaje debe ser considerado como parte de una estrategia integral para manejar los residuos, no como un fin en sí mismo, y promoverse únicamente cuando ofrece beneficios ambientales globales. Un manejo sustentable de residuos que proporcione mejoras ambientales reales de una manera económica y socialmente aceptable, sólo puede ser alcanzado a través de metas que sean parte de objetivos ambientales más amplios, tales como: reducción de gases invernadero, disminución de tasas de residuos que llegan a rellenos sanitarios y maximización del aprovechamiento de los recursos.

Las metas que se establecen únicamente en función de tasas de reciclado, no necesariamente se concentran en el beneficio final y es poco probable que contribuyan al desarrollo de un manejo de residuos sustentable. El beneficio ambiental de reciclar varía entre los materiales y también conforme a las tasas de

reciclaje, de manera que altas tasas de reciclaje no son necesariamente iguales a mejoras ambientales globales. Por ejemplo, se ha encontrado que bolsas de plástico no reciclables son mejores que botellas reciclables en términos de consumo de energía, emisiones al aire y al agua y generación de residuos sólidos, ya que desde un inicio usaron mucho menos material.

Los beneficios obtenidos del reciclaje son mayores donde existen materiales de residuos limpios y disponibles en grandes cantidades; por ejemplo, de fuentes comerciales e industriales, de manera que el mayor esfuerzo debe de ir dirigido hacia estas fuentes. También, se considera que la selección obligatoria de materiales reciclables a nivel domiciliario e institucional, constituye una acción esencial para el éxito de cualquier programa de reciclaje.

Los residuos domiciliarios contienen pequeñas cantidades de muchos materiales mezclados y frecuentemente contaminados, no todos los cuales pueden ser reciclados. La segregación de residuos domiciliarios para separar los potencialmente reciclables, tiene otros beneficios como pudieran ser que los consumidores estén conscientes de los residuos que generan. La clave es integrar el reciclado de los residuos domiciliarios con los residuos comerciales, como parte de una estrategia integral de residuos. Esto puede hacerse teniendo metas combinadas en lugar de separadas para la recuperación de residuos comerciales y domiciliarios, y teniendo en cuenta que cualquier sistema debe ser tanto ambiental como económicamente efectivo.

Se necesita una estrategia regional para que los sistemas se beneficien de las economías de escala, mediante la colaboración entre autoridades de comunidades vecinas, en lugar de que cada población tenga instalaciones para recuperar materiales sin considerar su viabilidad económica.

El reciclaje dentro de un sistema de manejo integral de residuos sólidos puede ser promovido mediante el uso de indicadores de desempeño, en lugar de metas obligatorias. El progreso de un indicador de desempeño se calcula a partir de la suma de toneladas recuperadas en esquemas regionales. Esta estrategia refleja la realidad operacional en las diferentes localidades y no trata de forzar la recuperación fijando metas obligatorias nacionales que localmente pueden no ser

benéficas desde los puntos de vista ambiental ó económico. Esta estrategia permitiría al país en su conjunto construir a partir de los éxitos de esquemas locales.

En algunos países, se ha promovido el reciclaje a través de la aplicación estricta de la ley, lo cual parece no ser consistente con los aspectos económicos de manejo sustentable de los residuos. En Alemania, por ejemplo, el reciclado forzoso de empaques de plástico ha resultado en costos aproximados de 500 dólares por tonelada de plástico reciclado. Esto representa 200 dólares más que el costo del material virgen, de manera que pudiera ser una asignación equivocada de recursos y de costos de oportunidad. Asimismo, no existe evidencia que este costo de oportunidad sea compensado por beneficios ambientales, en tanto que haciendo ese gasto directamente en proyectos ambientales como tratamiento de agua ó de emisiones a la atmósfera, muy probablemente se tendrían beneficios ambientales significativos y tangibles.

Incrementar la demanda y, por lo tanto, el precio de materiales secundarios a través del desarrollo de nuevos usos de materiales reciclados, puede resultar en incrementos de tasas de reciclaje derivadas del mercado. Hasta que esto ocurra, la recuperación debe llevarse a cabo por otros medios que sean más viables económicamente, dentro de una estrategia de manejo integral de residuos sólidos, como pudiera ser la recuperación de energía. De esta manera, el mercado y una estrategia de manejo integral de residuos sólidos trabajarán juntos para alcanzar tasas de reciclaje económica y ambientalmente sustentables.

Existen opiniones en el sentido de que, incrementar las tasas de reciclaje a través de instrumentos regulatorios como normas de contenido de material reciclado, esquemas de cargos y subsidios e impuestos a materias primas, puede crear contradicciones con las fuerzas del mercado. A la vez, se considera que es poco probable que esto lleve a beneficios ambientales tangibles (como ha sucedido en Alemania), y que por el contrario, represente una asignación equivocada de recursos y costos de oportunidad, no consistente con la estrategia de manejo integral de residuos sólidos.

Por lo anterior, se recomienda que se establezca un fondo para la investigación aplicada, así como la inversión por parte de la pequeña y mediana industria en actividades de reciclaje de residuos, sugiriéndose las categorías descritas en el cuadro 2 para el otorgamiento de subvenciones al respecto.

**Cuadro 2. Categorías que deberían considerarse al otorgar financiamiento a proyectos relacionadas con el reciclaje de residuos sólidos**

- **Planeación** sobre gestión integral de los residuos sólidos.
- **Equipamiento** para plantas de recuperación de recursos, reciclaje y compostaje.
- **Desarrollo de mercados** de subproductos reciclables de los residuos sólidos.
- **Concientización pública**, capacitación y enseñanza relacionadas con los residuos sólidos.
- **Centros de acopio** poblacionales y estaciones de transferencia en las que se seleccionen materiales reciclables.

Algunos de los elementos a considerar en un programa municipal de reciclaje se presentan en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Elementos a considerar en los Programas Municipales de Reciclaje**

**Consumidores.** Los gobiernos deben mostrar el ejemplo para alentar a otros consumidores a consumir productos provenientes del reciclado de residuos.

**Selección.** Para que se lleve a cabo la separación domiciliar de los residuos sólidos, se requiere otorgar facilidades a los habitantes y establecer programas educativos al respecto.

**Recolección.** La recolección selectiva directa en los hogares requiere altas tasas de participación, así como la inversión en camiones especiales en los que se separen los residuos.

**Centros de acopio poblacionales.** Dichos centros pueden ser operados por las asociaciones de vecinos, los cuales recibirían un pago por los residuos seleccionados.

**Centros regionales de procesamiento.** En los cuales se seleccionan y preparan los materiales reciclables para su embarque hacia centros regionales de comercialización. Estos centros estarían alimentados por los centros de acopio poblacionales y ubicados en sitios estratégicos.

**Centros regionales de comercialización.** Cuya función es vender los residuos recibidos de los centros regionales de procesamiento, a los compradores de la región.

**Departamento de promoción de mercados.** Estos departamentos deben de conformarse en los municipios, para la búsqueda y establecimiento de mercados estables a largo plazo para los subproductos reciclables, así como el acopio y difusión de información respecto de los residuos reciclables y directorios de empresas recicladoras o consumidoras de los productos reciclados.

**Mercados industriales.** Su fortalecimiento requiere que las industrias y empresas de servicios se conviertan al uso de insumos provenientes de los residuos reciclables.

**Consumidores.** Los gobiernos deben mostrar el ejemplo para alentar a otros consumidores a consumir productos provenientes del reciclado de residuos.

### **3.2.1. Problemática de la industrialización y comercialización de los residuos reciclables.**

A continuación se analizan los problemas que enfrentan las diferentes fases que comprenden las cadenas de segregación, clasificación, acopio, transporte, reciclaje y comercialización de subproductos del reciclado.

#### **a) Consideraciones generales**

Entre los considerandos para un programa de reciclaje, así como para la industrialización y comercialización de los productos reciclables recuperados de los residuos sólidos municipales se encuentran los siguientes:

- El material recuperado en un programa de reciclaje es un residuo, hasta que no se le encuentre un mercado para que sea transformado en un producto útil.
- La comercialización de los materiales reciclables es un factor importante en la toma de decisiones para el establecimiento de un programa municipal de separación en la fuente y reciclaje de residuos. La determinación de qué materiales reciclar, cómo separarlos y recolectarlos, cuánta preparación requieren y cómo lograr todo lo anterior, dependerá de las opciones de comercialización disponibles. Frecuentemente, el aspecto más problemático de un programa de reciclaje es encontrar mercados estables para los materiales recuperados.
- La comercialización ineficiente puede traducirse en pérdida de ingresos, problemas administrativos y desinterés del público en participar en las etapas de selección y acopio de los materiales reciclables. Por lo anterior, al implantar un programa de reciclaje, es fundamental dar prioridad a la comercialización de los subproductos reciclados.
- La comercialización de los materiales secundarios involucra la necesidad de contactar a una empresa (micro, pequeña o grande) y llegar a un acuerdo de compra-venta con ella, de manera que tome el material "tal cual" o con un mínimo de acondicionamiento, para usarlo

en la manufactura de un nuevo producto.

- Otra alternativa, consiste en localizar a un comprador que limpie el material o lo procese en forma sencilla, para convertirlo en una materia prima aceptable por una tercera empresa industrial.

#### **b) Composición de la industria del reciclaje**

- La industria del reciclaje consiste en una gran variedad de negocios que incluyen desde individuos que trabajan por su cuenta, hasta grandes empresas multinacionales y se agrupan en cinco tipos:
- **Recolectores:** Cuya función primaria es identificar materiales reciclables y transportarlos desde la fuente hasta el local de los compradores. En este caso se encuentran los pepenadores y los ropavejeros, así como los pequeños empresarios que adquieren residuos y recortes industriales.
- **Acopiadores - Acondicionadores:** Los cuales compran materiales reciclables, les aplican un proceso simple (como selección, densificación y flejado) y los revenden a una empresa manufacturera. Algunos se especializan en materiales reciclables específicos y llevan a cabo operaciones más amplias tales como lavado, triturado, aplastado o compactación de los mismos, antes de venderlos.
- **Corredores independientes:** Que compran o aceptan materiales reciclables, los venden a más de un usuario final y organizan la transferencia de los materiales; todo ello por una tarifa o un porcentaje de la operación.
- **Recicladores:** Empresas que someten al material recolectado a un proceso de limpieza y acondicionamiento industrial, para poder ser usado nuevamente en un proceso industrial como materia prima.
- **Usuarios finales:** Quienes adquieren y procesan grandes cantidades de subproductos reciclados, para uso en sus operaciones de manufactura.

#### **c) Aspectos que afectan la comercialización de materiales reciclados**



- **Ciclos de mercado:** Los mercados de todos los materiales secundarios son cíclicos, aunque para algunos en mayor grado que para otros. De ahí que los precios también fluctúen, siendo más grandes las diferencias de precios en el nivel de producción, que en el nivel de compra por el usuario final del subproducto.
- **Demanda:** La economía del mercado de los materiales secundarios depende directamente de los montos totales recuperados, de las tasas de recuperación de cada tipo de material y del abastecimiento potencial de materiales reciclables, provenientes de las actividades industriales y de los residuos sólidos municipales. Como el mercado de muchos de los materiales reciclados depende de la demanda, una mayor recuperación de los mismos no necesariamente dará lugar a un mayor aprovechamiento si no hay quien los compre.
- **Economía industrial:** Los aspectos económicos de la industria de los materiales secundarios son los mismos que para cualquier otra actividad industrial. Por lo tanto, los subproductos obtenidos del reciclado de residuos, pueden no venderse, constituir una carga financiera para quienes los generan y terminar almacenados hasta que se recupere el mercado o ir a parar a los rellenos sanitarios.
- **Imposibilidad de reciclar algunos residuos:** Algunos factores involucrados en la manufactura y el consumo de productos y envases, han hecho que algunos de ellos se estén volviendo más eficientes en cuanto al uso de materias primas, en detrimento a su potencial de ser reciclados.
- **Competencia con productos vírgenes:** La mayoría de los subproductos del reciclado de residuos compite con un mercado bien establecido de materiales nuevos o vírgenes.
- **Temor a la necesidad de cambiar procesos si se emplean materiales reciclados:** A menudo las empresas manufactureras no desean adquirir materiales reciclados por temor de que su utilización implique ajustes a sus procesos, cambios en la calidad de sus

productos o incremento de los costos por su recolección, acopio y transporte.

- **Desconfianza de los consumidores:** Los industriales frecuentemente citan la resistencia de los consumidores a adquirir productos con contenido de materiales reciclados por desconfianza acerca de su calidad, por lo que estos subproductos sufren la misma discriminación que los “productos genéricos” que por tener menor precio se sospecha tenga menor calidad.
- **Diferencia de precio:** En muchos casos, los materiales nuevos pueden resultar más baratos que los reciclados.
- **d) Importancia de la participación comunitaria**
- En todo el mundo se ha constatado que la participación de las comunidades juega un papel importante y determinante para la realización de los programas de reciclaje, destacándose su influencia de los aspectos siguientes:
- **Costos de la disposición final:** Cuando el costo de la disposición final en relleno sanitario es muy bajo y/o se cuenta con espacios suficientes para construirlos, esto actúa como un desincentivo para que las comunidades desarrollen los programas de reciclaje.
- **Infraestructura para acopio y procesamiento de materiales reciclables:** Muchas comunidades no cuentan todavía con sistemas apropiados, a pesar de haber iniciado ya programas ambiciosos de reciclaje. Involucrar a miles (o millones) de ciudadanos en las comunidades y reestructurar las prácticas administrativas convencionales de manejo y disposición final de los residuos sólidos es un proceso que toma varios años y que requiere de inversiones sustanciales.
- Los residuos sólidos comerciales, institucionales y de la industria ligera, deben ser incorporados a los programas de reciclaje comunitarios por mecanismos privados distintos de los usados para dar servicio a los hogares (como programas de recolección domiciliar, entrega en centros

de acopio poblacionales y recepción en centros de acopio y procesamiento regionales).

- **Tamaño de la comunidad frente al tamaño del mercado:** A menudo sucede que las comunidades que mayor urgencia muestran para implantar un programa intensivo de reciclaje no generan los volúmenes de residuos sólidos requeridos por los mercados locales de los subproductos. Puede suceder que los montos generados no resulten económicamente interesantes para las empresas recicladoras o que existan dificultades para encontrar mercados apropiados debido a la distribución geográfica de las industrias usuarias, a requisitos del transporte o a la necesidad de cumplir competitivamente con las especificaciones requeridas.
- **Desarrollo de mercados permanentes:** Para que un programa comunitario de reciclaje de subproductos funcione adecuadamente, es necesario promover el desarrollo acelerado de mercados permanentes para comercializarlos. De lo anterior, deriva la necesidad de establecer sociedades cuyos principales integrantes incluyan a las industrias de manufacturas y de materiales secundarios, a las empresas privadas de recolección de los residuos y a los organismos públicos involucrados en el manejo y disposición de los residuos sólidos municipales.
- **Políticas para promover el reciclaje:** Es conveniente que las autoridades federales, estatales y locales, a cuyo cargo esté la protección del ambiente, emitan políticas y normas técnicas que conduzcan al establecimiento de ordenamientos y programas municipales sobre el reciclaje de los residuos sólidos municipales, incluyendo la promoción y el fomento de mercados para los subproductos.
- Los planteamientos antes expuestos, permiten definir factores que deben ser resueltos si se desea que los programas comunitarios de reciclaje alcancen una importancia significativa dentro del manejo integral de los residuos sólidos municipales; ninguno de ellos representa

un obstáculo insalvable y, por el contrario, una vez identificados se vuelven áreas de oportunidad que pueden ser aprovechadas muy eficientemente.

#### **e) Desarrollo de mercados**

- Como se ha visto sin un mercado estable para la comercialización de los materiales recuperados, los programas de reciclaje no tendrán éxito. Es por ello, que las municipalidades deben contar con un Departamento que se ocupe de la promoción de los mercados de subproductos obtenidos a partir de residuos sólidos, adscrito a la Dirección encargada de los servicios de limpia.
- Los Departamentos de Promoción de Mercados de Subproductos de Residuos Sólidos, deben vincularse con los industriales, las organizaciones sociales y otros sectores y actores que se requiere involucrar en la creación de los mercados a materiales obtenidos del reciclado de residuos. Se recomienda, entre otros, que estos Departamentos asuman las responsabilidades siguientes:
- Proponer recomendaciones sobre la promoción de sistemas regionales e interregionales de comercialización de materiales reciclables.
- Establecer un inventario y publicar un directorio de centros de acopio privados e industrias que utilizan materiales reciclados.
- Colaborar con la industria local para alentar el uso de materiales recuperados en procesos de manufactura.
- Reclutar nuevas industrias para que utilicen materiales recuperados en procesos de manufactura.
- Mantener y difundir información actualizada sobre precios y tendencias de los mercados.
- Asesorar y asistir a funcionarios locales, estatales y federales en todas las áreas de la comercialización de los materiales reciclables.

Es necesario persuadir a los usuarios finales a que usen materiales reciclados en lugar o como complemento de materias primas vírgenes, así como a los corredores y acondicionadores a que incrementen sus operaciones con materiales reciclados; ello implica entre otros, desarrollar las acciones siguientes:

**Búsqueda de compradores:** Los coordinadores de programas de reciclaje requieren conocer quienes son los compradores de materiales secundarios en su región; cuáles son sus necesidades, costos y limitaciones como compradores, para comparar esta formación con las metas y limitaciones de dichos programas, así como establecer un registro de ellos.

**Fuentes de información sobre mercados:** En ausencia de un departamento de servicio especializado en el gobierno municipal, estatal o nacional, se sugieren las siguientes vías para localizar y promover los mercados de materiales secundarios:

- Consultar la sección amarilla del directorio telefónico (por ej. fábricas de aceite, baterías, cartón corrugado, empaques, llantas, entre otros).
- Contactar a las asociaciones y cámaras industriales y comerciales, así como de empresas relacionadas con el reciclaje.
- Consultar los anuncios en los periódicos, así como revistas especializadas.
- Realizar una investigación de campo.

**Encuesta de mercado:** Esta implica la visita o el contacto telefónico con los clientes potenciales para determinar puntos de contacto y conocer qué materiales reciclados específicos acepta la empresa consultada.

**Composición de los residuos sólidos municipales:** Los resultados de la encuesta deben compararse con las estimaciones de los tipos y volúmenes de residuos sólidos municipales generados en cada comunidad. Una evaluación de las cantidades recuperables, contribuirá en estas condiciones a conocer cuáles son las posibles opciones.

**Capacitación de personal:** Centrada en quienes trabajarán en los centros de acopio, en la selección y/o acondicionamiento, tanto en las técnicas que

operarán como en diversos aspectos del mercado, para que los materiales seleccionados cumplan con las especificaciones que requiere el comprador.

Los mercados de los materiales recuperados de los residuos sólidos municipales, varían según el tipo de material y la ubicación geográfica. El desarrollo de mercados para el reciclaje de materiales tiene éxito cuando se ubica dentro de la perspectiva adecuada: en este caso los residuos sólidos representan una oportunidad de negocio. Las utilidades de los mercados de los residuos llegan no sólo a la industria, sino también a las economías municipales y al público en general.

La clave para que alguien corra el riesgo de iniciar un negocio en el mercado de los materiales reciclables, es convencerlo del potencial real de lograr utilidades en el procesamiento de los residuos y en la manufactura de nuevos bienes o de bienes sustitutos, empleando materiales secundarios reciclables como insumo.

La industria establecerá plantas para procesar y utilizar los residuos, siempre y cuando esto represente una inversión rentable y no porque se trate de un imperativo moral para contribuir a mejorar el ambiente.

Los gobiernos municipales que deseen promover el mercado de subproductos recuperados de los residuos sólidos municipales, deben preparar documentos y otros materiales promocionales sobre la operación de los diversos programas que desarrollan, en los cuales se destaquen muy claramente los beneficios que pueden tener las industrias recicladoras que se desea promover.

Los gobiernos (federal, estatales y municipales), obtienen diversos beneficios con la existencia de industrias recicladoras, ya que éstas potencialmente representan la opción de reducir el costo de la disposición de los residuos sólidos.

La conversión de los materiales reciclables en nuevos productos le añade valor a los residuos en cada etapa del procesamiento y se puede traducir en una gran cantidad de fuentes de trabajo en los sectores industriales de manufactura, procesamiento y transporte.

El incremento de la actividad económica, basado en la utilización de la abundante materia prima barata que se encuentra en los residuos puede crear nuevas fuentes de ingreso para los gobiernos.

Continuar con el desarrollo de los mercados de los materiales reciclables representa una oportunidad única para unir con éxito las preocupaciones ambientales generales, con los objetivos de la industria. La motivación a través de la utilidad, es un vehículo excelente para proteger al ambiente.

Por su característica regional, el desarrollo de los mercados de subproductos del reciclado de residuos sólidos municipales, debe abordarse con un enfoque regional / multiestatal.

#### **f) Tendencias a largo plazo en los mercados de materiales reciclables**

En la evolución de los mercados influyen dos cuestiones básicas:

**Manejo del volumen.** Los mercados actuales pudieran no tener la capacidad requerida para manejar los elevados volúmenes de materiales reciclables que empezarían a aparecer cuando se inicie la operación de los programas comunitarios de reciclaje, razón por la cual debe preverse el tiempo requerido para que se creen las capacidades requeridas y desarrollarse activamente iniciativas para incentivar las inversiones necesarias.

**Estímulos de la demanda.** Los gobiernos deben asumir el liderazgo y mostrar el camino al adquirir bienes y productos que contengan materiales reciclados, para incentivar la demanda de ellos por parte de otros consumidores.

La educación del público, especialmente de los niños y de las mujeres, es fundamental para cambiar los hábitos domésticos y de consumo, a fin de favorecer la selección de materiales reciclables y de involucrarlos en los programas de reciclaje.

A continuación se presenta el panorama comercial de varios residuos que tienen un valor económico tal que hace atractivo su reciclaje.

##### **f.1) Mercado del papel**

Históricamente, los mercados de residuos de papel han mostrado grandes fluctuaciones y los precios han variado en función de la situación económica general, no sólo nacional sino internacional, la cual impulsa la demanda de fibra

secundaria.

El papel residual se comercializa principalmente a través de corredores y embaladores (flejadores de pacas de papel), habiéndose identificado más de 50 calidades diferentes de papel.

Por lo general, el papel residual se usa fundamentalmente en plantas que han sido construidas específicamente para este propósito, ya que no es fácil adaptar plantas que fueron diseñadas para operar con pasta mecánica de madera para que utilicen papel recuperado. Sin embargo, esto si es viable en el caso de plantas de cartón a base de fibra virgen, las cuales pueden utilizar papel recuperado hasta un rango que fluctúa entre 5% y 35% en sus requerimientos de fibra.

El tipo de papel recuperado es un factor que influye de manera importante en el precio de venta y en el uso que se le dará. Los papeles de alta calidad destintados (como los papeles de impresora de cómputo, de oficina y de fotocopiado), se están usando cada vez más para producir papel higiénico y facial, así como servilletas y son los que más alto precio alcanzan en el mercado.

La industria de la construcción de casas, extremadamente sensible a las tendencias de la economía, utiliza una parte significativa de los diversos tipos de papel recuperado.

Por lo general, el centro de acopio o reciclaje, el grupo cívico o el negocio que recolectó el papel, recibirá un pago conforme al precio del mercado de ese día; si el centro de acopio tiene capacidad para embalar el papel, recibirá un mayor precio por él.

Mientras mayor sea la cantidad de acondicionamiento que deba realizar el intermediario del papel recuperado, menor será el precio de compra que pagará a los centros de acopio.

Lo más común, es que los tres principales grados de papel de post-consumo, es decir, papel periódico viejo, cajas de cartón corrugado viejas y papeles mezclados, se vendan a precios bajos y se embarquen a distancias cortas.



**Cuadro 4. Elementos para evaluar el impacto ambiental de los materiales que componen los envases y embalajes**

**PAPEL**

Para producir 1 ton de papel, se requiere consumir las siguientes cantidades de

Materias primas y energía:

- 1 845.10 kg de madera.
- 108.06 kg de cal (CaO).
- 180.11 kg de sulfato de sodio.
- 38.02 kg de carbonato de sodio anhidro.
- Variables: aditivos, como almidón, resinas, alumbre, bentonita, caseína, cera, talco, entre otros. dióxido de titanio,
- 100 114.76 l agua.
- 30.86 millones de BTU de energía.

Se requiere también dar tratamiento o eliminar lo siguiente:

- 42.02 kg de contaminantes del aire.
- 18.01 kg de contaminantes del agua.
- 88.05 kg de desechos sólidos.

La cantidad de recursos que se ahorran al reciclar 1 ton de papel equivale a:

- Dejar de talar aproximadamente 17 árboles medianos.
- Ahorrar aproximadamente 1.5 a 2 m<sup>3</sup> de espacio en un relleno sanitario (Equivalente a una caja de 2 m de largo por 1 m de ancho y 1 m de alto).

## **f.2) Mercado de los metales Ferrosos**

Las principales fuentes de estos metales son las plantas industriales que comercializan sus residuos (chatarra), a través de los intermediarios y los procesadores tradicionales de estos residuos. Los productores de acero primario generalmente no compran chatarra ferrosa directamente de las fuentes de residuos sólidos municipales, puesto que ésta debe ser acondicionada por las empresas intermediarias, que son las que les proveen dicha chatarra.

El reciclado de los metales ferrosos contenidos en los envases requiere del desestañado de los mismos, lo cual implica contar con plantas para ello; también se requiere contar con instalaciones para su trituración y compactación.

Al igual que ocurre con otros materiales reciclables, el mercado de metales ferrosos reciclados suele fluctuar.

La existencia de cantidades importantes de metales ferrosos sin recuperar, los pequeños volúmenes y la baja especificación de los metales recuperados en los residuos sólidos municipales, así como el número de industrias del acero y fundidoras que existan en una región, representan obstáculos a la recuperación y el desarrollo de actividades de reciclado de metales ferrosos a partir de esta fuente.

## **f.3) Mercado del Aluminio**

La chatarra de aluminio (en particular las latas para bebida), tiene el más alto valor por tonelada del mercado de los materiales secundarios y se trata de un mercado accesible.

Es común que las compañías que producen latas o lámina para latas de aluminio aseguren la compra total de todas las latas que puedan ser recuperadas e incluso provean a las comunidades de equipos para comprimir las y transporte hacia las plantas recicladoras.

A pesar de que las latas representan un bajo porcentaje de peso, significan un elevado porcentaje de ingreso en los programas de colecta selectiva y centros de acopio de residuos reciclables.

Puede decirse que los productos extruidos y fundidos de aluminio, se hacen a partir de aleaciones distintas a las usadas para latas de bebidas, por lo

que generan menores precios de recuperación; esta chatarra proviene generalmente de fuentes industriales y se vende por conducto de corredores independientes.

**Cuadro 5. Elementos para evaluar el impacto ambiental de los materiales que componen los envases y embalajes**

**ALUMINIO**

Para producir 1 ton de aluminio, se requieren las siguientes cantidades de materias primas y energía:

- 4 385.63 kg de bauxita (óxido de aluminio hidratado).
- 510.31 kg de coque (carbón de piedra o bituminoso coquizados).
- 483.29 kg de carbonato de sodio anhidro.
- 119.07 kg de cal.
- Variables: metales de aleación según se use como bote rígido o como lámina o “papel de aluminio” (de 15 a 4% de manganeso, trazas de hierro, silicio, zinc, cromo, cobre y/o titanio).
- 217.11 millones de BTU de energía

Se requiere también dar tratamiento o eliminar lo siguiente:

- 1 646.00 kg de lodos rojos.
- 1.450.86 kg de dióxido de carbono.
- 40.52 kg de contaminantes del aire.
- 394.74 kg de desechos sólidos.

Reciclar el aluminio conduce a los siguientes ahorros o reducción de emisiones:

- 95% del consumo de agua.
- 95% del consumo de energía.
- 95% de contaminantes atmosféricos

#### **f.4) Mercado del vidrio**

El vidrio tiene tres mercados potenciales importantes: como pedacería que se emplea para fabricar nuevos envases, o como materia prima para fabricar otros productos, tales como material de aislamiento a base de fibra de vidrio o vidrio-espuma para la industria de la construcción y en el acondicionamiento de los envases para su reutilización.

Además de las compras directas por parte de fabricantes de envases, los intermediarios también adquieren activamente vidrio en el mercado secundario, pero existen otros mercados para vidrio que no cumple con las especificaciones de la industria de las botellas. Un uso adicional de la pedacería de vidrio, es la fabricación de señalización reflejante y como aditivo para el asfalto.

El precio del vidrio en el mercado se fija para entrega en la planta manufacturera; pudiendo el transporte representar un costo significativo.

Los esquemas de depósito-reembolso aplicables a los envases de bebidas, favorecen su recuperación y reciclado

**Cuadro 6. Elementos para evaluar el impacto ambiental de los materiales que componen los envases y embalajes**

**VIDRIO**

Para producir 1 ton de vidrio, se requieren las siguientes cantidades de materias primas y energía:

- 665.40 kg de arena sílica (óxido de silicio).
- 216.63 kg de piedra caliza (carbonato de calcio).
- 75.75 kg de feldespato
- 16.75 Millones de BTU de energía.

Se requiere también dar tratamiento o eliminar lo siguiente:

- 192.12 kg de residuos de minería.
- 4.01 kg de contaminantes del aire.

Al utilizar una mezcla de 50% de vidrio reciclable se consiguen los siguientes ahorros y reducción de emisiones:

- 50% del consumo de agua.
- 79% de residuos mineros.
- 14% de los contaminantes del aire.

Fuente: Careaga J. A., Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes. Sedesol. Instituto Nacional de Ecología. Serie Monografías No. 4.1993.

**f.5) Mercado de plásticos**

El reciclaje de estos materiales está creciendo rápidamente, en particular, la fuerza del mercado depende de la limpieza y forma de presentación del material recuperable, ya que los más limpios se destinan a elaborar envases de alimentos, en tanto que los que no reúnen los criterios de limpieza y calidad se utilizan para fabricar otro tipo de materiales. Los plásticos mezclados se usan para producir sustitutos de la madera y del concreto.

El PolietilenoTereftalato (PET) se encuentra entre los plásticos que más se recuperan a partir de los residuos sólidos municipales para su reciclado y reutilización como fibra de relleno, cintas de embalaje, bases de alfombra, geotextiles y otros productos. Este plástico en particular ha seguido la tendencia mundial de optimizar el envase, con la utilización de menor cantidad de material para cumplir su función, ayudando de esta manera además a ahorrar energía y evitar contaminación al transportarse mayor cantidad de producto en menor cantidad de envase.

El Polietileno de Alta Densidad (PEAD), el Policloruro de Vinilo (PVC) flexible y el Polipropileno (PP) son también materiales solicitados en los mercados del reciclado.

Se considera que los mercados para los plásticos mejorarán, en la medida en que lo hagan las tecnologías de recuperación y procesamiento.

### **3.3. Tratamiento biológico**

Dentro de un sistema de manejo integral de residuos sólidos, el tratamiento biológico se enfoca en los residuos orgánicos "húmedos", como los alimentos y los residuos de jardín. La fracción orgánica varía significativamente entre lugares y estaciones. En la mayoría de los países industrializados la fracción orgánica representa 20% de los residuos sólidos municipales. En países en vías de desarrollo la materia orgánica llega a exceder 50 % de éstos. El seleccionar los residuos orgánicos dentro de una estrategia integral tiene varios beneficios: convertir los residuos orgánicos en un producto útil (composta) ó recuperar energía. Separar la fracción húmeda de los residuos sólidos incrementa el valor de los otros residuos y reduce la cantidad de gas o lixiviado generado en los rellenos sanitarios.

Los dos métodos básicos para tratar los residuos orgánicos son: aerobio (en presencia de oxígeno) y anaerobio (en ausencia de oxígeno). El compostaje se lleva a cabo en condiciones aerobias, ya sea a nivel hogar, ó en grandes plantas de composta. La digestión anaerobia es una tecnología relativamente compleja que se lleva cabo en contenedores sellados que permiten la recuperación y uso de biogás que se genera al descomponerse los residuos.

El modo más simple para introducir el tratamiento biológico a un sistema de manejo integral de residuos sólidos es promover la elaboración de composta en los domicilios. Esto evita costos de recolección y mantiene el material orgánico completamente separado de los otros residuos, lo que mejora de manera significativa su manejo.

En dado caso que el compostaje casero no sea una opción viable, se pueden recolectar los residuos orgánicos por separado para ser llevados y tratados en plantas, ya sea de compostaje o para su digestión anaerobia.

El éxito del compostaje dentro de un sistema de manejo integral de residuos sólidos se determina en gran medida por la calidad de la composta producida y la disponibilidad subsecuente de mercados para el producto. Generalmente compostas de alta calidad, hechas a partir de fracciones seleccionadas de los residuos, tienen asegurado un lugar en el mercado. En ciertas circunstancias, derivadas de un buen precio de la composta debido a su alta calidad, existen opciones que le dan valor agregado como pudiera ser la "pelletización" para mercados específicos, como por ejemplo, la horticultura. La composta de baja calidad hecha a partir de residuos mezclados tiene aplicaciones muy limitadas. Aun así, puede usarse como material de cobertura de rellenos sanitarios para cubrir los costos del esquema de manejo de residuos. Para estas aplicaciones, contaminantes visibles como pedazos de vidrio, metal o plástico no son un problema.

Antes de introducir el compostaje aerobio dentro de un sistema de manejo integral de residuos sólidos, se debe garantizar que existan mercados para el producto, por ejemplo, contratos con municipalidades para usar la composta en áreas públicas. Los mercados para el biogás generado en instalaciones para digestión anaerobia también se pueden identificar, aunque la venta de la materia digerida puede tener los mismos problemas que la composta.

### **3.4. Tratamiento térmico**

Incluir la opción de tratamiento térmico en un sistema de manejo integral de residuos sólidos es probable que genere más controversias que ningún otro de los métodos de tratamiento discutidos anteriormente. Existen tecnologías robustas

que procesan grandes volúmenes de residuos mezclados a partir de los cuales se puede recuperar energía útil, extendiendo significativamente la vida útil de los rellenos sanitarios. A pesar de estos beneficios, el tratamiento térmico de los residuos frecuentemente genera resistencia pública.

Existe la percepción de que el tratamiento térmico impide que sean reciclados materiales y que las emisiones son peligrosas para la salud y el ambiente. La conversión térmica puede llevarse a cabo de varias maneras: incineración (generalmente con recuperación de energía), pirólisis y gasificación.

**La incineración** es un proceso exotérmico que involucra la descomposición de materia constituida a base de carbono, en gases y cenizas, en presencia de oxígeno.

**La pirólisis** es un proceso endotérmico que involucra la descomposición / volatilización de materia orgánica en combustibles gaseosos o líquidos y un sólido carbonizado a altas temperaturas, en la ausencia de oxígeno.

**La gasificación** es un proceso similar a la pirólisis en el que se adiciona oxígeno para producir combustibles gaseosos.

La energía recuperada de los procesos de tratamiento térmico puede ser convertida en vapor de proceso para la industria ó en electricidad. El tratamiento térmico puede reducir el volumen de los residuos hasta en 90%, contribuyendo significativamente a disminuir el aporte a otras opciones de manejo dentro de un sistema integral, particularmente al relleno sanitario. En ciertos países de Europa existe legislación que limita el volumen de contenido orgánico de los residuos que van a los rellenos sanitarios. Estos requisitos solo se cumplirán si el tratamiento térmico es parte integral de un manejo de residuos sólidos.

Existe mucha ansiedad pública con respecto a los potenciales efectos que las emisiones de plantas de tratamiento térmico pueden tener en la salud humana y en el medio ambiente. La emisión de dioxinas y compuestos relacionados es de particular preocupación. Por esta razón una parte muy significativa del costo de las plantas de tratamiento térmico se invierte en equipos de control de emisiones a la atmósfera.



La crítica en el sentido de que el tratamiento térmico de los residuos desvía materiales que pudieran ser reciclados se debe a que las primeras plantas no fueron diseñadas tomando en consideración su papel en un sistema de manejo integral de residuos sólidos. Sin embargo, nuevas plantas que han sido diseñadas y construidas como parte de un sistema de manejo integral de residuos sólidos, son en sí un complemento al reciclado de materiales. En Estados Unidos hay muchas comunidades que tienen incineradores y altas tasas de reciclaje.

La remoción de materiales no combustibles para ser reciclados como por ejemplo vidrio y metal, mejora la combustión, incrementando el valor calorífico del residuo a incinerar.

Los procesos de tratamiento térmico generan residuos que requieren disposición adecuada. En el caso de la incineración estos residuos incluyen cenizas. Las cenizas más pesadas que se recolectan en la cámara de combustión pueden disponerse en rellenos sanitarios ó pueden ser usadas como agregados en la construcción de carreteras o en la industria de la construcción, dependiendo de su composición y de la normatividad aplicable. Las cenizas ligeras que se recolectan en los equipos de control de emisiones a la atmósfera típicamente contienen altos niveles de metales y sales, por lo que deben ser tratadas antes de ser dispuestas. Las opciones de tratamiento a considerar incluyen la vitrificación, la solidificación, la extracción química ó la disposición final en rellenos sanitarios especiales.

### **3.5. Relleno sanitario**

La cantidad y componentes de residuos que llegan a un relleno sanitario dependerá de las técnicas de manejo de residuos que han sido aplicadas como parte de un sistema de manejo integral. El hecho de que el relleno sanitario pueda manejar una gran variedad de residuos da una gran flexibilidad al sistema de manejo integral en su totalidad. Si existen cambios en la cantidad de materiales específicos causados por factores de mercado o estacionales, éstos pueden ser absorbidos por el relleno sanitario si las otras opciones de manejo de residuos están temporalmente sobrecargadas.

Los rellenos sanitarios han avanzado considerablemente en años recientes

y continúan su desarrollo, pero aún los más sofisticados normalmente ofrecen los más bajos costos de tratamientos para residuos.

Se puede agregar valor a los residuos que entran a un relleno sanitario a través de la recolección y uso subsecuente del biogás del relleno sanitario. Este gas proviene de la descomposición anaerobia de materia orgánica. Se pueden instalar sistemas de extracción de gas para su recolección y posterior uso para producir electricidad ó para ser usado junto con gas natural como combustible.

La recolección del biogás no sólo proporciona una fuente alternativa de energía, sino que también reduce los riesgos de explosiones sin control asociadas con concentraciones de metano. Reducir las emisiones de metano a la atmósfera es también benéfico al ambiente ya que el efecto invernadero generado por este compuesto es 25 a 30 veces mayor que el del dióxido de carbono.

