

**GUÍA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
EN CIUDADES PEQUEÑAS Y ZONAS RURALES**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. EL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA	1
1.1 Enfoque integral del manejo de residuos sólidos	1
1.2 Objetivo del servicio de limpieza pública	2
1.3 Producción y manejo de residuos sólidos en el domicilio	2
1.4 Generación y almacenamiento de residuos sólidos	3
1.5 Almacenamiento en el hogar y el barrido	8
1.6 La recolección y transporte	8
1.7 La disposición final	15
1.8 El reciclaje	26
2. EDUCACIÓN SANITARIA Y PARTICIPACIÓN DE LA POBLACIÓN	47
2.1 Las campañas de educación sanitaria: para quién y cómo realizarlas	47
2.2 Participación de la población: métodos y planificación del servicio	49
3. ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO	54
3.1. El sistema municipal	54
3.2. El modelo comunal autogestionario	54
3.3 La concepción integral del servicio de limpieza pública y su conexión con otros servicios sanitarios básicos	55
3.4 Estimación simplificada de costos	56
3.5 Mecanismos de financiamiento	58
4. IMPACTO AMBIENTAL Y SALUD DE LOS TRABAJADORES	60
4.1 Importancia del correcto manejo de los residuos sólidos	60
4.2 Prácticas ambientalmente adecuadas	61
4.3 Prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	67

Lista de cuadros

Cuadro 1:	Características de un adecuado servicio de limpieza pública	1
Cuadro 2:	Información básica de los residuos sólidos y su aplicación práctica	4
Cuadro 3:	Relaciones para conocer las características básicas de los residuos sólidos	7
Cuadro 4:	Principales ventajas y desventajas de los vehículos de recolección	9
Cuadro 5:	Velocidades de recolección, transporte vacío y lleno de dos vehículos de recolección	12
Cuadro 6:	Promedio de área para un RSM según el tamaño poblacional y vida útil esperada	18
Cuadro 7:	Ventajas y desventajas de algunos métodos de reciclaje de residuos sólidos orgánicos	27
Cuadro 8:	Calidad promedio del compostado de residuos orgánicos	29
Cuadro 9:	Relación carbono/nitrógeno de algunos compuestos orgánicos presentes en los residuos sólidos	30
Cuadro 10:	Plan de operación de una planta de compostificación mediante cúmulos en hileras	36
Cuadro 11:	Comparación entre la crianza de cerdos con residuos sólidos tratados y con alimentos balanceados	38
Cuadro 12:	Propiedad nutricional por sub-grupo de residuo sólido orgánico	40
Cuadro 13:	Alternativas de reciclaje de sub-productos orgánicos de la crianza de cerdos	41
Cuadro 14:	Algunos indicadores de calidad del humus de lombriz	46
Cuadro 15:	Consideraciones para diseñar y probar material de educación sanitaria	49
Cuadro 16:	Guía para el diagnóstico del estado de la limpieza pública	51
Cuadro 17:	Indicadores clásicos del servicio de limpieza pública	52
Cuadro 18:	Modalidades de administración comunal del servicio de limpieza pública	55
Cuadro 19:	Impacto acumulado de los componentes del saneamiento básico en la salud y bienestar de la población	56
Cuadro 20:	Principales componentes de los costos de recolección y relleno sanitario	57
Cuadro 21:	Vectores y enfermedades asociados al manejo y tratamiento inadecuados de los residuos sólidos	60
Cuadro 22:	Requerimiento típico de materiales, energía y emisiones durante la fabricación de acero, aluminio y vidrio	63

Lista de figuras

Figura 1:	Herramientas sencillas para el barrido	8
Figura 2:	Vehículos de recolección	10
Figura 3:	Ruta de recolección	11
Figura 4:	Opciones de recolección primaria de residuos sólidos	14
Figura 5:	Sección típica de un relleno sanitario	15
Figura 6:	Minimización de impactos ambientales a través del confinamiento de desechos	16
Figura 7:	Relleno concluido. Detalles de los sistemas de drenaje de líquidos y gases	20
Figura 8:	Relleno concluido. Detalle de ubicación de las chimeneas para evacuación de gases y canales de drenaje de líquidos	21
Figura 9:	Relleno concluido. Detalle constructivo de chimeneas de evacuación de gases	21
Figura 10:	Implementación del relleno sanitario manual	22
Figura 11:	Operación y mantenimiento del relleno sanitario municipal	24
Figura 12:	Silo para la disposición de residuos sólidos infecciosos y peligrosos de origen hospitalario	25
Figura 13:	Símbolo de residuos sólidos de establecimientos de salud	26
Figura 14:	El reciclaje	28
Figura 15:	Compostificación en medio aerobio	31
Figura 16:	Poza de compostificación en viviendas	32
Figura 17:	Poza de compostificación a escala agrícola o comunal	33
Figura 18:	Diseño típico de un cúmulo de compostificación	34
Figura 19:	Diseño típico de cúmulos en hileras para compostificación continua	34
Figura 20:	Disposición de los cúmulos	37
Figura 21:	Reproducción de las lombrices	42
Figura 22:	Ciclo de reproducción y crecimiento de la lombriz	42
Figura 23:	Diseño típico de un vivero de poza para reproducción de lombrices	44
Figura 24:	Ejemplo de mensaje educativo	48
Figura 25:	Participación de la población en la planificación del servicio de limpieza pública	50
Figura 26:	Sistema de financiamiento con un fondo rotatorio	59
Figura 27:	El papel de los residuos sólidos en la transmisión de las enfermedades	61

Glosario de términos

Ciudad pequeña. Asentamiento humano de aproximadamente 5.000 habitantes o menos que cuenta con un trazo urbano definido.

