

## Gestión de Residuos Sólidos

Técnica - Salud - Ambiente - Competencia

# Gestión de Residuos Sólidos

Técnica, salud, ambiente  
y competencia

## Coordinadores

- Dr. Susana Rivera Valdés
- Dr. Jorge Rojas Hernández

## Autores

- Dr. Susana Rivera Valdés, Ingeniero Civil Químico

## Colaboradores

- Guillermo Rivera, Ingeniero Civil Químico
- Dr. Gladys Vidal Sáez, Ingeniero Civil Industrial,  
Doctor en Ciencias Químicas
- Hernán Cid, Bioquímico
- Liubow González, Hidrogeóloga
- Patricia González, Ingeniero Civil Químico

PROYECTO   ARGENTINA

Reservados todos los derechos de esta publicación para INET y para  
GTZ GmbH  
Publicación financiada con fondos de la cooperación técnica de la  
República Federal de Alemania

ISBN: 987-20598-6-1

**Contextualización de competencias del docente:**

Dr. Alejandro Villalobos Clavería

Mg. Karina Paredes Bel

El presente material se origina a partir del diseño del Trayecto Técnico Profesional en Salud y Ambiente, cuyo enfoque didáctico-pedagógico se enmarca en la Formación Basada en Competencias desarrollada por el Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

**INET, Equipo coordinador del Proyecto Recursos Didácticos,  
Área Salud y Ambiente**

Lic. Victoria Barreda

Lic. Ana Mónica Tomaselli

Lic. Cristina Alcón

Ing. Luis Antequera

**Equipo GTZ**

Lic. Gunhild Hansen-Rojas

Verena Rottenbücher

Carolina Grosse

Lic. Natacha Díaz

Publicado en Buenos Aires, Julio 2003

Diseño de tapa e interior: Four Communication

Impresión: Overprint Grupo Impresor SRL

## INDICE DE CONTENIDOS

	<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
	<b>EDUCAR PARA EL AMBIENTE</b>	<b>3</b>
	<b>EQUIPO TÉCNICO DEL AREA SALUD Y AMBIENTE</b>	<b>5</b>
	<b>INTRODUCCIÓN AL TEMA</b>	<b>7</b>
<b>PARTE I</b>	<b>CONTEXTO</b>	<b>9</b>
<b>1.</b>	<b>Introducción</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>Sociedad moderna y residuos sólidos</b>	<b>14</b>
2.1.	Los residuos en Argentina, un problema antiguo y actual	17
2.2.	La Argentina de hoy se debate entre lo importante y lo urgente	17
2.3.	Los problemas de saneamiento comienzan en la zona más poblada del país: Buenos Aires y Conurbano Bonaerense	19
2.4.	Importancia sanitaria de la zona, los conflictos interjurisdiccionales relacionados con la disposición de residuos	20
<b>3.</b>	<b>Impacto ambiental asociado al manejo de residuos sólidos</b>	<b>22</b>
3.1.	Impactos asociados a las diferentes etapas del manejo de los residuos sólidos	24
3.2.	Contaminación sobre los recursos naturales	26
3.3.	Micro y macrobasurales	27

4.	<b>Avances en la gestión integral de residuos sólidos</b>	<b>31</b>	10.	<b>Disposición de residuos sólidos urbanos</b>	<b>151</b>
4.1.	La gestión integrada como enfoque global	32	10.1.	Rellenos sanitarios	151
4.2.	Etapas de un sistema de gestión integral de residuos	35	10.2.	Basurales urbanos	169
4.3.	Historia de la evolución de la gestión en Argentina	39	10.3.	Cierre y recuperación de lugares de disposición final de residuos sólidos urbanos	171
5.	<b>Residuos sólidos y salud</b>	<b>44</b>		<b>Glosario</b>	<b>175</b>
5.1.	Problemas de salud asociados a la proliferación de vectores.	46		<b>Bibliografía</b>	<b>177</b>
5.2.	Problemas de salud asociados a la proliferación de microorganismos patógenos.	48		<b>Para aprender más</b>	<b>179</b>
5.3.	Problemas de salud asociados a la presencia de residuos peligrosos.	50		<b>Competencias para el profesor</b>	<b>180</b>
5.4.	Accidentes y riesgos ocupacionales	51	<b>PARTE III</b>	<b>OTROS TIPOS DE RESIDUOS</b>	<b>181</b>
5.5.	Personas potencialmente expuestas	53			
	<b>Glosario</b>	<b>55</b>	11.	<b>Residuos sólidos industriales</b>	<b>183</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>58</b>	11.1.	Tipologías y clasificación	184
	<b>Para aprender más</b>	<b>60</b>	11.2.	Generación de RSI	188
	<b>Competencias</b>	<b>61</b>	11.3.	Producción limpia	200
<b>PARTE II</b>	<b>RESIDUOS SOLIDOS URBANOS</b>	<b>63</b>	11.4.	Auditorías ambientales	204
			11.5.	Recuperación de residuos industriales	212
6.	<b>Tipología de residuos sólidos urbanos</b>	<b>65</b>	12.	<b>Residuos radiactivos</b>	<b>220</b>
6.1.	Origen de los residuos sólidos urbanos	65	12.1.	Clasificación de residuos	220
6.2.	Generación de residuos sólidos urbanos	69	12.2.	Criterios de seguridad y protección radiológica para el licenciamiento de los sistemas de tratamiento y acondicionamiento de residuos radiactivos.	222
6.3.	Composición de los RSU	72	12.3.	Sistemas de acondicionamiento de residuos de alta actividad.	223
7.	<b>Instalaciones asociadas al manejo de los RSU.</b>	<b>75</b>	12.4.	Características de los residuos radiactivos de instalaciones industriales, médicas y de investigación.	223
7.1.	Separación y manipulación en origen	75	12.5.	Reducción de la producción de residuos con contenido radiactivo	227
7.2.	Almacenamiento en los puntos de generación de residuos sólidos urbanos	79	12.6.	Gestión	228
8.	<b>Instalaciones asociadas a la recogida y transporte</b>	<b>83</b>	13.	<b>Residuos sanitarios</b>	<b>229</b>
8.1.	Sistemas de recolección	83	13.1.	Breve reseña histórica	229
8.2.	Sistemas de transporte	89	13.2.	Clasificación de los residuos sanitarios	229
8.3.	Estaciones de transferencia	93	13.3.	Generación de residuos sanitarios.	232
9.	<b>Instalaciones asociadas a la separación y procesamiento de residuos</b>	<b>101</b>	13.4.	Composición	233
9.1.	Plantas de separación de materiales	101	13.5.	Gestión de los residuos sanitarios	233
9.2.	Reciclaje y recuperación	109	13.6.	Prevenir la contaminación y el contagio	234
9.3.	Tecnologías de conversión térmica	128	13.7.	Separación de los residuos	234
9.4.	Tecnologías de conversión biológica y química	134	13.8.	Tratamiento y disposición final	235
			13.9.	La aplicación de las normas	236

<b>14.</b>	<b>Residuos agrícolas</b>	<b>238</b>
14.1.	Clasificación	238
14.2.	Composición	242
14.3.	Gestión y tratamiento de residuos agrícolas	243
	<b>Glosario</b>	<b>250</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>252</b>
	<b>Para aprender más</b>	<b>254</b>
	<b>Competencias para el profesor</b>	<b>255</b>
<b>PARTE IV</b>	<b>EVALUACION</b>	<b>257</b>
<b>15.</b>	<b>Análisis de residuos sólidos</b>	<b>259</b>
15.1.	Residuos sólidos urbanos	259
15.2.	Residuos sólidos peligrosos.	271
<b>16.</b>	<b>Suelos</b>	<b>273</b>
<b>17.</b>	<b>Toma de muestras de agua subterránea</b>	<b>275</b>
17.1.	Pozos de medición o monitoreo	275
17.2.	Métodos de toma de muestras en pozos	277
17.3.	Representatividad de las muestras de agua tomadas en sondeos y piezómetros	279
17.4.	Número y frecuencia de las muestras	279
17.5.	Envases para el transporte y almacenamiento	280
17.6.	Transporte al laboratorio y almacenamiento	280
17.7.	Identificación de las muestras	281
17.8.	Determinación en el campo	281
	<b>Glosario</b>	<b>282</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>283</b>
	<b>Para aprender más</b>	<b>284</b>
	<b>Competencias para el profesor</b>	<b>284</b>
<b>PARTE V</b>	<b>LEGISLACION</b>	<b>285</b>
<b>18.</b>	<b>Marco jurídico institucional</b>	<b>287</b>
18.1.	Leyes nacionales	288
18.2.	Otras leyes	291
	<b>Para aprender más</b>	<b>292</b>
	<b>Competencias para el profesor</b>	<b>292</b>

## PRÓLOGO

El presente manual, desarrolla importantes aspectos científicos referidos a "Conceptos Básicos sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable", y ofrece a los docentes de nuestro sistema educativo, un marco conceptual con un enfoque integral, que se constituye en un componente didáctico fundamental para optimizar la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Esta publicación es el resultado de un proceso de trabajo, realizado por el equipo interdisciplinario integrado por los profesionales del Centro EULA de la Universidad de Concepción- Chile, que aportaron su experiencia y expertez en los distintos temas abordados, y los Profesionales del Área de Salud y Ambiente del INET, que brindaron asistencia técnica y pedagógica.

Deseo expresar mi profundo reconocimiento a la Cooperación técnico financiera de la Agencia GTZ, por su valiosa contribución a la Formación Técnico Profesional en Argentina

Es de esperar que esta publicación, resulte de utilidad, como material de referencia y fuente de información para los docentes de los Trayectos Técnicos Profesionales, como así también para todos aquellos profesionales que aborden las problemáticas relacionadas con la Salud y el Ambiente.

**Sr. Horacio Galli**

Director Ejecutivo

INET – Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

## EDUCAR PARA EL AMBIENTE

La colección "Educar para el Ambiente" es el producto de un trabajo sistémico e interdisciplinario entre INET-GTZ, profesores de establecimientos técnicos secundarios de 9 provincias argentinas y del Centro de Ciencias Ambientales EULA de la Universidad de Concepción (Chile). Esta cooperación entre Chile y Argentina fue posible gracias a un convenio entre INET – Ministerio de Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación, Argentina y la Universidad de Concepción, Chile.

Investigadores de la UBA contribuyeron mediante dos estudios a establecer la demanda en formación ambiental por parte de los profesores y de la industria argentina. Expertos de AIDIS Argentina proporcionaron información sistemática sobre el estado de los recursos hídricos y los residuos sólidos en el país. Otras instituciones argentinas del sector público y privado aportaron valiosas informaciones relacionadas con los temas de la presente colección, entre ellas la Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, INTI, Aguas Argentinas, Grandes Empresas, PyMEs y Sindicatos. A todos ellos agradecemos su importante colaboración.

Los Proyectos y Programas de Cooperación Técnica en Argentina PAN, Residuos Rosario, PIEEP y PAI/CIPRA-GTZ facilitaron el financiamiento de la publicación de los libros.

Especialmente quiero destacar la cooperación eficiente e institucional de los profesionales del INET.

La transversalidad e interdisciplinariedad del tratamiento de los temas ambientales convocan a la interacción de diferentes actores y disciplinas. Actores son alumnos, profesores, científicos e instituciones educacionales en los niveles nacional, provincial y local. La complejidad de los temas ambientales exige una confluencia de conocimientos científicos, técnicos y metodológicos provenientes del ámbito de las ciencias naturales y sociales.

La originalidad de este trabajo consiste en traducir pedagógicamente conocimientos ambientales en recursos didácticos para profesores y alumnos basados en competencias y contextualizados regionalmente. La selección de los temas, los enfoques teóricos, el contexto territorial de los contenidos y la validación final de los productos fue realizada mediante la participación activa de los profesores de las 9 provincias y profesionales



del INET. Cada paso metodológico fue acompañado de talleres didácticos con participación activa de los actores mencionados.

Esta experiencia sistémica - ambiental de aprendizaje es nueva en Argentina y América Latina. Para modernizar la educación y la formación profesional además de cambiar las estructuras curriculares, se debe, especialmente, renovar el pensamiento pedagógico, sensibilizar, motivar y formar al cuerpo docente en temas, teorías y metodologías que expresen en forma de competencias la comprensión y solución de los problemas complejos de desarrollo que afectan a las sociedades modernas y, en particular, a las latinoamericanas.

Una innovación relevante de la presente colección consiste en definir capacidades y competencias ambientales que trasciendan los límites de la formación técnica y tradicional, enfatizando una concepción holista e integrada, fundamento epistemológico de la formación ambiental. Se parte de la premisa que cada profesor necesita conocimientos generales de carácter conceptual para entender y tratar problemas ambientales específicos, como serían problemas de salud, de residuos, de suelos, energéticos, estrés hídrica y sus respectivas tecnologías de remediación, tratamiento, medición e innovación.

La Colección "Educar para el Ambiente" es una serie de publicaciones de renovación y actualización didáctica de apoyo a la formación secundaria. Está compuesta por materiales para el perfeccionamiento docente, guías didácticas para alumnos, estudios de casos, bases de datos técnicas y fuentes complementarias de información ambiental. Su objetivo central es proporcionar a los docentes oportunidades de perfeccionamiento y motivación para la innovación pedagógica en forma continua, mejorando el desempeño y la calidad docente y, dotar a los jóvenes de capacidades y competencias profesionales y culturales, que mejoren sus posibilidades de inserción laboral en un mundo globalizado, tecnificado y crecientemente complejo.

**Lic. Gunhild Hansen-Rojas**

GTZ, Asesora Principal  
Proyecto INET-GTZ

## INTRODUCCIÓN EQUIPO TÉCNICO DEL ÁREA SALUD Y AMBIENTE

La actividad humana genera impactos ambientales que repercuten en los medios físicos, biológicos y socioeconómicos afectando a los recursos naturales con el consiguiente deterioro de las condiciones de salud en que se desenvuelve la vida del hombre. Esos impactos se hacen sentir en las aguas, el aire, los suelos y paradójicamente en la propia actividad humana que les da origen.

En este sentido, los campos de la salud y el ambiente conforman un binomio relacional, dinámico y complejo, cuyo abordaje debe ser conjunto, pues de ello dependerá una oportuna intervención ante situaciones que encierren potenciales riesgos para la salud de la población.

Tener en cuenta el interjuego entre salud y ambiente del que hablamos, nos obliga a pensar que el tratamiento del mismo debe reservarse a profesionales con formación técnica específica. En este sentido la problemática de la salud ambiental posiciona al sistema educativo ante el desafío de crear ofertas formativas de un alto nivel de profesionalización, mediante las cuales los egresados puedan afrontar con responsabilidad su accionar y tomar las decisiones pertinentes.

Desde esa perspectiva el TTP en Salud y Ambiente se ha propuesto la formación de un técnico de nivel medio con competencias profesionales referidas a la vigilancia epidemiológica, a la salud ambiental, a la educación sanitaria y ambiental y a la gestión de la información.

Dada la importancia de la formación de este recurso humano por un lado y la ausencia de materiales didácticos que den respuesta a la rigurosidad de las temáticas que aborda el diseño curricular de referencia, se considera fundamental para el desarrollo de una enseñanza significativa en las aulas, contar con el presente Manual de " Conceptos Básicos sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable ".

Esta publicación tiene por objetivo constituirse en un valioso aporte para la actualización disciplinar de los docentes, como así también establecer las bases para un marco co-

mún de referencia nacional para la planificación de la enseñanza y aprendizaje en las diversas escuelas del país que implementan el Trayecto Técnico Profesional en Salud y Ambiente.

El carácter amplio de la información contenida en el presente manual, nos permite brindar además un importante aporte a otros niveles del sistema educativo nacional que abordan en sus respectivas currículas la complejidad de la problemática ambiental.

Desde el Área de Salud y Ambiente del INET, es nuestro deseo que este recurso didáctico, se convierta en un valioso instrumento, que permita desarrollar un enfoque integral de la Salud Ambiental.

### Equipo técnico

Área de Salud y Ambiente  
INET - Ministerio de Educación,  
Ciencia y Tecnología

## INTRODUCCIÓN AL TEMA

Considerando la evolución de nuestro quehacer y responsabilidad en el planeta tierra, la prevención de la contaminación y los enfoques integrados para la resolución de los problemas ambientales, son en la actualidad una tarea prioritaria.

La Gestión de Residuos Sólidos constituye un enfoque prioritario, tanto en las economías públicas como privadas, en contraposición con la cultura del despilfarro y el consumismo.

En este sentido, el integrar estos tópicos a la vida social debe considerar la sensibilización y la educación, que tendrán papel dinamizador al interior de cada actividad generadora, creando conductas positivas. Ambos enfoques deben ser integrados para poder entregar capacidades que permitan enfrentar el mundo de hoy.

Además, la educación cada vez más es un proceso participativo: se educa en la acción, se educa desarrollando proyectos asociados a la vida diaria de los educandos, en su medio socioeconómico y ecológico, se educa en el trabajo y en la vida diaria. Por otra parte, los educadores deben ser capaces de adecuar su actuación a la nueva cultura, que supone la globalizada sociedad de la información y sus nuevos instrumentos, pero también los desafíos que plantean los permanentes conflictos ambientales y su incidencia en la promoción de la salud humana. Así, los nuevos roles docentes suponen enfatizar en organizar y gestionar situaciones de aprendizaje con estrategias didácticas que consideren la realización de actividades de aprendizaje, tanto individuales como cooperativas, según las características de los estudiantes.

En este sentido, el presente libro, con sus diversos contenidos, desea ser una herramienta del conocimiento que permita al docente lograr las siguientes competencias:

- Sensibilizar al profesor en la temática ambiental de los residuos sólidos.
- Motivar al profesor a incorporar la información contenida en este libro en su gestión docente.
- Analizar y discutir la problemática de los residuos sólidos en la sociedad actual.
- Diseñar, implementar y ejecutar acciones pedagógicas enmarcadas en el TTP
- Actuar responsablemente en el tratamiento y manejo de la información derivada de la temática en cuestión.

Por cierto, un educador que responde a estos desafíos, manifiesta un mayor compromiso con su realidad escolar y con una enseñanza de calidad, al dar respuesta a las demandas sociales, económicas y culturales de nuestro tiempo.

El logro de estas competencias, permitirá a los educadores, ser responsables de la generación de aprendizajes significativos de los estudiantes vinculados a la temática de los Residuos Sólidos.

De esta forma, el presente volumen resume los principales aspectos sociales, de salud, técnicos y ambientales relacionados con el manejo de residuos sólidos. En este sentido se incorporan grandes temáticas como son: 1) Sociedad, impactos ambientales, salud y sistemas de gestión ambiental, cada uno de ellos asociados a residuos sólidos; 2) Información técnica sobre las distintas etapas en el manejo de diversos tipos de residuos sólidos, métodos de muestreo y análisis y princi-



pios sobre contaminación de suelo y 3) Marco legislativo tanto internacional como nacional. Cada uno de estos temas en el contexto de la realidad nacional.

A su vez cada parte del libro está estructurado del siguiente modo: a) Contenidos técnicos; b) Contextualización de la problemática a la realidad Argentina; c) Glosario de términos; d) Bibliografía; e) Direcciones de páginas Webs para aprender más; y f) Ejemplo del desarrollo de una competencia para el profesor.

Se espera que este libro además de ayudar a incrementar el nivel de conocimiento de los profesionales que lo consulten, permita aumentar por un lado la necesaria conciencia hacia la compleja problemática que aquí se aborda; y por otra parte entregar las bases para que los profesores puedan desarrollar el cumplimiento fundamental que se ha propuesto la sociedad educacional Argentina, que es el logro de capacidades de alumnos en los trayectos técnicos profesionales.

## PARTE I CONTEXTO

### AUTOR

**SUSANA RIVERA V.**  
Centro EULA-Chile  
Universidad de Concepción

### COLABORADOR

**PATRICIA GONZALEZ**  
Secretaría Regional Ministerial De Salud  
Región del Bio - Bío

## 1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos, comprenden todos los residuos que provienen tanto de las actividades animales y humanas que son desechados por inútiles. Este término se usará para definir tanto la masa heterogénea de los desechos de la comunidad como la acumulación más homogénea de los residuos agrícolas, industriales y minerales (Tchobanoglous et al., 2000). Por sus propiedades, muchos de los materiales desechados son reutilizados y se pueden considerar como un recurso en otro marco. Así la Gestión Integral de Residuos Sólidos nace en contraposición a la sociedad del despilfarro, convirtiéndose en una parte integrante de la economía de los países. Dentro del amplio espectro de temas que guardan relación con una problemática de tanta actualidad como es la protección al medio ambiente, la de los residuos sólidos ocupa un lugar principal en la gestión ambiental.

Desde hace dos décadas se percibe una mayor preocupación de la sociedad por la protección ambiental, antes de eso el ambiente se consideraba como un recurso inacabable y por lo tanto carente de valor. Como consecuencia de ello, la protección ambiental estuvo considerada por un largo tiempo (Fundación MAPFRE, 1994), como un costo neto y no como una inversión en salud y calidad de vida.

Específicamente, los residuos sólidos urbanos por muchos años han sido considerados desde una perspectiva netamente estética y sanitaria, visión que aún hoy se mantiene en gran parte de la población. Además, siendo los problemas de contaminación aérea e hídrica más evidentes, el tema de los residuos sólidos ha sido abordado tardíamente en los sistemas de gestión público y privado. A lo anterior se suman, los impactos socioeconómicos asociados a los cambios en los patrones de producción y de consumo, conjuntamente con el crecimiento de la población y de la actividad económica, lo que ha provocado un notorio aumento en la generación de residuos de todo tipo, originando serios problemas ambientales (Tchobanoglous et al., 2000).

Por otra parte, el desarrollo de la gestión de los residuos industriales que se remonta incipientemente a los años 60, se planteó como un enfoque de ingeniería sanitaria: si había emisiones al aire o al agua por sobre la norma, se proponían filtros o tratamientos de los efluentes. Si se trataba de residuos sólidos, se proponía depositarlos sin cuestionar su volumen o su peligrosidad (Alliende, 1996).

Más tarde, el enfoque se orientó a la reutilización y reciclaje. Recién en la década de los 80 se planteó el objetivo de prevenir, minimizar y evitar la generación de los residuos.

En la actualidad, la visión ha cambiado, ya no se miran los procesos productivos desde fuera. Hoy interesa qué se produce, cómo y con qué insumos y qué residuos se generan. Lo que se busca es minimizar, o mejor aún, evitar la generación del residuo mejorando los procesos, los procedimientos, la tecnología y la gestión. Se trata de una tendencia que está evolucionando hacia un objetivo de largo plazo: llegar a nivel "cero" en la generación de residuos (Zaror, 2002).

Para todo el proceso de transformación productivo se ha planteado el desarrollo de núcleos endógenos de ciencia y tecnología que mejoren la capacidad de respuesta ante los desafíos comerciales y ambientales que se vislumbran.

Por otra parte, uno de los mayores factores de la marginalidad social y económica, de la heterogeneidad de los mercados de trabajo y de la desigualdad en la generación de ingresos, radica en la escasa formación y educación de amplios sectores de la población. De modo que una propuesta articulada de transformación productiva, que incluya el desarrollo de un núcleo endógeno de ciencia y tecnología, y una transformación de los sistemas de educación, se liga de manera estrecha con las exigencias de equidad social (Sempere y Riechmann, 2000). La política de transformación industrial se empalma así con la política ambiental y de minimización en la generación de residuos. Se relaciona también con la competitividad de las economías y con la eficiencia de las empresas y equipos en los mercados internacionales cada vez más exigentes (Capri, 1995).

La gestión de los residuos supone entonces, la elaboración de una estrategia que busque soluciones para estos problemas, una estrategia en la cual cada actor social (productor, consumidor o administrador público) debe asumir la responsabilidad que le corresponde para promover el desarrollo social, tecnológico y económico, preservando el ambiente, patrimonio de toda la comunidad.

Los principios básicos para la estrategia son (Zaror, 2002):

- Prevención: reducir la cantidad y la peligrosidad de los residuos.
- Protección: favorecer la recuperación y el reciclaje de los materiales, programando la recolección y la eliminación segura de lo que no es reciclable
- Saneamiento: erradicar los basurales y toda otra clase de terreno contaminado, reglamentando el uso correcto de los terrenos.

Para implementar estas actividades se requieren profesionales preparados y convencidos de las alternativas que se abren a través de esta estrategia. Por tanto uno de los grandes desafíos es la de crear capacidad en el ámbito ambiental, en específico en la gestión integrada de los residuos sólidos. Obviamente estas capacidades se pueden generar a través de la educación formal como no formal, y que mejor que utilizar las herramientas que entrega la educación ambiental para incorporar en forma duradera no solo los conocimientos sino el compromiso ciudadano profesional (Kramer, 2002).

En el tema de los residuos, la sensibilización y la toma de conciencia deben jugar un papel de primera importancia. Se trata de percibir valores ligados a la conservación de los recursos y del medio ambiente y de cambiar las actitudes a nivel de la población, partiendo en los hogares y al interior de las empresas productivas (Rivera et al., 2000). La sensibilización y la educación, tienen un papel dinamizador al interior de cada actividad generadora, creando conductas positivas que involucran a toda la población. Normalmente se plantea esta educación y sensibilización a los niños, sin embargo, sensibilizar y educar a los niños no basta porque quienes más contaminan son los adultos. No hay que olvidar que la población latinoamericana envejece y si en la década del 50 el 57% de la población tenía más de 15 años hoy esa cifra alcanza al 67%. Esta franja de la población no está incorporada en las campañas de educación ambiental de las escuelas y colegios. Por esta razón, la educación de los adultos y de la comunidad en materias ambientales juega un rol de primera importancia. Los mismos problemas que trae consigo la localización de los rellenos sanitarios, moviliza y enseña a la población acerca de los impactos de los residuos en todo su ciclo y el cómo evitarlos. La educación cada vez más es un proceso participativo: se educa en la acción, se educa desarrollando proyectos asociados a la vida diaria de los niños, en su me-

dio socioeconómico y ecológico, se educa en el trabajo y en la vida diaria. En los problemas ambientales no hay una hora o una jornada precisa para dedicarse al tema: en todas partes y a cualquier hora la conciencia ambiental puede detectar un problema, una actitud negativa, un hecho que se puede parar porque daña al medio ambiente (Sempere et al., 2000).

Desde la óptica de la educación, una de las ventajas de los residuos sólidos, es el ser una problemática cotidiana y general a todo ser humano, y que una vez planteado el problema ambiental, los individuos toman un rápido conocimiento de la situación, ubicándose como corresponsables al menos en un contexto general. Lo anterior, por tanto, justifica su inclusión como un tema atinente y adecuado para aplicar como caso de estudio al enseñar la educación ambiental al interior de las aulas, siendo la mayor dificultad el lograr cambios de actitud. Así, la educación ambiental como herramienta de la gestión ambiental permite integrar los elementos necesarios que permitan sensibilizar y crear capacidades.

En forma complementaria, en aquellas cátedras que es necesario abordar el tema de los residuos sólidos en sus aspectos conceptuales, la educación ambiental proporciona herramientas de enseñanza que permiten entregar conocimiento de una forma más profunda, propiciando la búsqueda, el trabajo en equipo y la participación efectiva del que la recibe.

No se debe olvidar además, la proyección de futuro que presentan las decisiones que se tomen en relación a los residuos. La planificación y gestión que hoy se realice, afectará también a las generaciones futuras. Por todo ello, no se deben buscar soluciones pensando solo en "mañana" sino "en el mañana". La única forma de lograrlo en forma permanente es a través de la educación.

## 2. SOCIEDAD MODERNA Y RESIDUOS SÓLIDOS

Uno de los mayores problemas que enfrenta la sociedad moderna es el manejo de residuos domésticos, industriales, comerciales entre otros, cuya producción se acrecienta día a día. El problema es especialmente crítico en las ciudades de los países en vías de desarrollo debido a la falta de recursos económicos para desarrollar investigaciones que conduzcan a soluciones locales eficaces. Por otro lado, los proyectistas encargados de diseñar servicios de saneamiento público recurren a modelos de otros países con realidades diferentes. Por su parte, los servicios de limpieza pública frecuentemente manejan un limitado financiamiento, usado muchas veces de manera inadecuada, sin control ni conocimiento cabal de los recursos que manejan, lo que afecta negativamente la provisión de servicios de limpieza urbana (Tchobanoglous et al., 2000; Fontoira, 1989).

El enorme crecimiento económico y desarrollo de las fuerzas productivas, ha provocado un importante crecimiento de la riqueza y del nivel de vida de la población, lo que se ha traducido en un impresionante desarrollo de los procesos de producción y consumo, ampliando la oferta a una amplia gama de bienes anteriormente desconocidos, y extendiendo esta oferta a un número cada vez mayor de ciudadanos. Ello determina las elevadas cantidades de residuos sólidos que se generan, los importantes costos económicos que supone su tratamiento y los impactos ambientales provocados por una gestión incorrecta e insuficiente de los mismos.

Hace cincuenta años, era poco lo que se desperdiciaba, porque no se tenía mucho que desperdiciar. En la actualidad se tiene acceso a todo y nos permitimos el lujo de generar volúmenes impresionantes de basura con las que no sabemos que hacer: ¿las incineramos, las reciclamos, las almacenamos en vertederos, las exportamos...?. Generar basura es sinónimo de progreso y no solo producimos más desechos sino que además son de mejor "calidad" (plástico, vidrio, papel/cartón, aluminio, etc). Todo ello, evidentemente, dentro de las nuevas pautas de producción y consumo que marca la sociedad moderna y dentro de la cual nos encontramos inmersos desde hace algunas décadas (Indu ambiente, 2001a).

Desde siempre la sociedad ha explotado los recursos naturales para su subsistencia y para mejorar la calidad de vida y, como consecuencia de ello, ha producido residuos de diversa naturaleza, provocando un impacto negativo al ambiente. Sin embargo, en la actualidad, y como consecuencia del enorme desarrollo del sector servicios, la materia orgánica presente en la basura doméstica ha disminuido de un modo importante, si bien sigue constituyendo el elemento dominante.

No obstante, ahora comienza a sobresalir el consumo de productos manufacturados de rápido envejecimiento y el uso generalizado de envases sin retorno con importantes cantidades de papel, plástico, vidrio y aluminio. Estas enormes cantidades de envases, de papel, plástico y vidrio, en términos generales, se deben a la modificación en las formas de producción y hábitos de consumo, y a la importancia adquirida por el sector servicios, que influenciado por un fuerte desarrollo turístico y el sistema de consumo rápido, hace que los envases y embalajes de estos materiales dominen de manera decisiva la composición de los residuos sólidos que se producen (Indu ambiente, 2001b).

Esta sociedad genera cada día una gran cantidad de residuos derivados de un modelo de producción y consumo insostenible, que contribuye a la degradación progresiva del medio ambiente y que supone una extracción masiva de recursos naturales y cantidades desmesuradas de materias, para las que la naturaleza no tiene capacidad de absorción.

En el sistema económico actualmente vigente, los factores que determinan las decisiones son de carácter mercantil y consumista. No se planifica en función de la cantidad y variedad de recursos disponibles, ni en función de los residuos que se generan. Todos los residuos son fruto de diversas actividades, que dan nombre a los distintos tipos que hoy conocemos.



De hecho, cada 24 horas se producen en el mundo, aproximadamente, 4 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos e industriales, lo que supone, dada una densidad media de 200 kg/m<sup>3</sup>, unos 200 millones de metros cúbicos. Dicho de otra manera, si suponemos un cubo cuya base fuese un cuadrado de 100 metros de lado y una altura de 2 kilómetros, este inmenso recipiente sería llenado diariamente por los residuos producidos en la casa que habitamos, en las calles de nuestra ciudad y en las industrias y oficinas en que trabajamos. Si se hace el cálculo para un año, fácilmente se comprende que para la basura y residuos industriales producidos por todo el mundo, en dicho periodo de tiempo (unos 1500 millones de toneladas), se requeriría un cubo con una altura de 730 kilómetros, para almacenar toda esa cantidad.

Una parte de estos residuos, aproximadamente entre un 20 y 30%, no genera aparentemente, por el momento, mayores problemas, ya que se produce en medios rurales o semirurales, que los autoconsumen en sus explotaciones o se sigue con ellos el viejo sistema de "esconder y olvidar", afectando, por lo tanto, el entorno natural.

En los últimos 80 años, la población mundial se ha triplicado. Aunque no existen datos fiables sobre la cantidad de residuos que se producían hace 40 ó 50 años, porque no se controlaba debidamente este hecho, las estimaciones realizadas nos llevan a los datos que se muestran en la Tabla 2.1.

Este doble crecimiento en la producción de residuos sólidos respecto a la población en los últimos 80 años, ha sido aún más espectacular en los países industrializados, los que generan cerca del 70% de los residuos mundiales.

Tabla 2.1. Proyección de la generación de residuos sólidos a escala mundial para el año 2002.

AÑO	MILLONES DE HABITANTES	RESIDUOS SÓLIDOS (millones t/día)
1920	2000	1
1974	4.000 (aprox)	4
2002 <sup>1</sup>	6100	7

Fuente: United Nations Populations Fund (UNFPA), 2001.



El aumento de residuos sólidos de origen doméstico, urbano e industrial ha seguido un ritmo de crecimiento superior al aumento de la población. Este crecimiento es función directa del desarrollo económico de cada país. La Figura 2.1, presenta la tasa de generación de residuos, en países con distintos niveles de industrialización.

Asimismo, las políticas económicas internacionales se orientan a aumentar la oferta, tanto de productos como de variedad tecnológica. Por tanto, se seguirá generando residuos sólidos en forma creciente y con mayor sofisticación, lujo y artificialidad. Por lo mismo, la gestión de los residuos debe ser abordada en forma integral desde un punto de vista técnico, económico y ambiental.

Así como Pompeya quedó sepultada por siete niveles de "civilización", la actual corre el riesgo de superar esa marca. La pesada carga que lleva a cuestas la sociedad moderna es la factura que se debe pagar por la "calidad de vida" que se ha autoimpuesto.

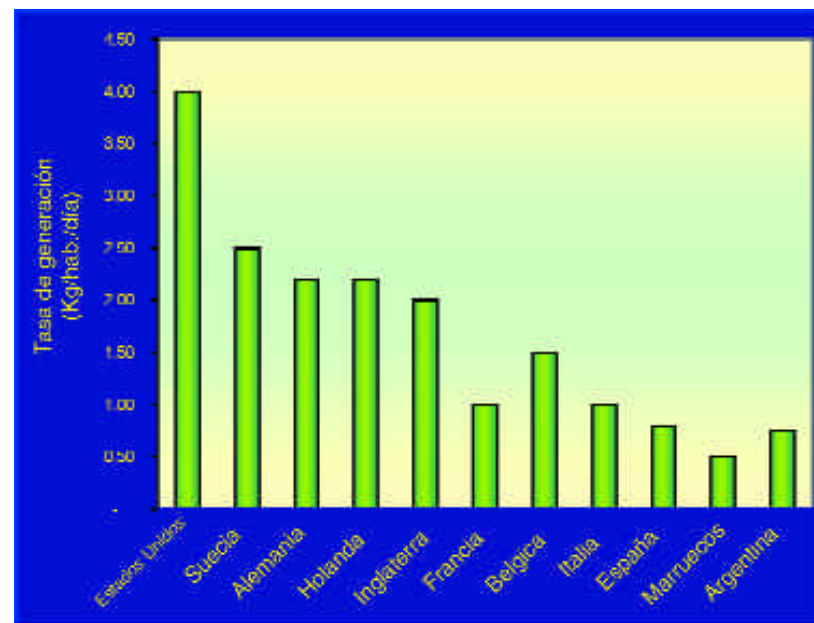


Figura 2.1. Tasa de generación de residuos sólidos en diferentes países del mundo.

Fuente: Elaboración propia, 2002.

Mantener o restablecer el equilibrio medioambiental supone desplegar un gran esfuerzo y voluntad, que nadie actualmente sabe si se podrá llevar felizmente a cabo. Los expertos coinciden en que la preocupación es real, aunque mayor en el sector público que en el privado, y que se tiende a cambiar la idea de industria depredadora por la de industria principalmente interesada en la preservación. El principal problema reside en que para cuando se produzca totalmente ese cambio de criterio y de directrices es posible que sea tarde para algunas zonas fuertemente amenazadas por procesos progresivos de degradación.

Para restablecer el equilibrio ambiental se requiere un cambio cultural respecto del uso de los recursos y la generación de residuos. Se requiere ahorrar recursos, disminuir significativamente su uso, cambiando las prácticas de consumo, reaprovechándolos e introduciendo tecnologías limpias en los procesos productivos.

## 2.1. LOS RESIDUOS EN ARGENTINA, UN PROBLEMA ANTIGUO Y ACTUAL.

Entre los mayores problemas ambientales que presenta la Argentina, se encuentra la incorrecta gestión de los residuos sólidos en la mayoría de sus provincias, asociada al alto impacto que consecuentemente esto significa.

Es necesario considerar que la producción y gestión de los residuos en un país a lo largo de toda su trayectoria, plantea problemas de muy diversa índole relacionados con su historia, su cultura, los factores políticos y socioeconómicos que han influido en su incidencia, su geografía, su geología, la idiosincrasia de su población y los distintos enfoques que se han empleado para solucionarlos.

En Argentina, la historia de la gestión está relacionada con la historia de la ciudad de Buenos Aires, que fue el mayor asentamiento humano que ha tenido siempre el país.

Otras ciudades importantes son: Rosario y Córdoba, que repitieron casi exactamente la misma historia, y en las que se van a destacar sólo algunas escasas circunstancias.



## 2.2. LA ARGENTINA DE HOY SE DEBATE ENTRE LO IMPORTANTE Y LO URGENTE

Tal como se ha descrito, los residuos urbanos constituye en Argentina un problema antiguo, complejo y creciente.

El crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico de las poblaciones y el cambio en las estrategias de comercialización en los productos de consumo masivo - con sus problemáticas consecuentes - ha sido más rápido que la capacidad de previsión y acción por parte de los organismos que intervienen en el tema de los residuos sólidos urbanos.

A esto se agrega en la Argentina actual, sumida en una profunda crisis socioeconómica a partir del 2001, el dilema entre lo que es "importante" y lo que es "urgente".

Esta aparente dicotomía está presente tanto en las acciones de Gobierno como en la actividad privada y se hace visible cuando se comprueba que por dedicarse a lo urgente, han quedado pendientes las cuestiones importantes.



Esto se debe muchas veces a la falta de una decisión política, que hace que la característica “urgente” se anteponga al resto de los propósitos que priorizan la solución de los problemas ambientales.

En este contexto, tenemos una Argentina sumida en una profunda crisis económica, que se expresa en altos índices de desempleo y pobreza que, sin duda alguna marcará los términos de las prioridades que fijarán los próximos gobiernos, otorgando probablemente la solución de los problemas ambientales.

Aplicando esta contradicción a la Argentina actual, se podría coincidir en que lo urgente para el país es superar la actual situación de deterioro económico y social y encarar un fuerte proceso de crecimiento, lo cual permitiría abordar en el futuro, con mayores posibilidades, la solución del problema de los residuos sólidos.

Tampoco se puede ni se debe esperar, a que los resultados de estas medidas (el cuidado del medio ambiente, y el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales) tengan un efecto espectacular para terminar con ciertos problemas ambientales, mientras se mantiene o aumenta la pobreza extrema, la desnutrición y la mortalidad infantil.

Sin embargo, el fomento de las exportaciones - como práctica de la superación de la crisis que se está implementando - obligará a los empresarios e instituciones estatales, a considerar la protección y regulación ambiental, como un factor de calidad que los mercados internacionales exigen en forma progresiva.

En la Argentina actual, en crisis, con alta tasa de desempleo, sería acertado pensar en una disminución forzada del consumo en un futuro mediano, lo cual traerá aparejada también una sensible disminución en la producción de residuos sólidos.

Como información de tendencia, en la Figura 2.2. se puede observar la generación de residuos en toneladas para el área metropolitana de Buenos Aires, así como el Producto Bruto Interno (PBI) nacional. Cabe aclarar que para el año 2002 los datos fueron estimados a partir de los primeros 9 meses del año.

En este gráfico se observan las variables totalmente coincidentes en lo que respecta a las tendencias tradicionales entre las cifras del producto bruto interno y la producción de residuos sólidos. Este fenómeno tiene una respuesta sobradamente obvia, cuya interpretación pertenece casi con exclusividad al ámbito político y socioeconómico de los países:

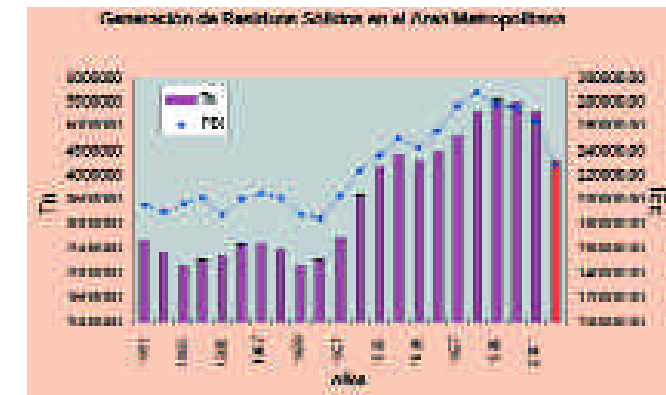


Figura 2.2. Variación de la generación de residuos sólidos y el PBI generados en el área metropolitana de Buenos Aires entre 1981 y 2001.

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001.

*Mayor Consumo = Mayor Bienestar = Mayor Producción De Residuos Sólidos.*

Obsérvese que a partir de 1991 y como resultado, por un lado de la estabilidad monetaria y por otro del crecimiento del Producto Bruto Interno, la generación de residuos presentaba una continua alza. A fines de la década y, producto de la crisis económica sufrida por el país, el citado aumento continuo en la tasa de generación, se vio interrumpido bruscamente en el último año.

### 2.3. LOS PROBLEMAS DE SANEAMIENTO COMIENZAN EN LA ZONA MÁS POBLADA DEL PAÍS: BUENOS AIRES Y CONURBANO BONAERENSE (PRIGNANO A., 1998).

El futuro del medio ambiente de la región metropolitana de Buenos Aires (Figura 2.3) en la década 1870/80, con una población de casi 200 mil habitantes, ya se presentaba lúgubre y amenazador.

Preocupados por las mortales epidemias que arrasaban las ciudades y alertados por la nefasta experiencia europea, donde el crecimiento demográfico y el proceso de industrialización habían provocado fuertes estragos sobre las condiciones sanitarias de la población, las autoridades comenzaron a cuestionar la expansión anárquica de la ciudad, las condiciones infraestructurales, la provisión de agua y la forma en que se disponían los residuos.

El foco de atención de los higienistas ya no sería únicamente los enfermos, sino las fábricas, las viviendas, especialmente las que mostraban peores condiciones sanitarias, como las de los conventillos y las de la ciudad.

Empezaron los cuestionamientos sobre la capacidad de sustentación de la ciudad y las posibilidades de planificarla, pero nada podía detener su crecimiento.

Al final de 1880 la ciudad comienza a ser mirada como un organismo que respira y procesa materia, donde ciertos elementos de su infraestructura pueden ser signos de su insalubridad.



Se comienza, a pensar que los residuos no solo afean la ciudad y entorpecen la circulación sino que son agentes de contaminación y además constituyen un potencial insumo productivo.

#### 2.4. IMPORTANCIA SANITARIA DEL CONURBANO BONAERENSE Y LOS CONFLICTOS INTERJURISDICCIONALES RELACIONADOS CON LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS (PRIGNANO A., 1998).

Aproximadamente a partir de la década de 1930, la actividad industrial destinada a cubrir las necesidades del mercado interno, comenzó a adquirir mayor importancia. Las industrias se localizaron y proliferaron enormemente en el conurbano bonaerense. Además de la industria crecieron diversas actividades comerciales y de servicios, acompañados de un proceso de urbanización explosivo. Todo ello coincidía con la puesta en marcha del proceso sustitutivo de importaciones, que se implementó en diversos países latinoamericanos.

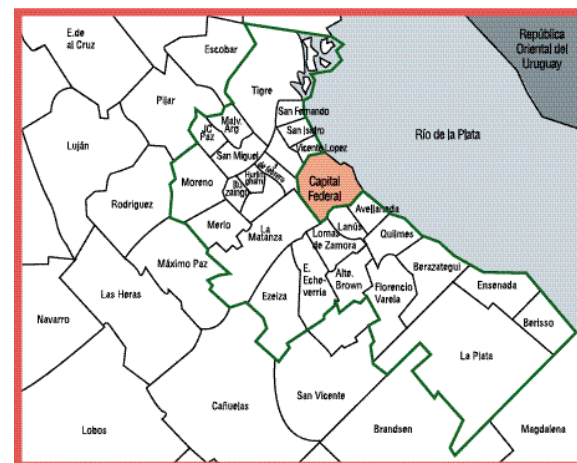


Figura 2.3. Delimitación de la Capital Federal y el Gran Buenos Aires.

Fuente: CEAMSE, 2002.

Siguiendo la expansión urbana comenzaron a formarse extensos basurales dentro y fuera de la Capital, se delimitaban jurídicamente las áreas pertenecientes a los diferentes municipios.

La existencia de una maraña de jurisdicciones diferentes - agravada por la presencia de otros organismos oficiales encargados de ciertos servicios públicos - resultó especialmente complicada cuando se manifestaron los problemas de contaminación ambiental derivados del desarrollo del área.

El caso más significativo lo constituyó la forma de disposición de residuos sólidos, tarea que originariamente cumplía cada municipio por gestión directa.

Los desperdicios recogidos eran amontonados en extensos terrenos llamados basurales, donde su descomposición atraía a insectos y roedores que desde allí se difundían como vectores de enfermedades. Asimismo, las lluvias diluían la basura y la arrastraban hasta las aguas de la napa subterránea que de tal modo quedaban contaminadas.

Otra de las muchas consecuencias de la pluralidad de las jurisdicciones: los basurales de un municipio podían utilizar, desnaturalizar y contaminar al agua de las napas que se consumían en otro municipio.

Otro aspecto que afectaba a todos los municipios del área era la escasez de espacios verdes, que no habían sido previstos en la expansión espontánea de la zona urbana según el modelo de la



Fuente: CEAMSE, 2002.

“mancha de aceite”. Los ámbitos de recreación al aire libre resultaban cada vez más estrechos para una población en aumento y con creciente vocación deportiva.

Cada municipio intentó dar una respuesta acorde con sus medios, pero el alto precio de la tierra imposibilitaba expropiar terrenos en zonas accesibles a sus eventuales usuarios, y de todos modos los costos de mantenimiento hubieran exigido recursos no previstos ni recaudables por los presupuestos comunales.

A partir del año 1977, se empieza a aceptar que las basuras contienen partes utilizables y partes inutilizables y que su separación es conveniente para la industria, para la higiene y para su uso como abono que la agricultura tanto necesita. Esta visión organicista de la ciudad, constituida por un complejo entramado de elementos interdependientes, no admitía la degradación que significaron la existencia de los basurales a cielo abierto y los pantanos. En este período se implementó un nuevo sistema a escala metropolitana de gestión de residuos basado en una prolija planificación y con el sustento de técnicas de ingeniería: el relleno sanitario. Con este sistema se logró eliminar la utilización de combustible fósil y las emisiones de dióxido de carbono e impuso una tecnología técnicamente controlada de disposición de residuos. Este sistema se utiliza en la actualidad para disponer sanitariamente los residuos provenientes de Capital Federal y Gran Buenos Aires, y para la ciudad de Córdoba, lugares donde resultó totalmente funcional, pero descartó la posibilidad de minimizar, recuperar o reciclar los desechos domiciliarios.



Fuente: Elaboración propia, 1999

### 3. IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO AL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

El hombre y los animales han usado los recursos de la tierra para sustentar la vida y disponer de desechos desde tiempos ancestrales. En tiempos antiguos, la disposición de desechos humanos y de otra naturaleza no presentó un problema significativo, debido a que la población era pequeña y la cantidad de tierra disponible para la asimilación de desechos era grande. Hoy día hablamos de reusar el valor energético y fertilizante de los desechos sólidos, pero el agricultor de los tiempos antiguos probablemente hizo un intento más audaz de esto. Todavía se pueden ver indicaciones de reuso en las prácticas agrícolas primitivas, aún sensibles, en muchas naciones en desarrollo donde los granjeros reciclan desechos sólidos por su valor como combustible o fertilizante.

Los impactos ecológicos (Figura 3.1.), tales como contaminación del agua y el aire, también han sido atribuidos al manejo impropio de los desechos sólidos, por ejemplo, los líquidos de vertederos y rellenos pobremente diseñados y mal operados, han contaminado aguas superficiales y subterráneas. En áreas mineras el líquido lixiviado de los vertederos de desechos puede contener elementos tóxicos, tales como cobre, arsénico y uranio, o pueden contaminar abastecimientos de agua con sales de calcio y magnesio (Ministerio de Medio Ambiente, 1996).

Figura 3.1. Impactos asociados al manejo de residuos sólidos.



Fuente: Elaboración propia, 2002.

La naturaleza posee la capacidad de diluir, dispersar, degradar, absorber, o disponer de otra manera los residuos no deseados en la atmósfera, en los cursos de agua, y sobre el suelo. Sin embargo, los seres humanos no pueden exceder esta capacidad natural para la disposición de sus desechos, arriesgándose a un desequilibrio ecológico sobre la biosfera.

La protección ambiental es una de las tareas en que están empeñadas algunas sociedades contemporáneas. Su objetivo es detener el progresivo deterioro del medio en que vivimos, fruto de un desarrollo salvaje o egoísta; de una explotación totalmente incontrolada de los recursos naturales y ambientales, y de una anarquía urbanística -a escala local, regional y nacional- que todos empezamos a lamentar y sufrir. Los sistemas y niveles de protección son muy diferentes, dependiendo del estilo de desarrollo y vida de cada sociedad.

Los progresos tecnológicos alcanzados fundamentalmente desde el final de la Segunda Guerra Mundial, han contribuido a la mejora de las condiciones de vida del individuo pero también han dado origen a contaminaciones de distinta naturaleza. La sensibilidad de la opinión pública con respecto a estas preocupaciones ambientales y la búsqueda legítima de la calidad de vida, aportan una dimensión nueva a estos problemas.

La ciudad, por la concentración de población y por la intensidad de sus actividades, sufre distintas molestias o incomodidades que exigen medidas apropiadas para neutralizarlas. La calle, indispensable para la animación de las ciudades, necesita un cuidado especial en lo que concierne a su limpieza y a la eliminación de residuos, y así será preciso eliminar el polvo, las hojas caídas, las deyecciones de animales, residuos diversos y, sobre todo, las basuras domésticas de la vida diaria. Todo ello tiene como objetivo mejorar la calidad de vida del hombre.

Los residuos han existido desde que nuestro planeta ha tenido seres vivientes. Los desechos de animales y plantas sirvieron desde siempre a la vida de los ecosistemas. Por su parte, el hombre, en su actividad, siempre ha producido desperdicios. ¿Qué es lo que ha ocurrido para que hoy consideremos como problema la presencia de residuos o desperdicios? La respuesta a esta pregunta viene dada por el constante incremento de las tasas de generación de residuos que han originado en muchos casos la ruptura del equilibrio entre la biosfera del planeta y las actividades humanas.

Desde una época relativamente reciente, principalmente en las ciudades, el volumen de desperdicios ha llegado a tales niveles, que hoy se plantea seriamente el problema de la recolección y eliminación de los residuos domésticos. Ya no bastan los sistemas practicados tradicionalmente: dejarlos a cielo abierto, enterrarlos o verterlos al mar. Hoy, el problema de su recolección y eliminación no sólo presenta elevados costos para la sociedad, sino que constituye además una de las formas de deterioro del medio ambiente. ¿Cómo recoger tanta basura? Y, sobretodo, dónde y cómo depositarla sin deteriorar el entorno? He aquí algunos problemas de la vida moderna. Síntoma claro de ello, es el hecho de que en muchas ciudades latinoamericanas, los vertederos han comenzado a colapsar y los residuos se han transformado en un problema de difícil solución. A menudo, las soluciones son fuertemente cuestionadas por los ciudadanos que habitan en sus cercanías.

Este problema existe y se agrava año tras año. Ante tal situación habrá que analizar los factores que han incrementado de manera tan alarmante el problema de los residuos urbanos. En general, se pueden señalar cuatro causas principales:



- El rápido crecimiento demográfico.
- La concentración de la población en los centros urbanos.
- La utilización de bienes materiales de rápido envejecimiento.
- El uso cada vez más generalizado de envases sin retorno fabricados con materiales no degradables.
- La implementación de un modelo y estilo de desarrollo basado en el uso intensivo de recursos naturales y que fomenta el consumismo desenfrenado.

Los problemas ambientales generados por los residuos, plantean la necesidad de una gestión sustentable. La gestión de los residuos sólidos urbanos comprende las fases de recolección, transporte, tratamiento y disposición. En cada una de ellas se producen impactos sobre el medio ambiente, aunque las de mayores incidencia por sus daños, muchas veces irreparables, son las que se producen en la fase de tratamiento.

### 3.1. IMPACTOS ASOCIADOS A LAS DIFERENTES ETAPAS DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

#### A. FASE DE RECOLECCIÓN

En ésta fase, es frecuente una total anarquía por parte de los ciudadanos a la hora de depositar sus residuos para que los servicios municipales o privados, puedan retirarlos.



Figura 3.2. Fallas en los sistemas de recolección.

Fuentes: CEAMSE, 2002; Elaboración propia, 2000.

El uso de recipientes inadecuados y el incumplimiento de horarios previamente establecidos, hace que animales, vehículos, etc. (Figura 3.2), puedan romper las bolsas de basuras con el consiguiente esparcimiento de los residuos por la vía pública, dando así origen a fuentes de insalubridad.

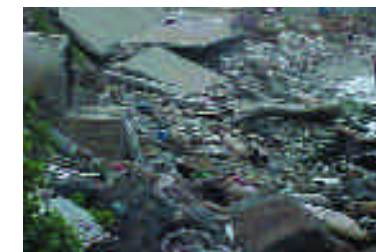
#### B. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

Esta actividad supone una tarea muy compleja, pero esencial, aunque a menudo se realiza con cierta negligencia y obsolescencia tecnológica. El uso de equipos y vehículos inadecuados hace que se produzcan derrames de residuos en la operación de recogida y vuelos de plásticos y papeles si se transportan en vehículos abiertos. Además, teniendo en cuenta que en muchas ciudades el servicio se realiza por la noche, es muy importante el impacto sonoro que producen los vehículos compactadores en las operaciones de carga.

#### C. DISPOSICIÓN

Algunos de los problemas que origina el vertido incontrolado de los residuos sólidos urbanos se muestran en la Figura 3.3.

El deterioro del paisaje: ante el abandono de basuras en las playas, bordes de carreteras, bosques y calles.



Olores producidos por la fermentación de materia orgánica contenida en la basura.



Incendios originados por la auto-combustión de los residuos fermentables.



Humos nocivos producidos por la combustión incompleta de los residuos, con molestia para la vecindad.



Riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, con peligro para la salud.



Presencia de vectores como potenciales transmisores de enfermedades y contaminación bacteriana.

Figura 3.3. Problemas potenciales por el inadecuado manejo de los residuos sólidos.

Fuentes: CEAMSE, 2002; Elaboración propia, 2000.

Los residuos sólidos urbanos, para que no produzcan daños al medio ambiente deben someterse a vertido controlado, compostaje o incineración. Pero el alto costo de implantación de estos sistemas, unido al déficit económico de muchos municipios, hace que en muchas provincias Argentinas, la mayor parte de sus residuos generados, se depositen en forma incontrolada, produciendo daños al suelo, agua y atmósfera.

#### D. RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN

En las plantas de compostaje, al tener que disponer de un vertedero para eliminar los rechazos que se producen en el proceso de explotación, se pueden producir algunos de los impactos ya descritos al hablar de los vertidos incontrolados, pero además hay que añadir los siguientes:

- Ruidos intensos producidos por los equipos en operación.
- Eliminación de los lixiviados producidos tanto en el foso de recepción de basura como en el parque de fermentación.
- Producción de polvo en el área de circulación de las cintas transportadoras de residuos.

Los impactos ambientales asociados a una planta incineradora están motivados por:

- La producción de escorias con diversos contenidos de metales en función de la composición de los residuos
- La emisión de humos y polvos por la chimenea (contaminación atmosférica)
- Formación de lixiviados en la zona de almacenamiento de residuos
- La eliminación de aguas usadas en el enfriamiento de escorias.

Considerando un aspecto relevante respecto de los efectos sobre el ser humano, como es la salud, es lo que a continuación se presenta una breve síntesis respecto del impacto ambiental de los residuos sólidos sobre los diferentes compartimentos ambientales.

### 3.2. CONTAMINACIÓN SOBRE LOS RECURSOS NATURALES

#### A. AGUAS SUBTERRÁNEAS.

El vertido de residuos es un factor potencial de contaminación de acuíferos. Es importante comprender su influencia en la calidad de las aguas subterráneas, sobre todo para poder aplicar métodos preventivos, ya que, en términos prácticos, la contaminación de una zona de un acuífero puede ser un proceso casi irreversible.

En general, los elementos y sustancias consideradas como tóxicas y peligrosas, no se suelen encontrar en las aguas subterráneas en condiciones naturales (salvo en contadas excepciones), sino en concentraciones muy pequeñas, no perjudiciales (Szanto, 1997)..

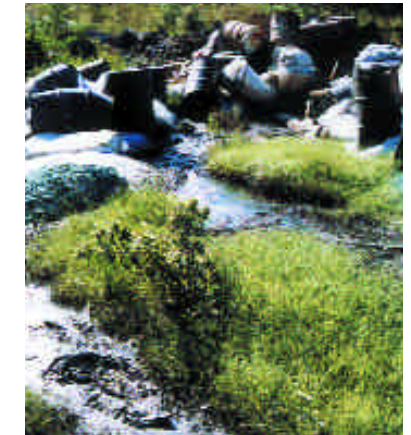


Fuente: Elaboración propia, 2003.

Cuando en una captación de agua subterránea se detectan cantidades anómalas de alguna de estas sustancias y el contexto geológico no es sospechoso, cabe suponer que ha sido la actividad humana la causante de dicha presencia.

#### B. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Los residuos sólidos, dispuestos inadecuadamente sobre el suelo, constituirán factores de contaminación. Naturalmente la gravedad de esta situación dependerá del tipo de residuo contaminado, si fuesen residuos de industrias químicas, llevarán hasta el suelo productos no deseados que podrían llegar hacia los diferentes cuerpos del agua, colocando en peligro la salud. También se debe considerar la ubicación y los usos de suelos aledaños, ya que muchos de estos contaminantes (metales pesados, amonio, cloruro) podrían afectar los cultivos en sectores agrícolas (Szanto, 1997).



Sec. de Turismo y Desarrollo Sustentable

#### C. CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La quema simple de basura en depósitos a cielo abierto constituye una fuente de contaminación debido a la gran cantidad y variedad de compuestos volátiles y productos de la combustión que se liberan a la atmósfera. Estas quemas no controladas también son situaciones de peligro ante riesgo de incendio. La quema constituye una práctica bastante habitual en diferentes países latinoamericanos (CEPIS-OPS, 1995).

### 3.3. MICRO Y MACROBASURALES

Los depósitos de basura o residuos tirados al suelo en ciudades y sectores rurales, por su aspecto generan impacto sobre el paisaje. Este sector se agrava en zonas urbanas, por la presencia de "cachureros" que viven de estos residuos e incluso muchos viven en los lugares donde se depositan los residuos urbanos.

Además los ciudadanos aportan a este impacto, lanzando a la calle diversos tipos de basuras principalmente envases y papeles. Esta conducta refleja el bajo nivel de conciencia ambiental existente en la población, la que es transversal a todos los segmentos sociales.

Así, la degradación estética del paisaje urbano pone en evidencia la existencia de una sociedad agresiva con su ambiente, indiferente a los daños y perjuicios que se causan al medio.

Los residuos urbanos dispersos en cualquier lugar de la ciudad, en los rincones, en las veredas, en las calles, en los paseos públicos, en las puertas de las viviendas, etc. equivale a la persistencia de la cultura del derroche generada a partir de una concepción ambiental reñida con los más elementales hábitos de conducta que hacen al bienestar y a la salud de las poblaciones.

El problema de los residuos sólidos urbanos dispersos o dispuestos en cualquier lugar, formando



pequeños y grandes basurales constituye un tipo de desequilibrio ambiental cuya gravedad se profundiza proporcionalmente al crecimiento de la población urbana.

La formación de basurales es una de las consecuencias de la falta de políticas ambientales y educativas en el país, lo cual hace necesario impulsar urgentemente medidas correctivas y mitigadoras del impacto.

En este sentido se puede afirmar que las normativas para disposición de residuos existen, pero no se cumplen.

A un grupo de policías dependiente de la Policía Federal y de la Policía de la Provincia de Buenos Aires se le asignaron funciones especiales para vigilar y detectar camiones sospechosos de realizar vuelcos clandestinos en las orillas del Riachuelo, que es donde más infracciones se cometen, pero este cuerpo (la Policía Ecológica), dejó de funcionar en el año 2000, cuando sus integrantes pasaron a depender de sus respectivas áreas (CEAMSE, 2002).

La disposición ilegal en los basurales y los vuelcos clandestinos, son prácticamente incontrolables. Día a día aparecen vuelcos de residuos en lugares impensables, en las esquinas, en los caminos, en los terrenos baldíos y hasta en las orillas de los ríos y arroyos.

Por ejemplo la cuenca del Río Matanza Riachuelo tiene el triste privilegio de ser una de las

cuenkas más contaminadas de América. Miles de toneladas de residuos flotantes se han extraído de su espejo de agua.

Es posible que el Comité Ejecutor de Gestión Ambiental y Manejo de la Cuenca Hídrica Matanza Riachuelo, organismo encargado de la limpieza de la cuenca, pueda muy pronto reiniciar los trabajos de limpieza. Se sabe que la limpieza del espejo de agua, no es la solución al problema, el verdadero problema de la cuenca radica en los basurales clandestinos que existen a sus orillas y que el agua arrastra hasta la desembocadura del Riachuelo.



Fuente: AIDIS Argentina 2002



Fuente: AIDIS Argentina 2002

### A. EL BASURAL URBANO O MICROBASURAL

También denominado lugar de arrojado periódico, constituye una acumulación espontánea de residuos. Este tipo de basural no puede ser erradicado ya que la población de la ciudad lo vuelve a generar una vez que la Municipalidad limpia el terreno.

El tipo de residuos contenido en su superficie, es de origen domiciliario, poda o cualquier otro que no reviste mayor peligrosidad. Esto no implica que en el centro de su masa no existan residuos industriales, lo cual solo se puede precisar al momento de efectuar la remoción.

El equipamiento necesario para la limpieza de estos basurales alcanza con tres o cuatro operarios provistos con palas y horquillas y camiones volcadores.

### B. EL MACROBASURAL

Este es el basural que recepciona residuos en forma periódica, acumula más de 500 m<sup>3</sup> de residuos y abarca más de una hectárea. Todo esto hace de este basural un factor de impacto negativo en su entorno, siendo un peligro de dimensiones no conocidas tanto para la salud de la población, como para la integridad del ambiente (el deterioro paisajístico y de la calidad ambiental es visible a simple vista).

Este basural requiere de una evaluación mucho más compleja, por su magnitud y por el impacto que ha generado, asimismo es necesario determinar un balance entre técnicas de saneamiento y su costo económico.

En estos casos, se deben realizar estudios de caracterización, impacto y técnicas de saneamiento, dado que su complejidad normalmente requiere de equipamiento vial variado (topadoras, retroexcavadoras, palas cargadoras, motoniveladoras, etc.)

### C. LOS DAÑOS QUE PRODUCE EL BASURAL AL MEDIO AMBIENTE

Históricamente la existencia de los basurales periurbanos constituye uno de los principales desequilibrios en la ecología urbana de las ciudades con gran cantidad de habitantes. Este desequilibrio se lo puede analizar, inicialmente, a nivel de dos planos principales:

Los basurales periurbanos constituyen una de las causas de impacto ambiental más importante en las áreas metropolitanas actuales, y constituye una de las formas de interacción sociedad/ambiente más conocidas desde siempre (Szantos, 1997).

La generación de residuos y su acumulación ha sido estudiada tanto por la arqueología como por la antropología y muy recientemente por la nueva ciencia: la Basurología.

Fundamentalmente un basural está compuesto en un primer examen visual, por vidrios, maderas, escombros, pañales descartables, plásticos, telas, neumáticos, hojalatas, cartones y con una fluctuante proporción de residuos "orgánicos" (los derivados fundamentalmente de restos alimentarios).

Por consiguiente, el ecosistema se encuentra visiblemente alterado por la presencia de estos elementos y por la persistencia de esta actividad periódica de disposición de residuos, lo que incrementará la gravedad del impacto en la zona ya que es evidente que el medio no puede procesar y descomponer la mayor parte de los residuos.

Por su esencia, un basural responde a un universo dispar de circunstancias.

Para su erradicación es necesario conocer con la mayor definición posible toda la información respecto de los basurales en cuanto a cantidad, ubicación, tamaño, tipo de residuos, entorno, accesos, propiedad de la tierra, situación jurídica, etc.

Las prácticas de disposición de las basuras en orillas de los caminos, ribera de los ríos, y otros lugares inadecuados, han generado basurales y áreas degradadas con contaminación de agua superficial y subterránea. El saneamiento de basurales trata de recubrir y recuperar las áreas degradadas, según normas de seguridad, para reintegrar el lugar al paisaje y minimizar sus impactos ambientales negativos.

Antes de sanear un basural se debe conocer el tipo de material que contiene, y sus posibles riesgos para planificar las intervenciones técnicas.

El basural, como producto de un sistema de comunicación entre la comunidad y su entorno, puede llegar a ser erradicado definitivamente si se hace una bien lograda campaña educativa con los vecinos y se logra establecer buenos nexos que no compitan con los intereses de la propia comunidad.

## 4. AVANCES EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Considerando el desarrollo y conceptos de la ciencia, la tecnología, el ambiente y la educación, el enfoque que debe ser incorporado a los conocimientos relativos a residuos sólidos debe considerar (Tchobanoglous et al., 2000):

- Principio de sustentabilidad ambiental
- Acciones multidisciplinarias
- Perspectivas holísticas
- Responsabilidad de la cuna a la tumba
- Alternativas del menor costo de disposición
- Reducción en la fuente
- Uso de la mejor tecnología disponible
- Principio de “el que contamina, paga”

Este enfoque básico pretende obtener un comportamiento tal de los agentes generadores y responsables de los residuos en todas las etapas de su ciclo de vida, que minimice el impacto de ellos sobre el medio ambiente y éste pueda mantenerse, como un conjunto de recursos disponibles en iguales condiciones, para las generaciones presentes y futuras.

En el caso particular de los residuos domésticos, la sensibilización y toma de conciencia deben jugar un papel de primera importancia. Se trata de percibir valores ligados a la conservación de los recursos y del medio ambiente y de cambiar las actitudes al nivel de la población, partiendo por los hogares. La sensibilización y la educación de los niños juegan un papel dinamizador en el interior de los hogares, generando conductas positivas que involucran a toda la familia: disminuir el consumo energético, seleccionar los materiales reciclables que contiene la basura, no contaminar con el humo de cigarrillos o con la chimenea, cuidar la flora y la fauna urbana, etc.

En términos de residuos industriales la atención debe centrarse en la unidad productiva. Ella es el origen de una serie de impactos ambientales. Por lo tanto, debe ser el objeto preferente del estudio para la sustentabilidad ambiental del desarrollo económico. La unidad productiva genera una serie de impactos indirectos. Hacia atrás están la demanda de insumos, materias primas, materias auxiliares, agua y energía. Estos impactos son especialmente sensibles en industrias que procesan recursos naturales renovables. Hacia adelante, la industria genera productos que en muchos casos pueden ser el origen de los residuos. En muchos casos las fábricas y parques industriales se encuentran situados en zonas urbanas. Esto obedece a que así les es más fácil acceder a las redes de servicios e infraestructura. También por la cercanía a los mercados finales y a los lugares de residencia de sus trabajadores. Pero esto genera impactos ambientales de graves consecuencias, situación que ha llevado a considerar la localización industrial como una variable clave en la política de gestión de residuos. De ahí la importancia de considerar también el ordenamiento territorial y la planificación del uso del espacio urbano como instrumentos especialmente relevantes en una política de gestión de residuos ambientalmente adecuada.

Todos estos conceptos se han reunido en una solución y que corresponde a lo que se denomina Gestión Integrada de Residuos Sólidos.



#### 4.1. LA GESTIÓN INTEGRADA COMO ENFOQUE GLOBAL

La forma de abordar este problema ambiental generado por un manejo inadecuado de los residuos sólidos, es a través de un análisis integrado, es decir a través de la implementación de Sistemas Integrales de Gestión de residuos sólidos, tanto en el ámbito público como privado. Esto implica un entendimiento del problema relacionado con el ciclo de vida de cada residuo, entendiendo por una parte, un residuo es un recurso natural y por otra, es un producto de las ineficiencia de las actividades humanas. Ambos enfoques son los que deben primar, no sólo en el diagnóstico y solución de los problemas, sino también, en los procesos de generación de capacidades profesionales relacionadas con este tópico.

La gestión integral de residuos establece la necesidad de prevenir el destino y la forma de gestión para cada residuo, aplicando un concepto preventivo a partir de una visión ampliada de ciclo de vida del producto, más el ciclo de vida del residuo.

En síntesis, dentro de la Gestión Integrada se consideran los conceptos de ciclo de vida, estrategia jerarquizada y criterio de prevención.

##### A. CICLO DE VIDA DE UN RESIDUO

El Ciclo de vida se utiliza como una herramienta, y es definido por el Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice', SETAC, Brussels, 1993, como un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad. Se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final (Zaror, 2002).

En el ámbito de los residuos sólidos el planteamiento es más que un procedimiento, es una visión que permite enfocarlos como parte de un producto natural o artificial, o de cualquier forma, parte íntegra de nuestros recursos naturales, por tanto lleva asociado consumo de materias primas, insumos varios y energía.

Por otra parte el residuo, se entiende como una ineficiencia de las actividades humanas, por tanto tiene relación con un mejoramiento de los procesos, para finalmente volver a ser parte de la naturaleza una vez que como residuos se ha dispuesto en la tierra.

##### B. LA PREVENCIÓN

La importancia de la prevención no sólo radica en la capacidad de disminuir los residuos en cantidad, sino que además constituye una de las alternativas de menor costo. Por otra parte, la efectividad de implementar planes de prevención parte del hecho de entender los residuos como una ineficiencia de las actividades antrópicas, y por tanto, se hace sustancial la introducción de los conceptos de Producción Limpia. En el ámbito de los residuos urbanos, actualmente esto pasa por crear conciencia ambiental, ya que debido a la baja eficiencia y los bajos costos del sistema

de extracción y disposición de basura, la población aún no internaliza el problema a través de los costos asociados.

La gestión de los desechos sólidos se puede definir como una disciplina asociada con el control de la producción, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesado y disposición de desechos sólidos (Figura 4.1) en una forma tal que esté de acuerdo con los mejores principios de salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y otras consideraciones ambientales, y que también es sensible a las actitudes del público. Dentro de este contexto, el manejo de los desechos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación e ingeniería involucradas en el espectro de soluciones a problemas de desechos sólidos que afectan a la comunidad por sus habitantes.



Figura 4.1. Estrategia jerarquizada para la gestión adecuada de los residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia 2002.

Las soluciones pueden involucrar relaciones interdisciplinarias complejas tales como ciencias políticas, planificación urbana y regional, geografía, economía, salud pública, sociología, demografía, comunicaciones y conservación, lo mismo que ingeniería y ciencia de materiales.

Dentro de este enfoque preventivo se habla de la cultura de las erres (reducir, reciclar y reutilizar), que supone:

- Tener una cultura alternativa al úselo y tírelo, predominante en muchas sociedades modernas.
- Tener una actitud amigable con el ambiente.
- Usar racionalmente los recursos naturales.
- No contaminar la biosfera.
- Evitar la generación de basura.
- No recalentar el clima del planeta.
- Preservar y conservar la diversidad biológica.
- Utilizar fuentes de energía renovables y ahorrar energía.
- Incorporar a la práctica ciudadana conceptos como: Reducir, Reutilizar, Reciclar, Reparar, Recuperar, Recargar, Recrear, etcétera.

Es importante señalar que la cobertura de los residuos sólidos abarca tanto el ámbito público (residuos sólidos urbanos) como al privado (residuos sólidos industriales), donde el énfasis debe estar dado en la construcción de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos y en la Producción Limpia, respectivamente.

### C. ESTRATEGIA JERARQUIZADA

La gestión integral establece la necesidad de prevenir el destino final y la forma de gestión para cada residuo aplicando un concepto preventivo a partir de una visión ampliada de ciclo de vida del producto, más el ciclo de vida del residuo. Para esto se establece la siguiente estrategia jerarquizada para la gestión adecuada de los mismos.

- **Evitar**
- **Minimizar** (Reducir, Reutilizar y Reciclar)
- **Tratar** (Incinerar, Producción de compost y Tratamiento de estabilización)
- **Disponer** (Relleno sanitario y Depósito de seguridad)

En términos generales las medidas que involucran el evitar son de menor costos y de mayor rendimiento que las de disponer.

Esto significa que, desde el punto de vista ambiental, el mejor criterio es prevenir, en primer lugar, evitando la generación de un residuo; en segundo lugar, si no es posible evitar, se debe buscar la minimización, si no se puede minimizar se debe buscar el tratamiento; quedando como última opción, la disposición final del residuo (Rivera, 1998).

Las alternativas de reutilizar, reciclar, tratar con recuperación de energía, producción de compost u otro que genere un producto, frecuentemente se conocen bajo el término de valorización de residuos, pues implica la obtención de un bien mayor a la simple disposición.

En los aspectos económicos involucradas en la aplicación de esta estrategia se debe considerar que los residuos que no se disponen en el relleno sanitario o depósito de seguridad evitan el costo directo de esta disposición además de los costos ambientales indirectos que presupone la existencia de tales depósitos, por lo tanto tal ahorro puede ayudar a hacer económicamente factible alguna de las operaciones a minimizar.

**Evitar y minimizar:** Para evitar la generación de residuos se requiere de un cambio radical en la percepción y actitud hacia el manejo de los residuos sólidos tanto del consumidor como productor. En el caso del consumidor se trata de una modificación voluntaria de sus hábitos de consumo que se promueve mediante la implementación de campañas de educación y sensibilización ambiental. En materia de cambios en la producción, se trata de la implementación de cambios en los procesos, operaciones y tecnología que impliquen que determinados residuos no se generarán en la nueva situación. Estos cambios están provocados por una parte, por las preferencias de los consumidores, hacia productos que en su fabricación han evitado la producción de determinados residuos y por otra, una actitud de los empresarios para impulsar procesos limpios. Contribuye en este sentido, también la acción institucional para la promoción de estas transformaciones.

Para minimizar se tiene:

La **reducción en origen** de la cantidad y peligrosidad de los residuos generados, consiste en aplicar cambios en el diseño de los productos y en sus procesos productivos para de esta forma obtener resultados orientados a reducir las cantidades de materiales utilizados y por ende de residuos generados.

La **reutilización** se refiere a técnicas de reaprovechamiento de un material o producto sin cambiar su naturaleza original;

El **reciclaje** de residuos, es la actividad que transforma a los residuos generados en materia prima secundaria, para la producción de nuevos productos.

### 4.2. ETAPAS DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

Los problemas asociados con el manejo de desechos sólidos en la sociedad de hoy día son complejos debido a la cantidad y naturaleza diferente de los desechos, el desarrollo irregular de grandes áreas urbanas, las limitaciones de recursos con que cuentan los servicios públicos en muchas ciudades grandes, los impactos de la tecnología, y las limitaciones emergentes de energía y materias primas. Como consecuencia, si el manejo de los desechos sólidos se quiere realizar de una manera eficiente y ordenada, se deben identificar y comprender claramente los aspectos y relaciones fundamentales.

Para resolver problemas específicos de desechos sólidos, los distintos elementos funcionales se combinan en lo que generalmente es conocido como un sistema de manejo de desechos sólidos, este comprende seis elementos funcionales:

- Separación y manipulación de los residuos en origen.
- Almacenamiento
- Recolección
- Separación y procesamiento.
- Transferencia y transporte.
- Tratamiento
- Disposición final

Esta separación de elementos funcionales es importante, porque permite el desarrollo de un marco dentro del cual se puede evaluar el impacto de los cambios producidos y de los adelantos tecnológicos futuros (Figura 4.2.).

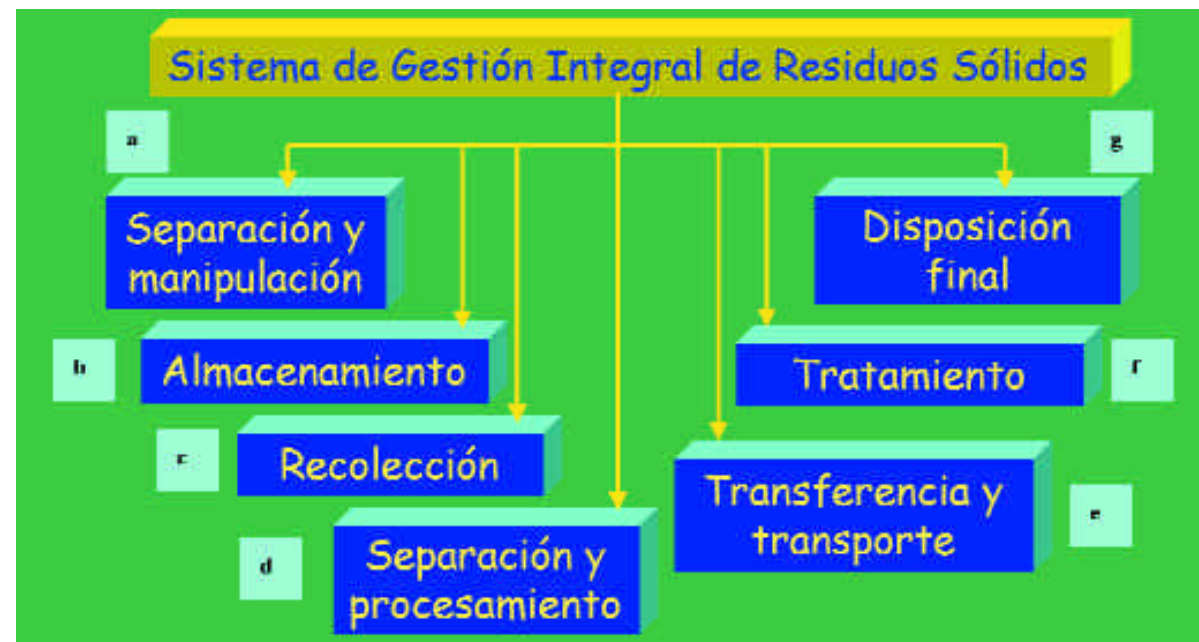


Figura 4.2. Etapas de un Sistema de Gestión Integral de Residuos.

Fuente: Elaboración propia 2002.

#### A. SEPARACIÓN Y MANIPULACIÓN DE RESIDUOS EN ORIGEN

La manipulación y la separación de residuos involucra las actividades asociadas con la gestión de residuos hasta que éstos son colocados en contenedores de almacenamiento para la recolección. La manipulación incluye el movimiento de los contenedores cargados hasta el punto de recolección. La separación de componentes de los residuos es un paso importante en la manipulación y almacenamiento de los residuos sólidos en el origen. Por ejemplo, desde el punto de vista de las especificaciones de los materiales, y de los ingresos de la venta de los materiales recuperados, el mejor lugar para separar los materiales residuales, para la reutilización y el reciclaje, es en el punto de generación.

#### B. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento in situ es de una importancia primordial, debido a la preocupación por la salud pública y a consideraciones estéticas. Los desagradables recipientes improvisados e incluso el almacenamiento al aire libre, ambos indeseables, se ven a menudo en muchos lugares comerciales, residenciales e industriales.

En esta etapa los residuos se disponen temporalmente a la espera de su recolección. Lo ideal es que los residuos se almacenen clasificados y en recipientes apropiados para ello y que esta etapa sea de corta duración para así reducir su exposición.

La generación de residuos abarca actividades en las que los materiales son identificados como sin valor adicional, o bien son tirados o recogidos juntos para la evacuación. Es importante anotar

en la generación de residuos que hay un paso de identificación y que este paso varía con cada residuo en particular.

La reducción en el origen, aunque no esté controlada por gestores de residuos sólidos, actualmente está incluida en las evaluaciones del sistema como un método para limitar las cantidades de residuos generados.

#### C. RECOLECCIÓN

El elemento funcional de la recolección, incluye no solamente la recolección de residuos sólidos y de materiales reciclables, sino también el transporte de estos materiales al lugar donde se vacía el vehículo de recolección. Este lugar puede ser una instalación de procesamiento de materiales, una estación de transferencia o un lugar de disposición final. En las pequeñas ciudades, donde los lugares de evacuación final están cerca, el transporte de residuos no es un problema grave. En las grandes ciudades, sin embargo, donde la distancia desde el punto de recolección hasta el punto de evacuación es a menudo más de 20 kilómetros, esta distancia puede tener significativas implicaciones económicas. Cuando hay que recorrer largas distancias, normalmente se utilizan las instalaciones de transferencia y transporte.

Típicamente se realiza la recolección bajo varios tipos de convenios de gestión, abarcando desde servicios municipales hasta servicios privados bajo concesión, funcionando a través de diferentes tipos de contrato. Los servicios de recolección para las industrias varían ampliamente. Algunos residuos industriales se manipulan como los residuos urbanos; algunas compañías tienen lugares de evacuación en sus propios terrenos, donde usan cintas transportadoras o transporte vía húmeda. Este último se utiliza en muchos casos para los residuos minerales y los residuos agrícolas. Cada industria requiere una solución individual a sus problemas de residuos.