En muchos países es difícil ubicar los rellenos sanitarios porque, debido a experiencias pasadas desafortunadas, el público se resiste a tener un relleno sanitario cerca de su propiedad. Existe también la percepción de que los rellenos sanitarios no permiten el reciclado ni fomentan prácticas de reducción. Dentro de un sistema de manejo integral de residuos sólidos bien diseñado y operado éste no debería ser el caso, ya que todas las opciones de manejo serian estudiadas y consideradas.

Los rellenos sanitarios han sido y continuarán siendo en el futuro próximo, elementos esenciales de los sistemas de manejo integral de los residuos sólidos, siempre y cuando se ubiquen en lugares apropiados, se diseñen, construyan y operen de manera segura y ambientalmente adecuada. Ello significa considerar en su establecimiento, los factores referidos en el cuadro 7.

## **Cuadro 7. Elementos a considerar en relación con los rellenos**

### **Sanitarios**

- Establecer y dar cumplimiento a las normas relativas a la ubicación, diseño, preparación del terreno, operación y control de rellenos sanitarios.
- Continuar los programas de reubicación de pepenadores fuera de los tiraderos a cielo abierto y rellenos sanitarios.
- Considerar el espacio que ocupan los rellenos sanitarios como un recurso valioso, a fin de evitar que se depositen, cuando sea viable su reciclado o tratamiento, materiales con un valor en el mercado, residuos industriales no-tóxicos, residuos de jardinería y de centrales de abasto, residuos voluminosos y cascajo, así como residuos peligrosos.
- Establecer programas de capacitación y certificación de operadores de rellenos sanitarios.

Fuente: Careaga J. A., Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes. Sedesol. Instituto Nacional de Ecología. Serie Monografías No. 4.1993.

En lo que se refiere a la reubicación de pepenadores fuera de los rellenos sanitarios, deben aprovecharse las experiencias exitosas al respecto. Dichas experiencias muestran que se puede promover la organización de estos grupos, en empresas relacionadas con la operación de concesiones de selección, transporte, recuperación y procesamiento de residuos reciclables.

A la vez, al planear la ubicación de un relleno sanitario, debe tomarse en cuenta la vida media del mismo que se prevé en función de su capacidad proyectada (5 a 30 años), de manera a considerar los planes de desarrollo urbano y la posibilidad de convertirlos en zonas recreativas una vez que se agote su capacidad y se cierren.

Es recomendable, considerar su ubicación en zonas industriales o en lugares estratégicos para que brinden servicio a varios municipios.

#### **4. Estrategia total**

Las operaciones dentro de cualquier sistema de manejo de residuos están claramente interconectadas. Por ejemplo, los métodos de recolección empleados pueden afectar la recuperación de materiales ó la producción de composta que tenga un mercado. De manera similar, la recuperación de materiales del flujo de residuos puede afectar la viabilidad de esquemas de recuperación de energía. Por lo tanto, es necesario considerar el sistema de manejo de residuos en su totalidad, de una manera integral.

Como ya se señaló previamente, un sistema que sea sustentable económica y ambientalmente, sólo puede ser alcanzado con objetivos que estén ligados a metas ambientales más amplias como pudieran ser la reducción de gases de invernadero, la disminución de las tasas de envío de residuos a relleno sanitario, así como la maximización en el uso eficiente de los recursos.

Sin embargo, es difícil considerar el sistema de manejo de residuos en su totalidad, ya que éste está dividido en muchos compartimientos diferentes. La recolección es normalmente una labor de las autoridades locales, aunque puede ser contratada con compañías privadas. La disposición final frecuentemente está bajo la jurisdicción de otra autoridad y quizá de otra compañía privada. Diferentes operadores pueden contribuir a actividades de reciclaje. De manera similar, las operaciones de compostaje pueden estar bajo el control de otras compañías. Cada compañía o autoridad únicamente tiene control del manejo de los residuos dentro de su operación. La pregunta entonces es: ¿cuáles son los beneficios de una estrategia integral, cuando nadie tiene control sobre el sistema en su totalidad?

### **La estrategia integral tiene varias ventajas:**

1. Da un panorama global del proceso del manejo de los residuos. Esta visión es esencial para una planeación estratégica. Manejar el flujo de los residuos por separado es ineficiente.
2. Desde un punto de vista ambiental todos los sistemas de manejo de residuos son parte de un mismo ecosistema global. Analizar la carga global del sistema al medio ambiente es la única estrategia racional, de otra manera reducir impactos ambientales en una parte del sistema, podría resultar en mayores impactos ambientales en otra parte del mismo.
3. Desde un punto de vista económico, cada unidad individual en la cadena de manejo de residuos debe tener ganancias o al menos alcanzar un punto de equilibrio. Sin embargo, evaluando los límites del sistema en su totalidad, es posible determinar si opera eficientemente, si alcanza un punto de equilibrio económico o, mejor aún, si existen ganancias. Es solamente entonces cuando todas las partes del sistema pueden ser viables, asumiendo que los recursos se dividen apropiadamente en relación con los costos. Para alcanzar un sistema integral de manejo de residuos se requieren cambios significativos de la realidad actual. Es claro que nunca se alcanzará el sistema ideal, ya que siempre será posible reducir los impactos ambientales a través de un proceso de mejora continua.

Para alcanzar un manejo de residuos sólidos, ambiental y económicamente sustentable, se requiere trabajar en un sistema diseñado para este propósito. Esto es clave ya que tratando de mejorar los sistemas actuales, agregando el reciclado ó compostaje como “extras” al sistema, es probable que no funcione. Cuando se diseñe o rediseñe un sistema de manejo de residuos la estrategia debe considerar el sistema en su totalidad.

Los diferentes componentes de un sistema están interconectados de tal manera que es necesario diseñar un sistema nuevo en su totalidad, en vez de arreglar el viejo. Por ejemplo, la adición del reciclado a un sistema de manejo de residuos agrega el costo del sistema de reciclado al costo del sistema original de manejo de residuos. Una estrategia sistemática aseguraría que el costo del reciclado se mantuviera al mínimo, operando menos recolecciones para materiales secos o no-orgánicos, pues habría menos de estos residuos en virtud de que el material reciclable ya habría sido removido.

Como ya se mencionó, en los últimos años se ha introducido la aplicación al campo de los residuos sólidos una herramienta ambiental conocida como Análisis de Ciclo de Vida. A través de un modelo de computadora, el Análisis del inventario de Ciclo de Vida simula diferentes combinaciones de manejo y tratamiento de residuos sólidos antes de llevarlos al campo para asegurar su éxito (ver anexos).

Al usar este modelo se predicen y, por lo tanto, se pueden reducir los impactos ambientales y los costos económicos del sistema propuesto, con los siguientes beneficios:

- En el proceso de construcción del modelo, la atención se centra en la información faltante.
- Una vez completo, el modelo definirá cual es el estado del sistema actual, calculando los costos económicos y ambientales.
- El modelar permite ensayar con diferentes escenarios para determinar cuáles son los puntos más sensibles del sistema. Esto servirá para determinar cuáles cambios tendrán los mayores efectos para reducir los costos y los impactos ambientales.
- Este modelo ayuda a prevenir que los problemas “cambien de lugar”. Es decir, evita que una mejora aparente en una parte del sistema, lleve más adelante, o en otra parte del sistema, a otros problemas.

# GUÍA PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE ADECUADO DE LOS RESIDUOS

## 1. Aspectos generales

### 1.1. Principios que sustentan el manejo ambientalmente adecuado de los residuos

En el cuadro 8 se resumen los principios que emanan de la Agenda o Programa 21 de la Organización de las Naciones Unidas, relativos al manejo ambientalmente adecuado de los residuos.

#### **Cuadro 8. Principios en los que se sustenta el manejo ambientalmente adecuado de los residuos**

##### **Principio de reducción en la fuente**

Implica que se debe minimizar la generación de los residuos tanto en cantidad como en su potencial de causar la contaminación al ambiente, entre otros, utilizando diseños adecuados de procesos y productos.

##### **Principio de inventario de ciclo de vida**

Demanda la realización del inventario a fin de que las sustancias y productos se diseñen y manejen de manera que se reduzcan al mínimo sus impactos adversos al ambiente, en cada una de las fases de su ciclo de vida: generación, uso, recuperación y disposición final.

##### **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 sospechar que la liberación al ambiente de una sustancia, residuo o energía, pueden causar daños a la salud o al ambiente.

### **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.

### **Principio de estandarización**

Establece la necesidad de contar con estándares o normas que permitan el manejo ambientalmente adecuado de los residuos en todas las fases de su ciclo de vida.

### **Principio de autosuficiencia**

Demanda que todos los países cuenten con la infraestructura necesaria para asegurar que los residuos que generen se manejen de manera ambientalmente adecuada en su territorio.

### **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.

### **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.

### **Principio del que contamina paga**

Hace responsable de remediar las consecuencias de la contaminación a quien la produzca.

### **Principio de participación pública**

Demanda asegurarse que al diseñar e instrumentar los



## **1.2. Definición de manejo ambientalmente adecuado de los residuos**

Como manejo ambientalmente adecuado (MAA) de los residuos se entiende:

La adopción de todos los pasos prácticos necesarios para asegurar que no se provoquen efectos adversos en la salud o en el ambiente como resultado de dicho manejo.

Para lograr el manejo ambientalmente adecuado de los residuos, se requieren desarrollar e instrumentar disposiciones legales y crear las condiciones institucionales, técnicas y financieras, para ello tomando en cuenta los aspectos de política que se indican en el cuadro 9.

### **Cuadro 9. Aspectos a considerar al diseñar políticas de manejo ambientalmente adecuado de los residuos**

Las políticas requieren:

- Ser fácilmente entendibles por todos los actores involucrados.
- Reflejar en forma balanceada los intereses de los distintos sectores sociales.
- Ser puestas en práctica en todo el territorio nacional.
- Ser accesibles a todos.
- Tener un enfoque integral.
- Involucrar la participación solidaria de todos los sectores sociales.
- Fomentar alianzas y sinergias.
- Incentivar la prevención de la generación, la minimización y el manejo integral adecuado de los residuos.

Los elementos claves para establecer un manejo ambientalmente adecuado de los residuos incluyen los referidos en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Elementos claves para establecer un sistema de manejo ambientalmente adecuado de residuos**

- Infraestructura regulatoria y vigilancia de su aplicación.
- Sitios e instalaciones autorizadas, así como tecnologías para el manejo integral de los residuos y equipos para el control de la contaminación que permitan la prevención o reducción de la misma a niveles socialmente aceptables.
- Operadores capacitados de los sitios e instalaciones de manejo integral de residuos, que supervisen que su operación sea ambientalmente adecuada.

Aunado a lo anterior, y a fin de revertir las tendencias de generación de residuos, se deben desarrollar acciones que fomenten cambios en los patrones de producción, hábitos de consumo y diseño de productos, así como la innovación tecnológica.

Complementan los aspectos antes referidos, los que aparecen descritos en el cuadro 11 que amplían y precisan lo que se concibe como un sistema de manejo ambientalmente adecuado de los residuos.

**Cuadro 11. Necesidades de conocimiento para establecer el manejo  
ambientalmente adecuado de los residuos**

1. Cantidades y características de residuos generados y valorizables.
2. Oportunidades de prevención de la generación de residuos.
3. Modalidades de prevención y control para cada tipo o grupo de residuos.
4. Criterios para la selección de las tecnologías y aspectos de seguridad relacionados; así como regulaciones nacionales o internacionales aplicables.
5. Oportunidades de recuperación, reciclado, composteo y aprovechamiento del biogás.
6. Aspectos económicos de las operaciones de reciclado, composteo o disposición final, con aprovechamiento del biogás.
7. Propósito, enfoque y definición de los sitios, instalaciones, equipos y operaciones en las que se manejarán los residuos integralmente.
8. Riesgos ambientales en todas las etapas del manejo de los residuos.
9. Procedimientos para la evaluación de los impactos ambientales previsible derivados del establecimiento y operación de las instalaciones; relativos a los parámetros para la selección del sitio para ubicarlas; las opciones tecnológicas que involucran y el plan de diseño/construcción/operación.

10. Lineamientos para el monitoreo, cuando sea el caso, y el desarrollo de acciones preventivas y correctivas.
11. Lineamientos para el saneamiento, clausura y el mantenimiento postclausura de las instalaciones.

## **2. Aspectos particulares**

Los sistemas de manejo ambiental (SMA) constituyen enfoques organizados y formales en el seno de una organización y proporcionan un marco para establecer objetivos y metas, así como para desarrollar las estrategias para alcanzarlos y asignar recursos para su instrumentación.

Para establecer un SMA para el manejo integral de residuos, se requiere de un completo entendimiento de los procesos de manejo de tales residuos, de sus implicaciones ambientales y de recursos, así como de las medidas disponibles para mitigar los impactos ambientales.

### **2.1. Pasos a seguir para establecer un sistema de manejo integral ambiental de residuos sólidos**

#### **2.1.1. Aspectos ambientales**

- a) Identificar los aspectos ambientales (emisiones al aire, aguas residuales, generación de residuos, fugas y derrames, etc.) involucrados en las distintas áreas o etapas del sistema de manejo integral de los residuos sólidos.
- b) Establecer un procedimiento formal para revisar los aspectos ambientales y evaluar su significado o consecuencias.
- c) Establecer un registro actualizado de los aspectos ambientales identificados y las medidas adoptadas para su prevención y control.

#### **2.1.2. Aspectos legales**

- a) Desarrollar un procedimiento formal para identificar y

mantener actualizada la información respecto de las disposiciones legales a seguir para lograr el manejo integral ambiental de los residuos.

- b) Acopiar y tener accesibles las disposiciones regulatorias aplicables al manejo integral ambiental de los residuos.
- c) Designar personal a cargo del seguimiento del cumplimiento de las disposiciones regulatorias.

### **2.1.3. Definición de políticas**

- a) Definir una política relativa al manejo integral ambiental adecuado de los residuos, apropiada a la naturaleza, escala e impactos ambientales potenciales de las actividades, productos y servicios que comprende el manejo integral de los residuos en cada caso particular.
- b) Incluir en la política los conceptos y estrategias para lograr la mejora continua de los servicios y la prevención y control de la contaminación.
- c) Hacer explícita en la política la obligación del cumplimiento de las disposiciones regulatorias relativas al manejo integral ambiental de los residuos.
- d) Desarrollar e instrumentar un plan para dar a conocer la política a todo el personal involucrado en la gestión integral de los residuos.
- e) Dar a conocer la política al público.
- f) Asignar personal a cargo del seguimiento de la instrumentación y evaluación de la política.

### **2.1.4. Objetivos y metas**

- a) Definir objetivos y metas concretos, prácticos y alcanzables.

### **2.1.5. Programa de manejo ambiental de residuos**

- a) Diseñar e instrumentar un programa que defina las acciones

- a) desarrollar para alcanzar los objetivos y metas.
- b) Determinar cuándo, cómo y con qué se desarrollarán dichas acciones.
- c) Designar al personal responsable del desarrollo de las distintas acciones.
- d) Establecer un mecanismo que permita incorporar nuevos proyectos al programa.

#### **2.1.6. Estructura y responsabilidades**

- a) Establecer una estructura administrativa en la que se defina el papel del personal involucrado en el sistema responsable de implantar el programa de manejo integral ambiental de los residuos.
- b) Obtener compromisos institucionales para la asignación adicional de recursos.
- c) Asignar las responsabilidades gerenciales para asegurar la operación del sistema y la elaboración de los informes correspondientes.

#### **2.1.7. Capacitación, concientización y competencias**

- a) Desarrollar un procedimiento para determinar las necesidades de capacitación, ofrecerla, hacer el seguimiento de su impacto e identificar nuevas necesidades.
- b) Incorporar en los programas de capacitación elementos para determinar la competencia del personal capacitado.
- c) Asegurar que todo el personal esté consciente de la importancia de conformar su actividad de manera a dar cumplimiento a las políticas y realizar las acciones previstas en el programa para lograr los fines ambientales que se persiguen.
- d) Designar al personal responsable del desarrollo de las actividades de capacitación y concientización.

### **2.1.8. Comunicación**

- a) Desarrollar un procedimiento formal para comunicar la información ambiental a la comunidad.
- b) Desarrollar un procedimiento formal para realizar las actividades de comunicación con el apoyo de fuentes externas a la municipalidad.
- c) Asignar personal responsable al desarrollo de las actividades de comunicación.

### **2.1.9. Documentación del sistema de manejo integral ambiental**

- a) Desarrollar un procedimiento formal de registro y control de toda la documentación en la que se sustenta el sistema de manejo ambiental de los residuos.
- b) Designar personal responsable del registro y control de la documentación.

### **2.1.10. Control operacional**

- a) Con base en la información recabada acerca de los aspectos ambientales involucrados en el manejo integral de los residuos, identificar las operaciones que requieran atención prioritaria en función de la magnitud de sus impactos ambientales.
- b) Diseñar e instrumentar procedimientos para minimizar los impactos ambientales prioritarios.
- c) Incluir criterios operativos en los procedimientos.
- d) Comunicar a los proveedores y contratistas los resultados de la identificación de los impactos ambientales de bienes y servicios, a fin de que apliquen las medidas para minimizar los que les correspondan.
- e) Asignar personal para realizar este control operacional.

### **2.1.11. Preparación y respuesta a emergencias**

- a) Identificar los posibles escenarios de emergencia y establecer los procedimientos para responder a las emergencias previstas.
- b) Establecer un procedimiento para revisar y, en su caso, actualizar los procedimientos de respuesta a emergencias.
- c) Incluir en el procedimiento un ejercicio periódico para probar los procedimientos de respuesta a emergencias.
- d) Designar personal responsable de diseñar e instrumentar los procedimientos de respuesta a emergencias.

#### **2.1.12. Monitoreo y medición**

- a) Identificar los parámetros que se deban monitorear en las áreas propensas a impactos ambientales significativos y establecer un procedimiento para monitorearlos.
- b) Incluir un requerimiento en el procedimiento para hacer el seguimiento de estos parámetros en la determinación del cumplimiento de objetivos y metas del programa.
- c) Incluir un requerimiento en el procedimiento, relativo a la calibración y mantenimiento del equipo para el monitoreo, así como al registro en una bitácora de los datos correspondientes.
- d) Incluir en el procedimiento la comparación de los resultados del monitoreo con los requerimientos ambientales establecidos.
- e) Designar personal responsable del monitoreo y medición de parámetros.

#### **2.1.13. No-conformidad y acciones preventivas y correctivas**

- a) Desarrollar un procedimiento para atender las situaciones de no-conformidad, que incluya las acciones a realizar de tipo preventivo y correctivo.



- b) Incluir un mecanismo de actualización de la documentación relevante al respecto.
- c) Asignar personal responsable de hacer el seguimiento de la conformidad.

#### **2.1.14. Auditoría del sistema de manejo ambiental**

- a) Una vez establecido el sistema, desarrollar un procedimiento para sujetarlo a auditorías periódicas.
- b) Realizar y registrar los resultados de las auditorías y las medidas adoptadas para corregir desviaciones.
- c) Asignar personal a cargo de realizar las auditorías.

### **3. Ejemplo de cómo plantear una Política Municipal de Manejo Ambiental de Residuos**

#### **Propósito:**

Esta Política Ambiental ha sido desarrollada para ayudar al personal involucrado en el Sistema Municipal de Aseo Urbano, así como a los proveedores y contratistas que participan en él, a desarrollar sus actividades en forma ambientalmente adecuada.

#### **Enfoque:**

La Política aplica a todos los empleados, proveedores y contratistas, así como a todas las operaciones que realiza el sector de aseo urbano, y a las actividades y procesos que involucra el manejo integral de los residuos sólidos municipales.

#### **Compromisos:**

A través de esta Política, el Sistema Municipal de Aseo Urbano, se compromete a contribuir al desarrollo sustentable, orientado a hacer compatible el crecimiento económico y la protección al ambiente.

#### **Elementos que considera:**

En la operación del sistema, se considera básica la prevención y reducción de la contaminación, aunada a la optimización del aprovechamiento de los recursos, incluyendo las sustancias, agua y

energía; para lo cual se seguirán lineamientos ambientales en las decisiones que se adopten, incluyendo las relativas a proyectos de expansión, mantenimiento, renovación y adquisición.

En concordancia con tal propósito, se diseñarán e instrumentarán programas que fomenten, entre otros, la prevención de la contaminación y de la generación de residuos en la fuente. Asimismo, se realizará la evaluación periódica de las actividades para determinar su desempeño ambiental respecto de las metas previamente establecidas y se buscará la mejora continua.

Al mismo tiempo, se fomentará que los proveedores y contratistas del sistema adopten los principios ambientales que sean prudentes y convenientes; seleccionando a aquéllos que se desempeñen mejor.

A la vez, se difundirán las actividades de protección ambiental que se desarrollen, para hacerlas del conocimiento de todos los involucrados en el manejo integral de los residuos sólidos y del público en general.

Será responsabilidad de los trabajadores conocer, entender y contribuir a instrumentar la política ambiental, en tanto que los administradores del sistema de aseo urbano deberán asegurar que la selección, diseño y operación de las instalaciones sean ambientalmente adecuadas.

### **3.1. Ejemplos de objetivos y metas de las políticas de manejo ambiental de residuos**

En el cuadro 12 se ejemplifican los tipos de objetivos y metas a alcanzar para lograr el manejo ambiental de los residuos.

**Cuadro 12. Objetivos y metas de las políticas de manejo ambiental de residuos**

<b>Objetivos</b>	<b>Metas</b>
Reducción de la generación de residuos en la fuente.	Incentivar la disminución de los residuos en las fuentes de generación.
Incrementar la desviación de los residuos que se confinan.	Disminuir la cantidad de residuos sólidos que se envían a rellenos sanitarios, incrementando el porcentaje de materiales recuperados para su reciclado o composteando la materia orgánica
Valorización de los materiales de los residuos sólidos.	Recuperar el valor de los materiales presentes en los residuos mediante sistemas de reuso, reciclado y composteo.
Reducir las emisiones al aire en las operaciones municipales.	Disminuir la cantidad de gases de invernadero, mediante control y aprovechamiento del biogás en los rellenos sanitarios.
Reducir el impacto ambiental de los lixiviados de los rellenos sanitarios.	Tratar los lixiviados hasta que alcancen un nivel por debajo de las normas.
Reducir el consumo de energía.	Disminuir el consumo anual de diesel, reducir el consumo anual de energía eléctrica, recuperar energía a partir de los materiales combustibles de los residuos sólidos y del biogás generado en los rellenos sanitarios.

<b>Objetivos</b>	<b>Metas</b>
Reducir el uso de agua.	Disminuir el consumo anual de agua.

#### 4. Ejemplos de evaluaciones a realizar

A continuación se refieren las diferentes evaluaciones que se pueden realizar para determinar si las diversas actividades que se desarrollan en los sistemas de manejo integral de residuos están o no teniendo impactos adversos al ambiente, la posibilidad de que tales impactos ocurran y la habilidad con la cual se pueden prevenir o mitigar dichos impactos. Para realizar estas evaluaciones se indican posibles formas de catalogar los impactos, su posibilidad de que ocurran y la habilidad para contender con ellos empleando indicadores de prioridad (rangos de menor a mayor) y criterios para clasificar cada actividad de acuerdo con las regulaciones o normas existentes. En el capítulo siguiente se plantearán ejemplos de los posibles impactos y riesgos ambientales que pueden derivar de las distintas modalidades de manejo de los residuos, a lo largo de su ciclo de vida integral.

##### **4.1. Evaluación de la severidad de los impactos ambientales**

Esta evaluación se debe realizar en las distintas etapas del proceso de manejo integral de los residuos y en cada una de las áreas en las que éstos se manejan, de manera a determinar qué tipos de impactos ambientales pueden ocurrir y cuál es su severidad, tomando como referencia las disposiciones regulatorias nacionales o internacionales aplicables. A cada uno de los impactos identificados se les clasificará de acuerdo con el rango de prioridad y los criterios que se señalan a continuación:

<b>Rango de prioridad</b>	<b>Criterios</b>
1	Sin efecto, no regulado.
2	Sin efecto, dentro de los parámetros regulados.
3	Molestias, mínima perturbación en la vecindad (olor, ruido, etc.), dentro de los parámetros regulados.
4	Molestias, mínima perturbación más allá de la vecindad inmediata (olor, ruido, etc.), dentro de los parámetros regulados.
5	Efectos reversibles sobre el ambiente (de corto plazo), dentro de norma.
6	Efectos reversibles sobre el ambiente (de largo plazo), dentro de norma.
7	Daño mínimo reversible al ambiente (de corto plazo), puede exceder los límites regulados.
8	Daño moderado reversible al ambiente (de corto plazo), excede los límites regulados.
9	Daño mayor reversible al ambiente (largo plazo), pérdida potencial de negocios, excede los límites regulados.
10	Puede poner en peligro la salud humana o causar daños mayores no reversibles al ambiente.

#### **4.2. Evaluación de la posibilidad de que ocurran impactos ambientales**

Una vez que se han identificado y clasificado los posibles impactos ambientales en las distintas etapas y áreas de manejo de los residuos, se les podrá clasificar nuevamente empleando ahora como rangos y criterios los señalados a continuación, en función de la posibilidad de que ocurran.

<b>Rango de prioridad</b>	<b>Criterios</b>
1	El impacto es muy poco probable que ocurra y nunca ha ocurrido.
2	El impacto es improbable o nunca ha ocurrido.
4	El impacto rara vez ocurre (una vez por año).
6	El impacto ocurre ocasionalmente (una vez por semana o una vez por mes).
8	El impacto ocurre frecuentemente (uno en cada operación).
10	El impacto está ocurriendo y ocurre continuamente.

#### **4.3. Evaluación de la habilidad para mitigar el impacto ambiental una vez ocurrido**

También se pueden evaluar los impactos ambientales probables, desde la perspectiva de la habilidad que se tenga para poder mitigar sus consecuencias, utilizando los rangos y criterios que se citan a continuación:

<b>Rango de prioridad</b>	<b>Criterios</b>
1	La rápida puesta en práctica del procedimiento de emergencia prevendrá impactos fuera del sitio.
2	La puesta rápida en práctica del procedimiento de emergencia puede prevenir impactos fuera del sitio.

<b>Rango de prioridad</b>	<b>Criterios</b>
4	La puesta rápida en práctica del procedimiento de emergencia prevendrá daños ambientales permanentes.
6	La puesta rápida en práctica del procedimiento de emergencia detendrá daños ambientales permanentes posteriores.
8	El procedimiento de emergencia es probable que resulte inefectivo para prevenir daños permanentes al ambiente.
10	No hay forma disponible de mitigar el impacto.

#### 5. Capacitación para el manejo integral ambiental de los residuos

Los cursos de capacitación estarán destinados a mejorar el desempeño ambiental general de los sistemas de manejo integral de los residuos, así como a prevenir y reducir riesgos ambientales, para lo cual incluirán entre los temas a tratar los siguientes:

- Gestión ambiental (incluyendo aspectos regulatorios y procedimientos administrativos)
- Respuesta a emergencias.
- Manejo de residuos.
- Transporte de materiales peligrosos.
- Manejo seguro de sustancias químicas.
- Procedimiento de respuesta a derrames.
- Concientización ambiental.

Aunado a ello, se identificarán otras necesidades de capacitación para responder a las demandas impuestas en las regulaciones o para facilitar la acreditación de los sistemas de conformidad con normas ambientales como las de la serie ISO 14000.

El entrenamiento puede adoptar diversas modalidades, incluyendo

el adiestramiento por parte de otros trabajadores capacitados, por especialistas internos o externos, a través de videos y otros medios electrónicos de capacitación, e incluirá pruebas de aptitudes y competencias.

## 6. Comunicación sobre el manejo integral ambiental de los residuos

### **6.1. Comunicación interna**

Entre los temas a considerar en la comunicación interna se encuentran los siguientes:

- Política ambiental, objetivos y metas.
- Significado de los impactos ambientales.
- Roles y responsabilidades en el manejo integral ambiental de los residuos.
- Desempeño respecto de los objetivos y metas ambientales.
- Procedimientos ambientales.
- Situaciones riesgosas y de emergencia.
- Regulaciones aplicables al manejo integral de los residuos.

Los métodos a considerar para desarrollar esta comunicación interna pueden incluir entre otros:

- Reuniones de empleados.
- Procedimientos internos de trabajo.
- Tableros y carteles.
- Cartas a los empleados.
- Boletín de noticias.

### **6.2. Comunicación externa**

El procedimiento a establecer debe considerar la comunicación en condiciones normales y de emergencia, además de aspectos como los siguientes:

- Los tipos de comunicación ya establecidos (informes anuales o



semestrales, anuncios públicos, correspondencia con reguladores gubernamentales, entre otros).

- Quién se comunica con las autoridades gubernamentales.
- Quién informa de las condiciones de emergencia (quién llama a los servicios de emergencia).
- Quién responde a las demandas ciudadanas.
- Quién comunica los requerimientos ambientales a proveedores y contratistas.
- Quién tiene autoridad para difundir información.
- Los tipos de información a comunicar y los que son confidenciales.
- La comunicación por medios electrónicos.

## 7. Ejemplo de procedimiento de emergencia

Con objeto de prevenir y mitigar los posibles impactos adversos asociados a accidentes o situaciones de emergencia, es preciso establecer procedimientos apropiados para cada tipo de evento previsible.

Así, por ejemplo, en caso de **detección de concentraciones peligrosas de biogás** en el sistema de monitoreo, tuberías, pozos de visita o cualquier otro sitio en riesgo:

- De inmediato sonar la alarma para evacuar el sitio en el que ocurre.
- Notificar rápidamente a los equipos de seguridad internos y externos.
- Contactar al administrador de la operación y ponerlo al tanto.
- Registrar el incidente y las lecciones derivadas de él.

Cuando ocurra un **derrame**:

- Contener, controlar y limpiar el derrame.
- Si el derrame alcanzó el drenaje, un cuerpo de agua o migró

fuera de las instalaciones llamar a las autoridades correspondientes.

- Contactar al administrador de la operación y ponerlo al tanto.
- Registrar el incidente y las lecciones derivadas de él.

8. Ejemplo de requerimientos de monitoreo y medición

<b>Aspecto a considerar</b>	<b>Actividad asociada</b>	<b>Monitoreo requerido</b>	<b>Procedimiento requerido</b>
Consumo de electricidad, combustóleo, gas, y agua.	Operaciones de las instalaciones	Revisión mensual de recibos de consumo	Consumo de la instalación Procedimiento de monitoreo
Descargas de aguas residuales	Planta de tratamiento in situ de lixiviados	Monitoreo diario de pH y semanal de DBO	Procedimiento de monitoreo de planta de tratamiento de lixiviados
Emisiones al aire	Energía de las instalaciones de manejo integral de residuos	Monitoreo semanal de la presión de la casa de bolsas	Control de la contaminación del aire Procedimiento de mantenimiento preventivo

<b>Aspecto a considerar</b>	<b>Actividad asociada</b>	<b>Monitoreo requerido</b>	<b>Procedimiento requerido</b>
Generación de biogás	Operaciones del relleno sanitario	Monitoreo continuo de los niveles de biogás	Procedimiento de monitoreo de la migración del biogás generado en el relleno sanitario

## **EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS ADVERSOS AL AMBIENTE EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS**

### 1. Evaluación del impacto ambiental desde la perspectiva del riesgo

#### **1.1. Diferencia entre peligro y riesgo**

En este contexto, peligro se define como la propiedad intrínseca o inherente a los materiales y residuos que les confiere la posibilidad de ocasionar efectos adversos en la salud humana y en el ambiente.

A la vez, el riesgo se define como la probabilidad de que la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo puedan ocasionar efectos adversos.

Desde esta perspectiva, la administración o manejo ambientalmente adecuado de los residuos, está orientada a prevenir o reducir sus riesgos.

#### **1.2. Individuos, bienes, medios ambientales y recursos naturales a proteger**

En la medida que los residuos contienen sustancias, organismos patógenos y materia orgánica que pueden dar lugar entre otros problemas a la contaminación del ambiente, así como a la exposición humana y de la biota acuática y terrestre a agentes que les pueden dañar, representan un riesgo que es preciso evaluar, prevenir y controlar.

Los riesgos en el manejo integral de los residuos pueden darse desde el lugar en el cual se generan, donde se acopian, durante la recolección y el transporte y en las instalaciones en las cuales se les someterá a tratamiento o disposición final; por ello es preciso identificar y caracterizar los riesgos particulares en cada fase, a fin de plantear medidas para prevenirlos o reducirlos.

Al mismo tiempo, es preciso definir qué es lo que se busca proteger, ya sea seres humanos (trabajadores, población general), organismos de la biota acuática o terrestre, recursos naturales, cuerpos

de agua, suelos, calidad del aire y bienes materiales o culturales.

### **1.3. Factores de riesgo a considerar**

Para llevar a cabo la evaluación de los impactos adversos derivados de las formas de manejo integral de los residuos, se requiere en primer término definir cuáles son los contaminantes potenciales que pueden causar afectaciones en función de las propiedades que los hacen peligrosos y las condiciones que influyen en que se conviertan en un riesgo a la salud y al ambiente.

En lo que se refiere a las sustancias químicas que pueden llegar a estar contenidas en los residuos o que se pueden generar como resultado de sus formas de manejo, lo que importa es conocer:

- Si poseen características que les confieren la potencialidad de generar explosiones, incendios, corrosión de materiales, efectos tóxicos, deterioro de la calidad del aire, agua y suelo.
- Las concentraciones en las cuales pueden llegar a ocasionar efectos indeseables,
- Las condiciones en las cuales tales efectos pueden producirse,
- Los receptores vulnerables a sus efectos.

Mientras que en lo que respecta a los agentes biológicos contenidos en los residuos, conviene saber si son infecciosos y en caso afirmativo, determinar:

- Las dosis y las vías de ingreso al organismo que pueden ocasionar infecciones y enfermedades;
- La capacidad de persistencia de tales agentes en los sitios en los que se dispone de ellos junto con los residuos sólidos municipales;
- Los factores físicos, químicos y biológicos que pueden incidir en su infectividad y supervivencia;
- Los individuos humanos o de la biota que pueden ser susceptibles de enfermarse si se exponen a ellos.

También se deben de conocer las posibles implicaciones para los suelos, el agua y el aire de la disposición o de los procesos que inciden o a los que se someterá la **materia orgánica** contenida en los residuos y, en su caso, los efectos adversos que se pueden llegar a producir en la salud humana o en los ecosistemas.

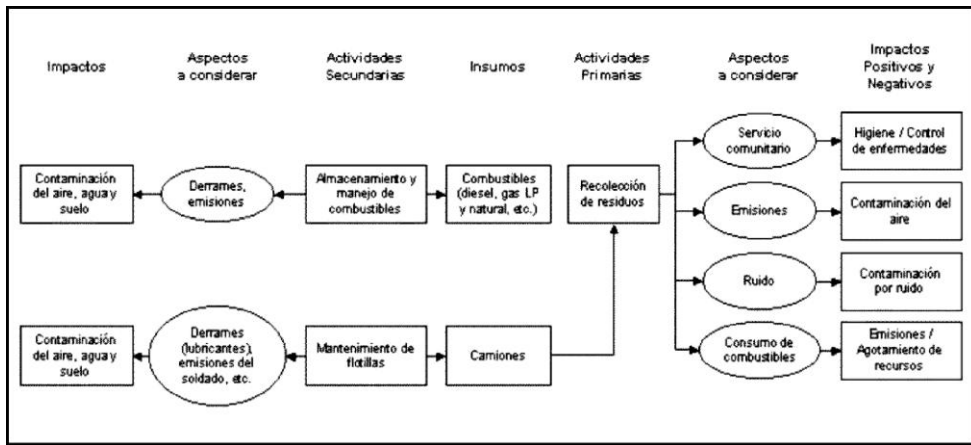
Así, por ejemplo, se debe tener presente que la materia orgánica depositada en el suelo puede contribuir a la lixiviación de sustancias y a la contaminación subsecuente de los mantos freáticos; puede dar lugar a procesos de combustión que provoquen incendios; puede generar los llamados gases de invernadero asociados al cambio climático global; o favorecer el desarrollo de fauna nociva (ratas, moscas, cucarachas).

#### **1.4. Posible liberación de contaminantes al ambiente en instalaciones de manejo integral de residuos**

El manejo integral de los residuos que se busca establecer, hace necesario considerar en todas las etapas de su vida, desde que se generan, cuando se tratan, hasta que se dispone finalmente de ellos, la posibilidad de que se liberen al ambiente contaminantes que pueden afectar la salud humana, a la biota o a los bienes, para poder establecer medidas de prevención y control. Para ilustrar lo antes señalado, se considerarán los aspectos típicos y los impactos asociados a la recolección de residuos, la incineración y la disposición en rellenos sanitarios.

En la figura 2, se ejemplifican los tipos de contaminación que pueden ocurrir durante la recolección de los residuos sólidos y los servicios a la comunidad que derivan de ella.

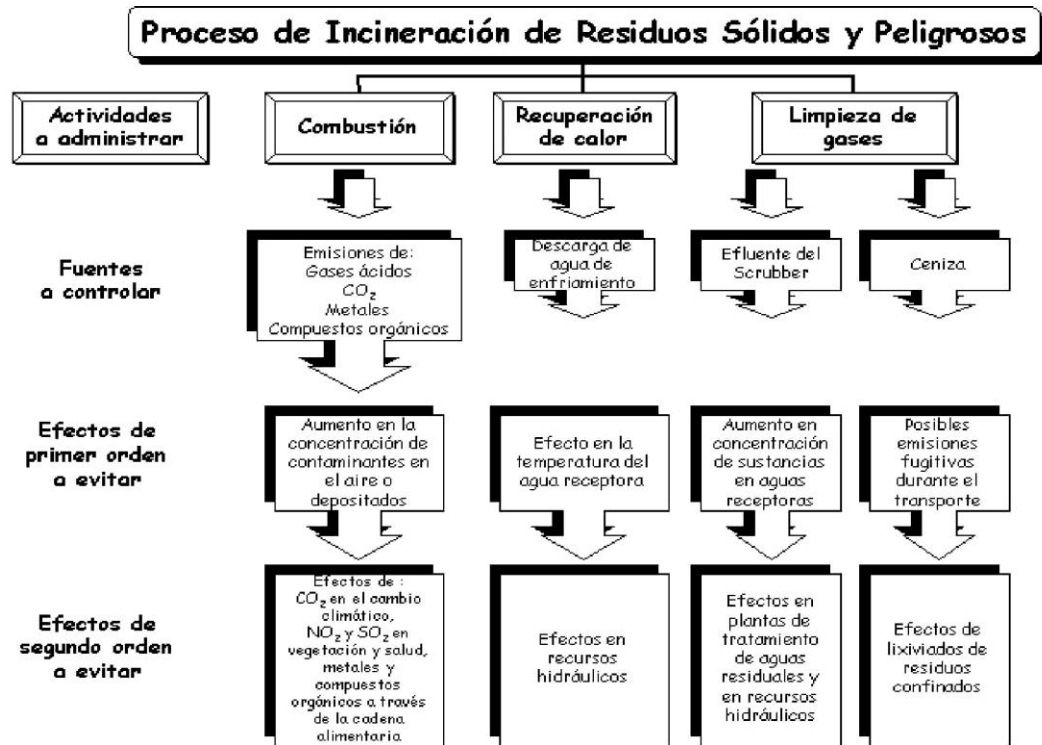
**Figura 2. Aspectos e impactos ambientales asociados a las operaciones normales de recolección de residuos**



En el caso de la incineración de los residuos de toda índole, es preciso considerar y que lo que se busca es destruirlos, o bien transformarlos en materiales de menor peligrosidad, reduciendo su volumen; todo ello, en condiciones que prevengan o reduzcan la liberación al ambiente de sustancias tóxicas, la afectación de los estratos ambientales: aire, agua y suelos, así como la generación de cenizas que contengan sustancias tóxicas.