Cómpost. Material que se genera a partir de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y sirve como mejorador del suelo agrícola, parques y jardines, y recuperación de tierras no-fértiles.

Compostificación. Proceso controlado de descomposición biológica de los residuos sólidos orgánicos que permite la producción de cómpost.

Humus. Material que se genera mediante la crianza de lombrices, útil para mejorar el suelo agrícola, parques y jardines y recuperación de tierras no-fértiles.

Lombricultura. Técnica de crianza controlada de lombrices con residuos sólidos orgánicos para producir humus.

ppc. Producción per cápita de residuos sólidos generalmente expresada en kilogramos por habitante y por día.

Reciclaje. Reuso de los residuos sólidos, sean tratados previamente o no.

Relleno sanitario manual. Método simple de enterramiento sanitario de los residuos sólidos con el empleo de mano de obra y herramientas simples.

Residuo sólido. Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica o valor comercial para la persona o actividad que los produce.

Residuo sólido inorgánico. Residuo sólido no putrescible (por ejemplo, vidrio, metal, plástico, etc.).

Residuo sólido orgánico. Residuo sólido putrescible (por ejemplo, cáscaras de frutas, estiércol, malezas, etc.).

Servicio de limpieza pública. Conjunto de actividades que posibilitan el almacenamiento, barrido, recolección, transporte, reciclaje y disposición final de residuos sólidos de manera apropiada y sostenida en el tiempo.

Vermicompostage. Proceso de producción de humus de lombriz.

Zona rural. Área donde se establece una población dispersa, sin trazo urbano definido que alberga a menos de 5.000 habitantes.

INTRODUCCIÓN

Esta Guía brinda nociones básicas y temas claves para el correcto manejo de los residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales de aproximadamente 5.000 habitantes.

En la primera sección de la Guía se desarrolla de manera sencilla conceptos y técnicas para la evaluación, recolección, reciclaje y disposición final de residuos sólidos, sin detallar diseños técnicos. Los aspectos referidos a la educación sanitaria y planificación del servicio de limpieza pública se describen en la segunda sección. En la tercera sección se incluye modalidades de organización y financiamiento de los servicios de manejo de residuos sólidos. Finalmente, la cuarta sección trata sobre los impactos ambientales y los criterios de seguridad e higiene asociados a la manipulación de los residuos sólidos.

Se espera que la Guía amplíe el conocimiento de quienes se interesan en el manejo de residuos sólidos y motive la puesta en marcha de proyectos de limpieza pública en barrios y comunidades a fin de beneficiar el ambiente y la salud de la población.

La guía ha sido elaborada por el ingeniero Marco Alegre bajo la coordinación de los ingenieros Alvaro Cantanhede y Leandro Sandoval, Asesor de Residuos Sólidos y Asesor de Residuos Sólidos Urbanos, respectivamente, del CEPIS. El presente trabajo contó con el apoyo de la División de Salud, HEP/OPS, y el auspicio financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional, AECI.

1. EL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA

La Guía desarrolla los aspectos de limpieza pública en ciudades pequeñas y zonas rurales y describe las etapas por las que atraviesan los residuos sólidos. A continuación se mencionan las siete etapas más comunes:

- a) producción o generación
- b) almacenamiento
- c) barrido
- d) recolección
- e) transporte
- f) reciclaje
- g) disposición final.

1.1 ENFOQUE INTEGRAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

El manejo y tratamiento de residuos sólidos en las ciudades pequeñas y poblados rurales se debe realizar con una visión integral que considere los factores propios de cada localidad para asegurar su sostenibilidad y beneficios. El servicio de limpieza pública debe reunir en lo posible las características que se indican en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de un adecuado servicio de limpieza pública

Aspecto	Descripción
Técnico	Fácil implementación; operación y mantenimiento sencillos; uso de recursos humanos y materiales de la zona; comprende desde la producción hasta de disposición final de residuos sólidos
Social	Fomenta los hábitos positivos de la población y desalienta los negativos; es participativo y promueve la organización de la comunidad
Económico	Costo de implementación, operación, mantenimiento y administración al alcance de la población que debe sufragar el servicio
Organizativo	Administración y gestión del servicio simple y dinámica; es racional
Salud	Se inscribe en un programa mayor de prevención de enfermedades infecciosas
Ambiental	Evita impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire

1.2 OBJETIVO DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA

El objetivo del servicio de limpieza pública, cualquiera sea el tamaño de la localidad, es proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano. Esto se logrará si el servicio de limpieza pública atiende a la mayoría de los pobladores y si maneja adecuadamente cada etapa, desde la producción y almacenamiento en el hogar hasta la disposición final. Como se puede apreciar en el cuadro 1, existen múltiples requisitos para lograr un servicio adecuado de limpieza pública.