#### D. SEPARACIÓN Y PROCESAMIENTO DE RESIDUOS

La recuperación de materiales separados, la separación, el procesamiento de los componentes de los residuos sólidos, y la transformación del residuo sólido, que se produce principalmente en localizaciones fuera de la fuente de generación de residuos, están englobados en este elemento funcional. Los tipos de medios e instalaciones utilizados en la actualidad para la recuperación de materiales residuales que han sido separados en el origen, incluyen la recolección en la acera, los centros de recolección selectiva y los centros de recompra. La separación y el procesamiento de residuos que han sido separados en el origen y la separación de residuos no seleccionados normalmente tiene lugar en las instalaciones de recuperación de materiales, estaciones de transferencia, instalaciones de incineración y lugares de evacuación. El procesamiento frecuentemente incluye: la separación de objetos voluminosos; la separación de los componentes de los residuos, por tamaño, utilizando cribas; la separación manual de los componentes de los residuos; la reducción del tamaño, mediante trituración; la separación de metales féreos, utilizando imanes; la reducción del volumen por compactación, y la incineración.

Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos que han de evacuarse, y para recuperar productos de conversión y energía. La fracción orgánica de

los residuos sólidos urbanos (RSU) puede ser transformada mediante una gran variedad de procesos químicos y biológicos. Entre los procesos de Transformación más comunes podemos nombrar: Compostaje, Incineración y Reciclaje.

#### E. TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE

Este se debe realizar en vehículos apropiados y con una frecuencia que asegure la no generación de riesgos a la salud de la población como del al ambiente. Con el propósito de reducir costos de transporte de los residuos, estos se pueden disponer temporalmente en estaciones de transferencia. Estas son instalaciones donde se traspan los residuos desde los camiones recolectores a camiones de mayor tamaño (unidades de transferencia), con o sin compactación. En las estaciones de transferencia, se pueden realizar procesos de separación de reciclables y compostaje de residuos orgánicos.

Este elemento funcional comprende dos pasos: Paso 1. Transferencia de residuos desde un vehículo de recolección pequeño hasta un equipo de transporte más grande, y Paso 2. Transporte subsiguiente de los residuos, normalmente a través de grandes distancias, a un lugar de procesamiento o evacuación. La transferencia normalmente tiene lugar en las estaciones de transferencia. Aunque el transporte mediante vehículo motorizado es el más común, también se usan para el transporte de los residuos los vagones de ferrocarril y las barcazas.

#### F. TRATAMIENTO

El tratamiento tiene como objetivo reducir la cantidad y peligrosidad de los desechos generados que van a disposición final. Se pueden distinguir tratamientos físicos, químicos y biológicos.

#### G. DISPOSICIÓN FINAL

Esta es la última etapa en el manejo de los residuos. La disposición final consiste en el confinamiento definitivo de ellos en un lugar determinado. Para el caso de los residuos no peligrosos, aplican los rellenos sanitarios. Para los residuos peligrosos, los depósitos de seguridad. Para los residuos inertes una opción son los antiguos pozos de extracción de áridos, para así recuperar estos terrenos y aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios.

Un relleno sanitario o un depósito de seguridad, no es un basurero; es una instalación de ingeniería utilizada para la evacuación de residuos sólidos en el suelo o dentro del manto de la tierra, sin crear incomodidades o peligros para la seguridad o la salud pública, tales como la reproducción de ratas e insectos, y la contaminación de aguas subterráneas.

Cuando todos los elementos funcionales han sido evaluados para su uso, y todos los contactos y conexiones entre elementos han sido agrupados para una mayor eficacia y rentabilidad, entonces la comunidad ha desarrollado un sistema integral de gestión de residuos. En este contexto, la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) puede ser definida como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de gestión de residuos.

#### 4.3. HISTORIA DE LA EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN EN ARGENTINA (PRIGNANO, 1998)

Desde los días de la sociedad primitiva, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la tierra para la supervivencia y para la evacuación de los residuos.

Pero en tiempos remotos la evacuación de los residuos humanos (y otros) no planteaba un problema significativo para los argentinos ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los residuos era grande.

Además, no se utilizaban insumos que la energía solar no pudiera degradar, por lo tanto los residuos no superaban la capacidad de los ecosistemas para mantener en equilibrio un medio ambiente salubre para el hombre.

Si bien en los principios de su estado evolutivo el hombre se desentendió de la basura, a medida que fue tornándose sedentario, tuvo que destinar un lugar aunque más no sea elegido al azar, como depósito de desperdicios domésticos.

Huesos de animales, valvas de moluscos y semillas de frutos silvestres, según sea la zona y hábitos de alimentación, con el correr del tiempo fueron amontonándose en las proximidades de sus asentamientos.

Esta basura se transformó en el objeto de los primeros trabajos arqueológicos con los cuales se pudieron trazar los pasos de la antigua cultura querandí en Argentina, zona donde se encuentra la actual Capital Federal.

Investigaciones posteriores realizadas, arrojaron más luz sobre las costumbres y las políticas implementadas en distintas épocas, tendientes a solucionar la creciente necesidad de eliminar lo más sanitariamente posible los residuos provenientes de la vida en este primer centro urbano más importante del país.

A medida que aumentaba la población, se complicaba la disposición de los residuos y las enfermedades transmisibles: la viruela, la peste y la fiebre amarilla diezmaron a sus habitantes.

Las autoridades empezaron a preocuparse por la disposición de los residuos y por la contaminación del agua de consumo y aquí nacen las primeras medidas tendientes a paliar estos problemas, que tanto perjuicio producía al aspecto general de la ciudad y a la salud de sus pobladores, los cuales sin embargo no estaban muy convencidos de que la transmisión de enfermedades estuviera relacionada con la eliminación de desperdicios y es por eso que alternaban algunas prácticas higiénicas con misas, rezos e imploraciones divinas.

El fuerte, lugar de la fundación de la ciudad de Buenos Aires, estaba rodeado por un foso que se convirtió en el primer basural de la ciudad. Buscar una solución a este problema fue tarea del Cabildo en los inicios del siglo XVII. En esa época la basura se tiraba a la calle, también las aguas servidas, animales muertos, desechos de toda índole y de tanto en tanto también se arrojaban cadáveres de los esclavos negros. Recién en 1637 el Gobernador ordenó que los vecinos limpiaran y barrieran las pertenencias de sus casas, y echaran la basura en el



campo los días sábados de cada semana y que no se arroje basura a la calle bajo pena de multa o azotes (Prignano, 1998).

Los métodos más frecuentemente utilizados para la evacuación final de residuos sólidos a principios del siglo eran:

- Vertido en la tierra,
- Vertido en el agua,
- Enterrar, arando el suelo,
- Alimentación de animales (cerdos),
- Quema.

En 1638 aparece una especie de barrendero público que dependía directamente de las autoridades: su misión era mantener limpia las calles. En 1670 se produjo la primera epidemia de peste por lo que se ordenó limpiar todas las calles, pero las epidemias seguían y se reiteraban en verano, la asociación con la basura era un hecho. El Cabildo en 1717 dispuso además que la basura se trasladara a una legua de la ciudad (al sur del actual parque Lezama) y allí se quemara todo: ropa de cama, vestimenta y lo que se haya utilizado para los enfermos (Prignano, 1998).

El Cabildo también apeló a los dueños de casas semidestruidas para que las reconstruyeran, cercaran o vendieran. El estado de abandono de ciertas construcciones y algunos predios baldíos servían de refugio a gente de mal vivir y depósito de basura.

Con la creación del Virreinato del Río de la Plata en 1776 y el nombramiento de Pedro Cevallos como gobernador, el aseo de las calles se mantuvo algo controlado, cumpliendo medianamente las disposiciones dictadas en dicho sentido. Pero no se podía evitar el hábito de tirar la basura a las calles.

En 1791 el Virrey Arredondo ordenó a los vecinos que dejaran sus desperdicios en la vía pública o que se arrojaran a las zanjales que existían para tal efecto.

Decidió disponer de 4 carretillas durante el verano y dos en invierno para recoger esa basura. Se trataba de carros pequeños tirado por un caballo o mula.

Los vecinos debían sacar la basura en días determinados previamente y los carros pasaban y las recogían. Los animales muertos se tiraban en la ribera del río y los presos tenían que enterrarlos.



Fuente: Prignano, 1998

### A. LOS PRIMEROS CARROS DE LIMPIEZA (PRIGNANO, 1998).

Las noticias que se tienen sobre la adquisición de carros para dedicarlos a la limpieza pública datan desde el año 1800, pero los abastecedores de carne y pescado seguían siendo un verdadero problema porque la mercancía en mal estado seguía arrojándose a la calle.

En 1802 la peste volvió a azotar a Buenos Aires. Los zanjones denominados de Matorras y Rivera, entre tanto seguían recibiendo el mayor volumen de desperdicios, por lo cual se comienza a sospechar que este vaciadero podría contaminar las aguas del río de donde se surtía la población. Para colmo ciertos aguateros no se tomaban el trabajo de internarse aguas adentro para cargar sus pipas.



Fuente: Prignano, 1998

Las zonas bajas de donde se habían extraído tierras para fabricar ladrillos y tejas fueron destinadas en un principio para alojar la basura. Sin embargo enseguida se decidió volcarlas en la Parte Sur de la Ciudad, en los parajes que escurrían sus aguas hacia los bañados del Riachuelo o en el mismo río de la Plata.

La aparición de los tachos de basura se produjo en 1803, la gente tenía que sacar la basura en algún recipiente, en bolsas de cuero o papel.



Fuente: Prignano, 1998



Durante los años de la Revolución de Mayo la cosa no cambió mucho. Los carros de limpieza, seguían prestando un servicio deficiente. En 1826 el mismo Presidente Rivadavia se vio obligado a intervenir en los temas de la basura. Dictó una disposición para que a las cinco de la tarde se enviara un carro a cada cuartel para la limpieza y la policía era la encargada de la limpieza (Prignano, 1998).

En 1856 se hace cargo del problema la Municipalidad de Buenos Aires que, recién instalada, le dio prioridad a la higiene pública sobre otros temas ocupándose de inmediato en mejorar la limpieza de la ciudad.

No sólo se interesó en el aseo de las calles, comercios e industrias también inspeccionó las viviendas de los vecinos donde era frecuente que se cavaran pozos para quemar o simplemente arrojar los desperdicios.

Las familias adineradas hacían construir pozos basureros forrados interiormente con paredes de ladrillos y tapas de madera donde quemaban o simplemente depositaban sus residuos. Al mismo tiempo la sabiduría popular recomendaba la plantación de limoneros en sus adyacencias para mitigar los malos olores.



Fuente: Prignano, 1998

Se prohibió la disposición en las casas, pero no se obedecían las disposiciones fuera de las mismas y los basurales crecían cerca de la ciudad.

En 1858 se hizo una prueba de enterrar la basura pero fue solo eso, una prueba. En ese entonces un tal Domingo Cabellos construyó en hierro un incinerador móvil, que se convirtió en la solución mágica y las cenizas producidas se usaban en la construcción. Pero el sistema fue superado por el incremento de basura.

En 1897 fueron importados dos carritos papeleros portátiles de los EEUU cuyo modelo sirvió para la construcción de otros quince que se pusieron en servicio en algunas avenidas.

A partir de 1907 la Municipalidad empezó a considerar viable la incineración domiciliaria, instalándose tres, en Pompeya, Chacarita y el Bajo Flores. En 1910 la incineración experimentaba problemas.

## B. LA INCINERACIÓN EN LOS BASURALES (PRIGNANO, 1998).

Buenos Aires tenía habilitados en 1912 cuatro vaciaderos de basura ubicados en lo que es hoy Donato Alvarez y Galicia, Echeverría y Maciel, inmediaciones del cementerio de Flores, y en la inmediaciones de la ribera del Río de La Plata (Republiquetas). En todos ellos se intentaba la quema al aire libre.



Fuente: Prignano, 1998

En "Las quemadas" (como la de Parque Patricios) se construía un muelle con hierro y tachos viejos que funcionaban a modo de parrillas, encima de esta construcción se colocaba la basura desordenadamente y se prendía fuego.

Otros tres vaciaderos se agregarían seis años más tarde sobre la misma costa del río, uno al final de la calle Scalabrini Ortiz, otros detrás del Tiro Federal y el tercero en unos terrenos anegadizos en la calle Dorrego. En los años 20 se agregó otro en Palermo lo que hoy es el club Gimnasia y Esgrima. En 1922 se autorizó el relleno de cualquier terreno bajo o inundable con residuos de la vía pública y excepcionalmente con residuos domiciliarios.

La recolección de residuos domiciliarios en el municipio capitalino redondeó las 600 mil toneladas

anuales al iniciarse la década del 30, de este volumen el 80 % se llegaba a destruir en las quemadas y el resto iba a los basurales. La producción de residuos domiciliarios era de unas 1720 toneladas mensuales de las cuales sólo podían incinerarse alrededor de 1460. El resto iba a los basurales. En 1974 la Ciudad de Buenos Aires tenía entre 16400 y 17400 incineradores domiciliarios.

En 1976 se promulgó la ordenanza N° 33291, prohibiéndolos, ya que diariamente caían sobre la ciudad toneladas de cenizas y hollín que ponían en peligro la salud de la población.

En 1977 se crea el Cinturón Ecológico y se adopta la técnica del Relleno Sanitario para la disposición final de los residuos generados en la Capital Federal y el Gran Buenos Aires.

En el interior del país las pequeñas y medianas poblaciones, con entornos de baja ocupación urbana del suelo, siempre utilizaron los basurales a cielo abierto para disponer sus residuos.

Pero a medida que se complica el problema de la generación de residuos, los municipios adoptaron una técnica cada vez más generalizada y de bajo costo, que solo cumple con algunos de los fines de la protección del medio y que no impide la contaminación del suelo: es el "relleno o vertedero controlado". Estos consideran una cobertura diaria de tierra sobre la basura, la cual es esparcida y compactada por una maquina, de tal forma evitar voladuras, acceso a vectores sanitarios y malos olores.

En la ciudad de Rosario se utiliza actualmente esta técnica, a pesar de que se encuentran en estado avanzado los proyectos para proveer a esta ciudad de un relleno sanitario para la disposición final de residuos, los que consideran no solo aspectos de control sanitario sino de protección al ambiente.

Aunque actualmente se pone énfasis en la recuperación de los contenidos energéticos y el uso como fertilizantes de los residuos orgánicos, no existen rastros en Argentina de que los campesinos hayan utilizado combustibles a partir de estos residuos, sin embargo siempre han utilizado y se utilizan en la actualidad los fertilizantes obtenidos de las heces de los animales y las aves para abonar las tierras destinadas a los cultivos. En este sentido, el aprovechamiento de los residuos orgánicos para fabricar compost ha superado en cantidad a los sistemas de disposición vigentes en el interior. Sólo en la provincia de Buenos Aires existen más de 60 plantas de compostaje en funcionamiento.

En otro contexto en la región del NO y NE argentino, se utilizan las heces del ganado bovino y caprino para ahumar los objetos de alfarería (jarros, jarrones, cuencos, vasijas y objetos de arte), que se cuecen en hogueras preparadas en el suelo o en hornos de barro.



Fuente: AIDIS Argentina. 2002



## 5. RESIDUOS SÓLIDOS Y SALUD

La magnitud de los efectos sobre la salud van a depender del tipo de manejo en todas las etapas del proceso de recolección y disposición final de los residuos.

Además, de la vulnerabilidad de la población potencialmente expuesta, tales como niveles de pobreza, prevalencia de infecciones, estado nutricional, cercanías de éstos al lugar de disposición final y del uso de implementos de protección personal de los trabajadores formales e informales (segregadores) que laboran en esta actividad (CONAMA, 1998).

Los problemas de salud originados por los residuos sólidos domiciliarios se deben principalmente a la proliferación de vectores, malos olores, proliferación de microorganismos causantes de enfermedades infecciosas, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, y accidentes de los operarios. A esto se le debe sumar que en la mayoría de los países de América Latina, los residuos sólidos domiciliarios se están manejando conjuntamente con algunos residuos sólidos peligrosos o potencialmente peligrosos, tales como pilas y baterías, metales, aceites y grasas, plaguicidas, insecticidas, solventes, pinturas y tintes, remedios, aerosoles (Acurio et al., 1997).



Fuente: Agradecimiento grupo BIO

Las enfermedades son de variado tipo y nivel de contagio, sin embargo es dable considerar que dependen del contenido de los basurales, cómo es su comportamiento físico químico (si contiene residuos peligrosos, patológicos o combustibles), de la relación geográfica que tenga con el grueso de la población (si está cerca, lejos o alrededor) y si existen habitantes que vivan en el basural o practiquen "cirujeo".

Las más comunes son (Organización Panamericana de la Salud, 1996):

**Parasitarias:** Disentería Amebiana, Ascaridiasis, Trichuris Trichiura, Hymenolepis Nana, Fasciola Hepática, Hidatidosis, Leptospirosis, Uncinariasis (Anquilostomiasis - Necatoriasis). Oxiuriasis, Ascaridiasis.

**Infecciosas:** Disentería bacteriana, Hepatitis infecciosa, Diarreas Estivales, Fiebre Tifoidea, Fiebres Paratifoideas (paratíficas A, B o C), Hantavirus, Tétanos. Es importante determinar la incidencia de diarrea estival, especialmente en las cercanías del basural.

**Otras:** Intoxicaciones por ingesta o inhalación de sustancias químicas peligrosas que pueden existir en el basural; enfermedades dermatológicas, alergias, traumatológicas, miasis y las enfermedades del árbol bronquial. En este grupo se incluyen las parasitosis externas producidas por ectoparásitos (pulgas, piojos, chinches, garrapatas, etc.)

Si bien estas enfermedades no son muy conocidas por su nombre original, resultará interesante interpretar el resultado de las encuestas en este tema, donde se las nombra más sencillamente, para conocer cuáles son las creencias que existen al respecto, cómo se producen las enfermedades más comunes y a dónde concurren para su curación. Tampoco se ha comprobado que estas enfermedades sean de transmisión exclusiva del basural con lo cual se admite la complejidad de los factores que intervienen en su transmisión.

Se hace difícil encontrar un común denominador al cual pueda adjudicarse la plena responsabilidad de factor de transmisión, sin embargo analizando los ciclos de propagación de cada una de estas enfermedades se puede encontrar entre el basural y el enfermo el camino más factible incluyendo la existencia de vectores, transmisores y huéspedes intermediarios causantes de la enfermedad.

El peligro real de los basurales para la salud es el hecho de que constituyen un excelente criadero de insectos y animales capaces de transmitir infecciones e infestaciones al hombre a partir del gran contenido de materia orgánica existente en ellos que facilitan la proliferación de moscas, mosquitos y animales, donde encuentran las condiciones óptimas en alimentos, hábitat y temperatura.

Con este criterio sería muy extenso describir los mecanismos de llegada de la enfermedad hacia las personas sanas a partir del basural, considerando que no se ha podido demostrar científicamente con exactitud de donde proviene el agente causante.

A continuación, se presenta una tabla resumen (Tabla 5.1) de los principales problemas de salud causados por los distintos agentes mencionados anteriormente, los que serán tratados en extenso durante el desarrollo de este capítulo.

Tabla 5.1. Problemas en la salud asociados al manejo de residuos sólidos

AGENTE	PROBLEMA DE SALUD
Mal olor	Malestar, cefaleas, náuseas y vómitos.
Ruido de las maquinarias	Pérdida temporal o permanente de la audición principalmente de los trabajadores que laboran en el frente de trabajo. Cefaleas, tensión nerviosa, estrés e hipertensión arterial.
Polvo	Molestias y pérdida momentánea de la visión Enfermedades respiratorias y pulmonares.
Proliferación de vectores y microorganismos	Enfermedades infecciosas.
Pérdida de estética	Deterioro de la calidad de vida
Objetos corto-punzantes	Heridas y cortes con posibilidad de infección.

Fuente: Elaboración propia, 2002

Es así, como en este capítulo se abordaran principalmente los problemas de salud asociados a:

- la proliferación de vectores
- proliferación de microorganismos patógenos
- problemas asociados a los residuos peligrosos
- Accidentes y riesgos ocupacionales

### 5.1. PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS A LA PROLIFERACIÓN DE VECTORES

Los vectores pueden llegar a ser una importante fuente de transmisión directa e indirecta de enfermedades infecciosas. En la Tabla 5.2, se muestran el tipo de vectores y las enfermedades asociadas a ellos.

La presencia de estos vectores en los lugares de disposición de residuos sólidos domésticos se debe fundamentalmente a la gran cantidad de materia orgánica que allí se depositan, la que se transforma en un alimento muy apreciado para este tipo de vectores.

Debido a la mayor presencia y peligro para el ser humano es que a continuación se detallan algunos aspectos relevantes relacionados con moscas y ratas:

**Tabla 5.2. Enfermedades Relacionadas con Residuos Sólidos Domésticos, Transmitidas por Vectores.**

VECTORES	FORMA DE TRANSMISIÓN	PRINCIPALES ENFERMEDADES
Roedores	A través de mordiscos, orina y heces. A través de las pulgas que viven en el cuerpo de la rata	Peste bubónica Tifus Marino Leptospirosis Fiebre de Harverhill Ricktsiosis vesiculosa Enfermedades diarreicas Disenterías Rabia Virosis hemorrágica
Moscas	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) A través de las heces y saliva	Fiebre Tifoidea Salmonelosis Cólera Amebiasis Disenterías Giardiasis Diarrea infantil Tracoma Tuberculosis
Mosquitos	A través de la picadura del mosquito hembra.	Malaria Leishmaniasis Fiebre amarilla Dengue Filariasis Encefalitis vírica
Cucarachas	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) y por las heces	Fibre tifoidea Cólera Giardiasis Gastroenteritis Infecciones Intestinales Diosenterías Diarreas Intoxicaciones alimentarias
Cerdos	Por ingestión de carne contaminada	Cisticercosis Toxoplasmosis Triquinosis Teniasis
Aves	A través de las heces	Toxoplasmosis.

Fuente: Elaboración propia, 2002

#### A. MOSCAS

Las moscas, por su gran capacidad de reproducción, son consideradas el vector más importante del basural junto con la rata.

Encuentran en el basural inmejorables condiciones para su subsistencia y hábitat, lo cual unido a su corto ciclo de reproducción, menos de 24 hs. cuando las condiciones climáticas (especialmente la temperatura), lo favorece, las transforman en uno de los más importantes vectores de enfermedades infecciosas. Como vector, transporta los gérmenes desde las heces humanas y de los animales hasta los alimentos en forma mecánica, es decir vehiculizándolos por medio de la superficie general de su cuerpo, los pelos de las patas, el aparato succionador y aún el digestivo.

La mosca doméstica es portadora de gérmenes patógenos especialmente de la flora entérica. Estos gérmenes pueden sobrevivir en la superficie del insecto de tres a veinticuatro horas y de seis a veintiséis días en el tubo digestivo.

Este hecho tiene íntima relación con las altas tasas de morbimortalidad por diarreas infantiles y por infecciones entéricas, especialmente en las épocas de verano.

Aún cuando pueda ser discutible el valor de este insecto como vector epidemiológico, no caben dudas acerca de su importancia como transportador de gérmenes.

Las diarreas infantiles agudas afectan a las personas que habitan viviendas insalubres, con deficientes condiciones higiénicas, tanto ambientales como personales y familiares, lugares donde la mosca encuentra el medio propicio para su procreación y multiplicación.

Las moscas transportan los gérmenes hasta los alimentos y si ese alimento constituye un buen medio para el desarrollo y la multiplicación bacteriana (leche, cremas, quesos, pastas, caldos, mayonesas) junto a la temperatura apropiada, el contenido bacteriano, cuya multiplicación sigue aproximadamente una progresión geométrica, aumenta en forma extraordinaria y con ella la posibilidad de que enfermen las personas y los niños que consuman esos alimentos.

En nuestro país la gastroenteritis aguda, también llamada diarrea estival cuando ataca a los niños, tienen altos índices de morbimortalidad especialmente en el norte argentino y en épocas de verano.

La mortalidad infantil por diarreas estivales en nuestro país se encuentra agravada por las condiciones de desnutrición y pobreza en que se encuentran las zonas afectadas.

#### B. LAS RATAS

Otra especie que prolifera en los basurales porque allí encuentra las condiciones esenciales para su hábitat es la rata.

Recientes investigaciones han determinado que el causante de una grave enfermedad llamada "hantavirus", tiene un huésped intermediario conocido como "ratón colilargo", un roedor mudo, que vive en los basurales y en los pajonales.

Esta enfermedad se presenta como una simple gripe, con fiebre, dolores de cabeza, molestias corporales y algunos vómitos, pero se puede convertir en una enfermedad fatal si no es tratada a tiempo.

Los colilargos pueden sobrevivir saludablemente con los virus, pero el virus es eliminado por la saliva, la orina y las excretas del ratón y a través de ellos contagian al hombre cuando éste los inhala a través de la nariz, la vía conjuntival o por la boca.

Aunque la tasa de mortalidad en Argentina disminuyó - hace 6 años moría el 60 % de las personas infectadas - en los últimos 2 años sólo mueren 3 de cada 10 pacientes.

Desde 1995 hasta ahora han enfermado 370 personas en todo el país. En 1996 se produjo un brote de síndrome pulmonar por hantavirus en la provincia de Río Negro especialmente en la localidad de El Bolsón - que afectó a por lo menos 18 personas.

Desde entonces no hubo más brotes pero los casos siguen notificándose.

## 5.2. PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS A LA PROLIFERACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS.

La presencia de microorganismos patógenos en los residuos domésticos se debe por la presencia del papel higiénico, gasas y algodones de procedimientos médicos, residuos provenientes de laboratorios clínicos, pañales desechables, toallas higiénicas, etc. Sin embargo, es importante recalcar que de manera general los agentes patógenos son poco resistentes a las condiciones ambientales desfavorables y que sobreviven por un corto tiempo en el exterior.

Desgraciadamente existen pocos datos de morbilidad referente a este tema y que puedan ser usado en estudios epidemiológicos, que permitan asociar los distintos tipos de enfermedades con los potenciales agentes patógenos que se encontrarían en los residuos domiciliarios. Algunos agentes etiológicos relacionados que pueden mencionarse son aquellos responsables con dolencias intestinales (*Ascaris lumbricooides*; *Entamoeba coli*), el virus que causa la hepatitis (principalmente del tipo B), entre otros. En la Tabla 5.3, se presentan algunas enfermedades que se podrían adquirir por la presencia de patógenos en los residuos domiciliarios.

Tabla 5.3. Enfermedades Derivadas de la Proliferación de Patógenos

ENFERMEDAD	CARACTERÍSTICAS
Amebiasis	Es producida por <i>Entamoeba histolytica</i> . Sus consecuencias son ulceración del intestino, diarrea y retortijones intestinales. Disentería. Abscesos y daños en hígado, pulmón y cerebro.
Balantidiasis	Es producido por <i>Balantidium coli</i> . Parásito de animales domésticos y en ocasiones infecta el intestino humano, ocasionando una sintomatología similar a la de la amebiasis.
Brucelosis	Es producida por <i>Brucella melitensis</i> . Las fuentes de infección son la leche o los animales infectados (ganado, cerdos, caballos, etc.)
Coccidiomicosis	Es producida por <i>Coccidioides immitis</i> , un hongo patógeno: El foco principal de infección es el pulmón. Los hongos oportunistas generalmente viven en la tierra y al inocularse se desarrollan en los pulmones, provocando esta enfermedad respiratoria.
Cólera	Es producida por <i>Vibrio cholerae</i> . Ocasiona diarrea que puede dar como resultado deshidratación y muerte. La terapia de la reposición de líquido es el principal tratamiento.
Cromomicosis	Las cromoblastomicosis es causada por varios géneros de hongos patógenos y ataca piernas y pies.
Diarrea aguada por <i>Campylobacter</i>	Es producida por <i>Campylobacter jejuni</i> y fetos. Son responsables de diarrea bacteriana en niños. Genera esterilidad y abortos en ganado vacuno y ovino. Los síntomas comprenden náuseas, vómitos, fiebre alta, calambres y heces acuosas. Infecta también a animales domésticos.
Salmonelosis	Es producida por <i>Salmonella typhimurium</i> . Los síntomas se manifiestan cuando los patógenos crecen en el intestino e incluyen dolor de cabeza, escalofríos, vómitos, diarrea y fiebre.
Fiebre Recurrente	Es producida por varias especies de <i>Borrelia</i> . Es una fiebre intermitente en la que a la temperatura normal la siguen episodios de fiebre alta.
Tuberculosis	Es producida por <i>Micobacterium tuberculosis</i> . Las bacterias se alojan y desarrollan en los pulmones. Puede producirse una infección pulmonar aguda con destrucción de los tejidos pulmonares, diseminación al resto del cuerpo y muerte.
Rabia (hidrofobia)	Es producida por un virus de la familia de <i>Rabdovirus</i> que ataca el sistema nervioso central. El virus se reproduce en el cerebro causando fiebre, excitación, dilatación de pupilas, salivación excesiva y ansiedad. La muerte deriva de la parálisis respiratoria.
Fiebre del tifo	Es producida por la <i>Rickettsia prowazekii</i> . Los síntomas son fiebre, dolor de cabeza, debilidad, erupción. Como consecuencia se producen daños en el sistema nervioso central, pulmones, riñones y corazón.
Malaria (paludismo)	Es producida por <i>Plasmodium vivax</i> : Se duplica en el hígado y posteriormente se liberan al torrente sanguíneo. Los síntomas son fiebre, escalofrío, vómitos y dolor de cabeza. Causa anemia por pérdida de glóbulos rojos, además de alargamiento de bazo.
Peste	Es producida por <i>Yersinia pestis</i> . Al pasar a los ganglios linfáticos se forman bubones (áreas de inflamación) y al invadir el torrente sanguíneo ocasiona una septicemia generalizada. Los síntomas incluyen hemorragias, manchas en la piel, dolor de ganglios, postración, "shock" y delirios. La muerte puede sobrevenir entre los 3 y los 5 días.
Giardiasis	Es producida por <i>Giardia lamblia</i> . Ocasiona una gastroenteritis aguda: Los síntomas incluyen diarrea acuosa, náuseas y malestar.
Hepatitis A	Es producida por un <i>Picornavirus</i> . Es una inflamación del hígado que puede tener como consecuencia la pérdida permanente de la función hepática.
Tularemia	Es producida por <i>Francisella tularensis</i> . Es transmitida por animales salvajes. Si bien no es una enfermedad fatal es seriamente incapacitante.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 5.3. PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

En cuanto a los problemas de salud asociados a la presencia de residuos peligrosos se debe establecer una relación causa-efecto entre contaminación y efectos sobre la salud por lo que se hace necesario estudiar las rutas de exposición. Según la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos (ATSDR), las rutas de exposición se componen de cinco elementos:

- **Fuentes de contaminación** o sitios de residuos peligrosos. En general son los basurales y vertederos no controlados, principalmente.
- **Medios de transporte** de contaminantes: aire, agua, suelo, alimentos, etc.
- **Puntos de exposición** o lugares donde ocurre el contacto del hombre con el contaminante. Por ejemplo los lugares donde los recolectores extraen el material recuperable desde los residuos o en los mismos camiones donde los trabajadores manipulan los desperdicios sin elementos de protección personal.
- **Vías de exposición:** Vías respiratorias (contaminantes en el aire). Vía oral (alimentos, agua), Vía dérmica (contaminantes que son adsorbidos por la piel, algunos compuestos orgánicos, metal-orgánicos. En el caso de la radiación la exposición es total.
- **Población receptora:** Grupos humanos afectados. El tiempo de exposición y la cantidad de residuos peligrosos, así como la vulnerabilidad de la población expuesta, son los factores que más influyen en la magnitud de los efectos sobre la salud humana,

En la Tabla 5.4, se presentan algunos contaminantes peligrosos de reconocida toxicidad que se podrían encontrar en los lugares de disposición final de residuos sólidos.

**Tabla 5.4. Contaminantes Peligrosos que Podrían Ser Encontrados en los Residuos Sólidos.**

GRUPO QUÍMICO	COMPUESTOS QUÍMICOS	GRUPO QUÍMICO	COMPUESTOS QUÍMICOS
PLAGUICIDAS	Lindano DDT Paratión Paraquat Pentaclofenol	DISOLVENTES	Benceno Tolueno Formaldehído Xilenos
METALES	Plomo Arsénico Mercurio Cadmio Cromo Níquel Flúor	OTROS	Residuos farmacéuticos Residuos infecciosos

Fuente: Elaboración propia, 2002

Considerando los efectos de cada una de las sustancias presentadas en la Tabla, prácticamente todas ellas pueden, potencialmente, afectar a todos los órganos y sistemas del cuerpo humano. No obstante, la Agencia ATSDR entrega una lista con siete condiciones de salud asociadas a este tipo de contaminación, ellas son:

- Anomalías Inmunológicas
- Cáncer
- Daño reproductivo y defectos del nacimiento
- Enfermedades respiratorias y del pulmón.
- Problemas del funcionamiento hepático
- Problemas de funcionamiento neurológico
- Problemas de funcionamiento renal.

De estas las de mayor preocupación de la comunidad son el cáncer, los efectos neurotóxicos y defectos del nacimiento.

### 5.4. ACCIDENTES Y RIESGOS OCUPACIONALES

Los miles de trabajadores que se ocupan de recolectar los desechos sólidos de las calles y casas deben enfrentar difíciles condiciones de trabajo, recorriendo zonas rurales y urbanas con alto flujo vehicular, expuestos a lluvia, nieve o altas temperaturas. Esta labor debe ser reconocida como muy importante en la manutención del aseo de las ciudades y de los hogares con el consiguiente efecto sobre el cuidado de la población. No menor es la labor de los trabajadores que se encuentran en los lugares de disposición final.

Sin embargo este recurso humano se encuentra diariamente expuestos a sufrir daños producto de accidentes o enfermedades, los cuales tienen un alto costo social y económico para el país, las empresas, los trabajadores y sus familias.

La información estadística de países europeos, Estados Unidos y de Chile, señala que las tasas de accidentabilidad en esta área son tan altas o más que en los sectores de la construcción, minería y aserraderos. Los accidentes y dolencias más frecuentes entre los trabajadores que manejan directamente los residuos sólidos domiciliarios son:

- **Corte con vidrios:** es el accidente más común entre los trabajadores de recolección domiciliarios, en los trabajadores de plantas de recuperación y reciclaje y entre los segregadores informales. La causa principal de este tipo de accidente se debe a la falta de información y educación de la población en general que no se preocupa de separar o aislar los vidrios rotos de los otros residuos. El uso de elementos de protección personal, principalmente guantes, atenúa la incidencias de cortes.
- **Cortes y perforaciones con otros objetos cortopunzantes:** Son frecuentes los accidentes con objetos tales como agujas de jeringas, clavos, espinas, tarros, alambres, etc.
- **Contusiones en los pies:** esto se debe a la caída de objetos pesados de los receptáculos. Esto se previene con el uso de zapatos de seguridad.
- **Lumbagos:** se debe principalmente por sobreesfuerzos debido a excesivo peso de los receptáculos o bolsas de desechos. Esto se previene mediante el uso, por parte de los usuarios, de



receptáculos más pequeños o de fácil manejo por parte de los trabajadores, por ejemplo con ruedas. Además, es importante capacitar a los trabajadores acerca de las mejores posturas para el levantamiento manual de carga pesada.

- **Caídas de vehículos:** principalmente en la recolección domiciliaria y en la limpieza de vías, debido a que los trabajadores están en unas pisaderas que se encuentran en la parte trasera de los vehículos y no cuentan con ningún tipo de protección. Otro factor que se relaciona con la alta incidencia de accidentes es el elevado nivel de alcoholismo entre los trabajadores de este rubro, lo que aumenta el riesgo sobre todo de los que están en el proceso de recolección.
- **Atropellamiento:** están expuestos los trabajadores de recolección, de las estaciones de transferencias, los del barrido de las calles y los de la disposición final. Además, con igual o mayor riesgo están los segregadores informales de los basurales.
- **Otros:** también ocurren accidentes fatales o mutilaciones por aplastamiento o presión de equipos de compactación y otras máquinas; mordedura de animales (perros, ratas) y picaduras de insectos venenosos.

Los trabajadores también están expuestos a peleas y violencia, al frío, al calor, a los humos, al monóxido de carbono, al metano, a las posturas forzadas, a levantar carga excesivamente pesadas, a microorganismos patógenos, etc. Por otra parte, las micosis son comunes en este tipo de trabajadores, principalmente en los pies y en las manos, donde los guantes y los calzados ofrecen un ambiente favorable para el desarrollo de los hongos.

No hay que dejar de lado los problemas de salud asociados al estrés producto de problemas de supervivencia y nutrición debido a sus bajos salarios y desgaste físico. El estrés puede llegar a ser una de las principales causas de accidentes, de dolencias ocupacionales y de la disminución del sistema inmunológico. A continuación se presentan dos Tablas (5.5 y 5.6) que muestran los resultados de estudios realizados en Colombia y Perú que abordan los diagnósticos de enfermedades y de los accidentes más frecuentes para un grupo de recicladores y de segregadores, respectivamente.

**Tabla 5.5. Diagnósticos más Frecuentes en Recicladores de Bogota, Colombia, 1993.**

DIAGNOSTICO	N°	%
IRA (Infección Respiratoria Aguda) leve	321	18
IRA moderada, grave o asma	287	16
Diarrea y parasitismo intestinal	199	11
Problemas gineco-obstétricos	190	10
Trastornos prenatales	187	10
Heridas y traumatismo	148	8
Enfermedades de la piel	142	8
Otros	140	8
Trastornos osteomusculares	110	6
Trastornos oftalmológicos	83	5
Total	1807	100

Fuente: CEPIS-OPS, 1995.

**Tabla 5.6. Diagnósticos de los segregadores Lima, Perú, 1995**

ACCIDENTES	RELLENO	DE LA CALLE
Heridas	68%	46%
Caídas y golpes	11%	25%
Atropellos y choques	2%	12%
Inhalaciones nocivas	11%	3%
Otros	8%	14%
Total	100%	100%

Fuente: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), 1995.

### 5.5. PERSONAS POTENCIALMENTE EXPUESTAS

Para prevenir los efectos sobre la salud mediante la adopción de medidas efectivas es necesario conocer la población potencialmente expuesta. Entre ellas se pueden considerar:

- Las personas que no dispone de recolección domiciliaria regular, ya que los residuos generados por ellos son dispuestos en su entorno inmediato, lo que les genera un ambiente deteriorado con presencia de vectores, humos, malos olores y animales que se alimentan de los desperdicios.
- La población de asentamientos pobres de las áreas marginales urbanas está altamente expuesta.
- Aquellos grupos de personas que viven en la vecindad de los sitios de tratamiento y disposición final de los desechos.
- Los segregadores de basuras tanto formal como informal es un grupo que está altamente expuesto debido a la manipulación que ellos efectúan en busca de cartones y papeles, botellas, latas y otros productos que puedan comercializar. Estos segregadores, sobre todos los informales, están constituidos por familias completas que tienen un gran número de niños. Estas familias trasladan sus precarias viviendas hacia los lugares de disposición, lo que hace que su exposición se ve agudizada por la falta de todos los servicios de saneamiento básico, la convivencia con vectores y animales domésticos enfermos. Además, es importante considerar que estas personas son a su vez vectores para la transmisión de enfermedades causadas por los residuos.
- Los trabajadores involucrados que se encuentran directamente relacionados con el proceso de recolección transporte y disposición final de los residuos sólidos domésticos.
- La población en general está potencialmente expuesta debido a los impactos generados por los residuos sólidos sobre todo la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, y por el consumo de carne de animales criados en basurales, los que podrían transmitir enfermedades.



## LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL BASURAL EN ARGENTINA.

En nuestro país, como en el resto de América Latina, éstas enfermedades se señalan con cifras realmente significativas.

- En un examen realizado sobre 5.000 personas en el Aglomerado Bonaerense, se encontró que el 52 % eran portadores, por lo menos de un parásito intestinal, habiéndose igualmente comprobado la frecuencia con que se descubre la asociación parasitaria (hasta seis parásitos distintos) en una misma persona.
- Las Uncinariasis (*Necator Americanus* y *Ankylostoma Duodenale*) cubren una extensa parte del territorio nacional, con una zona de elevada endemicidad en las Provincias de Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Chaco, Formosa y Misiones, y otra menor que comprende Salta, Jujuy, Catamarca y Tucumán con cifras del 20 al 70 % y aún mayores, según estimaciones que se remontan a 20 años y que no han cambiado actualmente.
- También la Ascariasis y la Trichuriasis se registran con índices muy elevados entre escolares de la región del noroeste del país.
- La Ascariasis es una parasitosis muy difundida y en algunos países latinos, y aún en el norte Argentino es una causa importante de mortalidad por las complicaciones que produce. Del mismo modo la Trichuriasis es capaz de dar lugar a cuadros disentéricos graves comprobables cuando las tasas de infestación son elevadas.
- La Oxiuriasis ocupa casi todo el territorio Argentino debido a la facilidad de su transmisión, sin embargo es más frecuente en las zona fría y casi no se encuentra en las regiones tropicales.

En Argentina, donde no hay un plan de registro de datos comparable entre provincias, es muy difícil obtenerlos especialmente cuando los existentes están extraídos de los registros hospitalarios.

A ese respecto cabe aclarar que este tipo de enfermedades parasitarias, salvo complicaciones extremas, no son tratadas en los Hospitales ni en Centros de Salud ya que son de tratamiento ambulatorio y la gente no concurre a los hospitales a internación por este tipo de enfermedad.

Otra circunstancia destacable es la práctica acostumbrada del curanderismo, especialmente en las zonas rurales del país y en los asentamientos marginales, donde la presencia del curandero y el empleo de yerbas "medicinales" se emplean con asiduidad, por problemas económicos y culturales.

Fuente: Fuente: Elaboración propia, 2002

## GLOSARIO

**Agentes Patógenos:** Microbio, tal como un virus o bacteria, el cual puede causar una enfermedad.

**Bioseguridad:** Se define como todos aquellos procedimientos utilizados para intentar prevenir la exposición a patógenos (vehiculados a través de la sangre y fluidos contaminados) por vía parenteral, mucosas y piel no intacta, aplicados a todos los pacientes.

**Ciclo de Vida:** Método científico que se emplea para investigar el impacto de un material -o de un sistema - en el medio ambiente durante toda la vida de dicho material, en una aplicación concreta, desde la obtención de las materias primas, hasta el momento en que se deshecha.

**Competencia profesional:** Definimos así al conjunto complejo e integrado de capacidades, habilidades, destrezas y actitudes que las personas ponen en juego en diversas situaciones reales de trabajo para resolver los problemas que ellas plantean, de acuerdo con los estándares de desempeño satisfactorio propios de cada área profesional.

**Conservación:** Administración del uso humano de la biosfera de modo que pueda producir los mayores beneficios sustentables para las generaciones actuales a la vez de mantener las posibilidades de uso para las futuras generaciones: en consecuencia la conservación es positiva, y comprende la preservación, el mantenimiento, la utilización sustentable, la restauración y el mejoramiento del entorno natural.

**Contaminación:** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes, o de cualquier combinación de los mismos, que excediendo los límites tolerables, cause daños a la vida o impacto en el ambiente.

**Deposito de Seguridad:** Instalación para dar disposición final en el terreno a residuos peligrosos no procesables, no reciclables, no combustibles o residuales de otros procesos de su tratamiento, los cuales mantienen sus características de peligrosidad.

**Holismo:** Teoría inversa del mecanicismo, que supone a los procesos físico-químicos como dependientes o derivados de los biológicos.

**Impacto Ambiental:** Acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales. Hay que hacer constar que el término "impacto" no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos.

**Incineración:** Es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura en el cual los residuos peligrosos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y residuales sólidos incombustibles. Los gases generados son emitidos a la atmósfera previa limpieza de gases y los residuos sólidos son depositados en un relleno de seguridad.

**Lixiviados:** Líquido generado en el relleno sanitario producto de la humedad intrínseca de los residuos, sumada a la infiltración de aguas lluvia dentro del relleno y al agua generada por la descomposición anaeróbica. Este líquido presenta una alta carga orgánica, un fuerte olor y una gran actividad microbiológica.

**Morbilidad:** Incidencia y/o prevalencia de enfermedades o deficiencias o incapacidades en la población. Normalmente se expresa como una tasa: el número de casos de la enfermedad por 1,000 personas expuestas al riesgo. La forma más precisa de valorar las tasas de morbilidad es mediante las encuestas epidemiológicas, pero el reporte de casos a través de la supervisión de los sistemas de salud ofrece una indicación de la magnitud relevante de la incidencia de la enfermedad, así como las tendencias en el control o prevención y puede proporcionar información sobre los patrones de morbilidad en diferentes partes del país.

**Preservación:** El mantenimiento de los ecosistemas naturales o cualquiera de sus componentes en su estado actual. A veces es necesaria la intervención humana para evitar una evolución natural que altere dicho estado.

**Producto Bruto Interno:** Valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado. Producto se refiere a valor agregado; interno se refiere a que es la producción dentro de las fronteras de una economía; y bruto se refiere a que no se contabilizan la variación de inventarios ni las depreciaciones o apreciaciones de capital.

**Reciclaje:** Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente. La palabra "reciclado" es un adjetivo, el estado final de un material que ha sufrido el proceso de reciclaje. En términos de absoluta propiedad se podría considerar el reciclaje puro sólo cuando el producto material se reincorpora a su ciclo natural y primitivo: materia orgánica que se incorpora al ciclo natural de la materia mediante el compostaje

**Relleno Sanitario:** Método ingenieril de disposición final de los residuos sólidos, mediante el cual ellos son vertidos en depósitos estancos de manera que los subproductos que se generan por la descomposición de los residuos no dañan su entorno. El proceso consta de varias etapas, entre las que destacan la selección adecuada del sitio, la impermeabilización del área destinada al vertido de desechos, la construcción de las celdas de residuos y capas de cobertura, el monitoreo y control ambiental y la ejecución del programa de cierre.

**Residuos Sólidos:** Es todo aquel material que es descartado por no tener ninguna utilidad para quien lo desecha y que se encuentra confinado en un envase sólido.

**Salud:** Estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencia. Dentro del contexto de la promoción de la salud, la salud ha sido considerada no como un estado abstracto sino como un medio para llegar a un fin, como un recurso que permite a las personas llevar una vida individual, social y económicamente productiva. La salud es un recurso para la vida diaria, no el objetivo de la vida. Se trata de un concepto positivo que acentúa los recursos sociales y personales, así como las aptitudes físicas.

**Sustentabilidad:** Forma de utilización de los recursos para cubrir necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias.

**Vectores Sanitarios:** Portador, especialmente el animal huésped que transporta el germen de una enfermedad.

**Vertedero:** Lugar donde se depositan residuos de origen urbano o industrial. Puede tratarse únicamente de una acumulación incontrolada, con los consiguientes riesgos de incendio, sanitarios y ambientales, o de una instalación o vertedero controlado donde los residuos reciben algún tipo de tratamiento o almacenamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Acurio G., Rossin A., Teixeira P. y F. Zepeda, 1997. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Publicación conjunta del Banco Interamericano y la Organización Panamericana. (<http://www.iadb.org/sds/doc/env107ARossinE.pdf>)

AIDIS Argentina, 2002. Diagnóstico de la Situación de los Residuos Sólidos en Argentina, GTZ Argentina (en proceso)

Alliende, F., 1996. Manual de manejo de residuos sólidos industriales, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile.

Capri T. (Ed.), 1995. Competitividad, medio ambiente y estrategia industrial (I), Universitat de Valencia, España.

CEPIS-OPS, 1995. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe, Textos completos, Perú (<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/resisoli/dsm/dsmcap03.html>, Diciembre 2002)

CONAMA, 1998. Dirección Región del Bio Bío, Apunte: curso de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios, Concepción, Chile.

Coordinación Ecológica Area Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), 2002. Disposición y tratamiento: Generación de Residuos, Buenos Aires, Argentina (<http://www.ceamse.gov.ar/abre-dispocisión.html>, Diciembre, 2002)

Fontoira J., 1989. El tratamiento de los residuos industriales: Situación actual y tendencia futura en el ayuntamiento de Madrid, En: Residuos Urbanos y Medio Ambiente, Universidad Autónoma de Madrid, pág. 41-49. España.

Fundación Mapfre, 1994. Manual de contaminación ambiental, Ed. Mapfre S.A. pág. 372-378. España.

Indu Ambiente, 2001a. La guerra de la basura. En: Indu Ambiente, Año 9, N° 51, pág: 64-71. Chile.

Indu Ambiente, 2001b. Los residuos en retirada. En: Indu Ambiente, Año 9, N° 49, pág: 20-57. Chile.

Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), 1995. Diagnóstico de los segregadores: Cuaderno Divulgativo, Lima, Perú.

Kramer, 2002. Manual practico de educación ambiental, Técnicas de simulación, juegos y otros métodos educativos, Ed. Catarata, pág. 23-32 Madrid.

Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001. Plan Nacional de Valorización de Residuos: Inventario de Asentamientos con interés en la Valorización RSU, Argentina ([http://www.medioambiente.gov.ar/documentos/d-ca/pnvr/inventario\\_asentamientos.PDF](http://www.medioambiente.gov.ar/documentos/d-ca/pnvr/inventario_asentamientos.PDF), Enero 2003)

Ministerio del Medio Ambiente, 1996. Dirección de Calidad y Evaluación de Impacto Ambiental: Actuaciones en infraestructura para la gestión de residuos sólidos urbanos. Secretaría Técnica de Medio Ambiente, España.

Organización Panamericana de la Salud, 1996. Vigilancia Ambiental. Serie HSP-UNI/Manuales Operativos PALTEX Volumen IV.

Prignano A., 1998. Crónica de la basura porteña. Junta de estudios históricos de San José de Flores, Argentina.

Rivera J., Henríquez D, Vogt L. y S. Muñoz, 2000. Abre y conocerás tu ambiente. Ilustre Municipalidad de Talcahuano. 1ª Ed. Pág: 80-97. Chile.

Rivera S., 1998. Residuos sólidos industriales, taller de capacitación, Manual Centro EU-LA-Chile, Universidad de Concepción.

Sempere J. y J. Riechmann, 2000. Sociología y Medio Ambiente, Ed. Síntesis S.A., Madrid.

Szanto M., 1997. Módulo de residuos sólidos. Secretaría Master en Contaminación Ambiental. España.

Tchobanoglous G., Theisen H. y S. Vigil, 2000. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Mc Graw- Hill, 1ª Ed, España.

United Nations Populations Fund (UNFPA), 2001. El estado de la población Mundial 2001, Fondo de producción de las Naciones Unidas, Naciones Unidas (<http://www.unfpa.org/swp/2001/espanol/>, Diciembre 2002).

Zaror C., 2002. Introducción a la Ingeniería Ambiental para la industria de procesos. Universidad de Concepción, 2ª Edición, pág 328-333, Chile.

## PARA APRENDER MÁS:

<http://www.un.org>

Proyecto Unido de la Cyberescuela de las Naciones Unidas.

<http://www.repamar.org/>

REPAMAR: Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos : La gestión de residuos sólidos en América Latina

<http://www.cepis.org.pe/>

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

<http://www.cepis.ops-oms.org/>

Base de datos de publicaciones, eventos y organizaciones.

<http://www.who.int/en/>

OMS - Organización Mundial de la Salud : Recursos de información, centro de prensa, datos estadísticos sobre enfermedades en el mundo, políticas internacionales de salud y temas especiales.

<http://www.buenosdiasplaneta.org>

Reducir, Reutilizar, Reciclar

<http://www.medioambiente.gov.ar/documentos/>

Manuales y Guías de manejo de Residuos Sólidos Urbanos

## COMPETENCIAS PARA EL PROFESOR

### COMPETENCIA GENERAL

**Reconocer e identificar** la problemática de los residuos sólidos en la sociedad contemporánea y **deducir** el rol de la educación como herramienta de gestión (aprender a conocer).

### SUBCOMPETENCIAS

- a) **Sensibilizarse** frente a los problemas ambientales derivados de los residuos sólidos de su comunidad (aprender a ser).
- b) Identificar los enfoques apropiados para la comprensión de la temática de los residuos sólidos (aprender a hacer).
- c) **Adoptar** una visión integrada en la gestión de los residuos sólidos, según criterios científicos, sociales y sanitarios (aprender a hacer).
- d) **Prevenir y controlar** los riesgos provenientes de los residuos sólidos en la salud humana, evitando accidentes, riesgos innecesarios y al mismo tiempo **promover** un actitud responsable frente al manejo de los residuos peligrosos (aprender a hacer).
- e) Incorporar la dimensión educativa en la prevención y tratamiento de los residuos sólidos de su comunidad educativa, mediante el trabajo grupal y la elaboración de proyectos socio-educativos. (aprender a convivir).



**PARTE II**  
**RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

AUTOR

**SUSANA RIVERA V.**  
Centro EULA-Chile  
Universidad de Concepción

COLABORADOR

**GUILERMO RIVERA**  
Dirección de Medio Ambiente  
Ilustre Municipalidad de Talcahuano

## 6. TIPOLOGÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los residuos sólidos urbanos son todos los materiales que han sido desechados por la población, pudiendo éstos ser de origen doméstico, comercial e institucional entre otros, y que excluyen a aquellos denominados como peligroso según la Ley Nacional 24.051 y sus decretos reglamentarios.

En este capítulo serán abordados los residuos sólidos urbanos, dejando para capítulos posteriores la discusión temática de los residuos industriales, agrícolas, patológicos y radioactivos, debido a que poseen normativas y tratamientos específicos.

El conocimiento de los orígenes y los tipos de residuos sólidos, así como los datos sobre la composición y las tasas de generación, son básicos para el diseño y la operación de los elementos funcionales asociados con la gestión de residuos sólidos.

### 6.1. ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los orígenes de los residuos sólidos en una comunidad están, en general, relacionados con la actividad y su localización. Aunque, pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, se mencionarán la siguiente clasificación dentro de los Residuos Sólidos Urbanos (Comunidad de Madrid, 1987a):

- Doméstico
- Comercial
- Institucional
- Construcción y demolición
- Servicios de aseo y ornato municipal
- Lodos de plantas de tratamiento



Fuente: Sec. de Turismo y Desarrollo Sustentable

En la Tabla 6.1, se muestra el tipo de residuos sólidos factibles de generar por diferentes tipos de fuentes.

**Tabla 6.1. Tipos de residuos por fuente de generación**

FUENTE	TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS
Doméstica	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, cenizas, hojas, residuos especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, baterías, pilas, aceite, neumáticos), residuos domésticos peligrosos.
Comercial	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales (ver párrafo superior), residuos peligrosos, etc.
Institucional	(Como en Comercial) se incluyen también los hospitalarios no patogénicos.
Construcción y demolición	Madera, acero, hormigón, alambre, tierra y alambre.
Servicios municipales	Residuos especiales, barrido de calles, recortes de árboles, etc.
Plantas de tratamiento e incineradoras municipales	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de lodos, cenizas y escorias.

Fuente: Tchobanoglous et.al., 2000

### A. DOMÉSTICO

Típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos, está formada por materiales como residuos de comida, papeles, cartón, plásticos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio y metales férricos.

Los residuos que se descomponen rápidamente, especialmente en un clima templado, también se conocen como residuos putrefactibles. La fuente principal de residuos putrefactibles es la manipulación, la preparación, la cocción y la ingestión de comida. Frecuentemente, la descomposición origina olores molestos y reproducción de moscas. En muchas instalaciones, la naturaleza putrefactible de estos residuos influirá en el diseño y en la operación del sistema de recolección de residuos sólidos.

Dentro de los residuos sólidos domésticos se encuentran los denominados residuos especiales. Los residuos especiales incluyen artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, productos de línea blanca, baterías, aceite y neumáticos. Estos residuos normalmente son retirados desde las aceras, en forma separada de los otros residuos domésticos y comerciales.

Asimismo, en los residuos sólidos domésticos se encuentra una cantidad variada de residuos peligrosos. Los residuos o las combinaciones de residuos que representan una amenaza substancial, presente o potencial, a la salud pública o a los organismos vivos han sido definidos como residuos peligrosos. Muchos de los productos utilizados en las casas, tales como productos de limpieza, aseo personal, productos del automóvil, de pintura y jardín, son tóxicos y pueden ser peligrosos para la salud y ambiente (tabla 6.2).

**Tabla N°6.2. Productos domésticos peligrosos típicos.**

CARACTERÍSTICAS	PRODUCTO
Corrosivos	Polvos abrasivos Limpiadores con amoníaco. Lejía de cloro Limpia hornos Limpia inodoros Limpia tapizados Baterías de coche Pilas Productos químicos para fotografía Ácidos y cloro de piscina
Inflamables	Aerosoles Abrillantadores para muebles Betún para calzado Abrillantador para plata Quitamanchas Limpia tapizados Quita esmalte de uñas Líquido de frenos y de transmisión Fuel diesel Querosen Gasolina Aceite residual Pintura esmalte, óleo, látex o de agua Disolventes de pinturas
Irritantes	Limpiacristales
Tóxicos	Medicamentos caducados Productos para ondular el pelo Champús médicos Quita esmalte de uñas Alcohol para frotaciones Anticongelante Aceite residual Productos químicos para fotografía Insecticidas de jardín, matahormigas y cucarachas, herbicidas domésticos, etc. Fertilizantes químicos Insecticidas para plantas domésticas

Fuente: Tchobanoglous et.al., 2000

### B. COMERCIAL.

Están constituidos por los residuos de la actividad de los diferentes circuitos de distribución de bienes de consumo como almacenes, supermercados, bancos, restaurantes y tiendas. Son esencialmente embalajes, material de oficina y residuos de comedores.

### C. INSTITUCIONALES

Las fuentes institucionales de residuos sólidos incluyen centros gubernamentales, escuelas, cárceles y hospitales. Excluyendo a los residuos de fabricación de las cárceles y los residuos sanitarios de los hospitales, los residuos sólidos generados en estas instalaciones son muy similares a los residuos sólidos urbanos no seleccionados. En la mayoría de los hospitales, los residuos patógenos son manipulados y procesados separadamente de otros residuos sólidos.

### D. CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Los residuos de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras, son clasificados como residuos de construcción. Las cantidades generadas son difíciles de estimar. La composición es variable, pero puede incluir: piedras, hormigón, ladrillos, maderas, grava y piezas de fontanería, calefacción y electricidad. Los residuos de los edificios demolidos, calles levantadas, aceras, puentes y otras estructuras, son clasificados como residuos de demolición. La composición de los residuos de demolición es similar a la de los residuos de la construcción, pero puede incluir vidrios rotos, plásticos y acero de reforzamiento.

### E. SERVICIOS DE ASEO Y ORNATO

Otros residuos de la comunidad, que se derivan de la operación y del mantenimiento de las instalaciones municipales y de la provisión de otros servicios municipales, incluyen barrido de la calle, basuras en la calle, residuos de los cubos de basura municipales, recortes del servicio de jardín, residuos de sumideros, animales muertos y vehículos abandonados. Como es imposible predecir dónde se van a encontrar los animales muertos y los automóviles abandonados, estos residuos frecuentemente son identificados como de origen difuso no especificado.

Los residuos de orígenes difusos no especificados se pueden comparar con aquellos de orígenes domésticos, que también son difusos pero específicos, ya que la generación de estos residuos es un acontecimiento repetitivo.

### F. RESIDUOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO Y OTROS RESIDUOS

Los residuos sólidos y semisólidos de agua, aguas sucias e instalaciones de tratamiento de residuos industriales, son llamados residuos de plantas de tratamiento. Las características específicas de estos materiales varían, según la naturaleza del proceso de tratamiento.

Los residuos provenientes de la incineración de madera, carbón, coque y otros residuos combustibles son caracterizados como cenizas y rechazos (los residuos de plantas de energía normalmente no se incluyen en esta categoría porque son manipulados y procesados separadamente). Estos rechazos normalmente están compuestos por materiales finos, cenizas, escorias de hulla y pequeñas cantidades de los materiales quemados y parcialmente quemados. El vidrio, la cerámica y varios metales también se pueden encontrar en los rechazos de las incineradoras municipales.

Los residuos sólidos industriales, agrícolas, sanitarios y radioactivos serán tratados en la Parte III de este mismo libro.

## 6.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Las cantidades generadas de residuos sólidos urbanos dependen fuertemente de la población existente, las actividades económicas del lugar, el nivel cultural y socioeconómico de la población. En la Figura 6.1. se presentan algunos casos para Argentina comparando principalmente la generación por habitante día para distintas provincias del país.

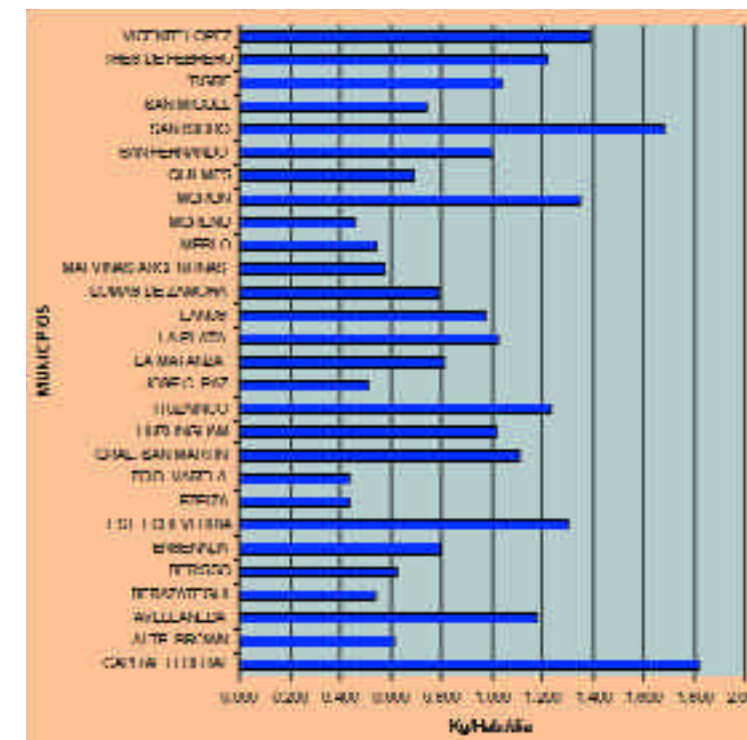


Figura 6.1. Generación diaria de residuos sólidos urbanos por habitante, para diversos municipios de Argentina

Fuente: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), 2002.

### A. AREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

El Área Metropolitana de Buenos Aires incluye la ciudad de Buenos Aires y 27 Municipios de la Provincia de Buenos Aires. El manejo de los residuos en dicha área está regionalizado y CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado) es el organismo responsable. Esta empresa, dispone más de 5,5 millones de toneladas de residuos anuales, cifra que representa un manejo promedio de 470.000 toneladas mensuales.

En términos generales, los municipios de mayor nivel socioeconómico (ciudad de Buenos Aires, San Isidro y Vicente López) poseen una mayor tasa de generación de residuos que los municipios de menor poder socioeconómico (Florencio Várela, Moreno, José C. Paz, entre otros).



### B. CÓRDOBA

La ciudad de Córdoba, localizada en la provincia del mismo nombre, cuenta con 3.061.611 habitantes, de acuerdo al censo nacional del año 2001.

De acuerdo con datos oficiales de la Secretaría General de la Gobernación de la Provincia de Córdoba, la Ciudad de Córdoba representa más del 70 % de la generación total de la provincia (Figura 6.2.).

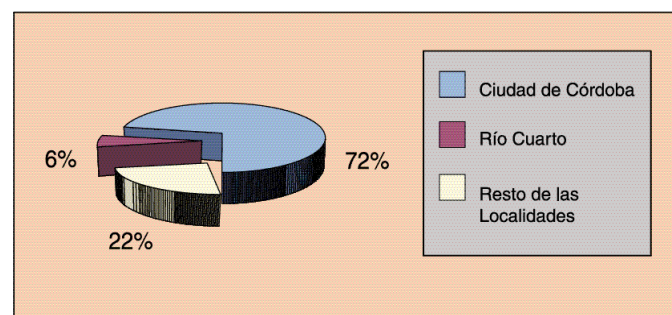


Figura 6.2. Porcentajes de Generación de Residuos en la Provincia de Córdoba

Fuente: Agencia Córdoba Ambiente, 2002.

La distribución porcentual de las diferentes localidades de la provincia en función de su generación de residuos per cápita, puede observarse en el siguiente gráfico (Figura 6.3.).

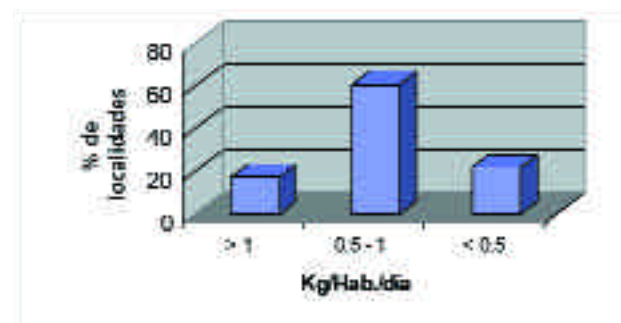


Figura 6.3. Distribución porcentual de diferentes localidades de la provincia de Córdoba en función de su generación diaria de residuos percapita

Fuente: Agencia Córdoba Ambiente, 2002.

El promedio de generación per capita diaria es de  $0.709 \pm 0.245$ , generándose aproximadamente 70.000 Ton / mes.

### C. SANTA FE

Esta ciudad ubicada en la provincia del mismo nombre, cuenta con aproximadamente 1.200.000 habitantes, lo que representa el 40 % de la población de la provincia.

Según fuentes oficiales (Dirección de Calidad de Vida - Secretaria de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental), en Santa Fé, se disponen al día, aproximadamente 900 ton de residuos, por lo que su tasa de generación es de 0.7 Kg/hab./día.

### D. RESTO DEL PAÍS

En la Tabla 6.3. Se presentan algunos datos de generación per capita de residuos sólidos urbano para otras localidades del país.

Tabla 6.3. Generación de residuos sólidos urbanos para diversas ciudades de Argentina

PROVINCIA	AÑO	POBLACIÓN	KG/HAB/DÍA
Buenos Aires			
Trenque Lauquen	1999	36.000	0.5/0.71
Dolores	1999	26.000	0.6
Coronel Suarez	2000	27.935	3.22
Los Toldos	2001	14.408	1.88
Santa Fé			
Esperanza	1999	35.000	0.5
Arequito	1999	7.000	0.5
Venado Tuerto	2000	70.375	1.34
La Pampa			
La Pampa	1991	257.029 (1)	0.6
Intendente De Alvear	1999	7.000	0.45
General Pico	1999	45.000	0.6
Entre Ríos			
Chajari	1999	30.000	0.6/1.6 **
Río Negro			
San Carlos de Bariloche	1999	100.000	0.70
Santa Cruz			
Caleta Olivia	1999	35.000	0.7
El Calafate	2001	6.439	1.15
Misiones			
Puerto Rico	2000	16.000	0.44
Oberá	2000	43.800	0.91
Neuquén			
Plottier	2000	25.000	0.64
Mendoza			
Maipú	2000	105.000	0.667
Malargüe	1999	25.726	0.63
Alvear	1999	46.725	0.81
San Rafael	1999	177.170	0.90
Uspallata	2001	7.551	0.75

(1) Centro Urbano.  
Fuente: Agencia Córdoba Ambiente, 2002.

De acuerdo con las tasas de generación percapita y el número de habitantes de cada provincia citadas precedentemente, se calcularon promedios de residuos sólidos urbanos generados por provincias, considerando valores para años diferentes (entre 1999 y 2001) obteniendo los resultados que se observan en la Figura 6.4.

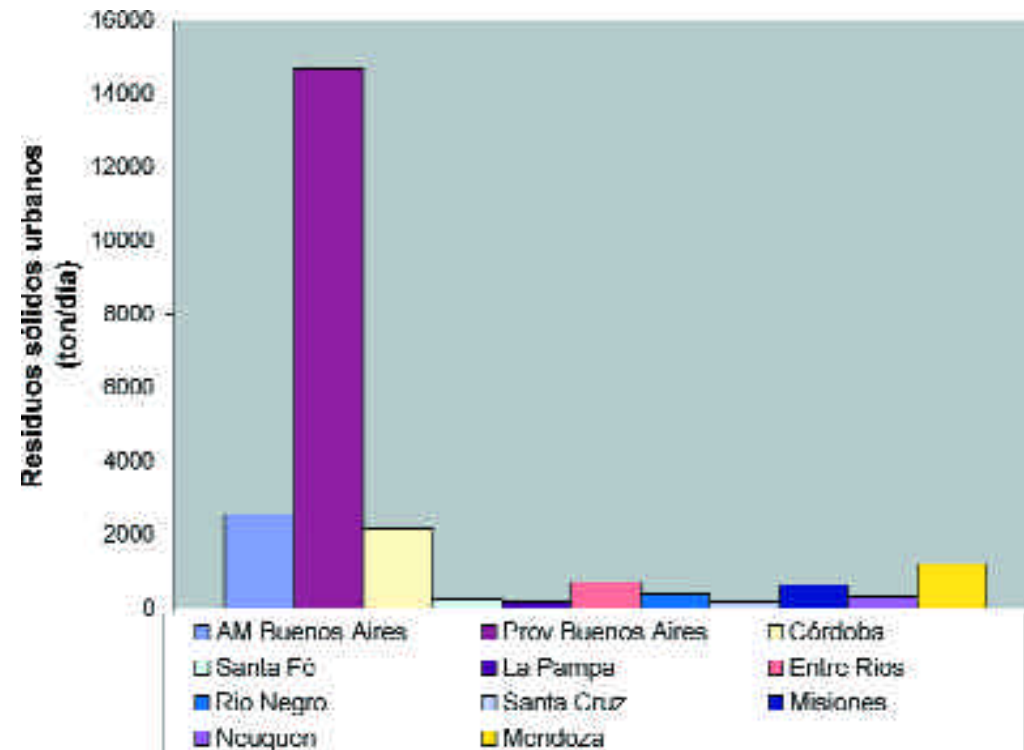


Figura 6.4. Toneladas de residuos sólidos urbanos generados en diversas provincias de Argentina.

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001

Considerando las tasas de generación por Localidad se obtiene que las mismas varían entre 0.267 y 1.43 Kg/hab./día. Estas diferencias podrían explicarse por los diferentes niveles socioeconómicos que presentaban mayor generación de residuos.

### 6.3. COMPOSICIÓN DE LOS RSU

Se entiende por composición a la descripción de los componentes de los RSU y su distribución relativa, usualmente basada en porcentajes por peso. La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para evaluar las necesidades de equipo, los sistemas, programas y planes de gestión.

Los componentes que típicamente constituyen la porción doméstica de los RSU, excluyendo los residuos especiales y peligrosos, se muestran en la Tabla 6.4.

Según información de la Dirección de Calidad Ambiental - Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental de la República Argentina (datos actualizados a noviembre de 2001) la composición física promedio de los residuos sólidos urbanos se presenta en la Figura 6.5.

Tabla 6.4. Componentes típicos encontrados en los residuos sólidos urbanos

ORGÁNICO	INORGÁNICOS
Residuos de comida	Vidrio
Papel	Latas de hojalata
Cartón	Aluminio
Plásticos	Otros metales
<b>Otros:</b> Textiles	Cenizas, etc.
Goma	
Cuero	
Residuos de jardín	
Madera	
Orgánicos misceláneos.	

Fuente: Tchobanoglous et al., 2000

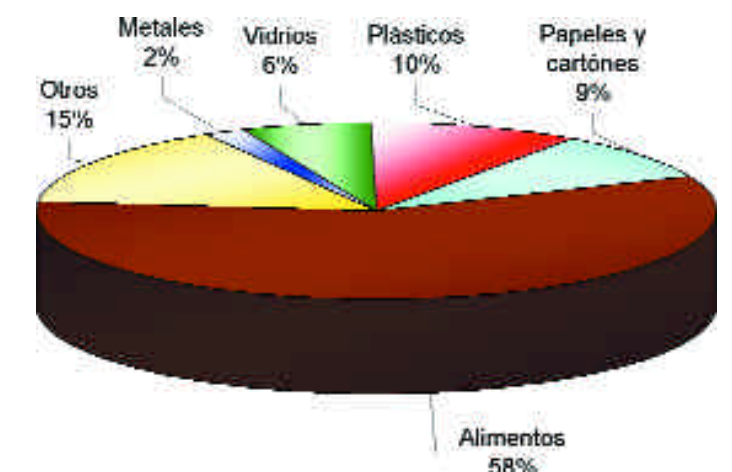


Figura 6.5. Composición promedio de los residuos sólidos urbanos en Argentina.

Fuente: Elaboración propia, 2002.

## COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ARGENTINA

En particular, la ciudad de Buenos Aires, durante 2002, presenta una composición con poco más de la mitad de la basura como material orgánico (alimentos 40,3 % y papeles y cartón 25,4 %) plásticos 17 %, escombros 7,3 %, vidrios 4,2 %, metales 2,8 %, pañales 2,5 % y especiales (pilas, pinturas, remedios, etc.) 0,5 % (Figura 6.6.).

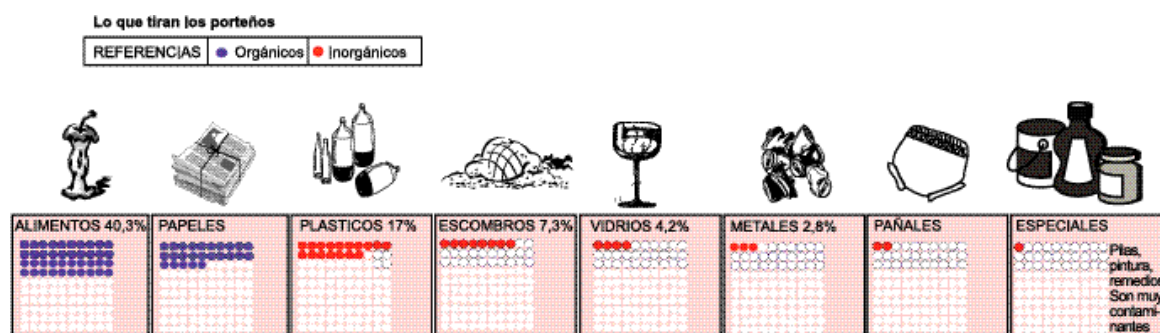


Figura 6.6. Distribución de los componentes de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Buenos Aires.

Fuente: Coordinación Ecológica Area Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) 2002.

La composición física promedio de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires varió notablemente en estos 10 años (Figura 6.7.). Se observó:

- Un aumento del porcentaje de papeles y cartones
- Una disminución del porcentaje de vidrio y metales ferrosos.
- Un aumento del porcentaje de participación de metales no ferrosos, en especial el aluminio.
- Importante presencia de pañales y apósitos descartables en todos los estratos sociales.
- Un aumento de los residuos de poda y jardín
- Una disminución de los desechos alimenticios.

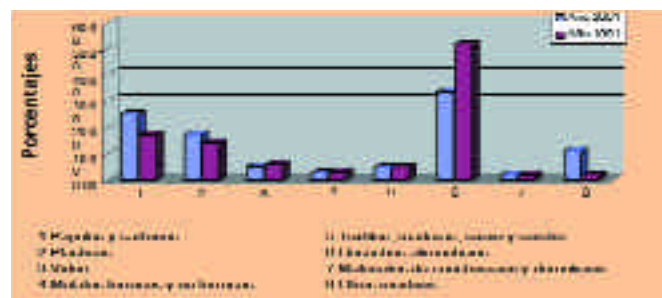


Figura 6.7. Comparación de la composición de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Buenos Aires entre los años 1991 y 2001.

Fuente: Di Lorenzo J., 2003

## 7. INSTALACIONES ASOCIADAS AL MANEJO DE LOS RSU.

### 7.1. SEPARACIÓN Y MANIPULACIÓN EN ORIGEN

La manipulación y separación de residuos sólidos en origen antes de ser recogidos es un paso crítico e importante en la gestión de los residuos, especialmente en los países en que se hace reciclaje o recuperación de materiales.

La separación de los componentes de residuos sólidos destinados al reciclaje, por ejemplo: papel, cartón, latas de aluminio, vidrio y envases de plástico es una de las formas más positivas y eficaces de lograr la recuperación y reutilización de materiales.

La separación en origen depende siempre de lo que se pretenda hacer con los residuos separados, si se van a reciclar, si se van a reutilizar o si van a ser destinados al compostaje.

Generalmente la separación de los residuos se hace en el interior de la vivienda donde el ama de casa determina en qué lugar y en qué recipientes dispondrá la selección.

Para esto se utilizan bolsas de diferente color: una para restos de comidas, otra para papel, otra para plásticos y una para el resto.

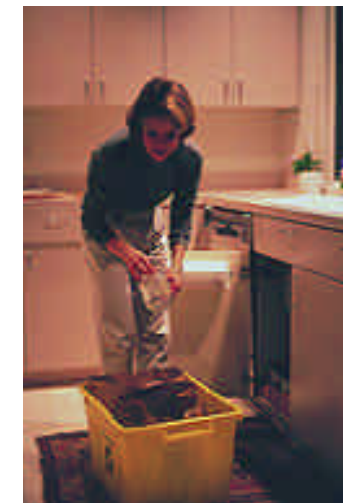
Estas prácticas están relacionadas con la modalidad de recolección, el transporte y los horarios establecidos para recogerlos. A veces se utilizan dos modos alternativos de transporte, en algunas comunidades es diferenciado y en otras mixto.

Las fracciones separadas de residuos, son recogidas y transportadas en un vehículo especial a la planta de procesamiento. El resto de los residuos (inorgánicos y no separados) es recolectado de manera convencional y transportados directamente a disposición final.

En la mayoría de las pequeñas localidades del interior de Argentina, donde la recolección se hace con carros de tiro a caballo o en camiones, se utilizan recipientes comunitarios, los que una vez vaciados son devueltos a los vecinos en el mismo punto donde fueron recogidos.

La programación de las campañas de separación en origen, debe estar perfectamente relacionada con el diseño de los circuitos de transporte.

En Argentina no existen prácticamente datos sobre separación en origen, ya que estos mecanismos no cuentan con una legislación a nivel nacional que reglamente el ejercicio de este tipo de recolección. Sin embargo algunas localidades del interior del país han comenzado con estas prácticas a pesar de limitaciones por la falta de un mercado fuerte que absorba los residuos separados.



Fuente: CEAMSE 2002



Fuente: CEAMSE 2002



En la Tabla 7.1, se presentan las poblaciones del interior del país donde se realiza separación en origen.

LOCALIDAD	SEPARACIÓN EN ORIGEN	RECOLECCIÓN
Armstrong, Santa Fe.	tacho, 48% hab.	diferenciada por vehículo y día.
Ciudad de Córdoba (1) (planta vertedero)	solo patológicos	diferenciada por vehículo y día.
Ciudad de Córdoba (planta de separación)	bolsa± 50% hab.	diferenciada por vehículo y día.
Intendente Alvear, La Pampa.	bolsa color	mixta
Las Rosas, Santa Fe.	tacho, 50%viv.	diferenciada por vehículo y día.
Maipú, Mendoza.	bolsa, 30%flías.	mixta
Oberá, Misiones.	bolsa color	diferenciada por vehículo y día.
Oncativo, Córdoba.	no hay	mixta por contenedores
Plottier, Neuquén.	bolsa color	mixta
Puerto Rico, Misiones.	bolsa color	diferenciada por vehículo y día.
Trenque Lauquen, Buenos Aires.	bolsa color	mixta
Villa Giardino, Córdoba.	tacho	diferenciada por vehículo y día.
Villa Gral. Belgrano, Córdoba.	bolsa color	mixta
Federal, Entre Ríos.	bolsa color	diferenciada por vehículo y día.

1) Hay dos plantas en el mismo predio que funcionan independientemente.

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001.

La experiencia ha determinado que cualquiera sean las prácticas adoptadas para la disposición de los residuos, resulta evidente que el volumen de residuos sólidos urbanos que se genera es de tal magnitud que afectan negativamente al presupuesto municipal, por esto, un buen manejo y alternativas de minimización siempre serán bien recibidas.

Además, cuando no se practica la recuperación, debe sumarse la necesidad siempre creciente de superficies de tierra destinadas al lugar de disposición final de los residuos.

El procesamiento de residuos sólidos en viviendas consiste simplemente, en reducir el volumen, recuperar materiales reutilizables, o alterar la forma física de los residuos sólidos.

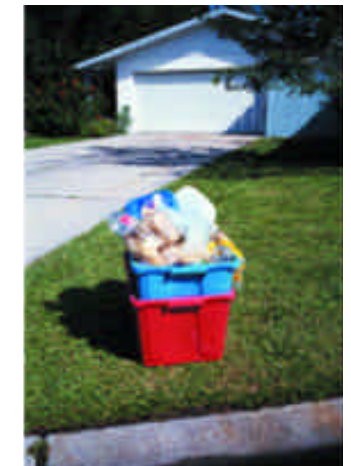
Las operaciones de procesamiento in situ más comúnmente incluyen (Seoanez, 2000):

- Trituración de los residuos de comida.
- Separación de componentes.
- Compactación.
- Compostaje.
- Combustión (en chimeneas).

La quema de restos de podas, anteriormente una técnica común de procesamiento realizada para reducir el volumen de los residuos, está, ya prohibida en la mayoría de las zonas urbanas.

#### A. TRITURACIÓN DE RESIDUOS DE COMIDA.

Las trituradoras de residuos de comida se usan principalmente para los residuos procedentes de la preparación, cocción y servicio de comida. Funcionalmente, las trituradoras dejan el material que pasa a través de ellas apto para su transporte en el sistema de alcantarillas. La mayoría de las trituradoras de uso doméstico no sirven para huesos grandes u otros artículos voluminosos.



Fuente: CEAMSE 2002

#### B. SEPARACIÓN DE RESIDUOS

La separación de los componentes de los residuos sólidos en el punto de generación es una de las formas más eficaces de lograr la recuperación y reutilización de materiales con contenido energético como papel, cartón, plásticos, residuos de jardín, entre otros.

#### C. COMPACTACIÓN

En general, la compactación en domicilio, es una práctica muy poco utilizada en los países latinoamericanos, ya que se requiere de una separación previa. Sin embargo en Norteamérica y Europa se usan habitualmente, existiendo dos tipos principales de compactadoras, una para unidades pequeñas utilizadas en unidades domiciliarias individuales, y las grandes usadas en edificios.

La compactación permite disminuir sustancialmente el volumen de los residuos, pero producto de este proceso, los residuos llegan a estar tan saturados con los líquidos presentes en los residuos de comida que la recuperación de papel u otros componentes quizás no sea factible, porque no se satisfacen las especificaciones del producto. Aunque el uso de compactadoras reduce el volumen en bruto de los residuos que hay que manejar, el peso, por supuesto, sigue igual.

#### D. COMPOSTAJE

El uso del compostaje como un medio para reciclar materiales orgánicos es una forma eficaz de reducir el volumen y alterar la composición física de los residuos sólidos y a la vez producir un subproducto útil. Se utilizan diversos métodos, según la cantidad de espacio disponible y los residuos que hay que fermentar.