La figura 3, describe cuáles son las actividades a administrar durante los procesos de incineración, con objeto de controlar las fuentes de posible liberación al ambiente de contaminantes y de evitar o reducir efectos potenciales en la salud humana o en los ecosistemas.

**Figura 3. Proceso de incineración de residuos**



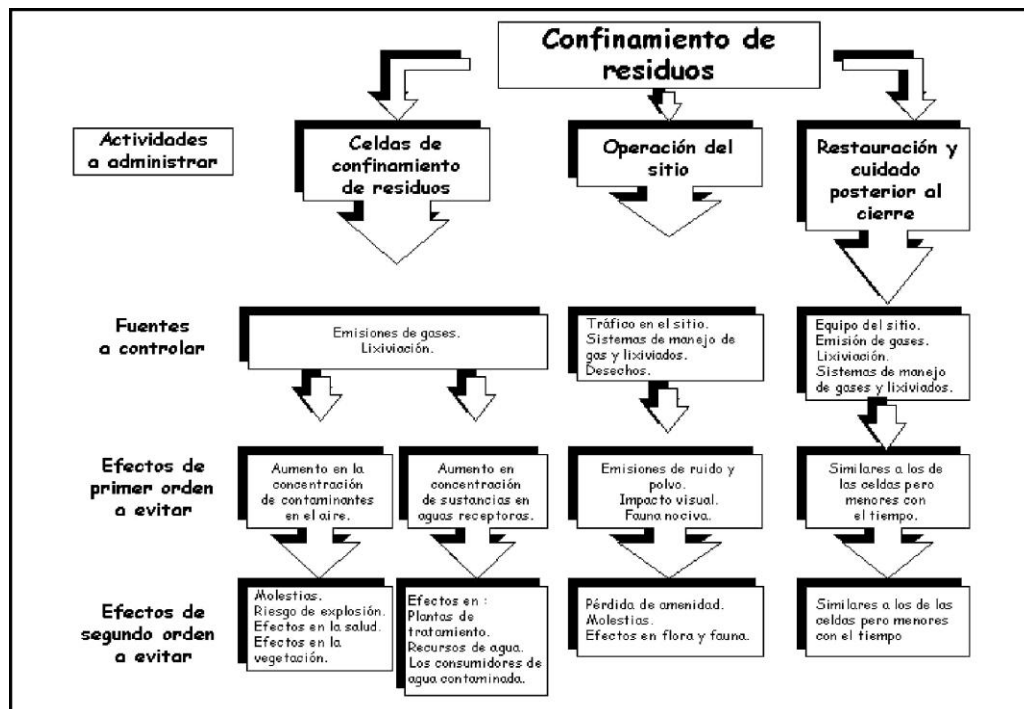


A su vez, la figura 4 indica cuáles son las actividades a administrar durante el confinamiento de residuos, en rellenos sanitarios o en confinamientos controlados de residuos peligrosos, las fuentes a controlar y los efectos a evitar.

En los cuadros 4, 5 y 6 referidos previamente, se comparan desde la perspectiva de sus posibles impactos ambientales la obtención de ciertos materiales primarios y el reciclado de sus residuos.

A la vez, en el capítulo sobre “Implicaciones de la contaminación del suelo por residuos y enfoques preventivos”, se describen diversas modalidades de contaminación provocadas por el manejo inadecuado de residuos y se incluye en el cuadro 33 las características de los contaminantes y sus posibles efectos.

**Figura 4. Confinamiento de residuos**



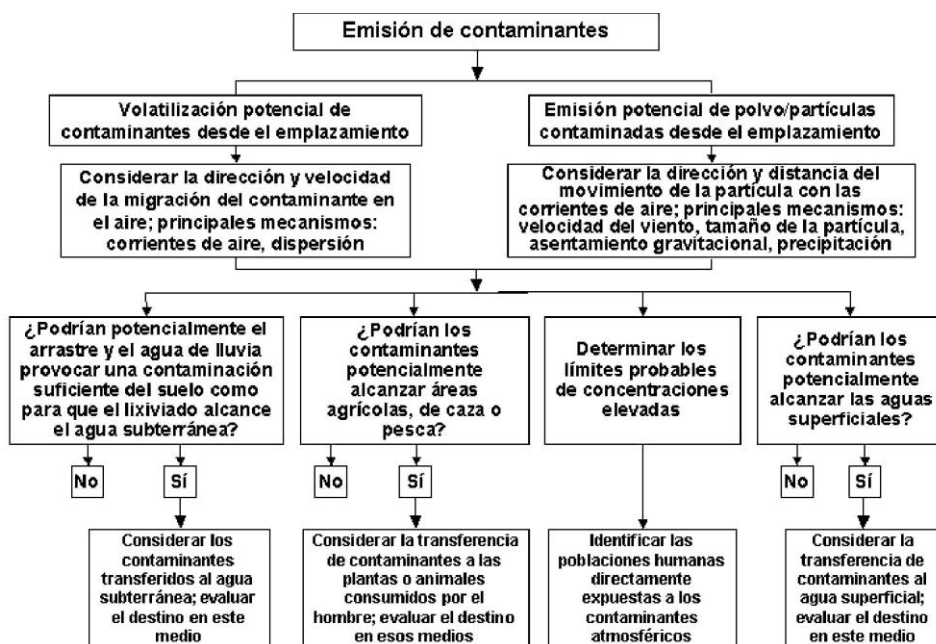
## 1.5. Destino y transporte de los contaminantes

Puesto que el riesgo para los diferentes receptores que pueden ser vulnerables a los contaminantes generados por el manejo integral de los residuos, depende de que lleguen a estar expuestos a ellos, al analizar dicho riesgo es preciso considerar el destino y transporte de los diversos contaminantes en el aire, el agua y los sedimentos de los cuerpos de agua, así como en los suelos y aguas subterráneas.

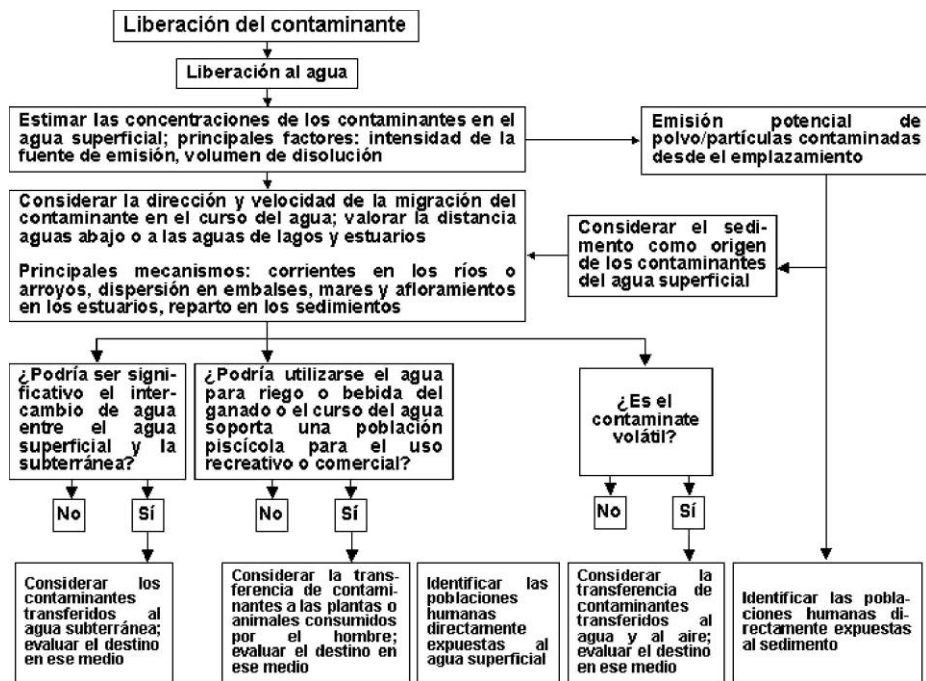
En las figuras 5, 6 y 7, se describe gráficamente cómo evaluar las consecuencias de la emisión o liberación de contaminantes a los distintos medios, así como, se señala el punto de partida de la caracterización del riesgo, una vez que se ha confirmado que sí existe la posibilidad de que receptores humanos o de la flora y fauna se expongan a dichos contaminantes.

El objetivo final de este análisis es identificar oportunidades para prevenir impactos ambientales indeseables y seleccionar las medidas apropiadas para ello.

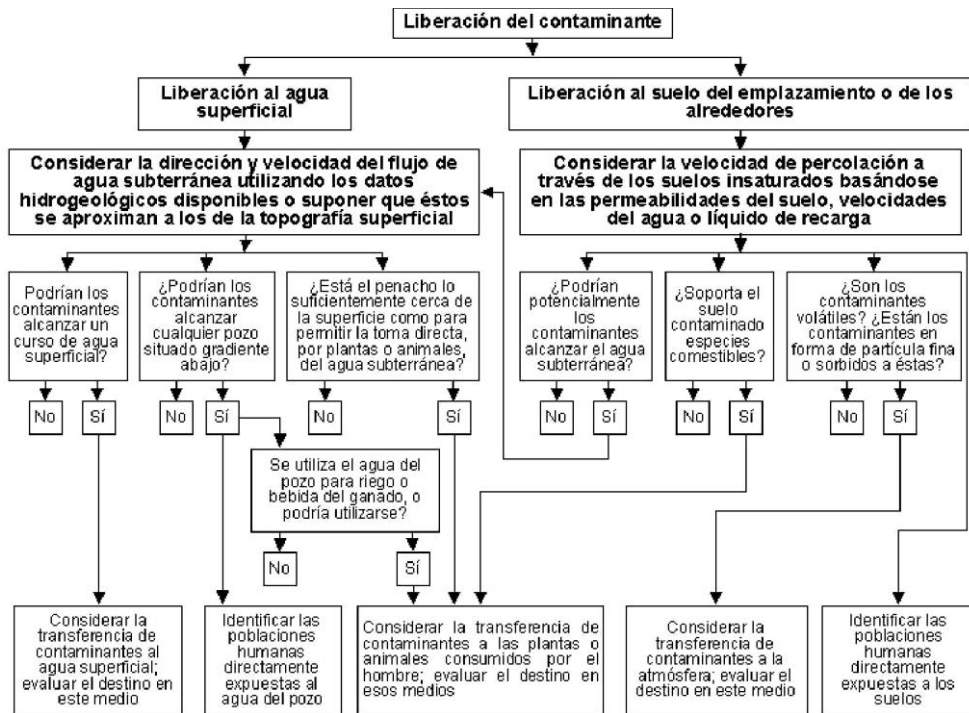
**Figura 5. Valoración del destino y transporte ambiental:**



**Figura 6. Valoración del destino y transporte ambiental: agua superficial y sedimento**



**Figura 7. Valoración del destino y transporte ambiental: suelos y aguas subterráneas**



## CAPITULO II

### LA SITUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL Y DE LOS RESIDUOS EN OTROS PAÍSES

#### 1. La situación en América Latina

Para ubicar la situación de la gestión de los residuos sólidos en México y tener un marco de comparación al analizar las propuestas para el desarrollo de sistemas de gestión integral en la materia, se ha considerado pertinente retomar algunos de los conceptos vertidos en la obra intitulada **Gestión Ambientalmente Adecuada de los Residuos Sólidos. Un Enfoque de Política Integral**, desarrollada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL), con el apoyo del Gobierno Alemán, a través de la Agencia de Cooperación GTZ .

El análisis realizado por la CEPAL con la colaboración de un calificado grupo interdisciplinario de expertos regionales y europeos publicado en 1997, considera los aspectos políticos, legales, institucionales, técnicos, económicos, instrumentales, de ordenamiento territorial y espacial, así como los relativos a la sensibilización y educación de la población, en seis países que incluyen Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile y Ecuador.

El análisis cubre la gestión tanto de los residuos domiciliarios como de los industriales, sector este último donde se han percibido las mayores carencias conceptuales y de recursos humanos para formular e implementar una política ambientalmente adecuada. A continuación se resaltan sólo algunos de los aspectos considerados en el análisis, esperando que los lectores de este documento tengan la oportunidad de leer por completo esta obra.

#### 1.1. El escenario económico-ambiental

El estudio revela que la importancia de la política ambiental en América Latina ha sido tan escasa como su propia relevancia intrínseca ya

que, según los autores, pocos gobiernos con la posible excepción de Brasil y en menor medida de Colombia, México y Venezuela, han hecho esfuerzos verdaderamente significativos para enfrentar la problemática ambiental más urgente, disponiendo recursos para ello.

Por el contrario, los países desarrollados han destinado importantes recursos financieros para la gestión ambiental en las últimas tres décadas, con resultados innegablemente positivos, dedicando un lugar preponderante al tema de los residuos.

En la obra se señala que, desde el punto de vista económico, el problema de la gestión de los residuos radica en cómo minimizar sus impactos en la flora y fauna, en la salud de las personas, en la calidad de vida, en los ciclos ecológicos y también en los sistemas artificiales; lo cual implica establecer sistemas de gestión en los cuales el manejo de los residuos ocasione el menor daño posible al ambiente.

Sin embargo, la situación real respecto de la contribución de los gobiernos latinoamericanos a la gestión ambiental, vía sus presupuestos regulares, muestra un cuadro desalentador, puesto que en la mayoría de los países la gestión ambiental se desarrolla a expensas fundamentalmente de la cooperación internacional.

Mientras que en los países desarrollados a medida que las regulaciones se han vuelto más estrictas los mercados de tecnologías y servicios ambientales han ido creciendo significativamente, hasta convertirse en exportadores de ellos, el mercado ambiental carece aún de relevancia en los países de América Latina y el Caribe. Es por ello, que el mercado de bienes ambientales, como tecnologías limpias, sistemas de tratamiento y reciclaje, energías alternativas, filtros, equipamientos de monitoreo, y de procesos no contaminantes, se encuentra limitado.

Una de las áreas en las que se ha logrado mayor éxito es el reciclaje, ya que por las características propias del subdesarrollo latinoamericano, éste ha permitido la supervivencia de grupos desfavorecidos y se ha constituido en fuente de materias primas para la

pequeña industria y el artesanado, aunque muchas de las actividades de segregación y recuperación de materiales reciclables se realizan en condiciones infrahumanas.

De acuerdo con este estudio, el reciclaje del vidrio en Chile contribuye a reducir en más del 15% la contaminación con relación al uso de materias primas naturales, en tanto la energía utilizada disminuye en 30%, siendo la rentabilidad del proceso alta y su tasa interna de retorno (TIR) equivalente a 89.3%.

La situación del reciclaje del papel es más compleja, en la medida que se requiere de un proceso diferente que el empleado en la producción del material primario. Se estima que en el año 1982 se recicló alrededor de 30% del papel usado y que para el año 2001 este porcentaje se elevará a 41%. Cuando el precio de la celulosa sube, el reciclaje del papel se transforma en un proyecto rentable.

En cuanto al plástico usado, que puede ser incorporado al mismo proceso productivo que le dio origen, en América Latina el problema radica en la separación y limpieza, por lo que es más frecuente que sólo se recicle el plástico proveniente de fuentes industriales y no de las domésticas. Su TIR es de 126%, pero es necesario contar con una organización más compleja. Los autores consideran que desde el punto de vista económico, el empleo de algunos materiales plásticos reduce el impacto ambiental que implica el uso de materiales alternativos.

Una de las debilidades de América Latina es la baja prioridad que se asigna a la investigación y desarrollo tecnológico, en comparación con los países desarrollados, y su orientación sólo hacia la búsqueda de nuevos mercados para recursos naturales, productos agrícolas, y uso de espacios de turismo. El nivel de gasto en investigación y tecnología ambiental estimado es del orden de 2% del total del gasto de los gobiernos.

A lo anterior, se suma la escasez de recursos humanos involucrados en la gestión ambiental y su falta de calificación.

Lamentablemente, aun cuando se han desarrollado una gran cantidad de programas de capacitación, principalmente realizados con financiamiento internacional, que han tratado de llenar las carencias de la educación formal en la materia, algunos de ellos han fracasado por la falta de capacidad institucional para asumirlos. Tampoco han avanzado mucho los programas de postgrado, ni se han creado las carreras necesarias por la poca demanda de los profesionales que se forman en estos programas.

Existe, además, un retraso en la gestión de los residuos que suele llamarse “pasivo ambiental”, el cual ha causado el colapso de los sistemas de recolección y disposición.

A la vez, ha sido relativamente menospreciada en la política ambiental latinoamericana, la competencia de la población para opinar sobre la degradación ambiental.

Muchos esfuerzos se pierden, también, por dificultades de control, mal diseño o falta de cooperación de los sectores económicos, o bien por cuestiones de carácter social o político, y es común que los países latinoamericanos se encuentren extraviados en una maraña legislativa que se convierte en parte del problema más que en parte de su solución.

Ante estas circunstancias, los sectores privados deben de seguir el ejemplo de estos sectores en los países industrializados, para asumir un papel más activo en la protección ambiental ante las crecientes dificultades de los gobiernos y de los organismos internacionales para hacerse cargo eficazmente del problema.

Para ello, el sector industrial debe encarar el problema económico ambiental con un criterio más amplio que el puro juego del mercado, incluyendo no sólo las consideraciones mercantiles a corto plazo, sino las económicas de largo aliento; o de otra manera las empresas terminarán por sufrir las consecuencias de las deseconomías generadas por la destrucción ambiental, en vez de beneficiarse de las oportunidades y ventajas futuras que brindará la protección al ambiente.

La internalización de las externalidades (ambientales y otras),



debería constituirse en la tarea principal a impulsar a nivel de las empresas, adquiriendo un compromiso respecto de la preservación, protección y restauración de los recursos públicos en bien de las generaciones presentes y futuras.

Desafortunadamente, el propio sector público en los países latinoamericanos contradice estos principios al constituirse en uno de los principales contaminadores.

En tales circunstancias, al estado corresponde definir reglas, apoyar técnica y financieramente a los sectores productivos que mejoren su desempeño ambiental, promover (con incentivos económicos y no-económicos) una gestión industrial ambientalmente sustentable, así como controlar y fiscalizar.

En tanto que al sector productivo corresponde participar en la gestión ambiental como parte integrante de ella y no como sujeto pasivo de puras regulaciones. En este contexto, la industria tendrá que hacerse responsable no sólo de sus productos, sino de sus subproductos, de sus residuos, de los insumos que ocupa, como de sus recursos humanos, espacio, energía, los materiales y el recurso financiero.

Los autores de esta obra indican que las nuevas formas de operación requieren una separación de funciones y reparto de las áreas entre los sectores público y privado. Asimismo, manifiestan que el desarrollo sustentable no se puede alcanzar sin una activa cooperación entre los que definen las políticas, los gerentes, los cuadros técnicos, los trabajadores, los consumidores y los funcionarios públicos.

En la aplicación del principio “contaminador-pagador”, el pago de servicios a precios reales y la discusión de las tarifas son claves. Sin embargo, la realidad latinoamericana muestra un cuadro bastante deplorable en esta materia, ya que muchas tarifas o impuestos de incidencia ambiental, responden más a criterios de poder económico o de justicia social, que a la realidad.

Análisis recientes han mostrado, además, que los subsidios para el impulso al desarrollo de sectores específicos, aun cuando exitosos económicamente, han sido nefastos para la calidad ambiental.

## **1.2. El marco jurídico ambiental**

En la obra a la que se hace referencia se señala que, en materia de legislación sobre residuos sólidos existe en Latinoamérica una gran dispersión, incoherencia y vacíos normativos, por la carencia de criterios básicos, por una deficiente técnica legislativa y por entender equivocadamente que su manejo es una tarea eminentemente local; a lo cual se agrega un débil cumplimiento de la legislación imperante en cada país.

Se plantea asimismo, que existen leyes antiguas destinadas principalmente a la protección de la salud humana y no de los ecosistemas; aunque a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano se inicia en la región un creciente proceso de incorporación de la materia ambiental en las legislaciones, que tiene lugar sin que se deroguen, sistematicen u olviden textos legales vigentes, reflejando una débil técnica legislativa o la inercia de los intereses creados en el statu quo.

Por lo anterior, los autores de la obra consideran necesario que en los procesos de análisis, revisión, sistematización, derogación o promulgación de leyes de relevancia ambiental, se considere la protección del ambiente en su conjunto y también las interrelaciones existentes con los aspectos económicos y sociales.

Para ello, es importante tener presente que las leyes de relevancia ambiental persiguen, por sobre todas las cosas, proteger los derechos de la ciudadanía por cuanto se le reconoce a cada una de las personas **el derecho a un medio ambiente ecológicamente equilibrado**. Este reconocimiento a nivel constitucional es un hecho relevante, en la medida que se provean los mecanismos jurisdiccionales adecuados para asegurar su cumplimiento en caso de violación.

Según los autores, en materia ambiental el Derecho no es un fin en sí mismo, sino un medio para el logro de objetivos fijados en las políticas adoptadas, resaltándose como principios del derecho los citados en el cuadro 13.

### **Cuadro 13. Principios rectores del derecho ambiental**

- Principio de realidad.
- Principio de solidaridad (información, vecindad, cooperación internacional, igualdad, patrimonio universal).
- Principio de regulación jurídica integral (prevención y represión, defensa y conservación, mejoramiento y restauración).
- Principio de responsabilidades compartidas.
- Principio de conjunción de aspectos colectivos e individuales.
- Principio de introducción de la variable ambiental en la toma de decisiones.
- Principios del nivel de acción más adecuado del espacio a proteger.
- Principio de tratamiento de las causas y de los síntomas.
- Principios de transpersonalización de las normas jurídicas.

Fuente: Durán de la Fuente, H. Gestión Ambientalmente Adecuada de Residuos Sólidos. Un Enfoque de Política Integral. Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL) / Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Santiago de Chile. 1997

De la Declaración de Río, emitida en 1992 en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, surgen otros principios básicos de la política ambiental, entre los que se encuentran los siguientes:

- El principio del que contamina paga (que obliga a asumir los costos de la prevención de la contaminación y de la restauración del daño a quien los ocasionan).
- El principio precautorio.
- El principio de sustentabilidad.
- El principio de participación.

En lo que respecta a la gestión de los residuos, se deberían considerar también los principios en los que se basa el Convenio de Basilea:

- Principio de prevención.
- Principio de proximidad.
- Principio de no discriminación.
- Principio de autosuficiencia.
- Principio de soberanía nacional.
- Principio de oportunidad ecológica.

Adicionalmente, se recomienda la aplicación de los siguientes principios:

- Principio de ciclo de vida integral.
- Principio de reducción en la fuente.
- Principio de control integrado de la contaminación.
- Principio de la cuna a la tumba.

En lo que se refiere a la legislación de los países latinoamericanos en la materia, se identifican problemas de:

- Definición de lo que es un residuo y los tipos de los mismos.
- Clarificación de potestades o competencias (en países con estructuras federales).

- Asignación de quien es el responsable de la gestión de los residuos.
- La falta de manifiesto en el caso de los residuos peligrosos.
- Carencia de textos que regulen de modo completo el ciclo de vida de un residuo.
- Vacíos en cuanto a la responsabilidad del contaminador y el pago de la remediación de sitios contaminados o de los daños ocasionados.

El hecho de consagrar en los textos constitucionales el derecho de los individuos a un ambiente sano, así como la obligación de proteger y mejorar el medio ambiente y la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras, trae como consecuencia la posibilidad de accionar jurídicamente en la defensa de estos preceptos.

Además, ello refleja que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones ambientales y, como tal, pueden ejercer otros derechos asociados a la gestión ambiental, como el acceso a la información y a participar en dicha gestión. Más importante aún es el hecho de imponer deberes al estado, ya que ello lo habilita y lo obliga a que en su gestión pública se tomen en cuenta las consideraciones ambientales pertinentes, con lo cual se generan dos consecuencias:

Actuar en contra del estado si éste no cumple con su función y ejercer por parte del estado atribuciones específicas para planificar el desarrollo sustentable y normar las actividades económicas, fiscalizarlas y sancionarlas.

Entre las principales dificultades identificadas por los autores de este estudio para aplicar la legislación ambiental se encuentran, la duplicidad de atribuciones, la ambigüedad de funciones o la inexistencia de mecanismos para resolver conflictos. Los sistemas de responsabilidad según su opinión, no son instrumentos de regulación, sino que constituyen la respuesta del derecho en caso de incumplimiento de una norma jurídica determinada.

A pesar de que para fijar los umbrales de sustentabilidad se recomienda utilizar determinados enfoques como son el análisis costo-beneficio, y costo-efectividad, o bien el enfoque tecnológico y basado en el derecho de las personas, la dificultad de valorar la salud humana, la biodiversidad, las funciones ecológicas y la pérdida de hábitats, entre otros, obstaculizan el empleo de estos enfoques.

En los casos de daño al medio ambiente, en la obra se menciona la opinión del jurista francés Michel Prieur el cual sostiene que “las consecuencias perjudiciales de un atentado al medio ambiente son irreversibles; ellas están con frecuencia vinculadas a los progresos tecnológicos; la contaminación tiene efectos acumulativos y sinérgicos; la acumulación de daños a lo largo de la cadena alimenticia puede tener consecuencias catastróficas; los efectos del daño ecológico se pueden manifestar más allá de la vecindad (efectos agua abajo de una contaminación de las aguas, lluvias ácidas debidas al transporte a través de la atmósfera y a larga distancia del anhídrido sulfúrico); son daños colectivos por sus causas (pluralidad de actores, desarrollo industrial, concentración urbana) y sus efectos (costos sociales); son daños difusos en sus manifestaciones (aire, radiactividad, contaminación de aguas) y en el establecimiento de la relación de causalidad; repercuten en la medida que ellos implican primero un atentado a un elemento natural y como consecuencia a los derechos ciudadanos”.

De acuerdo con los autores del estudio, en materia de responsabilidad en las legislaciones latinoamericanas, se pueden distinguir varios tipos:

- Responsabilidad constitucional.
- Responsabilidad civil extracontractual.
- Responsabilidad infraccional o administrativa (incumplimiento formal de los requisitos que establece la ley).
- Responsabilidad penal.

- Responsabilidad ambiental.

Sin embargo, los siguientes elementos dificultan la aplicación de los regímenes legales nacionales respecto de los daños ambientales:

**Titular de la acción** (los daños al medio ambiente son colectivos o carecen de dueño, afectan directamente el equilibrio sistémico de todo el medio ambiente).

**Identificación del agente dañoso** (la suma de varios emisores, en función de la acumulación causan el daño).

**Relación de causalidad** (acción de un sujeto-resultado dañoso).

**Requisito de dolo o culpa en el agente dañoso** (en materia ambiental no es necesario acreditar la culpa o dolo del infractor; sólo basta probar el daño y la relación de causalidad existente entre la acción y el daño para que sea procedente la responsabilidad).

**Obligaciones del agente dañoso** (en algunas legislaciones la obligación del infractor no es pagar una indemnización, sino reparar o restaurar el medio ambiente).

**Determinación del daño** (en materia ambiental, presenta dificultades determinar la amplitud del daño y la cuantía de la indemnización, dado que los efectos de los daños al ambiente o a la salud humana se conocen mucho después).

El concepto de **responsabilidad ambiental** desarrollado en Chile, considera que “toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes” constituyen daño de tipo ambiental. Producido el daño surgen dos acciones: una ambiental, cuyo objeto es obtener la reparación del medio ambiente, y la otra indemnizatoria, cuyo objeto es resarcir los perjuicios ocasionados.

En opinión de los autores de la obra a la que se hace mención, en los países latinoamericanos estudiados:

- No hay concreción de decisiones políticas, por lo que se tiende a legislar con independencia, y por lo regular las disposiciones

emitidas no reflejan una aspiración social.

- Hasta la fecha, la legislación que ha surgido en materia ambiental, ha ignorado sus consecuencias sociales y económicas, se ha centrado en los efectos y no ha atendido a los orígenes de éstos.
- Se continúan emitiendo leyes sin derogar o corregir las anteriores, no ofreciendo garantías de seguridad y certeza a los agentes económicos; lo cual se complica más en los países con esquemas federales pues existen duplicidades e incoherencias entre las legislaciones federales y estatales.
- Se percibe una tendencia a legislar en forma voluntarista, a expresar en los textos buenas intenciones pero sin sustento técnico y sin elementos incentivadores.
- Complica más la situación:
- La baja prioridad que acuerdan las autoridades hacendarias a la gestión ambiental.
- El desconocimiento de las legislaciones ambientales por parte del sector privado, la ciudadanía y servidores públicos.
- La insuficiente participación social en la instrumentación de la política y gestión ambiental por la dificultad de acceder a la información relevante en la materia.
- La debilidad de los mecanismos de concertación entre actores (estado, empresas y ciudadanía) para organizar una adecuada gestión ambiental.

**Un aspecto de particular relevancia, señalado por los autores del estudio, es que en la región latinoamericana se han tomado como modelo las normas y parámetros establecidos en los países industrializados sin adecuarlos a las situaciones locales; sin establecer metas progresivas de cumplimiento; y sin crear mecanismos de revisión administrativa y judicial de estos estándares sobre la base de consideraciones económicas y tecnológicas.**



Al mismo tiempo, no se ha considerado la posibilidad de promulgar normas sobre prácticas operativas y productos, como las desarrolladas en países industrializados para promover el reciclaje y tratamiento de los residuos.

Entre las recomendaciones específicas que surgen de este análisis destacan las siguientes:

- Promulgar una sola ley que regule todos los residuos con un enfoque basado en su ciclo de vida integral.
- Definir adecuadamente lo que se entiende por residuo, para delimitar claramente el ámbito de aplicación de la legislación y hacer más exigible las participaciones de acuerdo con el tipo de residuos.
- Delimitar los desechos diferenciándolos de los bienes económicos, en particular en el campo de los materiales reciclables.
- La educación de la comunidad, el uso de instrumentos económicos y de incentivos, además del otorgamiento de plazos para cumplir con las nuevas normas, son indispensables para tener éxito.
- La aplicación de políticas de transparencia informativa, privilegiando la sensibilización del público.
- El respaldo y financiamiento para la creación de organismos nacionales de acreditación.
- La participación activa de las empresas y organizaciones profesionales en el desarrollo de los procesos de normalización.
- Los autores identificaron también la necesidad de que:
- El gobierno formule las leyes y reglamentos, las pautas de conducta y las normas técnicas para inducir la minimización y un adecuado manejo de los residuos.
- El gobierno en todos sus niveles sea el destinatario privilegiado

de las acciones de capacitación ambiental.

- La legislación ambiental sea desarrollada por legisladores capaces, enterados y educados en los temas de la contaminación y el medio ambiente.
- La fiscalización se sustente en la capacidad y honestidad de los funcionarios (ética).

### **1.3. Educación para el desarrollo sustentable**

Los autores refieren que la educación ambiental, la información y la sensibilización para el desarrollo sustentable en Latinoamérica, son temas a menudo pospuestos en los análisis y, sobre todo, en la toma de decisiones gubernamentales y de los organismos de financiamiento del desarrollo. A pesar de que se reconoce mundialmente que son cada vez más los aportes que la educación puede hacer al desarrollo económico y al progreso de los países, así como lo que las dimensiones “blandas” de los procesos sociales (la educación, la información, las comunicaciones, el arte y la cultura) pueden aportar a los fenómenos llamados “duros” del desarrollo social (economía, crecimiento económico, etc.).

En este contexto, los cambios institucionales se plantean como una prioridad estratégica y deben formar parte de las políticas nacionales de educación. La calidad de la oferta educativa pasa a ser tan primordial como el análisis y la evaluación de resultados de las decisiones.

Los autores señalan que el conocimiento se convierte en el elemento central del nuevo paradigma productivo y la transformación educativa pasa a ser un factor fundamental en el desarrollo de la capacidad creativa y de innovación.

A partir de 1971, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, se propuso “dar los pasos necesarios para establecer un programa internacional de educación ambiental, interdisciplinario en su enfoque, intra y extraescolar, que comprenda todos los niveles de la educación y se dirija hacia el público en general,

particularmente hacia el ciudadano común con miras a educarlo y controlar su medio ambiente”.

Veinte años después, en la Agenda 21, adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en su capítulo 36 sobre la “Promoción de la Educación, la Conciencia Pública y la Capacitación”, se estableció esta relación crítica entre educación y desarrollo sustentable, y planteó el desarrollo de tres áreas programáticas tendentes a:

- Reorientar la educación para lograr un desarrollo sustentable.
- Aumentar la conciencia pública.
- Promover la capacitación.

Hoy se considera que el capítulo 36 de la Agenda 21 corre el riesgo de ser una “prioridad olvidada”, si los gobiernos y la sociedad como un todo no dan prioridad a la reorientación de la educación y, lo que es más importante para concretar estos propósitos, si no proveen los medios para financiar las inversiones que esto requiere”.

Desafortunadamente el combate a la pobreza y la búsqueda del desarrollo económico en los países en vías de desarrollo, han postergado la atención que debería prestarse a la educación ambiental.

Aparte del problema que representa la falta de voluntad política para impulsar la educación ambiental, se encuentra otro derivado de la dificultad de trascender los niveles científicos y académicos, para llevar la educación a todos los niveles en un lenguaje fácilmente entendible y transformable en cambios de conducta.

La tendencia actual es:

- incorporar el concepto de desarrollo sustentable en los planes y programas educativos en todos sus niveles;
- otorgar gran importancia al papel de los medios de comunicación en la educación de la población;
- servirse de las nuevas tecnologías de difusión para alcanzar una mayor penetración de la educación;

- **formar redes de organizaciones no gubernamentales que apoyen los programas educativos;**
- establecer nuevas relaciones y compromisos con la industria y el mundo de los negocios para que apoyen los programas educativos.

Entre los aspectos que se consideran convenientes para impulsar la educación ambiental se encuentran:

- El fomento a la innovación y la imaginación.
- El establecimiento de programas educativos de por vida.
- El desarrollo de indicadores y otros métodos estadísticos que permitan evaluar los beneficios económicos y sociales de la educación, la concientización pública y la capacitación de la sociedad como un todo.

Los objetivos que se plantean para los programas de educación ambiental incluyen el desarrollo de:

- Conciencia.
- Conocimientos.
- Comportamientos.
- Aptitudes.
- Participación.

A su vez, se recomienda tener en cuenta al elaborar los programas:

- Su claridad.
- La planificación de acciones.
- Los actores y destinatarios.
- La diversidad de metodologías.
- La autoeducación o autocapacitación.

La educación debe orientarse “hacia la comunidad”, interesando a los individuos activos en las actividades para resolver los problemas en el contexto de sus realidades específicas. Se identifican tres grupos meta:

- El público en general no especializado.
- Los grupos sociales no específicos.

- Los científicos y técnicos.

Los cursos deben diseñarse de acuerdo con los grupos meta seleccionados y en ellos se recomienda que intervengan educadores, comunicadores, profesores y periodistas.

## 2. La situación en los países desarrollados

A continuación y para complementar la visión sobre la situación en América Latina, se hace un análisis del estado del Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS) en Países Desarrollados.

### 2.1. Europa

En Europa se han identificado una serie de factores que han propiciado el desarrollo de sistemas de manejo integral de residuos sólidos (MIRS):

- **Buena administración.** Una buena administración es necesaria en el manejo integral de residuos sólidos, como en cualquier otro negocio. La toma de decisiones a corto y largo plazo debe basarse en datos confiables.
- **Visión.** Es fundamental que una persona o un equipo tengan una estrategia a largo plazo clara y bien definida de cómo llevar a cabo el sistema de MIRS.
- **Estabilidad.** Facilita el desarrollo de una estrategia a largo plazo y se requiere tanto en los departamentos de residuos sólidos como en el marco de referencia político de la autoridad local.
- **Economía de escala.** Esencial para el desarrollo de infraestructura y para asegurarse que cantidades suficientes de, por ejemplo, materiales reciclados, composta, biogás, estén disponibles para que se establezcan los sistemas.
- **Recursos económicos.** La disponibilidad de recursos económicos, a través de donaciones, subsidios, sociedades o acuerdos de cooperación es primordial para desarrollar obras

mayores de infraestructura y mejorar la infraestructura actual.

- **Legislación.** Sus efectos pueden ser positivos o negativos. Las legislaciones de fomento mejoran la flexibilidad y promueven estrategias integrales de manejo integral de residuos, en tanto que legislaciones prescriptivas tienen el efecto opuesto como se indica más adelante.

- **Opinión pública.** El apoyo público es crucial para que funcionen los sistemas de recolección y para que el desarrollo de infraestructura se lleve a cabo. Se debe llevar a cabo una comunicación a través de campañas educativas, consultas públicas y diálogos para incrementar la concientización y la comprensión sobre el manejo de los residuos sólidos.

- **Control de todos los residuos sólidos.** Es indispensable que un sistema de manejo integral de residuos sólidos incluya todos los residuos. De otra manera, puede suceder que un sistema económicamente viable deje de serlo, al forzar la operación de las instalaciones de tratamiento a una capacidad por debajo de su diseño. Esto incrementa el costo por tonelada del sistema en su totalidad.

- **Responsabilidad compartida.** El principio “el que contamina paga” establece que el costo de los impactos ambientales debe ser pagado por aquellos que causan la contaminación. Este principio es también conocido como “responsabilidad compartida”. Responsabilidad compartida significa que los residuos generados en cada etapa de los productos (extracción de materia prima, proceso, fabricación, distribución y consumo) son responsabilidad del dueño del producto en cada etapa. La responsabilidad compartida resulta en un sistema en donde las responsabilidades de cada individuo en la cadena de abasto están claramente definidas y los costos se asignan con base en la cantidad y tipos de residuos generados. Hay un incentivo

financiero para reducir la cantidad de residuos sólidos generados en cada etapa del ciclo de vida.