En términos de los problemas globales de gestión de residuos sólidos que las ciudades tienen que afrontar, es que el impacto del compostaje doméstico sobre el volumen de los residuos sólidos que hay que manipular es relativamente pequeño. No obstante, el compostaje de hojas puede ser un factor importante en el cálculo para determinar la cantidad de residuos desviados fuera de los vertederos.

Compostaje doméstico. El compostaje doméstico requiere que el propietario de la casa desarrolle individualmente algún método de compostaje para los residuos de jardín, principalmente hojas y recortes de césped. Si se astillan en pequeños trozos también se pueden fermentar los recortes de arbustos, tocones y madera.



**Abono de césped.** Otro tipo de compostaje implica dejar los recortes de hierba de un césped recién cortado allí donde fueron cortados. Si son suficientemente cortos caerán a través de la hierba hasta la capa de humus en la superficie del suelo. Con el tiempo, los recortes de césped fermentarán y se incorporarán al humus. Este método no solamente reduce la cantidad de residuo generado en origen, sino también permite el reciclaje de nutrientes.

## E. INCINERACIÓN

La elección del tipo de incinerador utilizado para edificios depende del modo de carga: de chimenea o conducto. En el tipo de chimenea, los residuos son cargados directamente a través de puertas en cada piso de la chimenea de refractario, al fondo del cual se abre directamente en la parte superior de la cámara de combustión de la incineradora.

### UN FENÓMENO RECIENTE EN CAPITAL FEDERAL: LOS CARTONEROS

Llamados también "recolectores informales", "hurgadores" o "cirujas" tienen una historia que empieza a partir de la crisis económica del 2.000.

Por unos USD 3 por día, cerca de 40.000 personas, la mayoría nuevos cirujas, escapan de la miseria extrema sólo para poder comer.

Se estima que los cartoneros sacan del circuito de la basura más de un 10%, lo que equivale a 1,5 toneladas diarias de residuos que se producen en Buenos Aires.

En el año 2002, se llegó a pagar USD 0,1 por kilo de papel y cartón.

Los medios de transporte utilizados por los cartoneros para la recolección son variados: grandes cajones montados sobre ruedas de diversa procedencia, los changuitos de supermercados y las "carretas" que se construyen a pedido con un esqueleto de hierro, ruedas de goma de autos y una gran bolsa donde caben 100 o 120 kilos de residuos.



La empresa de Ferrocarriles del Estado destinó un tren especial, "el tren blanco", que circula entre las estaciones de Retiro y José León Suárez, pasando por 11 estaciones, donde se recibe y paga lo recolectado.

Para cubrir riesgos sanitarios, el Gobierno de la Ciudad implementó un sistema de vacunación gratuito que incluye las vacunas antitetánica, antidiftérica y la doble viral (antivaricelosa y antisarampionosa).

Una de las zonas más requeridas para la recolección es la del Microcentro porteño debido a las enormes bolsas de papel y cartón salidas de las oficinas.

Los cartoneros se convirtieron rápidamente en competidores de las empresas recolectoras de residuos y desde algunos sectores se asegura que provocan pérdidas al Estado por ello y a las empresas privadas que recolectan la basura.

Fuente: CEAMSE, 2002

## 7.2. ALMACENAMIENTO EN LOS PUNTOS DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los lugares típicos para el almacenamiento de residuos sólidos incluyen el almacenamiento en sótanos, al aire libre y ocasionalmente en sistemas de el almacenamiento compactado.

### A. ALMACENAMIENTO EN EDIFICACIONES DE BAJA ALTURA

En muchos bloques de baja y mediana altura, los grandes contenedores para el almacenamiento de residuos están localizados al aire libre en patios especiales. Los grandes contenedores se vacían mecánicamente con vehículos de recolección equipados con mecanismos de descarga. Los contenedores utilizados para el reciclaje frecuentemente están localizados dentro de la zona de almacenamiento al aire libre o al lado de la zona de almacenamiento de residuos.

Los residentes llevan sus residuos y materiales reciclables a la zona de almacenamiento y los depositan en contenedores apropiados.

Si es necesario, los operarios de mantenimiento de los edificios, son los responsables de mover los contenedores hasta un punto de recolección.

### B. EDIFICIOS ELEVADOS

En bloques de vivienda elevados, los métodos más comunes para manipular residuos sólidos son los siguientes: 1) los residuos son recogidos por el personal de mantenimiento del edificio, desde las plantas y son llevados al sótano o zona de servicio; 2) los residuos son llevados a la zona de servicio por los inquilinos; o 3) los residuos, normalmente en bolsas, son colocados por los inquilinos en ductos verticales especialmente diseñados (normalmente circulares) con entradas en cada piso.

Los residuos evacuados por los ductos son recogidos en grandes contenedores, compactados o directamente embalados. Los materiales reciclables se pueden colocar fuera del edificio, en el pasillo, o en una zona de servicio especialmente identificada, desde donde se procede al retiro.

Se recomienda una unidad de desinfección y saneamiento para la limpieza del ducto y en consecuencia la eliminación de olores. En el diseño de los conductos para bloques elevados, se deben considerar las tasas de descarga de residuos sólidos, el número de habitantes, la frecuencia de recolección, etc.

### C. INSTALACIONES COMERCIALES E INDUSTRIALES.

La localización de los contenedores en instalaciones de comercio e industria ya existentes depende del espacio disponible, y de las condiciones de acceso - servicio. En muchos de los diseños nuevos, se han incluido zonas de servicio específicamente para este propósito. Frecuentemente, como los contenedores no son propios de la actividad industrial y comercial, su ubicación y el tipo de contenedor que se va a usar para el almacenamiento in situ deben ser acordados entre el empresario y el municipio.

### D. FACTORES DEL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ORIGEN

Los factores que deben considerarse en el almacenamiento in situ de los residuos sólidos incluyen:

- Efectos del almacenamiento sobre los componentes de los residuos,
- Tipo de contenedor que se irá a utilizar,

#### D.1. Efectos del almacenamiento sobre los componentes de los residuos

Una consideración importante en el almacenamiento in situ de residuos son los efectos del mismo almacenamiento sobre las características de los residuos que son almacenados. Estos efectos de almacenamiento incluyen:

- Descomposición biológica,
- Absorción de fluidos,
- Contaminación de los componentes de los residuos.

**Descomposición microbiológica:** Cuando se coloca comida y otros residuos en contenedores de almacenamiento in situ, casi inmediatamente comienzan a sufrir descomposición microbiológica (putrefacción), como resultado del crecimiento de bacterias y hongos. Si se dejan los residuos en contenedores de almacenamiento durante largos períodos de tiempo, las moscas empiezan a reproducirse y se pueden desarrollar compuestos olorosos.

**Absorción de fluidos:** Cuando los residuos mezclados son almacenados juntos, el papel absorbe la humedad de los residuos de comida y de los recortes frescos de jardín. El grado de absorción que se produce depende del tiempo en que los residuos permanecen almacenados hasta su recolección.

Si se dejan los residuos durante más de una semana en contenedores cerrados, la humedad se distribuirá a través de los residuos. Además, si no se utilizan contenedores herméticos, a prueba de agua, los residuos también absorberán el agua de lluvia que entra en los contenedores.

**Contaminación de los componentes de los residuos:** Quizás el efecto más grave del almacenamiento in situ de los residuos es la contaminación de algunos residuos con pequeñas cantidades de compuestos en otros residuos; tales como aceites de motor, productos de limpieza de la casa y pinturas. El efecto de esta contaminación es que se reduce el valor de los componentes individuales para el reciclaje, cuando se realiza separación de residuos antes de su disposición final.

#### D.2. Tipos de contenedores

En gran parte, los tipos y las capacidades de los contenedores utilizados dependen de las características y tipos de residuos sólidos que se han de recoger, del sistema de recolección utilizado, de la frecuencia de recolección y del espacio disponible para poner los contenedores.

##### Para residuos mezclados

Para los residuos sólidos recogidos manualmente en la acera, los contenedores deben ser suficientemente ligeros como para ser manipulados por un solo recogedor cuando están llenos, para evitar daños personales a los recogedores por la manipulación de contenedores cargados con demasiado peso. Generalmente el límite de peso superior es entre 18 y 30 kg.

Las personas sacan la basura a la calle, utilizando contenedores temporales como: bolsas de papel, cajas de cartón, bolsas y envases de plástico y cajas de madera como contenedores temporales y desechables de residuos acumulados. El principal problema del uso de contenedores temporales es la dificultad que implica cargarlos. Los contenedores de papel y cartón tienden a desintegrarse por el escape de líquidos. Las bolsas de plástico frecuentemente se estiran o rompen cuando el recogedor levanta una bolsa cargada.

Esta rotura es potencialmente peligrosa y puede causar daños personales al recogedor por presencia de vidrios rotos u otros objetos peligrosos en los residuos.

Por la amplia disponibilidad de productos de papel y plásticos, la utilización de sacos de plástico es actualmente muy común. Están disponibles en todo tipo de residencia y calidad de material.

Otro sistema es el mecanizado, cuyo uso se ha incrementado en los últimos años. Cuando se utilizan sistemas mecanizados de recolección, el contenedor utilizado para el almacenamiento in situ de residuos es una parte integral del sistema de recolección.

Los dos tipos de contenedores más comunes para viviendas de baja altura son: 1) contenedores individuales de plástico o metal galvanizado y 2) grandes contenedores portátiles o fijos. Cuando los bloques de viviendas están agrupados, los contenedores asignados a cada vivienda a menudo se localizan en una zona común. Aunque se utilizan contenedores individuales en algunos edificios de baja altura, la práctica más común es utilizar uno o más contenedores grandes para un grupo de pisos. Normalmente se guardan estos contenedores en una zona cerrada con fácil

acceso desde una calle cercana, con los patios cubiertos. En la mayoría de los casos los contenedores se equipan con ruedas o rodillos para que se puedan mover fácilmente en el momento de ser vaciados en los vehículos de recolección o en los equipos in situ de procesamiento.

#### Para residuos separados

Los sistemas de contenedor son idóneos para la recolección de residuos procedentes de centros con una alta tasa de generación, porque se utilizan contenedores relativamente grandes. El uso de grandes contenedores reduce el tiempo de manipulación, así como las desagradables acumulaciones y condiciones poco sanitarias asociadas al uso de numerosos contenedores más pequeños. Otra ventaja de los sistemas de contenedor es su flexibilidad: hay contenedores disponibles en muchos tamaños y formas diferentes para la recolección de todo tipo de residuos.

Como los contenedores utilizados en este sistema normalmente hay que llenarlos manualmente, el uso de contenedores muy grandes a menudo conduce a la utilización baja de su volumen si no se proporcionan ayudas para la carga, tales como plataformas y rampas. En este contexto, la utilización del contenedor se define como la fracción del volumen total del contenedor realmente ocupada por residuos.

Mientras los sistemas de contenedor tienen la ventaja de necesitar solamente un camión y un conductor para cumplir el ciclo de la recolección, cada contenedor tomado requiere un viaje de ida y vuelta al lugar de evacuación (u otro punto de transferencia). Por lo tanto, el tamaño y la utilización del contenedor son de gran importancia económica. Es más, cuando hay que recoger residuos fácilmente compresibles y transportarlos a largas distancias, las ventajas económicas de la compactación son claras.

## 8. INSTALACIONES ASOCIADAS A LA RECOGIDA Y TRANSPORTE

### 8.1. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

El término recolección, incluye no solamente la recolección o toma de los residuos sólidos de diversos orígenes, sino también el transporte de estos residuos hasta el lugar donde los vehículos de recolección se vacían. La descarga del vehículo de recolección también se considera como parte de la operación de recolección. Mientras las actividades asociadas al transporte y la descarga son similares para la mayoría de los sistemas de recolección, la recolección o toma de los residuos sólidos variará según las características de las instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan los residuos, y los métodos utilizados para el almacenamiento in situ de los residuos acumulados entre recolecciones. Los principales tipos de servicios de recolección utilizados actualmente para los residuos, se presentan a continuación.

#### A. RECOLECCIÓN PROVENIENTE DE LA ACTIVIDAD DE BARRIDO

Barrido es la actividad de recolección manual o mecánica de residuos sólidos depositados en la vía pública.

En la mayoría de los municipios el barrido se hace de manera manual. En aquellos municipios donde el tamaño lo justifica se le adiciona barrido de calles mecánico con camiones especiales.

La sección de la calle que se barre es la calzada, que comienza al finalizar el cordón de la acera (o vereda), y se prolonga hasta la otra acera. Por gravedad debido a la pendiente de la calzada los residuos se van juntando a 40 cm aproximadamente del cordón.

La cobertura del servicio de barrido manual y su costo son función de:

- La longitud total de las calles sujetas al servicio
- La frecuencia del servicio
- La vialidad y la topografía que afectan la velocidad de barrido
- La densidad de la población y de los comercios.

Los operarios van colocando los residuos en la bolsa que tienen en el armazón del carro hasta llenarla. Luego una vez llena la colocan en la esquina sobre la acera al lado del cordón, y un camión pasa a recogerlas.

En general la recolección de residuos se realiza por la noche y el barrido de los mismos por la mañana. En el caso del barrido mecánico se trata de camiones que tienen un cepillo lateral rotatorio y otro cilindro central, que empujan lo que van encontrando a medida que avanza el mismo hacia una aspiradora (tobera) que envía su contenido hacia la parte interna del camión.

El rendimiento promedio de esos vehículos es entre 30 y 38 km. en el transcurso de las 8 horas de jornada laboral. En general realizan un solo viaje y con lo recolectado, calculando un promedio de 3 ton. en las horas de trabajo diarias, se dirigen al Centro de Disposición.

**Servicios Especiales:** Limpieza de bocas de Tormenta /Sumideros.

Este servicio no siempre es prestado por la empresa de recolección. En muchos lugares del país con regímenes pluviales muy bajos, directamente no existe sistema pluvial o este está solo en la zona comercial.

En muchas ciudades, como en Buenos Aires, la limpieza y desobstrucción de las bocas de tormenta son responsabilidad de la empresa encargada de Recolección o del barrido sólo hasta la unión con la cañería pluvial (hasta las cámaras centrales). Un camión altamente especializado “tipo Vactor” es el que realiza la tarea de limpieza de la olla o cuba, el nexo y el caño que conecta luego con la parte pluvial (en ocasiones cloacal), haciendo fluir por presión de agua y también por mecanismos de empuje a los elementos extraños que se encuentren.

Otros servicios especiales en la ciudad son:

- retiro de voluminosos, retiro de animales muertos,
- retiro de vehículos abandonados,
- grandes generadores (contenedores o volquetes),
- Retiro de Producido de Poda,
- Eventos especiales.

**Tabla 8.1. Barrido de residuos por zona de concesión en la ciudad de Buenos Aires**

Zona	Superficie aproximada de la concesión (%)	Barrido acumulado 05 y 06/98 (toneladas)	Promedio barrido en 05 y 06/98 (%)	Participación aproximada en el total (%)
1. Cliba	21%	10.425,31	28%	30%
2. Aeba	19%	5.502,30	15%	18%
3. Solurban	25%	7.171,62	20%	16%
4. Ecohabitat	19%	9.012,80	24%	21%
5. GCBA	16%	4.981,90	13%	15%
TOTALES	100%	37.093,93	100%	100%

Fuente: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 1998.

**B. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS MEZCLADOS**

La recolección de residuos de viviendas aisladas, de bloques de viviendas de mediana altura y de bloques de viviendas elevadas, y de instalaciones comerciales/industriales se presenta a continuación. La recolección de residuos separados en origen se discute más adelante.

Los tipos más comunes de servicios de recolección domésticos para las viviendas aisladas de baja altura incluyen:

- Acera
- Callejón
- Sacar-devolver, y
- Sacar.

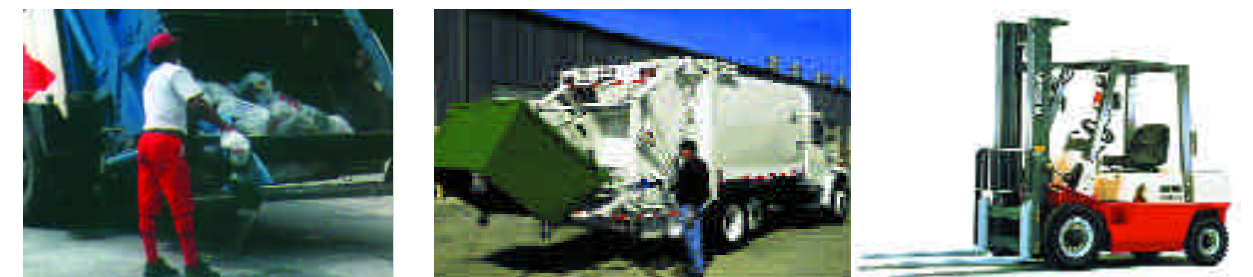
Cuando se utiliza el servicio en acera, el propietario de la casa es el responsable de colocar los contenedores en la acera el día de recolección, y de devolver los contenedores vacíos a su lugar de almacenamiento hasta la siguiente recolección. Cuando los callejones forman una parte básica del mapa de una ciudad o zona residencial, es muy común el almacenamiento en un solo punto del callejón de los contenedores de residuos sólidos, hasta donde los habitantes de las casas allí ubicadas, hacen llegar sus residuos. En el servicio sacar-devolver, los contenedores son sacados de la propiedad y devueltos después de ser vaciados por operarios extras que trabajan conjuntamente con los operarios responsables de la carga del vehículo de recolección. El servicio de sacar es esencialmente el mismo que el de sacar-devolver, excepto que el propietario de la casa es el responsable de devolver los contenedores a su lugar de almacenamiento.

Los métodos manuales utilizados para la recolección de residuos domésticos incluyen (Figura 8.1.):

- Levantamiento directo y el porte de los contenedores cargados hasta el vehículo de recolección para su vaciado,
- Deslizamiento de los contenedores cargados sobre sus ruedas hasta el vehículo de recolección para su vaciado, y
- Uso de pequeños montacargas para llevar los contenedores cargados al vehículo de recolección.

Para la recolección en acera, cuando se utilizan vehículos con una baja altura de carga, los operarios de recolección transfieren los residuos desde los contenedores en que son almacenados o llevados al vehículo de recolección. En otros casos el vehículo de recolección es equipado con contenedores auxiliares en los que se vacían los residuos. Luego, se vacían por medios mecánicos. Otra variante, corresponde al uso de vehículos satélites, en el cual se vacían los residuos desde los contenedores pequeños y desde allí son llevados al camión recolector.

**Figura 8.1. Métodos manuales para la recolección de residuos sólidos domésticos, a) Levantamiento directo; b) Deslizamiento de contenedores; y c) uso de montacargas.**



Fuente: CEAMSE, 2002, Elaboración propia, 1999.



Si la congestión no es un problema importante y hay espacio disponible para almacenar contenedores, el servicio de recolección proporcionado a las instalaciones comerciales e industriales se concentra en el uso de contenedores móviles, contenedores que se pueden acoplar a grandes compactadoras estacionarias y contenedores abiertos de gran capacidad. De nuevo, según el tipo y tamaño del contenedor utilizado, se puede vaciar el contenido de los contenedores mecánicamente o transportar los contenedores cargados a otro lugar, donde se descarga el contenido. Para minimizar las dificultades originadas por la congestión del tráfico, también se puede llevar a cabo la recolección mecanizada durante la noche, con un conductor y ayudante.

**El inconveniente de este sistema reside en la contaminación de una parte - entre el 25% y el 30% - de los materiales que de no ser así podrían haberse reciclado.**

### C. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SEPARADOS EN ORIGEN

Los materiales que han sido separados en origen tienen que agruparse antes de poder ser reciclados. Actualmente, los métodos más utilizados para la recolección de estos materiales incluyen la recolección en acera con vehículos convencionales. Otros de menor relevancia son: la recolección en acera incidental por parte de organizaciones de caridad, y entrega por parte de los ciudadanos a centros de recolección selectiva, y de recompra.

En un sistema de acera, los reciclables separados en origen son recogidos, separadamente de los residuos no seleccionados. Como los residentes y comercios no tienen que transportar los reciclables más allá de la acera, los programas de acera normalmente tienen una tasa de participación mucho más alta que los programas donde los reciclables deben ser llevados a centros de recolección selectiva. Los programas de acera varían mucho de una comunidad a otra. Algunos programas requieren que los residentes separen varios materiales distintos (por ejemplo: periódicos, plásticos, vidrio, metales) que luego son almacenados en sus propios contenedores y recogidos por separado (Figura 8.2.). Otros programas utilizan solamente un contenedor para almacenar reciclables no seleccionados o dos contenedores, uno para papel y el otro para reciclables pesados, tales como vidrio y latas de aluminio y hojalata. Obviamente, el método utilizado para recoger residuos separados en origen afectará directamente al diseño y forma de las instalaciones de separación y procesamiento.



**Figura 8.2. Tipos de contenedores diferenciados para distintos materiales a reciclar.**

Fuente: Elaboración propia, 1999

### D. RECOLECCIÓN EN PUNTOS FIJOS

Una comunidad rural pequeña que carece de recolección domiciliaria puede alentar a sus residentes a llevar sus reciclables a un punto de recolección común que puede ser fijo o móvil o coin-

cidir con la planta de depósito y procesamiento. Estos sistemas, no obstante, son menos eficientes -en términos de participación- que la recolección domiciliaria por lo que requerirán ser acompañados, ya sea, por un mayor esfuerzo en la difusión de las ventajas que el mismo significará para la comunidad o por el agregado de estímulos del tipo implementado en Provincia de Santa Fe donde regularmente se realiza el operativo 3x1 y se entrega 1 Kg. de compost por cada 3 Kg. de reciclables inorgánicos aportados al punto de recolección (el compost se genera en una planta local a partir de los residuos orgánicos separados en origen por los residentes). Los sistemas mixtos donde los puntos de recolección son complementados con recolección domiciliaria de determinados residuos, también deben ser considerados siempre buscando el equilibrio entre el posibilitar la mayor participación pública y mantener un costo aceptable del servicio.

### E. RECOLECCIÓN HÚMEDO/SECA

En esta variante de la recolección de residuos mezclados, los materiales "húmedos" - recortes de jardín, restos de comida, pañales desechables, papel contaminado, heces animales- son separados de los otros residuos para ser compostados. El resto de los materiales, incluidos los reciclables, forman la fracción "seca", la cual es recogida mezclada y después es separada en una planta de recuperación.

En algunos casos es conveniente considerar una combinación de los métodos de recolección descritos (puntos fijos, con incentivos; separación en origen, de residuos mezclados; etc.) buscando obtener la participación de la mayor cantidad de sectores de la comunidad. En cuanto al cronograma de recolección, los programas que la realizan sobre una base semanal y en días en que también hay recolección de residuos generales muestran generalmente las mayores tasas de participación las que, por otro lado disminuyen a medida que esta frecuencia de recolección se hace más espaciada. En todos los casos los residentes deben tener bien en claro que es lo que se espera de ellos. En la Tabla 8.1. se muestran las diferentes modalidades de recolección en algunas localidades de Argentina.

**Tabla 8.2. Modalidades de recolección en algunas operaciones locales**

LOCALIDAD	PROVINCIA	TN/DÍA (APROX.)	RECUPERAN A PARTIR DE
Dolores	Buenos Aires	90°	Residuos mezclados
General Pico	La Pampa	26,5	Residuos mezclados
Caleta Olivia	Río Negro	25	Residuos mezclados
Esperanza	Santa Fe	20	Residuos separados en origen
Trenque Lauquen	Buenos Aires	20	Residuos separados en origen
Laprida	Buenos Aires	8	Residuos separados en origen
Intendente Alvear	La Pampa	3/3,5	Residuos separados en origen
Chavel	Santa Fe	2	Residuos separados en origen

Fuente: Fundación Senda, 1992.

## F. FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN

La prestación de servicio de recolección es una de las etapas más caras del sistema de manejo de basura y, una de las que presenta mayores oportunidades para la minimización de costos.

Uno de los factores que más influye sobre el sistema, es la frecuencia de recolección, la cual deberá prever que el volumen acumulado de basura no sea excesivo y que el tiempo transcurrido desde la generación de basura hasta la recolección para su disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca que varía, según el clima, de 7 a 10 días.

Los tipos de recolección a su frecuencia son:

- Recolección diaria.
- Recolección cada tres días.
- Recolección dos veces por semana.

## G. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN

- Número y tipo de equipo seleccionado.
- Tamaño de la tripulación.
- Frecuencia de recolección.
- Tráfico en la ruta.
- Distancia entre paradas y estaciones.
- Distancia al sitio de transferencia o disposición final.
- Maniobrabilidad de los contenedores.
- Topografía del terreno.
- Condiciones de los caminos.

Otras consideraciones para el ruteo son:

- Las rutas no deben estar fragmentadas o traslapadas.
- Cada ruta deberá ser compacta, atacando una área geográfica y estar balanceada.
- El tiempo total de cada ruta deberá ser razonablemente el mismo.
- La recolección deberá comenzar lo más cercano al sitio de disposición final.
- Las calles de un solo sentido se tratarán de atacar desde el principio de ellas.
- Se deberán minimizar las vueltas en U y a la izquierda.
- Las partes elevadas se atacarán primero.
- Generalmente, cuando solo se recolecta de un lado de la acera, es preferible rodear las manzanas.
- Cuando la recolección es por los dos lados de la acera, es preferible recolectar en línea recta por varias manzanas.

## H. TIPOS DE RUTAS

Se distinguen dos tipos, las macrorutas y las microrutas:

**Macroruteo:** Se puede decir que el macroruteo es la asignación de vehículos recolectores a diversas áreas de la ciudad para realizar la recolección. El macroruteo se puede hacer partiendo de una población de una zona de la ciudad, de la producción de basura en Kg. por habitante por día y de la frecuencia del servicio, expresado en días por semana. Se divide la ciudad en varias áreas específicas para que la recolección sea más fácil para los departamentos de recolección de residuos.

**Microruteo:** Es el recorrido específico que deben cumplir diariamente los vehículos de recolección en las áreas de la población donde han sido asignados, con el fin de recolectar en la mejor manera posible los residuos sólidos generados por los habitantes de dicha área.

### RECOLECCIÓN EN LA CIUDAD DE SAN RAFAEL, MENDOZA.

- La municipalidad de la ciudad de San Rafael tiene concesionado el servicio de recolección en las zonas urbana y periurbana de dicha localidad y de los distritos del departamento. La supervisión, inspección y control del desempeño del concesionario está a cargo de la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad.
- La empresa Privada es la encargada de la recolección de los residuos sólidos urbanos, los escombros de hasta 1 m<sup>3</sup>, del barrido y limpieza de calzadas. También puede recoger los escombros cuando superen a 1 m<sup>3</sup>, con cargo a la empresa generadora y/o la Municipalidad.
- El parque recolector está compuesto por una flota de 10 vehículos, de los cuales 1 es abierto y con caja volcadora, usados para la recolección de todo tipo de residuo (hojas, escombros, tierra, productos del barrido de calles, etc.), 7 son cerrados y con sistema de compactación, utilizados para la recolección de los residuos sólidos urbanos de la ciudad.

Fuente: CEAMSE, 2002.

## 8.2. SISTEMAS DE TRANSPORTE

Los vehículos se pueden diferenciar de acuerdo al tipo de caja que poseen o al tipo de residuos que transportan, aquí se verán ambos enfoques.

### A. SISTEMAS DE CAJA MÓVIL

Hay tres clases principales de vehículos con sistemas de caja móvil (Figura 8.3):

- Camión elevacontenedor,
- Camión volquete, y
- contenedor remolque.

Sistemas con camión eleva contenedor. En el pasado, los camiones eleva contenedores se utilizaban

ampliamente con contenedores que variaban en tamaño desde 1,5 a 10 m<sup>3</sup>. Sin embargo, con la llegada de vehículos de recolección de gran capacidad y cargados mecánicamente, este sistema parece aplicarse solamente en algunos casos limitados. Los más importantes son los siguientes: Para la recolección en áreas pequeñas recoge solamente en unos pocos puntos de toma, donde en cada uno de ellos se genera una cantidad considerable de residuos.

Para la recolección de artículos voluminosos y residuos industriales, tales como chatarra y escombros de construcción, ya que no son aptos para la recolección con vehículos de compactación.

**Sistemas de contenedor camión volquete.** Los sistemas que utilizan grandes contenedores cargados al camión volquete son idóneos para la recolección de todos los tipos de residuos sólidos y desechos en localizaciones donde las tasas de generación justifiquen el uso de grandes contenedores. Hay disponibles varios tipos de contenedores grandes para ser usados con los vehículos de recolección camión volquete. Se utilizan contenedores abiertos normalmente en almacenes y en lugares de construcción. Los grandes contenedores utilizados conjuntamente con compactadoras estacionarias son comunes en complejos de pisos, servicios comerciales y estaciones de transferencia. Por el gran volumen que se puede transportar, el uso del sistema de contenedor con camión volquete ha llegado a extenderse, especialmente entre los recogedores privados que sirven contratos comerciales.

**Sistemas contenedor-remolque.** La aplicación de los contenedores - remolque es similar a aquella utilizada para los sistemas de contenedor camión volquete. Los contenedores - remolque son los mejores para la recolección de residuos, tales como arena, madera, metal de chatarra, y frecuentemente se utilizan para la recolección de residuos de lugares de demolición y construcción.



Figura 8.3. Sistemas de transporte tipo caja móvil: a) camión eleva contenedor; b) camión caja fija y; c) camión remolque.

Fuente: CEAMSE, 2002

## B. SISTEMAS DE CAJA FIJA

Los sistemas de caja fija se pueden utilizar para la recolección de todo tipo de residuos. Los sistemas varían según el tipo y la cantidad de residuos, tanto como según el número de puntos de generación. Hay dos clases principales:

- Sistemas que utilizan vehículos cargados mecánicamente
- Sistemas en que se utilizan vehículos cargados manualmente

Por las ventajas económicas implicadas, casi todos los vehículos de recolección utilizados actualmente van equipados con mecanismos internos de compactación.

## C. CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS DESTINADOS A LA RECOLECCIÓN DE RECICLABLES

Al planear la etapa inicial de la recolección de reciclables, un municipio usualmente debe optar entre:

- Utilizar equipamiento existente.
- Invertir en nuevos equipos y/o los recolectores privados.

Muchas veces se decide comenzar con equipo existente y reemplazarlo cuando se haya adquirido determinada experiencia en la operación, de forma tal que es común arrancar con camiones volcadores, pick ups o aún agregar compartimentos a los camiones compactadores donde almacenan los reciclables. (Figura 8.4). Esta práctica puede ser económica inicialmente pero resulta ineficiente, si no permite mantener separados a los materiales reciclables o resultar muy incomodo de operar si obliga a los recolectores a levantar y volcar grandes recipientes para vaciarlos en el camión.

Un vehículo, compartimentado, permitiría transportar los reciclables semiseparados lo cual, si bien podría representar recorridos más largos o mayores frecuencias, si las cantidades generadas así lo ameritan, éste sistema disminuye el trabajo y la ineficiencia de la posterior selección en planta. Esta solución sin embargo, requiere de experiencia para ajustar el tamaño relativo de los compartimentos a las cantidades de recolección real o disponer de separaciones móviles. (Figura 8.4).

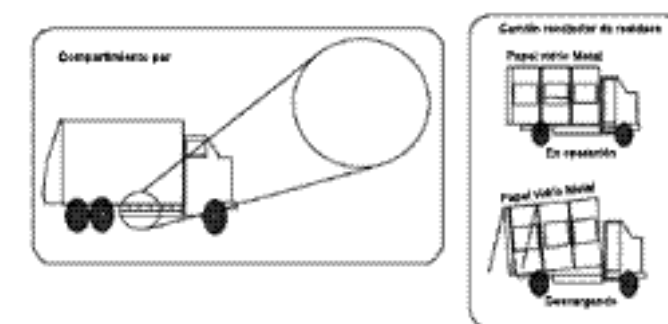


Figura 8.4. Vehículos destinados a recolección de reciclables.

Fuente Elaboración propia, 2002

En las localidades donde se practica la separación domiciliaria, se observa la existencia de dos modos alternativos de transporte. En algunas es diferenciado y en otras mixto.

En el primer caso se encontraron dos modalidades:

- transporte de orgánicos e inorgánicos en días diferentes, con los mismos vehículos;
- transporte de ambos residuos en los mismos días, pero con vehículos distintos.

En el segundo caso, modo mixto, la recolección es realizada con un mismo vehículo que transporta todas las bolsas en los mismos días.

Donde se practica el tratamiento de patológicos, éstos son recogidos y transportados mediante

vehículos acondicionados para tal propósito o, también, en vehículos comunes, pero mediante contenedores especiales.

En las localidades donde las plantas solo procesan **residuos orgánicos**, se fomenta la separación domiciliar de cartón y papel. Estos materiales son recogidos por la municipalidad mediante campañas basadas en el trueque por abono producido en las plantas, y almacenados en alguna dependencia municipal hasta su venta.

Este procedimiento se justifica cuando el procesado de inorgánicos, debido a los pequeños volúmenes obtenibles, no es suficiente para una comercialización capaz de cubrir los costos de separación, selección, acondicionamiento y transporte.

En relación con la eficacia de las prácticas descritas, la información obtenida a través de los relevamientos realizados muestra que, prácticamente en todos los casos, tanto la separación en origen, como la recolección diferenciada, todavía no cubren la totalidad de la población de las respectivas localidades.

Lo que se encuentra, es que está en proceso su expansión a partir de un núcleo inicial, constituido siempre por el área más densa de la localidad, expansión que progresa a medida que se logra la adhesión de nuevas familias a los programas municipales, adhesión promovida mediante campañas locales, sostenidas por los municipios y con sustantiva participación del alumnado local.

Una práctica que aparece como muy poco frecuente, es la recolección realizada mediante contenedores dispuestos en las calles de la ciudad, con una densidad que asegure breves recorridos para los usuarios.

En el único caso de, Oncativo (Córdoba), se logró cubrir el 75% de la planta urbana. En esta localidad, la separación de orgánico, inorgánicos y peligrosos se realiza exclusivamente en la planta de separación, es decir que no se practica la separación en origen. Los contenedores reciben al volcado de todos los RSU, sin distinción.

Los sistemas mixtos donde los puntos de recolección son complementados con recolección domiciliar de determinados residuos, también deben ser considerados siempre buscando el equilibrio entre el posibilitar la mayor participación pública y mantener un costo aceptable del servicio.

**Tabla 8.3. Recolección y transporte de los RSU**

LOCALIDAD	SEP. EN ORIGEN	RECOLECCIÓN
Armstrong, Santa Fe	tacho, 48% hab	diferenciada por vehículo y día
Ciudad de Córdoba	bolsa±50% hab.	diferenciada por vehículo y día
Intendente Alvear, La Pampa	bolsa color	Mixta
Las Rosas, Santa Fe	tacho, 50%viv	diferenciada por vehículo y día
Maipú, Mendoza	bolsa, 30%flías	Mixta
Oberá, Misiones	bolsa color	diferenciada por vehículo y día
Oncativo, Córdoba	no hay	mixta por contenedores
Plottier, Neuquén	bolsa color	Mixta
Puerto Rico, Misiones	bolsa color	diferenciada por vehículo y día
Trenque Lauquen, Buenos Aires	bolsa color	Mixta
Villa Giardino, Córdoba	tacho	diferenciada por vehículo y día
Villa Gral. Belgrano, Córdoba	bolsa color	Mixta

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001.

### 8.3. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA (COMUNIDAD DE MADRID, 1987B).

Las operaciones de transporte son necesarias cuando el procesamiento o disposición se realiza fuera del área de generación. Cuando esta distancia se incrementa tanto que el transporte directo ya no es económicamente factible se comienzan a considerar, además del transporte, las operaciones de transferencia.

Las operaciones de transferencia son un componente más de la Gestión Integral de los Residuos. Se pueden realizar con éxito operaciones de transferencia con todo tipo de vehículos y los principales factores que hacen de la transferencia un aspecto relevante dentro de la Gestión Integral de Residuos son:

- El vertido ilegal debido a distancias excesivas de transporte.
- La lejanía de las zonas de disposición o tratamiento de las rutas de recolección respecto de los puntos de generación.
- La utilización de vehículos de recolección de baja capacidad.
- La existencia de áreas residenciales de baja densidad.
- El uso de un sistema de contenedores relativamente pequeños para la recolección de residuos de origen comercial.
- El uso de sistemas de recolección hidráulicos o neumáticos.

La decisión de realizar operaciones de transferencia se basa principalmente en factores económicos, para lo cual, se debe efectuar un estudio y evaluación de las necesidades y beneficios de la aplicación de dichas operaciones.

Si el lugar de disposición final está cercano a la ciudad, no se justifica la construcción de una estación de transferencia, pero a medida que esta distancia aumenta, la utilización de camiones grandes que transporten los residuos en menor cantidad de viajes, provocará un ahorro que compensará la construcción de la estación de transferencia y los costos de los camiones de transporte. Lo expuesto precedentemente es sin lugar a dudas el motivo de incorporación y puesta en práctica del sistema de "Transferencia".

#### A. CLASIFICACIÓN DE ESTACIONES

Según el método utilizado para cargar los vehículos de transporte responsables del traslado a los centros de tratamiento y/o disposición final, se clasifican las estaciones de transferencia en carga directa y carga indirecta.



**A.1. Carga directa.**

Los residuos contenidos en los vehículos de recolección se descargan directamente en los utilizados para el transporte a los centros de tratamiento y/o disposición final. Estas pueden ser:

- De gran capacidad sin compactación: normalmente cuentan con dos niveles, en el nivel más elevado se descargan hacia el nivel inferior los residuos donde se encuentran los remolques de mayor capacidad, si los remolques se encuentran llenos se descarga en un muelle para posteriormente ser empujados hacia contenedores vacíos o con la capacidad disponible para evacuar dichos residuos.
- De gran capacidad con compactadoras: la diferencia radica en la utilización de vehículos de transferencia compactadores en lugar de abiertos. En otros casos la estación de transferencia es la que cuenta con instalaciones de compactación.
- Con capacidad media y pequeña con compactación: El lugar de descarga puede ser una tolva individual que alimenta una compactadora o una de las fosas rectangulares para recibir residuos.
- De baja capacidad utilizada en zonas rurales: Están diseñadas para que se vacíen los contenedores cargados en el vehículo de recogida para su transporte al lugar de evacuación. Se caracterizan por la sencillez de sus instalaciones.
- De baja capacidad utilizadas en el vertedero: Son las utilizadas por particulares y transportistas de pequeñas cantidades. Las instalaciones de transferencia también son utilizadas para la recuperación de materiales reciclables, para lo cual se vacían los materiales residuales en grandes remolques de transferencia para su posterior transporte hacia el lugar de tratamiento o disposición.

**A.2. Estaciones de transferencia de almacenamiento y carga.**

Se vacían los residuos directamente en una fosa de almacenamiento desde la cual son cargados en vehículos de transporte mediante diversos tipos de equipamientos auxiliares. La diferencia con las de carga radica en que estas están diseñadas con capacidad para almacenar residuos. Estas pueden ser:

- De gran capacidad sin compactación: El contenido del vehículo recolector se vacía en una fosa. Dentro de la fosa se suelen utilizar motoniveladoras para romper los residuos y empujarlos a las tolvas situadas en un extremo del foso. Se utilizan, también, elevadores articulados tipo cubo para separar cualquier residuo que pudiere dañar los contenedores de transporte. Los residuos caen a través de las tolvas en remolques localizados en un nivel inferior.
- De capacidad media con instalaciones de procesamiento y compactación: Se descargan los residuos en una fosa de almacenamiento. Desde la fosa de almacenamiento, se empujan los residuos sobre un sistema transportador y se llevan a la trituradora. Después de la trituración, se separa el metal férreo, y los residuos son compactados en remolques de transferencia para su transportación al lugar de disposición.

**A3. Estaciones de Transferencia Combinada de Carga Directa y Descarga - Carga.**

Utiliza ambos sistemas tanto, carga directa como descarga-carga. Son empleados por empresas comerciales como particulares. El encargado de la estación determina en el caso de los particulares si la carga contiene suficientes materiales reciclables como para ser derivado a otro sector

denominado zona de reciclaje. Después de descargar los materiales reciclables, el conductor se dirige hacia la plataforma de descarga y deposita los residuos restantes.

**B. ELECCIÓN DEL TIPO DE ESTACIÓN**

Para la elección del tipo de Estación de Transferencia a utilizar se deben considerar ciertos aspectos como:

- Volumen de residuos a transferir.
- Recuperación o no de materiales.
- Características del transporte a emplear.
- Equipamiento y accesorios necesarios.
- Requerimientos ambientales.
- Salud y seguridad laboral.

**C. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA**

Lograr determinar la localización más conveniente para una Estación de Transferencia es uno de los pasos más críticos para su establecimiento. Se deben considerar cuidadosamente numerosos factores interrelacionados entre sí. Dentro de estos pueden nombrarse:

- Ubicación
- Requerimientos del terreno
- Zonificación
- Accesos
- Opinión Pública
- Costo del predio

A continuación se desarrollan brevemente algunos de estos puntos:

**Ubicación:** La ubicación correcta de la Estación de Transferencia es muy importante para asegurar la economía del sistema. Cuando un vehículo recolector transporta residuos es muy oneroso, especialmente si cuenta con una tripulación total muy numerosa (chofer y dos ó tres cargadores) por lo que para minimizar ese costo es importante que la Estación de Transferencia esté lo más cerca posible de las rutas de recolección. El sitio ideal estaría ubicado entre el centro de gravedad de las rutas de recolección y el Centro de Disposición Final, pero a menudo esto es muy difícil de llevar a la práctica.

**Requerimientos del Terreno:** Una Estación de Transferencia debe tener una superficie adecuada, no sólo para la operación principal, sino para posibles requerimientos auxiliares que pueden incluir por ejemplo, a las oficinas administrativas, las balanzas, estacionamientos para los equipos de transporte, zonas de mantenimiento, lavaderos de vehículos, servicios para el personal (vestuarios, sanitarios, comedor, estacionamiento de visitas y empleados, etc.). Teniendo en cuenta además que, por concepto, una Estación de Transferencia debe estar ubicada en zonas medianamente pobladas, por tanto se debe asegurar el menor impacto hacia el entorno, y ello puede dar

lugar a la necesidad de mucho espacio para obras que intentan minimizar impactos negativos, como pueden ser por ejemplo el olor y el ruido, reservando sectores para cortinas vegetales o cualquier otra forma de lograr los objetivos buscados.

Aunque las necesidades son muy variables, la bibliografía actual considera que en función del tonelaje operado, las superficies requeridas para una Estación de Transferencia serían aproximadamente las que se indican en la Tabla 8.4.

**Tabla 8.4. Relación entre superficie de una estación de transferencia y toneladas de residuos operado.**

CAPACIDAD DE LA ESTACIÓN (EN TONELADAS PARA 8 HORAS DE JORNADA)	SUPERFICIE REQUERIDA (HA)
100	1 a 2
500	1,5 a 3
1000	3 a 6,5
1500	4 a 8

Fuente: CEAMSE, 2002.

Estos valores son variables, y en general más altos que los considerados hace algunos años, dado que en una superficie grande se puede lograr un menor impacto visual hacia el entorno, y se reducen drásticamente los niveles de ruido que puedan afectar las propiedades vecinas.

Es importante considerar en este plano, los percolados, los cuales deberán ser tratados, o almacenados para su posterior transporte a una nueva planta de tratamiento.

Asimismo permiten ubicar adecuados caminos internos para acomodar las colas de los vehículos recolectores, especialmente en los horarios picos, y elimina inconvenientes en las calles públicas.

**Accesos:** Lo ideal es que una Estación de Transferencia esté cerca de rutas o avenidas principales. Las dos ventajas evidentes de esta condición son el fácil acceso y la reducción del impacto al entorno de la Estación.

El fácil acceso evidentemente reduce el tiempo de viaje y como consecuencia implica bajar los costos tanto de los equipos de recolección como de transporte.

Asimismo para reducir el impacto sobre el entorno, especialmente en lo que a tránsito existente se refiere, se debe considerar como medidas complementarias, pero muy importantes, el mejoramiento del sistema de señalización general del entorno para simplificar el tránsito desde y hacia la Estación de Transferencia.

Finalmente, y dado que se debe asegurar la continuidad de las operaciones, es fundamental la correcta transitabilidad de los caminos bajo cualquier condición climática, especialmente en días de lluvia.

**Opinión Pública:** Lograr ubicar una Estación de Transferencia puede ser un gran desafío debido

a la resistencia de la gente para aceptar una instalación de este tipo cerca de sus domicilios.

La aceptación por parte de la opinión pública puede mejorar, si todos los factores antedichos son manejados con propiedad, es decir el sitio debería estar ubicado en una zona adecuada, ser lo suficientemente grande para proveer de buenas aislaciones, tanto de ruidos como de olores, etc. y estar además servido por un buen sistema de caminos a fin de lograr no interferir con las condiciones normales del lugar.

Es también muy importante involucrar a los ciudadanos y a sus representantes en la selección de la ubicación de la Estación de Transferencia. Esto puede ser complementado con la formación de comisiones de trabajo para colaborar con la ubicación y el diseño de las estaciones. Si los representantes de la comunidad organizada están convencidos de la razonabilidad de un lugar de implantación, la oposición pública puede ser minimizada considerablemente.

También debe considerarse que la aceptación pública puede ser algunas veces más fácil de obtener si se ubica la Estación en terrenos públicos. La posibilidad mejora muchísimo además, si es factible ubicarla en lugares donde previamente ya existía una fuente de mayor rechazo, como puede ser un basural a cielo abierto clandestino.

Otro elemento a tener en cuenta especialmente, es lograr un buen tratamiento arquitectónico y paisajista, ya que son herramientas muy importantes que los diseñadores pueden usar para mejorar la aceptabilidad de una Estación de Transferencia. En general es conveniente que el diseño arquitectónico sea compatible con el desarrollo adyacente. Asimismo un buen criterio paisajístico y un diseño adecuado puede usarse para reducir el impacto visual y el ruido producido por la operación de la Estación de Transferencia y por el tránsito asociado. El enmascaramiento puede lograrse con árboles, arbustos, cercos o paredes. En algunos lugares se utilizan bermas de tierra que pueden minimizar el impacto visual y reducir los niveles de ruido. El impacto de una Estación de Transferencia con su entorno es debido, además, a varios factores adicionales. No sólo la instalación debe ser atractiva desde el punto de vista arquitectónico y paisajístico, sino que también es muy importante luego que la misma sea operada conscientemente, para ser considerado como un buen vecino. Por ejemplo, una queja común es la diseminación de residuos en los caminos de acceso cercanos a la Estación, por lo que es necesario un estricto control y limpieza de las cercanías del lugar a fin de evitar resistencia a la misma.

#### D. BENEFICIOS

Los beneficios derivados del uso de las Estaciones de Transferencia pueden resumirse en los siguientes:

**Economía de Transporte:** En un camión de transferencia, la carga útil legal puede llegar a ser entre 20 y 27 toneladas en comparación de las 4 a 10 toneladas de la mayoría de los camiones recolectores. Lógicamente esto implica muchos menos viajes al centro de disposición, permitiendo que la flota de recolección permanezca más tiempo en la ruta realizando el servicio, lo que evidentemente resulta en una importante reducción de los costos de capital y de operación.

**Ahorro de Trabajo:** Los camiones que realizan la mayoría de las rutas de recolección tienen tri-

pulaciones de por lo menos 2 o 3 personas, además del conductor. Durante el tiempo adicional de transporte del vehículo hacia el lugar de disposición, esta tripulación debe permanecer con el vehículo, es decir alejada de sus obligaciones en la recolección de residuos. Como los vehículos de transferencia requieren únicamente de sólo una persona (el conductor), se obtiene una importante reducción de tiempo no productivos.

**Ahorro de Energía:** Los consumos por kilómetro, tanto de los vehículos recolectores como los de transporte son prácticamente idénticos. Por lo tanto se obtiene un significativo ahorro de combustible como resultado de ser necesario muchos menos viajes al centro de disposición.

**Reducción de Costos por Desgaste y/o Roturas de Equipos:** Debido a la menor cantidad de viajes, evidentemente se logra una reducción del kilometraje global recorrido por el sistema, con la reducción de los desgastes de equipo que ello implica. Asimismo, es muy importante la disminución en el número total de cubiertas gastadas y de los daños a los sistemas de transmisión y suspensión que se producirían como consecuencia de operar en las superficies irregulares y barroas de los rellenos.

**Reducción del Frente de Descarga en los Rellenos:** Dado que el tamaño del frente de descarga en el relleno está determinado generalmente por el número y tipo de vehículos usados en el sitio, una reducción en el número de los mismos, resultará en una disminución del área de trabajo en la descarga, lo que implicará en menores requerimientos de cobertura y mejores condiciones de seguridad en la obra debido a la reducción del tránsito.

**Posibilidad de Reciclado:** Si las condiciones operativas, de costos y sanitarias, lo permiten, las Estaciones de Transferencia pueden dar una excelente oportunidad para recuperar algunos materiales previamente dispuestos.

## E. MEDIOS DE TRANSPORTE ASOCIADOS A LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

Los medios más utilizados para el transporte de los residuos son los remolques, semiremolques y compactadoras. Si los vehículos deben transitar por lugares públicos, se deben cumplir ciertos requisitos:

- Transportar los residuos a un costo mínimo.
- Cubrir los residuos durante la operación de transporte.
- Utilizar vehículos diseñados para el transporte vial.
- Ajustar la capacidad del vehículo a los límites de peso permitidos.
- Emplear métodos de descarga sencillos.

Los métodos utilizados para descargar los camiones, remolques, semiremolques y remolques de arrastre pueden clasificarse como:

- De autodescarga.
- Que precisan la ayuda de equipo auxiliar.

Los camiones y semiremolques de autodescarga tienen mecanismos tales como rampas de descarga hidráulica, placas internas mecánicas, y suelos móviles que forman parte del vehículo.

Los sistemas de descarga que requieren equipamiento auxiliar usualmente son del tipo tirante, en los que los residuos son arrojados fuera del camión con una placa de contención móvil o cables de alambre puestos delante de la carga. Otro sistema auxiliar utilizado, que se considera eficaz, es el uso de rampas de descarga móviles operadas hidráulicamente. La operación consiste en que el camión deja el remolque sobre la rampa hidráulica y lo desengancha, luego la rampa es la encargada de elevar el remolque hidráulicamente para que los residuos caigan por gravedad (Figura 8.5).

La máquina móvil llamada Tipper es utilizada para descargar camiones en el relleno sanitario usando la gravedad. La misma es una rampa accionada por dos cilindros hidráulicos, este sistema es usado en el Relleno de Villa Dominico en la Provincia de Buenos Aires.



Figura 8.5. Sistemas de rampas de descarga móviles operadas hidráulicamente.

Fuente: CEAMSE, 2002

Otro sistema, dentro de los denominados motorizados, son los vehículos de transporte y contenedores utilizados conjuntamente con instalaciones para la compactación de residuos. En este caso, la compactadora estacionaria compacta los residuos contra la placa interna del remolque. Cuando la presión de la placa alcanza un valor determinado, el diafragma se mueve hacia dentro permitiendo que se compacten más residuos en el remolque.

En las estaciones de transferencia más pequeñas, se utilizan frecuentemente contenedores de gran capacidad conjuntamente con compactadoras estacionarias. En algunos casos, el mecanismo de compactación es una parte integral del contenedor.

### CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

La ciudad cuenta con tres estaciones de transferencia (Tabla 8.5):

**Tabla 8.5. Capacidad y localización de las estaciones de transferencia que operan en la ciudad de Buenos Aires.**

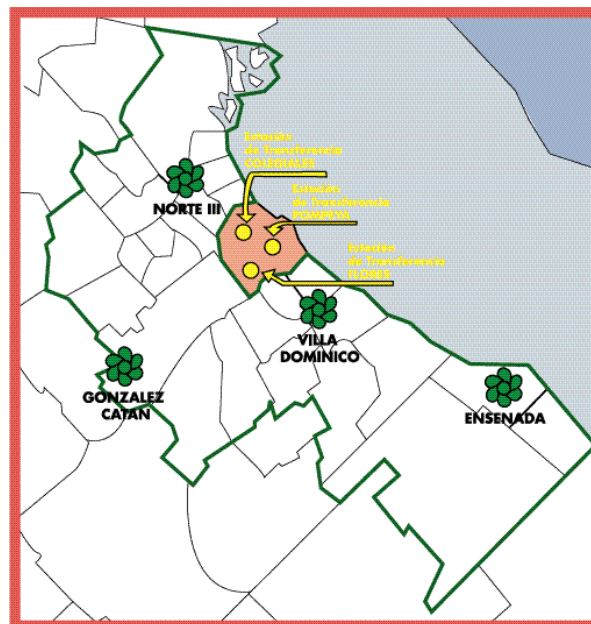
ESTACIÓN	CAPACIDAD	LOCALIZACIÓN (FIGURA 8.5) (TON/DÍA)	TON/HORA 8 HORAS
Pompeya	1350	Zavaleta 858 y Perito Moreno	170
Colegiales	1250	Cramer 290	159
Flores	1800	Balbastro 3160	222

Fuente: CEAMSE, 2002.

Todas estas plantas, comenzaron a operar en Abril de 1979 a cargo de CEAMSE. Las tres Estaciones de Transferencia son similares en su construcción: edificios Parcialmente cerrados, difiriendo en detalles menores y en la distribución en el terreno.

Son Estaciones de Transferencia del tipo electrohidráulico con compactación de residuos. Cada una de ellas cuentan con cuatro tolvas de recepción, operando las veinticuatro horas del día, desde las 20.00 hs. del domingo hasta las 19.00 hs. del sábado.

Poseen plantas para el tratamiento de los líquidos que se generan en el proceso de compactación y transferencia.



**Figura 8.6. Localización de las estaciones de transferencia en la ciudad de Buenos Aires.**

Fuente: CEAMSE, 2002

## 9. INSTALACIONES ASOCIADAS A LA SEPARACIÓN Y PROCESAMIENTO DE RESIDUOS

Bajo la denominación genérica de “Planta de Separación” se identifican y describen al conjunto de estructuras, equipos, maquinarias y herramientas que se utilizarán para proceder a la separación, clasificación, procesamiento y acondicionamiento de aquellos componentes de la masa de residuos sólidos urbanos reciclables a los efectos de su posterior transformación y comercialización.

En el diseño intervienen factores tales como: flujos de residuos sólidos urbanos a procesar, cantidad y calidad de los componentes a separar y clasificar, destino final de los componentes, rechazo y la utilización de la fracción orgánica de los residuos a los efectos de su procesamiento para la obtención, como por ejemplo, de compost.



Fuente: agradecimiento grupo BIO

Estas instalaciones las podemos dividir en:

- Separación de residuos
- Recuperación de residuos
- Transformación de residuos

### 9.1. PLANTAS DE SEPARACIÓN DE MATERIALES (TCHOBANOUGLOUS ET AL., 2000)

Estas plantas tienen como finalidad separar las fracciones que sean de interés en la instalación final. Por lo general funcionan en forma conjunta con las de recuperación o transformación de residuo. En general, a las plantas de separación llegan con diferentes grados de mezcla (tanto desde zonas donde se realiza o no separación en origen). Una vez separadas las fracciones de interés, el resto es derivado para su transporte a lugares de disposición final.

En general, la separación de residuos mezclados, no llega a eficiencias mayores que el 80%, siendo siempre la alternativa de separar en origen la más eficiente.

En muchos casos estas plantas de separación cuando funcionan en forma separada de las de procesamiento cuentan con procesos que permiten la preparación de las distintas fracciones de residuos sólidos para su posterior manejo.

#### 9.1.1. PROCESOS TÍPICOS DE SEPARACIÓN

Entre estos procesos se encuentran:

- Reducción de tamaño por trituración
- Cribado
- Separación por gravedad



- Separación por densidad
- Separación magnética
- Compactación

#### A. REDUCCIÓN DE TAMAÑO POR TRITURACIÓN

Los tres tipos más comunes de las trituradoras utilizadas para reducir el tamaño de los RSU son: molino de martillo, molino batiente y trituradora cortante (ver Figura 9.1).



Figura 9.1. Tipos de trituradoras más utilizadas a) molino de martillo. Maneklal Global Exports; b) molino batiente. Maqtron, 2002; y c) trituradora cortante. VDGGroup, 2001

Dos ejemplos de trituración para materiales específicos, se presentan.

- Trituradoras para vidrio. Las trituradoras para vidrio: se utilizan para aplastar los envases y otros productos de vidrio que se encuentran en los RSU. A menudo se tritura el vidrio después de separarlo para reducir los costos de almacenamiento y transporte. En algunas operaciones mecánicas de separación, se tritura el vidrio, después de uno o más pasos de separación, para efectuar su separación final mediante cribación. El vidrio triturado también se puede separar ópticamente por su color (blanco o coloreado). Sin embargo, como el equipamiento para la selección óptica del vidrio es caro y la fiabilidad en funcionamiento de este equipamiento no ha sido buena, actualmente no se utiliza mucho la selección óptica.
- Trituradoras para madera. Normalmente la mayoría de las trituradoras para madera son astilladoras de madera, utilizadas para triturar grandes trozos de madera (por ejemplo, ramas grandes, palets rotos) en astillas, que se pueden usar como combustible, y en materia más fina para su fermentación.

#### B. CRIBADO

Es un proceso unitario utilizado para separar mezclas de materiales de tamaños distintos en dos o más fracciones de tamaño mediante una o más superficies de cribado. Se puede llevar a cabo un cribado seco o húmedo. Los tipos de cribas más frecuentemente utilizados para la separación de materiales de residuos sólidos son:

- Cribas vibratorias. Se usan para separar materiales pequeños a partir de RSU y para procesar

residuos de construcción y demolición. Se pueden diseñar cribas vibratorias para que vibren de un lado a otro, verticalmente o longitudinalmente. En general se prefieren los de movimiento vertical, ya que permite, que el material que hay que separar esté en contacto con la criba cada vez en puntos distintos, aumentando el área de contacto.

- Cribas giratorias. El tipo más común de criba giratoria utilizada en el procesamiento de residuos es el trómel (Figura 9.2), también conocido como cribas de tambor giratorio. Estos se utilizan para separar materiales residuales en varias fracciones de tamaño.



Figura 9.2. Trómel utilizado para la criba de residuos sólido urbanos.

Fuente: CEAMSE, 2002



Figura 9.3. Sistema de separación por gravedad.

Fuente: Forsberg, 2003

#### C. SEPARACIÓN POR GRAVEDAD

Se basa en diferencias de peso específico y tamaño de los materiales a separar. En dicha separación se usan líquidos pesados como tetracloruro de carbono y tetrabromuro de acetileno, en los que se sumerge la mezcla, los más livianos flotan y los más pesados se van al fondo (Figura 9.3).

#### D. SEPARACIÓN POR DENSIDAD

También llamada, separación neumática. Es utilizada para separar materiales ligeros, como papel y plástico, de materiales más pesados, como metales. En las plantas de separación de residuos sólidos urbanos se la utiliza para separar el material orgánico (conocido como fracción ligera) a partir de material inorgánico más pesado (llamado fracción pesada). Este sistema se basa en la diferencia de pesos de los materiales frente una corriente de aire.

#### E. SEPARACIÓN MAGNÉTICA

Este proceso separa los metales férreos de otros materiales residuales, usando sus propiedades magnéticas. Frecuentemente se utiliza también para separar las latas de aluminio en residuos que ya han sido separados, pero que persisten al menos dos tipos diferentes de metales presentes.

## F. COMPACTACIÓN

Es un proceso unitario que incrementa la densidad de los materiales residuales para que se puedan almacenar y transportar más eficazmente. Hay varias tecnologías disponibles para la densificación de residuos sólidos y materiales recuperados, incluyendo el embalaje, formación de fardos y pelets. Los materiales más frecuentemente compactados incluyen papel, cartón, plásticos, latas de hojalata y aluminio.

Si bien, para pequeñas operaciones, los materiales reciclables pueden almacenarse sueltos y transportarse en contenedores o a granel, la mayoría de las plantas dispone de algún equipo para densificar las partidas de material con el propósito, en general, de facilitar su movimiento y almacenaje y sobre todo, optimizar su transporte.

La decisión de adquirir estos equipos dependerá del volumen de material a ser manejado y, especialmente, de los requerimientos del mercado que, en algunos casos, prefiere determinadas formas de preparación que se adecue a sus propios métodos de transporte o elaboración.

Para mercados industriales lo común es utilizar prensas que produzcan fardos de entre 200 y 400 Kg. y de 90 a 1,20 mt. como ancho máximo. Para producciones mayores suelen emplearse prensas de dos cajones giratorios que dan continuidad a la operación ya que permiten llenar un cajón mientras en el otro se prensa y se ata.

### 9.1.2. SISTEMAS DE TRANSPORTE INTERNO

Otros elementos a considerar en las plantas de separación, son los medios de transporte de residuos utilizados al interior de éstas. En la actualidad se pueden distinguir: cintas transportadoras y los equipos móviles.

#### A. CINTAS TRANSPORTADORAS

Principalmente se utilizan transportadoras horizontales e inclinadas que llevan el material, y transportadoras de bandas equipadas con listones transversales para arrastrar el material.

La eficiencia del proceso de separación se beneficiará mucho con la utilización de cintas transportadoras desde el área de descarga y a través de las etapas de procesamiento. Estas cintas pueden ser utilizadas simplemente para transportar el material hasta los equipos de selección y tratamiento, o pueden actuar como una línea móvil a partir de la cual los operarios separan los diferentes materiales. En ambos casos son parte integral de una planta eficiente.

La línea móvil puede ser diseñada para que los operadores estén sentados o parados, evitando la adopción de posturas incómodas o peligrosas.



Fuente: CEAMSE, 2002.

Si se tolera muy poca contaminación en el material recuperado deberán preferirse métodos de selección positiva, en los cuales, cada reciclable es separado del conjunto transportado por la cinta y se deposita en diferentes contenedores. Por el contrario en los métodos de selección negativa son los contaminantes los eliminados de la cinta dejando que el resto del material sea llevado por un contenedor común.

#### B. EQUIPAMIENTO MÓVIL

En las instalaciones a pequeña escala es necesario disponer de algún método para mover materiales entre las áreas de separación, almacenamiento y despacho.

Las plataformas y elevadores manuales resultarán suficientes cuando se muevan, por ejemplo, tambores de 200 lts., jaulas con papel o fardos de tamaño mediano, pero en operaciones mayores se deberá disponer de un autoelevador o un cargador frontal. Todos los equipos mencionados, tanto los destinados a la separación de los reciclables como los equipos de procesamiento o los necesarios para el movimiento de materiales están sujetos a fallas o períodos de mantenimiento, y se deberá prever que no ocurra una completa paralización de los trabajos, por esta razón, cuando el costo impida la duplicación de estos equipos, se deberán desarrollar reemplazos o procedimientos de trabajo alternativos que permitan la continuidad de la operación.

También, se suelen emplear palas frontales y elevadoras. Las primeras son utilizadas para desplazar los residuos hacia la cinta transportadora, mientras las otras generalmente se emplea para transportar los materiales reciclables embalados.

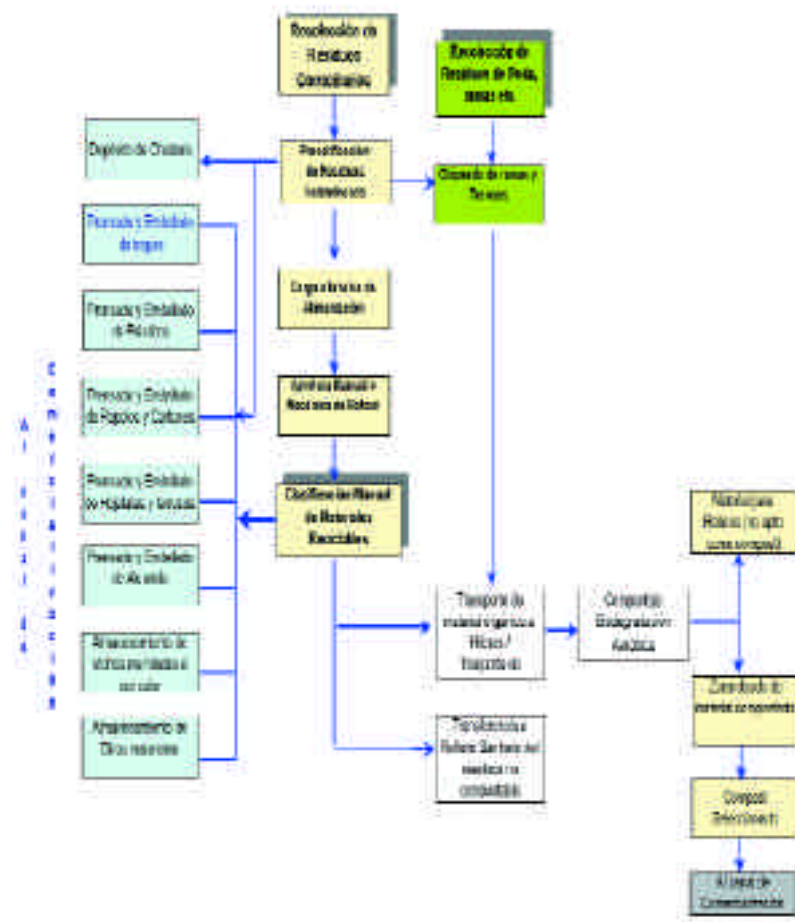
### 9.1.3. ADMINISTRACIÓN

- En relación con la administración de las plantas de separación, se ha encontrado que en general depende de la municipalidad.
- Un caso donde la administración de la planta de tratamiento ha sido dada en concesión total a una empresa privada es en Maipú, Mendoza.
- Un caso particular se presenta en la Ciudad de Córdoba donde la separación de residuos inorgánicos se realiza en instalaciones dispuestas por la municipalidad en el mismo predio del vertedero controlado que está en manos de una cooperativa. Esta cooperativa se sostiene con los ingresos provenientes de la venta de los materiales recuperados.
- El personal de planta varía entre 2 (Villa Giardino, Córdoba) y a más de 33 personas ( Maipú, Mendoza con 80 ton/día de residuo a procesar).

### 9.1.4. EQUIPAMIENTO Y SECUENCIA OPERATIVA

La composición y características del equipamiento de las plantas dependen, obviamente, del estado en que llegan a éstas los RSU, y del tipo de procesamiento a realizar.

Se describe a continuación el equipamiento y la secuencia operativa (Figura 9.4) para el caso en el cual la totalidad de la masa de residuos es sometida a un proceso de segregación de algunos de sus componentes: compostaje de la fracción orgánica fermentable y disposición final del de-secho no utilizable.



**Figura 9.4: Equipamiento y secuencia operativa de una planta de separación.**

Fuente: CEAMSE, 2002.

El proceso de separación puede efectuarse sobre plataforma o rampa o, más comúnmente, sobre cintas transportadoras. En general, se cuenta con una o más cintas transportadoras.

- Los vehículos recolectores cargados ingresan al predio, luego de su registro y pesaje (en los casos donde hay balanza) se dirigen hacia el primer sector de la “Planta de Separación” la playa de descarga.
- Se realiza la preselección de materiales voluminosos (Chatarra, Cascos y/o gabinetes de electrodomésticos, cubiertas, escombros, etc.), luego de lo cual se empuja el resto de los residuos

sobrantes mediante mini-pala cargadora hacia la Tolva (deberá contar con sistema rompe-bolsas) la cual descarga sobre la cinta elevadora.

- La cinta elevadora traslada los residuos a una tolva de recepción, la cual cumple con la función de distribuir uniformemente sobre la cinta de clasificación ubicada en una estructura elevada, dotada de pasarelas laterales con barandas y troneras donde se encontrarán los operarios encargados de la selección. El recinto deberá contar con extractores de aire e iluminación apropiada sobre la cinta, a fin de lograr condiciones de trabajo adecuadas.

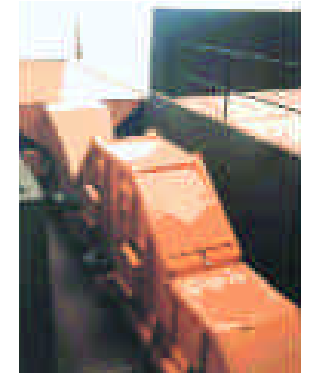
Un tipo particular de alimentación, observado en un solo caso (Trenque Lauquen), lo constituye el uso de una o más zarandas rotativas (trómeles) instaladas al principio de las cintas transportadoras. Su función es la de realizar la primera separación gruesa de los residuos orgánicos, que son recogidos en una plataforma inferior, mientras los inorgánicos son volcados sobre las cintas para su separación. A través de la abertura de dosificación de la Tolva descrita en el punto anterior, los residuos a procesar irán ingresando paulatinamente a la mesa de trabajo móvil sobre la cual se llevará a cabo el proceso de separación de materiales. Esta transportadora, sirve para mover los residuos dentro del local, y así efectuar la separación manual de los elementos de interés.



Fuente: CEAMSE, 2002.

A ambos lados de la Cinta transportadora se encuentran ubicadas las pasarelas sobreelevadas que sustentan el peso de los operarios que trabajan en el proceso de separación de materiales.

Cada tramo de la pasarela corresponde a un sector de trabajo y es ocupado por un operario que está provisto de una manga de derivación que sirve para depositar el material separado, que por gravedad es conducido hasta el recipiente ubicado debajo de la pasarela, el cual es trasladado.

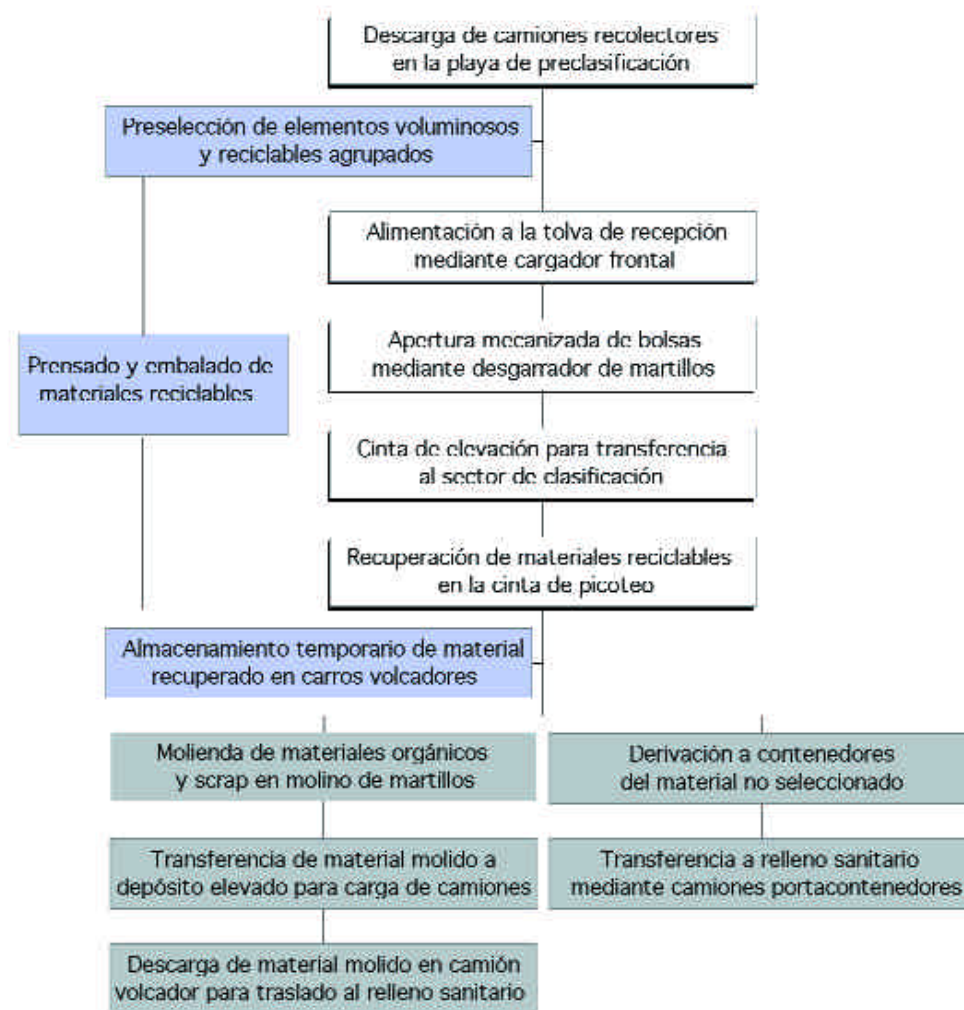


Fuente: CEAMSE, 2002.

El depósito transitorio, por lo general es un carro volcador de 4 ruedas que permite el completo vaciado de materiales orgánicos, trapos y cartones. Este tipo de sistema, se utiliza actualmente en las Plantas de San Nicolás, Provincia de Buenos Aires y en la Provincia de Entre Ríos. También existen plantas sencillas en las cuales estos contenedores de materiales seleccionados se reemplazan por tambores de 0,2 m<sup>3</sup> de capacidad, los cuales han sido utilizados como envases de combustibles y lubricantes.



La Figura 9.5 presenta el funcionamiento de una planta de separación.



**Figura 9.5. Funcionamiento de una planta de separación.**

Fuente: Elaboración propia, 2002

Otro implemento, encontrado solamente en algunas plantas es la cinta magnética, la cual se instala al final de las cintas de separación, y está destinada a la extracción de los pequeños objetos de metales ferrosos que pueden haber pasado desapercibidos durante la operación.

Si el material no seleccionado se destina para la elaboración de compost, entonces es impredecible destinar el último tramo de la cinta, para la separación de todos aquellos materiales que no resultan ser materia orgánica fermentable. (pañales, pilas, trozos de metal, plástico, vidrio, etc.). Los materiales descartados son acopiados y trasladados para su disposición final siguiendo el mismo proceso de separación y acopio transitorio que el resto, serán destinados a Disposición Final.

## SITUACIÓN EN ARGENTINA

A partir del año 1994 comienzan a construirse en la Argentina pequeñas Plantas de Separación de residuos sólidos urbanos. En la tabla 9.1, se indican algunas de ellas.

**Tabla 9.1. Plantas por Localidad, inicio de actividad**

LOCALIDAD	INICIO	LOCALIDAD	INICIO
Armstrong, Santa Fe	1994	Las Rosas, Santa Fe	1996
Intendente Alvear, La Pampa	1994	Oncativo, Córdoba	1996
Oberá, Misiones	1994	Puerto Rico, Misiones	1996
Trenque Lauquen, Buenos Aires	1994	Villa Giardino, Córdoba	1997
Ciudad de Córdoba	1995	Plottier, Neuquén	1998
Maipú, Mendoza	1995	Villa Gral. Belgrano, Córdoba	1998

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001.

### Planta de Separación FEDERAL (Provincia de Entre Ríos)

Planta Integral de Tratamiento de Residuos Federal se encuentra ubicada en el Centro Norte de la Provincia de Entre Ríos, sobre las Cuchillas Montieleras. Fue construida en el año 2001.

Federal tiene alrededor de 14000 habitantes que generan aproximadamente 10.000 kg. de residuos diariamente. Actualmente, el 65% de la población se encuentra incorporada al "Plan de Tratamiento de Residuos Sólidos Domiciliarios" por el cual los vecinos separan en su domicilio los residuos orgánicos e inorgánicos.



Fuente: AIDIS, Argentina 2002.

Clasificación diferenciada de materiales reciclables: cartón, plásticos, vidrios y metales. Está compuesta por 16 ductos para la separación adecuada de los diferentes elementos. Boxes de depósitos en el exterior, serán utilizados como zonas de acopio de materiales inorgánicos ya clasificados.

## 9.2. RECICLAJE Y RECUPERACIÓN (COMUNIDAD DE MADRID, 1987C; BUENO ET AL., 1997; LÓPEZ ET AL., 1980; RIVERA, 2000; RIVERA, 1998)

El reciclado es el proceso mediante el cual algunos materiales que se encuentran en la masa de residuos sólidos urbanos son separados de ella, clasificados y acondicionados para ser luego reutilizados como materias primas en un proceso productivo posterior, modificando sus características físicas y en algunos casos también las químicas. La separación y clasificación realizada por particulares o por un municipio no implican reciclado. El reciclado se produce sólo cuando los materiales originales vuelven a ingresar en el mismo u otro proceso productivo y se obtiene de ellos un producto modificado y con un cierto valor agregado.



Los materiales que se recuperan más comúnmente, se presentan en la Tabla 9.2., y se pueden usar directamente como materia prima o como fuente de combustibles.

**Tabla 9.2. Tipos de materiales reciclables**

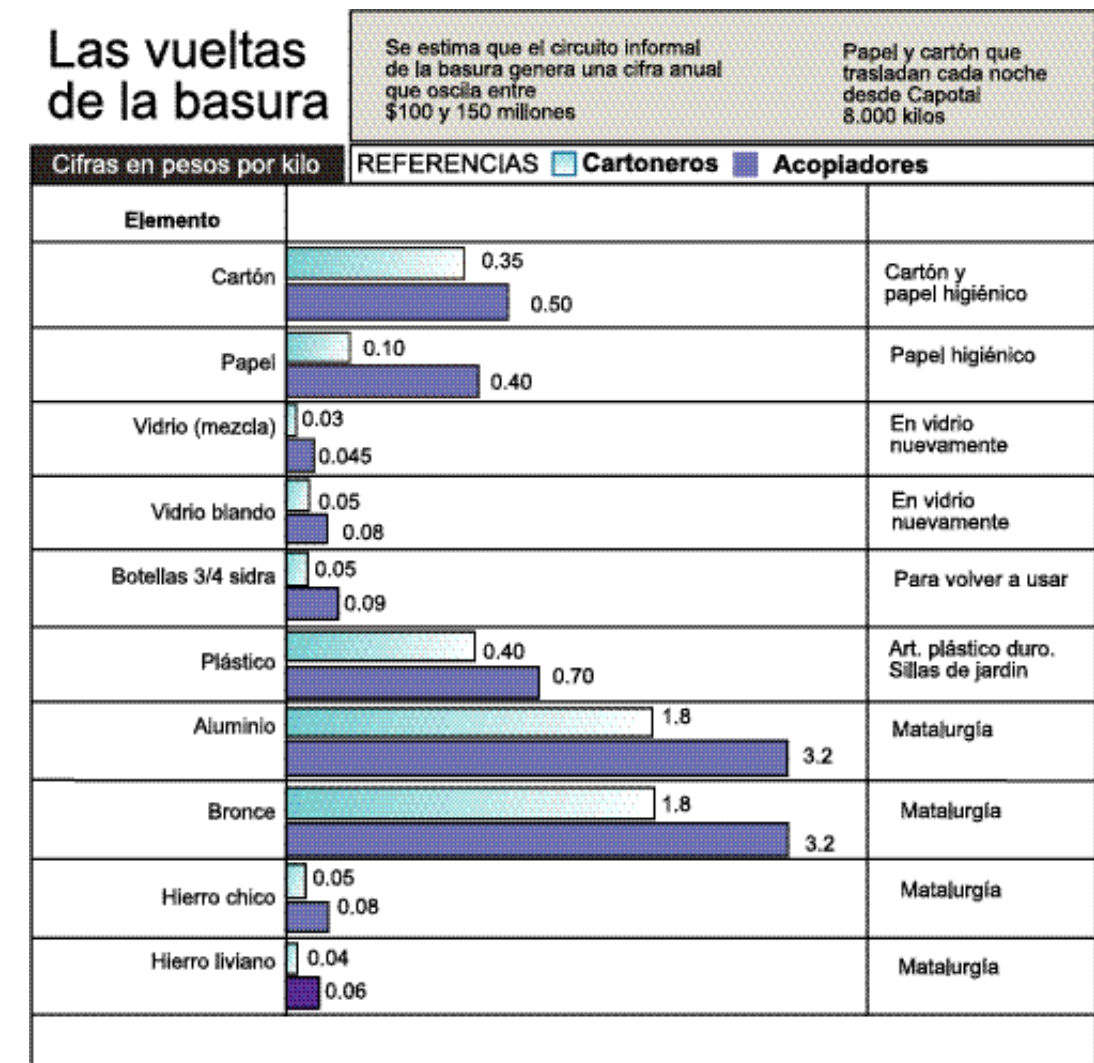
MATERIAL RECICLABLE	TIPOS DE MATERIALES Y USOS
Aluminio	Latas de cerveza y refrescos
Papel Papel periódico usado (PPU) Cartón ondulado Papel de alta calidad Papel mezclado	Periódicos de quiosco o entregados a casa Empaquetamiento en bruto; la mayor fuente de papel residual para el reciclaje Papel de informática, hojas de cálculo blanco, recortes Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódico, revistas, y papel de fibras largas blanco o coloreado
Plásticos Polietileno tereftalato Polietileno de alta densidad Polietileno de baja densidad Polipropileno Poliéster Multilaminados y otros Plásticos mezclados	Botellas de refrescos, botellas de mayonesa y aceite vegetal; película fotográfica bidones de leche, contenedores de agua, botellas de detergente y de aceite de cocina Envases de película fina y rollos de película fina para envolturas; bolsas de limpieza en seco y otros materiales de película Cierres y etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espuma, envases para comida rápida; cubiertos, vajillas y platos para microondas Envases multilaminados, botellas de ketchup y mostaza Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionado
Vidrio	Botellas y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar
Metal férreo Metales no férreos	Latas de hojalata, bienes de línea blanca y otros productos Aluminio, cobre, plomo, etc.
Residuos de jardín, recogidos separadamente	Utilizados para preparar compost; combustible biomasa; cobertura intermedia de vertedero.
Fracción orgánica de los RSU	Utilizado para preparar compost para aplicaciones de suelo; compost utilizado como cobertura intermedia de vertedero; metano; etanol y otros compuestos orgánicos: combustible derivado de residuos (CDR)
Residuos de construcción y demolición	Suelo, asfalto, hormigón, madera, cartón de yeso, grava, metales
Madera	Materiales para empaquetamiento, palets, restos y madera usada de proyectos de construcción
Aceite residual	Aceite de automóviles y camiones; reprocesado para reutilización o como combustible
Neumáticos	Neumáticos de automóviles y camiones; material de construcción de carreteras; combustible
Baterías ácidas de plomo	Materias de automóviles y camiones; trituradas para recuperar componentes individuales como ácido, plástico y plomo
Pilas domésticas	Potencial para recuperación de zinc, mercurio y plata

Fuente: Tchobanoglous et al., 2000

Se ha visto que estos materiales pueden emplearse de distintas maneras, como materia prima de reutilización directa, por ejemplo: maderas, barriles, recipientes de hojalata, botellas y envases de vidrio retornables, muebles, electrodomésticos, juguetes y todo artículo que pueda ser reciclado en los ámbitos semiprofesionales o domésticos.

También pueden ser utilizadas para la fabricación y reprocesamiento de nuevos productos; como materias primas para la producción de compost como fuente de producción de energía.

Desde hace algunos años en Argentina, se realizan distintas experiencias de reciclaje con diferentes resultados (Figura 9.6). Paralelamente se desató una polémica en torno de la conveniencia económica del reciclaje y respecto de cual debe ser el destino final de la basura doméstica e industrial.



**Figura 9.6. Referencias sobre el circuito informal de los residuos sólidos urbanos en Argentina.**

Fuente: CEAMSE, 2002.

Al menos dos sectores pueden individualizarse en esta confrontación. Por una parte se inscriben los que consideran a esta actividad como beneficiosa desde todo punto de vista, y además agregan que tiene considerables ventajas tanto económicas como ambientales.

Otro sector sostiene que el reciclaje de residuos es antieconómico y que sería ínfima la incidencia en la preservación de los recursos naturales. De cualquier forma hay una opinión generalizada en que el mercado nacional aún no está preparado para absorber los productos a partir de la transformación de la basura. Algunas experiencias a nivel nacional son:

- Plantas de separación en localidades de menos de 30.000 habitantes con diferentes resultados: Trenque Lauquen, Bolívar, Laprida (Provincia de Buenos Aires), Oncativo y Arias (Córdoba) Intendente Alvear (La Pampa), Maipú (Mendoza), etc.
- Separación en origen en pequeñas localidades del interior del país (ampliar con el punto "Una experiencia alentadora") para utilizar el residuo orgánico en la elaboración del compost. Se ha resuelto parcialmente la disposición y la comercialización de los inorgánicos. La concientización se realiza casa por casa, capacitando a los jóvenes de los colegios primarios y secundarios para realizar estas tareas, habiéndose logrado buena participación en los habitantes.
- Experiencias piloto en los barrios de la Capital Federal y Conurbano Bonaerense para la recolección de vidrio y papel en contenedores, estos planes piloto están a cargo de CEAMSE y se ejecutan también a través de las escuelas, siendo estas experiencias positivas por el crecimiento de concientización con respecto a la práctica del reciclaje pero la venta de los materiales recolectados no cubren los costos del sistema.

Según investigaciones recientes, la recuperación de chatarra en los distritos de Malvinas Argentinas y José C. Paz, zona noreste del Gran Buenos Aires, oscila entre las 1.000 y 2.000 toneladas mensuales, lo que equivale a un 20 % de los desechos arrojados a la calle.

El mercado informal va un paso atrás, respecto de los requerimientos las empresas en cuanto a las características y condiciones de la materia a reciclar, imponiendo de esta forma los precios de compra - venta. Por ejemplo, una fábrica de tubos de acero sin costura, condiciona el precio a pagar para tubos de acuerdo al un diámetro máximo, si las mediciones son mayores al acopiador deberá reducirlo para cumplir con ese requisito e invertir más tiempo y dinero, pues de otra forma no pasará por la boca del horno, por tanto las diferencias entre el precio inicial y el del material reciclado comienza a aumentar. Así por ejemplo: El plástico tiene un precio inicial de 0,86 USD/kilo y es vendido por el acopiador a 0,2 USD/kilo en la puerta de la embotelladora. Un kilo de aluminio es vendido por el recolector a 0,51 USD/kilo y la metalúrgica le paga 0,91 USD/kilo al chatarrero.

### 9.2.1. RECICLAJE PLÁSTICOS

Aunque normalmente los plásticos conforman una baja fracción en peso respecto de los residuos sólidos urbanos, éstos conforman un porcentaje algo mayor basándose en su volumen. Los materiales plásticos más frecuente reutilizados se identifican en la Tabla 9.3, indicando sus usos originales y los productos elaborados con el material ya reciclado.

Tabla 9.3. Identificación de materiales Plásticos actualmente reutilizados

CÓDIGO	SIGLA	NOMBRE	USOS ORIGINALES	PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DEL MATERIAL RECICLADO
1	PET	Tereftalato de polietileno	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes. Aceites comestible, bandejas, artículos de farmacia	Sacos de dormir, almohadas, colchas, ropa de invierno, correas, envases de comida, etc.
2	HDPE	Polietileno de alta densidad	Envases de leche, detergentes, champú, baldes, bolsas, tanques de agua, cajones	Botellas de detergentes, recipientes para aceites de motor, envolturas protectoras, bolsas plásticas, tuberías, juguetes y cubos.
3	PVC	Policloruro de vinilo	Tubería de agua, desagües, botellas de jugos, aceites, mangueras, cables, simil cuero, bolsas de sangre.	Recipientes que no son para comidas, cortinas de duchas, recubrimiento de techos para camiones, azulejos, tiestos para plantas y juguetes.
4	LDPE	Polietileno de baja densidad	Bolsas para residuos, usos agrícolas	Bolsas plásticas, filminas para envolturas, empaquetamiento de comidas.
5	PP	Polipropileno	Envases de alimentos, industria automotriz, artículos de bazar, film de protección para alimentos, pañales descartables.	Caja de baterías de automóviles, etiquetas, bidones, envases de comida.
6	PS	Poliestireno	Envases de alimentos, congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos	Envases de espuma para comida rápida y alimentos en general, bandejas.
7	Otros	Resinas Epoxídicas, Resinas Fenólicas, Resinas Amídicas Poliuretano	Adhesivos e industria plásticas Industria de la madera y la carpintería moldeados como enchufes, asas de rec, recipientes, etc. Espumas de colchones, rellenos de tapicería.	Envases de ketchup y mayonesa, bancos de jardín, mesas, postes, vigas, palets, estacas.

Fuente: CEAMSE, 2002

En la figura 9.7, se presenta un diagrama de flujo simplificado de un proceso de reciclado de plástico.

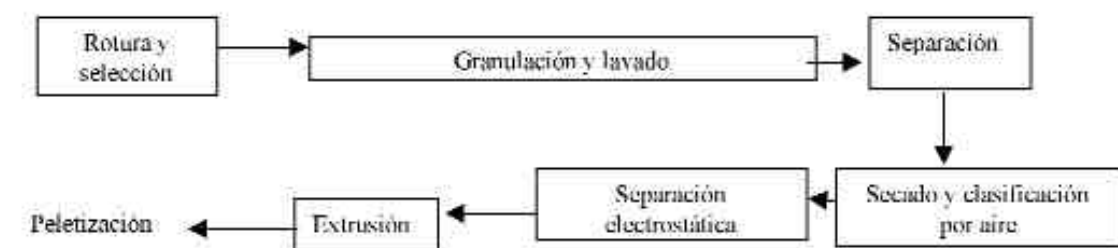


Figura 9.7 Diagrama de flujo simplificado del reciclado del plástico.

Fuente: Elaboración propia, 2002

La reutilización del plástico es compleja, ya que se requiere asegurar la pureza del plástico que se ofrece, para lo cual se necesita separar perfectamente los diferentes tipos, esta operación puede demandar costos que superan al precio de venta. La restricción mencionada se debe a la necesidad de parte del comprador de obtener materiales plásticos separados por tipo, debido a los requerimientos del proceso de reciclado que son diferentes para cada clase. El resultado de esta condición es que sólo se comercialicen dos o tres tipos de plástico. En otros casos el material es previamente triturado, procedimiento poco frecuente debido a la dificultad para mantener la requerida pureza de cada tipo.

### CASO ESPECIAL: EL RECICLADO DEL PET

En la década pasada, comenzó a utilizarse masivamente una nueva resina plástica, el PET. La ausencia de cementantes y una de sus propiedades más distintivas como es la barrera de gases, le confirió gran difusión como envase de bebidas gaseosas, sifones y posteriormente otros productos como aceites, mayonesas, cosméticos, etc. Pero no sólo estas propiedades influyeron en esta elección de los industriales y el público consumidor. Su escaso peso con relación al del producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido y fundamentalmente la seguridad de los usuarios, ante una eventual rotura, fueron factores determinantes para la generalización de su uso.

Desde el punto de vista ambiental, es la resina que presenta mayores aptitudes para el reciclado, ostentando el número 1 rodeado de tres flechas formando un triángulo, en el fondo del envase.

El PET reciclado no se destina a nuevos envases para bebidas o alimentos en contacto permanente. También existe la alternativa de aprovechamiento energético. El PET es un polímero que está formado sólo por átomos de Carbono e Hidrógeno, por lo cual al ser quemado produce sólo dióxido de carbono y agua ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) con desprendimiento de energía. En estos casos el aprovechamiento energético es usado principalmente para calefacción y producción de agua caliente.

#### RECICLADO DE PET EN ARGENTINA

En Argentina la actividad de la Asociación Civil Pro Reciclado del PET – ARPET - promueve la recolección diferenciada para una posterior reclasificación por parte de los Municipios, a la vez que orienta y asiste a un nuevo sector industrial.

Dentro del tratamiento y acondicionamiento de residuos domiciliarios, el interés de ARPET está centrado en los envases de PET posconsumo. Los mismos son derivados a empresas recicladoras que los reprocesan con especificaciones aptas para otras industrias.

A su vez, un número creciente de industriales aprovecha esas materias primas recicladas para transformarlas en nuevos productos, actividad que era prácticamente inexistente con anterioridad al año 1995.

Durante 1996 y 1997 comenzó el reciclado de PET (Tabla 9.4) y se trataron el equivalente a unas 18.000.000 unidades. Principalmente se procesó PET posindustrial y en un grado creciente envases de PET posconsumo, proveniente de los envases retornables de gaseosas.

Tabla 9.4. Reciclado de PET en Argentina (posindustrial y posconsumo)

AÑO	PET RECICLADO (EN TON)	ENVASES (EN MILLONES)	PET VIRGEN (EN TON)	PORCENTAJE RECUPERADO
1997	780	18	70.000	1,11
1998	2.700	61	90.000	3,00
1999	3.500	80	105.000	3,33
2000	6.600	150	130.000	5,00
2001	8.580	200	145.000	5,91

Fuente: Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET (ARPET), 1999

El incremento de unidades recicladas es debido al aumento de la conciencia ambiental en el conjunto de la población y puesto de manifiesto en el número creciente de programas de recolección diferenciada en Municipios.

#### Empresas Recicladoras

- El Vendabal Recicladores S.R.L., Equipo móvil.
- PLASMEN, Ciudad de Plottier, Provincia de Neuquén.
- QUANTA, Paraná, Pucía de Entre Ríos.

#### 9.2.2. RECICLAJE DEL VIDRIO

Otro caso particular corresponde al tratamiento del vidrio. Del total generado el 90% es vidrio de botella o recipiente blanco, ámbar o verde. Las ventajas de reciclar vidrio incluyen: reutilización del material, ahorros de energía y uso reducido en sitios de disposición final. En algunas zonas, por ejemplo Mendoza, pueden venderse con cierta facilidad algunos tipos de botellas enteras. En otras también resultan vendibles los tarros. Sin embargo lo común es el acondicionamiento del vidrio mediante molido, producto que obviamente resulta mucho menos interesante en cuanto a beneficio económico.

En general el vidrio reciclado se emplea para producir vidrios planos, recipientes y botellas de vidrio, en menor proporción para lana de vidrio, material de pavimentación y productos de construcción, tales como: ladrillos, azulejos y otros.

Si bien es prácticamente ilimitada la proporción en que puede entrar el reciclado en la nueva mezcla, existen límites máximos aconsejables para mantener exactamente las cualidades originales: vidrio blanco 30%, ámbar 60% y verde 80%.

Es decir que el vidrio reciclado tiene el valor de materia prima, ya que la reemplaza en forma in-



tegral y los nuevos envases obtenidos mantienen exactamente las mismas propiedades y características que los fabricados 100% de materia prima virgen.

Por 1 tonelada de vidrio reciclado que se incorpora, se produce un ahorro de 1,2 toneladas de materias primas. También se produce un considerable ahorro de energía, ya que por cada 10% de vidrio reciclado utilizado en la mezcla implica una reducción de aproximadamente 2,5 % de la energía necesaria para fundir las materias primas vírgenes, por menor temperatura de fusión. En otros términos 1 tonelada de vidrio reciclado representa una economía de 130 kg equivalentes en petróleo.

Algunos puntos a considerar en el reciclaje del vidrio se muestran en la Figura 9.8.

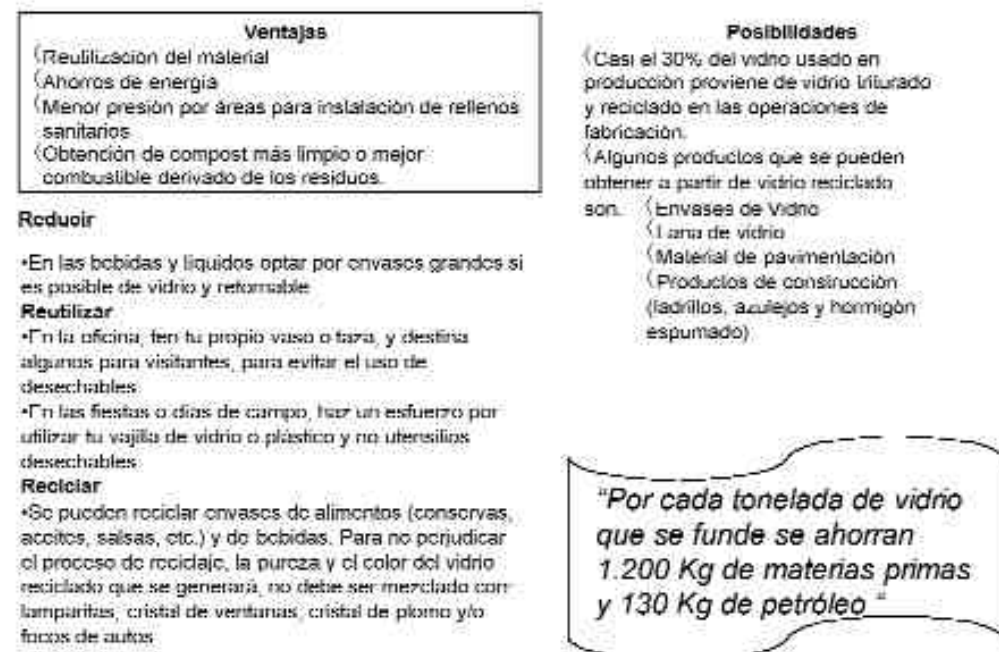


Figura 9.8. Aspectos a considerar respecto del reciclaje del vidrio.

Fuente: Elaboración propia, 2002

## RECICLAJE DEL VIDRIO EN ARGENTINA

Como dato contundente, del total de las 450.000 toneladas/año de envases de vidrio que actualmente se producen en la Argentina, alrededor del 50% se están reciclando (botellas para bebidas y alimentos, botellas de aceite, salsas y frascos).

Esta cifra es muy importante considerando las escasas campañas de educación y promoción del reciclado en nuestro país y comparándola con los realizados en países industrializados como ser Holanda (66%), Alemania (54%), Italia (49%), España (27%) o USA (28%).

### Empresas Recicladoras

- Rigolleau S.A., Provincia de Buenos Aires
- Cattorini Hnos., Provincia de Buenos Aires
- Nuevas Cristalerías Avellaneda SAIC, Provincia de Buenos Aires
- Vitra Argentina S.A., Rosario, Provincia Santa Fé.

## 9.2.3. RECICLAJE DE LATAS DE ALUMINIO

En la preservación de Recursos Naturales unas 2.500.000 latas equivalen aproximadamente a 37 toneladas de aluminio. Se ahorra 95% de la energía necesaria para fabricar la misma cantidad. Una misma lata se puede reciclar una y otra vez sin que el aluminio pierda sus propiedades. Las latas son 100% reciclables, y con una tonelada de aluminio se fabrican 70.000 latas. En la Figura 9.9 se presenta un esquema simplificado del proceso de reciclaje del aluminio.

El reciclaje de aluminio está conformado por dos sectores:

- Latas de aluminio:** para bebidas gaseosas, y
- Aluminio secundario:** ventanas, paneles y canelones.



Figura 9.9. Proceso genérico de reciclaje de aluminio.

Fuente: Elaboración propia, 2002



### RECICLAJE DE LATAS DE ALUMINIO EN ARGENTINA

La empresa internacional Reynolds Argentina S.A. ha implementando un Programa Permanente de Reciclaje de Latas de Aluminio .

En Argentina, las latas de aluminio representan el 0,5 % de la basura. Según estimaciones oficiales, los argentinos consumen anualmente cerca de 800 millones de latas de cervezas o gaseosas, equivalente a 13.500 toneladas de aluminio.

En nuestro país la actual Secretaría de Medio Ambiente tiene una propuesta para lograr que las latas de gaseosas o de cerveza sean reciclables; dicha propuesta consiste en que estos envases sean retornables, evitando de esta manera el vertido de las latas en la vía pública y facilitando el proceso de reciclado.

Según estimaciones de la empresa Reynolds, productora de latas de aluminio a nivel mundial, se intenta obtener en nuestro país una tasa de reciclaje de alrededor del 20 % (unas 2.700 toneladas recuperadas y fundidas), y colocar a la Argentina en los mismos niveles de reciclado de los países desarrollados.

#### Empresa Recicladoras

- ACCOSUD.
- ECO-CAN S.A.
- Polytam S.A.
- Recicla1 SRL
- Refinería Metales Uboldi y Cía S.A.
- Reynolds Argentina S.A.

### 9.2.4. RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN

El papel es una especie de filtro constituido por fibras vegetales entrecruzadas e imbricadas, a las cuales se agregan aglutinantes, cargas y otros aditivos en función del tipo que se desee obtener. La celulosa empleada en la fabricación del papel proviene principalmente de la madera de árboles resinosos.

Para fabricar una tonelada de papel es necesario utilizar 2 toneladas de madera, 7600 Kw por hora de energía eléctrica y una gran cantidad de agua

Al reciclarlo, se reduce la tala de árboles y se evita el proceso de pre-elaboración de las fibras que consume gran cantidad de agua y energía eléctrica.

No todo el papel de desecho para reciclar es igual, ya que si usamos un papel de buena calidad (lo que está determinado por el largo de las fibras vegetales que lo constituyen) obtendremos como resultado uno de calidad mas que aceptable. El descartado en oficinas (resmas, computadoras, etc.) es el mas buscado a la hora de reciclar. En la Figura 9.10, se presentan algunos ítems de interés en el reciclaje del papel.

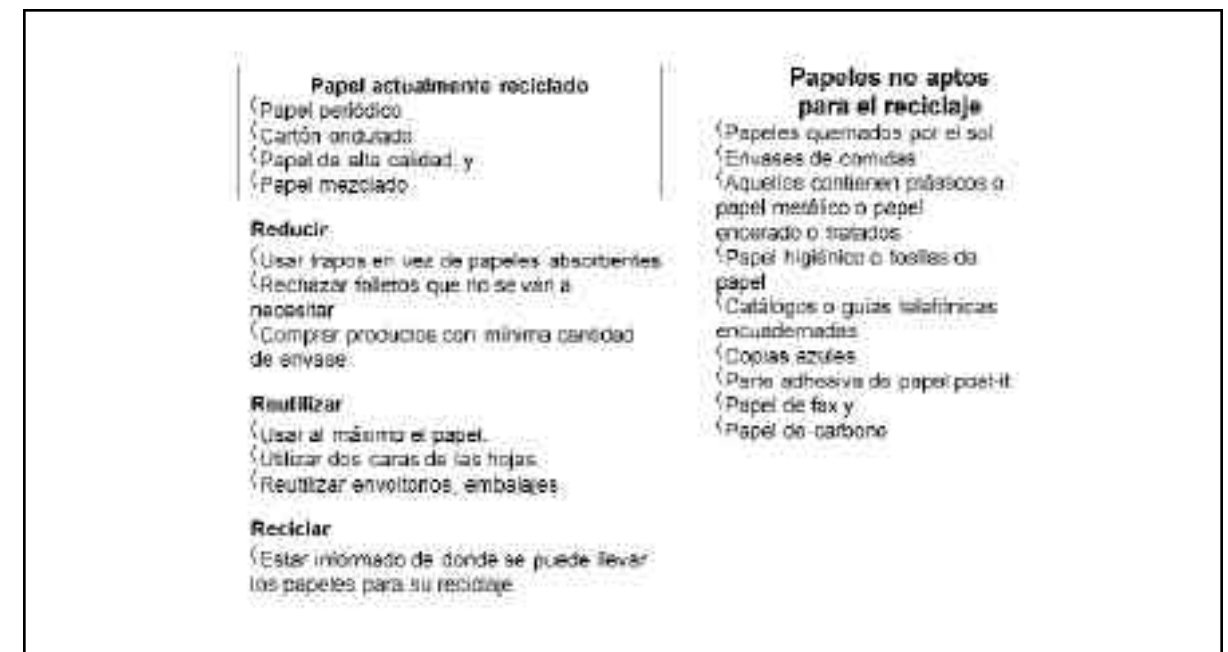


Figura 9.10. Ficha con argumentos de importancia en el reciclaje del papel.

Fuente: Elaboración propia, 2002

Los usos más importantes del papel reciclado se pueden reagrupar en tres categorías:

- Sustituto de pulpa: Se introduce al proceso de producción de papel sin tratamiento previo. Son destinados a papel de impresión.
- Calidad de destintado: Se incorporan al proceso de elaboración de papel posterior al destinte químico y blanqueado con lejía. Son destinados a papel periódico, papel higiénico, servilletas, rollos de cocina y cajas de alta calidad.
- Calidades brutas: Estas se usan para producir cartón de cajas, láminas para cajas de cartón ondulado, hueveras y productos de construcción.

Además de los usos citados anteriormente el papel recolectado para el reciclaje, también puede usarse para elaborar productos de construcción (lámina de yeso forrado de cartón, aislante para techos) o combustibles derivados de residuos (a la forma de pelets). En la Figura 9.11., se presenta un diagrama simplificado del proceso de reciclaje de papel.

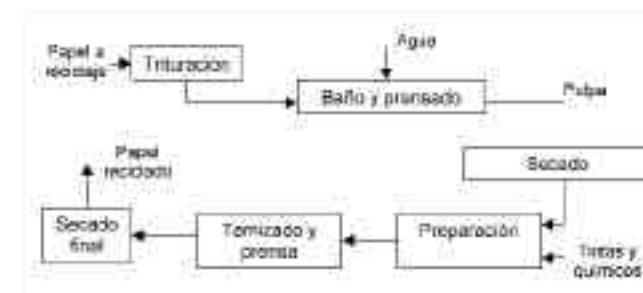


Figura 9.11. Diagrama simplificado del proceso de reciclaje de papel.

### RECUPERACIÓN DE PAPEL PARA LA INDUSTRIA PAPELERA ARGENTINA

Según datos de la Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel, ese sector industrial recicla unas 670.000 tons. por año de papel. Gran parte del mismo es separado –por vías informales- de los residuos de organismos del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y de la Administración Pública Nacional.

- EMPRESAS RECICLADORAS de papel y cartón, Papelera Tucumán Provincia de Tucumán.
- ZUCAMOR S.A., RECUPAC S.A., INTERPACK. S.A., Reciclado de papel y cartón, Provincia de Buenos Aires.
- PAPELERA DEL PLATA –Holding de Empresas CMPC de Chile Planta de Zárate, Provincia de Buenos Aires.
- División Recortes (COREPA) Reciclado de papel y cartón. Wilde, Provincia de Buenos Aires.

Las cantidades de metales ferrosos generados en los residuos sólidos urbanos, han disminuido en los últimos años debido al reemplazo de estos materiales por plásticos o aluminio. Sin embargo, existen mercados informales para los metales desechados.

En la Figura 9.12, se presentan algunas consideraciones para el reciclaje de metales ferrosos y no ferrosos.



Figura 9.12. Consideraciones para el reciclaje de metales ferrosos y no ferrosos.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 9.2.5. RECICLAJE DE MADERA

Los residuos de madera se categorizan según la fuente de generación: residuos de madera cosechada, provenientes de la tala de bosques, aserradero y de fábrica de madera elaborada, rechazos de fábrica; palets y residuos de contenedores; residuos de construcción y demolición; y otros residuos de madera (residuos de jardín, huertos, centros de jardinería y agrícolas). En la Figura 9.13, se presentan algunas consideraciones para el reciclaje de madera.



Figura 9.13. Consideraciones para el reciclaje de madera.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 9.2.6. RECICLAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

Estos residuos provienen de la construcción, remodelación y demolición de edificios, de proyectos de repavimentación de carreteras, de arreglos de puentes y de limpiezas asociadas a desastres naturales. Actualmente se recupera un porcentaje muy bajo.

En la Figura 9.14, se presentan algunas consideraciones para el reciclaje de construcción.



Figura 9.14. Consideraciones para el reciclaje de materiales de construcción.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 9.2.7. RECICLAJE DE RESIDUOS DE PILAS DOMÉSTICAS

La mayoría de los consumidores no saben que las pilas domésticas son una fuente potencial de metales tóxicos y pocos estados y municipios intentan recolectarlas. En los pocos programas que existen, se recogen la mayoría de las pilas en tiendas de bienes de consumo eléctricos y en joyerías. El reciclaje es difícil porque muy pocas compañías tienen la tecnología para procesar las pilas domésticas y no hay una infraestructura de recolección conveniente. Además las pilas botón mezcladas son difíciles de seleccionar y pueden presentar un peligro de almacenamiento debido a emisiones de vapor de mercurio. En la Figura 9.15, se presentan algunas consideraciones para el manejo, acopio y reciclaje de pilas domésticas.

TIPO DE PILA	METAL CONTAMINANTE
<b>Pilas de botón</b>	
Alcalina	Mercurio
De litio	Litio
Oxido de Cinc-Aire	Mercurio Plata
<b>Cilíndricas</b>	
Alcalina	Mercurio
Cinc- Cadmio-	Mercurio Cadmio

NO son reciclables	Son reciclables
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilas alcalinas</li> <li>• de Cinc - plomo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botón de óxido de mercurio</li> <li>• de óxido de plata</li> <li>• de níquel cadmio</li> </ul>

**Algunos consejos**

Lo más conveniente es elegir otras fuentes energéticas como por ejemplo la electricidad, en caso de ser estrictamente necesario, se recomienda:

- Usar pilas y baterías recargables
- Contar con aparato recargador de pilas
- No tirar pilas a cursos de agua ni alcantarillado
- No acumular pilas, deshacerse de a poco de ellas
- No quemarlas jamás!!!

Figura 9.15. Consideraciones para el manejo, acopio y reciclaje de pilas domésticas.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 9.2.8. RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE NEUMÁTICOS

Los comerciantes de neumáticos, desarme de automóviles e incluso los operadores de vertederos pagan a contratistas independientes para recoger los neumáticos usados. En la mayoría de los vertederos ya no se entierran neumáticos enteros, porque ocupan un gran volumen, generando problemas en la compactación. Los vertederos normalmente aceptan neumáticos como un servicio público, pero cobran una tarifa para cubrir los costos de recogida.

Los recolectores de neumáticos separan las cubiertas útiles para su recauchamiento.

En la Figura 9.16, se presentan algunas consideraciones respecto del reciclaje de neumáticos.

**Posibilidades de reciclaje para:**

- Recauchamiento y reparación
- Combustible
- Aglomerante

Recauchamiento y reparación	Combustible
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor volumen que significa la disposición de estos residuos.</li> <li>• No se gastan grandes cantidades de energía en esta reutilización.</li> </ul> <b>Competencia:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los usuarios prefieren neumáticos nuevos (los problemas que pueden causar).</li> <li>• Los cambios para vehículos grandes son muy caros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se usa directamente por rotos o presión insuficiente como combustible para calderas.</li> <li>• Se usa principalmente en plantas de hormigón.</li> </ul>
	<b>Aglomerante betón - caucho</b>
	<b>Procesos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recauchado:</b> Se mezcla polvo de caucho (tratado muy fino) con asfalto a 254°C para formar la unión química.</li> <li>• <b>Grav:</b> Se utiliza caucho de los neumáticos como sustituto de áridos.</li> </ul>

Figura 9.16. Consideraciones para el reciclaje de neumáticos.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 9.2.9. RECICLAJE DE RESIDUOS DE ACEITES RESIDUALES

Los aceites de vehículos incluyen: aceites de carter, aceites de motores diesel y fluidos de transmisión, frenos y dirección hidráulica.

Las fuentes de aceite de vehículos son los propios usuarios, talleres mecánicos, estaciones de servicio, empresa de transporte y taxis, instalaciones militares e instalaciones industriales y de fabricación.

El aceite industrial residual incluye: aceite de mecanización, aceites hidráulicos, aceites de elaboración, aceites lubricantes y aceites de cárter.

En la Figura 9.17, se presentan algunas consideraciones en el reciclaje de aceites residuales y en la 9.18 los procesos de regeneración y refinación utilizadas en la recuperación de aceites.

<b>Origen</b> <b>Automóviles (60%)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites del carter</li> <li>• Aceites de motores diesel</li> <li>• Fluidos de transmisión</li> </ul> <b>Industria (40%)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites de mecanización</li> <li>• Aceites hidráulicos</li> <li>• Aceites de elaboración</li> <li>• Aceites lubricantes</li> <li>• Aceites de carter</li> </ul>	<b>Ejemplo de Procesos usados</b> <b>Regeneración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paso 1:</b> Calentamiento y limpieza para separar sedimentos de fondo, aguas, material en suspensión y cenizas</li> <li>• <b>Paso 2:</b> Se reduce cantidades de metales orgánicos y volátiles</li> <li>• <b>Paso 3:</b> Obtención de producto combustible</li> </ul> <b>Refinación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paso 1:</b> Se usan tecnologías similares a las utilizadas para separar sedimentos de agua.</li> <li>• <b>Paso 2:</b> Tratamiento avanzado para separar contaminantes volátiles y metales.</li> <li>• <b>Paso 3:</b> Uso como aceite lubricante</li> </ul>
<b>Usos finales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles para calderas</li> <li>• Aceite de lubricación refinado</li> <li>• Mezclas asfálticas para carreteras</li> </ul>	

Figura 9.17 Consideraciones para el reciclaje aceites residuales.

Fuente: Elaboración propia, 2002



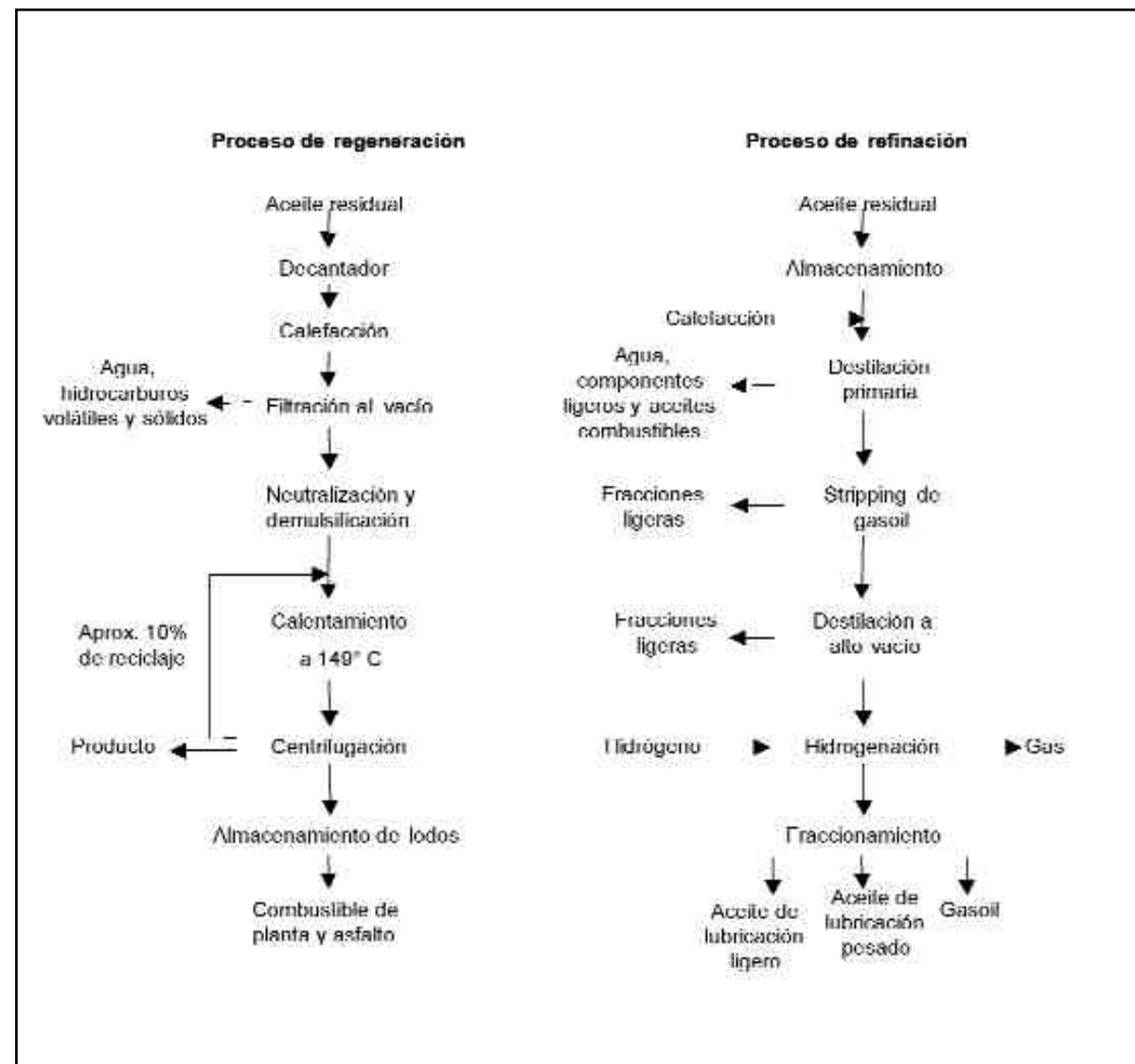


Figura 9.18. Etapas en el proceso de recuperación de aceites residuales.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 9.2.10. RECICLAJE DE RESIDUOS DE BATERÍAS DE PLOMO

En una planta típica, se aplastan los cargamentos de las baterías y después se separan el plomo, el plástico y el ácido sulfúrico. Se cargan todos los componentes en un horno de reverbero (un horno de reverbero es aquel en el que la llama se dirige hacia abajo desde el techo), donde se reducen los óxidos y los sulfatos a plomo metálico. En la Figura 9.19, se presenta un diagrama de flujo simplificado para la recuperación de plomo desde baterías de automóviles.

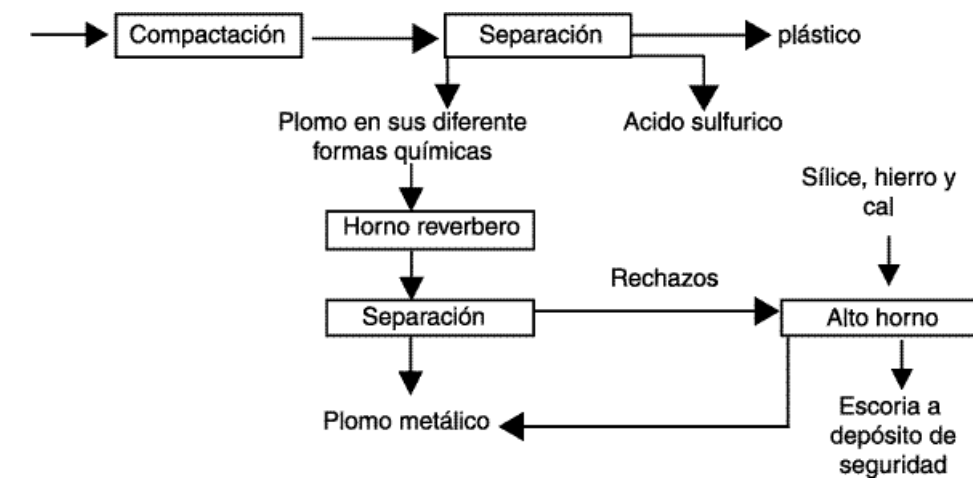


Figura 9.19. Diagrama de proceso simplificado de la recuperación de plomo desde baterías de automóvil.

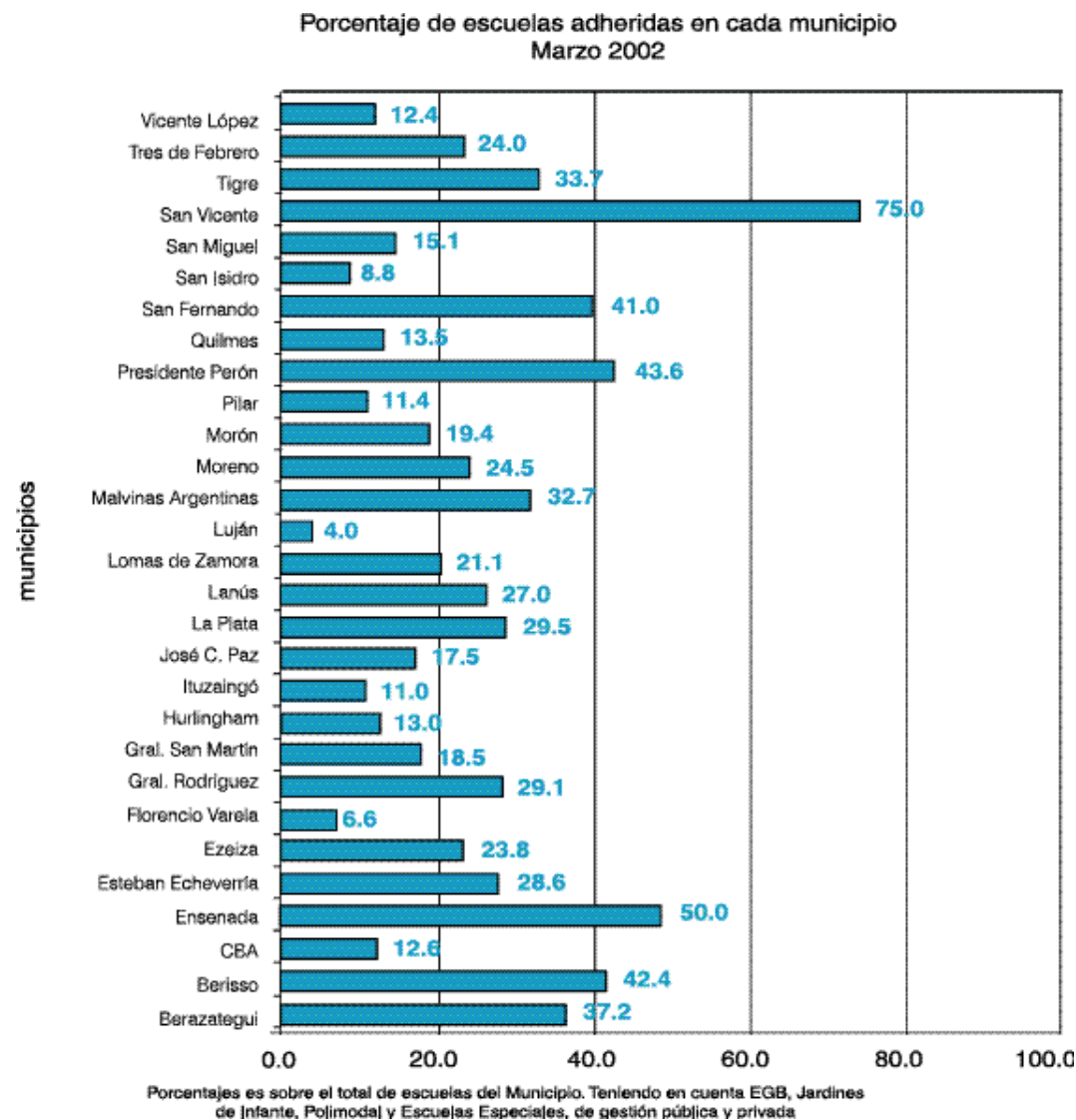
Fuente: Elaboración propia, 2002

### 9.2.11 CAMPAÑA DE RECOLECCIÓN PARA EL RECICLAJE

Los planes de reciclaje en barrios de la Capital Federal (CEAMSE, 2002)



## PLAN CEAMSE RECICLA



Participan más de 1200 escuelas de 30 Municipios del Conurbano Bonaerense y 4 Distritos Escolares de la Ciudad de Buenos Aires.

Cantidad de material reciclado durante el 2001

- 13.285 Kg de ALUMINIO
- 496.176 Kg. de PAPEL
- 509.439 Kg. de VIDRIO
- 6.946 Kg. de plástico PET (\*)

(\*) durante el 2001 se comenzó con la recolección de plástico PET como programa piloto en el Municipio de Lanús y en las Islas del Delta de San Fernando.

## LOS PLANES DE RECICLAJE EN BARRIOS DE LA CAPITAL FEDERAL (CEAMSE, 2002)

### Plan BARRIO NUÑEZ

Actualmente es ejecutado por una de las empresas encargadas de la recolección de residuos en la Ciudad de Buenos Aires. Se ocupa de reciclar vidrio y papel en 20 contenedores de 1m<sup>3</sup> para cada material, ubicados en la vía pública. Sus alcances son aproximadamente 800 viviendas. El total de lo recaudado por la venta de los materiales se entrega a la "Asociación Vecinal General Belgrano" (asociación no gubernamental).



### Plan BARRIO SAAVEDRA

Se recicla vidrio y papel en un área que involucra una cifra aproximada de 400 viviendas. A tal fin se emplean contenedores plásticos individuales de 35 litros de capacidad para cada material, de colores diferenciados, a fin de que ellos sean dispuestos, en el día de la semana y horario preestablecido, en el frente de cada domicilio. El monto de la venta de los materiales se asigna a la organización no gubernamental "Asociación Vecinal Cornelio Saavedra".



### Plan BARRIO RUIZ HUIDOBRO

Se implementa este plan en una zona que comprende 2 monoblocks de propiedad horizontal, abarcando 175 viviendas. Reciclaje de vidrio y papel mediante el uso de contenedores de 1m<sup>3</sup> colocados en la vía pública. El dinero producido por la venta de los materiales se destina a la escuela de la zona.



### Plan BARRIO VILLA DEVOTO

Lo realiza una de las empresas encargadas de la recolección de residuos en la Ciudad de Buenos Aires, en un área que incluye aproximadamente 700 viviendas. Se recicla vidrio y papel mediante el uso de contenedores plásticos individuales diferenciados por colores para cada material, a fin de que ellos sean dispuestos en el día y horario preestablecidos, en el frente de cada domicilio. El monto de lo recaudado por la venta de los materiales está asignado a la "Asociación Cooperadora Hospital Dr. Zubizarreta".



## El Programa CEAMSE RECICLA

Junto a tu escuela reúne a más de 600.000 alumnos de 1200 establecimientos educativos del Conurbano Bonaerense y del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Las escuelas se adhieren voluntariamente generando un proyecto institucional que involucra a toda la comunidad educativa: docentes, alumnos, directivos y padres. Las campañas de recolección escolar, se desarrollan mediante visitas, charlas, entrega de ma-

terial didáctico, folletería y un relevamiento anual que permite actualizar datos institucionales y demandas de capacitación. Los alumnos reciben información sobre residuos sólidos, reciclaje, compostaje, huerta orgánica y ecología. Aprenden normas y recomendaciones sobre el cuidado del ambiente. Las escuelas a través de sus docentes, padres y con la colaboración de los vecinos, recolectan vidrio, papel, aluminio y plástico en contenedores proporcionados y recolectados periódicamente por CEAMSE. Estos materiales son comercializados al mejor precio de mercado, para ser reciclados y reinsertados en la cadena productiva. Los ingresos provenientes de la venta de lo recolectado son depositados íntegramente en la cuenta bancaria de la escuela destinataria, trimestralmente.



### El Programa CEAMSE RECICLA En los barrios

Consiste en la capacitación de organizaciones no gubernamentales en reciclaje y cuidado del ambiente, para incentivar la recolección de las escuelas. Los miembros de las organizaciones, capacitados como animadores barriales, contribuyen con las escuelas y hogares alentando la solidaridad de los vecinos que realizan la donación de lo recolectado por la venta de los materiales. Pueden adherirse asociaciones civiles y fundaciones, centros y ligas vecinales, clubes, sociedades de fomento, barrios cerrados, universidades, empresas, cámaras, etc. La entidad adherida recolecta los materiales y CEAMSE dispone los medios logísticos para el retiro de los mismos; el producto de la venta se deposita en la cuenta bancaria de una escuela, hogar o institución para el cuidado infantil designada por la entidad.

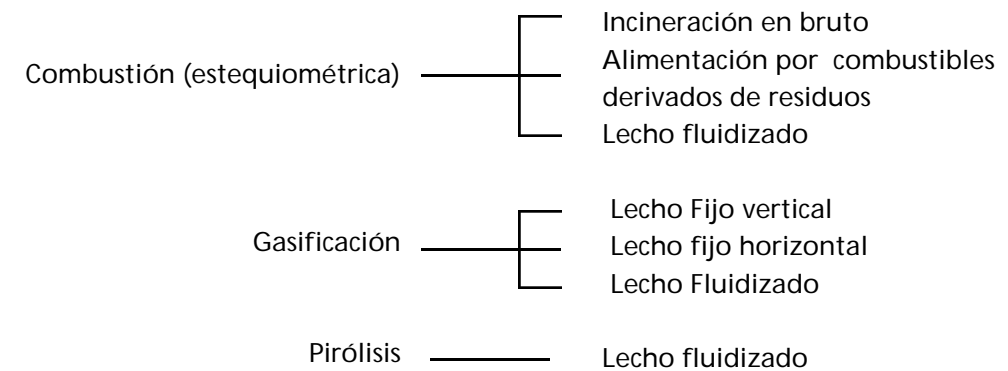


Otorgar o no subsidios en beneficio de este tipo de tareas, parece ser fundamental, para poner en práctica un verdadero cambio en las conductas sociales y en los procesos de producción. Además se podrá determinar cual es el costo que la sociedad está dispuesta a asumir para la creación de una nueva conciencia ecológica. Si bien, la concientización es un logro esencial, se debe considerar que el trabajo debe seguir desarrollandose para lograr una total comercialización de los elementos inorgánicos. Es fundamental fomentar la minimización de la generación de residuos sólidos, para lo cual deben ejecutarse programas concertados de carácter educativo ambiental, y con incidencia socio-económica, donde pueden participar organizaciones no gubernamentales que promuevan estas actividades. La educación y cooperación de la comunidad y la divulgación son esenciales para crear sensibilidad y conciencia de los consumidores sobre la importancia del reciclaje de los residuos sólidos y la separación de los insumos reciclables del resto de los desechos sólidos en el ámbito domiciliario. Considerando que no todo el material generado es reciclado, entonces éstas instalaciones deben siempre considerar la disposición final de los no recuperados en Rellenos Sanitarios.

## 9.3. TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN TÉRMICA

El procesamiento térmico de los residuos puede definirse como la conversión de los residuos sólidos en productos de conversión gaseosa, líquida y sólidos, con la simultánea y subsiguiente emisión de energía en forma de calor. Los sistemas de procesamiento térmico pueden clasificarse en base a sus requerimientos de oxígeno.

La combustión con la cantidad exacta de oxígeno necesaria para la combustión se conoce como combustión estequiométrica. La combustión con oxígeno en exceso sobre las necesidades estequiométricas se denominan combustión con exceso de aire. La gasificación es la combustión parcial de los residuos sólidos bajo condiciones sub - estequiométricas para generar un gas combustible que contiene CO, H y HC gas. La pirólisis es el proceso térmico de los residuos en ausencia completa de oxígeno.



### 9.3.1. INCINERACIÓN (COMUNIDAD DE MADRID, 1987D; FUNDACIÓN MAPFRE, 1994)

Es un proceso de combustión controlado que transforma la fracción combustible de los residuos en productos gaseosos y un residuo sólido inerte (escoria) de menor peso y volumen que el material original. El combustible es el propio residuo y el comburente el oxígeno del aire. Se debe considerar que este sistema de eliminación no es completo, ya que se genera un producto residual que son las escorias y un efluente gaseoso (Figura 9.20).

Si bien la incineración de residuos es un método rechazado largamente por las emisiones que esta genera, es una alternativa que presenta ventajas claras respecto de otros sistemas como son:

- Separación inicial de residuos
- Reducción de peso (70 - 75%)
- Reducción de volumen (89 - 90%)
- Posibilidades de recuperación de energía.
- Posibilidades de ubicación cercana o dentro de las ciudades si los residuos tienen un poder calorífico (PCI) alto.
- Creación de una infraestructura industrial de mantenimiento.
- Bajos costos de tratamiento si existe recuperación y venta de energía.

En forma paralela las principales desventajas que este sistema presentan son :

- Alto Contenido de Humedad y poder calorífico bajo de los residuos.
- Necesidades de depuración de gases y material particulado cada vez más exigentes.

- Necesidad de lugares de disposición para las cenizas que pueden ser calificadas de peligrosas dependiendo de la concentración de metales.
- Inversión muy alta en comparación con otros tratamientos.

La mejor alternativa del uso de incineradores es considerar primero una separación selectiva de residuos para extraer aquellos con real potencial energético.

Debido a los altos costos del proceso el ideal es contar con residuos óptimos para su combustión y que no necesiten pretratamiento (como eliminación de agua).

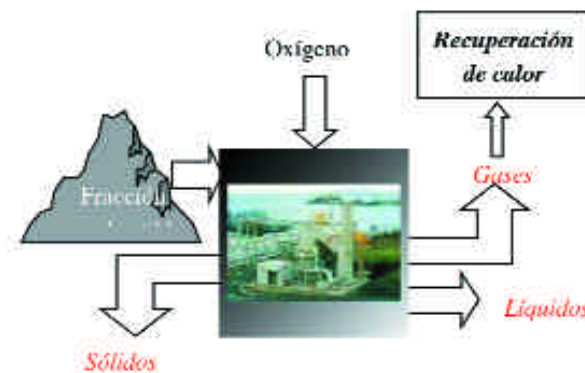


Figura 9.20. Flujos en un proceso de incineración.

Fuente: Elaboración propia, 2002

Las instalaciones de incineración cuenta con 3 subsistemas.

- Pretratamientos: en el cual se pueden utilizar sistemas de mezclado, tamizado, molido y precalentamiento de los residuos, una vez acondicionados los residuos estos son alimentados hacia la cámara de combustión a través de métodos de atomización, mecánicos, gravedad o tornillos.
- Una segunda instalación se refiere al área de combustión propiamente tal en el se distingue la caldera destacando los quemadores, parrillas y centro de control. En general estos cuentan con doble cámara de combustión.
- Finalmente se cuenta con un área de tratamiento de residuos donde lo más relevante son las emisiones gaseosas no deben olvidarse sin embargo el tratamiento y disposición adecuada de residuos líquidos y sólidos.

Los 3 parámetros principales que definen una correcta incineración son:

- **Temperatura de combustión:** Se precisan unos 900°C como valor mínimo, si bien para casos concretos, como compuestos organohalogenados, se exige alcanzar los 1200°C.
- **Tiempo de retención:** Está relacionado con la temperatura, se considera correcto un tiempo de dos segundos.
- **Turbulencia:** Una mezcla combustible/aire lo más perfecta y prolongada posible. Vendrá definida fundamentalmente por el tipo de cámara de combustión empleada.

**Caldera:** Vemos en esta figura un diagrama de un horno rotatorio con doble cámara de combustión, este horno es capaz de tratar desechos líquidos, sólidos y recibir combustible adicional. Las cenizas generadas en esta etapa son arrastradas hacia una salida en forma continua, a su vez los gases pasan a una segunda cámara de combustión (llamada también de post combustión), desde aquí los gases son llevados al recuperador de calor que en su forma más básica es una caldera, con lo que se produce

vapor utilizable directamente o bien transformable en electricidad a través de un turboalternador (Figura 9.21). Existe una variada gama de residuos tanto sólidos como líquidos que se pueden potencialmente incinerar, la mayoría de ellos constituyen o se clasifican como residuos peligrosos (Figura 9.22).

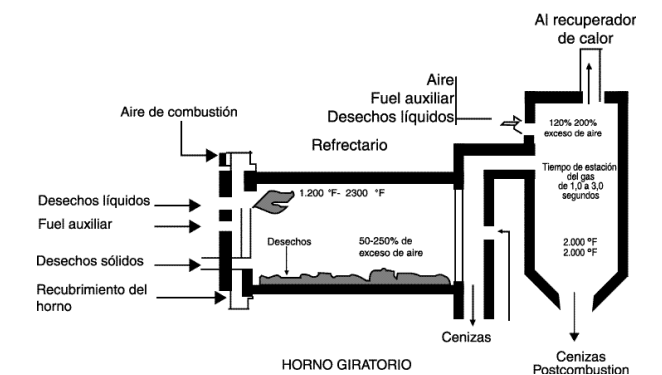


Figura 9.23: Horno rotatorio.

Fuente: Tchobanoglous, 2000



Figura 9.22: Esquema de Residuos con probabilidad de incineración.

Fuente: Elaboración propia, 2002

En forma comparativa los residuos mezclados tienen menor poder calorífico que el papel y que el polietileno como residuo individual (Figura 9.23).

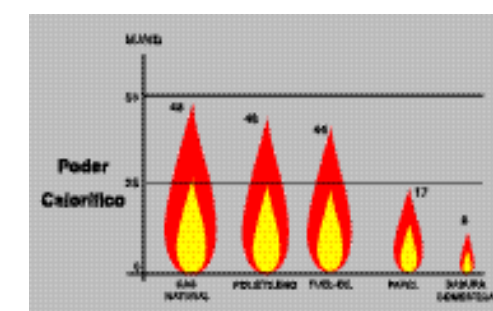


Figura 9.23: Poder Calorífico Inferior (PCI) de Componentes habituales de los Residuales Sólidos Urbanos (kcal/kg).

Fuente: Elaboración propia, 2000 en Fundación MAPFRE 1999.



Los principales temas asociados con el uso de incineradoras para la transformación de RSU están relacionadas con: 1) la localización, 2) las emisiones gaseosas, 3) la evacuación de rechazos, 4) las emisiones líquidas, y 5) la economía. Si no se resuelven las preguntas relacionadas con estas cuestiones importantes, el uso de la incineración puede tener un futuro incierto.

### 9.3.2 PIRÓLISIS

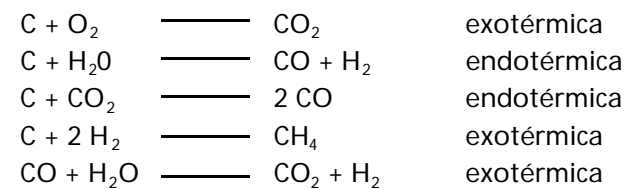
Como la mayoría de las sustancias orgánicas son térmicamente inestables se pueden romper, con un calentamiento en un ambiente libre de oxígeno, mediante una combinación de desintegración térmica y reacciones de condensación en fracciones gaseosas, líquidas y sólidas. Pirólisis es el término usado para describir este proceso. Al contrario de los procesos de combustión y gasificación, que son extremadamente exotérmicos, el proceso de pirólisis es altamente endotérmico, requiriendo una fuente de calor externa. Por esta razón, a menudo se utiliza el término destilación destructiva como término alternativo de pirólisis.

Las tres fracciones más importantes producidas mediante pirólisis son las siguientes:

- Una corriente de gas que contiene principalmente hidrógeno, metano, monóxido de carbono y diversos gases, según las características del material que es pirolizado.
- Una fracción líquida que consiste en un flujo de alquitrán o aceite que contiene ácido acético, acetona, metanol e hidrocarburos oxigenados complejos.
- Coque inferior que consiste en carbono casi puro más cualquier material inerte originalmente presente en los residuos sólidos.

### 9.3.3. GASIFICACIÓN

Gasificación es el término global usado para describir el proceso de combustión parcial en que el combustible es quemado con menos aire estequiométrico. Esta técnica permite reducir volúmenes y recuperar energía. Durante el proceso de gasificación se producen cinco reacciones principales:



El gas combustible puede quemarse en un motor de combustión interna, turbina de gas o caldera en condiciones de oxígeno adicional.

### 9.3.4. TIPOS DE GASIFICADORES

**Lecho fijo vertical:** Es el sistema más simple y económico, pero es más sensible a las cargas de combustible. Productos principales son gas de bajo poder calorífico y coque.

**Lecho fijo horizontal:** Se conoce como incinerador de aire restringido. Está formado por dos cá-

maras de combustión, en la primera los residuos son quemados sub - estequiométricamente y en la segunda se queman los gases (650 a 870°C) con oxígeno adicional.

**Lecho fluidizado:** Solo se han ensayado a escala piloto.

### 9.3.5. CONTROL AMBIENTAL

El funcionamiento de sistemas de recuperación térmica produce diversos impactos sobre el ambiente, incluyendo emisiones gaseosas y de partículas, rechazos y efluentes líquidos.

- Emisiones atmosféricas:** Oxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, material particulado, metales, gases ácidos, dioxinas y furanos. Sistemas de control de la contaminación atmosférica: Precipitadores electrostáticos, filtro de manga, reducción catalítica selectiva y depuración húmeda.
- Rechazos sólidos:** cenizas de fondo (porción no quemada ni quemable de los residuos sólidos: metales y vidrios), cenizas volantes (partículas de los gases productos de la combustión separados por métodos depuradores) y productos de la depuradora (lodos con alto contenido de sales).
- Vertido de aguas residuales:** 1) agua de limpieza y refrigeración de los sistemas para separación de cenizas húmedas, 2) efluente de depuradoras húmedas, 3) aguas residuales de sellado, baldeo y mantención general, 4) aguas de alimentación y 5) purgas de la torre de enfriamiento.

### 9.3.6. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Una vez que los residuos han sido convertidos en energía térmica en forma de vapor mediante incineración, o en energía química en forma de gases o líquidos mediante la pirólisis y la gasificación, se pueden convertir a su vez en energía mecánica o eléctrica mediante una turbina de vapor (Figuras 9.24, 9.25 y 9.26).

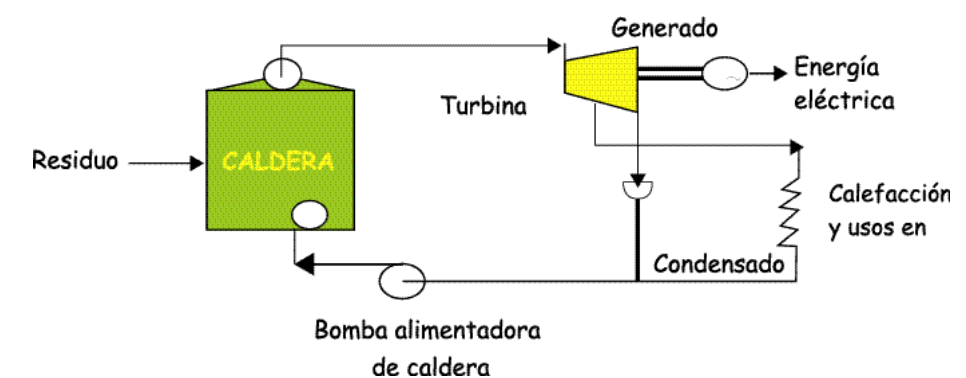


Figura 9.24: Recuperación de energía usando turbina a vapor.

Fuente: Tchobanoglous, 2000



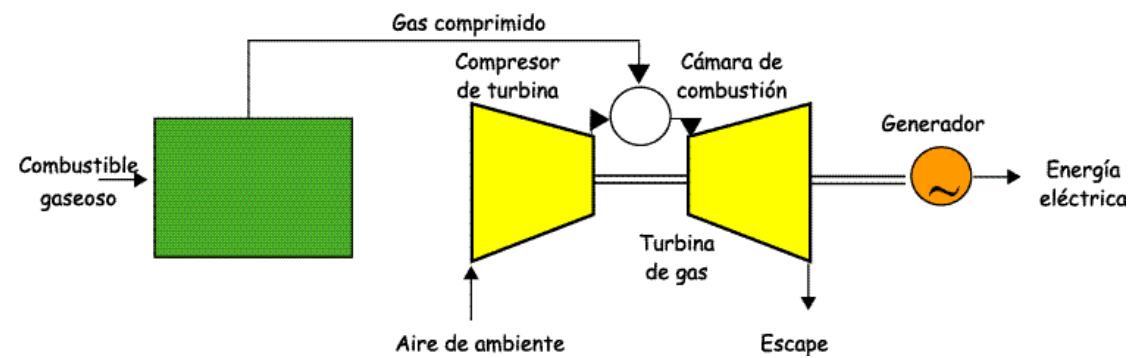


Figura 9.25: Recuperación de energía usando turbina de gas.

Fuente: Tchobanoglous, 2000

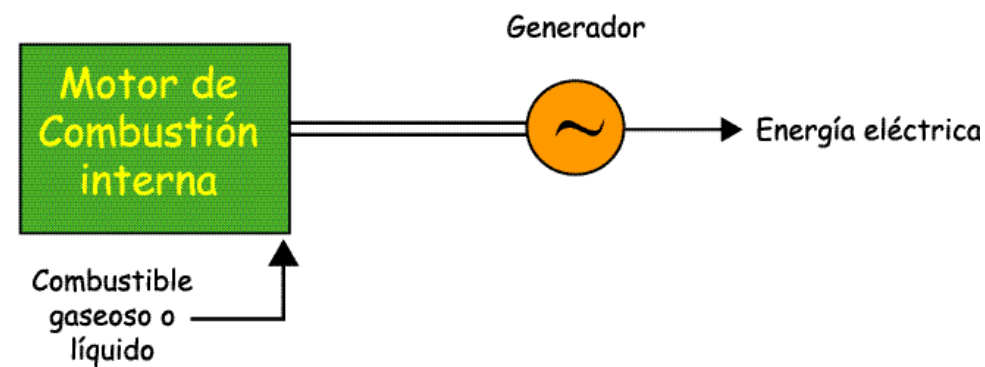


Figura 9.26: Recuperación de energía usando motor de combustión interna.

Fuente: Tchobanoglous, 2000

### SECUENCIA HISTÓRICA DE LA INCINERACIÓN EN ARGENTINA

- En 1858 se construye y opera el primer incinerador, tipo móvil de baja capacidad.
- En 1907 la Municipalidad de Buenos Aires comienza a considerar viable la incineración domiciliaria.
- En 1910 la incineración con hornos presentaba problemas operativos.
- En 1974 la ciudad de Buenos Aires contaba con aprox. 17.000 incineradores domiciliarios.
- En 1976 se promulga ordenanza, la cual prohíbe la incineración.

## 9.4. TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN BIOLÓGICA Y QUÍMICA (SZANTO, 1997; FONTOIRA, 1989).

Los procesos biológicos y químicos son los más utilizados para la transformación de los residuos orgánicos urbanos en productos de conversión gaseosa, líquida y sólida. Los procesos biológicos considerados son compostaje aeróbico y digestión anaerobia de sólidos.

### 9.4.1. COMPOSTAJE

Se denomina compostaje al proceso de descomposición biológica controlada que, en presencia del aire, sufren los materiales orgánicos, y que termina produciendo un producto estable de constitución similar al humus (Figura 9.27).

Esta biodegradación es un proceso natural, de trámite lento que puede llevarse a cabo tanto en un medio natural como en una instalación artificial. En este último caso su eficiencia radica en la posibilidad de control de las condiciones ambientales durante la operación. Este control jugará un rol preponderante en acelerar el grado de descomposición y mejorar la calidad del producto final.

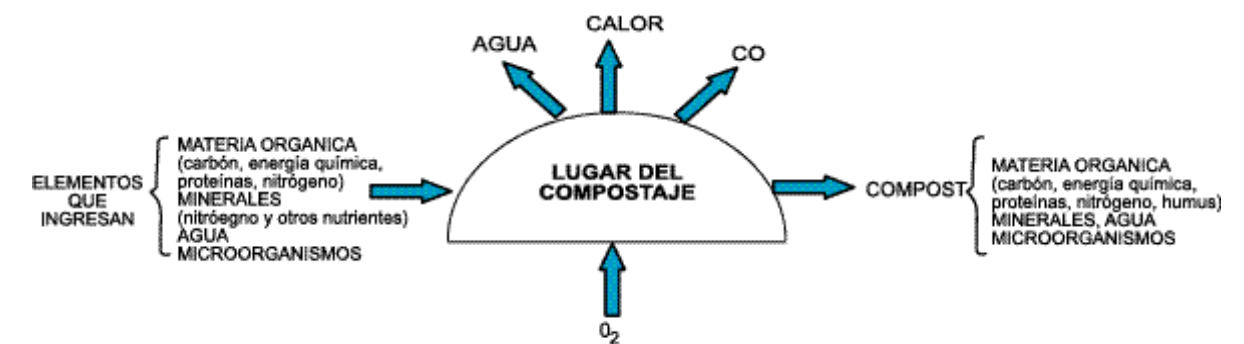


Figura 9.27. Proceso de compostaje.

Fuente: Elaboración propia, 2002

El proceso de compostaje (que producirá, además, dióxido de carbono y agua) generará un producto de color oscuro, de consistencia liviana y cuya apariencia y olor terroso, no guarda ninguna similitud con los materiales que lo originaron.

El producto de buena calidad estará libre de semillas u organismos para las plantas y, una vez estabilizado, es estable y resistente a una posterior descomposición causada por microorganismos. En términos generales, cualquier material orgánico sujeto a descomposición biológica es "compostable" y en ese sentido es importante verlo como materia prima antes que como residuo y en consecuencia considerar el compostaje como un beneficioso proceso de reciclar materiales orgánicos y no como un método de disposición.

Los objetivos generales del compostaje son:

- Transformar materiales orgánicos biodegradables en un material biológicamente estable, y reducir el volumen original de los residuos;
- Destruir microorganismos, con ello patógenos, huevos de insectos y otros organismos no queridos que puedan estar presentes en los RSU;
- Retener el máximo contenido nutricional (nitrógeno, fósforo y potasio),
- Elaborar un producto que se pueda utilizar como soporte nutricional al crecimiento de plantas y como mejoramiento de suelo.

En general, las características químicas y físicas del compost varían según la naturaleza del material original, las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la operación de compostaje y la extensión de la descomposición. Algunas propiedades del compost que lo distinguen de otros materiales orgánicos son:

- Un color marrón hasta marrón muy oscuro.
- Una baja relación carbono-nitrógeno.
- Una naturaleza continuamente cambiante debido a la acción de microorganismos.
- Una alta capacidad para el intercambio de cationes y para la absorción de agua.

Para los usos prácticos, se consideran dos grados de descomposición del material sometido al proceso de compostaje:

**Bioestabilizado:** El compost puede ser utilizado como fertilizante sin causar daños a las plantas. En el proceso de compostaje normal esta condición es alcanzada en 60/90 días (y generalmente se monitorea a través de la relación de carbono y nitrógeno -C/N- contenidos en el material que en este estado no debe superar la proporción 18/1).

**Estabilizado:** El compost ya completamente degradado, ha estabilizado las características de conformación y composición que lo harán adecuado a usos generales o específicos. En las mismas condiciones de compostaje, se requiere un período adicional de 90/120 días para alcanzar ese estado (C/N inferior a 12/1).

#### A. BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE

Los Residuos Sólidos Urbanos en Argentina contienen entre 55% y 75% de materia orgánica (en peso). Adicionalmente, los subproductos de ciertos procesos industriales -alimentación, agricultura y papel- están compuestos, en gran proporción, por materiales orgánicos. Es evidente, entonces, que el compostaje podría reducir substancialmente el volumen de residuos que ingresa actualmente a los basurales y rellenos controlados. Lo que explica su creciente aceptación como parte de los proyectos de tratamiento de residuos municipales.

Si bien el compostaje es considerado una opción viable solo cuando puede ser comercializado, habrá casos donde la sola conveniencia de reducir la cantidad de residuos a disponer (y su costo asociado) justificará su elaboración, aún cuando luego se destine únicamente a atender necesidades municipales o comunitarias. Más allá de la creciente popularidad del compostaje, son varios los desafíos que plantean a un proyecto que lo incluya. Entre ellos.

- El desarrollo de mercados y nuevos usos.
- La falta de estándares y especificaciones para el producto terminado.
- La insuficiente información sobre el proceso mismo (sobre todo de procesos eficientes de pequeña y mediana envergadura).
- La escasez de técnicas experimentadas en procesos de escala comercial.
- La solución de potenciales problemas de olor.
- El control de la composición del producto.
- La adecuada composición de los procesos biológicos involucrados.

- El planeamiento financiero de la operación.
- La separación de origen.

Muchas instalaciones existentes, son de un diseño simplista enfocado en los procesos primarios de la elaboración y descuidan el crucial requerimiento de producir un producto de alta calidad y condiciones de comercialización.

Eso se manifiesta, por ejemplo, en su limitada capacidad de separar los materiales compostables de los que no lo son antes del comienzo del proceso. Dado que la calidad del producto final viene determinada por el tipo de materiales compostados, una inadecuada separación la afectará negativamente. También es frecuente la falta de instalaciones que permitan un período de cura suficiente como para permitir al compost alcanzar su madurez. La baja calidad del producto así obtenido afectará directamente sus posibilidades de comercialización y, como resultado, la generación de mercados no acompañará el ritmo de la producción tendiendo a descapitalizar al proyecto.

#### B. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

Uno de los aspectos importantes a considerar cuando se considere la implementación de un proyecto de compostaje es la posible ubicación de la planta de compostaje. Una de las características más problemáticas de una planta de compostaje es su potencial capacidad de generar olores. Estos olores pueden ser lo suficientemente molestos como para provocar protestas de los vecinos por lo que es conveniente, en primer lugar, evitar los lugares cercanos a áreas pobladas.

También será útil realizar una consideración de las condiciones climáticas del lugar (como ser la dirección de los vientos predominantes). Una localización cercana o inmediata al emplazamiento de un relleno sanitario puede ser conveniente en términos de ahorro de costos de transporte de las fracciones no reciclables o no compostables.

Otros aspectos de la ubicación a considerar son:

- Potencial efecto de contaminantes de su superficie y sustrato.
- Efecto de la posible contaminación de aire (polvo, basura, esporas, etc.).
- Distancia a los puntos de generación de los RSU.
- Distancia al relleno sanitario.
- Acceso vial.
- Limitaciones de zonificación urbanística.
- Vientos predominantes del sector.
- Entorno del lugar, considerando la generación de olores y contaminación visual o sonora.
- Disposición de infraestructura de servicios.
- Tipo de suelo apropiado.
- Condición de inundabilidad o mal drenaje de la zona.
- Espacio para la operación actual y futuro

### C. EL COMPOSTAJE EN RELACIÓN A LOS MÉTODOS DE RECOLECCIÓN

#### C.1. Compostaje de RSU separados en origen

Estos proyectos dependen de la participación de residentes, comercios e instituciones en cuanto a separar en origen todos o algunos tipos de residuos orgánicos, los que luego serán recolectados, también separadamente del resto de los residuos inorgánicos.

El compostaje de estos materiales separados en origen tienen ventajas sobre el proceso hecho a partir de residuos mezclados ya que minimiza el tiempo de selección del material y el espacio destinado a descargas y almacenamiento del material ingresante. A esto se suma una calidad más alta y uniforme del compost obtenido dada la menor presencia de materiales no compostables o contaminantes.

En cuanto a los residuos orgánicos a separar para el compost, en general esta constituido por una mezcla de los siguientes materiales:

- Recortes verdes (pueden incluir césped, hojas y ramas pero no el barrido de calles).
- Restos de comida (generados por residencias, industrias o instituciones).
- Papel mezcla (que requerirá ser primero triturado y mezclado con otros materiales).
- Restos de madera (triturada)

#### C.2. Compostaje de RSU mezclados

En este proyecto se procesa el conjunto de residuos mezclados, del que son separados los materiales peligrosos o no compostables. Aunque este método puede ofrecer algunas ventajas (Tabla 9.5) su difusión es menor que la del método que parte de orgánicos seleccionados y separados en origen.

Tabla 9.5. Compostaje: Orgánicos separados en origen v/s. Orgánicos mezclados

SEPARADOS EN ORIGEN	MEZCLADOS
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor posibilidad de contaminación.</li> <li>• Mayor calidad final del producto</li> <li>• Menor costo de procesamiento de la materia.</li> <li>• Promueve la participación de los residentes.</li> </ul>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No modifica la tarea de recolección.</li> <li>• No implica para los residentes ningún trabajo adicional</li> <li>• No existe compromiso de la comunidad.</li> </ul>
<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere tarea (de separación) a realizar por los residentes.</li> <li>• Puede requerir mayor trabajo de recolección y nuevos recipientes o bolsas.</li> </ul>	<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor potencial de contaminación (que puede derivar en menor calidad de producto).</li> <li>• Mayor costo de procesamiento.</li> </ul>

Fuente: CEAMSE, 2002

#### C.3. Objetivos de un proyecto de Compostaje

Los objetivos de un proyecto de compostaje deben ser claramente establecidos en las primeras etapas del plan y, siendo como son la razón de ser del proyecto, deben luego sostenerse a lo largo de los sucesivos pasos del desarrollo y la implementación. El proyecto puede tener varios objetivos:

- Reducir la cantidad de residuo a disposición final.
- Reducir los costos de recolección.
- Aumentar la cantidad de material reciclado.
- Impedir que vayan a los rellenos o basurales residuos orgánicos con altos contenidos de humedad.
- Generar material para utilizar como control de erosión en mantenimiento vial u otras aplicaciones.
- Producir compost para obtener una retribución económica.

Dentro de los objetivos se encuentra el de producir compost para generar utilidades vía su comercialización. En este caso, el proyecto debe ser concebido como un proceso de producción industrial dado que, la comercialización del compost, requerirá que el producto cumpla con estándares de calidad constante, para ello es necesaria una evaluación del mercado.

Independientemente de cuales sean los objetivos de un proyecto, su definición precisa ayudará a generar su apoyo político y público y evitará dispersar esfuerzos en actividades que no contribuyan a alcanzar las metas fijadas.

### D. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL A COMPOSTAR

La planificación del proyecto debe basarse en una determinación precisa de la cantidad, calidad y fuente de origen del material a procesar ya que esto determinará equipos y áreas requeridas lo que, a su vez, conducirá a la estimación de la mano de obra necesaria y finalmente al cálculo de la inversión inicial y los costos operativos.

Aunque la cantidad y composición del material disponible puede estimarse a partir de datos de la recolección o de valores tabulados, es preferible realizar todas las determinaciones posibles a fin de obtener valores reales y confiables. Estas determinaciones deberían ser realizadas por lo menos durante un año para reflejar las fluctuaciones estacionales en la composición de los RSU. Aunque la proyección de esa composición para un cierto número de años en el futuro puede ser variable, es esencial poder estimar la magnitud de la porción compostable y cuánto de ese material puede ser separado del total para ser procesado. Este conocimiento puede llevar a modificaciones en el sistema de recolección.

Tanto si se incluyen residuos industriales o si se dispone sólo de residuos sólidos urbanos, se puede considerar fijar algunas normas para los generadores que ayuden a mantener el material compostable libre de contaminación y aún cuando sólo sea simplificar la tarea de limpieza que necesariamente se hará antes de comenzar el proceso de compostaje.

También será necesario en este sentido, establecer un proceso de comunicación entre los respon-

sables del proyecto y el público, aún en las etapas iniciales del proyecto. Dado que cualquier iniciativa en el terreno del manejo de residuos es particularmente susceptible de despertar opiniones controversiales, la difusión de sus ventajas será importante para generar el apoyo público.

Este apoyo será especialmente necesario cuando la implementación del proyecto requiera cambios en las modalidades con que los residentes usualmente sacan sus residuos para la recolección, como la implementación de la separación en origen de orgánicos e inorgánicos o la eliminación de ciertos contaminantes de la porción orgánica.

El proyecto de comunicación deberá proveer información objetiva acerca del proceso de compostaje y los potenciales problemas asociados a la operación de una planta de compostaje que muchos asocian con lugares de disposición. Se debe proveer información acerca de la naturaleza del compostaje, al mismo tiempo que discutir abiertamente los potenciales problemas de generación de olores y las técnicas para neutralizarlos.

#### E. PROCESO DE DEGRADACIÓN AERÓBICA

El compostaje es un proceso biótico, es decir, realizado por seres vivos. Las reacciones que se producen son principalmente fermentaciones aeróbicas, o sea realizadas en presencia de oxígeno del aire, las cuales requieren humedad. El proceso de compostaje es una versión acelerada y controlada de la fermentación que se produce en la tierra de los bosques.

Durante el proceso aeróbico se mantienen activos diversos microorganismos aeróbicos. Las principales consideraciones para un eficiente proceso aeróbico son aquellos tales como: tamaño de partículas, relación carbono - nitrógeno, contenido de humedad, mezcla/volteo, temperatura, control de patógenos, aireación y control de pH.

Manteniendo la masa en las condiciones de aireación y humedad adecuadas, en el proceso de fermentación se distinguen las siguientes fases:

- Fase de latencia y crecimiento. Es el tiempo que necesitan los microorganismos para aclimatare a su nuevo medio y comenzar a multiplicarse. Esta fase suele durar de 2 a 4 días y al final de ella la temperatura alcanza más de 40°C.
- Fase termófila. Los microorganismos iniciales son sustituidos por otros que viven a temperaturas altas (termófilos). En esta fase, debido a la alta actividad bacteriana, se alcanzan las temperaturas más elevadas (de 50 a 70°C) lo cual elimina gérmenes patógenos, larvas y semillas. La mayor parte de la materia orgánica fermentable se transforma, por lo que la masa se estabiliza. Esta es la fase que más se debe vigilar para asegurar una buena pasteurización y evitar una excesiva mineralización si se prolonga demasiado. Dependiendo del producto de partida y las condiciones ambientales, este proceso suele durar entre una semana, en los sistemas acelerados, y de 1 a 2 meses en los de fermentación lenta.
- Fase de maduración. Es un período de fermentación lenta. Los microorganismos termófilos disminuyen su actividad y aparecen otros, como hongos, que continúan el proceso de descomposición: los basidiomicetos van degradando la lignina, los actinomicetos descomponen la celulosa, etc. En esta fase, a partir de componentes orgánicos se sintetizan coloides húmi-

cos, hormonas, vitaminas, antibióticos, y otros compuestos que favorecen el desarrollo vegetal. Si la fermentación se realiza encima de la tierra, entran en la masa del compost otros descomponedores como las lombrices, que actúan positivamente. Durante el proceso de fermentación se debe vigilar una serie de condiciones de las que dependerá una buena marcha del mismo y la calidad del abono orgánico obtenido.

#### F. COMPOSTAJE - MÉTODOS USUALES

Los métodos más usuales utilizados en un proceso de compostaje aeróbico son tres: la disposición en hileras, la pila estática aireada, y la realizada en un recinto cerrado. Además incluyen, en todos los casos, operaciones de separación (de elementos no compostables y/o contaminantes), cribado y maduración (estabilización). También se debe considerar si se usan sólo microorganismos y/o lombrices.

Estos métodos se diferencian en la forma de incorporación del aire, control de la temperatura, mezcla o volteado del material y tiempo de duración del proceso. También pueden diferenciarse en la inversión inicial requerida y en los costos operativos.

En el compostaje en hileras, por ejemplo:

- Entendemos por hilera a una pila de sección triangular cuyo largo es mayor que su ancho y alto (los que, están generalmente en relación 2:1) y donde el alto ideal está determinado por la capacidad de la hilera de producir y mantener la temperatura necesaria sin impedir que el oxígeno llegue al punto central de la masa. Para la mayor parte de las composiciones del material a compostar, esta altura varía entre 1 y 2 metros, con un ancho de hilera de aproximadamente 4 metros.
- Se colocan los RSU preparados en hileras dentro de un campo al aire. Se voltean las hileras una o dos veces por semana durante un período de compostaje de 4 a 5 semanas. Durante este tiempo, la porción biodegradable de la fracción orgánica de los RSU se descompone mediante diversos microorganismos que utilizan la materia orgánica como fuente de carbono (comida). La actividad metabólica de los microorganismos altera la composición química de la materia orgánica prima, reduce el volumen y el peso de los residuos e incrementa el calor del material que es fermentado. Volteando la pila del compost se proporciona oxígeno para el proceso de descomposición y se controla la temperatura de los residuos fermentándose.
- Cuando se agota la materia orgánica fácilmente biodegradable, se reduce la actividad bacteriana, la temperatura del material fermentándose empieza a bajar, y se completa la primera etapa del proceso de compostaje. El material fermentado normalmente se estabiliza durante un período de 2 a 8 semanas más, en hileras abiertas para asegurar su total estabilización.
- El tercer paso en el proceso, es la preparación y la comercialización del compost y tiene lugar una vez curado y estabilizado el compost. Actualmente no hay ninguna definición universalmente aceptada sobre lo que constituye un compost totalmente estabilizado. La preparación y comercialización del producto puede incluir trituración fina, clasificación neumática, trituración y dosificación de aditivos, granulado, puesta en sacos, almacenamiento, transporte y, en algunos casos, venta directa (Figura 9.28).
- Es necesario que en este área esté prevista la captación de residuos líquidos, aguas de lluvia y una pileta de estabilización donde dirigirlas.



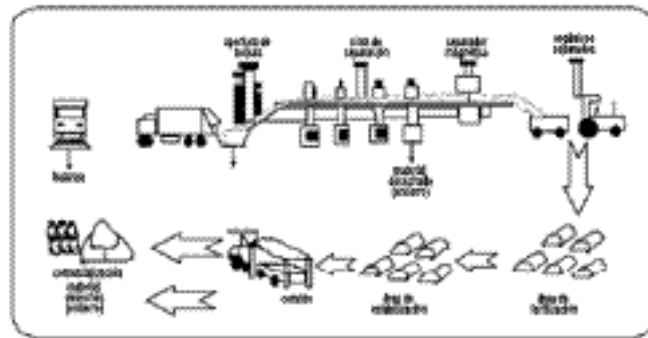


Figura 9.28. Esquema planta compostaje para pequeñas localidades.

Fuente: CEAMSE, 2002

### F.1. Pilas estáticas aireadas

Este método se basa en el aireado mecánico (forzado) de pilas de material que, por lo tanto, no deben ser volteadas manualmente (estáticas). Las pilas se arman sobre una trama de caños a través de los que se suministra el aire necesario para el compostaje y permanecen allí hasta la finalización del proceso, que puede requerir entre 6 y 12 semanas después de lo cual pasa a la etapa de cribado y maduración.