Cabe señalar que Comisión Europea es el órgano parlamentario que establece Directivas o Reglamentos en las distintas materias de política pública, que los países de la Unión Europea deben incorporar a su legislación nacional con el propósito de armonizar su marco regulatorio; sin embargo, esto no siempre se cumple por las diferencias en la implementación.

Un ejemplo de lo anterior es el relativo al manejo de residuos sólidos, donde la legislación europea se basó en la legislación alemana conocida como el Decreto Töepfer promulgado en 1991, el cual no estuvo sustentado en ningún trabajo previo de investigación técnica por lo que se considera que tiene errores y sesgos en su diseño que han terminado por influir en las legislaciones de los demás países europeos. Sus principales características son la siguientes:

- Se enfoca solamente a empaques y exclusivamente a su reciclaje.
- Exige que todos los empaques usados sean reciclados.
- Fija metas de reciclaje extremadamente altas para los empaques usados que se generan en los hogares.
- Fija tiempos muy cortos para implementar los programas nacionales de recuperación con recolección separada para empaques usados.
- Aplica lo que se conoce actualmente como Responsabilidad Extendida del Fabricante (EPR).
- Estipula que las organizaciones de recuperación (Sistema Dual) no pueden ser ni permanecer operacionales, si no cumplen con tasas de reciclaje extremadamente altas.

Tales consideraciones no toman en cuenta que los empaques no son materiales sino una forma de uso que se les da a los materiales y mientras la recuperación y reciclaje de los materiales valorizables tiene

sentido, enfocarse únicamente a los empaques no lo tiene, más aún si sólo se plantea una forma de tratamiento de los mismos.

Al mismo tiempo, se considera que no es posible lograr una optimización sensata en términos ambientales o económicos, ni una selección cuidadosa de cuáles deberían ser los materiales adecuados para ser reciclados, cuando sólo se prescribe que se reciclen los envases.

A ello se agrega el hecho de que las metas se limitan a los envases recolectados en los hogares dejando fuera los generados por industrias y comercios que son los más fáciles de recolectar.

Al no establecer una gradualidad en el cumplimiento, tampoco permite realizar ensayos para adquirir experiencia y encontrar los mejores mecanismos para alcanzar las metas; a lo cual se agregan muchos otros problemas en su implementación

Lo más importante, tal vez, es que se centra sólo en el reciclaje sin considerar otras alternativas de manejo como la reutilización, la incineración con recuperación de energía u otras modalidades de tratamiento, cuando el análisis de ciclo de vida de los productos o materiales reciclables indique que esas opciones son mejores que el reciclaje.

A todo lo expuesto se suma el costo elevado que ha significado la puesta en práctica de estos programas selectivos, que es superior al que resulta de la aplicación de esquemas más flexibles de gestión integral, en los que el reciclado está abierto a todo tipo de materiales.

Sin embargo, algunos países como Bélgica y Francia, en vez de usar el enfoque de Responsabilidad Extendida del Fabricante, introdujeron el enfoque de Responsabilidad Compartida, donde las autoridades juegan un papel en todo el sistema de recolección y el costo adicional, por encima del costo normal del manejo y disposición de los residuos, es pagado a través de los sistemas alternativos. Por lo anterior, al comparar los costos de la operación de los sistemas en Austria y Alemania que utilizan el primer enfoque, con los de Bélgica y Francia, que utilizan el segundo,



resulta que los últimos son significativamente más bajos.

Otra diferencia que influye en los costos, es que los tiempos para implementar los programas en los países que tienen menos costos, también fueron más largos (en Francia se previó la implantación de los programas durante un periodo de 10 años). Se estima que los esquemas establecidos en Austria y Alemania son 10 a 15 veces más elevados que los del sistema francés, en términos del porcentaje del Producto Interno Bruto per cápita; lo cual representa una desventaja competitiva para estos países.

Un factor de éxito que merece ser discutido por separado es el Sistema de “Pago Variable”. El principio de Responsabilidad Compartida se aplica cada vez más en el pago de servicios de manejo y tratamiento de Residuos Sólidos Municipales. El término “Pago Variable” se refiere a un sistema en el que el cargo que se hace a cada domicilio depende de la cantidad de residuos sólidos que generan. El servicio eléctrico, el gas y el agua se miden y se cobran con base en el consumo, siguiendo este mismo enfoque; los cobros por concepto de manejo y tratamiento de residuos sólidos pueden realizarse con base en la cantidad de residuos que se generan. Mientras más residuos se generen en alguna casa, ésta deberá pagar una cantidad mayor por el manejo y tratamiento de esos residuos, y viceversa, quien genere menos residuos pagará menos por el servicio de su manejo y tratamiento. Este “Pago Variable” representa un incentivo financiero claro para que los consumidores modifiquen su actitud con respecto a la generación de menos residuos sólidos.

Este cambio en actitud puede verse reflejado de dos maneras:

a). Una mayor participación ciudadana en los programas de reciclaje / compostaje, que se refleja en un mayor beneficio potencial para las autoridades responsables del manejo integral de los residuos sólidos.

b). La elección y compra de productos y servicios que generan una cantidad mínima de residuos sólidos. Éste constituye un mensaje muy claro en términos comerciales para los productores / fabricantes, de

manera que el diseño de productos que generen menos residuos sólidos para el consumidor representa un atributo mercadotécnico positivo.

El cuadro 14 incluye algunos de los principales casos de estudios disponibles que demuestran el éxito de esta estrategia: una reducción de la generación de los residuos sólidos domésticos como resultado de la aplicación de Sistemas de Pago Variable. Como se aprecia esta estrategia ha sido exitosa en Europa, Estados Unidos e incluso Asia.

**Cuadro 14. Experiencias en la aplicación de los Sistemas de Pago Variable en la gestión de los residuos sólidos**

<b>Sistema de Pago Variable</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultados</b>
<b>Bélgica</b> Provincia de Hainaut	ERRA – Asociación Europea de Recuperación y Reciclaje. Bélgica, Bruselas, 1998.	– Reducción del 65% en los residuos sólidos domésticos que se dispusieron en residuos sanitarios en el primer año de aplicación del sistema.
<b>Bélgica</b> Wallonia	ERRA – Asociación Europea de Recuperación y Reciclaje. Bélgica, Bruselas, 1998.	– Duplicación de la tasa de participación ciudadana en sistemas de recolección selectiva, lo que resultó en una reducción del 40% en los residuos que se dispusieron en rellenos sanitarios.

<b>Sistema de Pago Variable</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultados</b>
<b>Japón</b> Ciudad de Yono	Warmer Bulletin, No. 64, 1999	Reducción del 13% en los residuos sólidos incinerables y del 27% en los no incinerables.
<b>Países Bajos</b> Oostzaan	ERRA – Asociación Europea de Recuperación y Reciclaje. Bélgica, Bruselas, 1998.	Reducción del 38% en los residuos generados, y reducción del 60% en los residuos “residuales” generados.
<b>Suiza</b> Zurich	Asociación Europea de Recuperación y Reciclaje, Avenue E. Mounier 83, Apartado Postal 5, B-1200, Bruselas, Bélgica. 1998. También disponible por Internet en la página <a href="http://www.erra.be">www.erra.be</a>	Disminución en la tasa global de aumento en la cantidad de residuos sólidos generados, y aumento significativo de la cantidad de éstos que se derivaron a reciclaje aumentó de manera significativa.
<b>EUA</b> Mendham, Nueva Jersey	World Wastes, Feb. 1993, pp. 36-40.	Reducción del 55% en los residuos que se derivaron a rellenos sanitarios, incremento en reciclaje y disminución del 50% en el costo anual por domicilio.

<b>Sistema de Pago Variable</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultados</b>
<b>EUA</b> Encuesta Nacional	Estudio de Tasa de Desviación de Residuos a Nivel Nacional, Reason Foundation y SERA Inc., 1996.	La encuesta confirmó que se presentó un impacto positivo en la efectividad del reciclaje y en las tasas globales de desviación de residuos para destinos diferentes a los rellenos sanitarios.
<b>EUA</b> Seattle, Washington	Skumatz, 1991 Garbaje by the Pound; The potential of weight based rates. (Residuos sólidos por	Reducción del 15% en la cantidad de residuos generados por domicilio.

## **2.2. Regulación, libre mercado y residuos sólidos en Estados Unidos**

### **2.2.1. La regulación**

En los Estados Unidos, al igual que ocurre en los demás países altamente industrializados, todos los residuos ya sea sólidos municipales, industriales no peligrosos y peligrosos, están regulados desde la perspectiva ambiental, correspondiendo a la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) establecer las disposiciones legales a nivel federal y a los gobiernos estatales las legislaciones locales.

En lo que se refiere a los envases y embalajes, la legislación reciente ha tenido como propósito incrementar los niveles de reciclaje, como un medio para reducir los volúmenes crecientes de residuos sólidos generados y de contender con el problema de reducción del espacio disponible para ubicar rellenos sanitarios. Entre otros, se regula:

- El reciclaje de los envases y embalajes.
- El depósito para envases de bebidas.
- La codificación para botellas de plástico.
- La prohibición de uso/disposición de ciertos envases.
- Los plásticos degradables.
- Los rellenos sanitarios.
- La recuperación de energía.
- El etiquetado ecológico.

Las legislaciones incluyen disposiciones que aplican a los fabricantes de productos, así como prohibiciones de disposición en rellenos sanitarios de bienes reciclables corrientes y no sólo de residuos problema como son:

- El aceite de autos e industrial,
- Las llantas,
- Las pilas, las baterías y los acumuladores de autos,
- Los electrodomésticos,
- Los muebles,
- Los residuos de jardinería.

Las legislaciones estatales están llegando a las fuentes, incitando a los fabricantes a usar determinadas cantidades mínimas de materiales reciclados, a reducir la producción o uso de materiales tóxicos (como metales pesados en aditivos, colorantes y tintas), a evitar “pretensiones ambientales” no sustentadas en las etiquetas de sus envases, e incluso a recolectar y reciclar materiales problemáticos.

Los estados también están destacando la importancia del reciclaje en sus políticas de adquisición de bienes, ofreciendo precios preferenciales para los productos reciclados y fijando metas para la compra de productos reciclados.

En cuanto a la codificación de los envases de plásticos, desarrollada con el propósito de facilitar la segregación de los productos de plásticos de acuerdo con las resinas que los componen con fines de

reciclado, el sistema adoptado en Estados Unidos es similar al establecido en muchos otros países; esto último tiene gran importancia para no afectar el comercio internacional de productos. La base del código es un símbolo de forma triangular integrado por tres flechas, con un número específico en el centro para representar el material a partir del cual está hecha la botella: 1(PET), 2(PEAD), 3(PVC), 4(PEBD), 5(PP), 6(PS), 7(Otros).

Algunos estados y municipalidades han impuesto prohibiciones al uso de determinados tipos de envases porque causan dificultades de reciclaje o de disposición final; entre éstos se encuentran envases no retornables, envases no reciclables, envases de poliestireno expandido.

A pesar de que en la mayoría de los estados se acepta que la biodegradabilidad de los residuos no necesariamente es útil para garantizar la destrucción de los productos o envases (aún los desechos orgánicos pueden requerir mucho tiempo para degradarse en los rellenos sanitarios), algunos estados como Florida, exigen que los plásticos sean fotodegradables, así como los soportes de polietileno para transportar seis latas de bebida, con el fin de reducir al mínimo la basura callejera.

En 1991 la EPA expidió una nueva reglamentación para rellenos sanitarios que establece una serie de requerimientos federales para los más de 6000 rellenos existentes a nivel nacional, ya que se identificó que en 19 estados no satisfacen los criterios de operación y sólo en el 25% se monitorea la contaminación del agua subterránea. La nueva reglamentación presionará para que se cumplan normas estrictas o provocará el cierre de dichas instalaciones y comprende aspectos tales como:

- Criterios para la localización de rellenos sanitarios.
- Diseño.
- Operación.
- Monitoreo del agua subterránea.
- Condiciones para la clausura definitiva.
- Aspectos de financiamiento de los rellenos.

Se calcula que los costos anuales para cumplir con los nuevos requerimientos ascienden a \$330 millones de dólares.

En cuanto a la incineración de residuos sólidos municipales con recuperación de energía, se estima que en 1991 cerca del 15% de dichos residuos equivalentes a 30 millones de ton, fueron transformados en energía en unas 138 plantas especializadas, lo que representó alrededor del 0.4% de la energía producida anualmente en el país. Para 1993, se encontraban en desarrollo más de 100 nuevas plantas de incineración.

Respecto del etiquetado ambiental, se identificó que en algunas ocasiones se buscaba sorprender a los clientes haciéndoles creer que los productos presentaban ventajas ambientales que no eran reales, por lo que la legislación exige que:

- La información que pretende “garantizar” características ambientales de los productos, sea tan específica como sea posible, completa, sin vaguedades, generalidades o ambigüedades.
- La información sea sustantiva y esté soportada por evidencia científica confiable.
- Si un producto puede ser reciclado o transformado en composta, en muchas pero no en todas las comunidades que será vendido, esto deberá indicarse.
- Los certificados ambientales y etiquetas de aprobación deben ser diseñados y promovidos con sumo cuidado, para evitar que el público haga una interpretación incorrecta.
- La pretensión de que se lleva a cabo la reducción en la fuente debe ser muy específica y, cuando sea posible, incluir porcentajes. Las comparaciones deben ser claras y completas.
- La información presentada debe proporcionar guías a los consumidores para comparar las pretensiones ambientales de los productos comerciales.
- Los productos que pretendan ser reusables o rellenables deben

estar contenidos en empaques que permitan su reutilización, cinco veces al menos.

- Los productos que pretendan ser biodegradables y fotodegradables, deberán probar ser ambientalmente benignos y descomponerse sin la liberación de residuos sintéticos o tóxicos.

Además de legislar estas materias, los estados estimulan la creación de mercados para los productos reciclables mediante la creación de consejos que promueven la comercialización de los residuos y analizan la factibilidad económica de manufacturar productos con contenido variable de materiales reciclables.

La Coalición de Gobernadores del Noreste, planteó una legislación que requirió que los fabricantes cumplieran con algunas de las siguientes medidas para el 1º de enero de 1996:

- Reducir la cantidad de materiales de empaque respecto de los niveles de 1988, utilizando una combinación de las siguientes medidas: reducción en el origen; ser reusable/rellenable; utilizar materiales reciclables o reciclado del envase.
- El empaque deberá reducirse en el origen 10%; reciclarse en 25%; incluyendo 25% de material reciclado o ser reusado/rellenado un mínimo de cinco veces.

Muchos productores, especialmente los pequeños y medianos, expresaron su preocupación ya que no tienen fuentes para alcanzar el nivel de reciclado de 25%.

### **2.2.2. El libre mercado**

Entre los criterios para evaluar las distintas opciones de manejo de los residuos sólidos se encuentra el costo, lo cual no sólo implica el valor económico de estas opciones sino también su impacto sobre la innovación.

En los Estados Unidos, donde el sector privado es quien tradicionalmente se ocupa de la recolección de los residuos, en los últimos cinco años la competencia entre los diferentes recolectores privados ha



estimulado un número importante de innovaciones, que incluyen entre otros, la introducción de camiones de recolección que transportan separados los residuos reciclables para su posterior reprocesamiento; lo cual ha significado economías hasta del 20%.

Si se consideran los tres criterios básicos que influyen sobre el reciclaje descritos a continuación, se entiende porque el reciclaje de los materiales tiene tanto éxito:

- La facilidad con la que un producto puede separarse del conjunto de los residuos sólidos.
- Que el material a reciclarse esté disponible en grandes cantidades con una calidad relativamente uniforme en los residuos sólidos.
- El grado en que el uso de materiales de desecho resulta en la reducción importante de los costos de manufactura.

Lo anterior se ilustra en el cuadro 15, donde se muestra la experiencia de los Estados Unidos respecto del porcentaje de materiales de distinto tipo que son reciclados.

Las razones que pueden explicar los bajos porcentajes de reciclaje de los plásticos, incluyen entre otras:

- Dificultad de seleccionar los plásticos compuestos por distintas resinas.
- La alta eficiencia en la producción del plástico virgen (se requiere poca energía y materia prima para producirlo).
- El valor calorífico del plástico puede ser aprovechado al incinerarse.

Los programas de reciclaje en los hogares en los Estados Unidos (incluyendo recolección y procesamiento) cuestan entre 100 y 200 dólares por tonelada de material recolectado y se enfocan a todo el flujo de residuos y no sólo en un tipo como pudieran ser los empaques (a diferencia de lo que ocurre en Alemania).

**Cuadro 15. Porcentaje de materiales reciclados en los Estados**

**Unidos**

<b>Tipo de Material</b>	<b>% Reciclado</b>
Acero	68.5
Plomo	61.5
Titanio	49.0
Aluminio	40.0
Hierro y acero	40.0
Papel y cartón	40.0
Cobre	38.6
Níquel	35.6
Magnesio	32.0
Residuos de jardín	30.3
Hojalata	27.0
Vidrio	24.5
Zinc	24.2
Cromo	19.8
Lantas	17.5

Tipo de Material	% Reciclado
Materiales de madera (incluyendo empaques)	9.6
Empaques plásticos	9.7

Fuente: Scarlett L. El libre mercado y los residuos sólidos. Memorias del Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos. SUSTENTA/Semarnap-INE, México 1999. p. 12.

Los programas de manejo de residuos han sido financiados históricamente en las formas siguientes:

**Mediante impuestos sobre la propiedad.** En este caso los gobiernos financian los servicios de limpia a través del cobro de impuestos prediales.

**A través de cargos finales al usuario.** Bajo este esquema, se cobra un cargo proporcional al volumen de residuos generados y recolectados en la puerta de quienes los generan.

**Estableciendo cargos adelantados o iniciales a los productos:** De acuerdo con cada producto se estima el costo del reciclaje y con base en ello se establece un cargo a los productos que compra el consumidor.

Una forma de establecer o fortalecer los mercados de reciclaje, ha sido el desarrollo de acuerdos institucionales tales como los que se refieren a continuación:

**Programas de devolución voluntaria de productos:**

Principalmente residuos peligrosos tales como baterías recargables, acumuladores de automóviles, disolventes y lubricantes usados o pinturas.

**Alianzas entre empresas para trabajar conjuntamente en la investigación de nuevas formas de reciclaje o conservación de recursos.** Tal es el caso del Centro de Reciclaje de Vehículos en los Estados Unidos.

**Desarrollo e implementación de normas voluntarias establecidas por gobierno e industria:** Como el programa “Cinco Estrellas” de las tintorerías para desarrollar distintas actividades ambientalmente favorables, incluyendo el reciclaje.

**Colaboración entre fabricantes y proveedores.** Con objeto de establecer normas en cuanto al contenido de materiales reciclables, reducción de sustancias tóxicas y otros aspectos, en los materiales o productos que el proveedor entrega al fabricante.

**Programas conjuntos de reciclaje y de manufactura:** Tales como los establecidos por los fabricantes de enseres domésticos (lavadoras, refrigeradores, etc). que son refabricados a partir de los productos usados devueltos al fabricante.

**Programas de pago por monto de residuos.** Que comprenden los sistemas de cargos variables por monto de residuos generados.

### 3. La experiencia canadiense

En Canadá la responsabilidad de la recolección y disposición de los residuos sólidos municipales ha sido delegada por los gobiernos provinciales a los gobiernos municipales a pesar de que éstos no tienen status constitucional alguno. Esta situación ha dado lugar a una multiplicidad de reglas y normas que no siempre han sido bien recibidas, lo que ha llevado a plantear el deseo de que se establezca una reglamentación nacional que uniformice criterios.

**El Protocolo Nacional de Empaque en Canadá y el Código**

**Canadiense de Prácticas Preferenciales de Envasado** son dos tipos de esfuerzos voluntarios y cooperativos que han logrado fijar un conjunto de metas flexibles, en las cuales la industria está en libertad de escoger los caminos más eficaces para cumplir con dichas metas. Es decir, no es necesario que cada una de las categorías de producto o de los materiales de empaque cumplan con la meta, en tanto que ésta se cumpla en base a un promedio en peso que abarque todos los empaques en Canadá. Si el enfoque voluntario no funciona, o avanza con demasiada lentitud, existe el riesgo de que se implanten medidas reglamentarias obligatorias.

En el caso de la provincia de Ontario, se ha implantado un programa de recolección selectiva domiciliar (al borde de la banqueta), conocido como Caja Azul, a partir del cual en el periodo de 1986 a 1991 había logrado recuperar más de un millón de ton de materiales reciclables en las siguientes proporciones:

Papel (periódico y cartón corrugado)	65%
Vidrio	23%
Latas metálicas	10%
Plásticos y otros materiales	2%

El folleto explicativo que se reparte en los domicilios proporciona los siguientes lineamientos:

- Coloque todos los frascos y botellas de vidrio, latas metálicas, botellas y garrafones de plástico de desecho en su Caja Azul.
- Enjuague previamente estos envases y quíteles las tapas y tapones que tengan.

- No es necesario quitar las etiquetas a los envases (Nota: las botellas vacías de aceite de motor no deben enjuagarse y debe dejárseles la tapa bien cerrada para evitar que se tire el aceite residual).
- El papel de periódico, los directorios telefónicos viejos y las cajas de cartón corrugado deben presentarse atados con una cuerda, o en bolsas de plástico del tipo de las que se reciben en los supermercados, y tener un tamaño máximo de 60cmx60cmx30cm y deben colocarse en la banqueta junto a la Caja Azul. Las cajas de cartón corrugado que se reciben son las usadas para muebles, aparatos electrodomésticos y otros equipos electrónicos.
- No deben incluirse en los atados cajas enceradas o plastificadas, cajas de pizzas ni revistas. Tampoco deben ponerse cajas de cereales, zapatos y otras aplicaciones del cartón plegadizo, ni celulosa prensada como cartones de huevo.
- No deben incluirse en la Caja Azul artículos como: acumuladores, baterías, pilas, focos, tubos fluorescentes, vidrios rotos de ventanas, espejos, loza, cerámica, artículos de barro cocido, floreros, latas de pintura, chatarra metálica, llantas viejas, contenedores y tapas de plástico para alimentos y derivados lácteos, envolturas y bolsas de plástico ni aerosoles.
- Tampoco deben incluirse en la Caja Azul productos tóxicos y peligrosos ni envases que hayan contenido plaguicidas, limpiadores (de muebles, cristales, cocina, baño y metales), detergentes, blanqueador de ropa, destapacaños, crema para zapatos, naftalina y disolventes.

La Ley sobre envases de consumo y etiquetado regula este tipo de bienes, pero se centra principalmente en los aspectos informativos para que el consumidor no sea engañado; el uso de algunos materiales específicos está prohibido, como por ejemplo, el de clorofluorocarbonos

(CFC) para la producción de poliestireno expandido y existe poca normatividad federal o provincial orientada hacia la cantidad o los tipos de envases y embalajes.

En mayo de 1989, el Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente estableció un Grupo de Trabajo Nacional sobre Envases, con la misión de sugerir políticas nacionales para la gestión de los envases; dicho grupo desarrolló un documento que fue aprobado en marzo de 1990, denominado **Protocolo Nacional del Empaque en Canadá**, el cual propone establecer las seis políticas siguientes:

**Política No. 1** Todos los envases que se utilicen en Canadá tendrán un impacto mínimo sobre el ambiente.

**Política No. 2** La escala de prioridades de la gestión integral de envases y embalajes será:

- Reducción de origen.
- Reutilización.
- Reciclaje

**Política No. 3** Se establecerá una campaña permanente de información, educación y capacitación, con el fin de lograr que todos los canadienses estén conscientes de las funciones y los impactos ambientales del envase y el embalaje.

**Política No. 4** El conjunto de políticas que integran el Protocolo Nacional del Empaque, así como la normatividad que de él resulte, se aplicará a todos los envases usados en Canadá, incluyendo los de importación.

**Política No. 5** Se implantará la normatividad que sea necesaria para lograr el cumplimiento del conjunto de políticas.

**Política No. 6** Todas las políticas, lineamientos y acciones gubernamentales de cualquier nivel, que afecten a los envases y

embalajes, deberán ser consistentes con este conjunto de políticas nacionales.

El Protocolo Nacional propuso, también, una serie de metas para el gobierno y la industria que comprenden el establecimiento de un banco nacional de datos para el monitoreo del cumplimiento de las mismas, la disminución de la cantidad de envases desechados que lleguen a disposición final, en diferentes proporciones y en diferentes fechas (80%/1992; 65%/1996; 50%/2000), en comparación con los que llegaban en 1988.

Para el logro de tales metas se plantearon reducciones por acciones en la fuente y por iniciativas de reutilización de envases, complementadas por programas de reciclaje.

Aunado a lo anterior, se adoptó **un Código Canadiense de Prácticas Preferenciales de Envasado**, que plantea lo siguiente:

**Objetivo:** Promover la excelencia en el empaque.

**Principios:**

- Los envases deberán tener el mínimo impacto posible sobre el medio ambiente.
- Los envases deberán mantener la integridad de los productos que contienen, garantizar la seguridad para el consumidor y cumplir con los requisitos reglamentarios.

**Lineamientos:** Todos los envases usados en Canadá serán diseñados, manufacturados, llenados, usados y dispuestos de tal manera que se minimice su impacto sobre el ambiente y se maximice la disminución de residuos que requieran disposición final, mediante la aplicación de los principios de las “tres erres”: reducción, reutilización y reciclaje.

La puesta en práctica de los principios de las “tres erres” significa:

Reducción de origen (en la fuente):

- La opción preferida es ningún envase.
- Enseguida, se sugiere utilizar la mínima cantidad posible



de materiales de envasado, consistentes con los requisitos funcionales.

Reutilización:

- Debe considerarse el uso de envases rellenables o reusables, cuando no sea factible optar por acciones de reducción en la fuente.

Reciclaje:

- Siempre que sea posible, deberán usarse materiales reciclados en la producción de nuevos envases.
- La opción preferida es el reciclaje primario o de “ciclo cerrado”, es decir, la reutilización de los materiales en la misma aplicación original. El reciclaje secundario (a otras formas de envase) también es aceptable.
- Cuando no exista otra alternativa, deberán usarse los materiales recuperados en reciclaje terciario (otras aplicaciones distintas de fabricación de envases).

En tiempos recientes ha habido discusiones sobre el énfasis que se le debe de dar a la jerarquía de los envases y embalajes. Una cantidad significativa de municipalidades reconocen la importancia de una estrategia integral. De hecho, se ha sugerido que un grupo multi-sectorial se enfoque en el flujo total de los residuos sólidos municipales, y no únicamente en los empaques.

Otra iniciativa federal es el programa de etiquetado denominado **“Elección Ambiental”**; esta eco-etiqueta, se asigna a productos amistosos con el ambiente y lleva un logotipo con dos palomas encontradas, pudiéndose aplicar en un inicio a tres categorías de productos:

- Productos plásticos hechos en base a materiales reciclados.
- Productos para la industria de la construcción, que contengan materiales celulósicos reciclados.

- Aceites lubricantes hechos a partir de la re-refinación de aceites usados.

El Ministerio del Ambiente de Ontario, junto con aliados de la industria (corporaciones que Apoyan el Reciclado y el Consejo de Industria de Plásticos) y de los gobiernos locales (Ciudad de London, Pueblo de Markham y Región de Peel), ha patrocinado el desarrollo de una Guía para la Implantación de la Certificación ISO 14001 en las Operaciones Municipales de Manejo de Residuos.

## CAPITULO III

### LA SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO

#### 1. Cronología histórica

El control de los residuos sólidos municipales (RSM) generados por los habitantes del país se inició en la época precortesiana y la salud pública en México quedó legalmente sustentada el día 15 de Julio de 1891, fecha en la que se expidió el Primer Código Sanitario elaborado por el Consejo Superior de Salubridad.

A su vez, los primeros estudios relacionados con los RSM se realizaron hasta la segunda década del presente siglo, cuando la Comisión Constructora estuvo a cargo del Ing. Miguel Angel de Quevedo, quién desarrolló estudios de pulverización de residuos sólidos para destinarlos a abono agrícola y estudios de saneamiento en varios barrios de la Ciudad de México.

Los primeros intentos por parte de la federación en el control de los RSM, se inician apenas en el año de 1964, cuando la Dirección de Ingeniería Sanitaria pasó a formar parte de la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, (CCISSA), con la finalidad de atender, a nivel nacional los programas de recolección y disposición de RSM, entre otras responsabilidades. Con este organismo da principio la incorporación de técnicas y métodos de ingeniería para tratar de solucionar el problema, cada vez más creciente, de los residuos sólidos.

La primera obra de gran magnitud para el control de los RSM, se realiza en la década de 1960, cuando en la Ciudad de Aguascalientes se diseña y opera el primer relleno sanitario del país, bajo la dirección de profesionales y técnicos de la CCISSA.

Al relleno sanitario de la Ciudad de Aguascalientes, le siguieron planes integrales de recolección y disposición de los RSM en las principales capitales de los estados de la república y en otras ciudades,

que por su importancia, contaban con la asesoría necesaria para resolver este problema.

Este tipo de asesorías por parte del gobierno federal terminaron en el año de 1981, cuando CCISSSA se liquidó y las funciones de la parte de Ingeniería Sanitaria fueron absorbidas por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (SMA) de la misma Secretaría de Salubridad y Asistencia, creada en 1972.

En el Consejo Técnico de la SMA, se inició un programa a nivel nacional que duró de 1973 a 1976, con el apoyo de un crédito otorgado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Por medio de este programa, se proporcionó asesoría y se desarrollaron los proyectos ejecutivos de manejo y disposición final de los RSM en las ciudades de Acapulco, Tijuana, Mexicali, Saltillo, Cd. Juárez, Tuxtla Gutiérrez, Monterrey y Ensenada.

También se iniciaron los primeros cursos de capacitación para personal de los municipios y se desarrollaron las primeras instancias para identificar el problema de los residuos sólidos industriales.

A fines de la década de 1970 y hasta 1982, en la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), dentro de la Subsecretaría de Asentamientos Humanos y en la Dirección de Ecología Urbana, se llevaron a cabo una serie de proyectos, así como la elaboración de normas técnicas para el control de los RSM.

Con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue) en el año 1982, todas las atribuciones en el área de control de RSM se conjuntaron en la Subsecretaría de Ecología. En esta dependencia, a partir de 1983, se inicia el programa RS100, el cual consistió en la elaboración de proyectos ejecutivos de relleno sanitario en las ciudades mayores de 100,000 habitantes.

Aunado a lo anterior, se elaboraron los manuales de diseño de rellenos sanitarios y los programas de diseño de rutas de recolección mediante el uso de computadora, así como los proyectos ejecutivos para

el confinamiento de residuos industriales. Además, se continuó impartiendo cursos de capacitación y adiestramiento a personal de los municipios del país.

En 1992 desaparece la Sedue y se crea la Secretaría de Desarrollo Social, (Sedesol) la cual incluye en su estructura al Instituto Nacional de Ecología (INE). La Sedesol continúa brindando apoyo a los municipios, a través del desarrollo de proyectos ejecutivos y del financiamiento para la construcción de infraestructura para el control de los RSM y la construcción y operación de rellenos sanitarios, hasta la fecha.

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, (Semarnap), se crea en 1994 incorporando al INE y a los demás órganos que en la Sedesol se ocupaban de cuestiones ambientales. En este contexto, el INE asume la responsabilidad del desarrollo de la normatividad de los residuos sólidos municipales y en el año de 1996, promulga la norma oficial mexicana que establece los requerimientos para la selección de sitios para ubicar rellenos sanitarios.

## 2. Evolución de los servicios de aseo urbano

Desde los albores del presente siglo, las municipalidades del país, se enfrentan a la responsabilidad de llevar a cabo las acciones necesarias para prestar el servicio de aseo urbano, (SAU), y/o servicio de limpia, en sus localidades, de manera tal que se mantengan buenos niveles de eficiencia y con ello lograr el control de los residuos sólidos municipales, (RSM), lo cual conlleva una serie de problemas que son inherentes a la prestación de un servicio público.

Desde hace muchos años la prestación del SAU, que por mucho tiempo se consideró solamente como una responsabilidad netamente gubernamental, quedó rezagada de los avances técnicos y administrativos que de manera rápida se fueron desarrollando en el mundo. Este rezago repercutió en los niveles de eficiencia para la prestación de este servicio, ya que todos los esfuerzos realizados fueron encaminados principalmente a la recolección y en muchos casos al

barrido. Dichos servicios se han estado prestando con mucho empeño y voluntad por parte de los responsables de los SAU, aunque con poca eficiencia y no logrando optimizarlos, al dejarse de lado los sistemas de tratamiento y disposición final que muestran un gran atraso y por ende representan un riesgo al ambiente.

La infraestructura y los sistemas de manejo son sumamente precarios, dada la desproporción que guarda la cantidad creciente de los RSM generados con las capacidades existentes de manejo, vigilancia y control, así mismo con frecuencia se observa una disposición clandestina en tiraderos, barrancas, derechos de vías en carreteras o cuerpos de agua.

### 3. Clasificación, generación y composición de los residuos sólidos

#### **3.1. Clasificación de los residuos sólidos**

La gran diversidad y heterogeneidad de los RSM dificulta el establecimiento de criterios claros de clasificación y por tanto, de manejo de los mismos. En el cuadro 16 se plantea una clasificación en la que se utiliza la fuente genérica del origen del residuo, las fuentes específicas y los residuos que son generados en esas fuentes, desglosándolos en residuos comunes, residuos potencialmente peligrosos por su forma de manejo y disposición o por su contenido de materiales peligrosos y residuos peligrosos que es factible encontrar en los RSM.

**Cuadro 16. Clasificación de los residuos sólidos municipales**

<b>Fuente</b>	<b>Origen específico</b>	<b>Tipos de residuos</b>
Domiciliarios Institucionales	Casas habitación Escuelas básicas (preescolar a secundaria). Educación preparatoria y superior. Museos. Iglesias. Oficinas de gobierno. Patrimonio histórico. Bancos. Reclusorios.	Clasificación de residuos comunes por propiedades físicas: • Materiales inertes Vidrio. Plástico. Enseres domésticos. Material ferroso. Chácharas. Material no ferroso • Materiales Fermentables Residuos alimenticios. Residuos de jardinería. Hueso.
Áreas y vías públicas	Calles y avenidas. Carreteras federales o estatales. Parques y jardines. Áreas abiertas. Zonas federales. Balnearios. Zoológicos. Playas. Áreas arqueológicas. Parques nacionales. Mercados, tianguis y centros de abasto. Hoteles y moteles. Oficinas.	Flores (desechos). • Materiales combustibles Algodón Papel. Cartón. Tetrapack y tetrabrik Textiles naturales. Textiles sintéticos. Pañales Madera. Residuos industriales no peligrosos(*) Residuos potencialmente peligrosos(**): Llantas Lodos Excremento.

<b>Fuente</b>	<b>Origen específico</b>	<b>Tipos de residuos</b>
Comercial y de servicios.	Rastros. Panteones. Restaurantes. Tiendas. Presentaciones artísticas. Circos. Cines. Teatros. Estadios. Hipódromos y galgódromos. Parques deportivos. Autódromos. Velódromos. Plazas de toros. Frontón.	Secreciones. Materiales empapados de sangre. Aceites y grasas. Autos abandonados. Equipos de refrigeración, electrónicos y otros Animales muertos. Alimentos caducos Objetos punzocortantes Residuos peligrosos: Los que sean considerados como tales en la normatividad correspondiente y provenientes de microgeneradores
Construcción y demolición	Terminales: Marítimas. Terrestres. Aéreas.	Otros: Cascajo



### 3.2. Generación y composición de los residuos sólidos

La información sobre la generación y la composición de los RSM, es parte fundamental del análisis de cualquier sistema de manejo integral de los RSM, es por ello que a continuación se hace referencia a tales aspectos.

#### 3.2.1. Generación

Con la finalidad de tener elementos de comparación de la situación en México, en el cuadro 17, se presentan diferentes tasas de generación de RSM en diferentes países y ciudades del mundo.

**Cuadro 17. Tasa comparativa de generación per cápita de residuos sólidos municipales en distintos países**

País	Generación per cápita (kg/hab/día)
E.U.A.	1.970
Canadá	1.900
Finlandia	1.690
Holanda	1.300
Suiza	1.200
Japón	1.120
Brasil (Sao Paulo)	1.350
Argentina (Buenos Aires)	0.880
Chile (Santiago)	0.870
México	0.853

Modificado de: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999

Para realizar el análisis siguiente se consultaron dos fuentes, por un lado los estudios sobre caracterización y cuantificación de los RSM realizados por diversas instituciones del Gobierno Federal y por el Departamento del Distrito Federal (DF), en el período comprendido de

1974 a 1987, en 46 ciudades del país y en las 16 delegaciones políticas del D.F. y por otro los estudios realizados por la Sedesol entre los años de 1991 y 1998.

De acuerdo con estas fuentes, la media de generación de residuos sólidos varió de 0.718 kg/hab/día, en el periodo de 1974-1987, a 0.853 kg/hab/día en 1998. La menor generación corresponde a zonas en su mayoría semirurales o rurales, mientras que la mayor corresponde a las zonas metropolitanas como el Distrito Federal.

En función de la generación y las características de los RSM, el país se ha dividido en cinco zonas: la Fronteriza, la Norte, la Centro, la Sur-Sureste y el Distrito Federal. En los cuadros 18 y 19, se muestran los datos estimados de población, generación,

producción diaria y anual de RSM por zona geográfica del país para los años de 1988 y proyectadas para 1998 respectivamente.

**Cuadro 18. Generación de residuos sólidos municipales por zona para 1988**

Zona	No. de Hab.	Generación kg./hab./día	Toneladas diarias	Toneladas anuales	%
Fronteriza	7'647,643	0.645	4,933	1'800,545	8.74
Norte	16'628,750	0.698	11,607	4'236,555	20.56
Centro	34'646,270	0.617	21,377	7'802,605	37.87
D.F.	11'354,005	0.960	10,995	4'011,350	19.48
Sur-sureste	11'366,670	0.663	7,536	2750,640	13.35
Promedio		0.7182			
Totales	81'643,380		56,448	20'601,695	100.00

Fuente: Sedue. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. México. 1998.