El aire suministrado puede ser soplado (presión positiva) a través de la pila o aspirado (presión negativa) a través de ella y su ingreso estará controlado por un termostato de forma de proveer el oxígeno sin permitir un excesivo calentamiento de la pila, a fin de mantener las condiciones y temperaturas óptimas para la actividad microbiana. Esta provisión controlada de aire, permite la construcción de pilas de mayor tamaño y disminuir en consecuencia la necesidad de área a utilizar.

Las temperaturas en el interior de las pilas son, normalmente, suficientes para destruir la mayor parte de los patógenos presentes, no así en la superficie a causa de que, en este sistema, las pilas no son volteadas.

Este problema puede solucionarse colocando una capa de compost terminado (entre 15 y 30 cm.) sobre la pila, la cual actuará como aislante y ayudará a mantener la temperatura necesaria para destruir los patógenos en toda la masa.

El método de pila estática resulta adecuado tanto para residuos verdes como para residuos sólidos urbanos mezclados.

### F.2. Control de Calidad del material de partida

Para la elaboración de compost, deben controlarse una serie de condiciones con el fin de garantizar biológicamente la calidad del producto final. Las condiciones más significativas a ser tenidas en cuenta son:

- Relación carbono-nitrógeno
- Tamaño de las partículas del material de partida
- Aireación
- Hmedad
- Temperatura
- Acidez (pH)
- Madurez

Estos parámetros deben ser monitoreados permanentemente para garantizar la calidad del producto según las exigencias establecidas a nivel internacional.

### F.3. Test

La relación C/N, es el que más se utiliza para determinar la estabilidad de un compost, debiendo su valor aproximarse a 20. Determinación de la DQO del compost, cuyos valores óptimos son los menores a 350 mg/g. Relación Carbono de los azúcares reductores/Carbono total: como consecuencia de la disminución del contenido de polisacáridos solubles en agua, hemicelulosas y azúcares reductores del material de partida, se produce también un marcado descenso del carbono orgánico. Su valor debe ser inferior al 35%. Presencia de compuestos reductores: esto indicaría grado de madurez inadecuado. Cromatografía en papel: en solución, las diferentes fracciones del compost presentan afinidades variables de absorción y de migración capilar sobre el papel, en función de parámetros tales como el peso molecular, tamaño molecular, carga eléctrica, etc.

## G. PROCESAMIENTO

El procesamiento de los residuos orgánicos luego de su depuración o separación, según el método adoptado y la tecnología de la planta mencionados antes (procesamiento en plantas con o sin instalaciones para la separación), tiene por resultado el mismo producto final: compost y/o lombricompost. La diferencia consiste únicamente en la forma del tratamiento que el residuo recibe en las fases previas a su disposición sobre las plataformas de compostaje.

En un caso el residuo es dispuesto directamente sobre tales plataformas, mientras que en el otro se han encontrado las variantes de separación mencionadas en el punto anterior, dependiendo de la modalidad de separación domiciliar y recolección única o separada. Luego sigue el procedimiento básico tradicional.



Fuente: CEAMMSE

El residuo orgánico depurado generalmente pasa por un molino triturador que lo acondiciona para su disposición en parvas o montículos, donde se produce su fermentación y transformación en compost. En su transcurso, las parvas son removidas periódicamente y regadas, para mantener los adecuados niveles de temperatura requeridos para el proceso.

Luego del proceso de compostaje, cuya duración depende de la tecnología utilizada, el material obtenido es molido y zarandeado y, luego, embolsado para su almacenaje y venta.

Donde se practica la lombricultura, parte del compost es acondicionado en “camas” para su procesamiento por ese método, cuyo producto final, el lombricompuesto o humus de lombriz, es también embolsado y almacenado hasta su distribución o venta.

Una variante de este proceso es el tratamiento directo del residuo orgánico por lombricultura, es decir, sin aplicar la fase previa de las etapas de compostaje (Villa General Belgrano).

La capacidad de procesamiento de cada planta es, en la mayoría de los casos, mayor que la realmente utilizada. La diferencia entre capacidad instalada y utilizada resultó muy variable: de unas pocas toneladas/día a más del doble. Concurren a esta situación tanto las previsiones de población asumidas por los proyectistas, como la disponibilidad actual de recursos municipales.

Al respecto cabe aclarar que la mayoría de las instalaciones son de ampliación relativamente sencilla. Una estrategia adoptada por las municipalidades, es la de avanzar paulatinamente en las instalaciones, según su disponibilidad financiera.

En la Tabla 9.6., se muestra un resumen de las plantas de procesamiento existentes en el país.

**Tabla 9.6. Plantas de procesamiento existentes en Argentina.**

LOCALIDAD	PROCESAMIENTO		
	Compostaje	Lombricultura	Recuperación
Armstrong, Santa Fe.	sí	sí	Cartón/papel
Ciudad de Córdoba	no	no	varios
Intendente Alvear, La Pampa	sí	sí	varios
Las Rosas, Santa Fe	no	sí	cartón
Maipú, Mendoza	anaerobio	no	varios
Oberá, Misiones	sí	Prueba	varios
Villa Giardino, Córdoba	sí	no	no
Plottier, Neuquén	sí (1)	si (1)	varios
Puerto Rico, Misiones	sí	Inicio	varios
Oncativo, Córdoba	sí	No	
Trenque Láuquen, Buenos Aires	sí	sí	varios
Villa Gral. Belgrano, Córdoba	no	sí	varios

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001

## H. NORMAS SOBRE EL COMPOST MADURO

Nuestro país no posee normativas sobre la clasificación de compost. La CEE ha avanzado mucho en la reglamentación de los diferentes tipos de compost. Entre las normas más importantes podemos rescatar las siguientes:

- Materia orgánica (sobre materia seca): mínimo del 25 %.
- Nitrógeno orgánico (sobre materia seca): mínimo del 1%
- Humedad menor del 40%
- Granulometría: el 90% pasará por la malla de 25 mm
- Límite máximo de metales pesados, en ppm o mg/kg: cadmio 40, cromo 10, níquel 900, plomo 1200, cinc 4000, mercurio 25 y cromo 750
- Materiales inertes: máximo 1%
- Primera calidad: el 99% debe pasar por un tamiz de 4mm
- Segunda calidad: el 99% debe pasar por un tamiz de 6mm
- Tercer calidad: el 98,5% debe pasar por tamiz de 8mm

## I. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPOST SEGÚN SU ORIGEN

Cuando se consideren los usos a que puedan ser destinados tanto el compost producido a partir de residuos orgánicos separados en origen (residencial o comercial) como el obtenido a partir de los materiales orgánicos contenidos en los RSU mezclados, deberán tenerse en cuenta sus potenciales efectos sobre plantas, ganado, fauna silvestre y seres humanos. En primer lugar, deberá determinarse la presencia en los productos a comercializar, de compuestos de metales pesados (particularmente plomo, ver Tabla 9.8) y otros compuestos orgánicos tóxicos.

Un segundo requisito es seleccionar mercados variables para la colocación del compost y el conocimiento de todos sus usos potenciales. En el siguiente cuadro (Tabla 9.7) se detallan los principales campos de aplicación, los usos del compost dentro de ellos y el tipo de producto generalmente requerido.

**Tabla 9.7. Compost: Campos de aplicación, usos y tipos principales**

CAMPO DE APLICACIÓN	USOS PRINCIPALES	TIPO DE PRODUCTO
Usuarios Agrícolas y residenciales		
Cultivos de granos y forraje.	Enmienda de suelos, suplementos fertilizantes, agregado superficial para mantenimiento de pasturas.	Composts tamizados. No a granel
Frutales y Hortalizas.	Idem. Agregado superficial para árboles frutales.	Idem
Parques y jardines residenciales.	Idem. Reemplazo de fertilizantes	Tamizado. Alto contenido de nutrientes, embolsado.
Cultivos orgánicos	Reemplazo de fertilizantes. Enmienda de suelo	Tamizado o no. Alto contenidos de nutrientes. A granel.
Césped	Enmienda de suelo. Agregado sobre césped existente.	Tamizados. A Granel.
Usuarios Comerciales		
Cementerios	Agregado sobre césped existente. Enmienda de suelos.	Tamizado. A granel.
Comercio Minorista Supermercados	Reventa a consumidores de pequeños volúmenes.	Tamizado. Embolsado.

Florerías. Ferreterías. Negocios Especializados en artículos de refacción y mantenimiento de residencias	Reventa a consumidores de pequeños volúmenes	Tamizado. Embolsado.
Instalaciones Deportivas	Agregado sobre césped existente. Enmienda de suelos. Parquización.	Tamizado. Calidad especial para agregado superficial. A granel
Viveros I	Mezcla para macetas y jardines. Sustitutos de la turba. Enmienda de suelos. Reventa a pequeños consumidores,	Tamizado. Seco. Alta calidad. A granel y embolsado.
Empresa de remediación de suelos	Enmienda de suelos y agregado de capa superior en grandes espacios.	No tamizado. Mezcla para capa superior. A granel
Empresas urbanizadoras y Parquizadoras/ paisajistas	Enmienda de suelos. Suplemento fertilizante. Material para capa superior	Tamizado. Mezcla para capa superior. A granel
Viveros II	Enmienda y reemplazo de suelo. Reventa a minoristas y jardineros.	Tamizado y no tamizado. Embolsado y a granel
<b>Usuarios Municipales</b>		
Rellenos de residuos.	Cubierto final de rellenos controlados.	No tamizado. Baja calidad. A granel.
Departamentos o hectáreas públicas	Capa final en construcciones viales o civiles. Enmienda de suelos para forestación.	No tamizado y tamizado. Mezcla para capa superior.
Escuelas, parques y jardines públicos	Capa superior para parquización o instalaciones deportivas	Tamizado. Mezcla para capa superior

Fuente: CEAMSE, 2002

**Tabla 9.8. Determinaciones (varias fuentes\*) de metales pesados en el compost según el origen de los materiales orgánicos utilizados (mg/Kg)**

Metales Pesados	Compost a partir de orgánicos seleccionados y separados en origen	Compost a partir de la separación en origen según los criterios de húm/secos u org/inorg.	Compost a partir de los orgánicos contenidos en los RSU mezclados y separados en planta.
Cadmio	0,8	2-20,0	7-13,0
Cromo	29,0	20,0	180,0
Cobre	43,0	173,0	600,0
Mercurio	0,2	0,7-3,0	1,6
Plomo	76,0	42,0-158,0	64-800,0
Níquel	7,0	17,0	110,0
Zinc	235,0	395,0	1700,0

\* Los valores o rangos de valores mostrados en este cuadro incluyen mediciones citadas por la EPA (EPA 530-R-95-0235) y determinaciones locales (cadmio, plomo y mercurio) realizados por los proyectos de compostaje de los Municipios de Arata, Intendente Alvear, E. Castex y Gral. Guido, todos de la Provincia de La Pampa).

El cuadro precedente muestra valores crecientes de concentración de metales pesados cuando se comparan los compost obtenidos a partir de materia orgánica separada en origen (según normas que se indican al generador) con aquellos producidos a partir de los orgánicos separados en origen, según el simple criterio de húmedo/seco u orgánico/inorgánico y, especialmente, respecto de los obtenidos a partir de residuos sólidos urbanos mezclados.

No obstante, estos valores de metales pesados deben ser considerados más como una tendencia reveladora que como una característica de todos los productos obtenidos según estos diferentes métodos de recepción del material para el compostaje.

Esto se debe a que los ensayos realizados pueden mostrar grandes variaciones de concentración de metales pesados dentro de una misma partida (e incluso dentro de una misma pila) de compost.

El muestreo y el procedimiento de ensayo, sobre todo de los compost procedentes de RSU mezclados, deben, en consecuencia, ser planeados y ejecutados muy cuidadosamente, a fin de que sus conclusiones conduzcan a determinar qué cambios deberán hacerse, ya sea en la clasificación del material o en las etapas del compostaje, para evitar estos problemas de contaminación y poder obtener un compost de alta calidad y amplias posibilidades de uso.

### COMPOSTAJE EN ALMIRANTE ALVEAR (PROV. DE LA PAMPA)

El residuo orgánico que se procesa en la Planta de Compostaje de Intendente Alvear (La Pampa, aprox. 1500Kg/día) es separado en origen de las aproximadamente 3,5 ton. de residuos sólidos urbanos que el municipio recolecta diariamente.

La técnica de compostaje utilizada es la disposición en hileras con aireación natural y volteado manual, para la etapa de fermentación, más un curado con o sin aporte de lombrices en la estabilizadora del producto.

En la práctica, consiste en colocar el residuo orgánico en pilas de 5 metros de largo, 1 m. de ancho y 0,80 a 1 m. de alto, separadas entre sí por 1 a 1,5 m. de pasillos, donde los operarios realizan el trabajo de riego, aireado por volteo, desmalezado, etc.

Estas pilas se cubren con pasto para mantener la temperatura, aislarlas del medio ambiente para que no atraigan insectos, preservar su humedad y absorber los vapores y olores emanados por la fermentación. Las pilas se disponen en un área de aprox. 1 ha., capaz de alojar hasta 120 pilas (de 1200 Kg. cada una) en diferentes estadios de la fase de fermentación y donde se riegan y airean día por medio alternadamente (con excepción de tiempos muy húmedos en que sólo se airean).

Tanto el riego (con mangueras) como el aireado (con horquillas) se realiza en forma manual sin quitar la cobertura de protección de pasto. En este estado permanecen durante 90 a 120 días, cumpliendo la etapa de fermentación y alcanzando temperaturas de 50 a 60° C para luego estabilizarse en 28 a 30° C.

A partir de ese momento, el compost está listo para pasar a la etapa final de estabiliza-

ción y cada nueva pila ingresada diariamente reemplazará a otra que será trasladada al área de maduración (con o sin agregado de lombrices).

En la actualidad, prácticamente todo el producto se obtiene a partir del proceso de lombricultura.

## J. USOS POTENCIALES DEL COMPOST

Cuando se promueva el uso del compost entre los potenciales compradores/usuarios, se deben puntualizar los roles que, como acondicionador de suelos, le son tradicionalmente reconocidos:

- Mejora la permeabilidad de los suelos.
- Aumenta su capacidad de retención de humedad.
- Mejora la retención de nutrientes.
- Actúa como agente moderador del PH.
- Ayuda a regular la temperatura.
- Colabora en el control de la erosión.
- Mejora la aireación.
- Aumenta el contenido de materia orgánica en los terrenos.
- Previene enfermedades de los cultivos.
- Corrige deficiencias en la composición del suelo.
- Reduce la densidad.
- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes en los suelos arenosos.

El compost es también una buena fuente de nutrientes para las plantas, al punto de que, en algunas aplicaciones, tiene ventajas sobre los fertilizantes por su característica de incorporarles, a diferencia de éstos, paulatina y gradualmente a lo largo de un cierto período de tiempo. Adicionalmente, el compost suministra una cantidad importante de micronutrientes de que carecen los fertilizantes (sí bien los fertilizantes poseerán siempre mayor cantidad de macronutrientes que el compost).

### LOMBRICULTURA EN GENERAL PICO (PROV. DE LA PAMPA)

A fines de Diciembre de 1995 se construyó en terrenos de la Huerta Municipal un criadero de lombrices en una superficie cubierta de 20m<sup>2</sup>, contando con 10.000 ejemplares iniciales de eisenia.

Los ejemplares se colocaron inicialmente en compost de residuo domiciliario bioestabilizado, y luego se los alimentó con compost de estiércol vacuno y residuos orgánicos de distintas características.

Se obtuvieron diversas fluctuaciones en el crecimiento de población y en consecuencia en la producción de lombricompuesto. Se observó que la cantidad de población está relacionada con la calidad de la alimentación, las condiciones del ambiente, y la humedad del sustrato.

- Luego de varias pruebas, se encontraron las condiciones óptimas para la reproducción de lombrices con compost de residuos domiciliarios, siendo los parámetros más importantes los siguientes: temperatura ambiente de 18 a 30° C con el mayor grado de oscuridad posible y una humedad de sustrato entre 55 y 70%.
- A principios de 1998, determinado el lugar de funcionamiento definitivo del proyecto, se construyó un local de aproximadamente 120m<sup>2</sup>, destinado a criadero de lombrices californianas y se dispone de una serie de ensayos y análisis con vistas al diseño final del proyecto de tratamiento de residuos orgánicos mediante compostado aeróbico y lombricultura.

## K. LA LOMBRICULTURA

La cría intensiva de lombrices de California para la producción de abonos orgánicos, denominada lombricultura, consiste esencialmente en el mejoramiento del terreno por donde se desplaza la lombriz dejando sus deyecciones; éstas generan un compuesto rico en nutrientes, minerales y bacterias que permite una acción restauradora del suelo y es inmejorable como abono. Las lombrices se alimentan de material orgánico y logran un lombricompuesto consistente en el mismo suelo, que actúa como soporte en el proceso, más los excrementos de la lombriz que contiene cinco (5) veces más nitrógeno, siete (7) veces más fósforo, cinco (5) veces más potasio y dos (2) veces más calcio que el material orgánico que ingieren.

### 9.4.2. DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaerobia de los residuos sólidos, es un proceso biológico en el cual organismos anaerobios llevan a cabo una conversión de la fracción orgánica de los residuos a un producto final estable. En el proceso se presentan tres etapas.

La primera etapa, denominada hidrólisis, corresponde a la transformación de polímeros orgánicos y lípidos en compuestos más simples (ácidos grasos, monosacáridos, aminoácidos) por medio de enzimas. La segunda etapa, implica la conversión bacteriana de los compuestos resultantes del primer paso a compuestos intermedios (ácidos orgánicos simples). En la tercera etapa, las bacterias metanogénicas convierten el hidrógeno y el ácido acético producido en la etapa anterior en gas metano y dióxido de carbono. Se muestran a continuación, las etapas teóricas en una digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos:

Existen tres pasos básicos implicados cuando se utiliza el proceso de digestión de sólidos para producir metano a partir de la fracción orgánica de los RSU. El primer paso implica la preparación de la fracción orgánica de los RSU, recepción, selección y separación y reducción de tamaño. Esta última también es necesaria para los materiales separados en origen.

El segundo paso implica la adición de humedad y nutrientes, la mezcla, el ajuste de pH hasta aproximadamente 6,8 y el calentamiento de la masa húmeda entre 55 y 60 ° C. La digestión anaerobia se lleva a cabo dentro de un biorreactor de flujo continuo cuyo contenido se mezcla homogéneamente. En la mayoría de las operaciones, el contenido de humedad y los nutrientes se añaden en forma de fangos de aguas residuales o estiércol de vaca.

El tercer paso implica la captura, almacenamiento y separación de componentes gaseosos y la



evacuación de los fangos digeridos. Estos fangos son utilizados como biofertilizantes por su contenido de nutrientes minerales y estabilidad microbiana. En el proceso anaerobio es crucial el control de sustancias limitantes, como son el oxígeno disuelto, amoníaco libre, metales pesados y sulfito. También los controles de pH, humedad, relación nitrógeno - fósforo. La Figura 9.29, muestra las etapas del proceso.

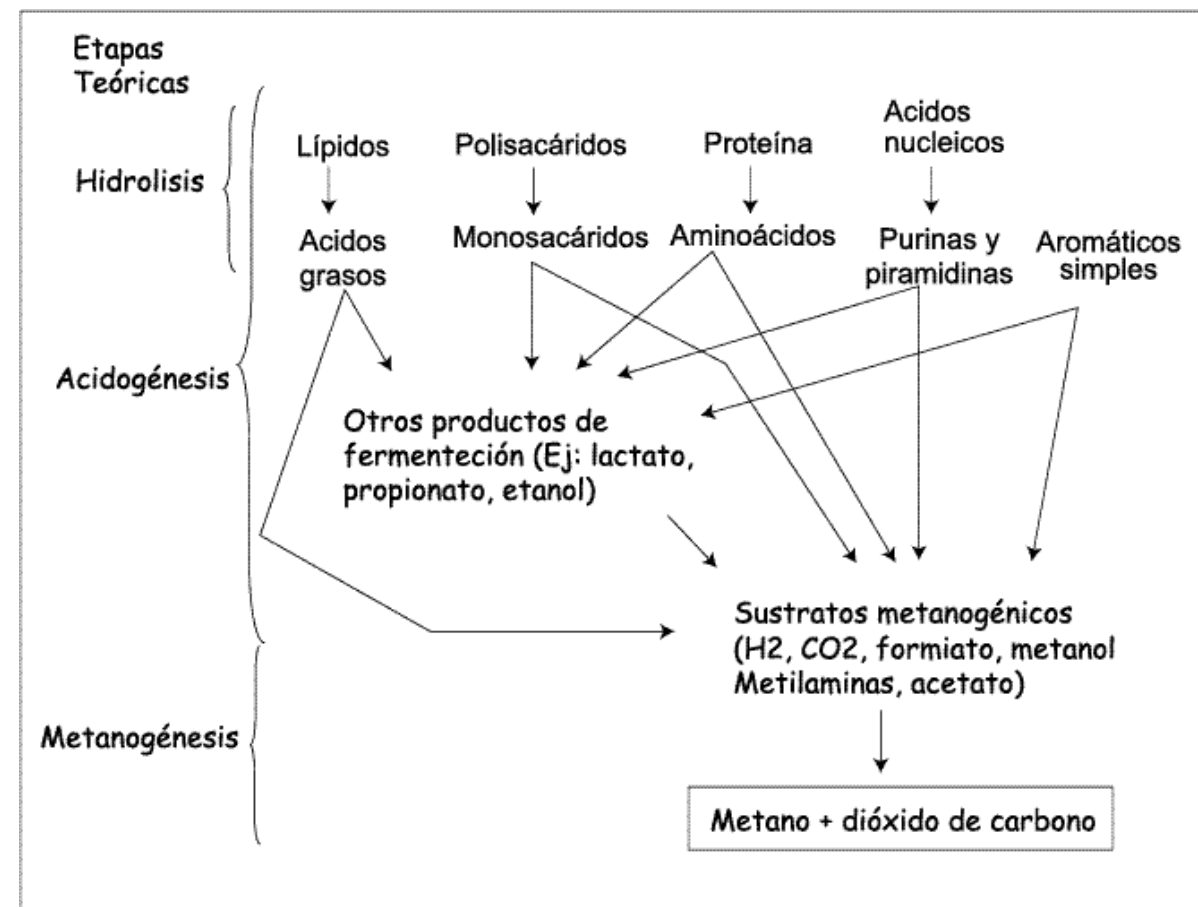


Figura 9.29. Rutas que llevan a la producción de metano y dióxido de carbono en la digestión anaerobia de la fracción orgánica de un residuo.

Fuente: Tchobanoglous, 2000

## 10. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

(SZANTO, 1997; BUENO ET AL., 1997; COMUNIDAD DE MADRID, 1987B-E; HOGLAND, 1997; MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1996; RIVERA, 1998; TCHOBANOUGLOUS ET AL., 2000).

### 10.1. RELLENOS SANITARIOS

Relleno Sanitario es una instalación ingenieril para la evacuación de RSU, diseñada y explotada para minimizar los impactos ambientales sobre la salud pública. Los rellenos sanitarios para residuos peligrosos son conocidos como rellenos sanitarios de seguridad o depósitos de seguridad. El vertido incluye la supervisión del flujo de residuos entrantes, la colocación y compactación de los residuos y la implementación de equipos para el control y la supervisión ambiental.

Una celda incluye: los residuos sólidos depositados y la materia de cobertura. La cobertura diaria, normalmente consiste en 15 a 30 cm de suelo natural o material alternativo como compost, que se aplican al frente del trabajo de relleno sanitario final de cada periodo de operación.

Normalmente, los rellenos sanitarios se conforman en una serie de niveles. Las bermas se utilizan para mantener la estabilidad de la pendiente del relleno sanitario para la localización del drenaje del agua superficial, y para la localización de tuberías destinadas a la recuperación de aguas del relleno sanitario. El nivel final incluye la capa de cobertura.

En rellenos sanitarios profundos, frecuentemente se recoge el lixiviado en puntos intermedios. En general, el lixiviado es el resultado de la precipitación, de la escorrentía no controlada y del agua de irrigación que entra en el relleno sanitario. El lixiviado también puede incluir aguas inicialmente contenidas en los residuos, así como aquellas procedentes de aguas subterráneas que se infiltran. El lixiviado contiene diversos constituyentes derivados de la solubilización de los materiales depositados en el relleno sanitario y de los productos de reacciones químicas y bioquímicas que se producen dentro del mismo.

La mayor parte del gas de relleno sanitario está formado por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), productos principales de la descomposición anaerobia de la fracción orgánica biodegradable de los RSU en el relleno sanitario. Otros componentes del relleno sanitario son nitrógeno y oxígeno atmosféricos, amoníaco y compuestos orgánicos en cantidades de traza.

Los recubrimientos suelen estar formados por capas de arcilla compactadas y/o geomembranas diseñadas para prevenir la migración del lixiviado y del gas de relleno sanitario. Las instalaciones para el control del relleno sanitario incluyen recubrimientos, sistemas para la recogida y extracción del lixiviado, sistemas de extracción y recogida del gas de relleno sanitario y capas diarias y finales de cobertura.

La supervisión ambiental implicará actividades asociadas con la recogida y el análisis de muestras



Fuente: Enrique Limbrumer

de agua y de aire, que se utilizan para supervisar el movimiento de los gases y del lixiviado del relleno sanitario en la zona de vertido.

En la Figura 10.1, se muestran las principales partes de un relleno sanitario.

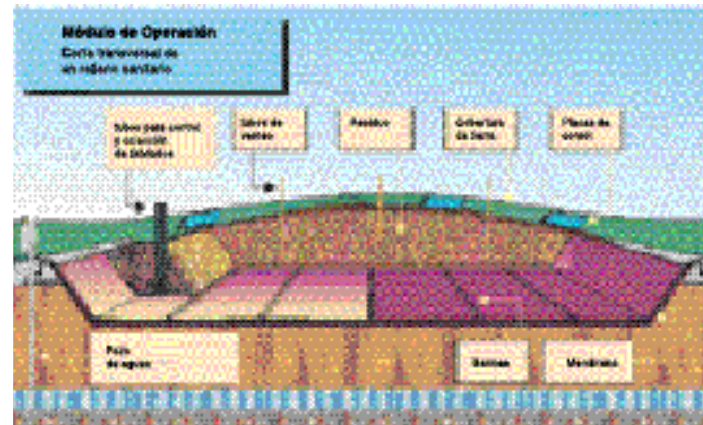


Figura 10.1. Componentes de un Relleno Sanitario.

Fuente: CEAMSE, 2002



Figura 10.2. Instalaciones asociadas a un relleno sanitario.

Fuente: CEAMSE, 2002

Las instalaciones asociadas a un relleno sanitario, consideran plantas de tratamiento de lixiviados, celdas especiales, celdas comunes, celdas clausuradas, acceso y acristación (Figura 10.2)

### 10.1.1. PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y EXPLOTACIÓN DE RELLENO SANITARIOS

Los elementos principales que se deben considerar en la planificación, diseño y explotación de relleno sanitarios son:

- Calidad del suelo
- Capacidad de uso del suelo
- Uso del suelo
- Profundidad napa freática
- Distancia población
- Trazado y diseño
- Explotación y gestión
- Reacciones que se producen
- Gestión de gases
- Gestión del lixiviado
- Supervisión ambiental
- Cierre y
- Mantenimiento de postclausura

### 10.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RELLENOS SANITARIOS

Aunque se han propuesto a lo largo de los años algunos sistemas para la clasificación de rellenos sanitarios, el sistema de clasificación adoptado en el estado de California en 1984 quizás sea el más ampliamente aceptado. En el sistema presentado en Tabla 10.1, se utilizan tres clasificaciones.

Tabla 10.1 Sistema de clasificación de rellenos sanitarios

CLASIFICACIÓN	TIPO DE RESIDUO
I	Residuos peligrosos
II	Residuos singulares
III	Residuos sólidos urbanos

Los residuos designados son residuos no peligrosos que pueden emitir constituyentes en concentraciones que sobrepasan las normativas en vigor sobre calidad de agua, o son aquellos residuos que han sido clasificados como singulares por el Departamento de Estado de Servicios de Salud de los Estados Unidos (DOHS). Hay que resaltar que este sistema de clasificación está enfocado principalmente hacia la protección de aguas superficiales y subterráneas, y no hacia la migración del gas de relleno sanitario o hacia la calidad del aire.

### 10.1.3. MÉTODOS DE VERTIDO

Los principales métodos utilizados para el vertido de RSU son: 1) celda/zanja excavada, 2) zona y 3) vaguada/depresión (Figura 10.3).

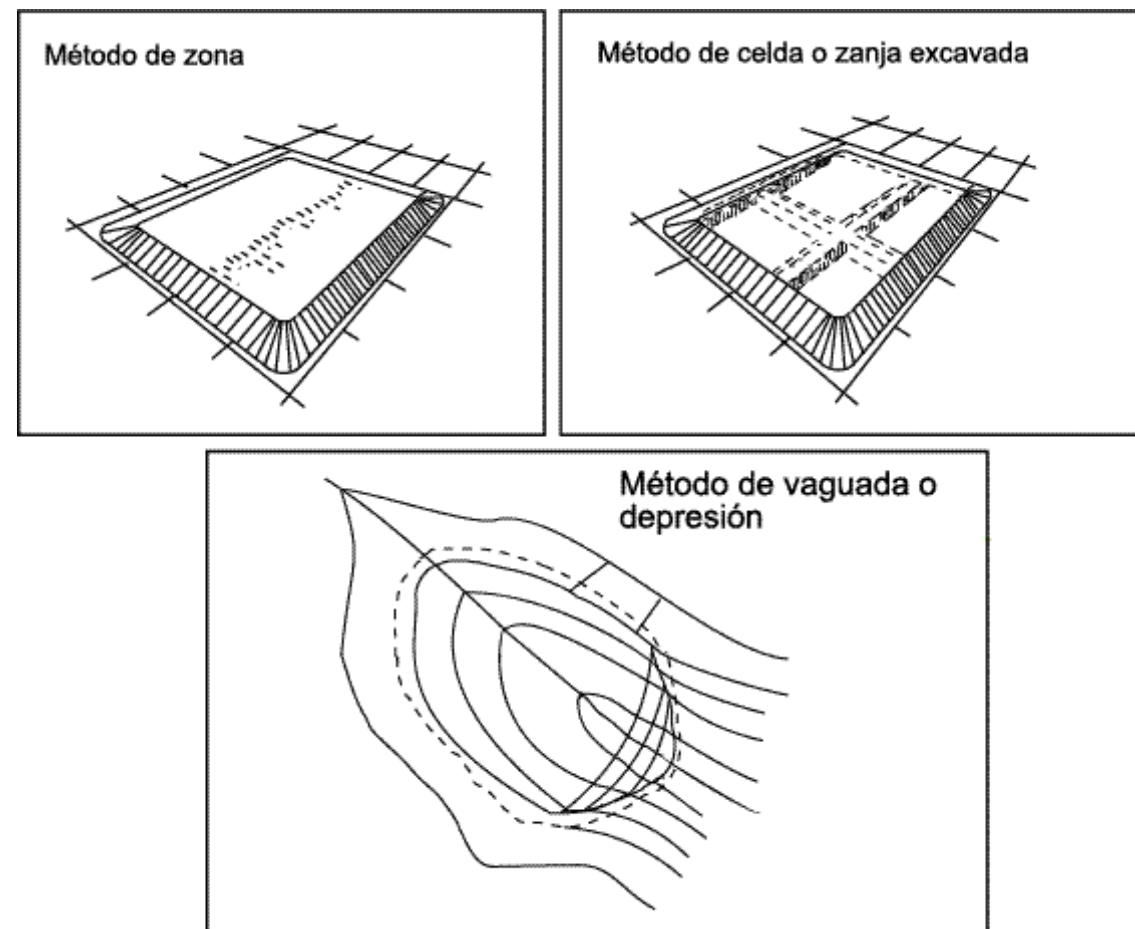


Figura 10.3. Métodos de vertido.

Fuente: Tchobanoglous, 2000

#### A. MÉTODO CELDA/ZANJA EXCAVADA.

El método de vertido celda/zanja excavada, es idóneo para zonas donde se dispone de una profundidad adecuada de material de cobertura y donde el nivel freático no se encuentra cerca de la superficie. Normalmente, se colocan los residuos sólidos en celdas o zanjas excavadas en el suelo. La tierra excavada se utiliza como material para la cobertura diaria o final. Usualmente, las celdas o zanjas excavadas se revisten con membrana sintética o con arcilla de baja permeabilidad, o una combinación de los dos, para limitar el movimiento de los gases del relleno sanitario y de la lixiviación. Las celdas excavadas son normalmente cuadradas, de hasta 300 m de largo y ancho, con pendientes laterales de 1,5:1 a 2:1. Las zanjas varían desde 60 a 300 m de largo, de 1 a 3 m de profundidad, y de 4,5 a 15 m de ancho.

En algunos estados, se permiten rellenos sanitarios construidos por debajo del nivel freático, si se toman medidas especiales para prevenir la entrada de aguas subterráneas en el relleno sanitario y para contener o eliminar el movimiento del lixiviado y de los gases de las celdas llenas. Normalmente se deseca el lugar, se excava, y después se reviste según las normativas locales. Las instalaciones de desecado funcionan hasta que el lugar está relleno, para evitar la creación de presiones que puedan causar que el revestimiento se levante y se rompa.

#### B. MÉTODO EN ZONA.

El método en zona se utiliza cuando el terreno es inapropiado para la excavación de celdas o zanjas donde se puedan colocar los residuos sólidos. Las condiciones de alto nivel freático, que se producen en muchos lugares, precisan del uso de rellenos sanitarios de tipo zona. La preparación del lugar implica la instalación de un revestimiento y de un sistema para el control del lixiviado. El material de cobertura tiene que llevarse en camión desde terrenos adyacentes o desde zonas de fosas de relleno suplementario. Como anteriormente se ha resaltado, en los lugares con una disponibilidad limitada de material para ser utilizado como cobertura se ha empleado con éxito el compost producido a partir de residuos de jardín y el RSU como material para la cobertura intermedia. Otras técnicas que utilizadas, incluyen el uso de materiales portátiles de cobertura temporal, tales como tierra y geomembranas. La tierra y las geomembranas colocadas temporalmente sobre una celda completa se pueden quitar antes de comenzar el siguiente nivel.

#### C. MÉTODO VAGUADA/DEPRESIÓN.

Se han utilizado vaguadas, barrancos, fosas de relleno suplementario, y canteras, como zonas de vertido. Las técnicas para colocar y compactar residuos en rellenos sanitarios de vaguada/depresión, varían según la geometría del lugar, las características del material de cobertura disponible, la hidrología y geología del lugar, los tipos de instalaciones para el control del gas y del lixiviado que van a utilizarse y el acceso al lugar.

El control del drenaje superficial a menudo es un factor crítico en el desarrollo de las zonas de vaguada/depresión. Normalmente, se comienza el relleno de cada nivel por la cabeza de la vaguada y termina por la boca, para prevenir la acumulación de agua en la parte de atrás del relleno sanitario. Los lugares vaguada/depresión se rellenan en múltiples niveles. El método de

explotación es esencialmente el mismo que para el método en zona anteriormente descrito. Si el suelo de la vaguada es razonablemente plano, el vertido inicial puede realizarse utilizando el método celda/zanja excavada.

Una de las claves para la utilización con éxito del método vaguada/depresión es la disponibilidad del material adecuado para cubrir cada nivel mientras se completa y para proporcionar una cobertura final sobre la totalidad del relleno sanitario cuando se ha alcanzado la altura final. El material de cobertura se excava de las paredes o del suelo de la vaguada antes de instalar el sistema de revestimiento. Quizás las fosas de relleno suplementario y las canteras abandonadas no contengan suficiente tierra para la cobertura intermedia; en ese caso, será necesario importar el material de cobertura. Para las capas intermedias se puede utilizar compost producido de residuos de jardín y RSU.

#### 10.1.4. CARACTERÍSTICAS DE UN RELLENO SANITARIO CONTROLADO

A diferencia de un basural o un vertedero de residuos sólidos urbanos, los rellenos sanitarios se caracterizan por:

- Almacenamiento sin molestias y riesgos para la salud y el medio
- Terreno delimitado y cercado
- Entradas vigiladas
- Control de los residuos al ingreso
- Basura tratada diariamente con maquinaria adecuada
- Las aguas y líquidos que atraviesen basuras, son recogidas en lugares adecuados
- Personal especializado
- Permanece cerrado fuera de las horas de explotación
- Control sanitario permanente y controlado de roedores e insectos

#### 10.1.5. CONSIDERACIONES EN LA LOCALIZACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

La localización del relleno sanitario está adscrita a encontrar un lugar apto, para esto se deben considerar los siguientes factores:

- Distancia de transporte
- Restricciones en la localización
- Disponibilidad de terreno
- Acceso al lugar
- Condiciones geológicas e hidrológicas
- condiciones ambientales locales

Una de las tareas más difíciles afrontadas por la mayoría de las comunidades en la implantación de un programa de gestión integral de residuos sólidos, es la localización de los nuevos rellenos sanitarios. En esta sección, se presentan los factores que hay que tener en cuenta en la localización de un nuevo relleno sanitario. Los factores que tienen que considerarse en la evaluación de potenciales ubicaciones para la evacuación de residuos sólidos a largo plazo, incluyen: 1) distancia de transporte, 2) restricciones en la localización, 3) cantidad de terreno disponible, 4) acceso

al lugar, 5) condiciones y topografía del lugar, 6) condiciones climatológicas, 7) hidrología del agua superficial, 8) condiciones geológicas e hidrológicas, 9) condiciones ambientales locales y 10) clausura. La selección final de un lugar de evacuación normalmente se basa en los resultados de un estudio detallado del lugar, de estudios de ingeniería de diseño y de costos, y de una valoración del impacto ambiental. Es interesante el hecho de que los costos de entrada para el desarrollo de nuevos rellenos sanitarios en California, actualmente varían de 10 a 20 millones de dólares, antes de realizar el primer vertido de residuos en el relleno sanitario.

En la Figura 10.4, se muestran las etapas más importantes en la vida de un relleno sanitario.

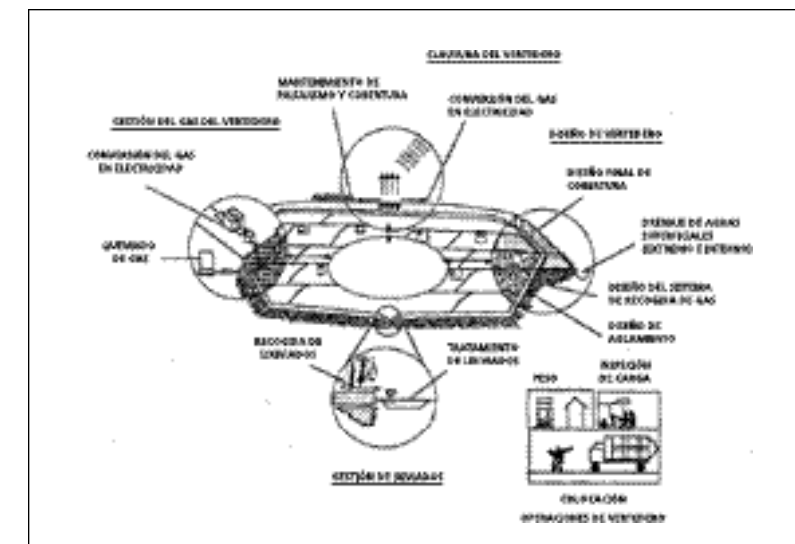


Figura 10.4: Esquema de operaciones y procesos de rellenos sanitarios.

Fuente: Tchobanoglous, 2000

En la provincia de Buenos Aires, a través de la Resolución N°1143/02 se fijan ciertos criterios para el emplazamiento de un Relleno Sanitario para disposición diaria de menos de 50 toneladas o más de 50 toneladas.

#### A. RELLENOS QUE RECIBEN MENOS DE 50 TONELADAS DIARIAS

Los criterios de localización son:

- Realizar Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y establecer un área cuya zonificación catastral sea rural.
- La base del relleno deberá ubicarse 50 cm por encima del nivel del acuífero libre. Base de asiento compuesta por barrera natural formada por capa mineral de permeabilidad vertical (K1) igual o menor a  $1 \times 10^{-7}$  (cm/seg), con un espesor mayor o igual a 1 metro. Si la barrera no cumple con las condiciones indicadas deberá emplearse una barrera artificial.
- Garantizar la no afectación de la calidad del agua superficial subterránea y el suelo adyacente, tomando como referencia el estado de calidad previa.



- No se podrá establecer un relleno sanitario dentro de un parque natural o reserva.
- Se deberán respetar los derechos de trazas de autopistas, rutas, caminos, trazas de ferrocarril, oleoductos, gasoductos, polioductos, tendidos de redes de transmisión de energía eléctrica, acueductos y redes cloacales.
- Distancia mínima a aeropuertos: 3000 metros para aviones de motor a turbina y 1500 para aviones de motor a pistón o turbohélice.

**Respecto de la Hidrogeología:**

- La distancia mínima a pozos para extracción de agua potable, uso doméstico, industrial, riego y ganadero, debe ser de 500 metros.
- Respecto de los estudios a realizar:
  - En áreas factibles: Hidrogeológicos e Hidrológicos.
  - En sitios preseleccionados: Geológicos e Hidrogeológicos.

**Respecto de los criterios de diseño:**

- Acondicionamiento del área: cercado perimetral; control de ingreso; señalización y carteles indicadores; cortina forestal.
- Infraestructura básica: Terraplén perimetral; excavación; aislación de base y taludes laterales del recinto; estabilidad del relleno sanitario; accesos y circulación interna; playas de descarga; drenajes y control de inundaciones; resistencia del fondo de excavación; aislación de la cobertura superior; manejo de líquidos lixiviados; sistema de captación, tratamiento o utilización de gases de relleno; red de monitoreo de aguas subterráneas y superficiales.

**B. RELLENO SANITARIO QUE RECIBE MÁS DE 50 TONELADAS DIARIAS**

Los criterios de localización son:

- Realizar el EIA. Establecer un área cuya zonificación catastral sea rural. Distancia mínima a la traza urbana de 1000 metros.
- Base de asiento compuesta por barrera natural, formada por capa mineral de permeabilidad vertical (K1) igual o menor a  $1 \times 10^{-7}$  (cm/seg), con un espesor mayor o igual a 0,60 metro. Si la barrera no cumple con las condiciones indicadas deberá emplearse una barrera artificial.
- La base del relleno deberá ubicarse 50 cm por encima del nivel del acuífero libre.
- Garantizar la no afectación de la calidad del agua superficial subterránea y el suelo adyacente, tomando como referencia el estado de calidad previa.
- No se podrá establecer un relleno sanitario dentro de un parque natural o reserva.
- Se deberán respetar los derechos de trazas de autopistas, rutas, caminos, trazas de ferrocarril, oleoductos, gasoductos, polioductos, tendidos de redes de transmisión de energía eléctrica, acueductos y redes cloacales.
- Distancia mínima a aeropuertos: 3000 metros para aviones de motor a turbina y 1500 para aviones de motor a pistón o turbohélice.

**10.1.6. LIXIVIADO**

El lixiviado es el líquido que se genera a través de los residuos por la acción de factores externos, como drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas, etc., y del propio líquido producido en la descomposición de los residuos.

**A. COMPOSICIÓN**

Este lixiviado está compuesto de materiales disueltos o en descomposición. La tabla 10.2, proporciona datos típicos de la composición de los lixiviados generados en rellenos nuevos y maduros.

A medida que el lixiviado se filtra, se van separando componentes químicos y biológicos, lo cual depende de las características del suelo, especialmente el contenido de arcilla. Dicha acción genera un riesgo potencial de que el lixiviado llegue a aguas subterráneas; con el propósito de evitarlo, se aplican técnicas para eliminar o contener al lixiviado.

**Tabla 10.2. Composición de lixiviados de rellenos sanitarios de diferentes edades.**

CONSTITUYENTES	Relleno nuevo (menos de 2 años)		Relleno maduro (mayor de 10 años)
	Compostaje	Lombricultura	
DOB <sub>5</sub> (Demanda de Oxí. Bioq. de 5 días)	2.000-30.000	10.000	100-200
COT (carbono orgánico total)	1.500-20.000	6.000	80-160
DOC (demanda de oxígeno químico)	3.000-60.000	18.000	100-500
Total de sólidos en suspensión	200-2.000	500	100-400
Nitrógeno orgánico	10-800	200	80-120
Nitrógeno amoniacal	10-800	200	20-40
Nitrato	5-40	25	5-10
Total fósforo	5-100	30	5-10
Ortofosfato	4-80	20	4-8
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	1.000-10.000	3.000	200-1.000
PH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	300-10.000	3.500	200-500
Calcio	200-3.000	1.000	100-400
Magnesio	50-1.500	250	50-200
Potasio	200-1.000	300	50-400
Sodio	200-2.500	500	100-200
Cloro	200-3.000	500	100-400
Sulfatos	50-1.000	300	20-50
Total hierro	50-1.200	60	20-200

Las unidades están medidas en mg/l, salvo pH (que no tiene unidades).

Fuente: Tchobanoglous, 2000

Con el objeto de minimizar la filtración, se aplican sistemas como:

- Recubrimientos: se han desarrollado varios diseños para minimizar el movimiento del lixiviado en la subsuperficie por debajo del relleno.
- Aislamientos para monorellenos: están formados por dos geomembranas, cada una con una capa de drenaje y un sistema de recogida de lixiviado.
- Terrazas inclinadas: con la intención de evitar la acumulación del lixiviado en el fondo de un vertedero, el fondo se gradúa en una serie de terrazas inclinadas.
- Fondo con tuberías: la zona del fondo se divide en una serie de tiras rectangulares con barreras de arcilla colocadas a determinada distancia.
- Reciclaje del lixiviado: consiste en la recirculación del lixiviado a través del relleno.
- Evaporación del lixiviado: se envía el lixiviado recogido a estanques recubiertos para su evaporación. La porción que no se evapora se riega por encima del relleno.
- Tratamiento seguido por evacuación: dependiendo de la composición del lixiviado se aplican diversas opciones de tratamiento.
- Descarga a los sistemas municipales: en aquellas zonas donde el relleno está localizado cerca de un sistema para recogida de aguas residuales,

### B. LIXIVIADO Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El propósito de colocar una membrana que envuelva la masa de residuos del RS es evitar que el lixiviado migre del sitio y penetre en un acuífero. Una membrana será, en consecuencia, una barrera hidráulica que impida (o restrinja en alto grado) el paso de los líquidos, dando así la posibilidad de que sean recogidos y tratados. En la práctica, sin embargo, las membranas se dividen en:

- Las que impiden el paso del lixiviado.
- Las que absorben o atenúan los contaminantes presentes en el lixiviado, retardando así su migración a tierra u agua subyacentes.

Esta última capacidad de absorción o atenuación, depende fundamentalmente de la composición química de la membrana y de su masa.

Algunos materiales actúan según ambos mecanismos, aunque en grados diferentes y dependiendo de la naturaleza del líquido a ser contenido.

Por otro lado, las membranas pueden ser agrupadas en dos tipos:

- Sintéticas (membranas flexibles).
- Naturales (tierra o arcilla compactada, mezcla de tierra y bentonita, etc.)

Las membranas flexibles son las menos permeables pero tienen poca capacidad de atenuar los contaminantes disueltos en el lixiviado.

Las membranas naturales, por su parte, pueden tener buena capacidad de atenuar materiales de diferentes tipos, pero son considerablemente más permeables que las sintéticas. Una combinación de ambas constituye las denominadas membranas compuestas.

Las membranas compuestas son siempre más efectivas que las de tipo único y brindarán mayor seguridad en el control de la migración del lixiviado ya que mientras la membrana flexible provee una efectiva barrera hidráulica, la natural actúa como soporte de la barrera sintética (y eventualmente de los elementos de algún sistema de recolección del lixiviado) previniendo roturas en la misma. Estas membranas compuestas, entonces, estarán integradas por dos componentes: el superior, constituido por una membrana flexible en contacto directo y uniforme con el suelo compactado, que constituye el componente inferior. Si la membrana flexible es de PEAD su espesor no debe ser inferior a 1,5 mm. La membrana de suelo compactado no debe bajar de 60cm. de espesor y tener un valor de conductividad hidráulica inferior a  $1 \times 10^{-7}$  centímetros por segundo (Tabla 10.3).

La recolección de lixiviado, por su parte, debe realizarse por un sistema que no permita una altura superior a 30 cm. del líquido acumulado en el fondo del relleno.

Tabla 10.3. Aspectos a considerar en los diferentes tipos de membranas

TIPO DE MEMBRANA	ALCANCES
Arcillosas	Para lograr que la membrana de suelo arcilloso posea valores de permeabilidad inferiores a $10^{-7}$ centímetros por segundo, deberán realizarse previamente ensayos para determinar el contenido de humedad y el grado de compactación necesarias a alcanzar durante su construcción (algunas especificaciones constructivas típicas son: pendiente del fondo 4 %, pendiente de los laterales 3:1, compactación 95 %)
Flexibles	<p>La utilización de membranas flexibles puede obedecer a diferentes razones: evitar previsible filtraciones a través de la membrana arcillosa, minimizar la ocupación por las membranas del volumen de relleno disponible o reducir costos en aquellos casos en que el material adecuado para la construcción de membranas arcillosas no exista en la zona.</p> <p>Al considerar la instalación de una membrana flexible, debe verificarse su resistencia y compatibilidad con los residuos y su capacidad de permitir un buen sellado entre sus paños.</p> <p>Por otra parte, su instalación deberá hacerse sobre una superficie firme y uniforme, para evitar cortes y roturas. El espesor típico de una membrana flexible es de 1 a 2 mm.</p> <p>Esta alternativa, especificaría que la concentración de contaminantes en las corrientes subterráneas aguas abajo del RS, no pueden exceder valores prefijados en puntos ubicados hasta 150 m del límite del relleno.</p>

Fuente: Hogland, 1997

La mayor parte de los rellenos existentes no poseen membranas de ningún tipo o poseen algunas que no pueden contener totalmente el lixiviado. Las sustancias que, contenidas en esos lixiviados, escapan por el fondo del relleno, pueden sufrir una serie de reacciones que las neutralicen o modifiquen, a medida que atraviesan el terreno subyacente en busca de las capas inferiores del suelo y de las aguas subterráneas. Este proceso se denomina atenuación. De todas formas, al medir en el agua subterránea los contenidos de las diferentes sustancias no deberían exceder los valores que se presentan en la Tabla 10.4.

Tabla 10.4 Concentraciones máximas en aguas subterráneas.

MATERIAL	LÍMITE MÁXIMO DE CONCENTRACIÓN (MG/L)
Arsénico	0,05
Bario	1,00
Bencina	0,005
Cadmio	0,01
Carbono tetracloruro	0,005
Cromo (hexavalente)	0,05
2,4 Acido diclorofenolacético	0,1
1,4 Diclorobencina	0,075
1,2 Dicloreteno	0,005
1,1 Dicloretileno	0,007
Endrina	0,0002
Flúor	4,0
Lindano	0,004
Plomo	0,05
Mercurio	0,002
Methoxycloro	0,1
Nitrato	10,0
Selenio	0,01
Plata	0,05
Toxaphene	0,005
1,1,1 Tricloro metano	0,2
Tricloro etílico	0,005
2,4,5 Ácido diclorofenolacético	0,01
Cloruro de vinilo	0,002

Fuente: Hogland, 1997

Por ejemplo, un lixiviado atravesando un suelo arcilloso puede dejar en él gran parte de los metales pesados que transportaba (tales como plomo, arsénico, cadmio y mercurio).

La capacidad de atenuación de cada suelo es diferente y, además, no todos los elementos o componentes de un lixiviado son igualmente proclives a ser separados total o parcialmente del mismo.

Los impredecibles grados de contaminación de los componentes de un lixiviado, agregado a la influencia de las condiciones climáticas y a la variable composición geológica del subsuelo, harán extremadamente difícil predecir el grado de protección que proporcionará esta atenuación natural.

Como resultado de estas limitaciones en los métodos de predicción de contaminación de suelos y aguas subterráneas, es que los nuevos RS prefieren incorporar medios para contener y controlar (extraer y neutralizar) el lixiviado dentro del emplazamiento del relleno.

### C. RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS

La efectividad de un sistema de recolección de lixiviados depende del diseño de la membrana y de los conductos de recolección, cuya disposición depende a su vez de las pendientes y topografía general del área.

La inclinación de la membrana de fondo deberá ser del 4 % o más, para promover el flujo del lixiviado hacia los conductos apoyados en el fondo del relleno (ver Figura 10.5).

Estos conductos tendrán a su vez una inclinación mínima del 1 % para asegurar el movimiento de los líquidos. Los conductos pueden estar simplemente apoyados sobre la membrana y deben ser accesibles desde sus extremos para poder mantenerlos libres de obturaciones (Figura 10.6).

Los lixiviados recolectados son, en términos generales, tratados según las siguientes opciones:

- **Tratamientos in-situ:**  
Tanques de estabilización (biodegradación de la materia orgánica contenida en el residuo líquido por acción de bacterias aeróbicas y anaeróbicas).  
Procesos químicos (hidrólisis enzimática o ácida).
- **Recirculación:** reinfiltración de los líquidos a través de la masa de basura.
- **Derivación a una planta de tratamiento de efluentes de alcantarilla.**

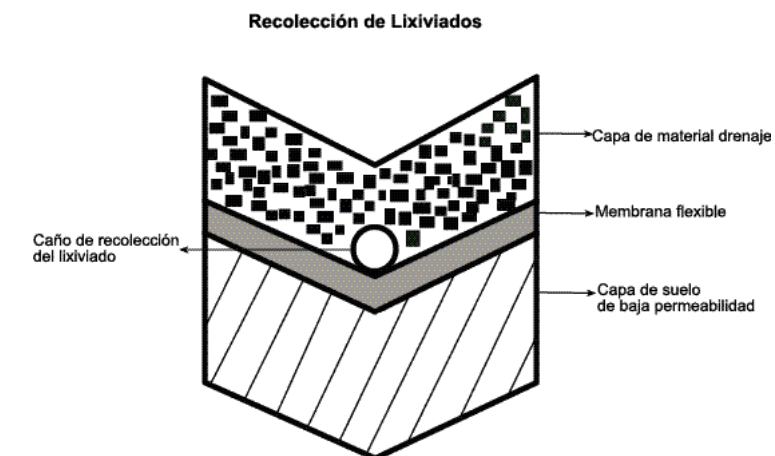


Figura 10.5. Sistema de recolección de lixiviado.

Fuente: Elaboración propia, 2002

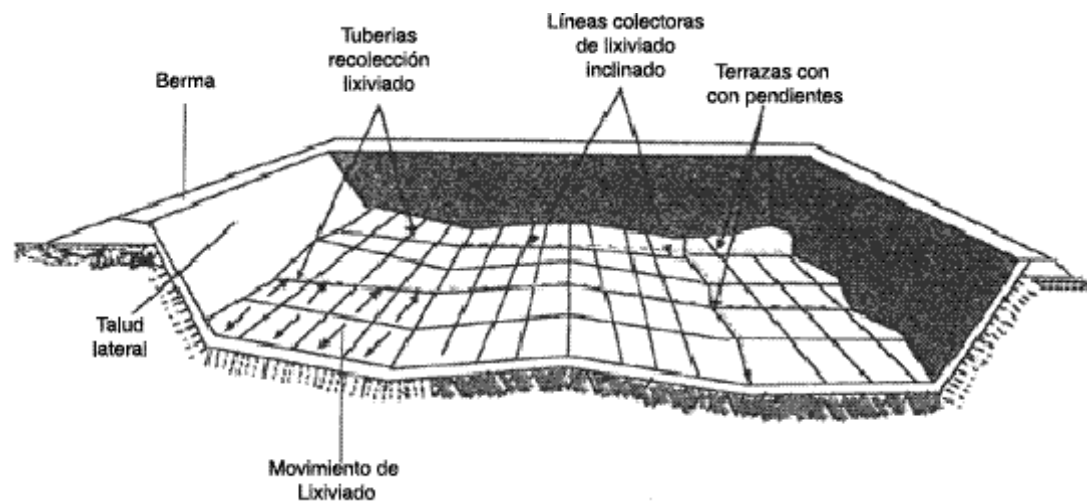


Figura 10.6. Sistema de pendientes para la localización de tubos de lixiviados.

Fuente: Tchobanoglous, 2000

### 10.1.7. GASES DE VERTEDERO

Los Gases de Vertedero, junto con el lixiviado, son los dos elementos principales que se generan como salida luego de la aplicación de la técnica de relleno sanitario como sistema de disposición final. El control de gases se realiza para prevenir el movimiento indeseable de éstos hacia la atmósfera y hacia suelos circundantes. Este gas puede utilizarse para la recuperación de energía, o se puede quemar en condiciones controladas para evitar la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera. Los constituyentes típicos encontrados en el gas de rellenos sanitarios se identifican en la tabla 10.5.

Tabla 10.5. Componentes típicos en gases de rellenos sanitarios

COMPONENTES	PORCENTAJE (BASE VOLUMEN SECO)
Metano	45-60
Dióxido de carbono	40-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0,1-1,0
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc.	0,0-1,0
Amoníaco	0,1-1,0
Hidrógeno	0-0,2
Monóxido de carbono	0-0,2
Constituyentes en cantidades traza	0,01-0,6
Características	Valor
Temperatura	37-67 °C
Densidad específica	1,02-1,06
Contenido de humedad	Saturado
Poder calorífico superior (Kcal/m <sup>3</sup> )	890-1223

Fuente: Tchobanoglous, 2000

El control de gases puede ser Pasivo o Activo, en los sistemas pasivos se utiliza energía en forma de vacío inducido para controlar el flujo de los mismos.

#### A. CONTROL PASIVO DE GASES

Se puede lograr el control pasivo de los gases principales (aquellos que se generan en mayor proporción) y los oligogases (se generan en pequeñas cantidades), proporcionando caminos de más alta permeabilidad para guiar el flujo del gas en la dirección deseada. Dentro de los sistemas de control pasivo se pueden considerar:

- Ventilación para rebajar la presión / quemadores en la cobertura del relleno: este sistema se basa en reducir la dispersión lateral de los gases reduciendo la presión interna del relleno. Con este propósito, se instalan chimeneas a través de la cobertura final que se prolongan hacia la masa de residuos. Si el metano del gas se encuentra en una concentración suficiente, se las puede equipar con un quemador. Este quemador puede ser accionado manualmente o contar con un piloto continuo. La altura del quemador puede variar entre 3 y 6 metros sobre el nivel de la cobertura.
- Zanjas perimetrales de intercepción: se utiliza para evitar el movimiento lateral de los gases. Estas zanjas están llenas de grava, que contiene tuberías horizontales de plástico. Las tuberías perforadas están conectadas a chimeneas verticales por donde emigra el gas hacia la atmósfera.
- Zanja barrera perimétrica: las zanjas se llenan con material impermeable, como bentonita o pasta de arcilla, actuando como una barrera física para el movimiento lateral superficial. Es un método más empleado para la intercepción de aguas subterráneas.
- Barreras impermeables dentro de los rellenos: antes de comenzar con la operación del relleno, se construyen barreras con materiales más impermeables que el suelo. En algunos países; se exige directamente el uso de geomembranas para limitar el movimiento de los gases, ya que estos se difunden a través de recubrimientos de arcilla.

#### B. CONTROL ACTIVO DE GASES

El control activo de gases se puede realizar mediante instalaciones perimetrales (chimeneas y zanjas perimetrales) creando un vacío parcial que origina un gradiente de presión hacia la chimenea de extracción.

Los gases se queman para controlar las emisiones de metano y compuestos orgánicos volátiles (COV), o se utilizan para producir energía.

### 10.1.8. CUBIERTA FINAL

Al cerrar un RS, o una sección independiente de él, se requerirá la instalación de una cubierta final. El criterio de elección de la mencionada cubierta debe perseguir los siguientes objetivos:

- Minimizar la infiltración de las precipitaciones pluviales en la masa de residuos.
- Promover un eficaz drenaje de la superficie.



- Resistir la erosión.
- Facilitar el mantenimiento del perfil del relleno (pendientes).
- Restringir la migración de gas (o favorecer su recuperación).
- Separar los residuos de los animales e insectos.
- Mejorar la apariencia del RS.
- Minimizar su mantenimiento en el largo plazo.
- En general, proteger la salud de las personas y el medio ambiente relacionados con el RS.
- Una conformación mínima de esta cubierta estará compuesta por una capa de infiltración y otra de erosión, colocadas en ese orden sobre una delgada capa final destinada a uniformar la superficie.

En el largo plazo, la capa de infiltración minimizará el ingreso de líquidos al residuo. Esta capa deberá tener una conductividad hidráulica igual a la del fondo o los laterales y en ningún caso mayor a  $1 \times 10^{-5}$  cm/seg.

La reducción de la infiltración se mejora, además, con una buena superficie exterior de drenaje, que haga mínima la erosión provocada por las precipitaciones.

La cubierta vegetal no debe contener especies de raíces profundas que puedan dañar la capa de infiltración (Figura 10.7); esta capa de la que, por otro lado, deben vigilarse deslizamientos diferenciales respecto de la capa de erosión.

La Figura 10.7, muestra la disposición de cubiertas con capas adicionales para promover el drenaje lateral y la incorporación de la cubierta vegetal.

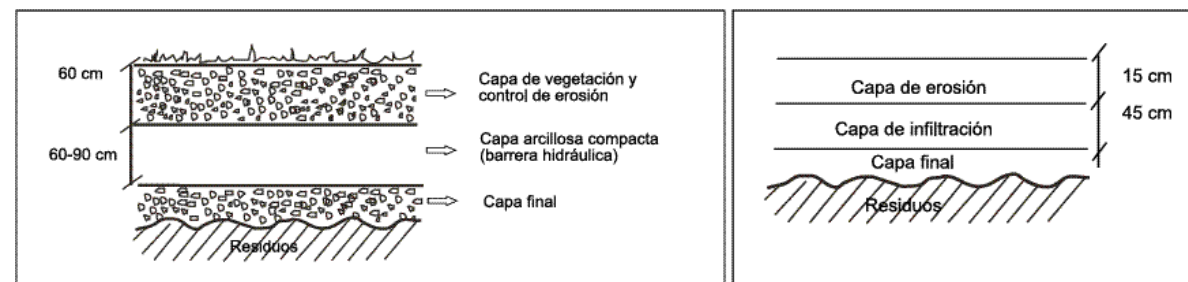


Figura 10.7. Secuencia para la implantación y mantenimiento vegetal en residuos sólidos urbanos.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 10.1.9. CIERRE Y POSTERIOR MANTENIMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Un relleno sanitario debe ser cerrado de acuerdo a un procedimiento previsto. El objetivo de las operaciones de cierre y mantenimiento posterior, será asegurar en el largo plazo la protección de la salud humana y del medio ambiente. El mantenimiento deberá extenderse por un período acordado previamente (en base a la estimación del tiempo necesario para la estabilización definitiva de la masa de residuos) y durante el cual el responsable deberá proveer el cuidado general y mantener el monitoreo de contaminación en tierra, agua y aire y remediar los efectos que se produzcan.

Luego de su cierre, el sitio relleno parecerá inactivo aún cuando la actividad biológica continúe. Como resultado de ella, la cubierta del relleno seguirá asentándose hasta que los residuos se consoliden. Este asentamiento será mayor en aquellos RS donde la compactación de las sucesivas descargas fue pobre.

Los asentamientos causarán depresiones y roturas en la cubierta, que deberán ser rellenados con tierra para evitar filtraciones. Cuando la cubierta está integrada por una membrana flexible, puede ser necesario repararla. La cubierta vegetal de los residuos sólidos urbanos también requiere de mantenimiento, siembra y cuidados regulares, para evitar su erosión.

Los asentamientos del relleno también pueden afectar los caminos internos, las instalaciones y conductos de drenaje y otras estructuras implantadas sobre el terreno (playas de estacionamiento, campos deportivos, etc.).

Los caminos de acceso, necesarios para llegar a los puntos de monitoreo, también son afectados por la paulatina erosión del suelo, por lo que requerirán de reparación y mantenimiento regular. De la misma manera, las provisiones implementadas para regular el drenaje de las aguas superficiales del área del residuos sólidos urbanos, pueden verse muy afectados por los asentamientos del relleno y deberán ser adaptados al nuevo perfil del terreno.

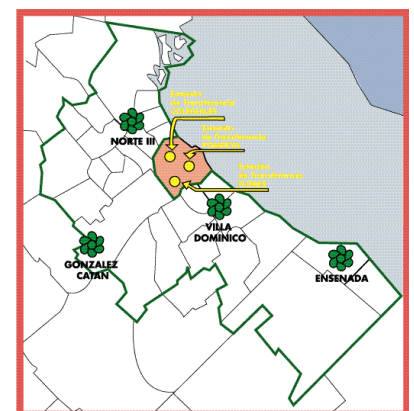
Dado que, tanto lixiviados como gases, seguirán siendo generados por el relleno luego de su cierre, la captación y disposición de los mismos deberá seguir realizándose durante todo el período post-cierre, por lo que bombas y demás dispositivos de recolección deberán mantenerse operables y reparados.

La composición química de ambos efluentes irá cambiando a medida que progrese la estabilización biológica del relleno, mostrando la paulatina disminución de las concentraciones de contaminantes presentes en ellos. No obstante, el monitoreo de aguas y suelos subyacentes deberá continuar realizándose según un esquema regular, con el fin controlar la magnitud de su migración.

### LA SITUACIÓN EN LA ARGENTINA (CEAMSE, 2002)

En Buenos Aires; se creó en 1977 una Sociedad del Estado (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado, CEAMSE) responsable de la disposición final de los residuos generados por la propia Ciudad.

En el transcurso de estos años, se ha dispuesto un total de 80.000.000 de toneladas aproximadamente, disponiendo actualmente unas 340.000 toneladas mensuales en cuatro (4) Centros de Disposición Final (Figura 10.8). Cada uno de ellos contempla Programas de Control y Monitoreo de aguas subterráneas y gases en las etapas construcción, operación y clausura, y la recolección de líquidos lixiviados.



**A. NORTE:** Comenzó a operar en 1978. Se reciben actualmente 102.000 toneladas mensuales de residuos. Desde su inicio ha recibido 22.000.000 toneladas.

**B. VILLA DOMINICO (ZONA SUR):** Comenzó a operar en 1978. Se reciben actualmente 180.000 toneladas mensuales de residuos. Desde su inicio ha recibido 45.000.000 toneladas.

**C. CATÁN (ZONA OESTE):** Se inició en 1980. La cantidad histórica de residuos dispuestos, alcanza a 10.000.000 de toneladas, recibiendo en la actualidad 46.000 toneladas mensuales. Cuenta además con celdas especiales para la disposición de residuos industriales no peligrosos.

**D. LA PLATA:** El proyecto se inició en 1981. La cantidad histórica de residuos dispuestos en el centro alcanzan los 3.200.000 toneladas, recibiendo actualmente 20.400 toneladas mensuales.

En el resto del país, las pequeñas localidades que cuentan con Centros de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos son:

<p><b>PROVINCIA DE BUENOS AIRES</b></p> <p>Dentro del ámbito de la Provincia de Buenos Aires, existe un numeroso grupo de Municipios que cuentan con Proyectos Ejecutivos para la construcción de Centros de Disposición Final empleando la técnica de Relleno Sanitario. Actualmente los proyectos en Ejecución se encuentran en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suipacha</li> <li>• San Nicolás</li> <li>• Olavarría</li> <li>• Mar del Plata</li> </ul>	<p><b>PROVINCIA DE LA PAMPA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Santa Rosa: Posee Relleno Sanitario</li> </ul> <p><b>PROVINCIA DE CÓRDOBA</b></p> <p>En esta provincia existe un estudio de "Diagnóstico Provincial de los Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos" (2000), el cual establece:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciudad de Córdoba: (tiene relleno sanitario.</li> <li>• Río Cuarto y San Francisco; representando el 7,5 % sobre el total, cuenta con vertederos controlados.</li> <li>• En otros 21 casos, se realiza cobertura de residuos (52,5%).</li> <li>• Los restantes 16, disponen sus residuos a cielo abierto.</li> </ul>
<p><b>PROVINCIA DE SANTA FE</b></p> <p>La ciudad de Santa Fe posee tres (3) vertederos Venado Tuerto, cuenta con un Proyecto Ejecutivo para la construcción y posterior operación de un Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos, el cual depende de la disponibilidad de recursos económicos para ponerse en marcha.</p>	<p><b>PROVINCIA DE MENDOZA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciudad de Mendoza y Gran Mendoza: cuenta con una disposición final de residuos.</li> <li>• Los siguientes Municipios poseen Proyectos Ejecutivos para la construcción y operación de Centros de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos próximos a ser implementados: San Rafael, Uspallata, Malargüe y General Alvear.</li> </ul>
<p><b>PROVINCIA DE CHUBUT</b></p> <p>Ciudad de Trelew cuenta con Relleno Sanitario. Además, existen dos localidades que poseen Proyectos Ejecutivos para la construcción y operación de Centros de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos: Esquel y Trevelin.</p>	<p><b>PROVINCIA DE NEUQUÉN</b></p> <p>La ciudad de Zapala cuenta con un Proyecto Ejecutivo para la construcción y operación de un Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos a la espera de obtener recursos económicos para efectivizar su realización.</p>
<p><b>PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ushuaia: Posee Relleno Sanitario</li> </ul>	

Fuente: CEAMSE, 2002

## 10.2 BASURALES URBANOS

Los residuos producidos por las concentraciones poblacionales, constituyen un problema crítico tanto por la cantidad, calidad y manejo de los mismos. Las concentraciones de residuos sólidos urbanos o "basurales" en las áreas marginales de los centros urbanos, constituyen uno de los principales problemas ambientales de la ecología urbana.

Son preocupantes las consecuencias de estas acumulaciones de residuos para el equilibrio ecológico del ecosistema urbano son ya que no existe un catálogo de medidas mitigadoras de las consecuencias de su impacto ni medidas disuasorias para que la población no continúe generando y aumentando los basurales.

La cantidad de residuos aumenta proporcionalmente al ritmo del crecimiento de la población urbana y, además, la calidad de los mismos se diversifica aún más debido a los cambios en los productos de consumo.

Sin embargo, en las áreas subdesarrolladas del mundo (tal como nuestro país) no existe tal política institucionalmente consolidada y ya incorporada a la cotidianeidad de la vida urbana.

Podría afirmarse que el basural constituye el símbolo material de la herejía ecológica de la sociedad moderna, ya que, como ningún otro desequilibrio ecológico, su visibilidad lo torna de carácter ofensivo para los sentidos y el intelecto.

El problema de los residuos sólidos urbanos constituye un tipo de desequilibrio ambiental, cuya gravedad se profundiza proporcionalmente al crecimiento de la población urbana.

La formación de basurales es una de las consecuencias de la falta de políticas ambientales preventivas, lo que hace necesario instrumentar medidas correctivas y mitigadoras del impacto.

### 10.2.1. EL BASURAL URBANO O MICROBASURAL

También denominado lugar de arrojío periódico, es una acumulación espontánea de residuos. Este basural no puede ser erradicado ya que la población de la ciudad lo vuelve a generar una vez que la Municipalidad limpia el terreno.

Esto no implica que en el centro de su masa no existan residuos industriales, lo cual sólo puede precisarse al momento de efectuar la remoción.

El equipamiento necesario para la limpieza de estos basurales se limita solamente a operarios premunidos con palas y horquillas y camiones volcadores.

### 10.2.2. EL MACROBASURAL

Este es el basural que recepciona residuos en forma periódica, acumula más de 500 m<sup>3</sup> de residuos y abarca más de una hectárea.

Este basural requiere de una evaluación mucho más compleja, por su magnitud y generación de impacto, como asimismo, es necesario evaluar las técnicas de saneamiento y su costo económico. En estos casos, se deben realizar estudios de caracterización, impacto y técnicas de saneamiento, dado que su complejidad normalmente requiere de variados equipos (topadoras, retroexcavadoras, palas cargadoras, motoniveladoras, etc.).

### 10.2.3. ERRADICACIÓN DE BASURALES

La clausura del sitio de disposición final, debe entenderse como la suspensión definitiva del depósito de residuos sólidos. Por lo tanto, esta actividad conlleva la restricción de la entrada de residuos.

En Argentina, el saneamiento de basurales está totalmente a cargo de los Municipios.

En la Capital Federal y Gran Buenos Aires, el CEAMSE ha realizado más de 20 clausuras en los últimos tres años (Figura 10.9).



**Figura 10.9. Saneamiento de basurales.**

Fuente: CEAMSE, 2002

La clausura de los basurales es una preocupación constante de las autoridades municipales por los vuelcos clandestinos en los microbasurales, que terminan generalmente convirtiéndose en macrobasurales.

La clausura de basurales, permite el acondicionamiento de los residuos para lograr su estabilización en el mediano plazo y asegurar que la liberación de contaminantes al ambiente se mantenga por debajo de límites aceptables, respetando el principio ALARA (impacto tan bajo como razonablemente sea posible alcanzar) de las normas EPA.

### 10.3. CIERRE Y RECUPERACIÓN DE LUGARES DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Dependiendo de los recursos disponibles, se pueden establecer dos alternativas para la clausura: el cierre definitivo del sitio o la adaptación de la operación como relleno sanitario.

En este caso, teniendo en cuenta que se trata de implementar un programa de reordenamiento del sistema de aseo urbano a nivel regional, los planes de clausura se establecen de acuerdo el uso del suelo de la zona en que se encuentra el basural.

#### A. EFECTOS AMBIENTALES DEL PLAN DE CLAUSURA

En la Tabla 10.6, se relacionan los efectos de los planes de clausura y las medidas de mitigación y/o prevención.

**Tabla 10.6. Relación entre los efectos de los planes de clausura y las medidas de mitigación y/o prevención.**

EFECTOS ADVERSOS	EFECTOS BENÉFICOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O PREVENCIÓN
Generación de partículas en suspensión totales mientras se establece la vegetación rasante	Mejoramiento en las cualidades estético - paisajísticas	Impermeabilización mediante cobertura final
Imposibilidad de disposición local de residuos sólidos	Creación de áreas verdes y de uso recreativo	Programa de reforestación
	Eliminación de la erosión eólica	

Fuente: Elaboración propia, 2002

#### B. ETAPAS DEL PLAN DE CLAUSURA

Al momento de implementarse la clausura del sitio, resulta imprescindible establecer las tareas necesarias, su secuencia y ponderación, las cuales se detallan por etapas según indican los puntos siguientes.

##### Etapas de Pre-Clausura

- Notificación a los usuarios del cierre y nueva ubicación del sitio de disposición final
- Establecimiento de un Cordón Sanitario  
El Cordón Sanitario tiene por objeto evitar la migración de roedores vectores de enfermedades hacia zonas aledañas al basural. Previo a la iniciación de tarea alguna en el sector a tratar, deberán ejecutarse una serie de tareas. Las tareas a realizar son: desratización, desinsectación y desinfección.
- Delimitar la zona de amortiguación

En los límites del basural, pero dentro del área donde se encuentra el mismo, se debe crear una zona o franja perimetral de amortiguación de no menos de 6 m. y no más de 12 m. de ancho. La misma proporcionará una transición estética entre el vaciadero y la zona adyacente.

**Etapas de Clausura**

- Colocación de señalización
- Restricción de acceso al sitio
- Recolección de residuos dispersos en las áreas colindantes al sitio
- Conformación, compactación y sellado de los residuos sólidos expuestos

**Etapas de Post-Clausura**

- Construcción de sistemas de control de escurrimientos de aguas lluvias
- Colocación de barrera forestal
- Instalaciones para mantenimiento y control

**C. USO FINAL DEL PREDIO**

A nivel internacional, se tiene conocimiento que los basurales a cielo abierto clausurados se han utilizado para parques y usos recreativos, jardines botánicos, áreas para estacionamiento etc. Sin embargo, los usos más comunes y relativamente económicos son las áreas verdes y recreativas.

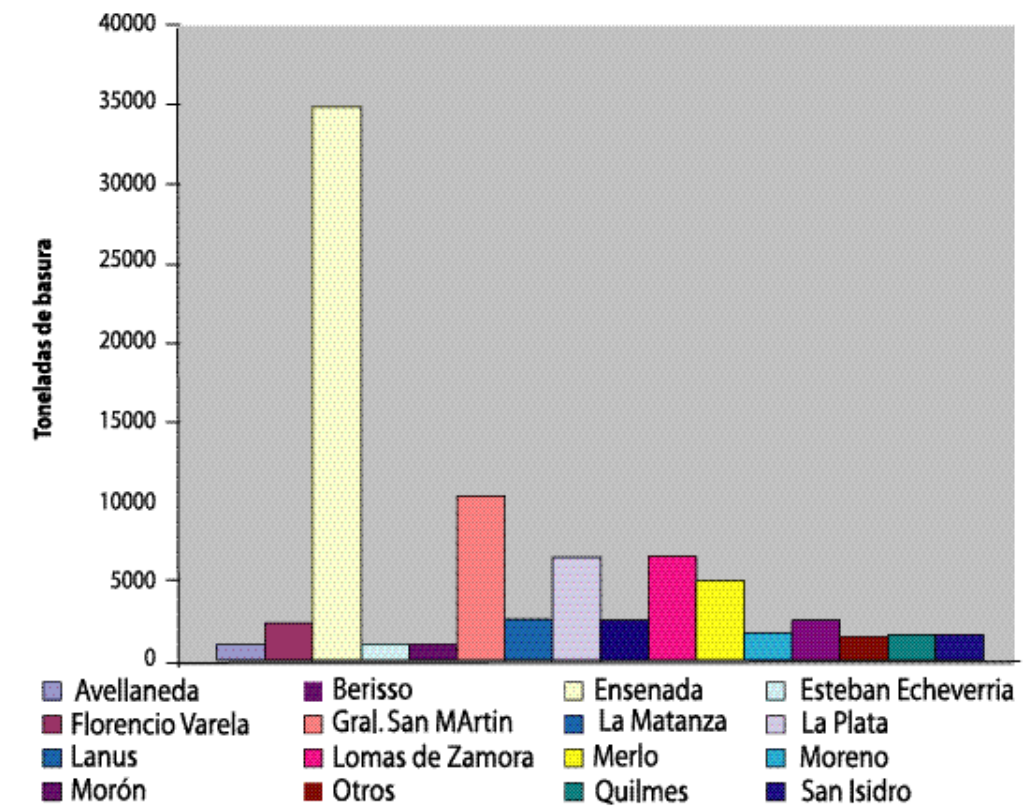


Fuente: CEAMSE, 2002

Esto, se debe a que el relleno con residuos sólidos tiende a sufrir asentamientos diferenciales por la baja compactación de aquellos, así como por la degradación biológica que se da con respecto al tiempo.

Debido a la inestabilidad de los sitios recién clausurados, los criterios internacionales establecen que es conveniente dejar el sitio sin un uso específico por un lapso de seis años, tiempo en el que se presentan las mayores modificaciones, debido a la estabilización de los residuos sólidos confinados. Después de este período, es posible asignar un uso de tipo recreativo.

En la Figura 10.10, se presentan las toneladas de residuos sólidos dispuestos en diferentes basurales del área metropolitana de Buenos Aires.



**Figura 10. 10. Basurales del área Metropolitana de Buenos Aires.**

Fuente: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) 2002.

**Tabla 10.7. Estado Actual del Relleno Sanitario Argentino.**

Provincia Buenos Aires	3 Rellenos Sanitarios operativos
	4 Rellenos Sanitarios en ejecución
Provincia de Córdoba	1 Relleno Sanitario
	Río Cuarto Vertedero Controlado
	San Francisco Vertedero Controlado
	21 lugares sólo con cobertura
	16 lugares RS a cielo abierto
Provincia de Santa Fe	1 Relleno Sanitario en construcción
	3 Vertederos
	1 Proyecto "Venado Tuerto"
Provincia de Chubut	Trelew Relleno Sanitario
	2 Proyectos
Provincia Tierra de Fuego	1 Relleno Sanitario (Ushuaia)



Provincia Neuquén	1 Proyecto (Zapala)	
Provincia La Rioja	3 Vertederos controlados	
Provincia San Luis	1 Proyecto Ejecutivo (San Luis)	
Provincia La Pampa	1 Rellano Sanitario (Santa Rosa)	
Provincia Entre Ríos	1 Proyecto (Guaeguaychú)	
Provincia Mendoza	<b>SITIO</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
	Puente de Hierro Guaymallén Calle Brandsen s/n a 4 km. de Destilería Luján de Cuyo	Enterramiento Disposición a cielo abierto
	Campo Espejo Las Heras	Enterramiento hasta febrero 2003
	Barrancas Maipú	Planta de separación de materiales y Relleno sanitario
	Ripiera Lúdica Godoy Cruz	Disposición cielo abierto
Provincias de Santa Cruz, San Juan, Catamarca, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero, Chaco, Formosa, Misiones, Corrientes	No hay datos	

### RELLENO SANITARIO GONZÁLEZ CATÁN, BUENOS AIRES.

González Catán (zona oeste):

El proyecto se inició en 1980, habiendo concluido las etapas de González Catán I y II, encontrándose en operación "González Catán III).

La cantidad histórica de residuos dispuestos, alcanza a 10.000.000 de toneladas, recibiendo en la actualidad 46.000 toneladas mensuales.

El centro contempla Programas de Control y Monitoreo de aguas subterráneas y gases en las etapas construcción, operación y clausura, y la recolección de líquidos lixiviados.

Se cuenta además con celdas especiales para la disposición de residuos industriales no peligrosos. Los municipios que disponen en este Centro son: parte de Esteban Echeverría, Ezeiza, parte de Hurlingham, parte de Ituzaingó, La Matanza, Pte. Perón, parte de Merlo, Morón y Lomas de Zamora, que en conjunto alcanzan una población de tres millones de habitantes.

## GLOSARIO

**Basural:** Tiradero descontrolado de residuos sólidos urbanos.

**Berma:** Se utiliza frecuentemente cuando la altura del relleno sanitario excede desde los 125 cm a 2 m.

**Capa final:** Se aplica a toda la superficie del relleno sanitario después de concluir las operaciones de vertido.

**Celda:** Se utiliza para describir el volumen de material depositado en un relleno sanitario durante un período de explotación, normalmente un día.

**Clausura:** Es el término utilizado para describir los pasos a seguir para cerrar y asegurar la zona del relleno sanitario una vez completada la operación del relleno sanitario.

**Combustión:** Proceso de oxidación rápida de materiales orgánicos, acompañado de liberación de energía en forma de calor y luz.

**Compost:** Producto fertilizante de suelos comparable al estiércol. Al que es producido de manera natural en los bosques, se lo llama "humus" o "tierra de hojas". Tiene altos contenidos de nutrientes, indispensables para el crecimiento de las plantas.

**Compostaje:** Proceso de fermentación aerobia de los desechos orgánicos, orientado a la producción de un material que sirve como mejorador de suelos y, potencialmente, como abono natural.

**Cribado:** Proceso unitario utilizado para separar mezclas de materiales de distintos tamaños en dos o más fracciones de tamaño, mediante una o más superficies de cribado. Se puede llevar a cabo un cribado seco o húmedo.

**Estación Transferencia:** Instalación que se construye en sitio estratégico de alguna localidad para recibir y transportar los residuos sólidos a los sitios de disposición final. Las estaciones son variables en forma pero no en esencia; constan de una edificación, la cual basándose en rampas, logra que los camiones recolectores queden a nivel superior que los trailers, pudiendo de esta manera descargar su contenido por gravedad al interior de los mismos.

**Frecuencia de recolección:** El número de veces por unidad de tiempo en la cual se realiza la acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reuso, o a los sitios para su disposición final.

**Gas de Relleno Sanitario:** Mezcla de los gases que se encuentran dentro de un relleno sanitario.

**Incineración:** Es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura por el cual los residuos peligrosos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y residuales sólidos incombustibles. Los gases generados son emitidos a la atmósfera previa limpieza de gases y los residuos sólidos son depositados en un relleno de seguridad.

**Lixiviado:** Líquido generado en el relleno sanitario producto de la humedad intrínseca de los residuos, sumada a la infiltración de aguas lluvia dentro del relleno y al agua generada por la des-

composición anaeróbica. Este líquido presenta una alta carga orgánica, un fuerte olor y una gran actividad microbiológica.

**Lombricultura:** Cría intensiva de lombrices para la producción de abonos orgánicos, mejorando el terreno por donde se desplaza la lombriz dejando sus deyecciones, éstas generan un compuesto rico en nutrientes, minerales y bacterias que permite una acción restauradora del suelo y es inmejorable como abono.

**Nivel:** Capa completa de celdas sobre una zona activa del relleno sanitario.

**Oligogases:** Gases que están en la presencia de traza, es decir en pequeña cantidad.

**Postclausura:** Mantenimiento postclausura se refiere a las actividades asociadas con la supervisión y mantenimiento a largo plazo del relleno sanitario terminada su vida útil (normalmente 30 a 50 años).

**Reciclado:** El reciclado es el proceso mediante el cual algunos materiales que se encuentran en la masa de residuos sólidos urbanos son separados de ella, clasificados y acondicionados para ser luego reutilizados como materias primas en un proceso productivo posterior, modificando sus características físicas y en algunos casos también las químicas.

**Reciclaje.** Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos y de reutilización

**Recolección:** Es la acción de tomar los residuos sólidos de sus fuentes generadoras y/o de almacenamiento, para depositarlos dentro de los equipos destinados a conducirlos a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

**Recubierto:** Recubrimientos de relleno sanitario son materiales (naturales y fabricados) que se utilizan para recubrir el fondo y las superficies laterales del relleno sanitario.

**Relleno Sanitario:** Método ingenieril de disposición final de los residuos sólidos, mediante el cual ellos son vertidos en depósitos estancos, de manera que los subproductos que se generan por la descomposición de los residuos no dañan su entorno. El proceso consta de varias etapas, entre las que se destacan la selección adecuada del sitio, la impermeabilización del área destinada al vertido de desechos, la construcción de las celdas de residuos y capas de cobertura, el monitoreo y control ambiental y la ejecución del programa de cierre.

**Residuos Peligrosos:** Todo material que resulte objeto de desecho o abandono y pueda perjudicar, en forma directa o indirecta, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

**Vertedero:** Lugar donde se depositan residuos de origen urbano o industrial. Puede tratarse únicamente de una acumulación incontrolada, con los consiguientes riesgos de incendio, sanitarios y ambientales, o de una instalación o vertedero controlado, donde los residuos reciben algún tipo de tratamiento o almacenamiento.

**Vertido:** Es el efluente residual evacuado fuera de las instalaciones de los establecimientos industriales y/o especiales, con destino directo o indirecto a colectoras, colectores, cloacas máximas, conductos pluviales, cursos de agua y el suelo, ya sea mediante evacuación o depósito.

## BIBLIOGRAFÍA

Agencia Córdoba Ambiente, 2002. Diagnóstico Provincial de los Residuos Sólidos Urbanos: Publicaciones técnicas, Gobierno de Córdoba, Argentina.

Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET (ARPET), 1999. El reciclado del PET: algunas experiencias municipales en la Argentina, Argentina (<http://www.arpet.org/main/document.htm>, Enero 2003)

Bueno L., Sastre H. y A. Lavín, 1997. Contaminación e Ingeniería Ambiental, FICYT, Oviedo, España.

Comunidad de Madrid, 1987a. Los residuos sólidos urbanos. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 1. España.

Comunidad de Madrid, 1987b. El tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Estaciones de transferencia vertederos controlados de RSU. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 2. España.

Comunidad de Madrid, 1987c. El reciclado, aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 8. España.

Comunidad de Madrid, 1987d. La incineración. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 7. España.

Comunidad de Madrid, 1987e. El sellado de vertederos. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 9. España.

Coordinación Ecológica Area Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), 2002. Disposición y tratamiento: Generación de Residuos, Buenos Aires, Argentina (<http://www.ceamse.gov.ar/abre-disposicion.html>, Diciembre, 2002)

Di Lorenzo J., 2003. Higiene urbana: recolección informal. Publicación electrónica: Informes de gestión, En: Lo Público, Buenos Aires (<http://www.spublicos.com.ar/comunicados.asp?idcomu=571>, Enero 2003).

Fontoira J., 1989. El tratamiento de los residuos industriales: Situación actual y tendencia futura en el ayuntamiento de Madrid, En: Residuos Urbanos y Medio Ambiente, Universidad Autónoma de Madrid, pág. 41-49. España.

Forsberg, 2003. Catálogo electrónico: Separador Gravitacional a Presión, Modelo 220-P, USA . (<http://www.forberg.com/>). Mayo 2003.

Fundación Mapfre, 1994. Implicación ambiental de la incineración de residuos urbanos, hospitalarios e industriales, Ed. Mapfre, S.A. pág. 71-95. España.

Fundación Senda, 1992. Análisis cuantitativo de la basura urbana y de su impacto ambiental. Proyecto Basura de 1992. Trabajos realizados, Argentina

<http://www.fsenda.com>, Diciembre 2002

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 1998. Barrido de residuos por zona de concesión en la ciudad de Buenos Aires: Informe ingresos de residuos a CEAMSE, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Hogland W., 1997. Landfilling, Natur Vårds Verket, Suecia

López G.; Pereira M.; y A. Rodríguez, 1980. Eliminación de los residuos sólidos urbanos. Editores Técnicos Asociados. España.

Maqtron, 2003. Triturador M-10000, Brasil. [http://sline03.softline.com.br/maqtron/Con-teudo/Produtos/triturador/trituradorm10000/triturador\\_10000.html](http://sline03.softline.com.br/maqtron/Con-teudo/Produtos/triturador/trituradorm10000/triturador_10000.html) Abril 2003

Maneklal Global Exports, Catálogo, Molino a Martillo, India (<http://www.maneklalexports.com/Espanol/AgriEquip/HammerMill.htm>) Marzo, 2003

Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2001. Plan Nacional de Valorización de Residuos: Inventario de Asentamientos con interés en la Valorización RSU, Argentina ([http://www.medioambiente.gov.ar/documentos/dca/pnvr/inventario\\_asentamientos.PDF](http://www.medioambiente.gov.ar/documentos/dca/pnvr/inventario_asentamientos.PDF), Enero 2003)

Ministerio de Medio Ambiente, 1996. Dirección General de Calidad y Evaluación de Impacto Ambiental, Actuaciones en infraestructuras para la gestión de residuos sólidos urbanos. Secretaría general técnica Medio Ambiente. España.

Rivera J., Henriquez D, Vogt L. y S. Muñoz, 2000. Abre y conocerás tu ambiente. Ilustre Municipalidad de Talcahuano. 1ª Ed. Pág: 80-97. Chile

Rivera S., 1998. Residuos sólidos industriales, taller de capacitación, Manual Centro EU-LA-Chile, Universidad de Concepción.

Seóñez C. Mariano, 2000. Residuos. Problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción. Mundi - Prensa. Pág:213-216, 227-234. España.

Szanto M., 1997. Módulo de residuos sólidos. Secretaría Master en Contaminación Ambiental. España.

Tchobanoglous G., Theisen H. y S. Vigil, 1994. Gestión integral de Residuos Sólidos. Mc Graw- Hill. 1ª Ed. España.

VDGroup, 2001, Venta de quipos y herramientas industriales, España. ([http://www.queherramienta.com/bombas\\_aguas\\_sucias10.htm](http://www.queherramienta.com/bombas_aguas_sucias10.htm)). Marzo 2003

## PARA APRENDER MÁS

<http://www.medioambiente.gov.ar/>

Secretaría de Medio Ambiente Argentina.

<http://www.ceamse.gov.ar/>

(CEAMSE) Coordinación Ecológica Area Metropolitana Sociedad del Estado. Transporte y disposición de residuos sólidos domiciliarios e industriales.

<http://www.eco-sursdeh.com.ar/>

Recolección, Transporte y Disposición final de Residuos Industriales, Patológicos, Especiales y Peligrosos

<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo2.html>

Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales

<http://www.emison.com/5141.htm>

¿Que es el compostaje?, propiedades del compost, materias primas del compost, factores que condicionan el proceso de compostaje, el proceso de compostaje.

<http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/s15002.htm>

Actividades de la Unión Europea. Gestión de los Residuos. Incineración.

[http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083\\_03.2002/083\\_Investigacion\\_Cepis.php3](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083_03.2002/083_Investigacion_Cepis.php3)

<http://www.educa.cl/~basura>

Universidad de Concepción, portal educación interactiva

## COMPETENCIAS PARA EL PROFESOR

### COMPETENCIA GENERAL

Capacitar en las técnicas y procedimientos en el manejo de los residuos sólidos urbanos, adoptando una gestión integrada en sus diversas etapas (aprender a hacer).

### SUBCOMPETENCIAS

- a) **Desarrollar** actividades de prevención y control de riesgos asociados a la salud, en la gestión de residuos sólidos y peligrosos (aprender a convivir).
- b) **Adoptar** una visión integrada en el tratamiento de los residuos sólidos, según criterios científicos, sociales y económicos (aprender a ser).
- c) **Identificar y adoptar** parámetros de clasificación de los residuos sólidos, para una adecuada gestión en la promoción de la salud (aprender a hacer).
- d) **Implementar** campañas de reciclaje de los residuos sólidos urbanos, mediante una adecuada separación y manipulación en origen, considerando instalaciones asociadas a su recogida y transportes (aprender a convivir).

## PARTE III OTROS RESIDUOS SÓLIDOS

### AUTOR

**SUSANA RIVERA V.**  
Centro EULA-Chile  
Universidad de Concepción

### COLABORADOR

**GUILERMO RIVERA**  
Dirección de Medio Ambiente  
Ilustre Municipalidad de Talcahuano



## 11. RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES

Se entiende como residuo industrial, todo producto material o elemento que tras su producción, manipulación o uso no posee valor de mercancía en sus condiciones históricas, técnicas y económicas determinados. Se define como el residuo derivado de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza, cuyo poseedor lo destina al abandono o del cual el productor tenga necesidad de desprenderse por no ser objeto directo de sus procesos productivos. Pueden ser de naturaleza sólida, líquida en recipientes o pastosa.

Estos difieren de los urbanos por ser más variados, pueden ser cenizas procedentes de combustibles sólidos, escombros de la demolición de edificios, materias químicas, pinturas y escoria; los residuos agrícolas suelen ser estiércol de animales y restos de la cosecha. En general, los residuos sólidos de origen industrial pueden generarse a partir de diferentes fuentes (Comunidad de Madrid, 1987d).

- Materias primas no utilizables (fuera de especificación o pérdidas de proceso),
- Partes no utilizables de las materias primas (ej. Cortezas)
- Productos fuera de especificación, sin valor comercial
- Residuos finales de los procesos: escorias, cenizas, compuestos sólidos intermedios sin valor.
- Sólidos secundarios generados por los sistemas de tratamiento de efluentes (Lodos de sedimentación, lodos biológicos) y/o de gases (Cenizas y polvos de los filtros, precipitadores o ciclones).
- Envases y otros contenedores de materias primas e insumos.

Los sólidos desechados, ya sea en las aguas o en el suelo, pueden tener una serie de consecuencias, dependiendo de su naturaleza química y de su volumen. Aquellos sólidos orgánicos no tóxicos y biodegradables, podrán ser eventualmente degradados por los seres vivos del hábitat natural, quienes usarán dichos desechos como nutrientes para su ciclo de vida.

En otros casos, pasarán a formar parte del circuito de procesos químicos naturales. Algunos residuos se acumularán, afectando el curso de la vida en los medios receptores debido a su posible naturaleza tóxica, o al alterar los ciclos naturales (acumulación que impida el paso de la luz o de nutrientes fundamentales). Podrán ser focos de putrefacción e infección, o podrán dar origen a substratos que mejoren la calidad de los suelos para efectos agrícolas. Durante la degradación biológica o química de los sólidos, se pueden producir compuestos líquidos que pueden lixiviar y contaminar las aguas subterráneas; o compuestos volátiles que afectarán la calidad del aire local (Indu Ambiente, 1988).

## 11.1. TIPOLOGÍAS Y CLASIFICACIÓN

Los residuos sólidos industriales pueden clasificarse en dos grupos:

- Residuos sólidos peligrosos.
- Residuos sólidos no peligrosos.



Fuente: Sec. de Turismo y Desarrollo Sustentable

### 11.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO, 1988).

Un residuo sólido es peligroso si:

- Puede causar o contribuir significativamente en un aumento de la mortalidad o incremento en las enfermedades graves irreversibles o incapacitantes reversibles,
- Puede presentar un peligro sustancial para la salud humana o para el medio ambiente, en caso de ser inadecuadamente tratado, almacenado, transportado, eliminado o manejado.

Son las sustancias que son inflamables, corrosivas, tóxicas o pueden producir reacciones químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas para la salud o para el ambiente. Se clasifican en:

- Inflamables
- Corrosivos
- Reactivos
- Tóxicos

#### A. INFLAMABILIDAD

Un residuo exhibe la característica de inflamabilidad, si una muestra representativa de él presenta alguna de las siguientes propiedades:

- Es no líquido y capaz de provocar, bajo condiciones estándares de presión y temperatura (1 atm. y 25°C), fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos y, cuando

se inflama, lo hace en forma tan vigorosa y persistente que ocasiona una situación de peligro.

- Es una sustancia oxidante, tal como los cloratos, permanganatos, peróxidos inorgánicos o nitratos, que generan oxígeno lo suficientemente rápido como para estimular la combustión de materia orgánica.

#### B. CORROSIVIDAD

Un residuo exhibe la característica de corrosividad si una muestra representativa del mismo presenta alguna de las siguientes propiedades:

- Es acuosa y tiene un pH inferior o igual a 2 ó mayor o igual a 12.5.
- Es líquida y corroe el acero (SAE 1020) a una tasa mayor de 6.35 mm (0,25 pulgadas) por año, a una temperatura de 55°C.

Para el caso de sólidos, se realizan pruebas a su fase líquida (separación líquido - sólido)

#### C. REACTIVIDAD

Un residuo exhibe la característica de reactividad, si una muestra representativa de él presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Es normalmente inestable y sufre con facilidad violentos cambios sin detonar.
- Reacciona violentamente con el agua.
- Forma mezclas potencialmente explosivas con el agua.
- Cuando se mezcla o pone en contacto con agua, forma gases, vapores o humos tóxicos, en cantidades suficientes como para representar un peligro a la salud humana o al medio ambiente.
- Contiene cianuros o sulfuros, de modo tal que, al ser expuesto a condiciones de pH entre 2 y 12.5, puede generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes como para representar un peligro a la salud humana o al medio ambiente.
- Es capaz de detonar o explotar si recibe la acción de una fuente iniciadora o si es calentado en forma confinada.
- Es capaz de detonar fácilmente, descomponerse explosivamente o reaccionar, bajo condiciones estándares de temperatura y presión (<1 atm. y 25°C).
- Es un explosivo.

#### D. TOXICIDAD

Un residuo es considerado tóxico si cumple uno o más de los siguientes tres criterios:

- Si se ha encontrado que el residuo es letal para los seres humanos en bajas dosis o, en ausencia de datos sobre toxicidad en seres humanos, se ha demostrado, por medio de estudios científicos, que el desecho tiene una LD 50 oral (Dosis Letal por ingestión oral) en ratas de menos de 200 mg/kg o una LC 50 letal en ratas de menos de 10 mg/1, o una LD 50 dérmico (Dosis Letal dérmica) en conejos de menos de 1000 mg/kg o, por otra parte, si el desecho es capaz de causar, o contribuir en forma significativa, a un aumento de enfermedades graves

o irreversibles o incapacitantes reversibles.

El impacto negativo de estas sustancias, se ve agravado cuando son difíciles de degradar en la naturaleza. Los ecosistemas naturales están muy bien preparados, por millones de años de evolución, para asimilar y degradar las sustancias naturales. Siempre hay algún tipo de microorganismo o de proceso bioquímico que introduce en los ciclos de los elementos las moléculas. Pero en la actualidad, se sintetizan miles de productos que nunca habían existido antes y algunos de ellos, (como es el caso de los CFC, DDT, muchos plásticos, etc.) permanecen muchos años antes de ser eliminados. Además al salir tantas moléculas nuevas cada año, aunque se hacen ensayos cuidadosos para asegurar que se conocen bien sus características, no siempre se sabe bien qué puede suceder con ellos a medio o largo plazo.

Otro hecho que aumenta el daño es la bio acumulación que se produce en sustancias, como algunos pesticidas del grupo del DDT. En otras ocasiones, los residuos se transforman en sustancias más tóxicas que ellos mismos.

Residuos tóxicos y peligrosos (según las directivas de la Unión Europea) son los que contienen en determinadas concentraciones:

- As, Cd, Be, Pb, Se, Te, Hg, Sb y sus compuestos
- Compuestos de cobre solubles
- Fenol, éteres, solventes orgánicos, hidrocarburos policíclicos aromáticos cancerígenos
- Isocianatos, cianuros orgánicos e inorgánicos
- Biocidas y compuestos fito farmacéuticos
- Compuestos farmacéuticos
- Polvo y fibras de asbesto
- Peróxidos, cloratos y percloratos
- Carbonilos de metales
- Ácidos y bases usados en el tratamiento de metales
- Compuestos de cromo hexavalente
- Organohalogenados no inertes
- Alquitrans
- Materiales químicos de laboratorio no identificados o nuevos compuestos de efectos ambientales no conocidos

En la legislación española se añaden a esta lista:

- Talio y sus compuestos
- Los residuos procedentes de la industria del dióxido de titanio
- Los aceites usados, minerales o sintéticos, incluyendo las mezclas agua-aceite y las emulsiones.

### 11.1.2. RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS.

Es aquel residuo industrial sólido que, teniendo características físico- químicas semejantes a los residuos sólidos urbanos, no presenta peligrosidad efectiva ni potencial para la salud humana, el medio ambiente ni al patrimonio público, cuando es dispuesto adecuadamente. Se clasifican en:

- Residuos sólidos industriales de características inertes.
- Residuos sólidos industriales de características semejantes a las urbanas
- Residuos sólidos industriales especiales

#### A. RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES DE CARACTERÍSTICAS INERTES.

Son residuos sin riesgo frente al medio ambiente y que por tanto pueden ser utilizados directamente para el relleno de tierras, pudiendo en algunos casos, (como metales, vidrios) ser reutilizados.

Dentro de este grupo de residuos, que es por lo general el que presenta mayor tonelaje, se pueden incluir diversos tipos de residuos: abrasivos, cascarillas, chatarra, fangos inertes, refractarios, vidrios, cenizas, polvos arenas, recortes de chapas, escorias. Y, en general, todos los que no necesitan ningún tratamiento previo a su disposición en el medio ambiente.

#### B. RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES DE CARACTERÍSTICAS SEMEJANTES A LAS URBANAS.

Estos se producen sin excepción en todas las industrias y por sus características pueden ser tratados conjuntamente con las basuras domiciliarias.

En este grupo se pueden incluir: restos de comida, trapos, telas y cotones, madera, cartones y papeles, recortes de plástico, residuos de animales (pieles y cuero). La solución más idónea para estos residuos es su recolección y tratamiento conjunto con los residuos domiciliarios.

#### C. RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES ESPECIALES.

Se agrupan aquí todos los residuos que no pueden ser incluidos en ninguna de las dos clasificaciones anteriores, y que, en general, por sus características, suponen un grave riesgo para el medio ambiente, requiriendo por lo tanto, un tratamiento particular y específico, así como un continuo control en su transporte, eliminación, etc. En consecuencia, no pueden ser vertidos a los colectores de aguas residuales, ni depositados en vertederos de residuos sólidos urbanos o inertes.

### 11.2. GENERACIÓN DE RSI.

Entre los residuos más comunes y peligrosos a nivel mundial, están los producidos en el sector de la industria química y por los desechos de productos químicos y farmacéuticos utilizados por el sector urbano. De ellos se pueden destacar las dioxinas, cloruro de vinilo o bifenilos policlorados contenidos en el aceite de los transformadores eléctricos. La Figura, muestra información respecto del tipo de residuo y la actividad particular productora de éstos:

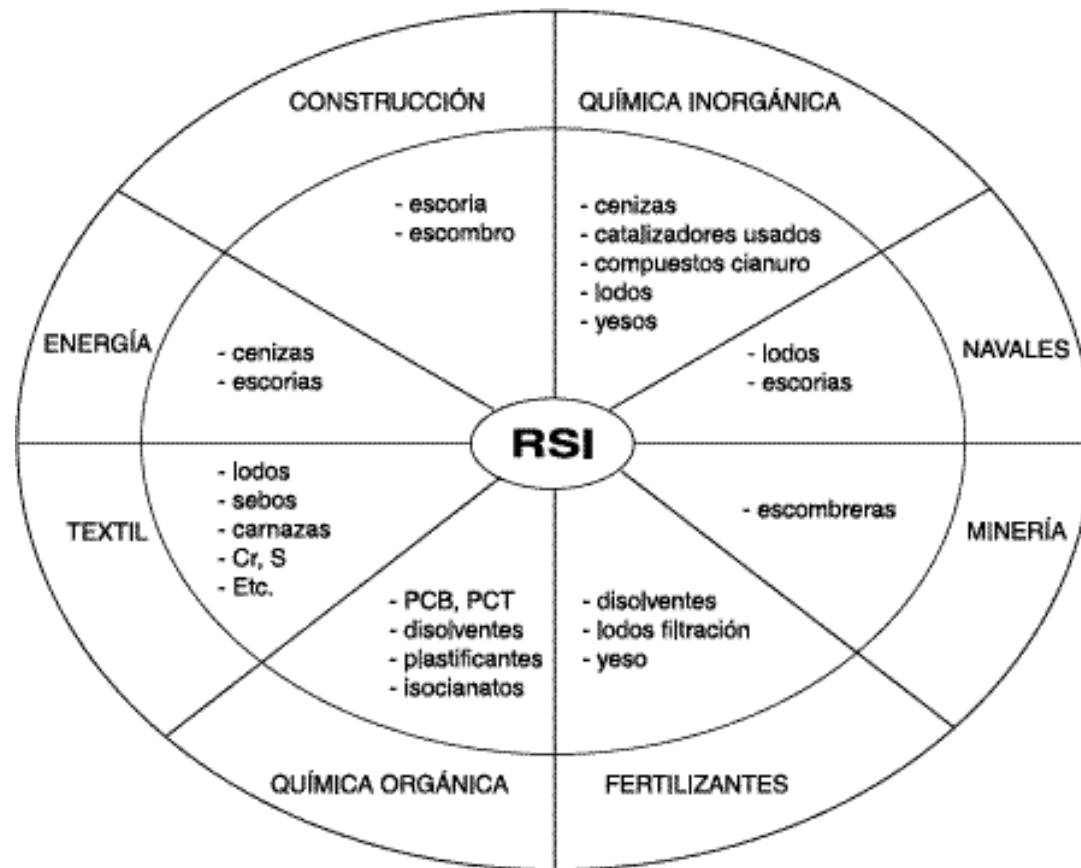


Figura 11.1.: Principales residuos sólidos generados por tipos de actividad.

Fuente: Zambrano, et al., 2001

Según un estudio realizado (Gerola, 1996) la cantidad de residuos peligrosos generada en la Argentina se estima en 600.000 Tn/año.

En el siguiente mapa, se describe la situación de las diferentes provincias de la Argentina respecto a la tenencia o no de registros de residuos peligrosos funcionando.

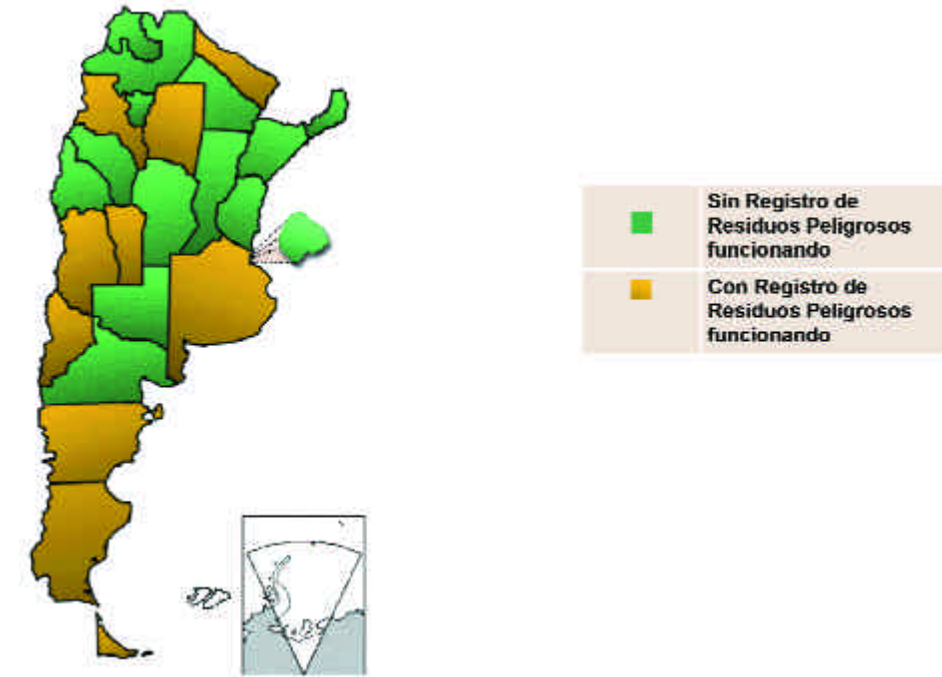


Figura 11.2.: Situación de las provincias Argentinas respecto a los registros de Residuos Peligros

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2002.

De acuerdo con un estudio realizado por Dames y Moore (1992), se determinó la generación de RSI que se muestra en la Figura 11.3.:

Producción de Residuos de las Industrias Sólidos (tn)

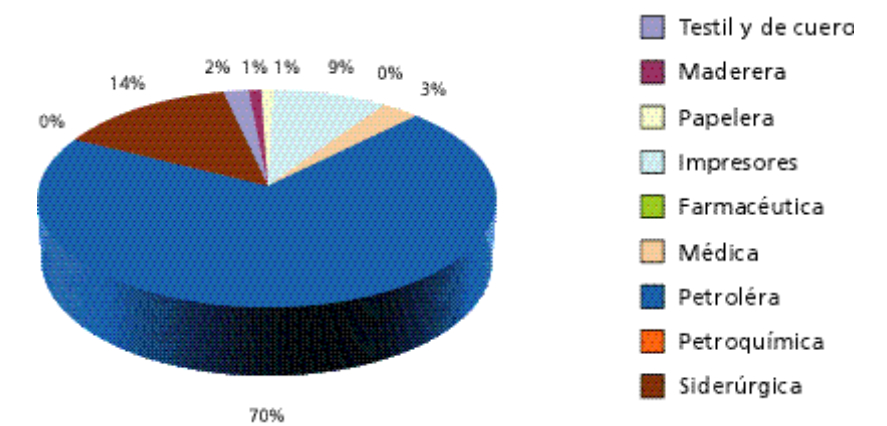


Figura 11.3. Producción de residuos de las industrias.

Fuente: Dames y Moore, 1992



El volumen de residuos consignado en la tabla precedente, no distingue residuos peligrosos de no peligrosos, es decir, son tomados en conjunto.

Los resultados obtenidos indican que la industria siderúrgica produjo la mayor cantidad de residuos líquidos, pero a la vez se debe reconocer que la mayoría de estos residuos probablemente no contengan una fracción peligrosa alta.

Las industrias textil y cuero, petrolera y petroquímica, le siguieron en volumen de producción, pero a diferencia de las primeras, los desechos líquidos de estas industrias generalmente contienen residuos peligrosos.

La mayor cantidad de desechos semi-sólidos (barros) lo produjo la industria petrolera. Igualmente puede observarse que la industria siderúrgica tuvo la mayor producción de residuos sólidos.

Si bien estos datos ya tienen 10 años de antigüedad, se revelan como uno de los pocos estudios serios disponibles y da, a su vez, una idea de la magnitud de la generación de residuos en sus diferentes estados.

De acuerdo al registro confeccionado por la Secretaría de la Producción municipal de Rosario, Provincia de Santa Fe, en 1997, existían en Rosario 2.702 locales industriales, subdivididos en 981 microempresas (36,31%), 1.708 PYMES (63,21 %) y 13 grandes empresas (0,48 %).

Las ramas alimenticia y de fabricación de productos metálicos, maquinarias y equipos, representan el 50 % de los puestos de trabajo y de locales industriales.

Sobre dicho registro se realizó un estudio de caracterización y cuantificación de los residuos generados, dando como resultado una generación de 8.710 toneladas anuales, de las cuales 5.990 toneladas son residuos peligrosos y 3.120 son residuos inertes o compatibles con los domiciliarios.

### 11.2.1. GESTIÓN INTEGRAL DE RSI.

El sistema de gestión de residuos industriales considera las mismas etapas y consideraciones expuestas en el capítulo 3 de este mismo libro, por lo que no se abordarán de nuevo. En este capítulo nos centraremos en las especificidades de estos sistemas aplicados a los residuos industriales.

Para que estos sistemas sean aplicables y efectivos; deben sustentarse en una política que puede ser particular al tema de los residuos industriales o ser parte de los objetivos de una política ambiental más amplia. En general, los principios que forman parte de cualquier sistema de gestión ambiental son los que se identifican en la Figura 11.4. (Zaror, 2002).

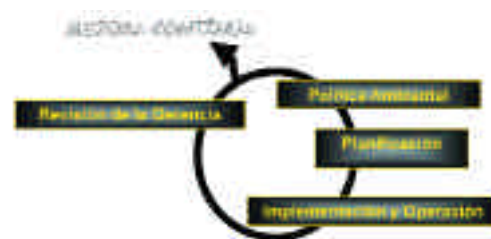


Figura 11.4. Elemento de un sistema de gestión ambiental.

Fuente: Elaboración propia, 2002

### 11.2.2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN (AUDITORÍA DE DIAGNÓSTICO)

Es primordial conocer aproximadamente cuántos residuos se producen y dónde. Esta tarea se debe realizar previo un inventario de residuos, que consiste en tomar los listados de industrias que existen en diversas instituciones (Ministerio de economía, cámara de comercio, Servicio de Salud, etc.) y preparar un cuestionario tipo para preguntar a los industriales de la zona sobre los residuos que generan. Esto que representa un problema, ya que no siempre están dispuestos a dar este tipo de información o la desconocen. Una vez enviado el cuestionario a la totalidad de las industrias se toma una muestra representativa de este total aplicando métodos estadísticos, para realizar visitas y contactar a las industrias seleccionadas. Esto permitirá tener un acercamiento extrapolable a las cifras de producción de residuos en las industrias encuestadas.

Los datos obtenidos se tabulan y proyectan, si bien sólo cuando los residuos van a las instalaciones de tratamiento se puede tener una idea exacta de la cantidad cierta de residuos que se producen, pues el inventario sólo da un acercamiento al tema que ayuda a la planificación de las instalaciones, previendo las líneas de tratamiento que se requieren de acuerdo con los residuos generados en mayor cantidad, dimensionando el lugar de almacenaje para aquellos residuos de menores cantidades o que requieran otro tipo de tratamiento.

Es importante en esta etapa determinar el manejo actual de cada residuo, así como la normativa aplicable a cada uno de ellos.

### 11.2.3. POLÍTICA AMBIENTAL (ZAROR, 2002)

Una política ambiental establece el sentido general de dirección y fija los principios de acción para una organización. La política ambiental establece el objetivo en cuanto al nivel de responsabilidad y desempeño ambiental requeridos de la organización, en comparación con los cuales serán juzgadas todas las acciones posteriores.

Una política ambiental debería considerar lo siguiente:

- Misión, visión, valores y convicciones centrales de la organización.
- Comunicación con las partes interesadas.
- Mejoramiento continuo.
- Prevención de la contaminación.
- Principios ambientales rectores.
- Coordinación con otras políticas de la organización (ej.: calidad, salud y seguridad ocupacional).
- Condiciones específicas locales o regionales.
- Cumplimiento de reglamentos, leyes y otros criterios ambientales pertinentes que la organización ha suscrito.

Las materias tratadas en la política dependen de la naturaleza de la organización. Además de cumplir con las reglamentaciones ambientales, la política puede establecer compromisos para:

- Minimizar cualquier impacto ambiental adverso y/o significativo de los nuevos desarrollos, mediante el uso de procedimientos y planificación de gestión ambiental integrados.

- Desarrollar procedimientos de evaluación del desempeño ambiental y de los indicadores asociados.
- Incorporar conceptos de análisis del ciclo de vida.
- Diseñar productos de modo que se minimicen sus impactos ambientales en la producción, uso y disposición.
- Prevenir la contaminación, reducir los desechos y el consumo de recursos (materiales, combustibles y energía), y comprometerse a recuperar y reciclar cuando sea factible, como una alternativa a la disposición después del uso.
- Educar y capacitar.
- Compartir la experiencia ambiental.
- Involucrar y comunicarse con las partes interesadas.
- Respetar los principios del desarrollo sustentable.
- Estimular el uso del SGA por parte de proveedores y contratistas.

#### 11.2.4. PLANIFICACIÓN

Una organización debería formular un plan para cumplir con su política ambiental. Los elementos del SGA relacionados con la planificación incluyen:

- Identificación de los aspectos ambientales y evaluación de los impactos ambientales asociados.
- Requisitos legales.
- Política ambiental.
- Criterio de desempeño interno.
- Objetivos y metas ambientales.
- Planes ambientales y programa de gestión.

La relación entre los aspectos ambientales y los impactos ambientales es una relación de causa y efecto. Un aspecto ambiental se refiere a un elemento de una actividad, producto o servicio de una organización que puede tener un impacto beneficioso o adverso en el ambiente. Por ejemplo, podría involucrar una descarga accidental de insumos peligrosos, una emisión de contaminantes, el consumo de materia prima renovable, la reutilización de un material residual, la generación de ruido, etc. Por otra parte, un impacto ambiental se refiere al cambio que ocurre en el ambiente como resultado del aspecto. Entre los ejemplos de impactos se podrían incluir los efectos sobre la salud humana, reducción de la actividad microbiana del suelo, deterioro de la calidad del aire, la contaminación del agua, el agotamiento de los bosques nativos, la reducción del ozono estratosférico, etc.

La organización deberá establecer y mantener procedimientos para identificar, tener acceso y comprender todos los requisitos legales, y otros requisitos suscritos por ésta, atribuidos directamente a los aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios.

Para facilitar el seguimiento actualizado de los requisitos legales, una organización puede establecer y mantener una lista de todas las leyes y reglamentos pertenecientes a sus actividades, productos o servicios.

Se deben desarrollar e implementar los criterios y prioridades internos cuando los criterios exter-

nos no satisfagan las necesidades de la organización o no existan. El criterio de desempeño interno, junto con los criterios externos, ayudan a la organización en el desarrollo de sus propios objetivos y metas.

Se deben establecer criterios claramente definidos, cuantitativos o cualitativos, para determinar el nivel de desempeño logrado. Algunas áreas donde se puede establecer criterios de desempeño interno:

- Medición y mejoramiento ambiental.
- Reducción del riesgo de los procesos.
- Prevención de la contaminación
- Conservación de los recursos.
- Proyectos.
- Cambios en el proceso.
- Gestión de materiales peligrosos.
- Gestión de desechos.
- Responsabilidades del personal.
- Proveedores y Contratistas.
- Comunicaciones ambientales.
- Relaciones reglamentarias.
- Respuesta y preparación para incidentes ambientales.
- Conocimiento y capacitación ambiental.

#### A. OBJETIVOS Y METAS AMBIENTALES

Se deberían establecer objetivos para satisfacer la política ambiental de la organización. Estos objetivos son las metas globales para el desempeño ambiental, identificadas en la política ambiental. Cuando una organización establezca sus objetivos, también debería tener en cuenta los hallazgos pertinentes de las revisiones ambientales y los aspectos ambientales significativos.

En ese momento se pueden establecer las metas ambientales para lograr estos objetivos dentro de un período especificado. Las metas deberán ser específicas y cuantificables.

Una vez establecidos los objetivos y metas, la organización debería considerar el establecimiento de indicadores del desempeño ambiental susceptibles de medición. Estos indicadores pueden usarse como base para un sistema de evaluación del desempeño ambiental, y pueden proporcionar información sobre la gestión ambiental y sobre los sistemas operacionales.

Los objetivos y metas se pueden aplicar ampliamente a través de una organización o, en forma más limitada, a actividades específicas al sitio o actividades individuales. Los objetivos y metas se tendrán que revisar y examinar periódicamente, teniendo en consideración las opiniones de las partes interesadas.

## B. PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

Dentro de la planificación general de sus actividades, una organización deberá establecer un programa de gestión ambiental dirigido a la totalidad de sus objetivos ambientales. Los programas de gestión ambiental establecerán cronogramas, recursos y responsabilidades para alcanzar los objetivos y metas ambientales de la organización.

Dentro del marco de trabajo proporcionado por la planificación de la gestión ambiental, un programa de gestión ambiental identifica las acciones específicas en orden de prioridad para la organización. Estas acciones pueden tratar procesos individuales, proyectos, productos, servicios o instalaciones.

Para lograr una mayor efectividad, la planificación de la gestión ambiental se deberá integrar al plan estratégico de la organización. Los programas de gestión ambiental ayudan a la organización a mejorar su desempeño ambiental. Ellos tienen que ser dinámicos y revisados regularmente para que reflejen los cambios en los objetivos y metas de la organización.

### 11.2.5. IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN

Para una implementación efectiva, una organización debe desarrollar las capacidades y mecanismos de apoyo necesarios para alcanzar su política, objetivos y metas ambientales. Las capacidades y el apoyo que requiere la organización, evolucionan constantemente en respuesta a los requisitos cambiantes de las partes interesadas, a la dinámica del ambiente comercial y al proceso de mejoramiento continuo. Para alcanzar sus objetivos ambientales, una organización tendrá que enfocar y alinear su personal, sus sistemas, su estrategia, sus recursos y su estructura.

Para muchas organizaciones, la implementación de la gestión ambiental puede abordarse en etapas y basarse en el nivel de conocimiento de los requisitos, aspectos, expectativas y beneficios ambientales y en la disponibilidad de recursos.

#### A. RECURSOS: HUMANOS, FÍSICOS Y FINANCIEROS

Se deberá definir y poner a disposición los recursos humanos, físicos (ej.: instalaciones, equipos) y financieros apropiados, esenciales para la implementación de las políticas ambientales de una organización y el logro de sus objetivos. Al asignar los recursos, las organizaciones pueden desarrollar procedimientos para mantenerse al corriente de los beneficios, así como también de los costos de sus actividades ambientales o relacionadas. Se puede incluir materias tales como el costo del control de la contaminación, de los desechos y de la disposición final de residuos sólidos.

#### B. RESPONSABILIDADES TÉCNICAS Y PERSONALES

La responsabilidad por la efectividad global del SGA debería ser asignada a una o varias personas del más alto rango o función(es), dotadas con suficiente autoridad, competencia y recursos. Los gerentes de operaciones tendrán que definir claramente las responsabilidades del personal

pertinente y responsabilizarse por la implementación efectiva del SGA y del desempeño ambiental. Los empleados de todos los niveles deberán, dentro del alcance de sus responsabilidades, responder por el desempeño ambiental, como una forma de respaldar al SGA general.

#### C. CONCIENCIA Y MOTIVACIÓN AMBIENTAL

La alta gerencia tiene un papel clave en la construcción de la conciencia y motivación de los empleados, explicando los valores ambientales de la organización y comunicando su compromiso con la política ambiental. Es el compromiso de las personas individuales, en el contexto de los valores ambientales compartidos, lo que transforma a un SGA de un documento de trabajo a un proceso efectivo.

Todos los miembros de la organización deberán comprender y ser estimulados, para que acepten la importancia de alcanzar los objetivos y metas ambientales por los cuales responden y son responsables. Ellos, a su vez, estimularán, cuando sea necesario, a los demás miembros de su organización para que respondan de una manera similar.

La motivación para un mejoramiento continuo puede promoverse reconociendo que los empleados han logrado los objetivos y metas ambientales, y estimulándolos para que hagan sugerencias conducentes a mejorar el desempeño ambiental.

#### D. CONOCIMIENTO, HABILIDADES Y CAPACITACIÓN

Se tendrá que identificar el conocimiento y las habilidades necesarios para lograr los objetivos ambientales. Estos se deberían considerar al momento de seleccionar, contratar, capacitar, desarrollar habilidades y entregar educación permanente al personal.

Se debería proporcionar a todo el personal de la organización, una capacitación apropiada al logro de las políticas, objetivos y metas ambientales. Los empleados deberán tener una base de conocimientos apropiada, que incluya capacitación en los métodos y habilidades requeridos para ejecutar sus tareas en forma eficiente y competente, y conocimiento del impacto que sus actividades pueden tener sobre el ambiente, si las ejecutan en forma incorrecta.

La organización deberá asegurar también que todos los contratistas que trabajan en terreno, demuestren que poseen el conocimiento y las habilidades requeridas para ejecutar el trabajo en "forma ambientalmente responsable".

Se necesita educar y capacitar, para garantizar que el personal tenga un conocimiento apropiado y vigente de los requisitos reglamentarios, de las normas internas y de las políticas y objetivos ambientales de la organización. El nivel y el detalle de la capacitación puede variar dependiendo de la actividad.

Los programas de capacitación tienen típicamente los elementos siguientes:

- Identificación de las necesidades de capacitación del empleado.
- Desarrollo de un plan de capacitación para tratar necesidades definidas.

- Verificación de la conformidad del programa de capacitación con requisitos reglamentarios o de la organización.
- Capacitación de grupos de empleados con funciones específicas.
- Documentación de la capacitación recibida.
- Evaluación de la capacitación recibida.

## E. COMUNICACIÓN E INFORMES

La comunicación incluye el establecimiento de procesos para informar internamente, y cuando se desee externamente, acerca de las actividades ambientales de la organización, con el objeto de:

- Demostrar el compromiso de la gerencia con el ambiente.
- Responder a las preocupaciones sobre materias ambientales derivadas las actividades, productos o servicios de la organización.
- Promover el conocimiento de las políticas, objetivos, metas y programas ambientales de la organización.
- Informar a las partes internas y externas interesadas sobre el sistema de gestión y el desempeño ambiental de la organización cuando sea apropiado.

Los resultados del monitoreo, auditoría y revisión de la gerencia del SGA deberían comunicarse a aquellas personas de la organización que son responsables del desempeño ambiental. La disposición relativa a informar apropiadamente a los empleados de la organización y a otras partes interesadas, sirve para motivar a los empleados y estimular la comprensión y aceptación pública de los esfuerzos de la organización por mejorar su desempeño ambiental.

## F. DOCUMENTACIÓN DEL SGA

Se deberán definir y documentar apropiadamente los procesos y procedimientos operacionales, actualizándolos en caso que sea necesario. La organización tendrá que definir claramente los diversos tipos de documentos que establecen y especifican los procedimientos y controles operacionales efectivos.

La existencia de documentación del SGA, sirve como respaldo para que el empleado conozca lo que se requiere para alcanzar los objetivos ambientales de la organización, además de permitirle evaluar el sistema y el desempeño ambiental.

La naturaleza de la documentación puede variar dependiendo del tamaño y complejidad de la organización. Cuando los elementos del SGA se encuentran integrados al sistema de gestión general de una organización, la documentación ambiental se integrará a la documentación existente. Para facilitar su uso, la organización puede considerar la organización y mantención de un sumario de la documentación para:

- Cotejar la política, los objetivos y las metas ambientales.
- Describir los medios para alcanzar los objetivos y metas ambientales.
- Documentar las funciones clave, las responsabilidades y los procedimientos.

- Indicar la dirección hacia la documentación relacionada y, describir otros elementos del sistema de gestión de la organización, cuando sea apropiado.
- Demostrar que se han implementado los elementos del SGA que son apropiados para la organización.

## G. CONTROL OPERACIONAL

La implementación se consigue mediante el establecimiento y mantención de procedimientos y controles operacionales para asegurar que la política, objetivos y metas ambientales de la organización puedan cumplirse.

La organización debería considerar las diferentes operaciones y actividades que contribuyen a sus impactos ambientales significativos, cuando esté desarrollando o modificando sus controles y procedimientos operacionales. Tales operaciones y actividades pueden incluir:

- Diseño e ingeniería; investigación y desarrollo.
- Adquisiciones y Contrataciones.
- Manipulación y almacenamiento de materias primas.
- Procesos de producción
- Mantención.
- Laboratorios.
- Almacenamiento de productos.
- Transporte.
- Comercialización, publicidad.
- Servicio al cliente.
- Adquisiciones, construcción o modificación de propiedades e instalaciones.

### 11.2.6. VERIFICACIÓN Y CONTROL

Deberá existir un sistema en acción para medir y monitorear el desempeño real, comparándolo con los objetivos y metas ambientales de la organización en las áreas de sistemas de gestión y procesos operacionales. Esto incluye la evaluación del cumplimiento con la legislación y los reglamentos ambientales pertinentes. Los resultados se deberían utilizar para determinar las áreas de éxito e identificar las actividades que requieren acciones correctivas y mejoramiento.

Habrá que contar con procesos apropiados para asegurar la confiabilidad de los datos, tales como: calibración de instrumentos, equipos de ensayo y muestreo de software y hardware.

La identificación de los indicadores de desempeño ambiental apropiados para la organización, debería ser un proceso continuo. Tales indicadores tendrá que ser objetivos verificables y reproducibles. Ellos deberán ser pertinentes a las actividades de la organización, consistentes con su política ambiental, prácticos, y factibles técnica y económicamente.



## A. ACCIÓN CORRECTIVA Y PREVENTIVA

Se documentarán los hallazgos, conclusiones, y recomendaciones obtenidos como resultado de la medición, monitoreo, auditorías y otros exámenes del SGA, e identificar las acciones correctivas y preventivas necesarias. La gerencia debería asegurar la implementación de estas acciones correctivas y preventivas, y la existencia de un procedimiento de seguimiento sistemático para garantizar su efectividad.

## B. REGISTROS DEL SGA Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los registros constituyen una evidencia de la operación continua del SGA y tendrán que cubrir:

- Requisitos legales y reglamentarios.
- Permisos.
- Aspectos ambientales y sus impactos asociados.
- Actividades de capacitación ambiental.
- Actividades de inspección, calibración y mantención.
- Datos de monitoreo.
- Detalles de no conformidades: incidentes, reclamos y acción de seguimiento.
- Identificación del producto: composición y datos sobre la propiedad.
- Información sobre proveedores y contratistas.
- Auditorías ambientales y revisiones de la gerencia.

El resultado puede ser una gama compleja de información. El manejo efectivo de estos registros es esencial para la implementación exitosa del SGA.

## C. AUDITORÍAS DEL SGA

Las auditorías del SGA se efectuarán periódicamente, para determinar si el sistema cumple con las disposiciones planeadas y, además, para verificar si se ha implementado y mantenido en forma apropiada.

Las auditorías del SGA pueden ser efectuadas por personal de la organización, y/o por partes externas seleccionadas por la organización. En todo caso, la(s) persona(s) que conduzca(n) la auditoría, deberá(n) estar en condiciones de hacerlo en forma objetiva e imparcial, y debería(n) tener una capacitación apropiada.

La frecuencia de las auditorías se guiará por la naturaleza de la operación, en función de sus aspectos ambientales e impactos potenciales. También, se deberán considerar los resultados de auditorías previas cuando se determine la frecuencia. El informe de auditoría del SGA se presentará de conformidad con el plan de auditoría. Estos tópicos se revisan en el Capítulo 9.

## 11.2.7. REVISIÓN POR PARTE DE LA GERENCIA

A intervalos apropiados, la gerencia de la organización revisará el SGA para asegurarse si continúa siendo adecuado y efectivo. La revisión del SGA tendrá un alcance bastante amplio para tratar las dimensiones ambientales de todas las actividades, productos o servicios de la organización, incluyendo su impacto en el desempeño financiero, y posible posición competitiva.

La revisión del SGA incluirá:

- Una revisión de los objetivos y metas ambientales y del desempeño ambiental respecto de los residuos sólidos.
- Hallazgos de las auditorías del SGA.
- Una evaluación de su efectividad.
- Una evaluación de la adecuación de la política ambiental y de la necesidad de cambios a la luz de:
  - Legislación cambiante.
  - Expectativas y requisitos cambiantes de las partes interesadas.
  - Cambios en los productos o actividades de la organización.
  - Avances en ciencia y tecnología.
  - Lecciones aprendidas de incidentes ambientales.
  - Preferencias del mercado.
  - Informes y comunicación.

## 11.2.8. MEJORAMIENTO CONTÍNUO

El concepto de mejoramiento continuo es un componente clave del SGA. Éste se alcanza evaluando continuamente el desempeño ambiental del SGA, en comparación con sus políticas, objetivos y metas ambientales, con el propósito de identificar oportunidades para el mejoramiento.

El proceso de mejoramiento continuo debería:

- Identificar áreas de oportunidad para el mejoramiento del SGA, conducentes a un mejor desempeño ambiental.
- Determinar la causa o las causas que originan las no conformidades o deficiencias.
- Desarrollar e implementar un plan de acciones correctivas y preventivas para tratar las causas que originaron el problema.
- Verificar la efectividad de las acciones correctivas y preventivas.
- Documentar cualquier cambio en los procedimientos, derivados del mejoramiento del proceso.
- Hacer comparaciones con los objetivos y metas.

Para gestionar los residuos industriales, se requiere de un plan de acción coordinado entre los organismos públicos y las empresas, para gestionar los residuos en cada una de sus fases, ejerciendo funciones de dirección, seguimiento y control.

### 11.3. PRODUCCIÓN LIMPIA (MINISTERIO DE ECONOMÍA DE CHILE, 1998; ZAROR, 2002)

Uno de los resultados de la globalización de la economía mundial, ha sido la creciente presión para homogeneizar los marcos de referencia en materias medioambientales, seguridad laboral, salud ocupacional y aseguramiento de calidad, dentro de los que se desenvuelve la actividad productiva. En Argentina, ello se ha traducido en la creación de un nuevo escenario que impone serios desafíos al sector industrial.

Desde un punto de vista económico, existe preocupación dentro del sector industrial acerca de las implicancias económicas derivadas de este nuevo escenario. El cumplimiento con los requisitos ambientales puede conducir a fuertes inversiones en tecnologías de abatimiento, con el consiguiente incremento de los costos de producción.

En el caso del sector exportador, esta presión económica se torna aún más crítica, debido a las fluctuaciones en los precios de sus productos y a la fuerte competencia en el mercado internacional. Además, gracias a la globalización de la economía, este sector enfrenta la posibilidad de ampliar sus negocios hacia nuevos mercados internacionales. Como es de esperar, estos mercados tienen mayores exigencias medioambientales, para las cuales las empresas deben estar preparadas.

Por otra parte, a medida que Argentina suscribe acuerdos de integración comercial, las industrias que producen para el mercado interno comienzan a enfrentar la competencia de productos importados desde los países del Mercosur, de Norteamérica y Asia.

Desde el punto de vista ambiental, la industria argentina enfrenta numerosos desafíos, debido a la gran variedad de procesos, productos, escalas de producción, niveles de desarrollo tecnológico y capacidades de gestión. Ello imposibilita el planteamiento de una estrategia de mejoramiento ambiental única para todos los sectores. No obstante, como se verá en el próximo capítulo, existen principios y metodologías genéricas para reducir el impacto ambiental de las actividades productivas.

Uno de los problemas ambientales inmediatos que enfrenta la industria tiene relación directa con la generación de residuos y emisiones. Tal como se ilustra en la Figura 11.5, los residuos, emisiones y pérdidas energéticas constituyen recursos que no han sido utilizados productivamente y, por lo tanto, representan un costo adicional del proceso productivo.

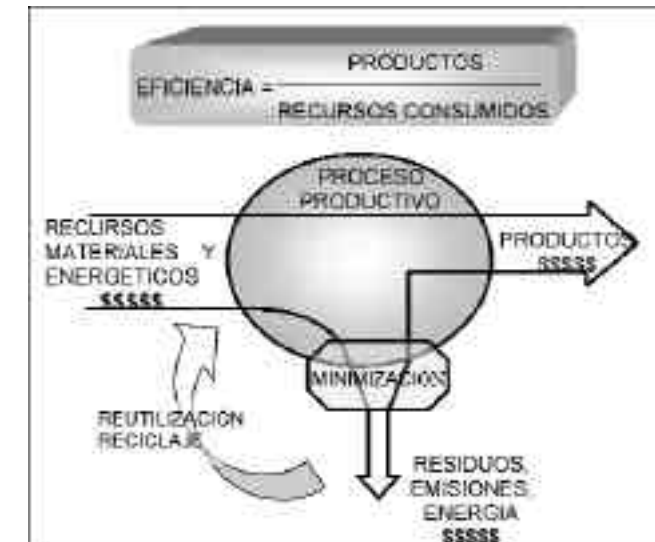


Figura 11.5. Principio básico de la producción limpia.

Fuente: Zaror, 2002

Tradicionalmente, las estrategias de manejo de residuos se basan en tecnologías de tipo terminal ("end of pipe"). Así, por ejemplo, los residuos sólidos se llevan a vertederos (sin reciclaje previo), las emisiones gaseosas se lavan o filtran, las emisiones líquidas se someten a diversos tratamientos, etc. Los costos de estas tecnologías de tratamiento son elevados, por lo que constituyen serios obstáculos para la competitividad de las empresas, especialmente en el caso de las PyMEs.

La estrategia actual para reducir el impacto ambiental derivado de la actividad industrial, se basa en un enfoque integral preventivo, que pone énfasis en una mayor eficiencia de utilización de los recursos materiales y energéticos, de modo de incrementar simultáneamente la productividad y la competitividad (ver Figura N°2.1). Ello implica la introducción de medidas tecnológicas y de gestión, orientadas a reducir los consumos de materiales y energía, prevenir la generación de residuos en la fuente misma, reducir los riesgos operacionales y otros posibles aspectos ambientales adversos, a través de todo el proceso de producción.

Esta estrategia preventiva e integral, tiene la ventaja de que no considera el control ambiental como algo aislado del proceso de producción, sino que surge como consecuencia de una gestión productiva más eficiente. Así, el control ambiental, basándose en un eficiente sistema de gestión, genera un aprovechamiento integral de las materias primas y de la energía utilizada, a la vez que aprovecha al máximo el potencial de la tecnología existente y se identifican oportunidades de mejoramiento en todas las áreas y actividades de la empresa:

- Control de calidad,
- Mantenimiento preventiva y correctiva,
- Control de pérdidas,
- Entrenamiento y motivación de los trabajadores,
- Medidas de seguridad y prevención de accidentes, etc.

Así, las modificaciones tecnológicas e innovaciones a los procesos industriales, aparecen como conclusión de un proceso de búsqueda de un mejor desempeño productivo, que persigue reducir costos e incrementar la eficiencia de dichos procesos, generando un aumento en los beneficios económicos de una empresa.

Todos estos elementos se integran en el concepto de Producción Limpia. Lo que en la década de los '80 surgió como un nuevo paradigma de los países de mayor desarrollo industrial, se ha constituido en un principio fundamental para el desarrollo de la actividad industrial, en el contexto de una real sustentabilidad económica y ambiental.

La primera medida que se debe considerar siempre, es si es posible generar menos residuos o aprovecharlos en otros procesos de fabricación. Continuamente están saliendo nuevas tecnologías que permiten fabricar con menor producción de residuos, lo que tiene la ventaja de que los costos se reducen porque se desperdicia menos materia prima y no hay que tratar tanto residuo. En la actualidad, en la mayor parte de los sectores industriales existen tecnologías limpias y el problema es más la capacidad de invertir de las empresas y de formación en los distintos grupos de trabajadores, que de otro tipo. Muchas empresas están reduciendo llamativamente la emisión de contaminantes y la generación de residuos, ahorrándose así mucho dinero.

Pero al final de los procesos industriales siempre se generan más o menos residuos. Con la tecnología actual, sería posible reducir el impacto negativo de cualquier contaminante a prácticamente cero. Pero hacerlo así en todos los casos sería tan caro que paralizaría otras posibles actividades. Por eso, en la gestión de los residuos tóxicos se busca tratarlos y almacenarlos de forma que no resulten peligrosos, dentro de un costo económico proporcionado.

La implementación de medidas de producción limpia al interior de una pequeña o mediana empresa, significa básicamente establecer prácticas preventivas tendientes a reducir la generación de residuos y emisiones, utilizar en mejor forma los recursos disponibles y mejorar la calidad de la producción. En los capítulos anteriores, hemos visto las ventajas ambientales de introducir estas prácticas. En este capítulo, se analizan los beneficios económicos de implementar prácticas de este tipo.

### 11.3.1 CONVENIENCIA ECONÓMICA

La aplicación de una auditoría ambiental, en cualquier tipo de empresa, permite conocer con mayor profundidad el funcionamiento de ésta. Esto origina, además de la detección de diversas medidas para la optimización de recursos, un mayor entendimiento de la estructura de costos del proceso productivo.

#### A. BENEFICIOS Y COSTOS

Una de las actividades más importantes de la evaluación económica de una auditoría ambiental, corresponde a la identificación de los costos y beneficios en que incurriría la empresa al implementar medidas de Producción Limpia. Este paso es de fundamental importancia, puesto que olvidar algún costo o beneficio puede llevar a tomar una decisión errada.

Si bien existe una diversidad de procesos productivos, se pueden distinguir potenciales costos y beneficios asociados a la implementación de medidas de Producción Limpia, genéricos a cualquier empresa manufacturera (ver Tablas N° 5.1 y 5.2). Pueden existir elementos no considerados en estas tablas que tengan implicancias económicas para una empresa en particular. Para enfrentar esta eventualidad, se recomienda involucrar a los operarios en el proceso de auditoría, ya que quien mejor conoce las implicancias de un cambio en los procesos, es quien los opera. Una consideración importante a la hora de identificar los costos y beneficios, es determinar si éstos son causados por las modificaciones realizadas, es decir, si ocurren al implementar las prácticas de producción limpia y no en la situación base. Si hay algún costo o beneficio que ocurre independientemente de la implementación de mejora, éste no debe incorporarse en la evaluación económica.

#### B. CRITERIOS PARA SELECCIONAR LAS MEJORAS PRODUCTIVAS

Una vez cuantificados los costos y beneficios, se está en condiciones de contestar la pregunta: ¿es conveniente realizar el cambio?. O alternativamente, se puede contestar la pregunta: ¿Cuánto cuesta económicamente realizar el cambio?. Para responder estas preguntas, se deben balancear los costos totales de realizar el cambio con los beneficios que éste genera.

Otro elemento a considerar es el hecho de que algunos costos o beneficios pueden ocurrir en diferentes períodos de tiempo. Por ejemplo, en el caso del cambio a gas natural, el costo del cambio de quemadores ocurre inmediatamente, y, salvo que se pague en cuotas, se tendrá que desembolsar el dinero de una sola vez. Sin embargo, los ahorros de combustible ocurrirán a lo largo del tiempo.

Esto significa que debe hacerse una evaluación económica para decidir cuáles medidas son más atractivas para la empresa. Esta evaluación económica por lo general, no se incluye en el alcance de la Auditoría Ambiental (al menos no en una primera etapa de diagnóstico), por lo que la empresa deberá hacer dicha evaluación o bien pagar una asesoría externa con tal fin.

#### C. CASOS DE ESTUDIO RESUMIDOS

A continuación (Tabla 11.1), se listan algunas iniciativas en relación a producción limpia.

**Tabla 11.1. Propuesta de acciones para diversos tipos de residuos sólidos generados en actividades productivas.**

ASPECTO AMBIENTAL	MANEJO ACTUAL	PROPUESTA
Restos de carnes y grasas sin aditivos	Vertedero	Opción de reuso-reciclaje en planta
Restos de carnes y grasas con aditivos	Vertedero	Opción de reuso-reciclaje fuera de la planta
Grasas de secado de longanizas	Vertedero	Opción de reuso-reciclaje
Restos de madera (tulipas)	Vertedero	Comprar tulipas dimensionadas
Derrames de materias primas	Vertedero	Colocar tope de madera en la parrilla de la grúa horquilla
Viruta y polvo de acero	Vertedero	Reprocesar residuos metálicos distintos al bronce
Embalajes de materia prima	Entregado a operarios	Uso más apropiado de materias primas

Fuente: Ministerio de Economía de Chile, 1998

#### 11.4. AUDITORÍAS AMBIENTALES (MINISTERIO DE ECONOMÍA DE CHILE, 1998)

El Reglamento (UE), núm. 1.836/93 del Consejo, de 29-6-93 define la AUDITORÍA MEDIOAMBIENTAL, como un instrumento de gestión que comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva de la eficacia de la organización, el sistema de gestión y procedimientos destinados a la protección del medio ambiente y que tiene por objeto:

- Facilitar el control, por parte de la dirección, de las prácticas que pueden tener efectos sobre el medio ambiente.
- Evaluar su adecuación a las políticas medioambientales de la empresa.

Estas auditorías pueden ser diseñadas con el fin de cumplir una parte o la totalidad de los siguientes requisitos:

El aspecto más importante de todo el desarrollo de la Auditoría Ambiental para el empresario, son los costos que implican las distintas alternativas técnicas y medidas precautorias y correctoras para que el impacto medioambiental que tenga lugar no supere los límites o estándares legalmente permitidos.

El empresario que encarga una Auditoría Ambiental, normalmente, no conoce los efectos y repercusiones que sobre el medio ambiente tiene la actividad por él desarrollada y quiere tener un diagnóstico completo de la empresa.

El primer paso serio para los que quieren tomar medidas medioambientales verdaderamente eficaces y mejorar la gestión del medio ambiente de la empresa, es proceder a la ejecución de una Auditoría Ambiental. Esta primera Auditoría Ambiental tendrá el carácter de Preauditoría o Revisión Inicial Ambiental. El que un Director de empresa tome la decisión dependerá de las presiones que sobre su empresa se estén efectuando, las que pueden ser de tipo:

- Legales
- Económicas
- Profesionales
- Éticas

Se debe entender que la realización de una auditoría enmarcada dentro de un Sistema de Gestión Ambiental, presentará beneficios como:

- Cumplimiento con la política de la compañía.
- Cumplimiento de la legislación
- Prácticas de gerenciamiento mejoradas.
- Reducción de riesgos financieros.
- Reducción de efectos ambientales adversos.
- Oportunidad de ahorro en los costos

Antes de iniciar una auditoría medioambiental, hay algunas decisiones y pasos importantes que hay que asumir.

**El primero**, es decidir si se realiza una auditoría completa o no. Generalmente, los beneficios de una AUDITORÍA AMBIENTAL son de un elevado valor, pero hay que tener claro el riesgo potencial que ésta implica. Los riesgos deberán ser cuidadosamente estudiados y eliminados antes de realizar una auditoría.

**El siguiente paso**, es realizar el programa de la Auditoría Ambiental, el cual debe acoplarse a los objetivos. Este paso incluye:

- La identificación de los objetivos,
- La determinación de los componentes o fases,
- La selección del grupo auditor y sus funciones.

##### 11.4.1. CONOCIMIENTO DE LOS RIESGOS

A pesar de los numerosos beneficios que reporta una auditoría ambiental, hay algunos riesgos importantes:

- El mayor riesgo y el más obvio es el conocimiento de las áreas infractoras, que puede ser expuesto públicamente causando un gran daño, tanto a nivel jurídico como a nivel de relaciones públicas de la empresa.
- Un segundo riesgo es el peligro de incumplimiento después de haber realizado la auditoría. El descubrimiento por los organismos competentes de las infracciones que han sido identifi-



cadadas pero no corregidas, podría conllevar penas más duras que si éstas no se hubieran identificado nunca.

Uno de los pasos más importantes para mitigar los riesgos de una Auditoría Ambiental, es llevar a cabo alguna forma de consulta legal durante la duración de la auditoría, recabando ayuda y dictamen de una consultoría especializada.

Recomendaciones para disminuir los riesgos.

- Obtener la aprobación de los altos cargos directivos antes del comienzo de la auditoría.
- Utilizar personal de la empresa tanto como sea posible, o un consultor externo con garantías de confiabilidad.
- Mantener unos objetivos simples y manejables, lo cual es posible realizando miniauditorías.

#### 11.4.2. OBJETIVOS Y ALCANCES

##### A. OBJETIVOS

Los objetivos globales de una AUDITORÍA AMBIENTAL pueden resumirse en:

- Conocer la situación ambiental.
- Establecer las necesidades ambientales y determinar las medidas correctoras a aplicar con un determinado orden de prioridades.
- Poder explicar a terceros las actividades de la compañía referentes a la protección del medio ambiente.

##### B. ALCANCE DE LA AUDITORÍA AMBIENTAL

- Los temas que abarca.
- Las actividades objeto de la auditoría.
- Las normas de comportamiento ambiental.
- El período que abarca la auditoría.
- La valoración de los datos reales necesarios para evaluar los resultados.

Los aspectos más importantes a abarcar deberán ser los siguientes:

##### Técnicos

- Materias primas empleadas
- Materias auxiliares consumidas
- Consumo energético
- Consumo de agua
- Análisis de los puntos del proceso potencialmente contaminantes
- Productos obtenidos

- Efluentes y vertidos
- Residuos

##### Legales

Se analiza detalladamente el nivel de cumplimiento de la legislación, por parte de la empresa auditada. Se compara la analítica obtenida al estudiar los aspectos técnicos, con los estándares legales, atendiendo principalmente a los siguientes subsistemas ambientales:

- Medio inerte (atmosférico, acuático y terrestre)
- Medio biótico
- Medio perceptual
- Medio socio-cultural
- Medio económico.

##### Seguridad e higiene

Se delimitan las áreas de riesgo potencial, analizando los procedimientos con que cuenta la empresa para garantizar la seguridad e higiene en el trabajo.

##### Económico-financiero

Se propone la estructura financiera óptima para la puesta en práctica de medidas precautorias y correctoras, considerando el análisis de costos de las nuevas inversiones, los beneficios económicos de la inversión, y las posibles fuentes de financiación.

Las principales actividades auditadas serán:

- Actividades productivas.
- Otras generadoras de residuos
- Impactos sobre el medio perceptual (impacto visual, impacto paisajístico)

Se establecerán procedimientos de control y eliminación de efluentes y residuos, atendiendo principalmente a:

- Muestreos - frecuencia
- Vertidos y vertederos
- Sistemas de depuración y eliminación
- Gestión de residuos

Durante el proceso auditor se verificará la eficacia de la organización y del servicio medioambiental de la empresa y de las medidas precautorias y correctoras puestas en funcionamiento como consecuencia, bien de un estudio de impacto ambiental, en el caso de una actividad de nuevo desarrollo, o bien de auditorías anteriores a la actual, en el caso de actividades en funcionamiento.

### 11.4.3. PRINCIPALES TIPOLOGÍAS DE LAS AUDITORÍAS AMBIENTALES

Las clasificaciones de Auditoría Ambiental se basan en diversos criterios de cobertura espacial, periodicidad, alcance, objetivos, contenidos y complejidad. A continuación, se revisan brevemente algunos tipos de auditorías ambientales relevantes a nuestra realidad nacional.

#### A. AUDITORÍA DE DIAGNÓSTICO:

El primer paso serio para aquellas empresas que desean reducir su impacto ambiental, es proceder a la ejecución de una auditoría ambiental preliminar o de diagnóstico. Se trata de un análisis preliminar global de los problemas ambientales de la actividad. Se identifican los principales impactos ambientales y las correspondientes medidas de mejoramiento y mitigación pertinentes.

Con esta auditoría, se obtendrá un cuadro ambiental de la empresa que permitirá formular su política ambiental y la estrategia a seguir para implementar el sistema de gestión ambiental. Permite establecer la situación ambiental de la empresa al momento de realizar la auditoría, identificando las debilidades y fortalezas, oportunidades de mejoramiento y problemas potenciales. Como resultado de esta auditoría, la gerencia de la empresa tendrá un cuadro claro acerca de los requerimientos necesarios para lograr un sistema de gestión ambiental efectivo.

#### B. AUDITORÍA DE CUMPLIMIENTO

La auditoría de cumplimiento es probablemente la forma más común de Auditoría Ambiental. Es un proceso de verificación por el cual la compañía establece hasta qué punto está cumpliendo con la legislación ambiental, límites consentidos de descarga y emisión, permisos de construcción, etc. Aunque esta auditoría puede ser relativamente simple, puede consumir mucho tiempo. Las auditorías ambientales más progresivas pueden anticipar normas más estrictas y cubrir áreas que no han sido legisladas todavía, formando la base para una Estrategia Ambiental. Es necesario controlar que toda la legislación ambiental de relevancia está siendo considerada. La existencia y eficacia de los procedimientos de control y monitoreo necesitan ser determinados y asegurados.

#### C. AUDITORÍA DE RIESGO AMBIENTAL

El cumplimiento de la legislación no necesariamente reduce el riesgo potencial a un nivel aceptable. El aseguramiento del riesgo identifica los puntos de riesgo potenciales en la cadena que va desde la recepción de materias primas, a través de los procesos de producción, hasta el almacenamiento y la distribución, tomando en cuenta los residuos generados en todas las etapas. Es necesario el juicio de un profesional para asegurar la probabilidad de que ocurran daños ambientales y las consecuencias de este hecho.

#### D. AUDITORÍA DE PRE-ADQUISICIÓN

La adquisición de tierras e instalaciones pueden llevar a costos de reparación significativos si el predio está contaminado. Muchas compañías llevan a cabo automáticamente alguna forma de auditoría, cuyos detalles variarán con el riesgo percibido, pero pueden involucrar testeos y análisis. Una evaluación inicial de la propia locación formaría parte de la evaluación del riesgo ambiental o de la auditoría completa del predio.

#### E. AUDITORÍA DE SISTEMAS GERENCIALES

Los principios son similares aunque los sistemas son diferentes y además no sólo se evalúa el cumplimiento de los procedimientos, sino también la relevancia de estos procedimientos para la política, y los medios de asegurar el mejoramiento continuo en la performance ambiental. En este caso, se verifican las operaciones de acuerdo con los procedimientos. La auditoría ejecutada desde la oficina puede controlar el manual de acuerdo con una norma.

#### F. AUDITORÍA DE RESIDUOS

Hay varios elementos para llevar adelante una auditoría de residuos. La clave que conduce al mejoramiento, es una buena comprensión de donde son generados los residuos y su cuantificación. La mayoría de las compañías tienen sistemas inadecuados para proveer esta información. Los sistemas financieros asociados con los residuos también deben ser auditados, para chequear si tienen en cuenta apropiadamente los costos de los residuos y si se implementan programas ambientales de minimización de los residuos. Esto puede ser tomado como parte de una auditoría de cumplimiento que cubra los elementos de los sistemas de manejo de residuos. Esto incorporaría un control de los contratistas de residuos, licitadores de la locación y procedimientos de descarte.

### 11.4.4. ACTIVIDADES DE AUDITORÍA

La ejecución de una AUDITORÍA AMBIENTAL implica, como más adelante veremos, la realización de, al menos, las siguientes actividades o pasos:

- Entrevistas y conversaciones con el personal.
- Inspección de las condiciones de funcionamiento de las instalaciones.
- Exámen de los registros.
- Procedimientos escritos y demás PT.
- Verificación del cumplimiento de la normativa aplicable.
- Verificación de la efectividad del sistema de gestión medioambiental.
- Evaluación de los puntos fuertes y débiles del sistema de gestión.
- Recogida de datos, muestras y análisis de los mismos.
- Evaluación de resultados.
- Preparación de conclusiones y comunicación de resultados y conclusiones finales.

#### 11.4.5. EQUIPO AUDITOR

Se define al equipo auditor como una persona o un grupo, perteneciente al personal de la empresa o exterior a ella, que actúe en nombre de su alta dirección, que posea, individual o colectivamente, un conocimiento suficiente de los sectores y campos comprendidos en el ámbito de la auditoría, con amplias nociones y experiencia en relación con los aspectos técnicos, ambientales y de gestión y con las normativas pertinentes, y la suficiente formación y pericia como auditores para alcanzar los objetivos fijados. Los recursos y el tiempo dedicados a la auditoría, son proporcionales al alcance y objetivos de la misma.

Los auditores deben ser expertos en el sector evaluado (industrial, agrícola o de servicios) con amplios conocimientos ambientales, incluyendo la legislación y las técnicas de las auditorías. En función de las características de los sectores y actividades analizados, se requieren distintos expertos en disciplinas y tecnologías determinadas que, o bien formarán parte del equipo auditor si su intervención tiene entidad para ello, o pasarán a formar parte de los expertos auxiliares al equipo, que emitirán sus dictámenes en temas puntuales.

En cada equipo auditor debe existir un Auditor Jefe, Director de Equipo o Director de Auditoría, que además de dirigir y coordinar los diferentes trabajos - que debe conocer en su totalidad con mayor o menor profundidad - tiene que asignar a los diferentes miembros del equipo auditor las tareas de auditoría de los correspondientes elementos del SGMA o de departamentos o procesos específicos.

#### 11.4.6. HERRAMIENTAS BÁSICAS

La entrevista, el cuestionario, las reuniones y el soporte técnico-analítico, son las herramientas básicas e imprescindibles del auditor. Dada su importancia en el proceso metodológico, a continuación se relacionan los rasgos más característicos que cada uno de ellos debe presentar.

#### 11.4.7. ETAPAS DE LA AUDITORÍA AMBIENTAL

Dado que todas las auditorías ambientales no tienen el mismo alcance, los trabajos necesarios para su realización deben adaptarse a las necesidades de cada empresa y/o a los objetivos de cada AUDITORÍA AMBIENTAL en particular.

Para cada auditoría medioambiental, las fases que la integran responden a la siguiente concepción metodológica:

- a. **Fase de preparación.** Se realiza la fase previa de preparación en gabinete de la AUDITORÍA AMBIENTAL y se analiza la situación en términos técnico-teóricos.
- b. **Fase de campo** o auditoría propiamente dicha. Comprobación y verificación del grado de cumplimiento de la situación estudiada en la fase de gabinete.
- c. **Fase de informe sectorial** o Postauditoría. Análisis de los resultados obtenidos en la fase de campo. Síntesis final, valoración de resultados, diseño de medidas correctoras de los impactos detectados, plan de vigilancia ambiental y sugerencias que conduzcan a la mejora de cada auditoría.

#### 11.4.8. REVISIÓN AMBIENTAL

Para poder implementar un Sistema de Gestión Ambiental, es necesario:

- Definir objetivos y metas que configuren la política ambiental.
- Establecer programas ambientales para llevar a cabo tal política.
- Desarrollar e implantar las acciones definidas en los programas ambientales.

Todo ello exige, a su vez, conocer inicialmente la situación actual de la actividad, en temas primordialmente medioambientales, para después configurar el SGMA, que contemple ya todos los sectores de la empresa. Es necesario pues, llevar a cabo una revisión ambiental inicial.

A la revisión ambiental inicial se la llama a veces, auditoría previa, puesto que sigue la mayoría de los procesos de una auditoría. Sin embargo, estrictamente hablando, una auditoría mide la consecución o no de unos objetivos claves, mientras que la revisión ambiental simplemente da una evaluación inicial de la actuación ambiental de la empresa, a partir de la cual se desarrollará un plan de mejora.

La revisión medioambiental perfilará la situación de la empresa desde los siguientes puntos de vista:

- **Físico y Técnico:** Se medirán o estimarán los impactos ambientales; se evaluará si la tecnología, los procesos y los productos finales, incluyendo su distribución y desechos, son apropiados o no.
- **Legal:** Se analizará en qué medida la actuación de la empresa o centro de producción se adecua a los mínimos legales, sean éstos locales, autonómicos, nacionales, comunitarios o internacionales. Se deben identificar también cuáles son las áreas que pueden llevar a procesos judiciales y se estudiarán futuros requerimientos normativos.
- **Dirección:** Se evaluará la efectividad de los sistemas de gestión ambiental actuales en lo que se refiere a la reducción de potenciales daños al medio ambiente; el personal y organización dedicado al control ambiental y su coordinación y apoyo al mismo desde la dirección general de la planta y de la empresa.

Por tanto, se debe considerar:

- Revisión histórica de la actividad.
- Gestión de residuos, reciclaje y eliminación final de desechos.
- Gestión de materias primas y su almacenamiento.
- Diseño de productos, planificación y gestión.
- Prevención de accidentes, así como de la contaminación gradual, súbita, inesperada o imprevisible. Planes de emergencia.
- Evaluación de los riesgos de incurrir en responsabilidad legal por daños al medio ambiente.
- Revisión de las prácticas de los competidores.
- Información al personal, instrucción y establecimiento de sus responsabilidades con respecto al plan.
- Relaciones con la comunidad local, clientes y el público en general.
- Sugerencias para el desarrollo de la política medioambiental.
- Recomendaciones para establecer el Sistema de Gestión Ambiental.

El objeto principal de la RIA, será la recolección de información y datos y su consiguiente análisis, especialmente de aquellos relacionados con:

- Las actuaciones medioambientales de la organización.
- Las presiones medioambientales provenientes del exterior.
- El grado de cumplimiento de la legislación y exigencias ambientales.

Además, se estudiarán y revisarán los siguientes aspectos:

- Grado de cumplimiento de la legislación ambiental concernida.
- Organización interna de la gestión ambiental. Equipo. Necesidades de capacitación.
- Revisión de los programas de mejora ambiental, si existen, y Estudio del Sistema de Gestión Medioambiental, si los hay.
- Estudio de nuevas medidas correctoras, modificaciones de proceso, instalaciones de cogeneración de energía, sustitución de combustibles y/o materias primas y otras actuaciones correctivas.
- Estimación aproximada de costos e inversiones para adecuar la instalación a las exigencias legales y operativas que mejoren la competitividad de la producción.

### 11.5. RECUPERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, 1991; MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE, 1996)

A pesar de presentar un mayor grado de recuperación en las propias plantas, la generalización del problema es imposible, por tanto cada caso debe ser tratado en forma única. Algunos residuos de interés para su recuperación, son los que tienen altos contenidos de aleaciones metálicas especiales, los de algunas plantas químicas, los de plástico, papel y cartón. Las operaciones más características de los métodos de aprovechamiento son la separación y concentración selectiva, transformación y recuperación. En la Tabla 11.2., se presentan los materiales aprovechables, sus características y aprovechamiento.

Tabla 11.2. Tipos de materiales aprovechables

MATERIAL	EJEMPLOS	CARACTERÍSTICAS	APROVECHAMIENTO
Residuos de fundición	Restos de escorias	25-75% recuperable	> 75%
Residuos de manufacturación	Restos mecanizados, recortes troquelados	90% recuperable	Cerca del 100%
Sobrantes de fabricación	Repuestos envejecidos, partidas defectuosas	Composiciones variables	cerca del 100%
Residuos complejos de manufacturación	Recortes de chapas galvanizadas, recortes de máquinas textiles, residuos de fabricación de papel.	No suelen ser recuperables todos los componentes	0-100%
Hollín	Fundiciones metálicas y de altos hornos	No suele ser rentable	< 25%
Residuos químicos	Residuos de destilación, residuos de procesos y aguas negras	Frecuentemente recuperables	< 10%
Residuos de composición fija	Tropos de algodón, tuberías de cobre	+ 90% del material es recuperable	> 75%
Residuos de composición variable	radiadores, automóviles, residuos laminados	No suele ser rentable recuperar los materiales de valor	0-100%
Residuos de composición compleja	carrocerías, accesorios y baterías	No todos los materiales son recuperables	< 50%
Residuos sólidos diversos	Residuos urbanos, industriales y escombros	Actualmente el 1% de recuperabilidad. Es muy pequeño	< 1%

Fuente: AIDIS Argentina, 2002

Las tecnologías de tratamiento de desechos tienen como objetivos disminuir el impacto ambiental de las descargas y generar desechos finales que cumplan con los volúmenes y concentraciones de contaminantes estipulados en las normas vigentes. Dentro de este contexto, los tratamientos se basan en alguno(s) de los siguientes mecanismos:

- Eliminación física o química del material contaminante (filtración, sedimentación, adsorción, absorción, etc.)
- Destrucción (o transformación) del contaminante; ya sea a una forma menos contaminante y/o eliminable de la corriente de descarga (ej. tratamiento aeróbico, combustión del material orgánico)
- Consumo del material contaminante en la generación de sub-productos (ej. Digestión anaerobia (metano), fertilizantes, combustibles (sólidos), etc.).

Muchas veces, los procesos de tratamiento simplemente cambian la fase en la que se encuentra presente el contaminante, con lo que el problema ambiental puede persistir (la absorción alcalina de SO<sub>2</sub>: traslada el problema a uno de contaminación en fase líquida). A veces, dicho cambio



de fase permite un mejor manejo del material contaminante, disminuyendo su impacto final. Tal es el caso de los tratamientos aeróbicos, donde los compuestos orgánicos disueltos en el efluente son utilizados en los procesos de metabolismo celular e incorporados a la biomasa, la cual puede ser separada y desechada con mayor facilidad. De este modo, el tratamiento sirve como una etapa de concentración de los desechos. Sin embargo, cuando se trata de compuestos de alta toxicidad, dicha concentración puede tener efectos altamente negativos.