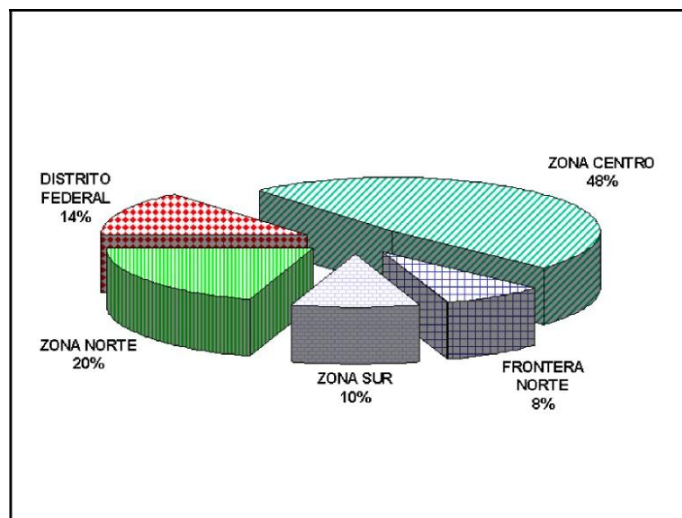
**Cuadro 19. Generación anual de residuos sólidos por zona geográfica proyectada para 1998**

Zona	Población proyección	Generación per	Generación diaria (ton)	Generación anual (ton)
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	6,342,240
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

Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999

A su vez, la generación de los RSM en las diferentes zonas del país se muestra en la figura 8. La tendencia del incremento de generación se estima que puede variar de 1 a 3% anual dependiendo de la localidad. No obstante, se ha observado que en situaciones de crisis económica la generación per cápita disminuye. En la misma figura se muestra que la zona centro junto con el Distrito Federal producen el 62 % de los residuos generados en el país.

**Figura 8. Distribución porcentual de la generación de residuos sólidos en las diferentes zonas del país**



Esta variación se observa también durante los días de la semana, siendo perfectamente conocido que la generación presenta rasgos estadísticos bien claros en la variación diaria: los índices de generación bajan los miércoles y jueves en comparación con los otros días de la semana.

Con base en esta información y en la proyección de la población para el año 2000, en el cuadro 20 se presenta la generación total de residuos sólidos, incluyendo a los residuos de otro tipo, que no son domiciliarios. La estimación realizada se basa en los indicadores que para tal efecto se utilizaron en la SEDUE. Estos cuadros tratan exclusivamente las estadísticas relativas a los residuos denominados municipales.

**Cuadro 20. Proyección de generación de residuos sólidos**

<b><u>Proyección de generación de residuos sólidos</u></b>							
Año	Población (miles)	Generación per-capita (kg./hab.-día)		Generación domicilio (toneladas)	Otros (toneladas)	Generación total (toneladas)	
1988	81,643	0.566	0.613	47,482	58,962	9,496	58,619
1992	96,240	0.718		77.365		11,792	70,754
2000	107,777					15,473	92,838

Fuente: Sedue. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. México. 1998.

**3.3. Composición**

La información que se muestra en el cuadro 21, describe el potencial de reciclado de los materiales presentes en los residuos que tienen un valor comercial en el mercado, del que actualmente se recupera sólo un porcentaje que no llega a más del 50 %; los datos cubren los períodos de 1974-1988 y 1991-1998. La recuperación de los materiales reciclables ocurre ya sea en la prepepena que se realiza en los vehículos

recolectores, en los recolectores de carrito, en plantas de selección o en los sitios de disposición final.

**Cuadro 21. Potencial económico en el área de recuperación y reciclado de residuos sólidos municipales**

<b>Subproductos reciclables</b>	<b>Estudios realizados 1974-1988 % en peso</b>	<b>Estudios realizados 1991-1998 % en peso</b>	<b>% Recup erable</b>	<b>Subproductos reciclables 1974-1988</b>	<b>Subproductos reciclables 1991-1998</b>
Cartón	4.10	4.07	70	2.87	2.85
Hueso	0.80	0.35	50	0.40	0.18
Lata	2.52	2.12	60	1.51	1.27
M. ferroso	0.76	0.95	60	0.46	0.57
M. no ferroso	0.60	0.76	40	0.24	0.30
Papel	9.63	11.96	45	4.33	5.38
Plástico película	3.42	3.92	55	1.88	2.16
Plástico rígido	2.28	2.71	55	1.25	1.49
Residuos alimenticios	34.70	27.56	50	17.35	13.78
Trapo	1.94	1.60	60	1.16	0.96
Vidrio color	3.44	2.37	75	2.58	1.78

Subproductos reciclables	Estudios realizados 1974-1988 % en peso	Estudios realizados 1991-1998 % en peso	% Recuperable	Subproductos reciclables 1974-1988	Subproductos reciclables 1991-1998
Vidrio transparente	4.25	5.08	75	3.19	3.81
Totales	68.44	73.45		7.22	34.53

Fuente: Sedue. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. México. 1998.  
Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999.

Estos valores se han ajustado de acuerdo con los porcentajes de recuperación posible, los cuales se tomaron de datos obtenidos en las plantas industrializadoras que existen en la república, así como de los datos de recuperación de subproductos en los sitios de disposición final.

En el cuadro 22, se presentan los promedios de composición de los RSM para los dos períodos considerados en las zonas en que se dividió el país y en el cuadro 23, se presenta la evolución de la composición de los RSM, para diferentes períodos y años. Finalmente, en el cuadro 24, se presenta la composición promedio de los residuos sólidos domiciliarios en el Distrito Federal.

**Cuadro 22. Composición porcentual de los residuos sólidos municipales**

Subproductos	Zona geográfica									
	Fronteriza		Norte		S ur		Centro		D.F.	
	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97
Cartón	2.96	3.97	4.20	4.37	4.08	1.83	4.43	4.84	3.28	5.36
Residuos finos	4.59	1.37	9.52	2.23	6.16	3.51	6.25	8.08	0.94	1.21
Hueso	0.51	0.50	0.58	0.64	0.93	0.27	0.60	0.25	0.82	0.08

Subproductos	Zona geográfica									
	Fronteriza		Norte		S ur		Centro		D.F.	
	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97
Hule	0.70	0.28	0.77	0.20	0.89	0.09	0.30	0.35	0.21	0.20
Lata	3.07	2.93	2.42	1.40	2.06	1.70	2.75	2.97	1.59	1.58
Material ferroso	0.50	1.18	0.45	1.48	0.85	0.29	1.35	0.40	0.51	1.39
Material no ferroso	0.22	0.23	0.56	0.65	0.44	0.94	0.99	1.70	0.21	0.06
Papel	13.83	12.13	9.98	10.60	8.63	13.68	6.77	8.85	12.43	14.58
Pañal desechable	4.87	6.55	2.54	8.31	2.74	6.00	3.94	5.72	3.00	3.37
Plástico película	2.63	4.79	3.72	5.12	3.26	1.66	3.89	1.72	5.04	6.24
Plástico rígido	2.75	2.90	2.34	3.15	1.93	1.95	2.34	1.23	4.76	4.33
Residuos de jardín	15.05	16.10	7.34	19.76	6.92	7.11	7.73	26.98	3.97	5.12
Residuos alimenticios	25.22	26.97	37.73	21.27	37.46	38.54	40.26	16.34	44.14	34.66
Trapo	2.48	1.97	1.91	2.40	1.97	0.81	1.23	2.16	2.37	0.64
Vidrio color	3.91	2.06	3.30	0.93	2.81	4.25	3.88	0.60	2.50	4.00
Vidrio transparente	4.14	4.59	4.19	5.25	4.07	5.05	4.20	3.72	4.32	6.67
Otros	13.37	11.50	8.45	2.27	14.08	12.33	9.05	14.10	9.91	10.41
Totales	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Sedue. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. México. 1998.  
Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999

Para evaluar el potencial de recuperación a partir de residuos, de materiales secundarios que se convierten en materia prima de la industria establecida, o la industria artesanal del país se deben considerar los valores referidos en los cuadros anteriores. El potencial económico de la recuperación y reciclado de productos contenidos en los RSM, sumaría en total más de 16.8 millones de pesos diarios.

Vale la pena mencionar la evolución observada en las características de los RSM que se generan, no sólo en la cantidad sino

también en su composición de temporada a temporada. Mientras que en el verano se presenta un aumento en la cantidad de materia orgánica debido a la disponibilidad de una serie de frutas y verduras, en el invierno ésta se reduce hasta en un 10 por ciento, aumentando los materiales de más lenta degradación.

**Cuadro 23 . Evolución de la composición de subproductos en el período 1991 a 1997 (valores en %)**

COMPOSICIÓN	AÑOS				
	1974-1988	1991	1997	Diferencia en los periodos	
Papel, cartón y productos de papel	15.39	14.07	17.13	(1.32)	3.06
Textiles	1.94	1.49	2.15	(0.45)	0.66
Plásticos	5.70	4.38	8.95	(1.32)	4.57
Vidrio	7.69	5.90	7.04	(1.89)	1.14
Metales	3.88	2.90	3.82	(0.98)	0.92
Residuos de comida, jardinería y materiales similares (orgánicos)	47.72	52.40	44.78	4.68	(7.62)
Otros tipos de residuos Variados: residuos finos, hule, pañal desechable, etc.	17.68	18.86	16.13	(1.18)	(2.73)

Total	100.00	100.00	100.00		
-------	--------	--------	--------	--	--

Fuente: Sedue. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. México. 1998.  
 Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999.



**Cuadro 24. Porcentaje de subproductos de desechos sólidos domiciliarios en el D.F.**

<b>Subproductos</b>	<b>Promedio</b>	<b>Subproducto</b>	<b>Promedio</b>
Algodón	0.23	Material ferroso	0.51
Cartón	3.28	Material no ferroso	0.21
Cuero	0.65	Papel	12.43
Residuos finos	0.94	Pañal desechable	3.00
Cartón encerado	1.42	Plástico	5.04
Fibra vegetal	4.91	Poliuretano	4.44
Fibra sintética	0.47	Poliestireno	0.32
Hueso	0.82	Residuos alimenticios	44.14
Hule	0.21	Residuos jardinería	3.97
Lata	1.59	Trapo	2.37
Loza y cerámica	0.74	Vidrio de color	2.50
Madera	0.58	Vidrio transparente	4.32
Material de construcción	0.77	Otros	3.14

Sin duda, la evolución tecnológica ha influido en la calidad de los residuos, hace 20 años el porcentaje de plástico apenas llegaba al uno por ciento y el vidrio alcanzaba al tres por ciento. En la actualidad, el vidrio se ha mantenido y el plástico ha aumentado en su participación. La materia orgánica sigue siendo el gran aportador, no obstante que con el tiempo tiende a la disminución en forma ligera y gradual, pues ha pasado de un 65 a 70 por ciento de aquellos años, a poco más del 40 por ciento en la actualidad.

Este cambio se debe a la introducción cada vez mayor de otros materiales cuya alta durabilidad y seguridad los hacen de mayor demanda y al consumo creciente de productos de un solo uso. También influyen en este fenómeno las tácticas de mercado que buscan una y mejor presentación del producto.

La composición de los residuos sólidos municipales no es homogénea en todo el territorio nacional, sino que responde a la distribución de hábitos de consumo y poder adquisitivo de la población. Así la composición en la zona sur del país tiene mayores contenidos de residuos de jardinería -estados como Chiapas y Tabasco -, mientras que en las más importantes zonas urbanas este mismo producto aparece en menor proporción.

La evolución en la composición de los materiales reciclables durante el período 1991 a 1997 muestra un incremento importante en productos desechables como plástico, papel y vidrio, 4.57, 3.06 y 1.14 % respectivamente, mientras que en los residuos orgánicos -residuos de comida y jardinería principalmente- han tenido un decremento del 7.62%.

Un factor importante a considerar en la selección de alternativas de manejo de los RSM es su peso volumétrico in situ. Este puede variar de 170 a 330 kg/m<sup>3</sup> sin compactar y depende en gran medida del contenido de materia orgánica y su grado de humedad.

Tomando en consideración los valores de generación diaria per cápita y con base a la media del contenido de subproductos, se obtiene la estimación general de los subproductos contenidos en los residuos sólidos domiciliarios que se generan en el país.

## **LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO EN MÉXICO**

Los sistemas de aseo urbano, (SAU), en los diferentes municipios del país y en las delegaciones del Distrito Federal, se dividen en la mayoría de los casos para su operación y control en las siguientes etapas: barrido de vías y áreas públicas, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. En este capítulo se presenta con detalle la situación actual que guardan estas etapas desde el punto de vista técnico.

Si bien la etapa de almacenamiento, es responsabilidad de la fuente de generación, dada su importancia y los impactos que ocasiona sobre los SAU, se presenta la situación que se observa a este respecto en el país.

También se presentan y analizan los aspectos institucionales, financieros, legales, sociales y ambientales que están involucrados en los SAU.

### **1. Almacenamiento**

El almacenamiento temporal de los residuos sólidos municipales (RSM) en la fuente de generación, tiene la función de mantenerlos temporalmente de manera tal que no ocasionen riesgos a la salud pública o al ambiente, hasta que son utilizados o entregados al sistema de recolección del SAU de la localidad.

Esta fase del ciclo de vida de los residuos, es quizá la que menos atención técnica profesional ha recibido, no obstante la importancia que reviste, los impactos que pueden derivar de ello para la eficiencia del SAU y los riesgos que conllevan. Por tal motivo, quizá, son pocas las ciudades en donde se tienen buenas prácticas de almacenamiento en las diferentes

fuentes de generación de los RSM.

Los sistemas de almacenamiento están constituidos por dos grandes áreas, por un lado las zonas o lugares donde se ubican los recipientes de almacenamiento y por el otro, los propios recipientes que contienen los RSM. Las zonas y los recipientes de almacenamiento, deben de estar diseñados de acuerdo con las características de los residuos, su producción en un periodo determinado, su peso volumétrico y la frecuencia establecida por el SAU que proporciona el servicio.

La situación que guardan casi todas las zonas de almacenamiento es deficiente, particularmente en las fuentes de gran generación (mercados, tiendas de autoservicio, espectáculos, centros de abasto), ya que por lo regular son zonas que no fueron diseñadas y construidas con ese propósito, provocando toda una serie de riesgos a la salud, ambiente y economía de los generadores.

Existe una multivariedad de recipientes que son utilizados para el almacenamiento de los RSM, la gran mayoría de los cuales no han sido contruidos exprofeso, dominando las bolsas de polietileno proporcionadas por todo tipo de comercios para el almacenamiento y transporte de las mercancías vendidas. Sin embargo, es frecuente observar algunos otros recipientes contruidos para otro fin y que han sido deteriorados por el tiempo y ya no cumplen con su objetivo original, entre ellos tinajas y baños de plástico o metal, cajas de cartón o madera y bolsas de papel. En algunas fuentes de generación, sobre todo de la clase socioeconómica alta se pueden observar, bolsas de plástico y recipientes de lámina o plástico fabricados para el almacenamiento de residuos.

El almacenamiento domiciliario deficiente constituye uno de los principales problemas de operación de los recipientes que contienen los residuos en las diferentes fases del SAU, ya que debido a su poca resistencia y bajo peso específico, estos se rompen al intentar trasladarlos al camión recolector, lo cual baja la eficiencia del proceso, incrementa los

costos, contamina y da mala imagen a los municipios.

Otro aspecto importante es el almacenamiento en la vía pública, por lo regular los parques, jardines, playas, centros de recreación, zonas arqueológicas y sitios de reunión, cuentan con parte del equipamiento para el almacenamiento temporal de los usuarios de este tipo de áreas. Sin embargo, en lo que se refiere a la vía pública, comúnmente no es fácil observar este tipo de equipamiento y cuando existe, la recolección de los RS de estos recipientes no se lleva a cabo con la regularidad para la que fueron diseñados, en la mayoría de los casos por carecer de la infraestructura necesaria. Esta situación ha provocado que se generen pequeños tiraderos alrededor de los contenedores, con la consecuente proliferación de fauna nociva, malos olores, afectación al paisaje, y consecuentemente el rechazo de la población.

Con la participación cada vez mayor de la iniciativa privada en los sistemas de recolección de RSM, en algunas de las fuentes de gran generación o en algunas compañías prestadoras de servicios, es posible observar el uso de contenedores de diferentes tipos y capacidades para el almacenamiento de los RS. Estos contenedores son servidos por vehículos de recolección de carga frontal, carga lateral o carga trasera y los denominados roll on, roll off.

Dentro del último lustro o quizá década, la incorporación rápida en la escena de la prestación de los SAU de los grupos y organizaciones ecologistas no gubernamentales, ha creado una serie de expectativas a la solución del problema del control de los RSM, una de estas contribuciones es precisamente en el renglón del almacenamiento.

Siguiendo el ejemplo del mundo desarrollado, se ha insistido mucho en la participación de la ciudadanía en lo que respecta a la separación de los diferentes materiales que en su conjunto constituyen los RS, esfuerzos que deben continuar ya que pueden constituir una alternativa útil.

## 2. Barrido Manual y Mecánico

El sistema de barrido de calles y banquetas por muchos años fue una tarea compartida por la autoridad y los ciudadanos, en tanto que el de los parques, jardines, áreas públicas y sitios de reunión fue una actividad netamente del SAU. Desafortunadamente, con el tiempo la participación comunitaria ha ido disminuyendo y en la actualidad es prácticamente nula en las ciudades grandes y de reducida consideración en las ciudades pequeñas.

Los RS que se depositan en las vías y áreas públicas provienen de muy diferentes fuentes, una de las más comunes es el polvo. Éste puede ser el que es arrastrado por el viento, por las llantas de los vehículos, por la lluvia, el esparcido por los vehículos que transportan material de construcción o excavación, de las viviendas, de la abrasión de las superficies de rodamiento o de partículas que son emitidas a la atmósfera y que se sedimentan. Al polvo se suman papeles, envoltorios, colillas de cigarro, palos de paletas, olores, excrementos de animales y en ocasiones de humanos y las ramas y hojas de los árboles.

Las actividades de barrido prestado por los SAU se llevan a cabo mediante formas manuales en la mayor parte de la prestación de este tipo de servicio, mientras que en las avenidas principales y vías rápidas se realizan por medios mecánicos, no obstante que cada año son menos las localidades que cuentan con este tipo de servicio. En ocasiones, son utilizadas barredoras de tres ruedas, con mecanismos de cepillos y bandas elevadoras para la descarga de los RS en las tolvas de almacenamiento, las cuales son de lenta velocidad. Las barredoras rápidas de cuatro ruedas por lo regular constan de cepillos laterales y un mecanismo de succión que absorbe y deposita en la tolva de almacenamiento, en ambos casos son operadas por un solo conductor. Las unidades posteriores a 1980 están equipadas con descarga elevada o de volteo.

En el servicio de barrido mecánico, se registran velocidades para los equipos de tres ruedas de cuatro a cinco km por hora y las de cuatro ruedas de 25 a 30 km por hora. Sin embargo, se han reportado velocidades de barrido menores debido a las deficiencias en el mantenimiento de los equipos, cuyos principales problemas se encuentran en las bandas elevadoras de los RS y los cepillos laterales y central de las barredoras.

Es factible en la actualidad, que se observe el barrido de vías rápidas mediante el uso de cuadrillas o personal individual de barrido manual. En la última década el sistema de barrido manual ha sido utilizado dentro de los programas gubernamentales de creación de empleo. Para ello han recurrido a mano de obra no calificada en el momento de la contratación.

En algunas localidades del país, para el barrido y limpieza de parques, jardines y explanadas ya sean públicas o explanadas de industrias y centros comerciales, se utilizan minibarredoras. En los aeropuertos el barrido se lleva a cabo mediante el uso de las mismas barredoras utilizadas para dar servicio en las vías rápidas.

El barrido manual se lleva a cabo principalmente en las vías públicas de la zona centro, zonas turísticas y en ocasiones en las zonas habitacionales. El equipo que se utiliza regularmente consta de uno o dos tambos de 200 litros, montados en un carrito de ruedas, escoba de ramas y mango largo, en ocasiones un cepillo y los recogedores, que no son otra cosa que dos placas viejas o dos pedazos de lámina.

El rendimiento del personal va de 0.6 a 2.0 km/turno de calle (1.0 a 3.0 km de cuneta), dependiendo del apoyo del barrido mecánico, la orografía, el clima, el grado de dificultad del barrido y fundamentalmente de la cooperación de la comunidad. El costo del barrido manual varía de 12 a 18 pesos/km, y está sujeto a factores tales como el número de personal empleado y sus condiciones contractuales.

En las ciudades que cuentan con zonas de playas es factible

encontrar el barrido de las mismas mediante el uso de equipo de rastrillos expresamente construido para ello o en forma manual, en zonas arqueológicas este tipo de servicio se lleva a cabo de forma manual.

El barrido manual sobre todo en las ciudades grandes es prestado por barrenderos contratados por las autoridades y a últimas fechas se ha desarrollado el fenómeno de oportunidades de empleo informal, en el cual las personas fabrican o compran su carrito, dos tambos de 200 litros, una escoba, en ocasiones un cepillo y un recogedor y se lanza a proporcionar el barrido y el inicio de su negocio de la recolección casa por casa.

### 3. Recolección

Los sistemas de recolección tienen la función de recorrer las áreas donde están ubicadas las fuentes de generación, recolectar los RSM y transportarlos a los sistemas de transferencia, de tratamiento o de disposición final. Esta es una de las acciones relacionadas con la disminución de riesgos a la salud más importantes que se realiza en los SAU, ya que minimiza el tiempo que los RSM permanecen en la fuente de generación.

La mayoría de los municipios y las delegaciones del Distrito Federal proporcionan y administran el servicio de recolección, sin embargo en algunas ciudades existen también recolectores privados, ya sea en el libre mercado o bajo concesión municipal, prestando el servicio de recolección a fuentes de generación de todo tipo.

En los primeros años de la década de 1990, se inició la prestación de este tipo de servicios mediante la participación de la iniciativa privada siguiendo la modalidad de concesión. Así las ciudades de Puebla, Puebla; Torreón, Coahuila; Monterrey, Guadalupe y Santa Catarina, Nuevo León; Guadalajara, Jalisco; Mérida, Yucatán; Nuevo Laredo y Reynosa, Tamaulipas; Acapulco, Guerrero; Toluca y Metepec, México, reciben este tipo de servicio mediante contratos de concesión.

Para la prestación de esta fase del SAU, las autoridades municipales cuentan con vehículos de recolección de diferentes tipos,



estos vehículos están constituidos por el chasis cabina y por la caja, esta caja puede contener una serie de mecanismos para compactación o sin compactación como es el caso de camiones de volteo o los de redilas. Cuando tienen integrado el mecanismo de compactación por la forma en que son depositados en su interior se les denomina, de carga lateral, trasera o frontal, y en el caso de carga lateral por la forma de la caja pueden ser tubulares o rectangulares. Todos los tipos de vehículos pueden tener adaptaciones para dar servicio a contenedores y además existe otro tipo de vehículos que exclusivamente da servicio a contenedores éstos son denominados Roll On , Roll Off y los hay de balancín o góndola, estos últimos son más utilizados en la industria de la construcción o para residuos de gran peso volumétrico.

Desde hace tiempo para el servicio de recolección de RSM, se ha observado en las periferias de las grandes ciudades o áreas metropolitanas y en localidades rurales, la prestación del servicio por medios informales y formales mediante el uso de carretas de tracción animal, triciclos y pick ups.

Los equipos más utilizados son los camiones compactadores con capacidad de 10 a 15 m<sup>3</sup>, con los cuales se recolectan de 6 a 8 ton por viaje. En el caso de los contenedores, éstos varían de 0.5 hasta 18 m<sup>3</sup> cuando no tienen compactación y hasta 30 m los de compactación; En municipios con marginalidad mayor es común encontrar que su flota de camiones son de tipo “volteo” hasta en un 50%, cuya capacidad oscila entre 6 y 8 m<sup>3</sup> y recolectan de 1.2 a 1.6 ton por viaje y los de redilas de 3.5 a 8 toneladas.

Los métodos de recolección son variados pero destacan los de esquina o parada fija, los de acera, anunciados por medio de campeo, en ocasiones cuentan con canastillas y de ahí van recolectando, puede ser de acera modificados, los que son servidos por medio de contenedores. En la actualidad, ya no es común entrar por los residuos dentro de los domicilios, pero existe el servicio de contenedores el cual es

utilizado en diversas fuentes de generación.

Regularmente, el personal de operación en los vehículos de recolección consiste en el chofer y dos peones y en los vehículos que proporcionan servicio a contenedores sólo participa el operador. En ocasiones, la misma cuadrilla está compuesta por más elementos, no incluidos en la nomina municipal, que se destinan a realizar la denominada prepepena. Esta tarea consiste en separar los subproductos valiosos que son factibles de comerciar sin ningún tipo de problemas, como lo son: el cartón, papel periódico y papel limpio, botellas enteras de aceites, refrescos, cerveza y licores, metales y latas de aluminio principalmente. El chofer paga a este personal adicional o se trata de voluntarios en la fase de hacer méritos.

Existe una multivariedad de chasis cabina incluso en una misma localidad, utilizando vehículos a gasolina y a diesel y de todas las marcas comerciales que hay en el mercado nacional, esta situación complica el ya muy deficiente sistema de mantenimiento de las unidades.

Es práctica común llevar a cabo la selección de materiales susceptibles de ser reciclados en el transcurso de la ruta de recolección, los materiales más comunes son cartón, papel, botellas de vidrio, latas de aluminio, colchones y algunos metales. Esta operación en ocasiones es llevada a cabo por personal extra contratado por el chofer sin tener ninguna relación con el SAU. Una vez que terminan su ruta o se han llenado, en el camino al sitio de transferencia, tratamiento o disposición final, se desvían a vender los subproductos recuperados. Esto y los trabajos de pepena en la unidad de recolección causan un impacto negativo en la eficiencia del sistema de recolección. Además del cobro informal al usuario.

La cobertura en población servida promedio a nivel nacional se estima en 78%. Para las zonas metropolitanas se ha calculado en 95%, mientras que para ciudades medias entre el 70 y 85%. En áreas urbanas pequeñas se ubica entre el 50 y 70%.

La recolección por lo general se realiza en dos turnos y ocupa entre dos y cinco trabajadores por camión incluyendo chofer y voluntarios (pepenadores), esto depende de factores como la generación por zona o sector, la concentración urbana, el grado de dificultad de la ruta así como las condiciones climáticas y topográficas de la localidad y sobre todo de las actividades de prepepena. En promedio cada jornalero (personal destinado a actividades exclusivas de recolección), recolecta entre dos y cuatro ton por turno.

La mayoría de los camiones tienen un rango de operación entre 8 y 12 años, lo cual sobrepasa la vida útil de los mismos -estimada en siete años-. En general el 25% de la flota de camiones se encuentra en buen estado, el 50% en regulares condiciones y el resto en muy malas condiciones de operación. La falta de mantenimiento preventivo en muchos municipios del país mantiene en condiciones críticas el parque vehicular.

Los costos de recolección en las ciudades medias varían de 120 a 230 pesos por tonelada dependiendo principalmente de la cobertura del servicio, las toneladas a recolectar, el estado físico de los camiones y el diseño de las rutas de recolección.

El cuadro 25 muestra información comparativa sobre la situación de recolección que guardan algunos municipios del país, así como índices de cobertura, flotillas de recolección y personal asignado a este servicio.

**Cuadro 25. Información de los servicios de recolección de varios municipios del país**

Municipio	Pob. Servida	Gen. per cápita (kg/hab/día)	Gen. día (ton)	Cobertura (%)	No. de rutas de recolec	No. de camiones	No. emple. recol.	No. de emple. /1000 hab.
Los Cabos	63,900	1.252	80	90	10	9	18	0.254
Piedras Negras	135,000	0.593	80	100	15	8	48	0.356
Celaya	273,750	1.096	300	75	32	20	76	0.208
Taxco de	102,000	0.471	48	85	6	9	27	0.225
Naucalpan	855,000	1.404	1,200	95	120	120	480	0.533
Morelia	493,000	1.014	500	85	100	24	80	0.138
Tepic	293,000	1.024	300	100	27	21	126	0.430
Linares	59,500	0.672	40	70	7	7	24	0.282
San Juan	108,800	1.057	115	85	8	8	56	0.438
Puebla	1,229,70	0.747	919	96	N/D	75	450	0.352
Tequisquiapan	47,500	0.526	25	95	8	6	22	0.440
José María	18,000	0.278	5	60	2	2	N/D	N/D
San Luis Potosí	552,500	1.086	600	85	N/D	31	197	0.303
Puerto Peñasco	24,000	1.250	30	60	6	6	18	0.450
Altamira	105,000	0.952	100	70	12	10	40	0.267
Huamantla	54,000	0.889	48	90	8	4	12	0.200
Zacatecas	108,000	0.833	90	90	42	38	76	0.633

N/D No Disponible

Fuente: Ficha de información mínima municipal

Dirección General de Infraestructura y Equipamiento Urbano Sedesol

Los costos de recolección representan el 95 % de los costos totales del servicio cuando este no incluye los procesos de transferencia o disposición final controlada, en el cuadro 26, se presentan los porcentajes de distribución del presupuesto en las fases de los servicios de aseo urbano.

**Cuadro 26 . Porcentajes de distribución de los costos en los diferentes procesos**

	<b>Tiradero a cielo abierto</b>	<b>Relleno sanitario sin transferencia</b>	<b>Relleno sanitario con transferencia</b>	
	México	México	México	EUA
<b>Recolección barrido</b>	95%	82%	53%	64%
<b>Transferencia</b>	---	---	29%	14%
<b>Disposición final</b>	5%	18%	18%	22%
<b>Total</b>	100%	100%	100%	100%

Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999

#### 4. Transporte

Existen dos modalidades de transporte, una es cuando el mismo vehículo recolector realiza el viaje hasta el sitio de tratamiento o disposición final y otra cuando los RSM son transportados hasta los sitios de transferencia, para su posterior traslado a los sitios de tratamiento o disposición final.

Las grandes distancias que existen entre los centros de gravedad de las poblaciones a los sitios de disposición final, han obligado a los municipios al uso creciente de estaciones de transferencia. Esta situación comienza a presentarse con mayor frecuencia en las poblaciones medias del país que desarrollan actividades económicas importantes, ya que esto

trae consigo el crecimiento de los asentamientos humanos en las periferias de las ciudades y con ello la difícil tarea de localizar sitios para disposición final cercanos al centro de población.

Aunado a ello, los costos de los terrenos y el rechazo de la población para la construcción de rellenos sanitarios, dificulta la selección de terrenos en lugares periféricos de las localidades.

En estas estaciones, los RSM se transportan en tractocamiones con cajas de transferencia, las capacidades de las cajas de transferencia varían de 40 a 70 m<sup>3</sup>, por lo que en ellas se puede transportar entre 14 y 25 ton de RSM si se considera un peso volumétrico de 350 kg/m<sup>3</sup>. Para llevar los RSM de sitios ubicados en la mancha urbana a los sitios de disposición final, cuyas distancias superan generalmente los 15 km de distancia. Se sabe que en las zonas metropolitanas, más del 75% de los residuos recolectados pasan por estaciones de transferencia.

Los vehículos de transferencia que se utilizan son de dos tipos: los que están equipados con sistemas hidráulicos de compactación y descarga, y los que tienen un piso móvil con cadenas sin fin o el denominado piso vivo o “walking floor” para el acomodo y descarga de los RSM en los sitios de tratamiento o disposición final.

Los sistemas de transferencia tienen la finalidad de minimizar los tiempos de transporte de las unidades de recolección, con ello se disminuyen los costos de operación de los SAU. Las estaciones de transferencia son instalaciones en las que los vehículos de poca capacidad, menores de 30 m<sup>3</sup> depositan o transbordan los RSM recolectados a unidades de gran capacidad.

Con lo anterior se obtienen una serie de ventajas entre las que destacan: disminución de tiempos muertos de la cuadrilla de recolección, reducción de los gastos de combustibles, del desgaste de la unidad y de las llantas, así como del tiempo de transporte. Todo lo anterior incide en la disminución de los gastos de inversión y de los costos de operación y aumenta la eficiencia de la recolección con menos unidades. Además, se

reduce la contaminación ambiental de las unidades de recolección por los recorridos menores.

Las estaciones de transferencia son variables en sus formas, pero en esencia son instalaciones en las cuales, con base en rampas se logra que las unidades de recolección queden a un nivel superior al de las unidades de transferencia, de tal forma que puedan descargar por gravedad los RSM al interior de la caja de transferencia. El tamaño y capacidad de la estación, el número de unidades de transferencia necesarias y que puedan ser cargadas simultáneamente y la cantidad de unidades de recolección que puedan descargar simultáneamente son función de las necesidades y soluciones del proyecto y diseño de cada estación.

Dentro de las medidas de protección ambiental con que cuentan las estaciones de transferencia, se encuentran la construcción de techumbre y paredes acústicas, el sistema de extracción y purificación de aire, el sistema de aspersion a la descarga, las zonas interiores de encolamiento, las zonas de amortiguamiento jardinadas y la brigada de limpieza constante.

En la actualidad, existen estaciones de transferencia en las ciudades de Guadalajara y Tepatlán, Jalisco,(2), Distrito Federal,(13), Tijuana, Baja California, Cd. Juárez, Chihuahua,(2), Querétaro, Querétaro, San Luis Potosí, San Luis Potosí, Ciudad del Carmen, Campeche, Tlanepantla, Estado de México y en el Área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, (3). El Distrito Federal es un ejemplo de excelentes estaciones de transferencia.

Los costos de la transferencia representan aproximadamente el 29% del monto total del servicio integral -en el caso de operación de un relleno sanitario-, los montos varían de acuerdo a la cantidad de RSM manejados y la distancia que se recorre al sitio de disposición final. Los costos tienen un amplio espectro de variación reportándose desde \$22.00 hasta \$145.00 por tonelada.

## 5. Tratamiento

Los procesos de tratamiento por incineración, aprovechamiento de subproductos y producción de composta en México no han tenido el resultado esperado. Por tal motivo la mayoría de ellos han cesado sus operaciones por falta de mercado, altos costos de operación y mala calidad del producto terminado.

En cuanto al tratamiento de los RSM, la primera planta de composta que se construyó y puso en operación fue en la Ciudad de Toluca, la cual fue cerrada en 1969. Posteriormente se construyó y puso en operación una planta de recicló-composta en la Ciudad de Guadalajara, en 1972, con capacidad instalada de 500 ton por día, actualmente cerrada y trasladada en los principios de los años 90's, a la zona conocida como "Los Laureles" en el Municipio de Guadalajara. Se construyó una igual en la Ciudad de Monterrey en 1973, con capacidad instalada de 500 ton por día, actualmente cerrada. Posteriormente se instaló otra en el Distrito Federal en 1974 con una capacidad de 750 ton por día. Esta planta a principios de los 90's, se acondicionó para destinarse solo a la selección y aprovechamiento de subproductos.

En el periodo de 1993 a 1998, se construyeron tres plantas de aprovechamiento ubicadas en San Juan de Aragón, Bordo Poniente y Santa Catarina, la mayoría con equipo comprado en los principios de los años 80's. Actualmente las únicas plantas que funcionan en el país están en el D.F. con una capacidad total de 6,500 ton por día. Existe además otra planta parada en la Ciudad de Oaxaca, se está construyendo una más en Monterrey, otra se compró pero nunca se instaló en Acapulco y está en rehabilitación una más en la ciudad de Mérida, Yucatán.

Las plantas fueron construidas en la mayoría de los casos como parte de un sistema orientado al reciclaje de los subproductos contenidos en los RSM, cuyo objetivo persigue recuperar materias primas para la industria recicladora y prolongar la vida útil de los sitios de disposición final, con los ahorros inherentes en la operación de los mismos, la



creación de fuentes de empleo, mejorar la calidad de vida de los pepenadores y coadyuvar a la preservación del medio ambiente.

Dentro de las condiciones ambientales que prevalecen en el país, es importante dimensionar la participación de las plantas de reciclado de residuos como un mecanismo para el ahorro de recursos naturales, renovables y no renovables, fuente de creación de empleos dignos, aumento de la vida útil de los sitios de disposición final, disminución de los costos de operación de los SAU y los de fabricación de nuevos productos, la disminución de consumo de energía cuyos efectos se concentran en una aportación a la disminución de los volúmenes de contaminantes. Las plantas en la historia de nuestro país, han tenido que ser subsidiadas en los gastos de inversión y en los costos de operación, sin embargo se debe reconocer el sentido social y ambiental de las mismas.

Hasta ahora ningún municipio ha intentado aprovechar el biogás como fuente de energía, sin embargo en el Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León y en el Distrito Federal, se está estudiando la posibilidad de incorporar este sistema en su proceso de disposición final. En el D.F se realizaron pruebas piloto en el antiguo tiradero de Santa Cruz Meyehulco una vez que fue clausurado, con el biogás y combustibles auxiliares se genera energía para la iluminación de una parte del parque ahora denominado Cuitlahuac.

Se estima que en México, los materiales recuperados para su venta, representan del 5% al 10% de los RSM generados. El proceso de segregación es una actividad que se realiza principalmente en las mismas fuentes de generación, en plantas de aprovechamiento, los camiones recolectores -prepepena- y en los tiraderos a cielo abierto -pepena-. Cabe señalar que los municipios no se benefician de los ingresos resultantes de la prepepena y pepena ni del reciclaje de los materiales recuperados. Aunque en forma indirecta, el beneficio consiste en aumento de la vida útil en los sitios de disposición final y ahorro en los consumos por operación de los mismos.

En el Distrito Federal se construyó una planta de incineración, para los RSM, que después se quiso transformar para el tratamiento de los residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI) y en la actualidad está cerrada.

El tratamiento informal de separación de subproductos se lleva a cabo en prácticamente todos los sitios de disposición final de los RSM, en estos lugares grupos organizados o no organizados de pepenadores realizan la selección de aquellos subproductos que tiene una demanda en el mercado, sus condiciones de trabajo están muy por debajo de cualquier estándar laboral, no cuentan por lo general con ningún tipo de prestación social y las condiciones de trabajo son por demás insalubres.

El cuadro 27, muestra las tendencias de los diferentes procesos de tratamiento y disposición final en el mundo.

**Cuadro 27 . Tendencias mundiales de diferentes tratamientos (cifras expresadas en porcentaje)**

País	Relleno sanitario	Incineración	Composteo	Reciclaje
E.U.A.	73	14	1	12
Japón	27	25	2	46
Alemania	52	30	3	15
Francia	48	40	10	2
Suecia	40	52	5	3
México	94	---	---	6 al 10

Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo

## 6. Disposición Final

Para la disposición final adecuada de los RSM se utiliza en el mejor de los casos el relleno sanitario, éste, es una obra de ingeniería, planeada, diseñada, ejecutada y operada para prevenir efectos adversos al ambiente y a la salud pública.

Los diferentes métodos utilizados son: trinchera, de área y combinado, en esta forma los RS son depositados y compactados al menor volumen posible y se cubren con una capa de tierra al término de cada día de operación.

La disposición final de casi el 50 por ciento de los RSM generados en el país, se lleva a cabo mediante la utilización de tiraderos a cielo abierto o en rellenos controlados, métodos que no cumplen con los requisitos técnicos para lograr una adecuada disposición de los RSM y el otro 50 por ciento en rellenos sanitarios en los cuales se disponen de manera adecuada.

Con excepción de algunos rellenos sanitarios, en todos los otros sitios de disposición final existe la separación de los materiales reciclables, esta separación se lleva a cabo por medio de grupos de pepenadores, los cuales realizan su trabajo al margen de las leyes laborales que rigen en el país.

En la mayoría de los sitios de disposición final se cuenta con maquinaria pesada para llevar a cabo las actividades de empuje y compactación de los RSM y en ocasiones para realizar la cobertura de los mismos, esta maquinaria a veces es propiedad de la autoridad y en otras es rentada.

Es notable la falta de control en los sitios de disposición final, con excepción de los rellenos sanitarios, todos los demás sitios presentan condiciones de riesgo para la salud y el ambiente, riesgo generado por la falta de cobertura, la producción incontrolada de biogás y lixiviado y en

algunos casos por la presencia de animales que son consumidos por los seres humanos.

De los sitios no controlados, se desprende una serie de contaminantes en forma de partículas y gases producto de la actividad biológica que se lleva cabo en los RSM, la aportación de biogás a la atmósfera contribuye al fenómeno de calentamiento de la tierra. Además, en ocasiones se incendian aportando contaminantes en forma de partículas no combustionadas y de gases.

Los sitios sin control representan riesgos importantes por contaminación del suelo en el que se depositan los RSM, inutilizándolo para cualquier fin productivo, por la contaminación de acuíferos subyacentes a los sitios debido a la migración del lixiviado que se forma por el paso del agua de lluvia y por el agua resultante de los procesos de degradación microbiana de los RS, así como por la contaminación del aire con los gases que se desprenden o por el acarreo de partículas por el viento y las actividades que la maquinaria lleva a cabo en dichos sitios.

A lo anterior se suma el deterioro de la imagen urbana, las molestias sanitarias, los riesgos inherentes al desarrollo de la fauna nociva, el ruido y la problemática social que está involucrada en las actividades de pepena de los materiales susceptibles de ser comercializados.

Existe una gran cantidad de tiraderos clandestinos en todo el país, estos sitios son creados en la mayoría de las veces por dos fuentes, son los por recolectores privados de RS domiciliarios o de cascajo y la segunda son las poblaciones de zonas donde la recolección es deficiente y los RSM son depositados en barrancas o lotes baldíos.

En los últimos años se han impulsado acciones para mejorar la disposición de los RSM. Por ejemplo, en ciudades medias la disposición final mediante el uso de rellenos sanitarios se ha incrementado en los últimos 8 años en un 20%.

La normatividad vigente (NOM-083-ECOL-1996), busca impulsar la

utilización de predios con vocación natural y establece las condiciones que deben reunir los sitios, el plazo fijado de su entrada en vigor. Por lo que para el año 2000, todos los municipios deberán contar con instalaciones para realizar su disposición final adecuada de sus RSM, bajo condiciones que no produzcan molestias, afectaciones al medio ambiente ni a la salud humana.

Se cuenta con 40 rellenos sanitarios, en ciudades medias y zonas metropolitanas y 13 en localidades pequeñas, de todo el país, operando de forma satisfactoria y el resto de los sitios no cumple con las normas mínimas por lo que se consideran tiraderos a cielo abierto.

En la frontera norte del país, se estima una generación de 192 mil ton mensuales, de las cuales se recolecta aproximadamente el 73%. De esta generación, sólo el 64.42% se deposita en rellenos sanitarios; Tijuana, Nogales, Cd. Juárez, y Nuevo Laredo entre otros, lo que significa que más de 68,000 ton mensuales, permanecen en tiraderos a cielo abierto

Las 83,831 ton diarias de basura que se producen en el país, requerirían 111,775 m<sup>3</sup> por día para depositarlas. Esto da una idea de la necesidad de terreno y de la importancia de diseñar estrategias para su manejo integral que incluya acciones como reducir la cantidad de basura desde la fuente.

Los costos de operación de un relleno sanitario tienen un amplio espectro de variación dependiendo del volumen de RSM a disponer, el origen de los recursos empleados para la construcción del relleno y el nivel de responsabilidad asignado a quien lo opera, entre otros. Quizás el más significativo de estos factores sea el volumen de RSM a disponer ya que en los costos de operación e inversión aplican fuertemente las economías de escala, por lo que las autoridades estatales y federales han puesto mucho énfasis en la construcción de rellenos sanitarios regionales, cuando las distancias entre los diferentes centros de población lo permiten. Los costos de operación de un relleno sanitario en México

representan aproximadamente el 18% del costo total del proceso.

En localidades rurales y semiurbanas de menos de 20,000 habitantes, se han construido rellenos sanitarios de operación manual como es el caso de la Sierra Gorda de Querétaro. Este tipo de obras se debe complementar con acciones de capacitación y educación ambiental a la población así como de estrategias de reducción en la fuente. Es necesario fomentar este tipo de rellenos y estrategias debido a que la mayoría de los municipios del país se encuentran en este rango de población.

En el cuadro 28, se presentan algunos municipios que cuentan con rellenos sanitarios con eficientes sistemas de administración y operación.

**Cuadro 28 . Municipios o delegaciones con relleno sanitario**

<b>Localidad</b>	<b>Estado</b>
Bordo Poniente	Distrito Federal
Querétaro	Querétaro
Cancun (Benito Juárez)	Quintana Roo
Puebla	Puebla
Mérida	Yucatán
Tequisquiapán	Querétaro
Tlalnepantla	Estado de México
Area Metropolitana de Monterrey (SIMEPRODE)	Nuevo León

Cd. Juárez	Chihuahua
Nuevo Laredo	Tamaulipas

Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999

## 7. Aspectos Institucionales

La operación de los SAU, se lleva a cabo, generalmente por la Dirección de Obras y Servicios Públicos. En la mayoría de los municipios, el constante cambio del personal directivo encargado de los SAU produce el rompimiento de la curva de aprendizaje. Por lo que constantemente el servicio se administra por personas con capacidad técnica insuficiente para resolver los problemas que representa el manejo de los RSM. Esto se asocia a los bajos salarios que se asignan a este servicio.

Este panorama cambia en las zonas metropolitanas o en municipios con mayores recursos económicos, los cuales pueden pagar salarios competitivos, por lo que se encuentran personas con una mejor preparación, con experiencia y capacidad técnica adecuada.

Actualmente algunos municipios del país se encuentran en el proceso de crear organismos operadores independientes de la administración municipal, los que tendrían personalidad jurídica y patrimonio propio. Esto con la intención de otorgarles autonomía operativa, administrativa y financiera.

La participación de la iniciativa privada como concesionaria del servicio ya sea de forma parcial o total ha tenido buenos y malos resultados. Por lo que se requiere que los municipios interesados en concesionar sus servicios sean asesorados por expertos que les ayuden a determinar el esquema más conveniente para su municipio.

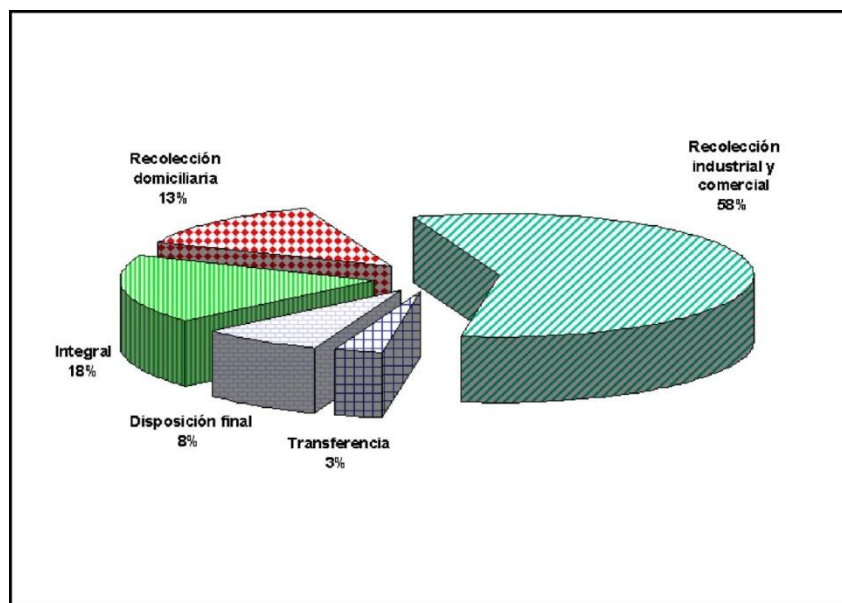
A la fecha, 24 ciudades importantes han optado por privatizar algún proceso en el manejo de los RSM. En esto participan 14 compañías, una

de ellas tiene 8 subsidiarias en 19 ciudades del país lo que representa el 86% del total concesionado. La recolección industrial y comercial es el proceso donde las empresas participan de forma recurrente, -representa el 58% del total-, seguido del proceso integral con 18%, esta información se presenta en la figura 9.

La formación de organismos intermunicipales en municipios conurbados como el caso de la parte sur del Estado de Tamaulipas - Tampico, Cd. Madero y Altamira- constituye una alternativa viable para la operación y administración del relleno sanitario regional y/o las estaciones de transferencia. La administración de este tipo de organismo recae en una junta directiva o equivalente que integran los Alcaldes o sus representantes, quienes designan una persona como director.

En el caso del Área Metropolitana de Monterrey, se creó un Organismo descentralizado del Gobierno del Estado de Nuevo León, llamado “Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos” (SIMEPRODE). Este organismo atiende el proceso exclusivo de disposición final, dejando a la administración de los municipios la recolección y transferencia.

**Figura 9. Tipo de servicio concesionado**





## 8. Aspectos Financieros

Las condiciones económicas en México, han limitado la asignación de recursos financieros para este servicio, aunado a que normalmente las autoridades municipales dan preferencia a otro tipo de obras y servicios que consideran de mayor prioridad.

Otra razón es la falta de cobro por el servicio. Las autoridades locales tienen la creencia que el cobro afectaría su imagen política. Por su parte la población tiene la idea que el servicio proporcionado por el SAU está incluido en el impuesto predial. Si bien en algunos casos, esto es cierto y el cobro del servicio se realiza mediante el cargo de un porcentaje al impuesto predial. Cuando se lleva a cabo de esta forma la subvaluación de los predios limitan el ingreso y por lo tanto no se cubren ni los costos operativos del servicio.

En algunos municipios se han realizado convenios con los comercios e industrias para el cobro del servicio, quienes pagan directamente en la tesorería municipal. Existen municipios en donde los usuarios aportan una cooperación voluntaria para mejorar las condiciones del servicio. Este proceso se realiza mediante cobradores a quienes se les asigna un sector o ruta.

Por lo general, el control presupuestal de los servicios municipales está centralizado en la contabilidad general del municipio y se registra por concepto y no por proceso. Por lo que en la mayoría de los casos los responsables del servicio -aún los directores- no tienen acceso a él, lo que impide llevar un control de costos para eficientar los procesos.

## 9. Aspectos Sociales

La atención a la problemática social es vista actualmente como un elemento preponderante en la implementación exitosa de programas integrales de manejo de RSM, su incorporación conceptual y explicativa ha permitido entender que los efectos de la generación no son

responsabilidad sólo de una de las partes sino del todo social, incluyendo las relaciones de poder, el sistema de información social, las pautas culturales dominantes, la participación ciudadana, los programas de educación ambiental, la creación de consensos entre actores sociales, los estilos de producción y de consumo, la marginalidad y la pobreza, y la normatividad consensada que lo permea todo.

Los diagnósticos sociales aplicados a municipios y los sondeos de opinión, han permitido agilizar la toma de decisiones y garantizar un amplio margen de acierto en beneficio de la sociedad y de la administración misma.

La comprensión del aspecto social de la pepena ha permitido ir buscando soluciones acertadas ante la clausura de los tiraderos a cielo abierto. La situación de la pepena ha sido analizada en 15 municipios los cuales han emprendido acciones para resolver este problema, de dicho análisis se elaboró un diagnóstico sociodemográfico en donde se detectan problemas comunes.

Tres tipos de núcleos problemáticos se identificaron en el interior de los tiraderos:

**Los problemas de naturaleza cultural**, cuyo espectro es el más amplio y su naturaleza conflictiva presenta mayor índice de precaución, aquí se arraigan las fuerzas de resistencia silenciosa para operar los cambios, o los impulsos para sostenerlos.

**Los problemas de naturaleza socioeconómica**, problemática referida básicamente a la escasez de bienes y servicios, como a los niveles deprimidos del ingreso.

Son de naturaleza cuantitativa y su ponderación está asociada a la modificación del entorno material y la productividad del trabajo. Las demandas en las poblaciones de pepenadores analizadas, tienen principalmente en este sitio su arraigo.

**Los problemas de naturaleza política**, implican fundamentalmente las relaciones de poder que individuos y grupos han

generado dentro del sitio, y cuyo referente empírico indica sometimiento, control, manipulación, abuso, participación, organización y toma de decisiones, se considera también sus vínculos con otras fuerzas externas al sitio, reconocidas como fuerzas aliadas.

La solución de este tipo de problemas está asociada a los problemas de naturaleza cultural en primera instancia, pero sin desagregarla de la naturaleza económica en tanto que esta permite la organización y autogestión.

#### 10. Aspectos Ambientales

El manejo integral de los RSM tiene dos finalidades de suma importancia, la primera preservar la salud pública de los habitantes del país y la segunda es sin duda la conservación del ambiente, esto se logra mediante la planeación e instrumentación de políticas y estrategias encaminadas al control de los RSM.

La falta de control de los RSM en cualquiera de las etapas de su ciclo, genera riesgos sobre la salud y el ambiente, regularmente en las primeras etapas el riesgo a la salud está directamente ligado a los generadores si no cuentan con un buen almacenamiento, posteriormente a los operarios de los SAU, quienes se encargan de su recolección, transporte y en ocasiones tratamiento y disposición final (pepenadores). Estos riesgos se incrementan cuando los RSM sin control favorecen la proliferación de la fauna nociva.

Los riesgos al ambiente están más bien relacionados con los tiraderos clandestinos dentro de las zonas urbanas o en los sitios de disposición final que no cuentan con los controles necesarios para minimizar los riesgos al ambiente. De manera igual favorecen el desarrollo y crecimiento de la fauna nociva y el escape sin control de agentes contaminantes al ambiente.

Cuando se presentan los casos anteriores, se produce contaminación del agua, suelo y aire, debido principalmente a la fuga de biogás y lixiviados de estos sitios de disposición final.

## 11. Aspectos de Capacitación y Adiestramiento

Dentro de los esfuerzos realizados en este campo la Secretaría de Desarrollo Social, a través de la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento Urbano y de la Dirección de Residuos Sólidos, destaca la preparación y publicación de manuales sobre diversos aspectos técnicos y administrativos de los servicios de aseo urbano que deben hacerse del conocimiento de los funcionarios, técnicos, administradores y operadores de los servicios de aseo urbano. Entre los manuales citados destacan los siguientes:

- Reglamento tipo de limpia pública municipal.
- Tarifas para residuos sólidos municipales.
- Manual de evaluación de proyectos para el servicio de limpia municipal.
- Manual de aspectos contables.
- Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales.
- Aspectos sociales.
- Sistema de evaluación y control.
- Manual de procedimientos para el manejo y actualización de costos de los sistemas de residuos sólidos municipales.
- Manual para determinar la factibilidad de reducción y reuso de residuos sólidos municipales.
- Manual para la operación de rellenos sanitarios.
- Manual par la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto.
- Manual de administración para el servicio de limpia municipal.
- Indicadores básicos.
- Manual para evaluación para rellenos sanitarios.
- Manual de procedimientos para el manejo y actualización de costos de los sistemas de residuos sólidos municipales.

Manual para el establecimiento de un programa regional de reciclaje.

## **MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL APLICABLE AL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

### 1. Consideraciones generales de la legislación ambiental en el área de los residuos

Antes de la expedición de disposiciones jurídicas sobre cuestiones ambientales, en los estados y municipios sólo existían:

Leyes Orgánicas Municipales que determinan el ámbito de competencia municipal respecto de la prestación de servicios públicos y los procedimientos para involucrar a particulares en su prestación, sea mediante la figura de los convenios o a través de concesiones que permiten su explotación comercial.

Leyes de Desarrollo Urbano que disponen que la definición del uso del suelo debe considerar, entre otros, la prestación de servicios públicos.

Leyes Hacendarias que autorizan y determinan el monto del cobro de derechos por concepto de la prestación de servicios públicos.

Bandos de Policía y Buen Gobierno Municipales, que crean órganos administrativos y los dotan de atribuciones para la prestación de servicios públicos y que, además, establecen reglas básicas de comportamiento de los gobernados para una convivencia civilizada.

Reglamentos Municipales aplicables a todos o a algún servicio público en especial.

De todas estas disposiciones, sólo las que expiden los ayuntamientos comprenden reglas dirigidas hacia la prestación del servicio público de aseo urbano, básicamente centradas en su operación, así como responsabilidades para los gobernados que son beneficiarios de

la prestación.

A partir de la expedición de las leyes ambientales de los estados, a finales de la década de 1980 e inicio de los 90, salvo algunas excepciones, se amplió la regulación jurídica en materia de residuos con la finalidad de prevenir y controlar los efectos que ocasionan su generación, recolección, transporte y tratamiento, incluida dentro de éste su disposición final.

Sin embargo, lo anterior no significó una modificación de los Reglamentos Municipales en lo relativo a la prestación del servicio público de limpia (aseo urbano), para incorporar en ellos contenidos ambientales.

Lo anterior, ha traído como consecuencia que en algunos municipios existan:

Dos autoridades diferentes, las responsables de los servicios de limpia, (aseo urbano), y las encargadas de proteger al ambiente, lo cual crea conflictos entre ellas, ya que por la tradicional carencia de recursos, el manejo inadecuado de los residuos sigue siendo un factor de degradación del ambiente.

Autoridades ambientales encargadas de la prestación del servicio público de limpia, (aseo urbano), lo cual también afecta su naturaleza protectora del ambiente, en caso de no contar con los recursos para dar un manejo ambiental adecuado a los residuos.

La introducción en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, (LGEEPA), de atribuciones exclusivas del Gobierno Federal en materia de emisión de normas oficiales mexicanas (NOM) aplicables al manejo de todo tipo de residuos, crea un novedoso esquema de concurrencia, además de que se prevé la posibilidad de convenir con estados y municipios su intervención en lo que respecta al control de los residuos de baja peligrosidad.

Aún cuando la LGEEPA no plantea obligaciones para los generadores de residuos sólidos, dado que esto es competencia de estados y municipios, si faculta a la autoridad federal ambiental para que

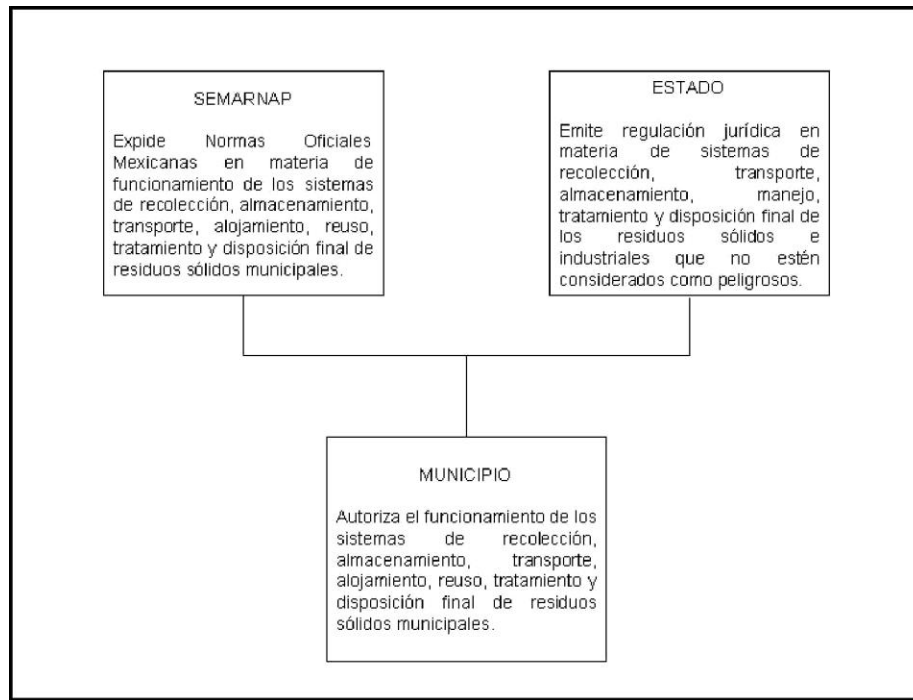
establezca reglas técnicas para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales. Asimismo, la facultad para que expida reglas técnicas para prevenir y controlar los efectos que sobre el ambiente se puedan ocasionar con motivo de la generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos e industriales no peligrosos, en la figura 10 se presentan las atribuciones de los tres ordenes de gobierno.

## 2. Marco legal actual en materia de residuos sólidos municipales

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que corresponde a los municipios la responsabilidad de prestar el servicio de limpia con el concurso del estado. Generalmente esta atribución es ratificada por la Constitución Política de los Estados y sustentada en la Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Este marco sirve de referencia para establecer los lineamientos generales de los Bandos de Policía y Buen Gobierno y de forma particular de los Reglamentos de Limpia Municipal.

Actualmente las metrópolis y la mayoría de los municipios de tamaño medio, cuentan con dichos reglamentos para establecer los compromisos de quien presta y recibe el servicio. Generalmente los capítulos relacionados con disposiciones generales, obligaciones de usuarios y prestadores del servicio, sanciones, infracciones, recursos de inconformidad, organización y funciones del sistema de aseo urbano (SAU), y aspectos operativos, se cumplen en un porcentaje elevado. Sin embargo, aspectos relacionados con atención a usuarios, pago del servicio, inspección y vigilancia, estímulos fiscales, generación de residuos sólidos y artículos relacionados con la prevención de la contaminación presentan vacíos importantes.

**Figura 10. Atribuciones respecto de los servicios en materia de recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclado, tratamiento y disposición final de residuos sólidos**



Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA.1999.

El marco legal bajo el cual se sustenta el manejo integral de los RSM incluye Leyes, Reglamentos y Normas de los tres órdenes de gobierno e involucra a un número considerable de instituciones las cuales buscan el bien común mediante la disminución o eliminación de los efectos nocivos que puede causar el manejo inadecuado de los RSM, en el cuadro 29 se presenta el marco actual de la legislación en el ámbito de los residuos sólidos municipales.

### **2.1. Autoridades competentes**

En lo que se refiere al manejo integral de residuos sólidos municipales, como servicio público, son autoridades competentes los estados y los municipios.



**Cuadro 29. Marco legal actual para el manejo de los residuos sólidos  
municipales**

<b>Ordenamiento</b>	<b>Descripción</b>
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Indica que los servicios públicos municipales que deben ser prestados por los ayuntamientos, entre ellos el servicio de limpia (Artículo 115)
Ley General de Salud	Estabñece las disposiciones relacionadas al 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.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Plantea que los sistemas de manejo y disposición de residuos sólidos no peligrosos quedan sujetos a autorización y legislación estatal o en su caso, municipal; y la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, mediante rellenos sanitarios
Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas	Establecen la forma y procedimientos aplicables al manejo y disposición de residuos sólidos no peligrosos
Constitución Política Estatal	Dentro de los Artículos referentes a los municipios se hace referencia a las facultades que tienen los ayuntamientos para prestar el servicio de limpia pública

Ordenamiento	Descripción
Ley Estatal de Protección al Ambiente	Establece disposiciones de observancia obligatoria para cada estado, teniendo como objetivo la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como los fundamentos para el manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos
Ley Orgánica del Municipio Libre	Establecen las atribuciones de los ayuntamientos para nombrar las comisiones que atiendan los servicios públicos
Bando de Policía y Buen Gobierno	Plantean el conjunto de normas y disposiciones que regulan el funcionamiento de la administración pública municipal
Reglamento de Limpia	El reglamento regula específicamente los aspectos administrativos, técnicos, jurídicos y ambientales para la prestación del servicio de limpia pública

Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA. 1999.

Los estados, a través de sus legislaturas, tienen encomendado legislar en dicha materia y cuentan con autoridades administrativas, dependientes de la administración pública estatal, para intervenir como adyuvantes de la autoridad municipal competente, en particular en materias relacionadas con el desarrollo urbano.

Los municipios, a través del ayuntamiento, emiten reglamentos en

la materia, en tanto que los regidores fungen como supervisores de las actividades; contando además con instituciones administrativas que se encargan directamente de la prestación del servicio público consistente en: barrido de calles, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

Es importante hacer notar, que la prestación del servicio público no está regulada por ninguna disposición jurídica del orden federal, salvo por el Artículo 115 Fracción III,

Inciso c), de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para el sólo efecto de declarar competentes a los municipios en esta materia. Dado lo cual, las disposiciones jurídicas a este respecto son las que se expiden en el orden local, sea en los estados o en los municipios, o en ambos.

La LGEEPA, vigente desde principios de 1988 y reformada en diciembre de 1996, si bien reconoce la competencia de los estados y municipios para regular y prestar el servicio público de limpia, (aseo urbano), adicionalmente faculta al Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), para expedir normas oficiales mexicanas en las diferentes materias que estructuran el servicio público de limpia, (aseo urbano), (Artículos 5º Fracción V, 7º Fracción XIII y 8º Fracción XII).

Lo anterior indica que el Poder Legislativo Federal consideró procedente que, además de la intervención de las autoridades locales prevista en la Constitución, también debería participar el Gobierno Federal cuando se trata de proteger al ambiente, a través de la posibilidad de expedir reglas técnicas obligatorias relativas al manejo integral de residuos sólidos, que deben ser observadas en forma adicional a las que expidan las autoridades locales.

El gobierno federal a través de la Secretaría de Desarrollo Social realiza acciones para apoyar el fortalecimiento de los servicios municipales en materia de manejo integral de los residuos, en particular

en lo que se refiere a la recolección, transferencia, tratamiento y disposición final, a fin de reducir sus efectos ambientales y minimizar los riesgos para la salud pública.

A la vez, dentro del contexto de la protección al ambiente en relación con el manejo de los residuos, también se concedió al Gobierno Federal la atribución de la regulación y el control de la generación, manejo y disposición final de residuos peligrosos para el ambiente y los ecosistemas (Artículo 5º Fracción VI).

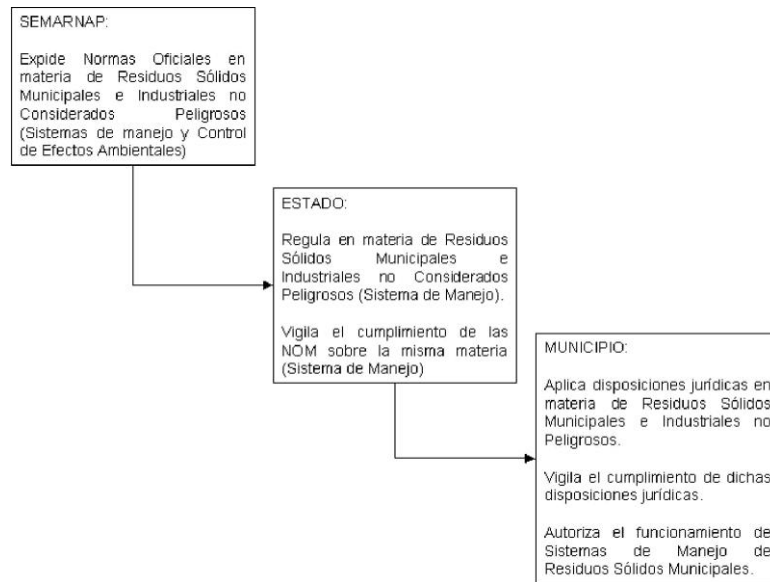
En la figura 11, se describe el esquema general orgánico de la administración de los residuos sólidos y en el cuadro 30, se resumen las atribuciones en materia de residuos sólidos municipales.

## **2.2. Normas relativas a los residuos sólidos**

Las normas oficiales mexicanas (NOM) en materia de residuos sólidos previstas en la LGEEPA, aparecen enlistadas en el cuadro 31; a la fecha sólo se ha emitido la norma oficial mexicana NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales y se encuentra en desarrollo la relativa al diseño, construcción y operación de los rellenos sanitarios.

**Figura 11 . Esquema general orgánico de la administración de los**

## residuos sólidos



Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA. 1999.

Además, existen normas mexicanas relacionadas con la determinación de la generación y composición de los residuos sólidos municipales y las determinaciones en laboratorio de diferentes componentes, estas normas están en revisión por el INE. En el cuadro 32 se presenta una lista de las normas mexicanas.

La figura 12, resume en forma esquemática el régimen jurídico en materia de servicio público de limpia, (aseo urbano), y de la protección al ambiente. En lo que se refiere al cumplimiento de la normatividad en materia de residuos sólidos municipales, las figuras 13 y 14, describen esquemáticamente a quien compete vigilar dicho cumplimiento.

**Cuadro 30. Autoridades competentes en materia de residuos sólidos  
municipales**

Autoridad	Atribuciones	Fundamento Legal
<b>Federación</b>		
Semarnap	La expedición de las normas oficiales mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en esta Ley	Artículo 5º Fracción V de la LGEEPA
Poder Ejecutivo Semarnap	La regulación y el control de la generación, manejo y disposición final de residuos peligrosos para el ambiente y los ecosistemas	Artículo 5º Fracción VI de la LGEEPA
Semarnap	La vigilancia, en el ámbito de su competencia, del cumplimiento de esta Ley y los demás ordenamientos que de ella se deriven (normas oficiales mexicanas)	Artículo 5º Fracción XIX de la LGEEPA
Semarnap	Suscribir convenios con el objeto de que los Estados asuman el control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad, así como la realización de acciones para la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de esta Ley	Artículo 11 Fracciones II y VII de la LGEEPA

Autoridad	Atribuciones	Fundamento Legal
Semarnap	Expedir autorizaciones en materia de impacto ambiental para las instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos	Artículo 28 Fracción IV de la LGEEPA
Semarnap	Integrar un inventario de residuos peligrosos de su competencia	Artículo 109 BIS de la LGEEPA
Semarnap	Expedir las normas oficiales mexicanas a que deberán sujetarse los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de residuos sólidos municipales	Artículo 137 Párrafo Segundo de la LGEEPA
<b>Estados</b>		
Poder Legislativo Poder Ejecutivo	La regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos	Artículo 7º Fracción VI de la LGEEPA

<b>Autoridad</b>	<b>Atribuciones</b>	<b>Fundamento Legal</b>
Autoridad Administrativa	La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la federación, en las materias y supuestos a que se refiere la fracción VI de este artículo (antes mencionada)	Artículo 7º Fracción XIII de la LGEEPA
Poder Ejecutivo Autoridad Administrativa	Asumir mediante convenio con la Semarnap el control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad, así como la realización de acciones para la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de esta Ley	Artículo 11 Fracciones II y VII de la LGEEPA
Poder Ejecutivo Autoridad Administrativa	Suscribir convenios, previo acuerdo con la federación, con el objeto de que los Municipios asuman el control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad, así como la realización de acciones para la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de esta Ley	Artículo 11 Fracciones II y VII de la LGEEPA
Autoridad Administrativa	La aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos	Artículo 8º Fracción IV de la LGEEPA



Autoridad	Atribuciones	Fundamento Legal
Autoridad Administrativa	La preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en los centros de población, en relación con los efectos derivados del servicio de limpia, siempre y cuando no se trate de facultades otorgadas a la Federación o a los Estados en la presente Ley	Artículo 8º Fracción IX de la LGEEPA
Autoridad Administrativa	La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la federación, en las materias y supuestos a que se refiere la fracción IV de este artículo	Artículo 8º Fracción XII de la LGEEPA
Ayuntamiento Autoridad Administrativa	Asumir mediante convenio con el Estado, y previo acuerdo entre éste y la Federación, el control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad, así como la realización de acciones para la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de esta Ley	Artículo 11 Fracciones II y VII de la LGEEPA
Autoridad Administrativa	Autorizar, conforme a las leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de residuos	Artículo 137 Párrafo Primero de la LGEEPA

Autoridad	Atribuciones	Fundamento Legal
	sólidos municipales	

Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA.1999.

**Cuadro 31. Normas oficiales mexicanas relativas a los residuos sólidos, previstas en la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente**

NOM en Materia de Residuos Sólidos Municipales	LGEEPA
Funcionamiento de Sistemas de Recolección de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Almacenamiento de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Transporte de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Alojamiento de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Reuso de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Funcionamiento de Sistemas de Tratamiento de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero

Funcionamiento de Sistemas de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Primero
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por la Generación de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8° Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Transporte de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8° Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Almacenamiento de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8° Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Manejo de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8° Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por el Tratamiento de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8° Fracción IV
Prevención y Control de los Efectos Sobre el Ambiente Ocasionados por la Disposición Final de Residuos Sólidos e Industriales que no estén Considerados como Peligrosos;	8° Fracción IV
Sitios para la Disposición Final de residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Segundo
Diseño de Instalaciones destinadas para la Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Segundo

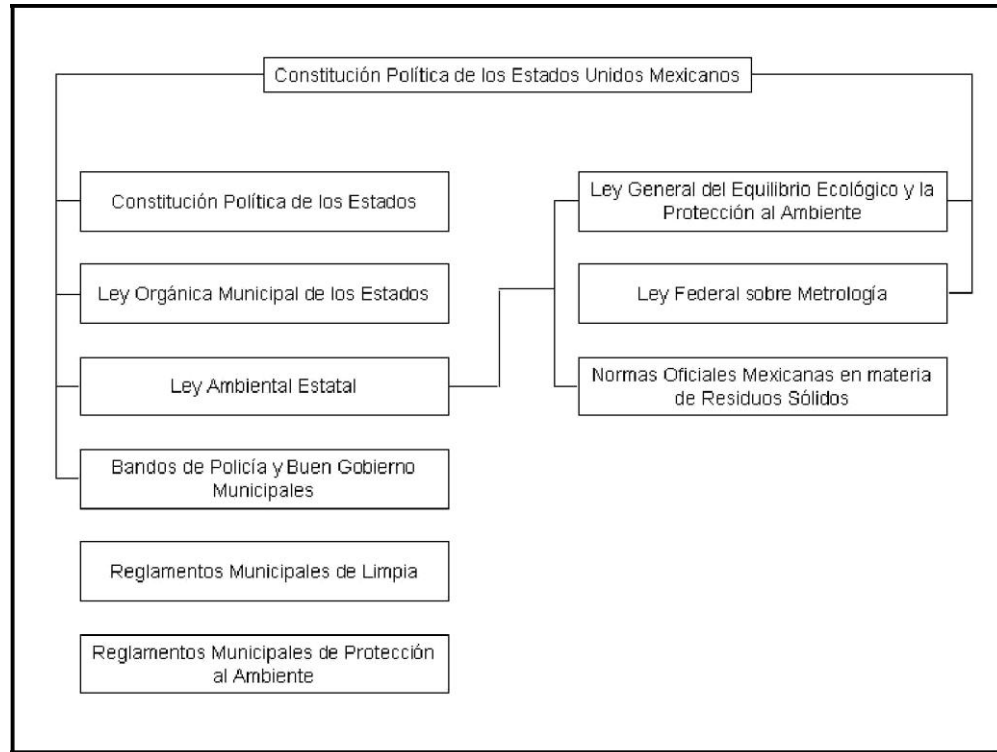
Construcción de Instalaciones Destinadas para la Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales;	137 Párrafo Segundo
Operación de Instalaciones Destinadas para la Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales.	137 Párrafo Segundo

Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA.1999.

**Cuadro 32. Normas mexicanas aplicables a los residuos sólidos**

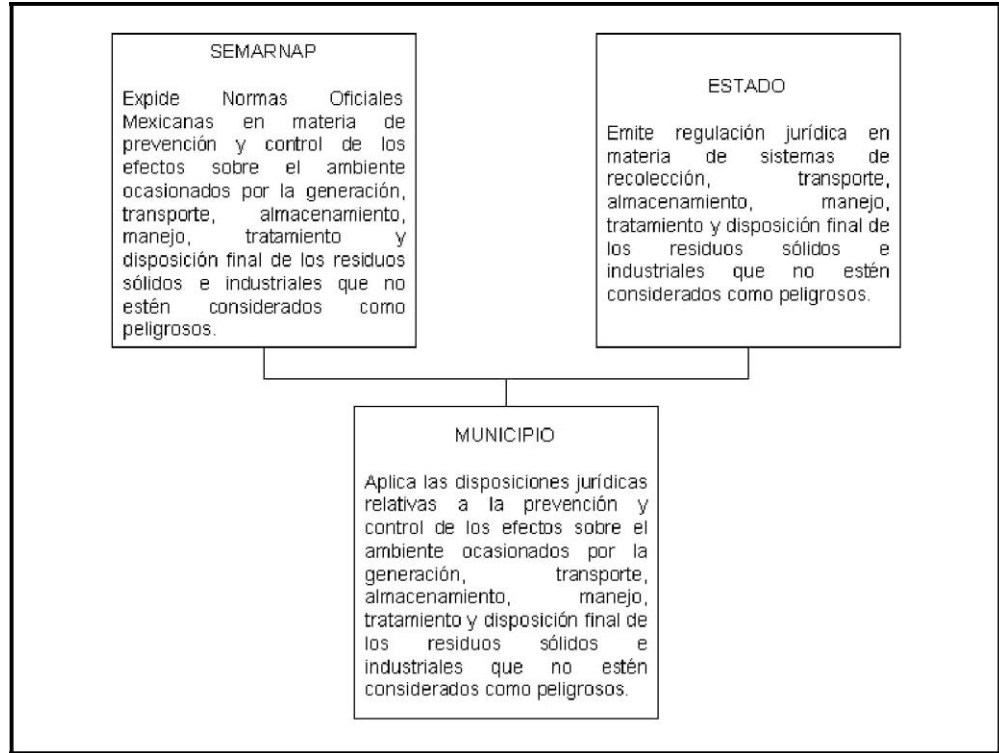
<b>NOM-AA</b>	<b>Aspecto que cubren</b>
16-1984	Determinación de humedad
18-1984	Determinación de cenizas
24-1984	Determinación de nitrógeno total
25-1984	Determinación de pH, método potenciométrico
92-1984	Determinación de azufre
15-1985	Cuarteo
19-1985	Peso volumétrico in situ
21-1985	Determinación de materia orgánica
22-1985	Selección y cuantificación de subproductos
33-1985	Determinación de poder calorífico
52-1985	Preparación de muestras en laboratorio para su análisis
61-1985	Generación per cápita de residuos sólidos municipales
67-1985	Determinación de la relación carbono/nitrógeno
68-1986	Determinación de hidrógeno
90-1086	Determinación de oxígeno

**Figura 12 . Régimen jurídico de la prestación de servicios de limpia y protección al ambiente**



Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA.1999.