En general, el tratamiento de desechos no presenta mayores problemas tecnológicos; sin embargo, los aspectos económicos son determinantes.

Existe una amplísima gama de tecnologías que sirven para la remoción, destrucción, transformación o utilización de desechos. La Tabla 11.3, muestra una lista de procesos disponibles para el manejo de residuos sólidos.

Tabla 11.3. Tecnologías para el manejo de residuos sólidos industriales

Residuos Sólidos y Lodos de Tratamientos	Digestión Anaerobia
	Degradación Aeróbica
	Incineración
	Rellenos Sanitarios
	Compostado/fertilizante
	Forraje
	Utilización Termoquímica
	- Combustibles limpios
	- Carbón Activado
	- Liquefacción
- Gasificación	

Fuente: Elaboración propia, 2003

### 11.5.1. TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, 1991; FONTOIRA, 1989)

Los sistemas para reducir el impacto ambiental de los vertidos de residuos sólidos cubren un amplio espectro: rellenos controlados, incineración, encapsulamiento, tratamiento biológico, estabilización y solidificación, entre otros.

#### A. ESTABILIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN:

Este es un proceso de tratamiento de residuos, que emplea diversos aditivos para su movilidad y así poder después disponerlos adecuadamente. Esta tecnología puede llegar a ser uno de los procesos de tratamiento más importantes debido a que las restricciones para la disposición de residuos cada día son más exigentes.

**Estabilización:** Comprende aquellas técnicas que reducen el peligro potencial de un residuo mediante el paso de sus elementos contaminantes a su forma de menor movilidad, solubilidad o toxicidad. La estabilización del residuo no cambia necesariamente a su estado físico ni la forma de manipulación.

**Solidificación:** Comprende técnicas que encapsulan el residuo en un sólido monolítico de alta integridad estructural. La solidificación no implica necesariamente una interacción química entre los residuos y los agentes solidificantes, pero sí puede suponer el enlace mecánico de los residuos dentro de la masa monolítica.

Los sistemas de estabilización/solidificación de residuos con una aplicación potencial son:

- Sorción
- Procesos que utilizan cal y cenizas puzolánicas
- Procesos que utilizan puzolanas y cemento portland
- Microencapsulación.
- Macroencapsulación.
- Otras.

**Sorción:** Consiste en la adición de una sustancia seca y sólida a un residuo líquido o semilíquido que es absorbido por aquella, mejorando así la manejabilidad del residuo. Las sustancias absorbentes pueden retener el fluido como líquido capilar o reaccionar químicamente con él. Los absorbentes más comunes son:

- tierras.
- cenizas volantes
- cenizas de fondo
- polvo de horno de cemento
- polvo de horno de cal.

**Aplicación:** los absorbentes, especialmente los naturales, se usan ampliamente en los rellenos de residuos peligrosos para eliminar el líquido libre y mejorar la manejabilidad del residuo.

#### Procesos que utilizan cal y cenizas volantes puzolánicas.

Este proceso implica la mezcla de los residuos con materiales silíceos, naturales o artificiales y cal hidratada. La puzolana natural contiene ciertas tobas volcánicas y tierras de diatomeas. Las puzolanas artificiales se componen de escorias de alto horno y cenizas volantes procedentes de la combustión de carbón pulverizado. Los residuos frecuentemente preestabilizados se mezclan con el material puzolánico, hasta conseguir una consistencia pastosa. Después se añade cal hidratada y se mezcla nuevamente. Normalmente se precisa del 20 al 30 % de cal para producir un sólido mecánicamente fuerte, dependiendo de los residuos y del tipo de ceniza volante utilizada. La mezcla ceniza volante- residuo -cal, se coloca a continuación en el relleno y se compacta para aumentar su densidad.

**Ventajas:** Tanto los materiales como los equipos requeridos tienen un bajo costo. Las mezclas resultantes son un producto fácil de manejar y de baja permeabilidad.

**Desventajas:** Pérdida relativa de sustancias contaminantes por lixiviación del residuo solidificado, por lo que requiere una disposición segura.

#### Procesos que utilizan puzolanas y cemento portland.

Algunos procesos de tratamientos de residuos emplean cemento portland como agente solidificante, a veces con un material puzolánico (tal como las cenizas volantes) añadido para mejorar la resistencia y aumentar la disponibilidad. Otros aditivos, como otras formas de sílices y arcillas, pueden también emplearse para alterar el comportamiento de estos procesos.

Se puede seleccionar el tipo de cemento que favorezca particularmente reacciones de cementación, evitando de ese modo interferencias de compuestos incompatibles, los tipos de cemento son:

- Tipo I: cemento portland común.
- Tipo II: cemento bajo en albúmina, moderadamente resistente a los sulfatos.
- Tipo III: cemento de fraguado rápido, de alta resistencia inicial.
- Tipo IV: cemento de fraguado lento, para su empleo en grandes macizos.
- Tipo V: cemento muy bajo en albúmina, resistente a sulfatos.

#### Microencapsulación termoplástica.

Consiste en la mezcla de residuos con materiales tales como betún (asfalto), parafina, polietileno, polipropileno o azufre rebajado con asfalto y su envasado. Estas técnicas desarrolladas originalmente para la disposición de residuos radioactivos, son adaptables a residuos altamente tóxicos no tratables mediante las técnicas basadas en la cal o cemento.

Existen varios tipos de residuos en los cuales la microencapsulación en asfalto no es posible. Materiales combustibles tales como hidrocarburos sólidos o el azufre, pueden inflamarse o explotar a elevadas temperaturas (130 a 260°C) alcanzadas durante la mezcla.

Las sales bóricas pueden causar un repentino endurecimiento y obstruir el equipo. Algunos disolventes pueden impedir el endurecimiento, mientras que otros, tales como el tolueno y el xileno, pueden migrar fácilmente de la mezcla asfáltica. Sin embargo, para los residuos compatibles con estas técnicas, el producto resultante tiene pérdidas muy bajas de contaminantes por lixiviación.

**Limitaciones:** Alto costo y necesidad de equipos de mezcla con el producto termoplástico. Consecuentemente, estas técnicas son generalmente usadas para alcanzar una confinación completa de tipos esenciales de residuos en aquellos casos en que los costos no son un factor seriamente limitante o no existe otra posibilidad de manejo.

#### Macroencapsulación:

Es una técnica de aislamiento de los residuos, que consiste en devolverlos en una capa impermeable y duradera. Una de estas técnicas implica la clausura de los residuos en un tambor de polietileno o forrado en polietileno. Otra consiste en el secado de los residuos, su mezcla con polibutadieno y la compresión de la mezcla hasta formar un bloque. A continuación, se coloca un bloque en un molde rodeado de polietileno en polvo y se calienta bajo presión. El producto resultante es un bloque con una capa fina de polietileno a él fusionado. Estas técnicas pueden emplearse para contener residuos tóxicos muy solubles, tales como ácidos minerales no oxidables. La confinación de los residuos es completa y asegurada durante la vida del material de envoltura. La técnica de sellado mediante tambor de polietileno puede ser usada para reempaquetar bidones dañados con fugas durante las operaciones de traslado y separación.

#### B. INCINERACIÓN (Comunidad de Madrid, 1987c; Fundación Mapfre, 1994)

Un incinerador bien diseñado y controlado eficientemente no debería producir serio impacto ambiental, siempre y cuando tenga sistemas de tratamiento de gases en caso de que se generen compuestos de S o volátiles indeseables. Las composiciones variables de los combustibles sólidos puede afectar seriamente la eficiencia del sistema. Por ejemplo, un sistema diseñado para quemar cartones y papeles, puede ser muy ineficiente para quemar plásticos; la incineración ineficiente de plásticos (cloruro de polivinilo) puede tener consecuencias ambientales. Como se puede ver, los tratamientos en muchos casos, trasladan el problema de una fase a otra y es importante enfocar el sistema de tratamiento como un todo.

#### 11.5.2. DEPÓSITOS DE SEGURIDAD (TRASPADERNE, 1992)

Se entiende por depósito de seguridad, todo aquel relleno emplazado sobre terrenos geológicos del suelo y/o subsuelo, destinado al almacenamiento de determinados residuos industriales peligrosos, con el fin de que sus propiedades nocivas no puedan afectar en ningún caso, ni en el tiempo, al ambiente y a la salud humana.

El depósito de seguridad debe garantizar que los residuos no puedan ser origen de daños a la salud humana o al medio. Es necesario para la gestión de los residuos peligrosos, dado que el estado actual de la técnica no permite una eliminación o transformación de estos de una manera más completa.

Los actuales depósitos de seguridad han adoptado criterios de compatibilidad. Basándose en esos criterios, en los depósitos se separan los residuos en celdas aisladas para evitar la mezcla de sustancias incompatibles.

En general pueden distinguirse los siguientes tipos de residuos, en un esquema genérico de segregación:

- Fangos y sólidos orgánicos.
- Fangos y sólidos inorgánicos de carácter básico

- Fangos y sólidos inorgánicos de carácter ácido.
- Fangos y sólidos con metales reactivos o lixiviables.
- Fangos y sólidos inorgánicos poco reactivos con trazas de contaminantes

Para la construcción de un depósito de seguridad con distintos tipos de residuos se deberá considerar:

- Los residuos orgánicos deben colocarse en una celda baja, debido al alto potencial de sus lixiviados para incorporar metales.
- Los residuos con metales reactivos deben colocarse en la celda más alta, para evitar su contacto con lixiviados que escapen de otras celdas
- Los residuos básicos deben colocarse adyacentes y aguas abajo a la celda de residuos con metales reactivos, para inmovilizar por precipitación, los metales incorporados en lixiviados que escurren de la celda que les corresponde.
- Los residuos ácidos deben colocarse en la celda más baja, de manera que los residuos orgánicos los separen de los residuos básicos, para evitar reacciones violentas entre sus lixiviados.

#### A. CARACTERÍSTICAS DEL EMPLAZAMIENTO.

Las características más importantes son:

- Geológicas.
- Geotécnicas.
- Hidrológicas.
- Topográficas.
- Climáticas

#### B. PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN.

Los factores que deben ser considerados en un proceso de planificación y construcción de un depósito de seguridad son:

- Características de los residuos que han de ser depositados. Características de los materiales del suelo.
- Características del terreno de fundación (mediante sondeos)
- Características deseadas de las superficies de fondo y costados.
- Localización del lecho de rocas.
- Estabilidad de los materiales.
- Consideraciones del drenaje.
- Dimensiones del depósito.
- Dirección y velocidad del viento.
- Temperatura ambiente.
- Escape de los gases.
- Vegetación del lugar.
- Aspectos del terreno superficial.
- Anchos de bermas exigidos.
- Conducciones afluente/ efluentes de alivio.

- Vigilancia / sistema de detección de fugas.
- Disponibilidad del material de cobertura / características.
- Proximidad de los generadores más importantes.
- Proximidad de las áreas residenciales y comerciales.
- "Coupm - Testing and evaluation", si fuera posible. Control de malas hierbas.
- Situación del agua subterránea y zonas capilares.
- Presencia de animales en madrigueras en la zona.
- Requerimientos de vallado y accesos

#### C. SISTEMA DE ENVOLTURA O IMPERMEABILIZACIÓN DE UN DEPÓSITO DE SEGURIDAD.

El propósito de la envoltura o impermeabilización de un depósito de seguridad, es evitar que los componentes de los residuos potencialmente contaminantes escapen del emplazamiento y entren en las aguas subterráneas o superficiales.

Las impermeabilizaciones funcionan por medio de dos mecanismos:

- Impiden el flujo de los líquidos, limitando el movimiento de los contaminantes hacia el subsuelo.
- Absorben o atenúan los contaminantes suspendidos o disueltos en el lixiviado. Estas capacidades dependen de la composición química del material de envoltura y de su masa.

Los dos materiales de envoltura más comúnmente usados son:

- Suelos arcillosos.
- Membranas flexibles o poliméricas.

## 12. RESIDUOS RADIATIVOS

En todas las etapas del ciclo del combustible nuclear, se producen residuos sólidos, en mayor o menor volumen, que, deben ser evacuados. Existe, no obstante, una diferencia sustancial entre las actividades prereactor y las subsiguientes al quemado del combustible. En las primeras etapas se produce una modificación de las concentraciones radiactivas usuales en la naturaleza, pero no una modificación de sus propiedades nucleares.



Fuente: Sec. de Turismo y Desarrollo Sustentable

### 12.1 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Existen múltiples formas de clasificar los residuos producidos: por su período de decaimiento, por su forma física, por su actividad, etc. Los residuos radiactivos, en la práctica, se clasifican en función de las estrategias de gestión, como por ejemplo:

#### A. RESIDUOS DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD:

- No se aceptan cenizas o sólidos pulverulentos sin inmovilizar.
- No se admiten sustancias susceptibles de producir detonaciones, explosión o reacciones exotérmicas en contacto con el agua.
- No se admiten aceites lubricantes, salvo que estén en una matriz sólida en concentración menor del 3%.

Son definidos como residuos de baja y media actividad, aquellos cuya actividad se deba principalmente a la presencia de radionucléidos emisores beta o gamma de período corto medio (inferior o del orden de 30 años), y con un contenido en radionucléidos de vida larga bajo, y limitado a especificaciones establecidas.

En general, están constituidos por:

- Residuos de proceso, que se producen durante la explotación normal de la central o instalación nuclear y comprende a los residuos originados en los sistemas de tratamiento de efluen-

tes líquidos (resinas de intercambio iónico, cartuchos de filtros, concentrados de las evaporadoras) y los originados en los sistemas de tratamiento de efluentes gaseosos (prefiltros, filtros, trampas de yodo).

- Residuos generados en los trabajos de mantenimiento y conservación (trapos, papel, carbón, etc.)
- Piezas irradiadas o contaminadas que han sido sustituidas.
- residuos generados en el desmantelamiento de una central.

#### B. RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

Aquellos que no pueden ser almacenados en un centro especial de almacenamiento y que deben hacerlo en una formación geológica profunda. Tienen una alta actividad específica en emisiones de vida corta. Presentan considerable generación de calor. Son los propios combustibles irradiados y los generados en procesos de reelaboración.

#### C. RESIDUOS DE LA MINERÍA Y PROCESADO DE MINERALES DE URANIO.

En el proceso de desmantelamiento y clausura de la Fábrica de Uranio, los materiales residuales con radionucléidos naturales han sido considerados residuos radiactivos cuando su contenido en Ra226 era mayor de 0.18 Bq/gr.

#### D. RESIDUOS RADIATIVOS DESCLASIFICABLES

Son residuos de muy baja actividad que se generan en instalaciones autorizadas. Se han ido proporcionando criterios de desclasificación en la Guía de Seguridad N° 89 del OIEA (Organismo internacional de la Energía Atómica).

Entre las corrientes de residuos de muy baja actividad caracterizados en instalaciones nucleares, encontramos:

- Basuras (ropa, papel, plástico), compactables.
- Resinas de intercambio iónico en reactores de agua a presión.
- Concentrados de residuos líquidos.

En instalaciones nucleares en desmantelamiento, existe gran cantidad de chatarra de acero y componentes ligeramente contaminados, que podrían ser reciclados para su libre uso. Estos materiales provienen de tuberías, soportes, válvulas, etc.



## 12.2. CRITERIOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL LICENCIAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS RADIATIVOS.

El objetivo principal, desde el punto de vista de gestión de los residuos, es garantizar que el diseño y la operación de los sistemas de tratamiento y acondicionamiento de residuos radiactivos sea tal, que los bultos finales de los residuos acondicionados cumplan determinados requisitos de calidad relacionados con su comportamiento en:

- Almacenamiento temporal en centrales nucleares.
- Almacenamiento definitivo.
- Transporte.

Asimismo, no se deben olvidar los criterios de seguridad intrínseca de todo el sistema que maneja materiales radiactivos, así como las medidas de protección radiológica pertinentes, tanto del personal profesionalmente expuesto como del público en general.

### Requisitos de operación del sistema

El productor de residuos está obligado a operar el sistema de acondicionamiento dentro de las limitaciones que establezca el programa de control de proceso (PCP). El objetivo de este programa es proveer la seguridad razonable, en el proceso que conduce a la completa solidificación de los residuos, y facilitar que el producto final pueda cumplir con los criterios de aceptación para su almacenamiento definitivo.

Los criterios básicos para el desarrollo de este programa se establecen en la Guía de Seguridad del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) N° 9.1 y, básicamente, son los siguientes:

- Identificar los parámetros que gobiernan los procesos de solidificación, en especial aquellos mediante los que se relaciona la operación del sistema con la calidad del producto final obtenido.
- Asegurar la operación del sistema dentro de los parámetros del proceso establecido, detectar divergencias e implementar las acciones correctoras correspondientes.

El principal instrumento del PCP es el programa de verificación de muestras en cada tanda de residuos de características físicas, químicas y radiológicas equivalentes.



Fuente: Sec. de Turismo y Desarrollo Sustentable

## 12.3. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD.

Los residuos de alta actividad, están conformados principalmente por combustible gastado de centrales nucleares de agua ligera y residuos de reprocesado. Se caracterizan por:

- Poseer una alta actividad específica.
- Tener concentraciones elevadas de emisores alfa, beta, gamma.
- Generar o producir calor.

## 12.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE INSTALACIONES INDUSTRIALES, MÉDICAS Y DE INVESTIGACIÓN.

El uso de isótopos radiactivos en medicina, tiene como fin principal el diagnóstico de enfermedades y, en algunos casos la terapia de tumores (tiroides principalmente). Los residuos que se generan en estas actividades son de vida corta y de baja actividad (salvo en casos de terapia).

Los residuos que se generan en actividades de investigación son de muy baja actividad pero con un gran período de semidesintegración. En estas actividades aparecen componentes nuevos, como los residuos orgánicos y los líquidos de centelleo, que requieren vías de gestión específicas.

En el caso de los residuos generados por la industria, básicamente suelen ser fuentes encapsuladas. Hay que discernir, en primer lugar, qué fuentes han de ser consideradas como residuos y cuales no, puesto que en muchos casos la devolución de fuentes al suministrador o al país de origen de donde se importó, permite la reutilización de los mismos y su no consideración como residuos radiactivos (RR).

Debido a la gran variedad existente de residuos de Medicina, Investigación e Industria en cuanto a composición físico-química y contenido en radionucléidos, surgen dificultades en su gestión.



Fuente: Sec. de Turismo y Desarrollo Sustentable

En Teleterapia se utilizan fuentes de  $^{60}\text{Co}$  y  $^{137}\text{Cs}$ , emisores gamma y beta de alta energía ubicados dentro de equipos de Teleterapia (cobaltoterapia), que con el tiempo, al perder actividad, pasan a la categoría de residuos por no ser útiles para el tratamiento terapéutico de pacientes. Estos sólidos encapsulados, al igual que las fuentes de calibración de equipos, no sufren durante toda su vida útil cambios significativos en su estado o estructura externa.

El volumen de residuos generados en esta actividad médica (Teleterapia) es bajo, pero con una radiactividad y actividad específica relativamente elevada.

En Medicina Nuclear deben distinguirse dos grandes categorías de radionucléidos, según la sustancia radiactiva que se suministre al paciente (in vivo), o no (in vitro).

En Medicina Nuclear «in vivo», se utilizan fundamentalmente radionucléidos emisores gamma puros y de baja energía, aptos para exploraciones diagnósticas. También se utiliza algún emisor beta de baja energía. De entre todos ellos cabe destacar el  $Tc^{99m}$  con  $T^{1/2} = 6$  horas y 140 Kev, que se obtiene mediante un generador de  $Mo^{99}-Tc^{99m}$ .

Otros radionucléidos utilizados en diagnóstico son  $^{207}Tl$ ,  $^{67}Ge$ ,  $^{131}I$ ,  $^{57}Cr$ ,  $^{75}Se$ ,  $^{123}I$ ,  $^{59}Fe$ ,  $^{57}Co$ ,  $^{58}Co$ ,  $^{47}Ca$ ,  $^{14}C$ . En terapia se utilizan emisores beta de alta energía. De estos destaca el  $^{131}I$ , por ser el que genera mayor cantidad y diversidad de residuos de los radionucléidos de este subgrupo. Otros radionucléidos utilizados en terapia son  $^{82}P$ ,  $^{89}Sr$ ,  $^{90}Y$ ,  $^{196}Re$ ,  $^{169}Er$ .

### A. CLASIFICACIÓN

Para mayor simplificación en la clasificación de los radionucléidos, considerando conjuntamente los utilizados en las exploraciones «in vitro» en Medicina Nuclear y los empleados en laboratorios médicos de diagnóstico e investigación, distinguimos tres grupos básicos. A saber:

- Fundamentalmente encontramos tres emisores gamma puros:  $^{125}I$ ,  $^{57}Co$ ,  $^{51}Cr$ .
- También se encuentran varios beta puros:  $^{82}P$ ,  $^3H$ ,  $^{14}C$ ,  $^{35}S$  y  $^{45}Ca$ .
- El otro grupo es el formado por las fuentes de calibración y verificación de los aparatos de detección y medida. Son fuentes encapsuladas que pueden contener los radionucléidos siguientes:  $^{57}Co$ ,  $^{60}Co$ ,  $^{137}Cs$ ,  $^{226}Ra$ ,  $^{14}C$ .

Estudios realizados han demostrado que:

- De la radiactividad de los residuos sólidos generados en servicios de Medicina Nuclear, un 65% es debido al  $^{99}Mo$ , un 34% al  $^{99m}Tc$  y el 1% que queda al resto de radionucléidos, principalmente  $^{82}P$ ,  $^{131}I$ ,  $^{201}Tl$ .
- De la radiactividad de los residuos líquidos, el 99% es debido al  $^{99m}Tc$  y el 1% restante se distribuye de forma análoga a los sólidos, entre los que destaca el  $^{51}Cr$ .
- Es evidente que aunque puede haber diferencias entre distintos servicios de Medicina Nuclear, el binomio  $^{99}Mo$  (columnas de generador)-  $^{99m}Tc$  es mayoritario, y la tendencia en el uso de este radiofármaco sigue en aumento.

En los laboratorios de diagnóstico e investigación, el principal problema es el volumen de residuos generados, más que la radiactividad de los mismos. En los Servicios de Medicina Nuclear se producen unos residuos específicos resultantes de tratamientos con  $^{131}I$ . A saber:

- Residuos líquidos, orgánicos y acuosos, procedentes de excretas del paciente.
- Residuos sólidos varios, generados por el contacto con el paciente: sábanas, platos, restos de comida, guantes, polainas, servilletas de papel, jeringuillas y agujas.

Otros residuos radiactivos generados en Medicina Nuclear son:

- Gases:  $^{133}Xe$
- Aerosoles y monopartículas  $^{99m}Tc$
- Filtros:  $^{131}I$ ,  $^{125}I$ ,  $^{123}I$ ,  $^{99m}Tc$  y  $^{133}Xe$
- Excretas de pacientes:  $^{99m}Tc$ ,  $^{131}I$ .
- Material procedente de descontaminaciones.
- Varios: pañales, cuñas.

En cuanto al tipo de residuos generados en Instalaciones Radiactivas Industriales, la mayor parte de ellos provienen de la utilización industrial de fuentes encapsuladas. Existen, sin embargo, algunas técnicas en las que se emplean radioisótopos como trazadores, añadiéndoles el material de proceso en las condiciones físicas o químicas requeridas para un control externo, mediante detectores de radiación.

El principal uso de las fuentes encapsuladas en el campo industrial, se hace en el área de control de calidad mediante el empleo de radiografía industrial. Se utilizan fuentes radiactivas de radiación gamma encapsuladas y con blindaje de protección, lo cual permite su manejo y utilización en la búsqueda de defectos subsuperficiales en materiales metálicos. Las fuentes más utilizadas son de  $^{192}Ir$  y  $^{137}Cs$  y  $^{60}Co$ . Es también frecuente el uso de radiación gamma en la medida de espesores, densidades, medidas de nivel. etc.

En la industria agrícola y alimentaria utilizan fuentes de radiación para la eliminación de plagas de insectos mediante la esterilización, así como para la conservación de alimentos, y para todos los usos que permitan disminuir la utilización de otros elementos nocivos para el medio ambiente.

Los trazadores se emplean en medidas de caudal, fugas de agua, fugas de gas, comportamiento de acuíferos, etc.

Criterios específicos de diseño para almacenes de residuos con contenido radiactivo.

En el diseño de almacenes temporales hasta su gestión final o evacuación de residuos radiactivos, se complementarán los siguientes aspectos específicos:

- Ubicación del almacén central.
- Capacidad de almacenamiento del lugar elegido.
- Mobiliario del almacén.

### B. UBICACIÓN DEL ALMACÉN CENTRAL

Cuando un centro conste de varias Instalaciones Radiactivas (IR), puede optarse en el momento del diseño por realizar un almacenamiento en cada una de ellas o bien un almacén centralizado. En ambos casos, en el diseño de la instalación del almacenamiento, ha de tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Selección: Conviene tener en cuenta que el almacén centralizado favorece los controles administrativos, radiológicos y de seguridad al concentrarlos en un sólo punto; sin embargo,

exige prever los traslados de residuos (desde los lugares de generación al almacén), personal para realizarlos, medios de transporte, rutas de transporte, circuitos administrativos y albaranes de salida y de entrega en el almacén central.

- Habrá que tener en cuenta que la IR deberá albergar durante algún tiempo los residuos, hasta el traslado al almacén central.
- El almacén será ubicado en un lugar seguro, que permita el traslado de residuos de forma fácil, incluido el traslado desde allí al vehículo de transporte de residuos.
- Debe ser un lugar aislado, sin riesgo de humedad, que permita la rápida evacuación del personal en caso de emergencia.

### C. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL LOCAL ELEGIDO

Debe calcularse en función de los siguientes parámetros:

- Volumen de residuos a almacenar en decaimiento, para proceder a su evacuación una vez hayan transcurrido los tiempos de desintegración necesarios.
- Volumen de residuos a evacuar por una empresa autorizada para la gestión de residuos radiactivos. El volumen total se calcula previendo la producción de residuos de un semestre.

En el caso de los cadáveres, habrá que tener en cuenta un espacio para la ubicación de los congeladores de estos residuos, teniendo en cuenta la producción prevista. Habrá de adoptarse un sistema de apoyo que evite que se puedan producir cortes de suministro eléctrico al congelador que puedan comportar la degradación de su contenido.

En el momento de realizar los cálculos de la forma de almacenamiento del residuo, es necesario considerar si se realizará un almacenamiento de residuos mixtos (viales de vidrio o plástico con el residuo líquido en su interior) en la forma original, o bien si se realizará una segregación.

En la previsión de espacio final, habrá de tenerse en cuenta lo siguiente:

- Ocupación del mobiliario de almacenamiento, los pasillos entre estanterías, blindajes de fuentes, ubicación de congeladores, bandejas de líquidos, etc.
- Prever una zona de fondo bajo, donde poder realizar las medidas de chequeo previas a la evacuación.

### D. MOBILIARIO DEL ALMACÉN

En función de los tipos de residuos a almacenar, habrá que prever un mobiliario adecuado al sistema de contención de los mismos. Un ejemplo sería el indicado en el cuadro adjunto.

El almacén tendrá el blindaje necesario para mantener los niveles de radiación en el mismo y en áreas adyacentes no restringidas, por debajo de los límites establecidos en la legislación vigente.

En el caso de prever un almacenamiento temporal de residuos en decaimiento para poder hacer una evacuación convencional, habrá que tener en cuenta las siguientes recomendaciones de diseño:

- Se emplearán estanterías de hormigón, tipo nichos, para ubicar residuos que precisen blindaje.
- Se dispondrá de puertas de metacrilato para almacenamiento de emisores beta de media energía, utilizando pantallas auxiliares de plomo en caso de emisores beta de alta energía.
- Se dispondrá de puertas de plomo de diferentes espesores para emisores gamma.
- Se podrán utilizar estanterías metálicas para residuos que no necesiten blindajes.
- Los suelos no tendrán ninguna fisura, serán fácilmente descontaminables y desmontables y dispondrán de unos 5 cm de desnivel en depresión respecto al exterior, para evitar contaminación en caso de derrames.
- Para ubicar los contenedores de residuos líquidos, se dispondrá de bandejas de contención de acero inoxidable o de PVC.
- Para el almacenamiento de cadáveres, se dispondrá de congeladores con blindaje adecuado, cuando sea necesario.

## 12.5. REDUCCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS CON CONTENIDO RADIATIVO

Para reducir la generación de residuos radiactivos, se requieren cuatro prácticas básicas:

- Planificación de los trabajos con material radiactivo.
- Control del material radiactivo existente en el centro.
- Precauciones en el manejo del material.
- Segregación de residuos.

**Planificación de los trabajos con material radiactivo.** Quedarán reflejados en manuales de procedimientos a seguir para cada trabajo concreto y para posibles incidencias (fuego, inundación, derrame), poniendo de manifiesto las fases en que se generan los residuos y las normas de actuación para limitar la producción.

**Control del material existente en el centro:** Se controlará de forma efectiva la adquisición, recepción, distribución, uso y evacuación de material radiactivo.

**Precauciones en el manejo de material radiactivo:** El buen manejo del material radiactivo evitará incidencias como derrame de disoluciones y otros, minimizando la dispersión de la contaminación y la cantidad de residuos generados como consecuencia de las tareas de descontaminación y limpieza.

**Segregación eficiente de residuos radiactivos generados:** La segregación de los residuos generados en origen constituye realmente la primera fase de la gestión de los mismos, ya que los tres puntos previos son anteriores a la producción de residuos. La segregación se divide en dos etapas fundamentales:

- Separación de los residuos con contenido radiactivo de los que no lo tienen. Es necesario tener bien diferenciados y señalizados, previo a su utilización, los contenedores para residuos, de manera que se puedan segregar de forma adecuada, con objeto de minimizar la producción de residuos con contenido radiactivo.
- Separación de los residuos radiactivos generados, por su forma física, por los radionucléidos

presentes y por su actividad. Esta separación se realizará tomando en consideración los diferentes métodos de tratamiento y gestión a aplicar sobre los distintos residuos, tanto dentro del centro como por la empresa que los gestione, para su tratamiento posterior, antes de proceder a su gestión final.

## 12.6. GESTIÓN

Los pasos a seguir en la gestión de los residuos radiactivos son: (a) Recolección y clasificación; (b) Acondicionamiento y (c) Disposición final en un repositorio, a los que se deben agregar transporte, almacenamientos intermedios entre las distintas etapas, estudios de caracterización, etc.

**Recolección:** El primer paso de la gestión de los residuos radiactivos es generalmente la recolección de los mismos en los centros de producción (residuos líquidos en tanques, bidones o botellas, residuos sólidos en bolsas plásticas, tambores, etc.).

**Acondicionamiento:** Después de su recolección, los residuos son clasificados y acondicionados para su disposición final en repositorios adecuados mediante distintos tratamientos que los llevan a una forma que asegure que se cumplan los objetivos de la gestión.

**Disposición final:** Existen diversas opciones para la disposición final de los residuos radiactivos en instalaciones construidas para ese fin. El tipo y ubicación de dichas instalaciones o repositorios depende de diferentes razones, pero fundamentalmente del tipo de residuos que en ellos se dispongan, ya que, como vimos, eso definirá el tiempo que debe asegurarse la efectividad de dicha "barrera física" para "controlar" el pasaje de material radiactivo al medio ambiente.

Por supuesto, en dicha elección influirán también condiciones locales y políticas nacionales, por citar los factores más importantes.

Para proceder a planificar, diseñar, construir y explotar las instalaciones donde tratar y disponer aquellos residuos industriales que se producen en una región es necesario contar con el apoyo de una legislación sobre la materia y de controles eficaces ejercidos por parte, de la administración sobre las industrias a fin de impedir los vertidos ilegales, obligar al tratamiento adecuado a cada residuo generado y, por otra parte llevar a cabo los estudios para poder dimensionarlos y buscarles una ubicación que permita garantizar un correcto funcionamiento que asegure la protección del entorno.

## 13. RESIDUOS SANITARIOS (ROSELL ET AL., 1989; COMUNIDAD DE MADRID, 1987B)

Bajo la denominación de 'residuo sanitario' se engloban una serie de residuos de procedencias distintas, pero de grandes similitudes. Así, el término más conocido de 'residuo hospitalario' hará referencia a aquél que es producido en tales centros, tratándose de uno más de los tipos incluidos en el término 'sanitario', que son los que aquí se estudian.

En principio, los residuos sanitarios se pueden definir como los producidos en la actividad sanitaria. Obviamente, la parte más significativa será la correspondiente a los residuos hospitalarios o de centros de salud, pero no deben ser olvidados otros que en algunos casos pueden poseer una mayor importancia.

Así, deben ser incluidos los residuos biológicos de la investigación científica, análisis o docencia. También los de obtención o manipulación de productos biológicos humanos y los de asistencia sanitaria a domicilio.

### 13.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA

A partir de la década del '50 comienza en Argentina la instalación de los hornos patológicos. En los países europeos ya se comenzaban a desarrollar los primeros hornos patológicos pirolíticos, que contaban con doble cámara de combustión.

En 1974, el Ministerio de Salud de Alemania emite la primera norma reguladora sobre residuos hospitalarios.

En 1981 y después de la aparición del SIDA, los demás países europeos también fueron estableciendo sus normas. Todas estas disposiciones son revisadas continuamente, lográndose una importante disminución del volumen de residuos patológicos mediante la introducción del concepto de riesgo de infectividad. También en la década del '80 y teniendo en cuenta la contaminación del medio ambiente que se produce a través de la emisión de compuestos provenientes de la incineración de plásticos, se comienzan a clausurar hornos hospitalarios. Aparecen empresas privadas, que se encargan del tratamiento y traslado de los residuos fuera de los hospitales. Actualmente, en varios países se considera que gran parte los residuos hospitalarios no presentan riesgos diferentes a los residuos domiciliarios y que una cantidad muy reducida de residuos infecciosos requieren un tratamiento especial. El mayor porcentaje puede ser tratado junto con el residuo urbano domiciliario.

### 13.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SANITARIOS

Los residuos sanitarios se clasifican en tres grupos, de los cuales el más importante es el tercero, conocido con diversos nombres como biocontaminados, patológicos o infecciosos. A continuación se explican cada uno de ellos.



### 13.2.1. RESIDUOS SANITARIOS ASIMILABLES A URBANOS (GRUPO I)

Este primer grupo, está constituido por aquellos residuos generados en los servicios donde no se realizan actividades sanitarias (oficinas, despachos, cafetería, comedores, cocina, salas de espera, jardines, etc.). Estos no presentan riesgo de infección. Estos residuos clasificados en el grupo I (asimilables a urbanos) se tendrán que recoger en bolsas de color gris de galga mínima 200 l de 100 litros de capacidad como máximo.

Los Residuos Sanitarios que pertenecen a este grupo, serán tratados de la misma forma que los Residuos Sólidos Urbanos Típicos. Estos no requieren ningún tratamiento especial, ni en su origen ni en su destino. Se gestionarán directamente como Residuos Municipales.

La clasificación de estos residuos sería la siguiente.

- Residuos de cocina
- Residuos de residencia (periódicos, flores, papeles, etc.)
- Residuos de actividad administrativa.
- Residuos de jardinería.
- Embalajes.
- Envases vacíos de medicamentos.
- Papeles y cartones.
- Envoltorios.
- Jeringas sin sangre.
- Residuos procedentes de enfermos no infecciosos, no incluidos en el grupo III por carecer de peligrosidad específica de efecto contaminante.
- Todo aquel material que ha sido sometido a algún tratamiento específico de descontaminación.

### 13.2.2. RESIDUOS SANITARIOS NO ESPECÍFICOS (GRUPO II)

Son los derivados de actividades sanitarias, no incluidas en el grupo I, que están sujetas a procedimientos adicionales de gestión, únicamente dentro del ámbito del propio centro sanitario, como son el material de cura, yesos, ropa y materiales de un solo uso, etc.

La recogida, transporte y almacenamiento de los residuos comprendidos en el grupo II, se llevará a término de la siguiente manera:

- Para la recogida se podrán utilizar bolsas de galga mínima 300, de color verde, de 100 litros de capacidad como máximo; tendrán que ser de un solo uso, con resistencia proporcional a su carga, impermeables y que se cierren herméticamente.
- Estas bolsas se almacenarán en locales que reúnan idénticas características que las exigidas por los residuos incluidos en el grupo III (Residuos sanitarios específicos) o bien en contenedores estancos, de fácil limpieza y desinfección, y que dispongan de cerrado hermético. En dichos contenedores no se podrán depositar, conjuntamente, residuos clasificados en el grupo I y II.
- La recogida, transporte y almacenamiento de los residuos del grupo II se realizará de acuerdo con idénticos criterios de prevención de riesgos de contaminación que los exigidos para los incluidos en el grupo III.

La clasificación de estos residuos sería la siguiente:

- Textiles manchados con fluidos corporales (ropas de cama desechables, empapadores, fundas de colchones)
- Vendajes, algodón usado, compresas, material de curas, apósitos y yesos.
- Contenedores de sangre y suero (vacíos) con fines terapéuticos.
- Equipos de goteros, bolsas de orina (vacías), sondas, catéteres, equipos de diálisis, bomba extracorpórea.
- Receptal (material de un solo uso, para recolección de líquidos corporales), bolsa sangre-plasma (vacía), bolsa colostomía, viales medicación).

### 13.2.3. LOS RESIDUOS SANITARIOS ESPECÍFICOS (GRUPO III) O RESIDUOS BIOCONTAMINADOS

Son residuos con los que se tomarán medidas de prevención en la manipulación, recogida, almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación, tanto dentro como fuera del centro sanitario generador, ya que pueden representar un riesgo a las personas que laboralmente estén en contacto con ellos, por la salud pública o por el medio ambiente. Los residuos incluidos en este grupo, se clasifican en:

#### A. RESIDUOS SANITARIOS INFECCIOSOS

Procedentes de humanos o animales capaces de transmitir alguna de las enfermedades descritas a continuación:

- Cólera.
- Fiebre hemorrágica causada por virus.
- Brucelosis.
- Diftéria.
- Meningitis, encefalitis.
- Fiebre Q.
- Borm.
- Tuberculosis activa.
- Hepatitis vírica.
- Tularémia.
- Tifus abdominal.
- Lepra.
- Antrax.
- Fiebre paratifoidea A, B, i C.
- Peste.
- Poliomiélitis.
- Disentería bacteriana.
- Rabia.
- SIDA (HIV).

**B. RESIDUOS ANATÓMICOS**

Con exclusión de aquellos regulados en el reglamento de la policía sanitaria mortuoria.

**C. LABORATORIOS DE MICROBIOLOGÍA E INMUNOLOGÍA**

Cultivos, material contaminado, restos de tejidos humanos.

**D. QUIRÓFANOS**

Restos humanos, órganos, sangre y otros fluidos corporales procedentes de aspiraciones.

**E. LABORATORIO ANATOMÍA PATOLÓGICA**

Restos de autopsias, restos orgánicos de quirófano, etc.

Además se incluyen: equipos de diálisis de portadores crónicos, residuos de pacientes sometidos a aislamiento, contenedores (vacíos) con sangre o hemoderivados de origen no terapéutico, objetos cortantes y punzantes (jeringuillas de extracciones, agujas, bisturís, etc.), vacunas vivas o atenuadas.

**13.3. GENERACIÓN DE RESIDUOS SANITARIOS.**

El dato más significativo sobre residuos, emisiones y vertidos procedentes de centros sanitarios, es la carencia de datos. La información sobre generación y destino de residuos tóxicos y peligrosos y radiactivos, se desconoce.

La cantidad de residuos sólidos generados en un establecimiento hospitalario es en función de las actividades que en él se desarrollan y, en consecuencia, dependerá, entre otros factores, de la cantidad de servicios médicos ofrecidos en el establecimiento, del grado de complejidad de la atención prestada, del tamaño del hospital, de la proporción de los pacientes externos atendidos y de la dotación de personal.

Diariamente, en la ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires se generan 100 toneladas de residuos patológicos sólidos. Un estudio realizado por SIM ha establecido que el índice de generación de residuos patogénicos mínimo en cada establecimiento de salud es de 1,5 Kg por cama y por día. El total de residuos hospitalarios, de diversas categorías, generado diariamente y expresado en las mismas unidades es de unos 6,5 a 8 Kg mínimo.

Esta cantidad de residuos, provoca grandes riesgos de contaminación y contagio de las personas que eventualmente pueden manipularlos sin conocer su contenido. En ese sentido, la capacitación del personal que trabaja en áreas donde se generan, clasifican y manipulan los residuos, tiene por objeto prevenir y disminuir el riesgo de accidentes entre pacientes, personal de la salud y la comunidad.

**13.4 COMPOSICIÓN.**

Una de las características importantes de los residuos sólidos de hospitales es su heterogeneidad, característica que es consecuencia de la amplia gama de actividades complementarias a la atención médica que se desarrolla al interior de un hospital, todas ellas, en mayor o menor grado, aportan residuos de diversas calidades.

La composición de los residuos sólidos sanitarios puede establecerse de acuerdo con diferentes criterios de clasificación de componentes, según sea la utilidad que un determinado criterio de clasificación puede prestar en la resolución de un problema específico. Los diversos componentes pueden ser clasificados de acuerdo con su lugar de origen, combustibilidad, con su carácter orgánico, putrescibilidad, peligrosidad, o bien de acuerdo con los compuestos y elementos químicos que conforman los desechos.

Desde el punto de vista del manejo sanitario de los residuos sólidos hospitalarios interesa especialmente clasificar los desechos de acuerdo a su carácter infeccioso.

En rigor, para que un residuo sea considerado infeccioso, debe contener gérmenes patógenos en cantidad y con virulencia suficiente como para que la exposición de un huésped susceptible del residuo pueda dar lugar a una enfermedad infecciosa.

**13.5. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SANITARIOS.**

Son dos los tipos de gestión que se pueden llevar a cabo: gestión clásica y gestión avanzada. En muchos países, la segunda ha sucedido a la primera. Por gestión clásica se entiende aquella por la que todo residuo producido en una instalación sanitaria o similar es tratado de forma especial, sin realizar una mínima segregación. De esta forma, se genera una gran cantidad de residuos, cuantificada en unos 1500 g/cama-día.

Por el contrario, una gestión avanzada es la que posee una segregación de los residuos importante, de forma que sólo se gestionen de forma especiales aquellos que estarían incluidos en los puntos 3 y 4 de nuestra clasificación previa. Así, podríamos hablar de una producción de 200 g/cama-día.

**Gestión de los residuos del grupo III**

Los residuos del grupo III se pueden recoger, transportar y almacenar en recipientes o bolsas; si bien éstos, además de las condiciones de etiquetado, tendrán que reunir los siguientes requisitos:

- a) Recipientes.
- De un solo uso.
  - Rígidos y totalmente estancos.
  - Opacos a la vista.
  - Resistentes a la ruptura y a prueba de pinchazos.
  - De cerrado especial hermético y que no puedan abrirse de manera accidental.

## b) Bolsas.

- De un solo uso.
- Impermeables.
- Opacas a la vista.
- De color amarillo y galga 600 con un máximo de 60 litros; se podrá utilizar, también, doble bolsa de galga 300.

### 13.6. PREVENIR LA CONTAMINACIÓN Y EL CONTAGIO.

Hoy en día es imprescindible aplicar todas las medidas de prevención necesarias para evitar el contagio de infecciones -tanto endémicas como epidémicas- y de esta manera proteger la salud de la población.

En todo centro dedicado a la salud, la esterilización y el acondicionamiento del material deben ser permanentes. Para ello, se debe contar con personal capacitado - que debe actualizarse constantemente - y con la mejor tecnología disponible.

Hospitales, sanatorios y clínicas deben cumplir diversas normas para evitar cualquier riesgo. En esta tarea, en la que participan todos los servicios de los centros asistenciales, la esterilización ocupa un rol fundamental.

También es importante la eficiencia en el proceso del lavado de la ropa mediante la utilización de sistemas y equipamientos especializados de lavandería hospitalaria, con control sobre los métodos de recolección, lavado y distribución.

“Esterilidad es sinónimo de ausencia total de gérmenes viables: bacterias, sus esporas, virus y hongos, ausencias fundamentales para evitar la posibilidad de contraer enfermedades”.

Actualmente, también en el ámbito de la salud se maneja el concepto de calidad total, para lo cual es imprescindible contar con procesos validados tanto en el ámbito hospitalario como en el industrial.

### 13.7. SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS.

La separación de algunas de las diferentes fracciones componentes de los residuos sólidos de hospitales es una práctica común en los establecimientos hospitalarios. Tal separación se realiza frecuentemente con el fin de disminuir los costos de manejo interno y externo de los residuos y no con el propósito de reducir los riesgos sanitarios asociados al manejo de las fracciones infecciosas o peligrosas en general.

La implantación de una práctica adecuada de separación en origen de las fracciones infecciosas y de otras fracciones peligrosas, permite derivar el resto de los residuos hospitalarios hacia la recolección municipal, reservando los sistemas de manejo especiales sólo para aquella porción de residuos que realmente ofrece riesgos. Pese a las ventajas de la separación en origen de las fracciones peligrosas, no resulta fácil implementar este tipo de prácticas en los establecimientos hospitalarios.

### 13.8. TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL.

En cuanto al volumen de generación de residuos patológicos en la Capital Federal, el estudio de SIM ya mencionado lo estima en 40 toneladas diarias, de las cuales reciben tratamiento adecuado tan sólo un 50%, es decir 20 Tn. Las restantes no reciben tratamiento alguno. Si se agrega el conurbano cercano, lindante con la Capital Federal, las mismas estimaciones hacen llegar la generación a 100 Tn/día de residuos patológicos. En todo caso, se hace evidente la necesidad de contar con una mayor oferta de servicios de descontaminación y tratamiento de residuos patológicos, como así también adecuada formación de recursos humanos para la debida segregación en la fuente.

Desde el punto de vista sanitario, eliminar los desechos hospitalarios sin tratamiento resulta absolutamente inaceptable, ya que implica someter a alto riesgo la salud de las personas y el medio ambiente. Debe agregarse que muy frecuentemente los residuos son dispuestos en basurales a cielo abierto en los que por regla general, se practican actividades de recuperación de materiales sin ningún control, quedando las personas que se dedican a las actividades expuestas al contacto directo con material contaminado microbiológicamente.

Cabe destacar que el manejo deficiente de los residuos de hospitales, no sólo puede crear situaciones de riesgo que amenacen la salud de la población hospitalaria -personal y pacientes-, sino también puede ser causa de situaciones de deterioro ambiental que trascienda los límites del recinto hospitalario.

Para abordar cualquier programa de control de las situaciones de riesgo derivadas del manejo inadecuado de los residuos sólidos de hospitales, es de primordial importancia caracterizar cualitativa y cuantitativamente el problema. Ello permitirá dimensionar los espacios físicos necesarios para manejar los diferentes tipos de desechos, decidir acertadamente acerca de qué técnicas alternativas a utilizar para el tratamiento de cada tipo de residuo y seleccionar los equipos y dispositivos más convenientes para tal propósito.

Los tipos de tratamientos que se pueden llevar a cabo son:

#### A. INCINERACIÓN.

Ésta puede ser específica para estos residuos, o conjunta con los residuos sólidos urbanos. La combustión a alta temperatura (800 °C al menos) destruye los agentes infecciosos y convierte el residuo biosanitario en un material no combustible, esterilizado, de menor volumen y de buen aspecto. Para que se lleve a cabo correctamente, ésta requiere una adecuada temperatura de combustión, un tiempo de residencia suficiente del gas en combustión y una buena mezcla entre el residuo, el aire y el combustible.

Los tipos de horno pueden ser: rotatorio e incineradores pirolíticos o de aire controlado (con dos cámaras, la primera con una temperatura alrededor de 800 °C y la segunda cercana a los 1200 °C). Un problema con la gestión avanzada de este método de tratamiento, puede ser la baja cantidad de residuos que se tendrán si éstos no se pueden incinerar junto a RSU. Además, este tratamiento requiere instalaciones complejas y poco flexibles.

En el proceso de incineración, los elementos químicos no se destruyen sino que se recombinan, liberando en primer lugar los contaminantes clásicos de los procesos de combustión. También emiten todos los metales pesados del combustible, en particular cadmio, plomo y mercurio. Además, se producen emisiones de sustancias que salen tal como entran, como los fármacos, porque ninguna máquina tiene un rendimiento absoluto. También se sintetizan cientos de nuevas sustancias orgánicas al recombinarse los elementos químicos. En especial, por la gran cantidad de plásticos PVC presentes en los residuos hospitalarios, se producen sustancias organocloradas como dioxinas y furanos.

Estas sustancias tóxicas no sólo se vierten a través de los humos, sino también por las aguas utilizadas en los filtros de lavado de gases y en las escorias y cenizas de combustión.

- Los compuestos orgánicos del plomo, cadmio y cloro, no forman parte de ningún ser vivo. Son sustancias tremendamente tóxicas, persistentes y bioacumulativas.
- Las dioxinas y furanos, familia de 200 especies cloradas, son sustancias tan tóxicas que no se han podido determinar dosis de exposición a las que no actúen. Funcionan como una hormona ambiental, afectando al sistema inmunológico, endocrino, neurológico y reproductor, y son potentes cancerígenos. Pero además hay muchas más sustancias desconocidas todavía.

Es peor el remedio que la enfermedad, porque las incineradoras son inevitables fábricas de venenos. Las regulaciones de límites suponen el vertido legal al medio ambiente de cantidades tóxicas constantes y bioacumulativas, aunque para algunas sustancias, como en el caso de las dioxinas, no existen límites de seguridad.

## B. DESINFECCIÓN.

Se trata de convertir los residuos contaminados en asimilables a RSU a través de la destrucción de los patógenos. Este tratamiento es más sencillo, flexible y menos contaminante. Por el contrario, no se cambia el aspecto, el volumen no disminuye de forma apreciable y se tienen problemas con los olores producidos.

Los medios más comunes para la desinfección son el autoclave fijo de vapor a alta temperatura, el móvil, los microondas y los desinfectantes químicos.

### 13.9. LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS.

Las normas anotadas al principio, en particular el Decreto 403/97, tienden a establecer un mecanismo de efectivo control sobre la generación y sobre los residuos efectivamente tratados.

Para cada establecimiento generador, se puede determinar con bastante precisión la cantidad que genera (ver estudio de SIM) y compararla con la declarada en los manifiestos. Para los establecimientos operadores la cantidad contratada no puede superar la capacidad instalada. La nueva reglamentación puede ser así una herramienta para constituir una eficaz base de datos que permita monitorear la gestión global de los residuos patogénicos.

El reciente Decreto 403/97 de la Provincia de Buenos Aires, viene a modificar parcialmente y a actualizar el Decreto 450/94 reglamentario de la ley 11347, que regula la gestión de los residuos patogénicos. A este ordenamiento se suma lo dispuesto al mismo respecto por la ley nacional 24051; y la Resolución 349/94 del Ministerio de Salud.

En todos estos instrumentos se intenta definir básicamente tres cosas: qué son los residuos patogénicos, qué hacer con ellos, y quiénes son generadores de los mismos y por tanto deben estar registrados. Adicionalmente se establecen las condiciones para ser tratador u operador de estos residuos, y las condiciones para transportarlos si los tratamientos se efectúan en instalaciones externas a los sitios o establecimientos de generación.

Es necesario distinguir entre residuos hospitalarios y residuos patogénicos. Los primeros son todos aquellos que se generan dentro de un establecimiento de salud, entre otros los patogénicos. Los segundos serán sólo aquellos que tienen como característica de peligrosidad su patogenicidad, es decir su capacidad de transmitir infecciones y enfermedades. Hay residuos hospitalarios cuya característica de peligrosidad es la de ser contaminantes, como son las sustancias químicas de laboratorios, radiología, o de talleres de mantenimiento.

De estas definiciones claras y homogéneas, surgirá una mejor posibilidad de realizar un efectivo control de la generación y disposición de los residuos hospitalarios, así como poder elegir la mejor solución tecnológicamente probada para el adecuado tratamiento a costos razonables.

En la legislación no se encuentra ninguna referencia a los residuos patogénicos líquidos, ni se establece necesidad de su segregación y tratamiento.

En zonas donde no hay colectoras cloacales, los efluentes líquidos de los establecimientos de salud se convierten en una grave fuente de contaminación y propagación de enfermedades, dado que contaminan la napa freática y los cursos superficiales. En estas zonas, es frecuente que la población extraiga agua de la primera napa.

El manejo adecuado de los diversos materiales de desecho, es de vital importancia para la prevención, disminución y control de infecciones de los habitantes.

Por tanto, ha de entenderse como RESIDUOS HOSPITALARIOS a las distintas variedades de desechos generados en establecimientos de salud, como consecuencia del funcionamiento de los mismos.

Habrán entonces residuos contaminantes, residuos inocuos (domiciliarios) y residuos patogénicos.

Los medicamentos vencidos, son residuos contaminantes químicos; los residuos de las áreas administrativas son residuos inocuos (papeles, restos de embalajes, etc.); los residuos de áreas de mantenimientos y talleres (aceites, grasas, pintura, adhesivos), lavado de vehículos (barros), etc., son residuos contaminantes con diversas características de peligrosidad.

Si el establecimiento posee su propio horno pirolítico, entonces genera emisiones gaseosas contaminantes, que deben ser controladas, y efluentes líquidos del lavado de gases, que también deben ser tratados puesto que son contaminantes.



## 14. RESIDUOS AGRÍCOLAS (COMUNIDAD DE MADRID, 1987A).

Como consecuencia de la actividad agrícola se genera una gran cantidad de residuos. Las raíces, hojas o frutos se descomponen "in situ" y mejoran las propiedades agronómicas del suelo cultivado. Otros residuos integrados por tallos y en general por la parte aérea de la planta son aprovechados en ganadería e industria. Por último se producen algunos residuos que no se aprovechan en la zona en que son generados, pero que es preciso eliminar para facilitar las labores agrícolas.

### 14.1. CLASIFICACIÓN.

Los residuos agrarios comprenden los siguientes tipos y sectores:

- a) Residuos agrícolas
- b) Residuos forestales.
- c) Residuos ganaderos.

Cada uno de ellos, en función de su actividad, generará una serie de productos que, como todos los residuos y subproductos, pueden ser valorizables o no en función de diversos factores.

Los residuos pueden ser reutilizados y aprovechados, cuando se presentan las siguientes circunstancias:

- Proximidad entre las zonas productoras y consumidoras, como ocurre con el aprovechamiento energético de leña o sarmientos de las zonas agrícolas.
- Propiedades favorables del residuo que lo hacen ser estimado en algún sector del consumo.
- Coyuntura local, como ocurre con la valoración ganadera de la hoja de olivo en zonas de carencia de pastos.

Algunas explotaciones ganaderas consumen cantidades considerables de pajas de cereal para las camas del ganado, como aislante de la humedad. También los residuos de cereales pueden formar parte de la dieta alimenticia. La ganadería ovina o caprina, con mayor rusticidad y capacidad de aprovechamiento, pueden consumir residuos como pajas de cereales, los que, mezclados con productos químicos, aumentan su digestibilidad por parte del ganado.

Muchos residuos generados en el campo se incorporan al suelo directamente o después de sufrir un tratamiento, con el fin de aumentar su riqueza en materia orgánica y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Esta práctica de incorporar residuos al suelo, puede ser una fuente de materia orgánica de gran valor en suelos de secano con muy bajo nivel de nutrientes.

La industria papelera puede utilizar los residuos del cereal, ricos en fibras para la obtención de celulosas. Existen así también otras industrias extractoras de productos químicos que utilizan como materia prima los residuos leñosos de los carozos, que se presentan en las fábricas conserveras de estos frutos.

### A. RESIDUOS AGRÍCOLAS

En el sector agrícola, la generación de residuos se puede agrupar por actividades:

Explotaciones agrícolas:

- Fertilizantes.
- Productos agrosanitarios.
- Residuos de cultivos

Industrias agrícolas:

- Extracción y refinado de aceites
- Fabricación de conservas vegetales
- Fabricación de productos de molinería, trozado y descascarado de productos secos.
- Pastas alimenticias y productos amiláceos.
- Panaderías, pastelerías.
- Industria del azúcar.
- Fabricación de cacao, chocolate, confitería.
- Fabricación de alcoholes etílicos, industrias enológicas.
- Fabricación de cerveza y malta.
- Fabricación de bebidas no alcohólicas.
- Centros de manipulación hortofrutícola y conservación frigorífica.
- Centros de clasificación y selección de granos y semillas.
- Industria del tabaco.
- Industria desmotadora de algodón.
- Elaboración de mieles y ceras.

Están constituidos por recortes y piel de frutos, huesos, partículas de tierra, semillas, sustancias colorantes y taninos y restos no aprovechables. Los residuos sólidos deben ser tratados separadamente y no diluidos en agua, ya que así se reduce el grado de contaminación y se consigue la máxima economía en la depuración.

Los residuos sólidos se pueden pulverizar y extender sobre el suelo, recubiertos o no, así mismo pueden utilizarse como materia prima para alimentación animal o procesado como abono orgánico o ser incinerados.

### B. RESIDUOS FORESTALES

Los residuos de las plantaciones forestales son una fuente de riquezas de la que se obtiene gran cantidad de residuos en forma de arbustos, ramas, cortezas, aserrín, etc. Estos residuos dejados in situ fomentan el desarrollo de plagas y es una de las causas más importantes de incendios forestales. Los residuos forestales se dividen en dos grandes grupos:

Explotaciones forestales.

- Biomasa forestal resultante del mantenimiento y de labores silvícolas
- Restos de biomasa procedentes de cortas y preparación.

Industrias forestales.

- Residuos de fabricas de celulosa y papel.
- Restos de madera (astillas, aserrín, cortezas)

Los residuos más importantes son partículas de tierra y arena procedentes del almacenado y carga de la madera, fibras procedentes de la fabricación de la pulpa y del papel y productos de revestimiento utilizados en el proceso (CaCO<sub>3</sub>, arcilla, talco y bióxido de titanio).

### C. RESIDUOS GANADEROS:

Explotaciones ganaderas

- Excretas sólidas y líquidas.
- Lisier
- Desinfectantes.
- Antibióticos
- Detergentes
- Plaguicidas

Industrias ganaderas.

- Industrias lácticas: Lecherías, Productos lactodietéticos, Queserías, nata, yogur, mantequilla, suero, requesón, lactosa, caseína, lactoalbúmina
- Industrias cárnicas: mataderos frigoríficos, embutidos, conservas, tripas, salchichería, aprovechamiento de cadáveres, etc.

Los residuos de origen animal no deben ser considerados como residuos, sino como fuentes de nutrientes para los vegetales, sobre todo las excretas de origen animal. Algunos pueden contener sustancias como compuestos orgánicos fitotóxicos, metales pesados, microorganismos patógenos, los que usados en forma inadecuada pueden convertirse en una fuente de contaminación del suelo, pudiendo causar trastornos a los animales y entrar a las cadenas alimentarias al hombre. Para evitar esto, es necesario hacer aplicaciones de las dosis correctas en el momento oportuno.

Los residuos de las industrias cárnicas están conformados por tripería, vaciado de panzas, uñas, pelo, huesos, cuernos, pieles. Los residuos como pelos, huesos y cuernos, son de fácil recuperación y tienen diversos usos, previa trituración y mezcla con otros productos. Estos pueden ser la preparación de abonos, harinas de huesos, cepillos y confección de diversos objetos.

Las excretas de los animales pueden someterse a fermentación o digestión anaerobia y obtener

un producto energético, metano, que puede atender las necesidades locales de la granja o explotación ganadera. La utilización de estos residuos para obtención de energía por medio de digestión anaerobia no excluye su eliminación y privación de emplearlos en el medio agrícola, por el contrario, el residuo ganadero una vez digerido se encuentra enriquecido en elementos fertilizantes mineralizados y más equilibrado.

Los purines y estiércol son, sin duda, los de mayor interés de utilización anaerobia por cuatro razones:

- Son residuos localizados.
- Están diluidos.
- Aportan alto contenido de nutrientes para el crecimiento bacteriano.
- Suponen una gran ventaja para su utilización posterior en la agricultura.

## 14.2. COMPOSICIÓN.

En el contexto de la producción vegetal, el concepto estricto de residuo agrícola se aplica, bajo denominación de residuos de cosecha, a la fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha y a aquella parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal. De forma similar, los restos de poda de los cultivos leñosos deben ser considerados asimismo residuos agrícolas estrictos.

Estos materiales presentan un contenido hídrico muy variable (según el desarrollo ontogénico del cultivo en la época de recolección), elevado contenido en materia orgánica, fracción mineral variable en concentración total y equilibrio (según el órgano o fracción de que se trate) y relación C/N generalmente alta, aunque con notables diferencias según la naturaleza y composición del residuo. La biodegradabilidad de estos materiales es en función del contenido relativo en biomoléculas fácilmente degradables (azúcares solubles y de bajo peso molecular, hemicelulosa y celulosa) y en componentes de lenta degradación (ceras, ligninas y otros polifenoles).

Los residuos de cosecha pueden presentar un mal estado fitosanitario, como resultado de la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de procedencia (insectos, ácaros, nematodos, hongos, bacterias, virus, etc.), que deben ser tenidos en cuenta en el momento de considerar su posible tratamiento y gestión ulterior.

Asimismo, debe señalarse que los residuos de cosecha pueden presentar contenidos variables de las materias activas utilizadas en los tratamientos fitosanitarios del cultivo. Estos residuos pueden llegar a ser altamente problemáticos, especialmente en los cultivos sometidos a tratamientos intensivos, cuando han aplicado materias activas de lenta degradación y alta permanencia en las condiciones edafoclimáticas existentes.

En un contexto más amplio, pueden considerarse también como residuos agrícolas los subproductos de origen vegetal, generados por las industrias de transformación agrícolas y algunos residuos agrícolas específicos (como por ejemplo el compost del cultivo del champiñón una vez utilizado). Por extrapolación, en el contexto anterior también podrían ser considerados en este apartado los materiales de desecho en los cultivos protegidos (sustratos ya utilizados, plásticos de cubierta y acolchados, tuberías de riego, etc.), aunque por sus peculiares características no van a ser tratados.

## 14.3. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS.

Un plan de gestión de residuos orgánicos, debe tener como objetivo convertir los residuos en recursos. Para ello se deben realizar acciones en tres ámbitos: 1) reducción del residuo en origen; 2) aplicación de tratamientos con el fin de conseguir un nivel de calidad acorde con el destino final; y 3) planificación y control del destino y uso del producto.

Estos planes de gestión deben establecerse, siempre que sea posible, con la finalidad de obtener un producto de calidad que pueda ser aplicado al suelo como enmienda o abono orgánico o que sea adecuado para la formulación de sustratos de cultivo (valorización agronómica). Cuando esta valorización no sea posible, se planificará la viabilidad de su valorización energética (combustión/gasificación). Si ninguna de las anteriores alternativas resulta viable, se procederá a programar su aislamiento final en vertederos controlados.

En el caso de los residuos agrícolas que nos ocupa, la valorización agronómica debe ser el objetivo prioritario, siempre y cuando se realicen los tratamientos necesarios para garantizar la calidad del producto y se programen y controlen los planes de aplicación a suelos y cultivos.

El destino anteriormente priorizado para los residuos agrícolas, responde a criterios ecológicos evidentes. En los ecosistemas naturales, los residuos procedentes de la vegetación herbácea, arbustivo, trepadora y arbórea, así como los generados por la fauna, se depositan sobre el suelo, iniciándose el ciclo de descomposición-humificación-mineralización del humus característico de la evolución de la materia orgánica del suelo. El ciclo de la materia en los ecosistemas maduros, tiende a ser cerrado. La tasa de actividad y metabolismo del suelo se establece en función de numerosos factores, entre los cuales se destacan la pluviometría, la temperatura, el contenido en oxígeno, la composición mineralógica del suelo y la naturaleza del humus formado.

En los sistemas agrícolas, el ciclo de la materia se ve fuertemente alterado por las exportaciones realizadas por la biomasa de la cosecha, por lo que es necesario restituir al suelo los nutrientes minerales mediante técnicas de fertilización orgánica y/o mineral. Con el fin de minimizar la pérdida de fertilidad del suelo, la biomasa vegetal restante (residuos) debe ser devuelta directa o indirectamente al suelo, mediante la aplicación de aquellos tratamientos que faciliten su integración a la dinámica edáfica. De esta forma, la materia orgánica se pone a disposición de la microfauna del suelo y de la microflora de descomposición y de humificación que llevarán a cabo los procesos de mineralización primaria y formación de humus estable.

### 14.3.1. EVOLUCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA APORTADA AL SUELO.

Los procesos de transformación y evolución de la materia orgánica aportada al suelo, se estimulan por muchos factores, entre los que cabe destacar, en el contexto que se analiza, los siguientes:

Alta accesibilidad de los microorganismos a los residuos. La materia orgánica incorporada debe ser acondicionada físicamente, para aumentar la superficie de contacto y favorecer la actuación de los microorganismos. Para ello, los materiales deben ser picados, triturados y/o desfibrados mediante la realización de tratamientos mecánicos. El tipo e intensidad del tratamiento físico dependerá de la estructura, forma y tamaño del residuo.

Aireación suficiente para permitir que el metabolismo edáfico se realice en condiciones aeróbi-

cas, requisito indispensable para las reacciones de oxidación que caracterizan la mineralización y la humificación.

pH cercano a la neutralidad y suficiente disponibilidad de calcio, para favorecer la actividad microbiana y determinar la naturaleza de los compuestos húmicos formados.

Temperatura en el rango de 15 a 30°C, que promueva una aceptable velocidad en los procesos de transformación y evolución de la materia orgánica.

Humedad del suelo cercana a 2/3 de la capacidad de campo, evitando la sequía pero también las condiciones de anegamiento.

Presencia de azúcares solubles en el residuo y suficiente disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

En las condiciones edafoclimáticas mediterráneas, el factor más restrictivo es la baja disponibilidad de agua en el período estival, que limita fuertemente la evolución de los residuos que se incorporan al suelo en esta época del año.

La velocidad de las transformaciones de los residuos orgánicos depende de la naturaleza y composición de los mismos: rápida en residuos vegetales verdes, jóvenes y ricos en nitrógeno, azúcares solubles y sales minerales, y lenta en residuos viejos, secos, ricos en celulosa y lignina y pobres en azúcares solubles y en nitrógeno. En cualquiera de los casos, no obstante, el proceso requiere disponer de tiempo suficiente antes de la siembra o plantación del siguiente cultivo. De lo contrario, se puede presentar un efecto depresivo en el cultivo posterior como resultado de la baja disponibilidad de nitrógeno (hambre de nitrógeno) debido a su inmovilización por los microorganismos y de la reducción del crecimiento radicular, debido al efecto inhibidor de la microflora de descomposición. Los anteriores inconvenientes pueden ser obviados incorporando nitrógeno orgánico o mineral al residuo, siempre y cuando se disponga de tiempo suficiente entre cultivos.

Cuando los factores restrictivos son muy evidentes (período intercultivo demasiado corto, baja disponibilidad de agua, incidencia de patógenos y/o parásitos de riesgo, riesgo evidente de fitotoxicidad, alta dificultad para el acondicionamiento físico del material, etc.), la mejor alternativa consiste en retirar del campo los residuos y someterlos a un proceso de compostaje, después de aplicar los tratamientos de acondicionamiento previo. El compost de calidad así obtenido podrá ser incorporado al suelo posteriormente.

### 14.3.2. POTENCIALES USOS DE LOS PRINCIPALES RESIDUOS AGRÍCOLAS

#### A. RESIDUOS DE CEREALES

El principal residuo de los cultivos cerealísticos es la paja y los rastrojos, que presentan baja humedad, alto contenido en celulosa y alrededor de un 10% de lignina. La relación C/N es muy elevada, entre 80 y 100.

La mayor parte de la paja producida se destina a la ganadería, donde se utiliza para la alimen-

tación o como lecho. Antes de establecerse las medidas contraincendios en los ámbitos rurales, la quema de la paja junto con los rastrojos, era un procedimiento bastante frecuente en el campo español. Aunque con poca frecuencia, lamentablemente, la paja, tras su acondicionamiento físico, es incorporada al suelo con los rastrojos.

Otros posibles usos de la paja, aunque minoritarios, son los siguientes: obtención de papel paja, obtención de glucosa y furfural, componente en la fabricación de tableros, aislante y material de relleno en materiales de construcción, cultivo del champiñón, empleo como combustible, obtención de estiércol artificial, agente de aireación y/o fuente de carbono para el compostaje de residuos pastosos o excesivamente ricos en nitrógeno.

La quema de rastrojos y de paja es una actividad poco defendible desde la óptica técnico-científica, pero que ha sido bastante usual en el campo español. Como aspectos favorables de la quema, se han citado los siguientes: destrucción de propágulos de malas hierbas, reducción de parásitos y patógenos, restitución de minerales al suelo, eliminación rápida del residuo, etc.

La incorporación al suelo o enterrado de pajas comporta un aporte importante de materia orgánica al suelo y su posterior humificación, mejorando el balance de humus tal y como se ha comentado anteriormente, con los numerosos efectos positivos que ello conlleva, y recicla de forma natural los nutrientes asimilados por los cultivos. Antes de su incorporación al suelo, la paja debe ser picada o troceada mecánicamente, con lo que se favorecerá su posterior ataque microbiano y se facilitarán las labores del siguiente cultivo. La incorporación al suelo, para su compostaje en el suelo, debe ser superficial.

Dada la alta relación C/N de la paja, el enterrado conlleva inmovilización del nitrógeno del suelo, fenómeno que puede provocar "hambre de nitrógeno" en el siguiente cultivo, como se ha comentado anteriormente. Este efecto negativo, puede evitarse fácilmente, aportando nitrógeno (de 6 a 12 Kg por Tm de paja) a la paja en el momento de enterrarla. Los purines pueden ser un material muy interesante para esta finalidad, puesto que además de nitrógeno y otros nutrientes, incorpora agua al suelo, aumentando la humedad del residuo y del suelo y facilitando la descomposición de la paja.

#### B. RESIDUOS DE VEGETALES VERDES

Se trata de residuos de cultivos que se cosechan antes de la senescencia vegetal. Por este motivo, los residuos presentan alto contenido en humedad y generalmente son fácilmente degradables. Comprende, entre otros, los residuos de los cultivos forrajeros y raíces o tubérculos extensivos y los que provienen de la mayoría de los cultivos hortícolas comestibles y de las producciones de flor cortada.

La mayoría de los residuos forrajeros recolectables se reciclan para la alimentación del ganado, por lo que en la práctica no constituyen un residuo propiamente dicho.

Los residuos de la horticultura comestible pueden ser incorporados en el suelo para facilitar su posterior descomposición, si existe tiempo suficiente antes de iniciar el próximo cultivo. El elevado contenido hídrico de estos residuos y su baja relación C/N (15 a 30), promueve una descom-



posición bastante rápida y, generalmente, su incorporación al suelo no conlleva el riesgo de “hambre de nitrógeno” en el siguiente cultivo.

En las explotaciones muy intensivas, especialmente en cultivo protegido, los residuos de la cosecha de la horticultura comestible y también de la floricultura, deben ser retirados del suelo o de los sustratos de cultivo antes de iniciar el cultivo siguiente, al no existir tiempo suficiente y/o para evitar los riesgos fitosanitarios. En estos casos los residuos vegetales se amontonan al aire libre para facilitar su desecación, disminuyendo así su volumen. Posteriormente, estos residuos pueden tener cuatro destinos principales: transporte e incorporación al suelo de otras fincas menos intensivas; quema “in situ”; deposición en vertederos; o traslado a plantas de compostaje para la fabricación de compost. Este último destino se muestra de especial interés, puesto que permite una importante reducción del volumen (minimización del residuo) y su valorización mediante la estabilización de la materia orgánica y la higienización del producto, eliminando o disminuyendo drásticamente la posible existencia de patógenos y parásitos en el residuo inicial. El compost obtenido puede ser utilizado para su aplicación al suelo como enmienda o abono orgánicos o como sustrato o componente de un sustrato en cultivo sin suelo.

### C. RESIDUOS DE PODA DE VIÑA Y FRUTALES

Los sarmientos y la madera proveniente de la poda de la vid y de los árboles frutales presenta un contenido medio-bajo de humedad y un alto contenido en celulosa y lignina. La relación C/N de estos materiales es muy elevada, entre 150 y 250.

La mayor parte de estos residuos se quema en la propia explotación tras ser retirados del campo y en mucha menor proporción se utiliza como combustible (troncos o ramas gruesas de frutales) o para el asado de carne en barbacoas (sarmientos de vid). De forma alternativa, y con mucho mayor interés, estos materiales pueden ser aplicados al suelo para su posterior descomposición y humificación. Esta alternativa, que hace unos años era muy poco frecuente, se va implantando lentamente en la arboricultura española. La aplicación al suelo exige un tratamiento mecánico previo de troceado o picado y, si se considera necesario, de desfibrado. Este último tratamiento es especialmente interesante en troncos y ramas de mediano y gran calibre. Atendiendo a la elevada relación C/N de estos residuos es preciso aportar una fuente nitrogenada, ya sea de naturaleza orgánica (estiércol, abonos orgánicos, purines, abonado en verde) o inorgánica (abonos amoniacales o ureicos), que aceleren su descomposición. El residuo triturado puede dejarse sobre el suelo, a modo de acolchado orgánico de lenta descomposición, o proceder a su incorporación superficial en el suelo, mediante la realización la labor adecuada.

### D. TRATAMIENTOS MECÁNICOS PARA LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS

Como se ha comentado anteriormente, la aplicación al suelo de las pajas y otros residuos equivalentes de los cereales requiere trituración o picado e incorporación superficial. Estas dos operaciones se pueden realizar de forma separada o conjunta según disponibilidad de maquinaria y características del residuo.

La rotura de la paja se realiza generalmente en el momento de la cosecha, incorporando una dis-

positivo picador a la cosechadora. De esta forma, la paja picada queda sobre el suelo a medida que avanza la cosechadora. Posteriormente, se debe realizar una labor de incorporación superficial mediante pasa de grada de discos o labor de chisel. Una única labor de grada de discos (utilizando discos escotados) permite la rotura e incorporación de la paja en una sola labor.

La aplicación de residuos tales como los procedentes del maíz, girasol, colza, etc. se realiza generalmente utilizando gradas rotativas de eje vertical, las cuales, aprovechando el movimiento transmitido por la toma de fuerza, rompen e incorporan en una sola labor el residuo, garantizando un buen contacto con el suelo. Este mismo tratamiento es adecuado para los residuos hortícolas.

Los restos de poda requieren siempre un tratamiento de fragmentación o rotura. Para esta labor se suele utilizar trituradora de restos de poda, de funcionamiento similar a una desbrozadora de martillos o mayales pesada, de reciente aparición en el mercado y muy bien adaptada para la zona olivarera del sur de España. Acoplada al tractor, el tamaño y el diámetro medio del producto obtenido, es en función de la velocidad de avance y del régimen de giro de los martillos. El producto resultante queda en el centro de la calle y puede ser posteriormente incorporado al suelo con grada rotativa de eje vertical o, más frecuentemente, dejado en superficie como acolchado orgánico.

### E. ARROCERAS

El residuo básico de esta industria es la cascarilla de arroz, que puede ser utilizada como combustible o como sustrato de cultivo, sola o mezclada con otros sustratos. Para este uso, y para evitar su posible fitotoxicidad, es conveniente que se haya sometido a un proceso previo de descomposición o de tostación en horno.

### F. CERVECERAS

Los lodos procedentes de las industrias cerveceras son depositados en vertedero en su mayor parte, aunque en algunos casos se utilizan como abono orgánico y en la alimentación animal. Los residuos de lúpulo y malta, pueden ser también compostados con otros materiales orgánicos para ser utilizados en la formulación de sustratos.

### G. FRUTOS SECOS

Los restos de cáscaras rotas, trituradas o tostadas, se utilizan principalmente como combustible. Estos materiales, previa reducción de su tamaño si este es excesivo, pueden ser compostados o co-compostados con otros materiales orgánicos con mayor contenido en nitrógeno y más degradables. El compost obtenido puede utilizarse como abono, enmienda orgánica o en la formulación de sustratos.

## H. HARINERAS

Los residuos generados en estas industrias son el salvado y polvo y paja de trigo y en menor proporción grano. Estos productos se destinan principalmente a la alimentación animal y lecho de ganadería. En algunos casos pueden volver al suelo como componente de abonos orgánicos e ingredientes de compost.

## I. OLEÍCOLA

Del proceso de extracción del aceite de soja y de girasol, se obtiene un residuo consistente en restos de semillas y harinas. Estos productos se usan como abono en agricultura y en la alimentación animal o bien son depositados en vertedero.

De la extracción del aceite de oliva y según el procedimiento utilizado, se genera el orujo, el alpechín, el lodo de alpechín o el alperujo. El orujo se ha utilizado tradicionalmente como combustible o componente de pienso para la alimentación animal. Tras su compostaje o co-compostaje, puede ser aplicado al suelo o utilizado para la formulación de sustratos de cultivo, mezclado con materiales aireantes.

Los lodos de alpechín, obtenidos tras la evaporación en balsas del alpechín, y el alperujo, producto resultante del nuevo sistema de centrifugación en dos fases, tienen diversas utilidades: cogeneración de energía eléctrica, secado para obtener el aceite de orujo, combustible en la propia almazara tras su secado en balsas y elaboración de abonos orgánicos mediante co-compostaje con otros productos que aumenten la porosidad y la aireación, como residuos de maíz, algodón, raspajo de uva, etc.

## J. TEXTIL

Los residuos textiles principales, proceden del algodón o del lino. El subproducto del algodón consiste en fibras cortas, semillas y restos de hoja. El residuo del lino genera el polvo de telar que se obtiene del tallo en el proceso de fabricación de las fibras. La mayor parte de estos residuos se destinan a vertedero o son quemados en la propia industria para la obtención de energía. Si se someten a un proceso de compostaje, estos materiales pueden ser utilizados en la formulación de sustratos de cultivo.

## K. TRANSFORMACIÓN DE HORTALIZAS

Las industrias de conservas, congelación y cuarta gama de hortalizas, generan un conjunto de residuos de alta degradabilidad y ricos en nutrientes. Estos materiales, tras su compostaje, pueden ser utilizados en la fabricación de abonos orgánicos, de enmiendas orgánicas y para formular sustratos.

### 14.3.3. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE RESIDUOS SÓLIDOS AGRARIOS:

Todos los tipos de residuos antes expuestos, presentan características que pueden ser aprovechadas con tres objetivos fundamentales:

- Producir energía
- Alimentación de ganado
- Fertilización de suelos.

El aprovechamiento de energía de la biomasa residual, exige tecnologías sencillas que hagan posible el manejo de los residuos. Su potencial energético o los costos que exige su eliminación para evitar contaminación del medio natural, pueden hacer viables estos aprovechamientos.

La tecnología de aprovechamiento energético de residuos se deberá ajustar a las características intrínsecas del residuo y principalmente a su estado físico y humedad. Las técnicas más interesantes son astillado, combustión, pirólisis o carbonización y la gasificación.

### COMPOST DE CHAMPIÑONES

Se denomina compost de champiñones al sustrato elaborado para el cultivo de los champiñones u otras setas. Los materiales tradicionales para la fabricación de este producto son el estiércol de caballo y la paja, aunque se utilizan más frecuentemente otras mezclas sin estiércol: paja de trigo o maíz, restos de cosecha de girasol y maíz, orujo de uva, turba, etc. Un material muy utilizado es la mezcla de paja, gallinaza y yeso, recubierta de turba neutralizada. Finalizada la producción de setas, el compost se convierte en residuo. Una buena parte de este residuo se deposita en vertederos o es incinerado, aunque diversos estudios indican que puede ser utilizado como enmienda orgánica, para la fabricación de abonos orgánicos y para la formulación de sustratos. Para estas aplicaciones, es muy conveniente que el compost de champiñones crudo se someta a un proceso de compostaje que permita eliminar el micelio. Para este compostaje, es adecuada la incorporación de materiales con alta relación C/N dado que la de este residuo es muy baja (8 a 12).

Fuente: AIDIS Argentina, 2002



Fuente: Sturion et al, 1997

## GLOSARIO

**Actividad radiactiva:** Actividad de ciertos elementos para irradiar continuamente energía, ya que sus átomos se desintegran espontáneamente.

**Auditoría ambiental:** Es la revisión sistemática, documentada, periódica y objetiva, efectuada por entidades públicas y privadas de operaciones y prácticas enmarcadas en requerimientos ambientales. Apunta a verificar el cumplimiento de las regulaciones ambientales, evaluar la efectividad de los sistemas de manejo ambiental y evaluar los riesgos de prácticas y materiales regulados y no regulados.

**Certificación ambiental:** Instrumento administrativo que acredita, en forma exclusiva, la aprobación y habilitación a los generadores, transportistas y operadores del sistema de manipulación, transporte, tratamiento o disposición final que los inscriptos aplican a los residuos peligrosos. Se renueva anualmente.

**Corrosividad:** Acción debida a agentes físicos y especialmente a reactivos químicos de carácter natural o artificial, alterando o deteriorando la superficie de un cuerpo,

**Depósito de seguridad:** Instalación para dar disposición final en el terreno a residuos peligrosos no procesables, no reciclables, no combustibles o residuales de otros procesos de su tratamiento, los cuales mantienen sus características de peligrosidad.

**Estabilización:** Término general que describe una transformación físico-química de un material a una forma más estable o menos tóxica.

**Incineración:** Proceso de oxidación térmica a alta temperatura en el cual los residuos peligrosos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y residuales sólidos incombustibles. Los gases generados son emitidos a la atmósfera, previa limpieza de gases, y los residuos sólidos son depositados en un relleno de seguridad.

**Inertización:** Tratamiento de los residuos para transformarlos en sustancias químicamente inertes, esto es, sustancias estables que tienden a no sufrir alteraciones por procesos físico-químicos o biológicos, por lo que pueden almacenarse en vertederos.

**Producción limpia:** Estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas hacia el ambiente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental y elevando simultáneamente la competitividad de la empresa.

**Radiactividad:** Propiedad que presentan ciertas sustancias consistentes en la emisión de partículas alfa, electrones, positrones y radiación electromagnética, que proceden de la desintegración espontánea de determinados núcleos que la forman. La radiactividad puede ser natural o artificial, según que la sustancia ya la posea en el estado en que se encuentra en la naturaleza o bien que haya estado inducida por irradiación de agentes externos.