**Figura 13. Atribuciones respecto de la aplicación de las disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación ocasionada por el manejo de residuos sólidos**



Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA.1999.

**3. Legislación sobre Prevención y Control de la Contaminación del Suelo y el Agua**

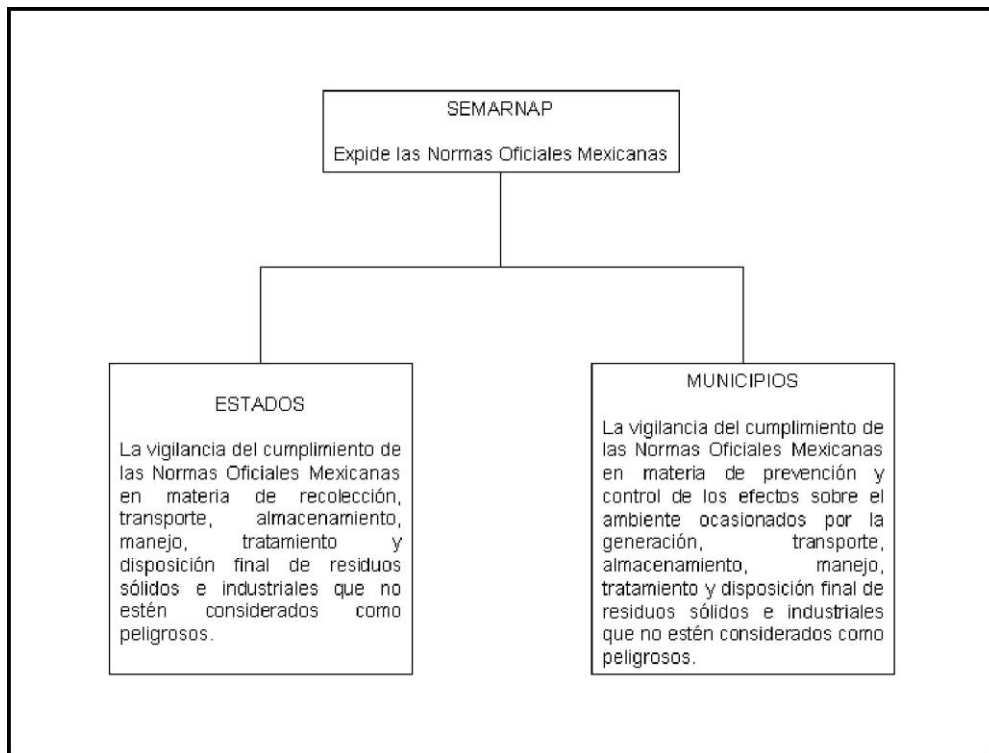
De acuerdo con la LGEEPA, se referirán a continuación las consideraciones a seguir para promover la protección del suelo y del agua.

**3.1. Prevención y control de la contaminación del suelo**

El Artículo 134 de la Ley plantea que en la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

- Corresponde al estado y a la sociedad prevenir la contaminación del suelo.
- Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de suelos.

**Figura 14. Atribuciones respecto de la vigilancia de las normas relativas a la prevención y control de la contaminación y sistemas de manejo de residuos sólidos**



Fuente: Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA.1999.

- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales, incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y el aprovechamiento de los materiales a través del reciclaje, compostaje y aprovechamiento del biogás en los rellenos sanitarios, así como regular su manejo, tratamiento y disposición final.

Por su parte, el Artículo 135 establece que los criterios antes planteados se considerarán en los siguientes casos:

- La ordenación y regulación del desarrollo urbano.
- La diseño y operación de los sistemas de aseo urbano para el control integral de los residuos sólidos municipales.
- La generación, manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos, municipales, industriales no peligrosos y peligrosos, así como en las autorizaciones y permisos que se otorguen.

Al mismo tiempo, en el Artículo 136 se indica que los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

- La contaminación del suelo.
- Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.
- Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación.

Riesgos y problemas de salud.

A su vez, el Artículo 139 señala que toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetará a lo que disponga la Ley, la Ley de Aguas Nacionales, sus disposiciones reglamentarias y las normas oficiales mexicanas que para tal efecto expida la Secretaría.

Aunado a ello, el Artículo 140 refiere que la generación, manejo y



disposición final de los residuos de lenta degradación deberá sujetarse a lo que se establezca en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

### **3.2. Prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos**

En su Artículo 117, la LGEEPA plantea que para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

La prevención y control de la contaminación del agua es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país. Corresponde al estado y a la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.

La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

### **3.3. Reparación del Daño**

Un aspecto que cubre la LGEEPA y que es preciso incorporar a las leyes ambientales de los estados, es el relativo a la reparación de los daños ambientales, que el Artículo 203 de dicha Ley plantea en los siguientes términos:

Sin perjuicio de las sanciones penales o administrativas que procedan, toda persona que contamine o deteriore el ambiente o afecte los recursos naturales o la biodiversidad, será responsable y estará obligada a reparar los daños causados, de conformidad con la legislación civil aplicable.

La regulación de dicho precepto legal, será incorporada en el Reglamento de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas que se encuentra en preparación, en lo que se refiere a los aspectos de prevención y control de la contaminación de los suelos y su restauración.

## **PRINCIPIOS Y BASES PARA UNA POLÍTICA NACIONAL DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

### 1. Objetivos de la política

Los objetivos de la política ambiental sobre el manejo integral de los residuos sólidos y la prevención y control de la contaminación del suelo, tienen como finalidad que la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras sea sustentable a través de:

Proteger la salud pública en cuanto al manejo de residuos se refiere.

- Lograr niveles satisfactorios en el bienestar social, como consecuencia de un manejo sustentable de los residuos.
- Prevenir y reducir la contaminación del suelo, del agua y del aire, derivada del manejo de los residuos.
- Preservar los recursos naturales al alentar su aprovechamiento sustentable y controlar la disposición final de los residuos.
- Optimizar el aprovechamiento de los recursos fomentando el reuso y reciclado de los materiales contenidos en los residuos.
- Realzar la belleza y calidad del ambiente en los sitios en los que se dispone de los residuos.

### 2. Principios de la política ambiental nacional

#### **2.1. Principios generales**

Entre los principios aplicables a este tema, planteados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), se encuentran los descritos a continuación.

El Artículo 15 de la LGEEPA, señala que para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales

mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:

- Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país.
- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico.
- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable a los recursos naturales.
- La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de la vida de las futuras generaciones.
- La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos.
- El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad.
- Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos.
- La coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas.
- El sujeto principal de la concertación ecológica son no solamente los individuos, sino también los grupos y

organizaciones sociales. El propósito de la concertación de acciones ecológicas es reorientar la relación entre la sociedad y la naturaleza.

- En el ejercicio de las atribuciones que las leyes confieren al Estado, para regular, promover, restringir, prohibir, orientar y, en general, inducir las acciones de los particulares en los campos económico y social, se considerarán los criterios de preservación y restauración del equilibrio ecológico.
- Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades en los términos de esta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar estos derechos.
- La erradicación de la pobreza es necesaria para el desarrollo sustentable.
- Las mujeres cumplen una importante función en la protección, preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y en el desarrollo. Su completa participación es esencial para lograr el desarrollo sustentable.
- El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población.
- A través de la cuantificación del costo de la contaminación del ambiente y del agotamiento de los recursos naturales provocados por las actividades económicas en un año determinado, se calculará el Producto Interno Bruto Ecológico. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática integrará el Producto Interno Bruto Ecológico al Sistema de Cuentas Nacionales.

El Artículo 16 de la Ley, plantea que las entidades federativas y los

municipios en el ámbito de sus competencias, observarán y aplicarán los principios a que se refieren las fracciones del artículo anterior.

## **2.2. Política ambiental sobre residuos**

La política ambiental de México en materia de residuos de toda índole (sólidos municipales, industriales no peligrosos y peligrosos), identifica como primera opción la prevención de su generación, como segunda el reuso y como tercera el tratamiento ya sea para recuperar los materiales con valor económico, producir composta y para destruirlos o reducir su volumen y peligrosidad, mediante tecnologías que incluyen la destrucción térmica con recuperación de energía, y como el último recurso su disposición final en rellenos sanitarios, con aprovechamiento del biogás o en confinamientos controlados de residuos industriales no peligrosos.

Otros elementos básicos a considerar para fortalecer esta política incluyen:

- El involucramiento de todos los miembros de la sociedad, a fin de que cada uno de ellos asuma corresponsablemente su papel en el diseño y puesta en práctica de los sistemas de manejo integral de los residuos.
- La adecuación de tales sistemas a las necesidades y condiciones particulares de cada localidad.
- El balance en la aplicación de los siguientes criterios al establecer los sistemas de gestión integral de los residuos: eficacia ambiental, eficiencia económica, viabilidad técnica y aceptación social.
- La maximización del aprovechamiento de los materiales potencialmente reciclables, siempre y cuando esto sea ambiental y económicamente adecuado y factible.
- El manejo global de todo tipo de residuos, tomando en cuenta su naturaleza y, cuando así convenga, su origen.
- La planeación adecuada de los sistemas con base en la

consideración de las economías de escala y los mercados de materiales secundarios.

- La adopción de procesos de mejora continua y de esquemas que permitan el manejo ambientalmente adecuado de los residuos con un enfoque preventivo.
- La gradualidad en la adopción de las medidas que así lo requieran.
- La transparencia en la administración financiera de los sistemas de manejo integral de los residuos.
- La coordinación efectiva y corresponsable de las instituciones con competencia en las distintas materias que involucra la gestión integral de los residuos.
- La armonización de las políticas de ordenamiento territorial y las de manejo integral de residuos, para favorecer su adecuada gestión, así como la ubicación conveniente de las instalaciones para ello.
- La participación de la iniciativa privada en la prestación de los servicios de aseo urbano, bajo criterios empresariales y de sustentabilidad
- El establecimiento del pago correspondiente por los servicios de manejo integral de los residuos por parte de quienes los generen, tomando en cuenta la cantidad de residuos generada y las circunstancias particulares de cada localidad.
- La promoción del desarrollo de nuevos mercados para la comercialización de materiales reciclados, composta y biogás.
- El fomento a la investigación y desarrollo de métodos de reciclado y tratamiento de residuos.
- La evaluación de sitios contaminados por la disposición inadecuada de residuos para determinar prioridades de restauración en función de los posibles riesgos a la salud y al ambiente.

- El diseño e instrumentación de Planes y Programas Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos que garanticen a la población el acceso a los servicios correspondientes.

### **2.3. Instrumentos de la política**

Los instrumentos de la política para el manejo integral de residuos sólidos comprenden, entre otros:

- Planes, programas y proyectos piloto para el manejo integral de residuos sólidos municipales;
- Capacitación técnica y profesional;
- Incentivos y desincentivos económicos;
- Divulgación de información confiable;
- Monitoreo e inspección;
- Sanciones disciplinarias y compensatorias;
- Apoyo técnico y financiero a los Estados y Municipios;
- Educación ambiental constante y consistente;
- Condiciones para el mercado de material reciclado, composta y biogás;
- Disposiciones legales.

### **2.4. Política integral para prevenir y controlar la contaminación ambiental**

En lo que respecta a la prevención y control de la contaminación ambiental, la política nacional en la materia pone énfasis en la necesidad de abordar el problema con un enfoque integral, de manera a concebir simultáneamente las medidas necesarias para prevenir que una misma fuente emita al aire o descargue al agua sin control materiales y residuos, o genere y disponga inadecuadamente en el ambiente residuos sólidos que puedan constituir un riesgo para la salud, los estratos ambientales y

los ecosistemas, por su peligrosidad intrínseca o por su forma de manejo y tratamiento.

## **2.5. Sustentabilidad del aprovechamiento de los recursos y de la administración de los residuos**

Tal como lo definen sus principios, la política ambiental está orientada a promover el aprovechamiento sustentable de los recursos, así como el ahorro de energía, agua y materiales en los procesos de transformación de materias primas en productos o en el aprovechamiento de materiales usados con valor económico y calorífico.

Para lograr la sustentabilidad del aprovechamiento de los materiales susceptibles de tratamiento y de los sistemas de administración ambiental de los residuos, entre otros, se identifica la necesidad de considerar los siguientes aspectos:

- Las características y contextos particulares de cada región del país, distinguiendo entre zonas urbanas y rurales.
- La infraestructura para la administración de los servicios de aseo urbano existentes.
- Los avances logrados en materia de aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos y de creación de infraestructura para ello.
- La participación real o potencial de grupos sociales en la segregación de los materiales reciclables.
- Los costos requeridos para contar con los sistemas de manejo integral de los residuos sólidos apropiados a cada región y zona del país.
- El grado de concientización de la ciudadanía y de los diversos actores y sectores involucrados en la generación y



administración del manejo integral de los residuos sólidos.

- La aceptación y participación social en los programas de minimización y manejo ambiental integral de los residuos sólidos.
- Las instituciones o grupos locales que pueden contribuir a diseñar e instrumentar los programas de minimización y manejo ambiental integral de los residuos.
- Las oportunidades de contribución al alivio de la pobreza, de creación de empleos y de involucramiento de mujeres en los programas de minimización y manejo integral de los residuos sólidos.

## **2.6. Política ambiental para la prevención de la contaminación del suelo y su restauración**

### **2.6.1. Principios Fundamentales**

La Política de protección de los suelos y de restauración de los sitios contaminados es una herramienta que permite contribuir al desarrollo sustentable de la sociedad, como prevé el Programa del Medio Ambiente 1995-2000.

Entre otros aspectos, el desarrollo sustentable estipula que la utilización actual de los recursos y del ambiente debe realizarse sin comprometer las perspectivas de aprovechamiento de tales recursos por las generaciones futuras y su calidad de vida. De los principios incluidos en el concepto de desarrollo sustentable, cuatro en particular son aplicables a la gestión de los sitios contaminados y fundamentan la estructura operativa de la política en la materia: el principio de prevención, el principio de rehabilitación-valorización, el principio de “el que contamina paga” y el principio de equidad.

### **Principio de prevención**

Contaminar un suelo, es hacer que pierda en cierto grado, una o varias de sus funciones potenciales. La contaminación de este recurso genera un problema socio-ambiental y un freno a la economía. Los impactos sobre la salud humana, la degradación del ambiente, la pérdida del uso de terrenos y de mantos de agua subterránea, así como la incertidumbre de posibles inversionistas son consecuencias directas de la presencia de contaminantes en los suelos.

La restauración de un terreno es un proceso costoso que no permite siempre recuperar todos los usos posibles. Así cientos de terrenos presentan hoy una problemática más o menos pronunciada y no podrán ser utilizados sin limitantes por las generaciones futuras.

El principio de prevención está orientado a impedir que este tipo de situación se repita, por lo que tiene como meta preservar la integridad de los suelos con el fin de salvaguardar sus funciones ecológicas y garantizar el pleno uso de este recurso en la actualidad y en el futuro.

### **Principio de rehabilitación - valorización**

La sociedad actual tiene la responsabilidad de remediar los sitios contaminados por la disposición inadecuada de los residuos, que representen un riesgo inadmisibles para la salud humana o para el ambiente, evitando al máximo que los daños resultantes de los errores del pasado, sean heredados a generaciones futuras.

Un terreno contaminado representa un riesgo potencial, aunque no exista impacto actual evidente, ya que actividades mal planeadas como cambios en el uso del suelo, trabajos de drenajes o de excavación realizados sobre el terreno, pueden hacer que este riesgo se vuelva significativo. Terrenos hipotecados por modos de producción y de consumo que no fueron orientados hacia un desarrollo sustentable no

deben ser abandonados y olvidados.

La rehabilitación no debe solamente corregir la situación existente, sino debe también buscar su revalorización, es decir, volver a dar al terreno un máximo de uso y reintegrarlo al ciclo de desarrollo sustentable. De la misma manera, los suelos contaminados excavados y los materiales contaminados que pueden ser recuperados por la rehabilitación de dicho terreno contaminado, deben ser administrados de tal manera que se revaloricen y vuelvan a ser utilizados.

Aunque no sea posible rehabilitar de inmediato todos los terrenos contaminados, la población actual tiene el deber como sociedad responsable, de promover el concepto general de rehabilitación, elaborar una estrategia de acciones que permitan concretar este concepto y aplicar desde ahora esta estrategia en los casos prioritarios.

### **Principio de “el que contamina paga”**

Cada persona o entidad colectiva es responsable de las consecuencias de sus acciones sobre el bien común. En el ámbito de los terrenos afectados, éste enunciado se traduce por el principio de “el que contamina paga” (o el que deteriora al ambiente debe restaurarlo), que establece que el que contamina es responsable del daño que generó y de los impactos que éste conlleva. También será responsable de los costos derivados de la caracterización y de la restauración de los terrenos que ha impactado y no puede ni debe transferir esta responsabilidad a otros miembros de la sociedad o a generaciones futuras.

La aplicación del principio “el que contamina paga”, reconoce el carácter intrínseco de los costos ambientales, permite a la sociedad responsabilizar al que contaminó y asegurar que los suelos y terrenos vuelvan a sus funciones específicas. De no aplicar este principio, la sociedad se arriesga a enfrentarse a un gran número de terrenos

impactados, dispersos en todo el territorio nacional, los cuales deberá tomar a su cargo, para asegurar la protección y del ambiente, es decir, vigilar su uso y, en caso necesario, hacerlos seguros o restaurarlos.

### **Principio de equidad**

El principio de equidad fundamenta que la restauración de un terreno contaminado debe ser imputado a los que sacan o han sacado provecho del mismo, al no haber tomado las medidas de prevención.

A otro nivel significa también que un individuo o una empresa que sí aplica de buena fe las políticas y directrices de las autoridades para prevenir la contaminación de su terreno o rehabilitarlo, no debe estar en desventaja con relación a quien no lo hace. Esto significa que las acciones solicitadas para un mismo grupo de propietarios que tienen los mismos problemas, deben ser similares y aplicarse a todos por igual, de manera que ninguno tenga ventajas en relación con sus competidores.

## **2.7. Bases de Política sobre Suelos Contaminados**

La elaboración de una Política Ambiental para la gestión de suelos contaminados en México es un elemento fundamental de enlace entre la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, otras normativas aplicables y los diferentes instrumentos de gestión que intervienen en el marco de la problemática ambiental que ellos plantean.

La meta a corto plazo consiste en elaborar un procedimiento de trabajo único para la evaluación ambiental de los sitios contaminados y el establecimiento de criterios para sustentar las decisiones de priorización de dichos sitios para su restauración, de acuerdo con la naturaleza de los contaminantes, las concentraciones observadas, el uso ulterior del suelo y los riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos involucrados.

Los principales interesados en conocer los procedimientos para evaluar la contaminación de los suelos, los posibles daños que de ella derivan y las medidas de restauración que correspondan según el riesgo y los usos del suelo, son:

- Dueños de terrenos sobre los cuales se desarrollan actividades industriales y/o comerciales potencialmente contaminantes.
- Dueños o responsables de las actividades comerciales y/o industriales potencialmente contaminantes.
- Instituciones financieras responsables de otorgar préstamos a particulares o a empresas que realizan actividades potencialmente contaminantes.
- Cualquier persona, empresa o institución que desea conocer la calidad ambiental de un sitio y/o evaluar el riesgo asociado a la salud y los ecosistemas derivados de su contaminación.

La Política ambiental para la gestión de los sitios contaminados debe perseguir, entre otros, los siguientes objetivos:

- Mantener la calidad del suelo y agua subterránea.
- Impedir que los sitios contaminados originen efectos adversos inadmisibles en la salud, en la flora y fauna silvestre y en el ambiente en general.
- Promover de forma prioritaria la restauración de sitios contaminados que presenten riesgos significativos al ambiente, a la salud humana y a la calidad de vida.
- Garantizar la administración y valorización adecuada de los suelos, aguas y materiales de construcción recuperados que provienen de sitios contaminados.
- Fomentar el uso de sitios restaurados, con base en criterios de protección a la salud humana y al ambiente.

## **CAPITULO I V**

### **PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL SUELO**

El propósito de la inclusión de este tema en el marco del análisis de los elementos a considerar al establecer una política para el desarrollo de sistemas integrales de gestión de residuos sólidos, es proporcionar elementos conceptuales y criterios para proteger los suelos al disponer en ellos los residuos, evaluar los riesgos derivados de su contaminación e identificar opciones para su restauración.

#### **1. Características generales del suelo**

##### **1.1. Definición**

El suelo puede ser definido como la parte de la tierra no sumergida en el agua, compuesta por partículas sueltas no consolidadas, de diferentes tamaños y de un espesor que varía de unos centímetros a unos cuantos metros. Éste es un medio conformado por fases sólida, líquida y gaseosa y con elementos y compuestos de tipo orgánico e inorgánico, con una composición variable en el tiempo y en el espacio, al que afectan factores físicos, químicos, biológicos y climáticos por una parte y por otra la acción del hombre a través de procesos de contaminación directos e indirectos y mediante otras actividades (confinamiento de residuos, construcción, agricultura, impermeabilización, etc.).

##### **1.2. Características generales**

###### **1.2.1. Factores físicos**

En la mayoría de los casos las partículas que componen al suelo son de origen mineral, provenientes de la degradación de rocas ígneas (granitos y basaltos) y/o de rocas sedimentarias (esquistos, gres y calizas). Los principales elementos de los que se componen las partículas son: oxígeno, silicio, aluminio, fierro, calcio, sodio, potasio y magnesio.

Las partículas minerales tienen tamaños muy variables: pueden ser rocas o gravas de centímetros o incluso metros de diámetro, hasta arenas, limos y arcillas cuyos tamaños van desde los dos milímetros (mm)

hasta tamaños menores a los 0.002 mm de diámetro. Esta variación en el tamaño de las partículas es muy importante ya que, excluyendo a rocas y gravas, la proporción de arenas, limos y arcillas en un suelo (textura), determinarán en gran medida las propiedades físicas y químicas de éste.

**Arenas.** Éstas son definidas como partículas menores a los dos mm pero mayores a los 0.05 mm. Debido a su tamaño y forma, los espacios entre éstas son grandes permitiendo el paso del aire y del agua, además de contar con una superficie de contacto pequeña. Por todo lo anterior, los suelos arenosos tienen poca capacidad para retener el agua.

**Limos.** Éstos son definidos como partículas menores a los 0.05 mm pero mayores a los 0.002 mm. Los limos poseen una mayor superficie de contacto y un menor tamaño de los espacios entre ellos, por lo que tienen una mayor capacidad de retención del agua y cierta plasticidad, cohesión y capacidad de adsorción.

**Arcillas.** Éstas son definidas como partículas de tamaño menor a 0.002 mm, al ser las arcillas partículas tan pequeñas tienen una superficie de contacto mucho más grande que las arenas y los limos, lo que les confiere una gran capacidad para adsorber agua, nutrientes y gases (es importante recordar que la adsorción es un fenómeno de superficie).

Otro componente muy común de los suelos es la materia orgánica, la cual está formada por una gran variedad de sustancias, producto de las actividades metabólicas (pasadas y presentes) de plantas y otros organismos vivos, así como de los remanentes de seres vivos sujetos a procesos de descomposición llevados a cabo por los diversos microorganismos presentes en el suelo.

En periodos que van desde horas hasta siglos, la materia orgánica de un suelo se pierde en forma de  $\text{CO}_2$  producto de la respiración microbiana; para que la cantidad de materia orgánica se mantenga en el suelo, es necesario que éste continuamente la reciba mediante adiciones de residuos animales y/o vegetales.

La materia orgánica representa una pequeña fracción de un suelo

típico (1-6% en peso), aún así su función es muy importante ya que ésta favorece la retención del agua y de otros minerales por el suelo, además de que su degradación provee a la vegetación de elementos indispensables (p. ej. fósforo, azufre y nitrógeno) para su desarrollo y para llevar a cabo sus diversas funciones metabólicas.

Aproximadamente, la mitad del volumen de un suelo está compuesto por poros de diversos tamaños, los cuales están ocupados por aire y/o agua. El agua presente en estos poros nunca es agua pura ya que en ella se encuentran disueltos cientos de iones orgánicos e inorgánicos cuya función es esencial, ya que de aquí son tomados los nutrientes requeridos por las plantas. Si existe una saturación de agua o el suelo está muy compactado, eliminando la presencia de los poros, la distribución de los gases en el suelo no se llevará a cabo de una manera adecuada, afectando a sus funciones normales.

La dinámica natural de la estructura (DNE) de un suelo es un proceso complejo debido a la diversidad, a la interdependencia y al número de factores condicionantes que inciden en ella. A continuación se indican los principales factores que inciden sobre la dinámica natural de la estructura.

- Precipitaciones
- Relieve
- Microrelieve
- Desecación - humectación
- Hielo - deshielo
- Agentes biológicos
- Residuos

El suelo es un medio complejo y dinámico en constante evolución. El suelo y el subsuelo no pueden ser considerados como entidades separadas. Tienen diversas funciones: como filtro amortiguador y transformador, productor de alimentos, hábitat biológico y reserva



genética, medio físico para la construcción, fuente de materias primas y herencia cultural.

### **1.2.2. Factores biológicos**

La actividad biológica en un suelo se refiere, principalmente a la descomposición de la materia orgánica, así como a la formación de compuestos orgánicos específicos a partir de las rocas y minerales presentes. Los principales actores en estos procesos son los microorganismos y los vegetales superiores.

**Bacterias.** Éstas son las principales responsables de las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en un suelo, principalmente las de óxido/reducción que proporcionan la energía necesaria a los microorganismos. Una de las principales reacciones de éste tipo es la oxidación de los compuestos de carbono, seguida por la mineralización de la materia orgánica generándose bióxido de carbono. Otras reacciones importantes que llevan a cabo las bacterias involucran al azufre (S), nitrógeno (N, reacción de nitrificación) fierro (Fe) y manganeso (Mn).

**Hongos y líquenes.** Éstos seres intervienen en la colonización de zonas muy húmedas y se ha encontrado que sus secreciones ácidas y su tendencia a formar complejos intervienen significativamente en los procesos de disolución de los minerales.

**Rizósfera.** Las raíces de los vegetales, en muchos casos en conjunción con sistemas radiculares más complejos, como es el caso de las micorrizas, actúan sobre su entorno extrayendo nutrientes (como potasio y fósforo), mediante reacciones de intercambio aniónico. Así mismo, los carbonatos son disueltos mediante la acción de las raíces.

**Fauna.** Ésta tiene un papel secundario en las reacciones que tienen lugar en el suelo.

**Factores biológicos en la formación de estructuras edafológicas.** Los factores biológicos tienen una función decisiva en la formación de nuevas estructuras edafológicas, las cuales son muy distintas de las estructuras originales provenientes de la roca madre.

Éstos factores formarán agregados (conjunto de partículas de un suelo formando una masa compacta) con tamaños y porosidades muy variados que como se ha visto, proporcionarán al suelo características especiales.

**Transformaciones de la materia orgánica en el suelo.** El suelo tiene una gran cantidad de materia orgánica en diferentes estados de descomposición. Existen cuatro procesos básicos mediante los cuales se lleva a cabo la transformación de la materia orgánica:

- Acción de factores climáticos.
- Desintegración mecánica por los organismos presentes en el suelo.
- Descomposición bioquímica.
- Transformación a cargo de los microorganismos.

Estos procesos conllevan a una mineralización de una parte de la materia orgánica dando como resultado, en condiciones aeróbicas a CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y a otros compuestos útiles para los diversos organismos presentes. Otra parte de la materia orgánica se transforma, mediante procesos microbiológicos en grandes moléculas orgánicas que constituyen la base del humus el cual presenta diversas propiedades las cuales darán características muy particulares al suelo, además de ser la base para la formación de productos que en muchos casos no son similares a los que le dieron origen y que pueden ser útiles como nutrientes.

Las enzimas producidas por las plantas y los microorganismos tienen una gran importancia, ya que éstas permiten la catálisis de la mayoría de las reacciones bioquímicas del suelo.

**Composición de los seres vivos en función de los componentes orgánicos del suelo.** Según sean las características de la materia orgánica que se aporte a un suelo, así será la composición de los seres vivos. Una importante proporción de los organismos presentes son los consumidores, los cuales transforman los restos orgánicos que han surgido de la acción anterior de los productores.

### 1.2.3. Propiedades químicas

Gran parte de los componentes del suelo, terminan por convertirse en compuestos solubles que constituyen la solución del suelo (fase líquida) de la que se nutren los vegetales. En algunos casos, los suelos muy ácidos evolucionan con el tiempo hacia suelos de características neutras o ligeramente alcalinas. Los cambios en las propiedades, se deben a transformaciones químicas producto de mecanismos de tipo electroquímico y en otros casos a mecanismos puramente químicos.

**El pH del suelo.** El pH es una propiedad química de los suelos, que determina el comportamiento y la evolución de los componentes químicos de éstos, así como la actividad y funciones de los seres vivos presentes. Comúnmente, en las zonas húmedas se tendrán suelos ácidos, mientras que en las zonas áridas los suelos tienden a ser más alcalinos.

**Suelos calizos.** Los suelos calizos contienen carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ); compuesto relativamente insoluble. Cuando éste se encuentra en el suelo, presentará una gran saturación de bases. El pH estará controlado por la hidrólisis del  $\text{CaCO}_3$ , que suele oscilar entre 7 y 8.4. En las zonas áridas son comunes los suelos calizos, que tienen características particulares y comúnmente presentan deficiencias de los oligoelementos zinc, cobre, fierro, manganeso, boro, etc.

**Suelos salinos.** En estos suelos existen sales en proporción suficiente como para aumentar la presión osmótica de la solución del suelo y dificultar de esta forma la absorción de agua por los vegetales; estos suelos tienen una fuerte concentración relativa de sales solubles como cloruros, sulfatos o nitratos y a veces bicarbonatos. Con cierta frecuencia en estos suelos están presentes algunas sales relativamente insolubles, como el sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ), carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ). El pH en estos casos oscila entre 7.9 y 8.60, y los suelos son pobres en materia orgánica y en vegetación, que se limita a algunas especies halofitas. Estos suelos son muy sensibles a

la erosión.

**Suelos salino-sódicos.** Son suelos con una alta concentración de sales solubles, con un porcentaje de sodio intercambiable superior a 15 y un pH inferior a 8.6. En caso de que se presente una precipitación intensa o un vertido proveniente de alguna localidad, estas sales pueden ser lixiviadas.

**Suelos sódicos.** En estos suelos la concentración de sales no es tan alta mientras que el porcentaje de sodio intercambiable es superior a 15, su pH oscila entre 8.4 y 10 y la materia orgánica se presenta dispersa (esto ocurre sobre todo al aplicar vertidos continuos). La solución del suelo contiene sobre todo sodio y cantidades menores de calcio y magnesio, aquí también estarán presentes algunos cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos.

**Nutrientes y pH.** Una de las consecuencias más importantes del pH es su influencia directa sobre los organismos del suelo: al aumentar el pH, algunos elementos como el manganeso o el fierro se vuelven menos solubles, lo mismo ocurre con el fósforo o el boro. Así los suelos calizos tienen con frecuencia un déficit y carencias de estos elementos. El pH más apropiado para que la vegetación tenga nutrientes disponibles, debe ser ligeramente ácido, del orden de 6.4 a 6.7.

**Alteraciones del pH.** Una modificación del pH, puede ocasionar alteraciones muy importantes en lo que se refiere a la biodisponibilidad de elementos, por un lado pueden presentarse excesos (toxicidad) y por otro deficiencias, por lo cual la contaminación y/o tratamiento de suelos agrícolas, pueden generar cambios en el pH con repercusiones serias.

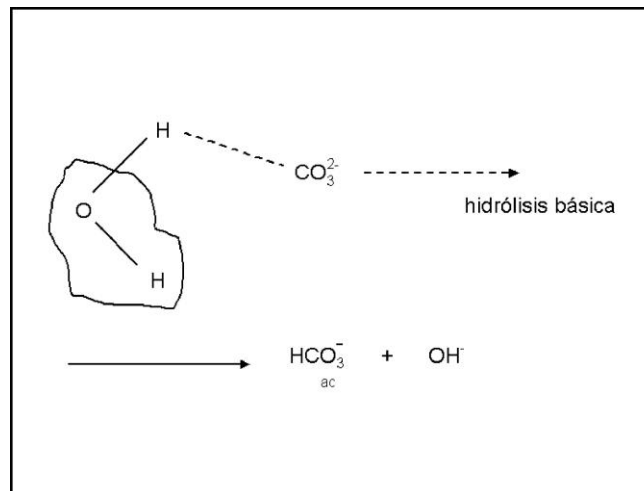
**Óxido-Reducción.** Las condiciones de óxido-reducción determinan el comportamiento de los elementos químicos que tienen distintas valencias, como ocurre con el fierro, nitrógeno, azufre, manganeso y cromo entre otros y también rigen el funcionamiento biológico de las raíces y de los microorganismos de los que depende la presencia o ausencia de oxígeno. La estabilidad de un suelo, como en gran parte de

los medios físicos, estará determinada por la estabilidad del agua. La importancia del tipo de reacción en función del potencial de óxido-reducción es clara, ya que dependiendo del caso se constituirá un medio aerobio o anaerobio, lo que tendrá un impacto directo sobre las reacciones químicas y bioquímicas que se dan en el suelo.

**Reacciones electroquímicas y de adsorción.** Los tres tipos de fenómenos de superficie (electrostáticos), que se originan en las partículas sólidas activas y que producen reacciones de intercambio son:

- **La sustitución isomórfica.** Se le conoce como carga permanente pues no depende de condiciones externas.
- **La disolución iónica** (hidrólisis de los metales con alta carga/radio o rompimiento físico de enlaces), se conoce como carga variable.
- **La ionización** (disociación de grupos polares orgánicos en solución), conforma una carga variable que depende del pH del medio, esto se aprecia en la figura 15.

**Figura 15. Reacción de hidrólisis del carbono**



Fuente: Gutiérrez Margarita, 1997. Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Módulo II Control de Residuos Peligrosos) Tema: Nuevas tecnologías para el tratamiento de Residuos Peligrosos.

Las arcillas en un suelo tienen características coloidales por lo que presentan cargas eléctricas que se neutralizan entre sí. En la superficie

estas cargas tendrán interacciones de tipo electrostático con iones presentes en solución, dándose fenómenos de adsorción (interacciones eléctricas), con el tiempo los iones adsorbidos podrán ser liberados y ser biodisponibles o intervenir en mecanismos que generen su absorción a las partículas sólidas (formación de enlaces químicos que son más estables y difíciles de romper que las interacciones electrostáticas). Un ejemplo de esto son los fosfatos, que pueden ser agregados como fertilizante y al principio son muy solubles, pero con el tiempo éstos son fijados por complejos de Ca, Al y Fe.

Otro de los materiales capaces de llevar a cabo reacciones de adsorción es el humus el cuál procede del material orgánico no reactivo que por acción de la humedad, sol y bacterias se transforma en sustancias oxidadas más estables. Esta sustancia presenta una gran superficie interna debida a las hélices que forma; los grupos orgánicos polares le imparten cargas las cuales generarán interacciones de tipo electrostático, además de que puede coordinarse y formar quelatos muy estables. Las reacciones de polimerización y despolimerización en el humus ocurren continuamente, por lo que su tamaño molecular no es constante.

**Intercambio iónico.** De las tres fases del suelo: gaseosa, acuosa y sólida, las dos últimas están constantemente intercambiando iones: los iones disueltos pasarán a la fase sólida desplazando a iones adsorbidos en ésta. Los iones pueden existir en el suelo por causas naturales o por causas antropogénicas. **Cuando a un suelo se le agregan compuestos ionizables ajenos a él (p. ej. contaminantes), dichos compuestos causarán un desequilibrio en los procesos nativos de adsorción-desorción, pudiendo tener efectos negativos.**

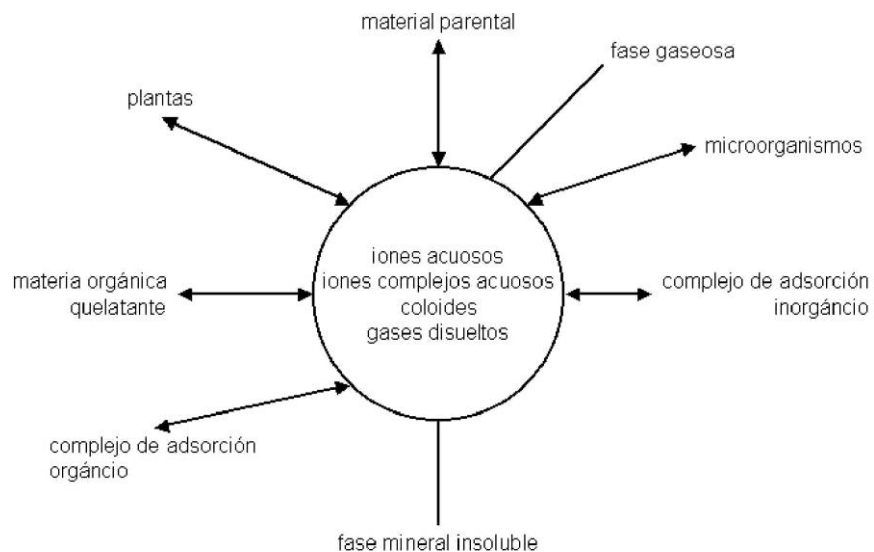
Las diversas reacciones que se presentan en un suelo, centrándose en el equilibrio en solución, se presentan en la figura 16.

Al analizar los posibles destinos de un contaminante se debe tomar en cuenta la estabilidad fisico-química de los compuestos y los efectos de

la concentración, pH y pE (óxido-reducción) sobre el equilibrio, además de los efectos de la quelatación y adsorción.

Cuando se presentan cambios en los sistemas de óxido-reducción de un suelo, ya sea por causas naturales o por causas antropogénicas, pueden generarse metales o compuestos metálicos con números de oxidación tales que los hacen más tóxicos que los originales (como es el caso de la oxidación de  $\text{Cr}^{3+}$  a  $\text{Cr}^{6+}$ ).

**Figura 16. Equilibrio del suelo**



Fuente: Gutiérrez, M. E. 1997. Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Módulo II Control de Residuos Peligrosos) Tema: Nuevas tecnologías para el tratamiento de Residuos Peligrosos.

A continuación se enlistan algunos factores que deben tomarse en cuenta cuando se analizan problemas de contaminación de suelos:

- Los microorganismos y los exudados de plantas pueden variar las condiciones microambientales.
- Los microorganismos que aceleran las reacciones no pueden cambiar las condiciones termodinámicas.
- La materia orgánica puede acumular sustancias tóxicas por adsorción. La formación de quelatos es importante a bajas concentraciones pero no es capaz de limitar la presencia de contaminantes en solución a altas concentraciones.
- Los contaminantes no polares ocuparán los poros y serán

adsorbidos por el material

- orgánico (interacciones). Éstos se dispersarán lentamente dependiendo de la velocidad de flujo del agua (porosidad y fuerza de la corriente).
- Los materiales biodegradables presentan enlaces polares, que son atacados por los microorganismos. Los no polares son más difíciles de degradar, por lo tanto su permanencia es más alta y pueden bioacumularse.
- Los contaminantes en forma de compuestos coordinados (quelatos) son más tóxicos para los organismos. La toxicidad se relaciona con la sustitución del elemento central de una biomolécula (quelato), con la precipitación del elemento central y con la sustitución del ligante o el bloqueo de la posición activa de la biomolécula.

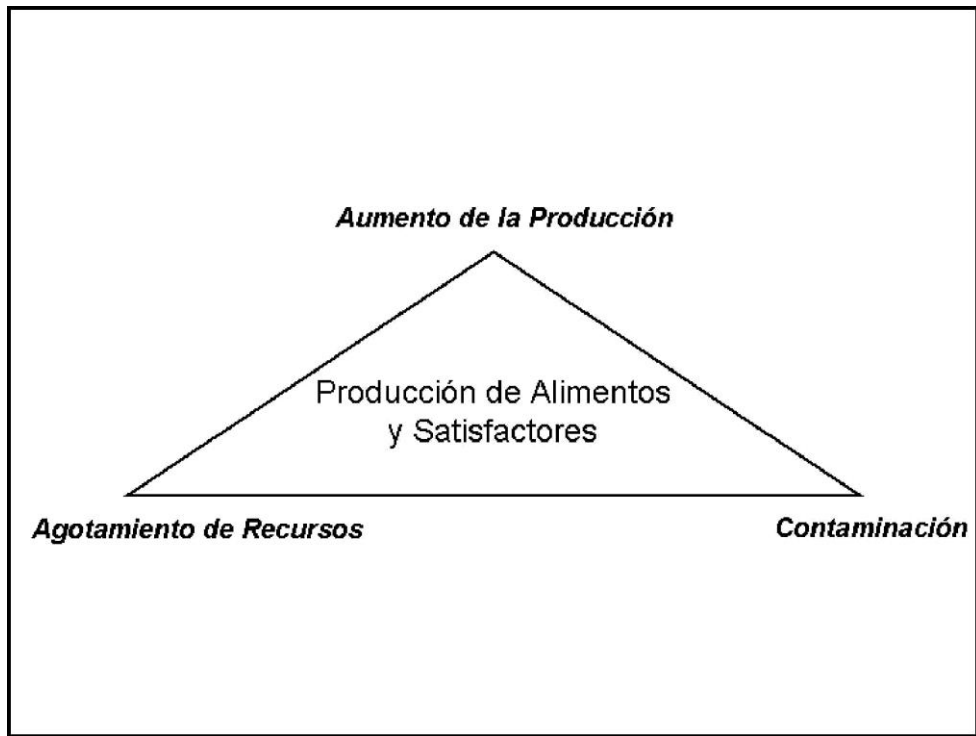


## IMPLICACIONES DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR RESIDUOS Y ENFOQUES PREVENTIVOS

### 1. Impactos ambientales de las actividades antropogénicas

El ciclo relacionado con las actividades antropogénicas que generan un impacto al ambiente se describe en la figura 17.

**Figura 17. Producción vs. afectación al ambiente**



Fuente: Gutiérrez, M. E. 1997. Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Modulo II Control de Residuos Peligrosos ) Tema: Nuevas tecnologías para el tratamiento de Residuos Peligrosos.

En la naturaleza prácticamente no existe producción de residuos ya que en éstos los procesos biológicos son cíclicos y todo residuo generado en un proceso se convierte en insumo de otro. Estos procesos son muy eficientes, pues involucran reacciones catalíticas de bajo gasto energético. Sin embargo, los procesos antropogénicos requieren de un muy alto gasto de energía y materiales, por tratarse de procesos lineales que provocan una gran generación de subproductos sin valor que incluso llegan a ser perjudiciales, ocasionando con ello una alteración de los ciclos naturales, y

la disminución de la capacidad de nuestro planeta para sostener la vida.

## 2. Aspectos relacionados con la disposición final de residuos

### **2.1. Generalidades sobre la disposición final de residuos**

En México, como en muchos países, el tema referente a la disposición final de los residuos sólidos, ha cobrado una gran importancia para la población, así como para los responsables de la prestación de servicios, debido principalmente a los problemas de contaminación ambiental y de afectación a la salud pública que éstos pueden generar en ocasiones por no haber realizado una correcta selección del sitio para la ubicación de las instalaciones para la disposición final de los residuos sólidos. Otro problema importante que se genera al tener un sitio de disposición final (SDF) mal ubicado y/o mal operado, es de índole social, ya que los riesgos que de ello derivan generan un gran descontento en la población.

### **2.2. Clasificación de los residuos que llegan actualmente a sitios de disposición final**

Clasificación de los residuos sólidos en un sitio de disposición final (SDF). En este contexto se entiende como sitio de disposición final (SDF) a un área física en donde serán depositados los residuos sólidos para su confinamiento. Los tipos más comunes de SDF son los rellenos sanitarios y los tiraderos a cielo abierto. Por razones de tipo práctico, se utilizará la abreviatura SDF, aunque cabe señalar que el término relleno sanitario será más adecuado en algunos casos.

En un SDF, la composición de los residuos sólidos varía en función de distintos factores, entre los que destacan los hábitos de vida de la población, los factores ambientales y su ubicación geográfica. Por sus propiedades físicas, los residuos sólidos municipales se pueden clasificar en tres grupos:

- Materiales inertes: vidrio, plástico, tierras, cenizas y metales.
- Materiales fermentables: materia orgánica.
- Materiales combustibles: papel, cartón, plásticos, madera, goma,

cuero y trapos.

### **2.3. Implicaciones de la contaminación derivada del manejo, tratamiento y disposición final de los residuos**

Los compuestos provenientes de los residuos sólidos que entran en contacto con los suelos pueden ser relativamente inertes e inofensivos, pero existe un gran número de ellos que pueden causar serios daños a los seres vivos presentes en el suelo, aún en pequeñas concentraciones. Algunos de los efectos no deseables de la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el suelo incluyen los referidos en el cuadro 33, los cuales se resumen como sigue:

- Los organismos vivos presentes en el suelo pueden ser inhibidos o eliminados, rompiendo el equilibrio bioquímico del suelo.
- Los compuestos químicos pueden ser transportados del suelo al aire o a los cuerpos de agua y de esta manera entrar en contacto, en un área muy amplia, con un gran número de organismos produciendo efectos adversos a la salud humana y a los ecosistemas.

### **2.4. Formación de Lixiviados**

Por lo general, cuando el agua entra en contacto con los residuos sólidos depositados en un SDF se produce una solución que se denomina lixiviado, rica en elementos contaminantes que al desplazarse verticalmente llegan al subsuelo. Se pueden formar de cuatro formas distintas:

- A partir de agua de lluvia que cae directamente sobre los residuos sólidos.
- Agua que se mueve horizontal al suelo y que llega directamente al SDF.
- Contacto directo de las aguas subterráneas con los residuos por la elevación del nivel piezométrico.
- Aporte o derrame de líquidos en el SDF.

La composición de un lixiviado producido en un SDF puede ser muy compleja, aunque existen características químicas más o menos comunes en este tipo de instalaciones:

- Gran cantidad de hidrocarburos solubles
- Gran cantidad de nitrógeno orgánico y amoniacal.
- Presencia de metales pesados como: cadmio (Cd), níquel (Ni), zinc (Zn), plomo (Pb).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) que llega incluso a valores de mg de oxígeno por litro (O<sub>2</sub>/l).
- Salinidad muy elevada.

### **2.5. Aspectos a considerar al seleccionar sitios para la ubicación de rellenos sanitarios**

Dado que uno de los fenómenos a evitar en un sitio de disposición final de residuos sólidos es la lixiviación y la posible contaminación de mantos freáticos como consecuencia de ella, para determinar la ubicación de un SDF, es necesario considerar las características hidrogeológicas, geofísicas y meteorológicas del sitio y tomar las medidas adicionales necesarias (p. ej. la instalación de una cubierta granular), para así evitar la contaminación de las aguas subterráneas por lixiviados.

**Cuadro 33. Características químicas de los contaminantes y efectos en suelos**

<b>Contaminante</b>	<b>Enlace</b>	<b>Efectos muy probables</b>	<b>Efectos posibles</b>
Ácidos	Covalentes polares	Alteran pH	Disuelven minerales y materia orgánica
Bases	Iónicos	Alteran pH	Disuelven minerales anfóteros

<b>Contaminante</b>	<b>Enlace</b>	<b>Efectos muy probables</b>	<b>Efectos posibles</b>
Carbonato de sodio	Iónico soluble el carbonato se hidroliza	Aumenta el pH y la conductividad ocupa posiciones en el complejo de intercambio	El suelo pierde textura, se expande (sodicidad). La materia orgánica se solubiliza
Nitrato de sodio	Iónico soluble no se hidroliza	Aumenta conductividad y viaja a cuerpos de agua	Contamina acuíferos
Nitrato de amonio	Iónico soluble, hidrólisis ácida	Aumenta conductividad y viaja a cuerpos de agua	Eutroficación de cuerpos de agua
Plaguicidas Organoclorados	Covalente, Molecular dipolos inducidos	Ocupa poros, se adsorbe, permanente	Se bioacumulan concentrándose en grasa
Gasolina	Covalente no polar Líquido	Ocupa poros	Quita oxígeno, mata la vida del suelo y lentamente contamina acuíferos
Lubricantes	Covalente no polar Líquido	Ocupa poros	Quita oxígeno, mata la vida del suelo y lentamente contamina acuíferos

Contaminante	Enlace	Efectos muy probables	Efectos posibles
Cloruro de plomo	Iónico	En suelos ácidos queda soluble o forma quelatos insolubles En suelos básicos forma minerales insolubles	Se precipita en la raíz puede contaminar cuerpos de agua ácidos Se acumula como mineral
Arseniato de sodio	Iónico	Puede cambiar de estado de oxidación, y formar compuestos volátiles	Afecta la microbiota, Contamina acuíferos y en extremo la atmósfera

Fuente: Gutiérrez Margarita, 1997. Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Módulo II Control de Residuos Peligrosos) Tema: Nuevas tecnologías para el tratamiento de Residuos Peligrosos.

Existen diversas causas por las cuales puede existir un alto riesgo de contaminación:

- **La ubicación de un SDF en un terreno calcáreo formador de sarro.** En este caso los mecanismos mediante los cuales el suelo retiene a los lixiviados son prácticamente inexistentes, por lo que éstos últimos bajan con gran velocidad llegando por las discontinuidades de la roca a las aguas subterráneas.
- **Utilización de zonas excavadas utilizadas para la explotación de gravas.** Este tipo de actividades se realiza a menudo en un terreno de aluvión, con el nivel piezométrico muy

próximo a la superficie topográfica, por lo que los lixiviados entran en contacto fácilmente con las aguas subterráneas.

- **Instalación de un SDF en huecos y cauces fluviales secos.**

Si se producen precipitaciones intensas, los emplazamientos se pueden inundar por la elevación del nivel freático, contaminando a las aguas subterráneas.

A continuación se mencionan algunas directrices importantes a considerar para el emplazamiento de un SDF.

- Control de las aguas de lluvia que penetran en el SDF.
- Evitar que los cuerpos de agua (subterráneos y superficiales), entren en contacto con los residuos existentes.
- Interceptar y canalizar el agua y los lixiviados.

Las aguas contaminadas deberán ser sometidas a un proceso de tratamiento antes de su descarga final.

Contar con normatividad referente a la permeabilidad de los lixiviados en suelos, en función del tipo de residuos (peligrosos, no peligrosos e inertes) de los que se trate.

## **2.6. Formación de biogás**

Se puede concebir a un SDF como un reactor bioquímico, con residuos y agua como entradas principales y con gases y lixiviados como principales salidas. El material almacenado en el SDF incluye: material orgánico parcialmente biodegradado y otros materiales inorgánicos de los residuos originalmente colocados.

Este biogás resultante de las actividades bioquímicas en el SDF está compuesto de varios gases que están presentes en grandes cantidades (gases principales) y de varios gases presentes en pequeñas cantidades (oligogases). Los gases principales provienen de la descomposición de los materiales orgánicos del SDF. Algunos de los oligogases presentes pueden ser tóxicos y podrían representar riesgos para la salud pública. Los gases principales presentes son:

- Amoniaco ( $\text{NH}_3$ ).

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Monóxido de carbono (CO).
- Hidrógeno (H<sub>2</sub>).
- Sulfuro de hidrógeno(H<sub>2</sub>S).
- Metano (CH<sub>4</sub>).
- Nitrógeno (N<sub>2</sub>).
- Oxígeno (O<sub>2</sub>).

La solubilidad de los gases puede determinarse para predecir su presencia en los lixiviados.

El CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> son los principales gases procedentes de la descomposición anaerobia de los materiales biodegradables presentes, la reacción general de esta descomposición se representa de la siguiente manera:

Materia Orgánica (MO) + H<sub>2</sub>O. > MO biodegradada + CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub>  
+ otros gases

Bacterias

Cuando el CH<sub>4</sub> está presente en concentraciones de entre el 5 y el 15 por ciento con aire es explosivo. Dicha explosividad estará limitada por las concentraciones de O<sub>2</sub> presentes y será también regida por la capacidad del metano de migrar fuera del SDF y mezclarse con el aire.

En diferentes estudios se han detectado una gran cantidad de oligogases, algunos de éstos son:

- Acetona.
- Óxido de etileno.
- Benceno.
- Etilbenceno.
- Clorobenceno.
- Metil-etil-cetona.
- Cloroformo.
- 1,1,2-Tricloroetano.



- 1,1-Dicloroetano.
- 1,1,1-Tricloroetano.
- Diclorometano.
- Tricloroetileno.
- 1,1-Dicloroetano.
- Tolueno.
- Clorodietileno.
- 1,1,2,2-Tetracloroetano.
- Trans-1,2-Dicloropropano.
- Tetracloroetileno.
- 2,3-Dicloropropano.
- Cloruro de Vinilo.
- 1,2-Dicloropropano.
- Estirenos.
- Bromuro de etileno.
- Acetato de vinilo.
- Dicloroetileno.
- Xileno.

La generación de los gases en un relleno sanitario se produce en cinco o menos fases secuenciales:

- **Ajuste inicial.** En esta primera fase los componentes orgánicos biodegradables, sufren una descomposición al ser colocados en el SDF. Aquí se da una descomposición biológica aerobia, siendo la fuente principal de microorganismos presentes en la masa de residuos y los existentes en el material del suelo que se utiliza como cubierta diaria y final.
- **Fase de transición.** En esta fase la concentración de O<sub>2</sub> disminuye por lo que se comienzan a dar condiciones de tipo anaerobio favoreciéndose la formación de gas nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y de metano debido a la disminución del potencial de óxido/reducción. En esta fase, el pH del lixiviado disminuirá

por la presencia de ácidos orgánicos y por las altas concentraciones del CO<sub>2</sub> en el SDF.

- **Fase ácida.** En esta fase se producen cantidades importantes de ácidos orgánicos y de H<sub>2</sub>, en un primer paso se da la transformación (hidrólisis) mediante enzimas de compuestos de alto peso molecular (lípidos, proteínas, etc.) en compuestos más pequeños que serán utilizados por los microorganismos como fuente de energía y de carbono estructural. En el segundo paso (acidogénesis) se da la transformación de los compuestos del paso anterior en ácido acético, fúlvico y otros ácidos orgánicos. Durante esta fase el principal gas generado es el CO<sub>2</sub>. En caso de darse la formación de lixiviados en esta fase, el pH llegará a un valor de menor a 5 por la presencia de ácidos orgánicos y CO<sub>2</sub>.
- **Fase de fermentación del metano.** En esta fase un segundo grupo de microorganismos transforman el ácido acético y el gas hidrógeno producidos en la fase anterior en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. Dichos microorganismos son predominantemente anaerobios y se denominan metanogénicos o formadores de nitrógeno. En esta fase se da también la formación de ácidos aunque de manera más lenta, por lo que sí aquí se forman lixiviados, éstos tendrán un pH más básico (entre 6.8 y 8) por lo que la disolución de metales será menor.
- **Fase de maduración.** En esta fase se comienzan a degradar compuestos que anteriormente no se encontraban disponibles. La formación de gases en el SDF disminuirá de manera significativa ya que gran parte de los compuestos orgánicos solubles han sido disueltos y han migrado en los lixiviados a través de los residuos.

La duración de las fases en las que se producen los diversos gases variará en función de la distribución de los materiales orgánicos en el

relleno sanitario, de la disponibilidad de los nutrientes, el contenido de humedad de los residuos, el paso de ésta por los residuos y el grado de compactación de los residuos. En el cuadro 34 se muestra la capacidad de biodegradación de algunos productos:

La generación de biogás representa no sólo un factor de riesgo en función de su toxicidad y de su explosividad en ciertas condiciones, éstos también pueden generar importantes problemas ambientales tanto a la atmósfera, como al suelo y a los cuerpos de agua. En un SDF bien diseñado y operado, los gases producidos deberán ser sometidos a diversos métodos de destrucción y/o control y/o aprovechamiento. Algunos de los métodos más comunes son:

- Ventilación para reducir la presión/quemadores en la cobertura del SDF.
- Zanja perimétrica (barrera).
- Barreras impermeables dentro de los SDF.
- Barreras absorbentes para los oligogases dentro del SDF.
- Chimeneas perimétricas (horizontales y verticales) para la extracción del gas y para control de los olores.
- Zanjas perimétricas para la extracción del gas.
- Incineración del biogás del SDF.
- Sistemas de recuperación de energía a partir del biogás del SDF.
- Purificación y recuperación del biogás.

**Cuadro 34. Capacidad de biodegradación de residuos sólidos**

<b>Componente de residuos orgánicos</b>	<b>Rápidamente Biodegradable</b>	<b>Lentamente Biodegradable</b>
Residuos de comida	Sí	
Periódicos	Sí	
Papel de oficina	Sí	

Cartón	Sí	
Plásticos <sup>(1)</sup>		
Textiles		Sí
Goma		Sí
Cuero		Sí
Residuos de jardín	Sí	
Madera		Sí
Orgánicos misceláneos		Sí

<sup>(1)</sup> Los plásticos son generalmente considerados como no biodegradables.  
Fuente: Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. Gestión integral de residuos sólidos, Vol. I y II. McGraw-Hill. España. 1996.

## 2.7. Clausura de un Sitio de Disposición Final

El diseño y la construcción de SDF es una actividad continua que termina cuando la capacidad disponible o permitida del relleno ha sido completada. Para la clausura de un SDF es necesario desarrollar un plan de clausura y saneamiento, el cual debe estar diseñado antes de la finalización de la vida útil del relleno sanitario, esto con la finalidad de conformar con los residuos sólidos la conformación deseada del sitio para su uso posterior, para ello el plan de clausura y saneamiento deberá incluir los siguientes puntos:

- Diseño de la conformación final
- Diseño paisajístico de la zona
- Diseño de la cobertura final.
- Aseguramiento de calidad
- Sistemas de control de las aguas superficiales y de drenaje.
- Sistemas de control del biogás del SDF.
- Sistemas de control y tratamiento de los lixiviados.
- Diseño del programa de mantenimiento

- Sistemas de monitoreo ambiental.

En el caso específico del suelo en un SDF, es necesario definir el uso posterior que se le dará a éste. En muchos casos, los SDF clausurados son utilizados para la construcción de parques y áreas recreativas, por lo que deberá llevarse a cabo un estudio del mismo para determinar la capacidad de un suelo de ser revegetado, para lo cual deberán realizarse, en función de las normas y/o disposiciones legales existentes, estudios para determinar la viabilidad del proyecto y en su caso su restauración, buscando evitar riesgos a la población y garantizar el éxito del programa. De igual forma, deberán llevarse a cabo los estudios y/o restauraciones necesarias en caso de que se le busque dar algún otro uso a un SDF.

## **2.8. Enfoques preventivos**

En los países industrializados se han establecido severas restricciones a la disposición final de los residuos en rellenos sanitarios que incluyen entre otros:

- La prohibición de confinar ciertos tipos de residuos como las llantas, aparatos electrodomésticos, muebles y la disminución de residuos de jardinería y otros residuos orgánicos que pueden producir lixiviados.
- La restricción del confinamiento de residuos potencialmente reciclables, siempre y cuando sea técnica, económica y ambientalmente conveniente su reciclado.
- Evitar el depósito en ellos de escombros y residuos industriales no-peligrosos que pueden ser sometidos a otras modalidades de manejo.

## **RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS**

1. Investigación, caracterización, evaluación y técnicas para la restauración de suelos contaminados

La toma de decisiones respecto de la caracterización y restauración de un suelo o suelos en los que se sospecha existe contaminación, debe estar basada en una adecuada planeación de las estrategias a seguir, que permita la caracterización del suelo en zonas homogéneas tanto a nivel

superficial como en el subsuelo.

- La primera etapa en este proceso, consiste en la realización de estudios de tipo histórico del sitio, además de una descripción física del mismo. La segunda etapa consiste en una fase de reconocimiento del terreno y en una caracterización de los materiales existentes.
- Posteriormente, se deberá realizar una selección del método más adecuado para realizar el estudio de caracterización del problema, que dependerá del alcance que se le quiera dar a éste y del presupuesto disponible. En la figura 18 se muestran las etapas más importantes con relación a la gestión de un sitio (potencialmente) contaminado:

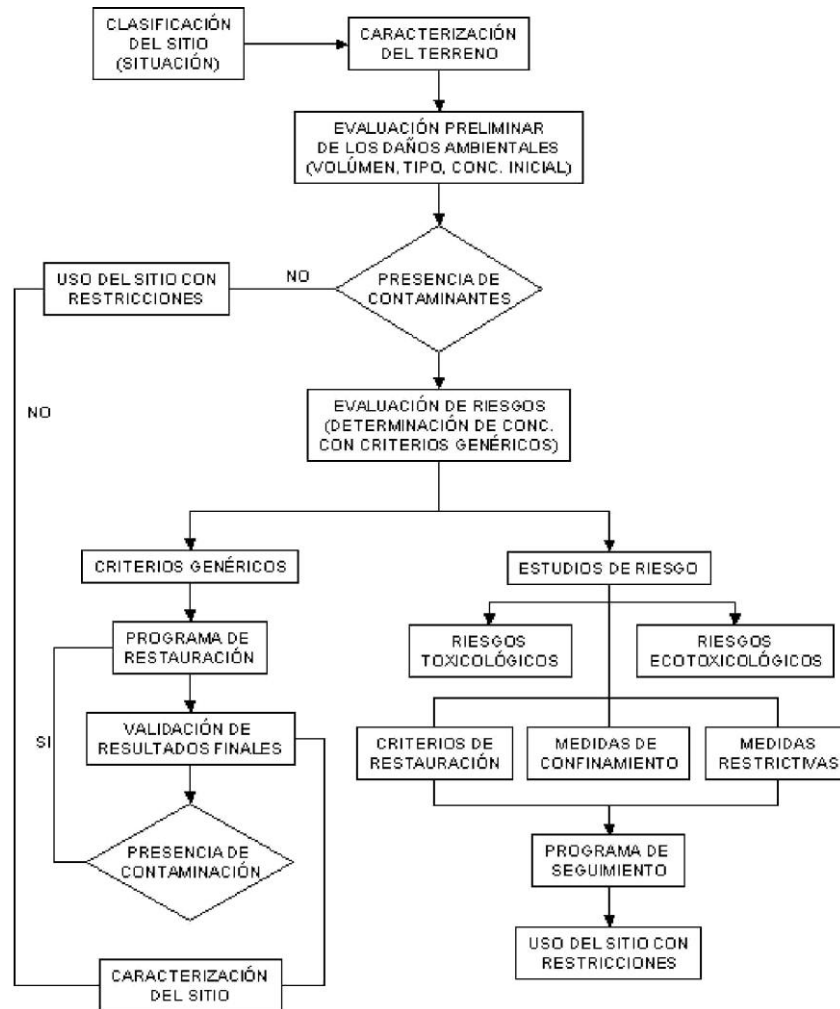
## 2. Evaluación de suelos potencialmente contaminados

Para definir las medidas encaminadas al control y a la restauración de un suelo contaminado, es necesario llevar a cabo acciones pertinentes que permitan la gestión adecuada de éste. Los pasos para realizar esta evaluación incluyen los siguientes:

- Ubicar e identificar los suelos en los que exista la sospecha de contaminación.
- Llevar a cabo un estudio histórico del sitio, dando especial importancia a aquellas actividades (agrícolas, industriales, mineras), que pudieran haber tenido un impacto al suelo.
- Hacer reconocimientos de campo, describiendo de manera detallada el sitio.
- Realizar una planificación de los lugares y tipos de muestreo, análisis químicos, definición de parámetros, etc.
- Ejecución del muestreo y análisis.
- Análisis de la información obtenida.
- Descripción de los riesgos en función del tipo de contaminación

del suelo.

**Figura 18 . Gestión de un sitio (potencialmente) contaminado**



b) Clasificarlos basándose en los grupos químicos, un ejemplo de esto es:

- Metales.
- Compuestos inorgánicos.



- Compuestos aromáticos.
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- Hidrocarburos clorados.
- Plaguicidas.
- Otros.

c) Clasificarlos conforme a la valoración de riesgo, tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Seguridad y salud humana.
- Explotación del suelo; actividades agrícolas, ganaderas, etc.
- Ecosistemas.
- Obras de construcción e infraestructura.

### 3. Métodos de investigación exploratoria

Existen 3 métodos de investigación:

- **Métodos de investigación superficial.** Éstos consisten en excavaciones superficiales que permiten una observación directa del terreno a poca profundidad.
- **Sondeos.** Éstos nos dan información de tipo puntual y son muy útiles en la extracción de muestras a analizar. Dentro de los sondeos, existen los sondeos manuales y mecánicos (rotación y percusión); estos son utilizados dependiendo de las características del terreno y la profundidad deseada.
- **Métodos Geofísicos.** Éstos son utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas de un suelo y su distribución por horizontes o profundidad. Los métodos geofísicos presentan ventajas: ejecución rápida, uso de equipos ligeros y fáciles de transportar y son útiles cuando se trata de áreas extensas. La principal desventaja de éstos radica en que al ser métodos indirectos pueden dar lugar a errores al interpretar los resultados.

#### 4. Identificación de contaminantes del suelo

Para iniciar la identificación de los posibles contaminantes presentes en un suelo, se parte de las características básicas como son el color, la textura y el olor de éste, para las últimas dos, se usan técnicas diversas, dependiendo de la exactitud requerida (textura) o de los compuestos presentes (olor).

Posteriormente es posible realizar las siguientes pruebas para su caracterización:

- **Parámetros preliminares.** Se determinará si el contaminante se encuentra en fase sólida, líquida o gaseosa.
- **Parámetros básicos.** Se determinarán parámetros electroquímicos como son el pH, las reacciones de óxido-reducción en medio acuoso y la conductividad y los parámetros de contaminación orgánica.

Para otros análisis, las muestras deberán ser sometidas a métodos de preparación como es la mineralización ácida o extracciones.

**Contaminación con compuestos orgánicos.** Existen diversas técnicas analíticas para determinar contaminantes orgánicos:

- Cromatografía de gases.
- Cromatografía líquida.
- Cromatografía de capa fina.

**Contaminación con compuestos inorgánicos.** Algunas técnicas utilizadas incluyen:

- Espectrometría de rayos X.
- Absorción atómica.
- Espectrometría de emisión.
- Cromatografía iónica.

**Afectación Biológica.** Evaluación de efectos ecotoxicológicos en los siguientes organismos:

- Daphnias.

- Algas.
- Bacterias.
- Lombrices de tierra.
- Vegetales.
- Insectos.

Otros parámetros a considerar en la contaminación del suelo son los parámetros de movilidad de los contaminantes:

- Retención por sólidos.
- Lixiviados (solubles).
- Volatilización.
- Degradación.

## 5. Restauración y confinamiento de suelos contaminados

En función de los análisis de riesgo realizados, existen 3 opciones posibles que pueden ser ejecutadas:

### **5.1. Confinamiento**

Consiste en recurrir al aislamiento y sellado del sitio contaminado, existen diferentes tipos de confinamiento que sólo serán mencionados:

- Sistemas de recubrimiento.
- Capas de protección superficial.
- Capa de drenaje.
- Capa de arcilla compactada y geomembranas.
- Capa drenante de gases.
- Pantallas impermeables o de aislamiento.
- Pantallas impermeables con base en fluido viscoso.
- Pantallas estructurales de hormigón armado.
- Pantallas por inyección de cemento.

### **5.2. Restauración de suelos**

Se entiende por técnicas de restauración a los procesos que se aplican a materiales contaminados para alterar su estado en forma

permanente por medios químicos, físicos o biológicos. El objetivo de éstos tratamientos es que los materiales contaminados sean sometidos a dichos procesos para que se disminuya o elimine su peligrosidad.

Existen diversas técnicas utilizadas para la restauración de un suelo o un sitio contaminado:

**Técnicas in situ.** Se refiere al tratamiento de materiales contaminados sin excavarlos ni sacarlos del lugar:

- Extracción de vapores del suelo y extracción del aire.
- Enjuague del suelo.
- Barreras electrocinéticas.
- Vitrificación.
- Estabilización y solidificación.
- Biorremediación.

**Técnicas fuera del sitio o sobre el sitio.** En estas técnicas se requiere la excavación del suelo para ser tratado, entre las más comunes se encuentran:

- Lavado del suelo.
- Incineración.
- Extracción con solventes.
- Deshalogenación química.
- Biorremediación.
- Desorción térmica.

### **5.3. Vertido del suelo contaminado en un relleno sanitario**

Este caso es usado cuando el suelo contaminado presenta riesgos a la salud humana y al ambiente en general y no puede ser tratado de manera eficiente por las técnicas antes mencionadas para que alcance niveles satisfactorios en cuanto a riesgo se refiere.

## BIBLIOGRAFÍA

Área Metropolitana de Barcelona Programa Metropolitana de Gestio de Reius Municipals. (1997-2006). 1997.

Bautista Parejo C., Residuos. Guía Técnico-Jurídica. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. 1998.

Brady, N. C., Weil R.R. The nature and properties of soils. 11<sup>th</sup> ed. Prentice Hall. U.S.A. 1996.

Careaga J. A., Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes. Sedesol. Instituto Nacional de Ecología. Serie Monografías No. 4.1993. Coleman, T. Life Cycle Programme for Waste Management Programme Profile. UK Environment Agency, Rio House, Bristol. 1998.

Coopers & Lybrand. Cost-benefit Analysis of the Different Municipal Solid Waste Management Systems: Objectives and Instruments for the Year 2000. Final Report for European Commission, DGXI. March 1996.

Doppenberg, A.A.T. Organisational Trends in Domestic Waste Collection in The Netherlands. Wastes Management, April. 1998.

Duran de la Fuente, H. Gestión Ambientalmente adecuada de Residuos Sólidos. Un Enfoque de Política Integral. Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL)/ Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Santiago de Chile. 1997.

En: Proceedings of Cost Effective Power and Steam Generation from the Incineration of Waste. Institute of Mechanical Engineers Seminar, London. Environment Agency. UK. Life cycle Programme for Waste Management. Programme profile. Environment Agency, Feb 1998.

ERRA Briefing Paper: Polluter Pays - The Case for Variable Pricing of Household Waste; ERRA - European Recovery and Recycling Association, Avenue E. Mounier 83, Box 5, B-1200, Brussels, Belgium; También disponible en: [www.erra.be](http://www.erra.be). ERRA Briefing Paper: The Case of Integrated Waste Management ; ERRA -European Recovery and Recycling

Association, Avenue E. Mounier 83, Box 5, B-1200, Brussels, Belgium.

ERRA Report: Towards Integrated Management of Municipal Solid Waste - Case Studies ; A study by the University of Louvain-la-Neuve Business School ; ERRA -European Recovery and Recycling Association, Avenue E. Mounier 83, Box 5, B-1200, Brussels, Belgium.

ERRA Review, Issue 5. Variable Pricing: Effectively managing the impact of household waste. ERRA - European Recovery and Recycling Association, Avenue E. Mounier 83, Box 5, B-1200, Brussels, Belgium, July 1998 ; También disponible en: [www.erra.be](http://www.erra.be)

Franke M., Inventario de Ciclo de Vida: Una herramienta para optimizar los productos y el manejo integral de los residuos sólidos. En: Memorias del Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos. SUSTENTA/Semarnap-INE, 1999.

Gaskell, D.J. and White, P. R. Affordable Recycling of Household Waste. En: Proceedings of Globec 96/Recycle 96, Davos, Switzerland. 1996.

Glosario de Términos. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Promoción Ambiental y Participación Comunitaria.1996

Gutiérrez M. E.,. Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Módulo II Control de Residuos Peligrosos) Tema: Nuevas Tecnologías para el Tratamiento de Residuos Peligrosos. México. 1997

Hemelaar, L. Financing waste management in developing countries. Warner Bulletin (journal), No. 64, pp.11-12. 1999.

INE – Cenica – JICA. II Seminario Internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. Contaminación de suelos por actividades petroleras y su restauración. Elías M. R.; Montes de Oca, A., Flores, D. y Valdés O., C. 11 y 12 de Febrero 1999.

INE (Dirección General de Residuos, Materiales y Actividades Riesgosas). Bases de Política e Instrumentación de Gestión para la Biorremediación de Sitios Contaminados. (Documento Preliminar).

Contrato INE/DRMSG/E33RF7IR/003/98. 1998.

Jiménez Peña A., Marco legal aplicable a los residuos sólidos y la restauración de suelos contaminados en México. Trabajo presentado en II Seminario internacional sobre residuos sólidos y restauración de suelos contaminados. INE-JICA.1999.

LaGrega M.D., Buckingham P.L., Evans J.C., Gestión de Residuos Tóxicos. Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. Vol. I y II. McGraw-Hill. 1996.

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento Comisión Nacional del Agua CNA. 1992.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1996.

McDougall, F. / Fonteyne, J. Interpretation of Data from Case Studies of European Waste Management Systems ; ERRA - European Recovery and Recycling Association, Avenue E. Mounier 83, Box 5, B-1200, Brussels, Belgium. 1999.

McDougall, F.R. and White, P.R. The Use of Lifecycle Inventory to Optimise Integrated Solid Waste Management Systems: A Review of Case Studies. Paper presented at Systems Engineering Models for Waste Management. Gothenburg, Sweden. 1998.

Nelson, N. / White, P.R. / Fonteyne, J.. Trade and Competition Issues: Extended Producer Responsibility and Competition. Paper presented at OECD workshop on EPR Phase 3, No.2. Helsinki. 1998.

Nordone, A.J. y Franke, M. Application of Integrated Waste Management to Developing Economies. En: Proceedings of the International Conference on Biological Treatment of Waste and the Environment. Weimar, Germany. 1999.

Organización Panamericana de la Salud. Programa de Salud Ambiental., Descripción de la legislación estadounidense sobre rellenos sanitarios (versión preliminar). Junio, 1991.

Organización Panamericana de la Salud/Gobierno del Distrito Federal/ Gobierno del Estado de México. Análisis Sectorial de residuos sólidos en

la Zona Metropolitana del Valle de México. 1997.

Petts J., Eduljee G., Environmental Impact Assessment for Waste Treatment and Disposal Facilities. John Wiley & Sons, Inc., 1994.

Rosiles G., Manejo de los residuos sólidos en México. En: Memorias del Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos. SUSTENTA/Semarnap-INE, 1999.

Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999.

Scarlett L. El libre mercado y los residuos sólidos. En: Memorias del Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos. SUSTENTA/Semarnap-INE, México 1999.

Sedue. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. 1988.

Semarnap – INE (DGMRAR). Elementos a considerar al establecer una Política, Criterios Ecológicos y Normatividad respecto de la Restauración de Sitios Contaminados. 1999.

Semarnap., Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. Diario Oficial, lunes 25 de noviembre de 1996. Seoáñez Calvo M. Chacón Auge A., Gutiérrez de Ojesto A., Angulo Aguado I., Contaminación del Suelo: Estudios, tratamiento y gestión. Ediciones Mundi-Prensa. 1999.

Skumatz, L.A. Variable Rates for Municipal Solid Waste: Implementation Experience, Economics and Legislation. Reason Foundation, Policy Report No. 160. 1993. Steele, A., Sherwood, N., Powell, J. and Robson, T. (en prensa) Using Life Cycle Inventory Analysis in the Development of a Waste Management Strategy for Gloucestershire, UK.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. Gestión integral de residuos sólidos, Vol. I y II. McGraw-Hill. España. 1996.

Thorneloe, S. A. Application of Life Cycle Management to Evaluate Integrated Municipal Solid Waste Management Strategies. USEPA



National Risk Management Research Laboratory Air Pollution Prevention and Control Division. Research Triangle Park, NC 27711. 1997.

Thorneloe, S.A. et al., U.S.; EPA Overview of research to conduct life-cycle study to evaluate alternative strategies for integrated waste management. Presented at Solid waste management: thermal treatment and waste-to-energy technologies, Washington D.C.1995.

Thurgood, M. Modelling Waste Management. An environmental Life Cycle Inventory and economic cost analysis model for municipal solid waste management. Warmer Bulletin 58: 4-7. 1998.

Turnberg W.L., Biohazardous Waste. Risk Assessment, Policy and Management. John Wiley & Sons, Inc. 1996.

Waste Management Information Center: A clean land...the Danish solution, No. 3 Incineration, Rendan A/S, 376 Gladsaxevej, DK-2860 Soborg, Denmark. 1995 White P. R., Franke M., Hindle P., Integrated solid waste management: A Life Cycle Inventory. Blackie Academic & Professional. C. & H., 1995.

White, P.R. / Franke, M. / Hindle, P. Integrated Solid Waste Management - A Life Cycle Inventory, Blackie Academic & Professionals, Chapman & Hall (book 362 pages).Wilson, E. (1998) Life Cycle Inventory tools in Pamplona. Warmer Bulletin 58:13-15. 1998.

White, P.R. Managing Towards Sustainability - Sustainable Product Life Cycles. ICHIME Environmental Protection Bulletin 052. 1997.

White, P.R. Waste-to-Energy Technology within Integrated Waste Management.1993.

World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford Univ. Press. 1987.