**Reactividad:** Un Residuo se considera reactivo si presenta capacidad de explotar o sufrir un cambio químico violento en diferentes condiciones. Los criterios de reactividad de un residuo son:

- Inestabilidad y facilidad para sufrir cambios violentos.
- Reacción violenta al contacto con agua
- Formación de mezclas potencialmente explosivas al mezclarse con agua
- Generación de vapores tóxicos en cantidades suficientes para representar peligro para la salud humana y el medio ambiente al mezclarse con agua
- Materiales que contengan cianuros o sulfuros que pueden generar vapores tóxicos al ponerse en contacto con condiciones ácidas
- Facilidad de detonación o reacción explosiva al ser expuestos a presión o calor.
- Facilidad de detonación, descomposición o reacción explosiva a temperatura y presión estándar.
- Materiales definidos como explosivos prohibidos.

**Residuos agrícolas:** Residuos procedentes de actividades agrícolas, ganaderas o forestales, a los que no se les puede dar un destino útil. No se incluyen aquí aquellos procedentes de la industria agroalimentaria (industria basada en los productos agrícolas).

**Residuos hospitalarios:** Son el conjunto de desechos que genera un centro de atención de la Salud durante el desarrollo de sus funciones, pueden ser: Tipo A) provenientes de tareas de administración o limpieza general de los mismos, depósitos, talleres, de la preparación de alimentos, empaque y cenizas; Tipo B) residuos patogénicos. Incluyen vendas usadas, residuos orgánicos de partos y quirófanos, necropsias, morgue, cuerpos y restos de animales de experimentación y sus excrementos, restos alimenticios de enfermedades infecto contagiosas, piezas anatómicas, residuos farmacéuticos, materiales descartables con y sin contaminación sanguínea, etc. y Tipo C) residuos radioactivos provenientes de radiología y radioterapia. Los residuos de éste tipo requieren, en función de la legislación vigente y por sus características físico químicas, un manejo especial.

**Residuos inflamables.** Aquellos capaces de causar un incendio en diferentes condiciones, tales como fricción, absorción de humedad, cambios químicos espontáneos, y que al incendiarse arden tan vigorosa y persistentemente que pueden representar un riesgo.

**Residuos peligrosos:** Se denomina residuo peligroso a todo material que resulte objeto de desecho o abandono y pueda perjudicar en forma directa o indirecta, a seres vivos o contaminar el suelo, al agua, la atmósfera o el ambiente en general.

**Residuos sanitarios:** Son los derivados de actividades sanitarias procedentes de hospitales, clínicas, ambulatorios, laboratorios de análisis clínicos, laboratorios de investigaciones biológicas y establecimientos similares, como determinadas industrias farmacéuticas. Estos residuos se caracterizan por la presencia tanto de gérmenes patógenos como de restos de medicamentos diversos.

**Solidificación:** Método de tratamiento ideado para mejorar las características físicas y manipuleo de un residuo. Estos resultados son obtenidos principalmente por la producción de un bloque monolítico de residuo tratado, con elevada integridad estructural.

**Toxicidad:** Capacidad de una sustancia para causar daño a un organismo. Para definir la toxicidad en términos cuantitativos se requiere conocer la cantidad de sustancia administrada o absorbida (la dosis), la vía por la cual se administra la sustancia (inhalación, ingestión, etc.), la distribución y frecuencia en el tiempo de la administración (dosis única o repetida), el tipo y gravedad del daño o los daños y el tiempo necesario para causarlos.

## BIBLIOGRAFÍA

AIDIS Argentina, 2002. Diagnóstico de la Situación de los Residuos Sólidos en Argentina (en prensa).

Comunidad de Madrid, 1987a. Residuos agrarios. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 4. España.

Comunidad de Madrid, 1987b. Residuos clínicos o sanitarios. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 5. España.

Comunidad de Madrid, 1987c. La incineración. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 7. España.

Comunidad de Madrid, 1987d. Residuos industriales. Centro de información y documentación Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Vol. 10. España.

Dames y Moore, 1992. Estudio de la Factibilidad, Residuos Peligrosos, Argentina.

Fontoira J., 1989. El tratamiento de los residuos industriales: Situación actual y tendencia futura en el ayuntamiento de Madrid, En: Residuos Urbanos y Medio Ambiente, Universidad Autónoma de Madrid, pág. 41-49. España.

Fundación Mapfre, 1994. Manual de Contaminación Ambiental, Ed. Mapfre, S.A. pág. 372-378. España.

Gerola, G., 1996. Gestión de Residuos Sólidos en la Capital Federal y 22 Municipios del Gran Buenos Aires [Solid Waste Management in the Federal Capital and 22 Municipalities of Greater Buenos Aires]. En Planeamiento y Gestión Urbana Estratégica en América Latina. Documentos del Seminario "Planeamiento y Gestión Urbana Estratégica en América Latina", Santiago, Chile.

Indu Ambiente, 1998. La simbiosis industrial. En: Indu Ambiente, Año 6, N° 35, pág: 40-45. Chile.

Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2002. Generadores de Residuos Peligrosos, Unidad Registro de Residuos Peligrosos, Argentina (<http://www.medioambiente.gov.ar/dnga/registro/nominas/NomGen.asp>, Enero 2003).

Ministerio de Economía de Chile, 1998. Manual de Auditoría en Producción Limpia. Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia. Chile.

Ministerio de Obras Públicas, 1991. Residuos Tóxicos y Peligrosos tratamiento y eliminación. Secretaría general técnica centro de publicaciones ministerios de obras públicas y transporte. España.

Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, 1996. 100 Preguntas sobre los residuos industriales. Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. España.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1988. Residuos tóxicos y peligrosos. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. España.

Rosell O., Luna P. y X. Guardino, 1989. Evaluación y control de contaminantes químicos en hospitales, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Documentos Técnicos, 57:89, España.

Sturion G., Ranzani, M y L. Martirani, 1997. O cultivo de cogumelos comestíveis do gênero Pleurotus: uma alternativa para o aproveitamento de resíduos agrícolas - folha de bananeira. ESALQ/USP. Piracicaba (S-VHS,22 min.- vídeo científico-didático).

Traspaderne A., 1992. Vertederos de Seguridad. En: Ingeniería Química, abril- 1992.

Zambrano M.; Rivera S. Y G. Vidal, 2001. Residuos Sólidos: La realidad industrial de un país en desarrollo, en: Residuos, año XI -N° 58, pág: 108-112, España.

Zaror C., 2002. Introducción a la Ingeniería Ambiental para la industria de procesos. Universidad de Concepción, 2ª Edición, pág. 328-333, Chile.



## PARA APRENDER MÁS:

<http://www.eco-sursdeh.com.ar/>

Recolección, Transporte Disposición final de Residuos Industriales, Patológicos, Especiales y Peligrosos.

<http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/s15002.htm>

Actividades de la Unión Europea. Gestión de los Residuos. Incineración.

<http://www.girsa.net/modresiduos/tratasanitarios.htm>

Procesos de Eliminación de Residuos Sanitarios.

[http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083\\_03.2002/083\\_Investigacion\\_Cepis.php3](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2002/083_03.2002/083_Investigacion_Cepis.php3)

Informes sobre incineración y salud humana.

<http://www.estrucplan.com.ar/contenidos/Residuos/inflamabilidad.asp>

Industria y Medio Ambiente.

<http://www.ingenieroambiental.com/new3informes/residuosaves.htm>

Tratamiento de residuos de la producción avícola mediante lombricultura.

[http://www.infoagro.com/conservas/residuos\\_conservas\\_vegetales.htm](http://www.infoagro.com/conservas/residuos_conservas_vegetales.htm)

Gestión y Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos de la Industria de Transformados Vegetales.

<http://www.eco-sursdeh.com.ar/>

Sitio de una empresa de recolección de residuos peligrosos; incluye información sobre temas ambientales (no solo recolección de residuos).

<http://www.ars.org.ar/>

Asociación para el Estudio de los Residuos Sólidos (Argentina).

<http://www.medioambiente.gov.ar/sian/>

SIAN. Sistema de Información Ambiental Nacional.

## COMPETENCIAS PARA EL PROFESOR

### COMPETENCIA GENERAL

Desarrollar una actitud investigativa y de resolución de problemas en el tratamiento de los residuos sólidos (aprender a ser).

### SUBCOMPETENCIAS

- a) **Obtener** elementos de diagnóstico útiles para una adecuada evaluación de la contaminación que se derivan de la disposición final de los residuos agrícolas, industriales y urbanos (aprender a hacer).
- b) **Realizar** observaciones y/o mediciones en terreno, para determinar las características de la gestión de los residuos sólidos como fase de la investigación epidemiológica (aprender a hacer).
- c) **Promover** acciones valorizadas de la producción limpia en el control y manejo de la contaminación, señalando sus consecuencias económicas, sociales y ambientales en el desarrollo sustentable (aprender a convivir).

## PARTE IV. EVALUACIÓN

### AUTOR

**SUSANA RIVERA V.**  
Centro EULA-Chile  
Universidad de Concepción

### COLABORADORES

**HERNÁN CID**  
Centro EULA-Chile  
Universidad de Concepción

**LIUBOW GONZÁLEZ**  
Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad de Concepción

## 15. ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS

(BUENO ET AL., 1997; FUNDACIÓN MAPFRE, 1994;  
INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, 1995;  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1996; RIVERA, 1998)

El conocimiento de las características y volúmenes de generación de residuos sólidos es importante para establecer cada una de las etapas de manejo y dice relación con diseño, políticas, programas educacionales entre otros. En este apartado se dan algunas indicaciones básicas sobre los métodos para la determinación de estas características orientadas principalmente para los residuos sólidos urbanos e industriales.

### 15.1. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En cualquier ciudad, sea grande o pequeña, es esencial conocer la cantidad de basura a recoger y disponer, y sus características tales como densidad, composición, humedad y poder calorífico, con el objetivo de diseñar técnicamente los sistemas de recolección, transporte y disposición final de la misma.

Sin embargo, los métodos estándares de análisis de residuos sólidos desarrollados en los países industrializados son bastante complicados y podrían estar fuera de alcance por la carencia de recursos físicos y humanos de las ciudades medianas y pequeñas que abundan en América Latina.

Este trabajo tiene por finalidades aclarar el objetivo del análisis de residuos sólidos y ofrecer un método sencillo para dicho análisis de manera que facilite el conocimiento mínimo de cantidad y características de basura a manejar por los encargados del servicio de aseo en estas ciudades.

#### 15.1.1. OBJETIVO DEL ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los volúmenes de producción y características de residuos sólidos son muy variables, de acuerdo a condiciones geográficas, culturas, actividades económicas dominantes, climas y estaciones y condiciones locales. Estas variaciones influyen mucho en la búsqueda de la solución más apropiada a los problemas involucrados en las operaciones del servicio de aseo. Las operaciones básicas a las que es necesario dar solución son: el almacenamiento, la recolección y la disposición final.

En primer lugar, es preciso, en el caso del almacenamiento, determinar las características que deben tener los receptáculos para almacenar los residuos sólidos en lo referente a su forma, tamaño y material, a fin de asegurar su fácil manejo y condiciones higiénicas. El tamaño se debe determinar en base a la frecuencia de recolección y al volumen de producción de basura per cápita por día (PPC). En el caso de la basura húmeda, tal como la de América Latina, se debe reducir el uso de cajas de cartón como recipientes, ya que éstas se rompen fácilmente por el efecto de humedad causando problemas al derramarse la basura en las calles.

A continuación, se debe determinar la frecuencia de recolección y seleccionar el tipo, capacidad, etc., de los vehículos recolectores a emplear. En la determinación de la frecuencia se necesita tener en cuenta los siguientes factores:

- Composición física de la basura (contenido de desperdicios y humedad)
- Condiciones climáticas
- Consideración sanitaria (ciclo de la mosca, etc.)
- Recurso disponible para la recolección

En el caso de la basura latinoamericana, se necesita una frecuencia de recolección de por lo menos dos veces por semana por un alto contenido de desperdicios y humedad.

En cuanto a la selección de los vehículos recolectores, es muy común en América Latina el uso de camiones compactadores ensamblados con especificaciones para países industrializados o fabricados en estos países. En este caso, la sobrecarga de los vehículos es muy probable por la alta densidad de la basura latinoamericana, lo cual provoca el desgaste prematuro de los vehículos, sobre todo de los resortes y ejes traseros. Por lo tanto, es muy importante seleccionar la combinación oportuna de cajas y chasis teniendo en cuenta las características de la basura en cuestión.

Finalmente, corresponde seleccionar el sistema de disposición final más conveniente. Esto debe hacerse desde el punto de vista sanitario y económico. De los distintos métodos de disposición final, el que parece ser el más adecuado a la realidad técnica y económica de América Latina es el relleno sanitario. Cuando se trata de seleccionar otros sistemas tales como compostificación, incineración y pirólisis, es indispensable analizar debidamente las características de la basura a disponer, a fin de identificar la factibilidad técnica y económica de estos sistemas en el medio.

En resumen, es indispensable que los funcionarios del servicio de aseo conozcan bien las características cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos actuales de su ciudad así como sus proyecciones futuras. Estos conocimientos son fundamentales para un debido cumplimiento de las siguientes tareas:

- Planeamiento adecuado del servicio de aseo a corto, mediano y largo plazo
- Dimensionamiento del servicio de aseo
- Selección de equipos y tecnologías apropiados.

El análisis de la basura tiene como objetivo el permitir conocer en forma fidedigna dichas características, al objeto de contar con los antecedentes necesarios para dar correcta solución a los problemas que se plantean.

### 15.1.2. TOMA DE MUESTRAS

Generalmente, la cantidad, la composición y la densidad de la basura llevada al relleno son bastante diferentes que las de la basura generada debido a la activa recuperación de materiales tales como papeles, cartones, trapos, botellas y metales, y a la compactación y esponjamiento que se realizan en el transcurso del manejo de basura. Por ejemplo, la densidad de basura se altera a medida que se avanzan las etapas de su manejo como se muestra la Tabla 15.1.

Tabla 15.1. Ejemplo de alteración de densidad de basura

	ETAPA	DENSIDAD (KG/m <sup>3</sup> )
A.	Basura suelta en recipientes	200
B.	Basura compactada en camiones compactadores	500
C.	Basura suelta descargada en los rellenos	400
D.	Basura recién rellena	600
E.	Basura estabilizada en los rellenos (2 años después del relleno)	900

Fuente: Elaboración propia, 2002

Por tanto, se necesita seleccionar una etapa mas apropiada para la toma de muestras teniendo en cuenta el motivo del análisis. Por ejemplo, para la determinación del volumen de recipientes se debe medir la densidad de basura en la etapa a arriba mencionada y para la selección de camiones compactadores se necesita la densidad en la etapa B. En el caso del dimensionamiento de celdas de relleno, es fundamental la medición de la densidad en la etapa D, y se debe usar la densidad de la etapa E en el cálculo de la vida útil del relleno. Si se trata de identificar la factibilidad de industrialización de basura, sería preferible tomar la muestra en la etapa A.

### 15.1.3. NÚMERO DE MUESTRAS

En un programa de análisis por muestreo, la primera y más importante interrogante a responder es la referente al número de muestras. Si el número de muestras es muy pequeño, los resultados son de poca confiabilidad. Es necesario pues fijar un número mínimo de muestras tal que los resultados a obtener reflejen con cierto grado de confianza y reducido porcentaje de error las condiciones prevalentes en el universo poblacional.

#### A . DETERMINACIÓN DE PPC DE CADA ESTRATO SOCIOECONÓMICO

En este caso si la determinación se requiere para cada nivel social(ingreso alto, medio, bajo, zonas marginales, etc.), se necesita tomar aleatoriamente el número de muestras (viviendas) del estrato en cuestión, de acuerdo a lo señalado en la Tabla 15.2.



Tabla 15.2. Número de muestras para la determinación de PPC de cada estrato socioeconómico (Número de viviendas a probar, confiabilidad = 95%, Error permisible = 50gr/hab/día )

		Desviación estándar* de las muestras del estrado en cuestión (gr/hab/día)				
		50	100	150	200	250
Nro. total de viviendas del estrato en cuestión	500	3,8	14,9	32,3	54,7	80,6
	1.000	3,8	15,1	33,4	57,9	87,6
	5.000	3,8	15,3	34,3	60,7	94,2
	10.000	3,8	15,3	34,5	61,1	95,1
	Más de 50.000	3,8	15,4	34,6	61,4	95,9

Desviación estándar\* de las muestras del estrado en cuestión (gr/hab/día)

Por ejemplo, si es permisible un error de 50 gr/hab/día en la estimación de PPC del estrato y cuyo número total de viviendas sea 500, y la desviación estándar de las muestras de este estrato medida a través del estudio anteriormente realizado, tiene orden de 100 gr/hab/día, sería suficiente la toma de 15 (15>14,9) muestras (viviendas). Si no se cuenta con datos de estudios anteriores, se recomienda el uso de 200 gr/hab/día como desviación estándar. Es decir, se necesitan tomar 55 (55>54,7) muestras (viviendas) en vez de 15.

Si se requiere determinar el número necesario de muestras (n) para los casos no incluidos en las tablas arriba presentadas, se puede hacerlos por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E^2}{1,96}\right) + \frac{V^2}{n}}$$

donde: n = Número de viviendas a probar aleatoriamente  
 V = Desviación estándar de variables xi  
 xi = PPC de la vivienda i (gr/hab/día)  
 E = Error permisible en la estimación de PPC (gr/hab/día)  
 N = Número total de viviendas del estrato en cuestión

### B. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE BASURA

Cuando lo que se desea es determinar la composición física de la basura (porcentaje de cartones, metales, etc.), con el fin de identificar la factibilidad técnica y económica de recuperación de algunos materiales, sería necesaria la toma aleatoria del número de muestras que se indican en la Tabla 15.3.

Tabla 15.3. Número de muestras para la determinación de composición física de basura, (Número de muestras a tomar, confiabilidad = 95%)

		% estimado del componente en cuestión					
		1.0	2.0	5.0	10.0	20.0	40.0
Error permisible en la determinación de %	0,1	1540					
	0,2	401	754				
	0,5	72	129	292			
	1,0		36	77	139	240	355
	2,0			21	36	61	89
	5,0				6,4	10,3	14,4

Nota: Esta tabla se basa en la desviación estándar transformada 0,1962 medida en Venezuela en vez de la cifra 0,1632 indicada por Klee y Carruth. Fuente: Sakurai, 2000

Por ejemplo, si se requiere determinar el porcentaje de metales contenidos en la basura, cuya cifra estimada es el 5.0%, y se permita un error del 1.0% con la confiabilidad del 95%, sería necesaria la toma de por lo menos 77 muestras. Como se explica más adelante en el inciso a. del ítem 7,1, cada muestra aleatoriamente tomada deberá tener un volumen de 1m<sup>3</sup> aproximadamente.

### 15.1.4. PRUEBA DE DENSIDAD

#### A. MEDICIÓN DE LA DENSIDAD DE LA BASURA EN LA ETAPA A, B O C SE HACE EN LA SIGUIENTE FORMA:

- Se prepara un tambor de alrededor de 100 litros que servirá para el muestreo y una balanza de pie.
- Se pesa el tambor y se mide su volumen
- Se pone la basura en el tambor sin hacer presión y se remece de manera que se llenen los espacios vacíos en el mismo.
- Se pesa una vez lleno y por diferencia se obtiene el peso de la basura
- Se obtiene la densidad de la basura, al dividir su peso en kilogramos entre el volumen del tambor en metros cúbicos.

$$\text{Densidad de la basura, } D \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de la basura en Kg}}{\text{Volumen del tambor en m}^3}$$

**B. MEDICIÓN DE LA DENSIDAD DE LA BASURA RECIÉN RELLENADA (ETAPA D), SE HACE DE LA SIGUIENTE MANERA:**

- Se prepara una celda especial de un tamaño de alrededor de 50 m<sup>3</sup>. Es preferible preparar una trinchera por su conveniencia en la medición del volumen.
- Se mide el volumen de la trinchera.
- Se llena la trinchera con la basura que fue pesada por una balanza para pesar camiones, esparciéndola y compactándola en la forma empleada en el relleno en cuestión.
- Una vez llena esta trinchera, se suma el peso de la basura que ha sido colocada en la misma.
- Se obtiene la densidad de la basura recién rellena al dividir su peso determinado en d, entre su volumen medido en b.

**C. EN EL CASO DE LA BASURA ESTABILIZADA EN LOS RELLENOS (ETAPA E), SE HACE LA MEDICIÓN DE LA DENSIDAD EN LA SIGUIENTE FORMA:**

- Se hace la selección del sitio para ensayo, el cual debe tener registros de operación tales como el período de operación y los orígenes de la basura.
- Se raspa la tierra superficial del sitio con un tractor para retirar la tierra de cobertura.
- Se hace la excavación con el empleo de una retroexcavadora, de un área de 25 m<sup>2</sup> midiendo 5m x 5m, hasta una profundidad de 2 m logrando en esta forma 50m<sup>3</sup> de basura estabilizada.
- Se coloca la basura excavada en un camión basculante, mediante una pala mecánica. Se pesa este camión, de tara conocida, por una balanza para pesar camiones.
- Se obtiene la densidad de la basura estabilizada al dividir su peso, medido en d., entre su volumen, determinado en c.

**15.1.5. PRODUCCIÓN PER CÁPITA POR DÍA (PPC)**

Se toma la muestra en la etapa de A diariamente, cubriendo ocho días sucesivos, puesto que hay una variación destacada dentro de ese plazo. Se debe descartar la muestra tomada el primer día de recojo, ya que la duración del almacenamiento para esa muestra no se conoce. Se mide el peso de la muestra usando una balanza de pie en la misma manera que el punto 15.1.4.a.m Se puede determinar la PPC (producción per cápita por día) del modo :

$$PPC \text{ (gr/hab/día)} = (1/7) * \frac{(A1/B1) * P1 + (A2/B2) * P2 + (A3/B3) * P3 + (A4/B4) * P4}{P1 + P2 + P3 + P4}$$

donde:

P1, P2, P3 y P4 = Número de habitantes en las zonas comercial, residencial (ingreso alto), residencial (ingreso medio) y residencial (ingreso bajo), respectivamente.

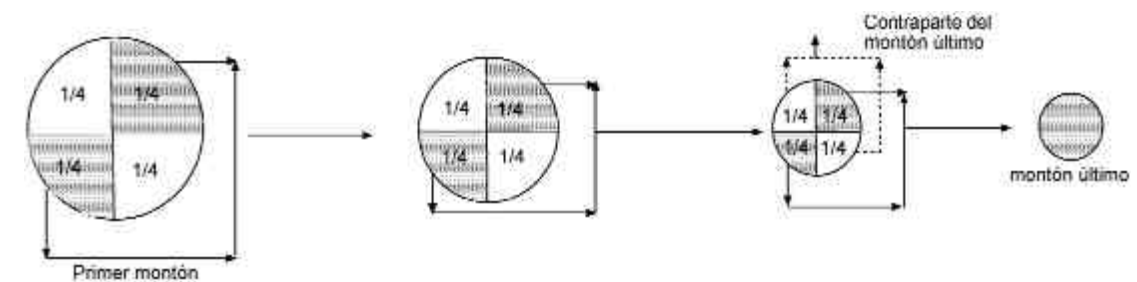
A1, A2, A3 y A4 = Peso de la muestra de una semana completa tomada de cada una de las zonas arriba mencionada (gr/semana) - B1, B2, B3 y B4 = Número de habitantes correspondientes a la muestra tomada de cada zona arriba mencionada

**15.1.6. PRUEBA DE COMPOSICIÓN FÍSICA (BASE HÚMEDA)**

**A. LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA (BASE HÚMEDA) A LA BASURA SE HACE DE LA SIGUIENTE MANERA:**

- Se toma la muestra de alrededor de 1m<sup>3</sup> llevándola a un lugar pavimentado de preferencia en donde se vierte formando un montón.
- Se rompen bolsas y se cortan cartones y maderas contenidas en la basura hasta conseguir un tamaño de 15 cm por 15 cm o menos.
- Se homogeniza la muestra mezclándola toda.
- El montón se divide en cuatro partes y se escoge dos opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes, luego se escoge dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 Kg De basura o menos (Figura 15.1).

Figura 15.1. Selección de muestra representativa. Fuente: Sakurai, 2000



- Se separan los componentes del montón último y se clasifican de acuerdo a las siguientes características:
  - Papel y cartón
  - Trapos
  - Madera y follaje
  - Restos de alimentos
  - Plástico, caucho y cuero
  - Metales
  - Vidrios
  - Suelo y otros
- Los componentes se van clasificando en cilindros pequeños que pueden ser de 50 litros.
- Se debe pesar los cilindros antes de empezar la clasificación usando la balanza de pie
- Una vez terminada la clasificación se pesan los cilindros con los diferentes componentes y por diferencia se saca el peso de los componentes.

- Se saca un porcentaje (%) de los componentes teniendo los datos del peso total y el peso de cada clase.
- \* Se necesita realizar este análisis con la mayor rapidez posible para evitar demasiada evaporación de agua.

### B. UTILIZACIÓN DE DATOS DE COMPOSICIÓN FÍSICA

Cuando se trata de utilizar los datos de composición física así obtenidos, se necesita tener en cuenta la eficiencia de separación, es decir, el porcentaje del producto que se consigue separar mediante el proceso de reciclaje. Dichos porcentajes varían en función del proceso adoptado de separación. A continuación (Tabla 15.4) se presentan algunos valores de la Usina de Reciclaje Ing. Luiz Eduardo Bahía de la COMLURB, Río de Janeiro, que pueden servir como referencia para un preestudio y que tienen como base la separación manual, con excepción del material ferroso, que se supone debe ser separado mediante el proceso electromagnético:

Tabla 15.4. Eficiencia de separación

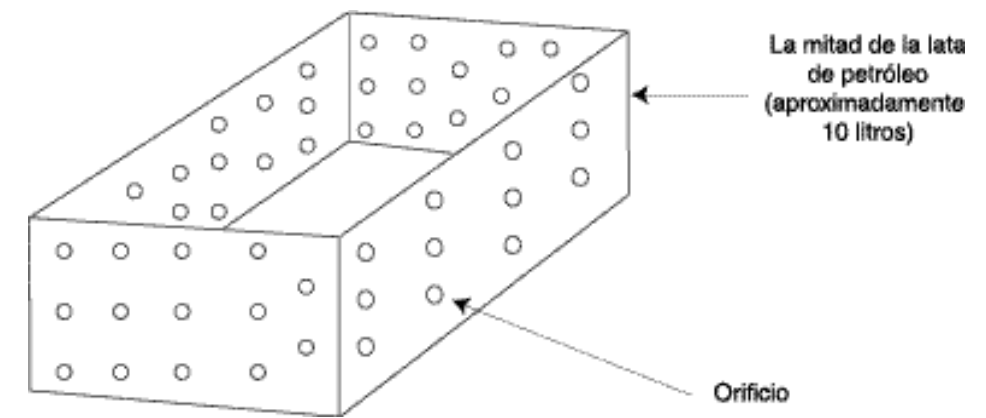
PRODUCTO	% EFICIENCIA EN LA SEPARACIÓN
Papel	5
Cartón	80
Plástico duro	70
Plástico lámina	60
Vidrio	40
Trapo de paño	60
Metal no ferroso	70
Metal ferroso	90

### 15.1.7. PRUEBA DE HUMEDAD

Los pasos a seguir se describen a continuación:

- Se toma la contraparte del montón último en el análisis de la composición de basura, se mezcla y luego se forma un montón
- Se realiza la operación similar que la del punto d. del análisis de la composición de la basura hasta tener 50 litros de basura o menos.
- Se preparan unos 6 recipientes metálicos, utilizando latas de petróleo de 20 litros y se pesan estos recipientes (W1) (Figura 15.2).
- Se pone la muestra en los recipientes, cortando bien los restos de frutas y verduras para facilitar la disecación.

Figura 15.2. Diagrama de receptáculos para determinación de humedad.



Fuente: Sakurai, 2000

- \* Una vez llenos se pesan (W2) y se colocan sobre un horno de pan o una caldera de vapor tres o cuatro días aprovechando el calor radiado.
- \* Una vez secos se pesan (W3) y se calcula la humedad de la basura usando la siguiente ecuación.

$$\text{Humedad de la basura } W (\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

### 15.1.8. MÉTODO PARA ESTIMAR EL PODER CALORÍFICO DE LA BASURA

#### A. ESTIMACIONES DE PODER CALORÍFICO

Para facilitar el cálculo del poder calorífico de la basura, en primer lugar se adoptan los valores de la Tabla 15.5., como el poder calorífico de cada componente seco:

Tabla 15.5. Poder calorífico de componentes de los residuos sólidos urbanos

MATERIAL RESIDUAL	PODER CALORÍFICO (KCAL/KG)
Papel y cartón	4000
Trapos	4000
Madera y follaje	4000
Restos de alimentos	4000
Plástico, caucho y cuero	9000
Metales	0
Vidrios	0
Suelo y otros	0

En segundo lugar, se supone que toda la humedad de la basura está en los componentes de las clases a, b, c y d.

Por tanto, el poder calorífico superior de la basura (Ps) está dado por la ecuación siguiente:

$$Ps \text{ (kcal / kg)} = 40 (a + b + c + d - w) + 90e$$

Se calcula el poder calorífico inferior de la basura (Pi) usando la siguiente ecuación:

$$Pi \text{ (kcal / kg)} = Ps - \frac{W \times 600}{100} = Ps - 6W$$

### B. SELECCIÓN ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

Cuando se trata de seleccionar el proceso de incineración como un método de tratamiento de la basura con el objeto de reducir su volumen y recuperar energía, hay que chequear el poder calorífico inferior de la basura, usando las siguientes normas:

- Pi para incinerar la basura sin combustible auxiliar - cuando menos 1.000 Kcal/kg
- Pi para recuperar energía - cuando menos 1.500 Kcal/kg.

También se debe considerar cuidadosamente la disponibilidad de capital inicial y de recurso humano bien calificado para operarlo, aunque estos son generalmente muy difíciles de conseguir en los países en desarrollo. Como regla general, se puede decir que la incineración no es apropiada en los países en desarrollo a excepción de la incineración de residuos sólidos hospitalarios.

### C . EVALUACIÓN DE LA COMBUSTIBILIDAD SIN CÁLCULO

Se puede evaluar la combustibilidad de la basura sin cálculo del poder calorífico arriba mencionado, si se usa la Figura 15.3.

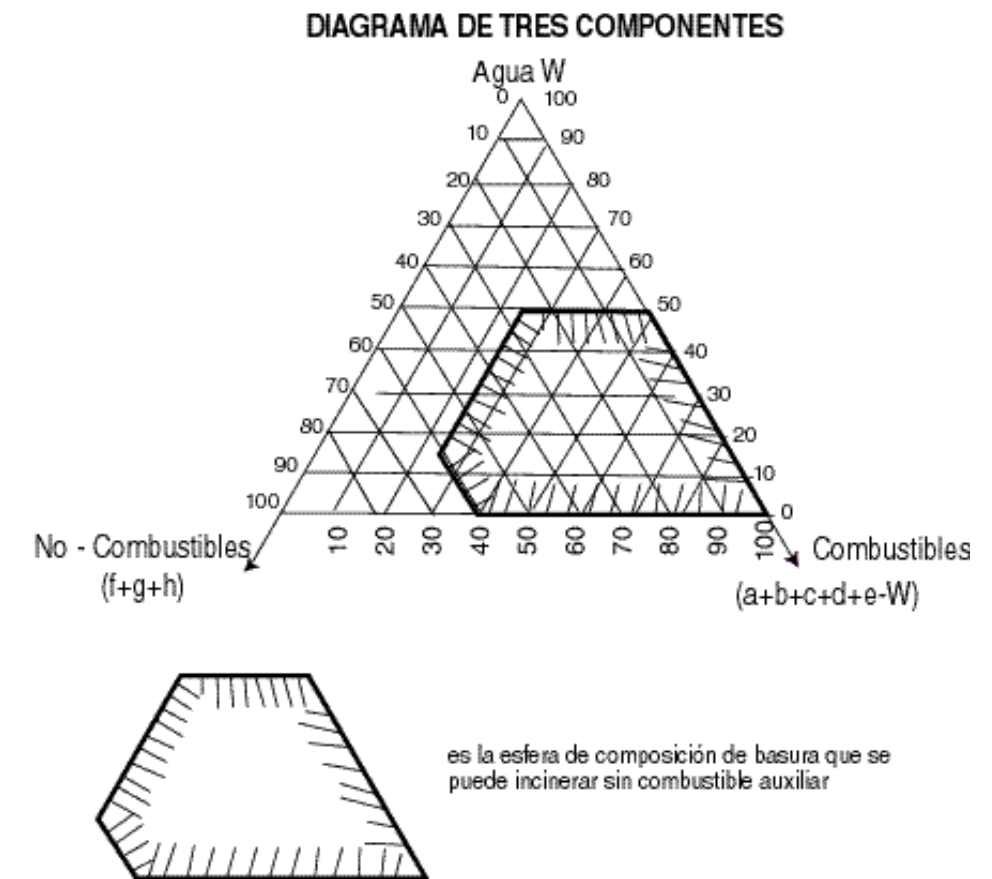


Figura 15.3. Determinación de combustibilidad de una mezcla de residuos sólidos urbanos a partir del diagrama triangular.

Fuente: Sakurai, 2000

### 15.1.9. BIODEGRADABILIDAD DE LOS COMPONENTES DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

El contenido en sólidos volátiles, determinado a 550°C, frecuentemente se utiliza como una medida de la biodegradabilidad de la fracción orgánica de los RS. El uso de los sólidos volátiles para la descripción de la fracción orgánica de los RS es erróneo, porque algunos de los constituyentes orgánicos de los RS son altamente volátiles, pero bajos en biodegradabilidad (por ejemplo, el papel de diario). Alternativamente se puede utilizar el contenido de lignina de un residuo para estimar la fracción biodegradable, mediante la relación siguiente:

$$BF = 0,83 - 0,028LC$$

donde:

BF = Fracción biodegradable expresada en base a los sólidos volátiles

LC = Contenido de lignina de los sólidos volátiles expresado como un porcentaje en peso seco



### 15.1.10. MUESTREO, PLANIFICACIÓN Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE LA CANTIDAD DE MUESTRAS, CALIDAD DE LAS MUESTRAS

La obtención de muestras representativas y bien preservadas son partes críticas de todo monitoreo. Los métodos analíticos han sido estandarizados pero los resultados de los análisis serán tan buenos como lo hayan sido el muestreo y la conservación de las muestras.

En un muestreo, el objetivo es remover una pequeña porción del ambiente que sea representativo del cuerpo entero. Cuando la muestra es analizada, los constituyentes de la muestra deben estar en las mismas condiciones que cuando fueron colectadas. El tiempo que estos constituyentes podrán permanecer estables, está referido a sus características y a la preservación del método usado.

La técnica de muestreo está determinada por el tipo de agua o residuo líquido a ser muestreado, tenemos aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, aguas subterráneas, aguas potables y sedimentos.

Sin embargo, debe considerarse el uso de métodos de localización e identificación de los lugares de muestreo. Mapas, cartas, GPS son referencias invaluableles.

El número de muestras a realizar depende de las características del residuo, según:

#### A. RESIDUOS NO ENTREGADOS EN PEQUEÑOS CONTENEDORES

Son residuos en grandes cantidades que pueden estar recogidos en contenedores de volúmenes superiores a 201 litros.

#### B. RESIDUO HOMOGÉNEO

Se considera como homogéneo, aquel residuo que, estimándose a simple vista, mantiene las mismas características en toda la masa. Se recogen muestras de 1.000 g o 1.000 ml, como mínimo, por entrega. El número máximo de muestras a estimar en función del volumen total, es de 10.

#### C. RESIDUO HETEROGÉNEO

La heterogeneidad viene establecida en función de dos variables:

- Los datos obtenidos en la investigación preliminar.
- Las características observables de manera visual durante el desarrollo del muestreo.

Esta heterogeneidad, tiene un valor oscilable en tres categorías: baja, media y alta. Las muestras serán de 1.000 g o 1.000 ml, como mínimo, por cada 5 toneladas de residuo o fracción. El máximo número de muestras por entrega será de 10. Estas muestras, a su vez, están compuestas por un número de submuestras que viene definido por la siguiente expresión:

$$N = P \times H$$

donde:

N= número de submuestras.

P= número de toneladas o fracción.

H= estimación de la heterogeneidad.

## 15.2. RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS.

### 15.2.1. MUESTREO

Existe una amplia variedad de herramientas y equipo de muestreo para materiales sólidos. Los métodos más utilizados para el muestreo de residuos peligrosos sólidos son el muestreador tubular (TRIER), el muestreador de fluidos (ladrón) y la paleta o pala.

El muestreador tubular, consiste en un tubo largo con una ranura a lo largo de casi todo el tubo. El toma muestras de una pila de residuos es esencialmente un muestreador tubular grande. El muestreador se inserta en el residuo oblicuamente hasta una profundidad determinada por protocolo de muestreo, para asegurar representación estadística. El trier se gira y después se retira con la porción abierta dirigida hacia arriba. El trier es el método preferido cuando el material en polvo o granulado está húmedo o pegajoso. En todo caso, para garantizar la homogeneidad en muestras sólidas, se emplean los procedimientos de división del cono y por cuarteo, para reducir el total del residuo sólido recogido a un tamaño manejable para mediciones analíticas. En las Tablas 15.6 y 15.7, se señalan el tipo de toma de muestra por tipo de residuo, y los puntos de muestreo, respectivamente.

Tabla 15.6. Elección de toma muestras para residuos peligrosos.

TIPO DE RESIDUO	TOMA MUESTRAS	LIMITACIONES / COMENTARIOS
Sólidos en polvo o en granos secos, tambores o contenedores.	Ladrón Trier	Aplicación limitada para muestrear sólidos húmedos y pegajosos y cuando el diámetro del sólido es superior a 0,6 cm.
Residuos secos (en contenedores poco profundos)	Llana	No sirve para muestreo de profundidad superior a 8 cm. Difícil de obtener una masa muestra reproducible.
Pilas de residuos	Toma muestras de pilas de residuos.	No aplicable para el muestreo de residuos sólidos con dimensiones superiores a la mitad del diámetro del tubo de muestreo.

Fuente: EPA, 2003

Tabla 15.7. Puntos de muestreo.

CONTENEDOR	PUNTO DE MUESTREO
Tambor (bitoque a un extremo)	Retirar la muestra a través de la abertura del bitoque.
Tambor (bitoque a un lado)	Tumbar el tambor de lado con el bitoque para arriba; retirar la muestra a través de la abertura del bitoque.
Barriles, tambores de filtro, cubos, sacos o bolsas.	Retirar las muestras a través de la tapa de los barriles, tambores de fibra, cubos y contenedores similares o a través de las aberturas de llenado de sacos y bolsas; retirar la muestra por el centro del contenedor hacia puntos diferentes opuestos diagonalmente al punto de entrada.
Dispositivos al vacío.	Sacar la muestra a través de la escotilla abierta; muestrear todas las demás escotillas.
Pilas de residuos	Tomar muestras debajo de la superficie; al menos desde tres puntos diferentes cercanos a lo más alto de la pila hacia puntos diagonalmente opuestos al punto de entrada.
Tierra	Dividir la superficie en una red imaginaria, dado por el número de muestras a recoger, mezclarlas en una sola muestra representativa del residuo.

Fuente: EPA, 2003.

Preservación y manejo de muestras: Cada etapa en la cadena de actividades de muestreo y análisis, es crítico y debe ser efectuado con precaución con el objeto de no poner en peligro el resultado final. En general, para contener las muestras de residuos sólidos, se recomienda envases de vidrio con tapa de teflón, protegidos contra luz y calor excesivo, almacenada a 4°C. Los contenedores deben ser posibles de sellar en forma hermética para impedir pérdidas y contaminación de la muestra.

### 15.2.2. ANÁLISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS.

Si la naturaleza o la fuente de residuos es desconocida, puede ser necesario analizar el residuo por las características mencionadas más abajo, como mecanismos de descarte que permitan focalizar el programa de análisis sólo a los principales compuestos químicos de peligro. De esta manera es posible reducir los costos de análisis.

- Ph
- Conductividad
- Carbono orgánico total
- Fenoles torales
- Orgánicos (FID)
- Halogenados (ECD)
- Orgánicos volátiles
- Orgánicos N-P
- Metales.

## 16. SUELOS

(BUENO ET AL., 1997 FUNDACIÓN MAPFRE, 1994. INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, 1995; MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1996; RIVERA, 1998)

La forma de tomar las muestras de suelos potencialmente contaminados está detallada en una serie de normas, como las ISO y los estándares holandeses.

Para la recogida de muestras en suelos (Figura 16.1), hay que utilizar los aparatos adecuados para cada caso particular:

- Barrenas manuales: utilizadas en muestreos superficiales.
- Taladros mecánicos: se usan cuando se necesita tomar muestras más profundas.
- Perforadoras: para acceder a niveles de profundidad mucho mayores.
- Perforación de pozos: para la posterior recogida de la muestra líquida con chicadores, barrenas huecas y barrenas espirales.
- Muestreadores de cerámica porosa hueca: para la recogida de muestras de humedad del suelo.
- Tubos de carbón activado, bolsas de muestra o contenedores especiales: para la obtención de gases.



Figura 16.1.: a) Perforación del suelo con motor percutor; b) Extracción de la barrena mediante palancas; c) Testigo de un punto de muestreo; d) Detalle de la muestra extraída con la barrena.

Fuente: Fundación MAPFRE. 1994

Las principales consideraciones a tener en cuenta para diseñar un plan de muestreo sobre suelos contaminados son:

- Al tomar una muestra de suelo y para evitar contaminarla, debe extraerse del muestreador con una herramienta que no modifique su composición, utilizando también guantes de protección desechables después de cada uso.
- Para las muestras en las que se analicen compuestos volátiles, se deben utilizar tubos de acero inoxidable. Estos tubos deben ir perfectamente cerrados para evitar fugas o cualquier transformación de la muestra durante su transporte al laboratorio.
- Hay que tener especial cuidado con la contaminación entre las capas del suelo, pues al recoger la muestra, si ésta se presenta en estado líquido o pastoso, puede caer en la perforación que se está haciendo y contaminar capas más profundas.

## 17. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA (CUSTODIO Y LLAMAS, 1996; BAGCHI, 1995).

En el presente capítulo se dan las normas y orientaciones para la toma de muestras de agua subterránea, incluyendo las precauciones a tomar hasta su llegada al laboratorio. Se adjuntan unas notas sobre la toma de muestras de agua superficial. Las precauciones a tomar dependen de lo que se desee analizar y la forma de toma de muestra es muchas veces función del material, personal y técnica disponible. Las muestras de agua pueden tener por objeto el estudio de un acuífero o zona, el control de las variaciones temporales de composición o bien definir ciertas características locales con vistas a su uso o a algún estudio particular.



Fuente: Sec. de Turismo y Desarrollo Sustentable

### 17.1. POZOS DE MEDICIÓN O MONITOREO

Los sistemas acuíferos son susceptibles de ser contaminados por fuentes contaminantes, localizadas en la superficie. Estas pueden dar origen a infiltraciones que alcanzan los niveles de saturación y migran a través del medio permeable, dando lugar a nubes o plumas contaminantes.

Los pozos de mediciones y monitoreo se perforan en los límites del relleno sanitario en relación con la dirección del flujo de agua subterránea o escorrentía subterránea, como mínimos dos puntos agua arriba y dos puntos agua abajo. La cantidad de pozos y profundidad, dependen de las condiciones hidrogeológicas del área del proyecto (Figura 17.1 y 17.2.).





Figura 17.1. Esquema de flujo de aguas subterráneas y puntos de monitoreo: Plano.  
Fuente: Elaboración propia, 2002

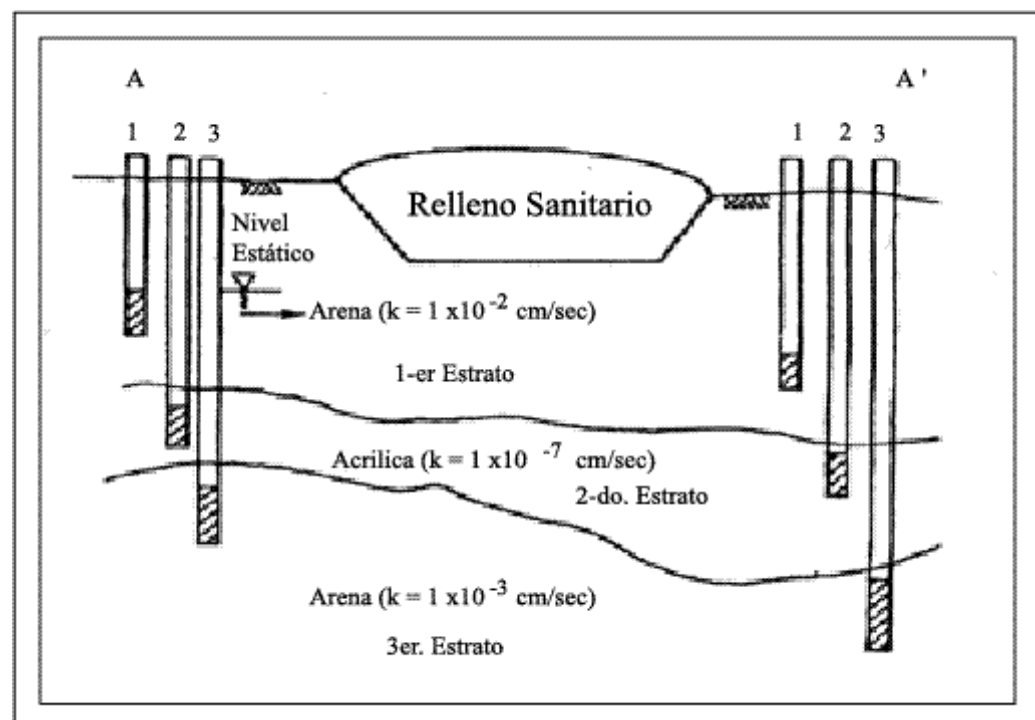


Figura 17.2. Distribución de los pozos de muestreo y monitoreo: Perfil.  
Fuente: Elaboración propia, 2002

## 17.2. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS EN POZOS (CUSTODIO Y LLAMAS, 1996; BAGCHI, 1995).

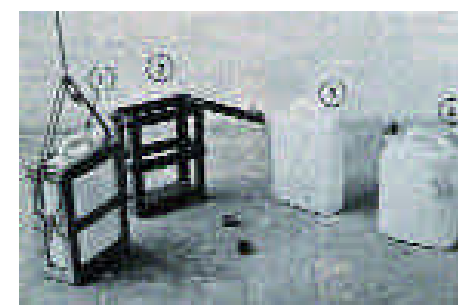
La toma de muestras en pozos con bomba instalada puede hacerse a través de ésta cómodamente. Es preciso esperar el tiempo suficiente para que el agua reemplazable en el pozo (la situada por debajo de la bomba y por encima de la rejilla) y en las conducciones, haya sido extraída. En ocasiones ese momento se aprecia porque el agua comienza a salir ligeramente turbia o arenosa.

El agua almacenada en el pozo o en los tubos puede haber perdido gases con la consiguiente variación de alcalinidad y dureza, haber tornado oxígeno cambiando su potencial redox o bien puede contener residuos del ataque a las tuberías; su temperatura puede diferir notablemente de la del acuífero.

El agua bombeada procedente del acuífero, es en general la mejor muestra obtenible, si la composición del acuífero es uniforme; si hay estratificación de aguas se obtiene una mezcla.

Las muestras obtenidas por bombeo con aire comprimido, están alteradas al tomar oxígeno y también puede estarlo la temperatura.

Cuando no existe bomba ni es posible bombear con aire comprimido, o bien cuando interesa tomar muestras a diferentes profundidades, deben utilizarse, en general, botellas lastradas que puedan llenarse a la profundidad deseada. En pozos con poca altura de agua (en general pozos excavados en acuíferos freáticos), puede utilizarse un armazón metálico con el envase encajado en él (Figura 17.3) o una simple botella con lastre que se desciende con una cuerda; puede ir tapada con un tapón que se hace saltar con un tirón de otra cuerda o de la misma de suspensión, o bien puede introducirse destapada si el orificio es pequeño, pues el agua no entra instantáneamente y da tiempo a descenderla algunos metros bajo la superficie, sin que durante el mismo entre demasiada agua, tal como se aprecia por el retraso en iniciarse el borboteo. En pozos más profundos o sondeos entubados, pueden emplearse sistemas con tapón, pero los problemas de manejo aumentan con la profundidad de inmersión. El tapón se puede quitar con un tirón si la botella es suficientemente pesada o bien hacerlo mediante el golpe de un mensajero pesado.



1. Botella con el armazón de lastre montado y preparado para ser utilizado
2. Armazón de lastre abierto y sin botella
3. Botella bidón adaptada al armazón de lastre
4. Botella con una muestra de agua y su etiqueta

Figura 17.3. Botella lastrada elemental para la toma de muestra en pozos abiertos de poca profundidad.

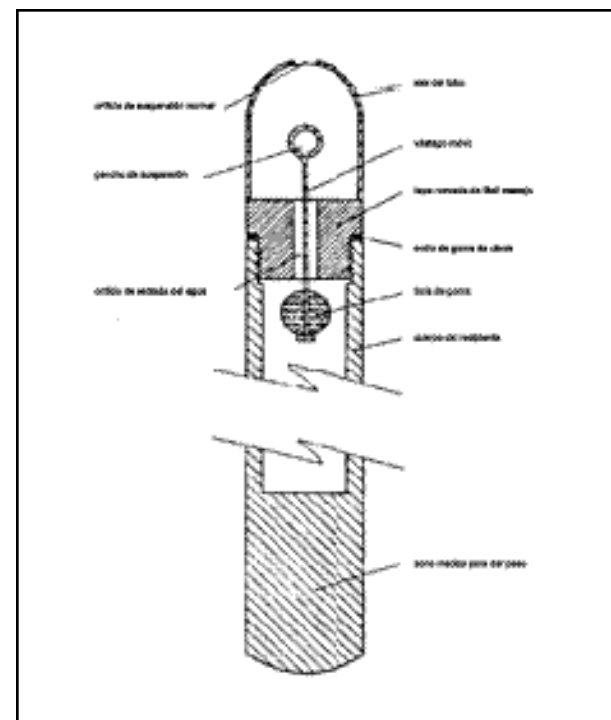
Fuente: Custodia y Llamas, 1996



Otro método, es el uso de un cilindro lastrado con el cierre superior roscado (Figura 17.4).

Este cierre tiene un orificio central, por el que pasa una varilla con una bola de goma en extremo inferior. Al suspender el tubo por la varilla, la bola de goma cierra el orificio debido al peso del tubo, y puede así sumergirse cerrado, hasta una profundidad límite a partir de la cual el agua penetra por ser su presión superior a la que comunica el peso del aparato. Puede utilizarse hasta esa profundidad límite y se abre por apoyo en el fondo o bien a cualquier profundidad, si se suspende durante el descenso de una cuerda atada a la varilla y luego se suspende de otra cuerda atada al cuerpo del cilindro. Existen también sistemas de apertura por electroimán, pero son complicados y precisan de baterías eléctricas.

En los sistemas descritos, el agua penetra en la botella por borboteo, lo cual puede ser en ocasiones un inconveniente ya que la muestra disuelve oxígeno. Ello puede evitarse con toma muestras que descienden abiertos; consiste en un tubo con cierres en los extremos (tapas circulares abatibles o que se desplazan longitudinalmente) que se baja lentamente, por lo menos en las proximidades de un punto deseado, para permitir que el agua circule libremente por su interior; una vez en posición, se cierra con un tirón o con el golpe de un mensajero pesado (Figura 17.5). Es preciso asegurarse de que la circulación es libre y que el descenso ha sido lo suficientemente lento como para no arrastrar agua de niveles superiores. El peligro de arrastres es menor si el diámetro del toma muestras es similar al del sondeo.



**Figura 17.4.** Corte esquemático de un toma-muestras de cierre por suspensión.

Fuente: Custodia y Llamas, 1996.



**Figura 17.5.** Toma-muestras para sondeos de 50 mm con descenso en posición de abierto por los dos extremos y cierre por percusión de un mensajero.

Fuente: Custodia y Llamas, 1996.

También pueden utilizarse botellas con dos bocas, una dotada de un tubo que llega al fondo por el que penetra el agua y desplaza el aire contenido con un mínimo de contacto, pero son más complicados de manejar.

Si el nivel del agua está próximo al nivel del terreno, puede emplearse una pequeña bomba portátil centrífuga aspirante o de pistón accionada por la batería de un vehículo, sumergiendo un tubo de goma de aspiración hasta la profundidad deseada. Existe en el mercado una pequeña bomba sumergible de membrana accionada por el aire comprimido de una botella que permite tomar muestras cuando el nivel es profundo, pero su costo es elevado y su manejo es algo engorroso.

El muestreo del agua de fuentes, es similar al de aguas de pozos, con la salvedad de que la toma se puede hacer directamente; conviene anotar el caudal que mana la fuente.

Las muestras de agua para análisis bacteriológicos precisan de precauciones especiales.

### 17.3. REPRESENTATIVIDAD DE LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS EN SONDEOS Y PIEZÓMETROS

Las muestras tomadas en profundidad en sondeos y piezómetros, solo tienen significación si corresponden a la porción filtrante y en ella hay alguna circulación de agua del acuífero. Por encima, el agua está estacionaria y puede ser la de la perforación, la de ensayos anteriores o la introducida en pruebas de admisión. Aun en la zona filtrante, pueden tenerse malas muestras si está mal comunicada con el acuífero por haber pocas ranuras o estar éstas parcial o totalmente colmatadas. Si el sondeo pone en comunicación niveles con diferente potencial, se establece una circulación interna, que llena unas porciones del tubo con agua de los de mayor potencial, mientras no puede penetrar el agua de los de menor potencial.

Las muestras puntuales deben tomarse de arriba hacia abajo, pues cada introducción y extracción del toma muestras, produce una mezcla del agua que encuentra en su recorrido.

Entre diferentes muestreos debe transcurrir el suficiente tiempo como para que se restablezca la estratificación, en general de una semana a un mes. Los piezómetros construidos en un cierto nivel y mal cerrados o cementados pueden suministrar muestras falseadas por admisiones de agua externa.

En un sondeo en el que durante la construcción o los ensayos se han introducido grandes cantidades de agua, la presencia de agua externa puede durar mucho tiempo.

### 17.4. NÚMERO Y FRECUENCIA DE LAS MUESTRAS

El número de muestras que es preciso tomar para caracterizar a un acuífero, es muy variable según el tipo de estudio que se desee realizar y las condiciones hidrodinámicas y de recarga.

Las muestras deben tomarse en las condiciones de máxima representatividad eligiendo pozos bien construidos y cuya zona filtrante esté situada en el lugar adecuado.

El uso de un conductivímetro portátil, puede orientar de forma muy útil sobre los puntos que

deben ser muestreados. Los registros de conductividad en pozos ayudan mucho al estudio de la estratificación del agua, en especial en zonas de intrusión marina. En general, las aguas subterráneas tienden a mantener constante su composición, tanto más, cuanto más profundas y más alejadas de las zonas de recarga. Puede bastar una muestra anual, pero en zonas próximas a la recarga o con intrusión marina pueden precisarse muestras mucho más frecuentes. Lo dicho se refiere a la caracterización química, la caracterización biológica debe ser más frecuente, pues está sometida a acciones muy locales y a cambios rápidos.

### 17.5. ENVASES PARA EL TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El volumen preciso de agua para el análisis de los iones y características fundamentales varía entre 1 y 2 litros, aunque con técnicas de microanálisis basta con solo 50 cc.

Las botellas de vidrio limpias son buenas en general, pero con vidrios de mala calidad se pueden tener algunas pequeñas alteraciones en el contenido en sílice y quizás en algunos cationes. Las botellas y bidones de plástico son más manejables y de rotura más difícil y por ello de uso más común. En general son de cloruro de polivinilo o polietileno; conviene elegir botellas de plásticos lo más puros posible y nuevas para evitar que puedan ceder algunos iones. En todo caso la botella debe estar bien limpia\* y si es posible debe ser lavada previamente a la toma con la misma agua a muestrear. Para evitar los escapes de gases, en especial CO<sub>2</sub> con la consiguiente disminución de alcalinidad y dureza, deben cerrarse bien y estar totalmente llenas, teniendo cuidado de que no se rompan por golpes o calentamientos. En una botella mal cerrada o a medio llenar se pueden tener alteraciones importantes en el pH, CO<sub>2</sub>, gases, alcalinidad, dureza y calcio, y si disuelve aire, en el contenido en Fe, Mn, etc.

Si se desea medir con precisión gases disueltos, además de utilizar un sistema de muestreo adecuado, debe utilizarse una botella de cuello ancho con tapón esmerilado y biselado para poder cerrar sin dejar ninguna burbuja de aire. Estas botellas se usan también para la toma de muestras para determinar la DBO (botellas Winkler) y tienen una capacidad de unos 250 cc. En ocasiones conviene tomar muestras complementarias y adicionar ácido para estabilizar ciertos iones como los de Fe, Mn y otros metales pesados. La acidificación puede hacerse con ácido clorhídrico puro o con un 0,5 % en volumen de ácido acético glacial más un 0,2 %, de formol diluido.

### 17.6. TRANSPORTE AL LABORATORIO Y ALMACENAMIENTO

Las muestras deben ser analizadas lo antes posible y, si es posible, tomar precauciones para que no se alteren ciertas características. Conviene evitar cambios de temperatura y agitaciones o vibraciones y el almacenamiento debe hacerse en lugar fresco y oscuro. La temperatura debe determinarse en el momento de tomar la muestra. Es recomendable medir «in situ» la conductividad y dureza y, si es posible, el pH y el potencial redox. También pueden analizarse «in situ» ciertos gases y características fácilmente alterables, aunque ello es engorroso y delicado.

### 17.7. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Con las muestras de agua subterránea conviene adjuntar una etiqueta o un impreso en el que se indique:

1. Identificación del pozo, sondeo, piezómetro o fuente.
2. Toponimia.
5. Si es preciso, croquis del lugar exacto.
3. Si es preciso características del punto de agua (profundidad, zonas filtrantes, diámetro, etc.) y acuífero muestreado.
4. Modo de toma de muestra.
5. Nivel del agua y profundidad de toma de muestra.
6. Caudal y tiempo de bombeo.
7. Fecha y hora de la toma.
8. Aspecto del agua.
9. Temperatura del agua.
10. Determinaciones «in situ» (conductividad, dureza, Cl<sup>-</sup>, pH, etc.).
12. Observaciones y nombre del que tomó la muestra.

### 17.8. DETERMINACIÓN EN EL CAMPO

En el campo, debe determinarse la temperatura inmediatamente después de la extracción; basta con un termómetro normal graduado, a ser posible en décimas de grado. Existen termómetros rodeados de una malla metálica para evitar su rotura. Es muy fácil determinar la conductividad si se dispone de un conductímetro portátil y esta determinación es en general muy útil y orientativa. Es frecuente determinar los cloruros y/o la dureza total mediante una volumetría. En ciertos trabajos de desarrollo de pozos, se mide el material en suspensión utilizando un tubo de sedimentación, que tiene en el fondo una prolongación estrecha, graduada en centímetros cúbicos.

## GLOSARIO

**Acuífero:** Formación geológica que contiene el suficiente material permeable saturado como para recoger cantidades importantes de agua que serán captadas en forma natural -manantiales - o en forma artificial (drenajes).

**Calicata:** Trincheras o apiques abiertas para estudiar en forma detallada el perfil de un suelo de una formación superficial.

**Densidad:** Número de individuos o biomasa de una especie en una superficie o volumen.

**Napa:** lecho de agua subterránea.

**Muestreo:** Recolección de una porción representativa para someterla a análisis y pruebas.

**Piezómetro:** Aparato para medir el nivel del agua subterránea. Es un tubo cuyo extremo inferior permite el ascenso de agua por su propia presión hidrostática, que debe introducirse en una perforación realizada en el subsuelo.

**Pozo o noria:** perforación en el suelo para extraer agua subterránea mediante tubería que se conecta al acuífero y se llena con el agua subterránea. El agua se puede extraer por medio de una bomba. Los pozos que están a poca profundidad se pueden secar si el nivel freático está por debajo de los pozos. Los acuíferos o suministros de agua pueden recargarse o volverse a llenar por medio de la lluvia y en otros casos cuando se derrite la nieve.

## BIBLIOGRAFÍA

Bagchi A., 1995. Design, Construction, and Monitoring of Sanitary Landfill. Apuntes del VII Curso Internacional de Contaminación de Acuíferos. Módulo II. Tema selección de Sitios para Disposición de Desechos Sólidos. Facultad de Ingeniería UNAM. México.

Bueno L., Sastre H. y A. Lavín, 1997. Contaminación e Ingeniería Ambiental, FICYT, Oviedo, España.

Custodio E., Llamas M., 1996. Hidrología Subterránea. Tercera Edición Omega. España.

EPA, 2003. Manejando sus Residuos peligrosos: Una guía para empresas pequeñas, Environmental Protection Agency, USA. (<http://www.epa.gov/epaoswer/general/espanol/hazrules.pdf>). Mayo 2003

Fundación Mapfre, 1994. Manual de contaminación ambiental, Ed. Mapfre, S.A. pág. 372-378. España.

Instituto Tecnológico Geominero de España, 1995. Contaminación y depuración de suelos. Instituto Tecnológico geominero de España

Ministerio de Medio Ambiente, 1996. Dirección General de Calidad y Evaluación de Impacto Ambiental, Actuaciones en infraestructuras para la gestión de residuos sólidos urbanos. Secretaría general técnica Medio Ambiente. España.

Rivera S., 1998. Residuos sólidos industriales, taller de capacitación, Manual Centro EU-LA-Chile, Universidad de Concepción.

Sakurai, K., 2000. Muestreo de Residuos Sólidos: Hojas de Divulgación técnica, HDT 17, CEPIS/OPS, Perú.

## PARA APRENDER MÁS:

<http://www.cepis.ops-oms.org/>

HDT 17: Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos.

<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/repind46/monito/monito.html>

Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas una evaluación de métodos y costos.

<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt036.html>

Análisis in situ de aguas.

[http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/002\\_InformesEspeciales\\_EjemplodePlandeActividadesdeMonitoreo.php3](http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/informesEspeciales/002_InformesEspeciales_EjemplodePlandeActividadesdeMonitoreo.php3)

[http://www.atsdr.cdc.gov/es/general/es\\_groundwater\\_fs.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/general/es_groundwater_fs.html)

<http://www.educa.cl/~basuras>

## COMPETENCIAS PARA EL PROFESOR

### COMPETENCIA GENERAL

Prevenir y controlar riesgos para la salud asociados a la gestión de residuos sólidos y peligrosos (aprender a hacer).

### SUBCOMPETENCIAS

- a) Inspeccionar los sistemas de gestión de residuos sólidos y peligrosos, reconociendo y caracterizando los factores de riesgo existentes de acuerdo con las normas vigentes
- b) Obtener elementos de diagnóstico útiles sobre residuos sólidos urbanos y peligrosos.
- c) Obtener elementos de diagnóstico útiles para controlar la calidad de las aguas subterráneas.
- d) Realizar análisis y/o mediciones en terreno como fase de la investigación de la calidad del agua subterránea.
- e) Inspeccionar cuerpos de agua subterránea.

## PARTE V LEGISLACIÓN

### AUTOR

**SUSANA RIVERA V.**  
Centro EULA-Chile  
Universidad de Concepción



## 18. MARCO JURÍDICO INSTITUCIONAL

La consolidación del proceso democrático iniciado en 1983, permitió la dotar a la Constitución Nacional y a las Constituciones Provinciales de los elementos necesarios tendientes a concretar la descentralización institucional y profundizar la participación de la comunidad, fortificando de esta manera la sociedad civil.

Esta tendencia se materializó en el surgimiento de asociaciones de diversos tipos y organizaciones no gubernamentales, cuyos objetivos estaban relacionados con el cuidado del medio ambiente y de los recursos naturales.

Finalmente, en ocasión de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, en 1992, el documento del Foro Global titulado “Tratado de Educación Ambiental para Sociedades Sustentables y Responsabilidad Global” hace hincapié en “promover la capacitación de recursos humanos para preservar y administrar el ambiente como parte del ejercicio de la ciudadanía”.

A partir de este propósito, entendiendo como constitucional el derecho a un medio ambiente sano, los países y las provincias, en nuestro caso, fueron incorporando a sus respectivas constituciones los mecanismos legales que salvaguardarán los derechos de las generaciones venideras de vivir en un ambiente más sano.

En 1994, en nuestro país, fue introducido el artículo 41 en la Constitución Nacional que trata de nuevas pautas para un desarrollo sustentable que otorga derechos y obligaciones a los habitantes de la Nación, referidos al uso del medio ambiente.

En el artículo 43 se incorpora la noción del derecho a la información que, en lo que hace al cuidado del medio ambiente, es considerado vital en la legislación comparada.

A partir de este hecho, las políticas públicas, ya sea por decisión propia o respondiendo a la presión ciudadana, han incorporado lenta pero inexorablemente las medidas tendientes a concretar dichas mejoras.

En el sector específico de los residuos sólidos, a la par de los procesos de urbanización y el consecuente incremento de la generación, se contempla un marcado avance en los componentes legales, capaces de mejorar sensiblemente la gestión.

Dentro de estas responsabilidades, queda claro que las Provincias tienen plena potestad para legislar sobre la totalidad de los recursos naturales.

El gobierno federal será responsable de dictar normas con presupuestos mínimos de protección para ser aplicados en las Provincias y éstas están obligadas a cumplirlas o superarlas, pero nunca podrán tener valores por debajo de los mismos.

Por ejemplo, la promulgación de la Ley 24.051, de manejo de residuos peligrosos ha constituido un factor clave en el desarrollo de un adecuado control de los residuos derivados de la producción industrial. Esta Ley surge como una necesidad proveniente del hecho que el país se estaba convirtiendo en destino final de residuos peligrosos del más diverso origen.

Es conveniente recordar que la Argentina posee un régimen federal donde las Provincias, son autónomas en la gestión y protección de los recursos naturales. Salvo casos reconocidos como de injerencia netamente federal: los cursos de aguas interjurisdiccionales, internacionales, recursos mineros y petrolíferos, la aplicación de las normativas federales quedan sujetas a la voluntad de adhesión por parte de las Provincias y hasta ahora se han obtenido resultados poco satisfactorios, ya que se han adherido sólo algunas.

Es importante señalar los pasos seguidos por la Pcia. de Bs. As en materia de normativa ambiental. En primer término, se aprobó la Ley 11.459 que regula el establecimiento y funcionamiento de las actividades productivas, las cuales, existentes o nuevas, deben obtener el denominado Certificado de Aptitud Ambiental, instaurando las herramientas de las auditorías ambientales, estudios de impacto ambiental y la gestión ambiental para otorgar el permiso de instalación o funcionamiento de una actividad.

También se aprobó una Ley de gestión de residuos especiales (11.720), dedicada exclusivamente a residuos de carácter peligroso, siguiendo el criterio de clasificación de la Convención de Basilea y reguló el control de efluentes líquidos y emisiones gaseosas a través de una ley antigua (5965) que permite por su versatilidad el control de las diferentes emisiones a través de decretos reglamentarios específicos.

La gestión de residuos patogénicos se regula a través de la norma específica (11.450) con su correspondiente decreto reglamentario. Todo lo anterior se complementa con una ley marco-ambiental y la Constitución Provincial modificada, que prohíbe el ingreso de residuos peligrosos y/o tóxicos al territorio provincial.

Respecto a los Residuos Sólidos Urbanos, existe un proyecto de Ley Nacional que si bien tiene media sanción de la Cámara de Diputados, falta todavía hacer lo propio por la Cámara de Senadores y ser promulgada.

Los acuerdos internacionales firmados que tienen relación con sustancias peligrosas son:

- Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación
- Declaración de Bahía sobre la Seguridad Química
- Decisión 21/7 del Consejo de Administración del PNUMA 21/7. Gestión de los productos químicos
- Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicado a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional
- Informe Final del Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química IFCS/FORUM III/23w Prioridades para la Acción más allá de 2000
- Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes

### 18.1. LEYES NACIONALES

Si bien se presenta una sinopsis de la legislación nacional más relevantes, se adjunta un cuadro sinóptico de éstas (Tabla 18.2).

Tabla 18.2. Cuadro sinóptico de la legislación nacional Argentina en el ámbito de los residuos sólidos.

ÁMBITO RESIDUOS	DOMICILIARIOS	PATOGENICOS	ESPECIALES	INDUSTRIALES
Provincia de Buenos Aires	D. Ley 6.769/58 D. Ley 9.111/78 Ley 11.720 Ley 11.723	Ley 11.347 Decreto 450/94 Ley 11.720 Ley 11723	Ley 11.720 Ley 11723	Ley 11.459 Decreto 1.741/96 Ley 11.720 Ley 11.723
Nacional	Ratíf. por Nación 9111/78	Ley 24.051 (Peligrosos) Decreto 831/93 Resolución 413/93	Ley 24.051 (Peligrosos) Decreto 831/93 Res. 413/93 Res. 224/94 Res. 258/94 Res. 253/94 Res. 189/96 Res. 286/96	Ley 24.051 (Peligrosos) Decreto 831/93 Res. 413/93 Res. 224/94 Res. 258/94 Res. 253/94 Res. 189/96 Res. 286/96 Decreto 674/89 Res. 242/93
Secretaría de Salud de la Nación		Resolución 349/94 (Biopatológicos)		
Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires	Decreto-Ley 9111/78 Capital Y 13 Partidos Del Gran Buenos Aires	Ordenanza 45.587 Ley 154/99	Ordenanza 45.587	Ley 123

#### A. LEY NACIONAL 24.051 - DE RESIDUOS PELIGROSOS

A los efectos de esta ley, será considerado peligroso todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Las disposiciones de la Ley serán también de aplicación a aquellos residuos peligrosos que pudieren constituirse en insumos para otros procesos industriales, pero quedan excluidos de los alcances de esta ley los residuos domiciliarios, los radiactivos y los derivados de las operaciones normales de los buques, los que se regirán por leyes especiales y convenios internacionales vigentes en la materia.

Por la presente ley se consideran residuos patológicos los siguientes:

- Residuos provenientes de cultivos de laboratorio;
- Restos de sangre y de sus derivados;
- Residuos orgánicos provenientes del quirófano;
- Restos de animales producto de la investigación médica;
- Algodones, gasas, vendas usadas, ampollas, jeringas, objetos cortantes o punzantes, materiales descartables, elementos impregnados con sangre u otras sustancias putrescibles que no se esterilizan;
- Agentes quimioterápicos.

**B. LEY 25612 - DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES Y DE ACTIVIDADES DE SERVICIOS, 29 DE JULIO DE 2002**

Las disposiciones de esta ley establecen los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional, y sean derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

Se entiende por proceso industrial, toda actividad, procedimiento, desarrollo u operación de conservación, reparación o transformación en su forma, esencia, calidad o cantidad de una materia prima o material para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales.

Se entiende por actividad de servicio, toda actividad que complementa a la industrial o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo que determina la presente.

**C. LEY 9111 - REGULA LA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y LA CREACIÓN DE CEAMSE, 17 DE JULIO DE 1978**

La ley que se sanciona regula orgánicamente la disposición final de la basura en los veintidós (22) Partidos que conforman el Area Metropolitana aledaña a la ciudad de Buenos Aires.

Las medidas que hasta el momento se habían adoptado, no alcanzaron a tener un carácter integral que permitiera una eficaz acción de limpieza de los núcleos urbanos referidos. Así, el decreto número 10.961/61 prohibió los basurales y depósitos de elementos recuperados de la basura en espacios abiertos en la misma zona, pero sin disponerse medida alguna sobre cuál sería el sistema de eliminación de tales residuos.

Esta nueva regulación que se establece, dispone en forma clara y terminante que el único método de disposición final de la basura admitido es el de su relleno sanitario, en un todo de acuerdo con los estudios técnicos realizados y con la más moderna experiencia mundial en la materia.

Simultáneamente, se fija el ente ejecutor de tal servicio público, encomendándose la tarea a "Cinturón Ecológico Area Metropolitana Sociedad del Estado" (C.E.A.M.S.E.), que en el breve lapso de su existencia ha demostrado acabadamente su capacidad técnica en la materia.

La coordinación de las tareas de limpieza urbana, y en especial la disposición final de la basura, con el programa de establecimiento de un Sistema Regional de Parques Recreativos convenido con la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, mediante los convenios suscritos el 7 de enero y el 6 de mayo de 1977, aprobados respectivamente por las leyes 8782 y 8981, resulta imprescindible para proceder a la recuperación de tierras bajas y anegadizas por el sistema de relleno sanitario para la implantación de tales parques.

Paralelamente, el gobierno provincial persigue la concreción de una intensa acción de saneamiento de los basurales existentes en los partidos involucrados, previéndose también la represión de la recuperación manual de basura y el denominado "cirujeo".

Merece destacarse la caótica situación hasta ahora existente en los municipios comprendidos por

la ley, donde se habían establecido los más diversos sistemas de disposición de basura, aún contra la prohibición de la formación de depósitos de basura ya existentes.

Las exigencias actuales del conglomerado urbano metropolitano, obligan a la adopción de estas medidas de gobierno que permiten superar las dificultades de coordinación entre los veintidós (22) municipios, adaptándose una política integral en la materia, acorde con el objetivo de preservar el bienestar general de la población.

**D. LEY N° 8782 - APRUEBA EL CONVENIO DEL 7 DE ENERO DE 1977**

Declara fracciones de la costa sur de utilidad pública y sujetos a expropiación los inmuebles de propiedad de particulares ubicados en las zonas correspondientes a los Partidos de Avellanada, Quilmes, Berazategui y Ensenada.

**18.2. OTRAS LEYES**

- LEY N° 8981 - Aprueba el Convenio Ampliatorio del 6 de mayo de 1977
- ORDENANZA N° 33.691 - Ratificación de los Convenios
- Del 7 de enero de 1977 y del 6 de mayo de ese mismo año, por parte de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires.
- DECRETO NACIONAL N°, 3457/977 - Ratificación de la Ordenanza N° 33.691
- LEY N° 9111 - Regula la disposición final de Residuos
- LEY N° 9519 - Faculta al Cinturón Ecológico para actuar como sujeto expropiante
- LEY N° 9597 - Aprobación del Convenio por el que la Provincia de Buenos Aires y la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires deciden sanear el Riachuelo
- ORDENANZA N° 36.098 - Aprobación por parte de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, del Convenio de Saneamiento del Riachuelo.
- LEY N° 9598 - Ratificación del Convenio del 4 de junio de 1980. Aclaratorio de los celebrados en 1977 entre la Provincia de Buenos Aires y la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires.

## PARA APRENDER MÁS:

<http://www.cai.org.ar/medioambiente/situacionargentina.htm>:

Acuerdos internacionales, marco legal, normativa ambiental en Argentina.

<http://casaconsult.hypermart.net/vinculos.htm>

Legislación ambiental Argentina por provincia.

<http://ar12.toservers.com/todoelderecho.com/Argentina/>

Derecho ambiental Argentina

<http://www.ecofield.com.ar/legal.htm>

Legislación Nacional General. Higiene y Seguridad en el Trabajo. Seguridad Ambiental Nacional: Prefectura Naval Argentina. Residuos Peligrosos

Agradecemos el aporte del Sistema Educativo a través de las escuelas que participaron en las jornadas de trabajo.

## COMPETENCIAS PARA EL PROFESOR

### COMPETENCIA GENERAL

Identificar aspectos principales de la institucionalidad jurídica Argentina referido a los residuos sólidos, ya sean leyes, reglamentos y procedimientos normativos de la temática ambiental.

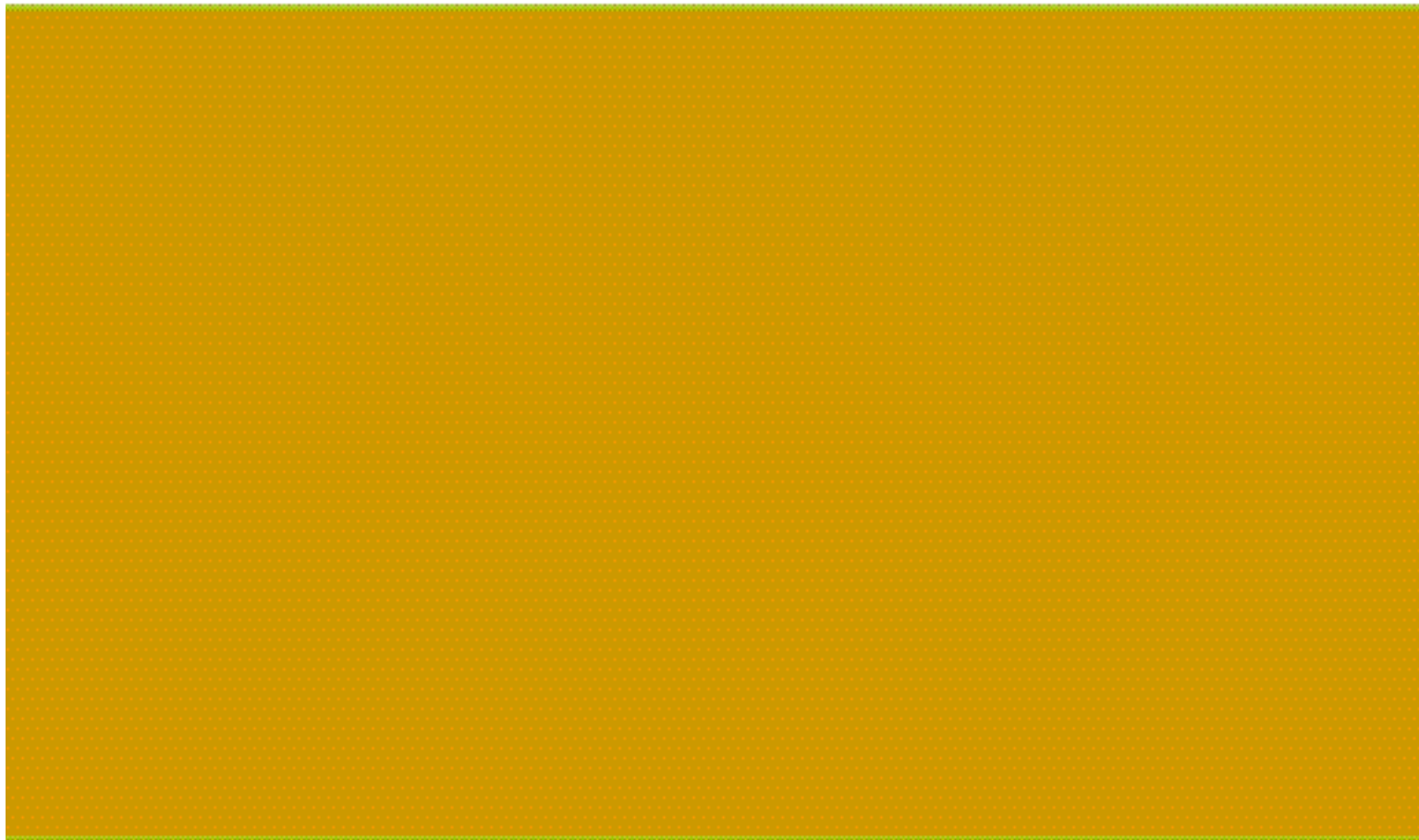
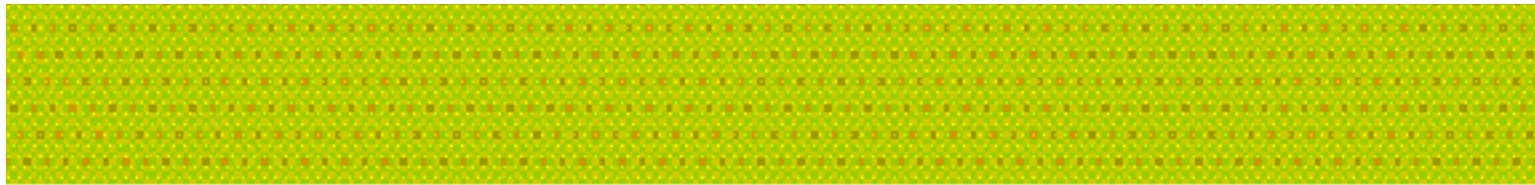
### SUBCOMPETENCIAS

- a) **Reconocer** la normativa vigente y su eventual aplicación en situaciones de emergencia ambiental.
- b) **Inspeccionar** los sistemas de gestión de residuos sólidos y peligrosos, reconociendo y caracterizando los factores de riesgo existentes para la vida humana y del medio ambiente



**PARA MAYOR INFORMACIÓN DIRIGIRSE A:**

- **INET – Instituto Nacional de Educación Tecnológica / Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología**  
[www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar)  
Área de Salud y Ambiente  
Coordinadora: Lic. Victoria Barreda – [barreda@inet.edu.ar](mailto:barreda@inet.edu.ar)  
Av. Independencia 2625, 2º piso – C1225AAI Capital Federal  
Tel: 0054-11-4129-2037
- **GTZ - Agencia Alemana de Cooperación Técnica S.R.L.**  
Agencia Buenos Aires  
Av. Santa Fe 1461, 7º piso – 1060 Capital Federal  
Tel: 0054-11-4815-1420/2050 // Fax: 0054-11-4815-2967  
[gtz-argentina@gtz.org.ar](mailto:gtz-argentina@gtz.org.ar)
- **Proyecto INET-GTZ**  
Av. Independencia 2625, 3º piso – C1225AAI Capital Federal  
Tel/Fax: 0054-11-4129-2054 / 4942-7094
- **Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción**  
Victor Lamas 1290, Casilla 160-C, Correo 3, Concepción, Chile  
Tel: 0056-41-204002, 204080, 204000 // Fax: 0056-41-207076  
[eula@udec.cl](mailto:eula@udec.cl) - [www.eula.cl](http://www.eula.cl)
- **Universidad de Concepción**  
Victor Lamas 1290, Casilla 160-C, Correo 3, Concepción, Chile  
Tel: 0056-41-204246  
[www.udec.cl](http://www.udec.cl)



INSTITUTO NACIONAL  
DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA



Deutsche Gesellschaft für  
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Agencia Alemana  
de Cooperación Técnica



CENTRO DE CIENCIAS  
AMBIENTALES EULA, CHILE



UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCION, CHILE