Muchas veces el tema de la limpieza pública no recibe la prioridad que se merece. Por lo general, en las ciudades pequeñas y zonas rurales, la falta de abastecimiento de agua, energía eléctrica y transporte, entre otros, figuran entre los servicios de alta prioridad. Por este motivo, el servicio de limpieza pública debe formar parte de un plan mayor de desarrollo de la comunidad que incluya la provisión paulatina de los servicios básicos. Al respecto, la sección 3.3 de esta Guía contiene mayores detalles.

1.3 PRODUCCIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DOMICILIO

Todos los residuos sólidos no tienen las mismas características. El volumen y tipo de residuos que se generan en las ciudades pequeñas y poblados rurales pueden variar de comunidad en comunidad y son diferentes a los producidos en las grandes ciudades. Las características dependen de la actividad que los genera y es conveniente conocer el tipo y volumen de residuo que produce cada actividad para desarrollar métodos de manejo apropiados. Las fuentes que producen residuos sólidos con características peculiares son:

- viviendas
- mercados y ferias
- hospitales
- colegios
- mataderos
- agricultura
- ganadería
- otros (pequeña agro-industria, minería, artesanía, etc.).

A veces resulta más conveniente recolectar y tratar selectivamente o por separado cada uno de los distintos tipos de residuos sólidos. Ello depende del volumen, característica del residuo y, en el caso del reciclaje, de la oferta y demanda local de los productos reciclados.

La cantidad y características de los residuos sólidos domésticos depende principalmente de los hábitos de consumo y de la actividad productiva que eventualmente desarrolle cada familia (por ejemplo, crianza de animales domésticos, jardinería, agricultura en pequeña escala, etc.).

El volumen y tipo de residuo sólido que se produce en los mercados, ferias, mataderos y actividades agrícolas y ganaderas, entre otros, está asociado a la magnitud e intensidad de cada una de estas actividades. Por ejemplo, es posible establecer una proporción entre el número de animales sacrificados en un matadero y el volumen de residuos producidos, o entre el número de puestos de venta o área de un mercado y la cantidad diaria de residuos generados.

1.4 GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

La producción de residuos sólidos se puede medir en valores unitarios como kilogramos de residuos

sólidos por habitante y por día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales y por día.

En relación a la producción de residuos sólidos domésticos en ciudades pequeñas y zonas rurales, se considera que cada habitante puede producir 0,1 a 0,4 kg/hab-día, incluso 0,8 kg/hab-día. Se han registrado valores altos de producción per cápita en zonas rurales donde las familias criaban animales en la vivienda y las calles no estaban pavimentadas. En este último caso, los residuos domésticos contienen alta cantidad de estiércol y tierra.

A continuación se proporciona un estimado de la producción per cápita en distintas zonas rurales de algunos países.

Zona y país	Producción por habitante por día
130 comunas de Holanda	0,69
14 pueblos rurales de Algeria	0,46
Zonas rurales de Chile	0,30
Zonas rurales de Perú	0,2 - 0,4

Es necesario estimar las siguientes tres características de los residuos sólidos para diseñar o mejorar el sistema de limpieza pública:

- a) producción per cápita
- b) densidad
- c) composición física de los residuos sólidos.

El cuadro 2 muestra la utilidad práctica de conocer cada una de las mencionadas características de los residuos sólidos.

Al igual que otros servicios sanitarios básicos, como el suministro de agua potable y la eliminación de excretas, la limpieza pública es de interés colectivo y no sólo individual

Cuadro 2. Información básica de los residuos sólidos y su aplicación práctica

Parámetro	Aplicación
Producción per cápita	Estimar la producción total de residuos domiciliarios en determinada zona
Densidad	Calcular el tipo, volumen y frecuencia de vaciado de recipientes y contenedores; conocer la capacidad de los vehículos de recolección; estimar detalles del relleno sanitario
Composición física	Conocer las posibilidades de reciclaje

Muchas veces, la información obtenida mediante estudios de campo en un lugar se puede usar en otro, pero antes es necesario comprobar algunas coincidencias entre ambos lugares, como:

- hábitos de consumo
- grado de consolidación urbana (densidad poblacional, pavimentación de las vías públicas, etc.)

- actividades tradicionalmente no-domésticas en el hogar (crianza de animales, huertos familiares, etc.)
- condiciones de clima, en particular el nivel de precipitación que puede influir en el contenido de humedad de los residuos sólidos.

Si los parámetros mencionados son similares en dos o más ciudades, es probable que la producción per cápita, densidad y composición física de los residuos sólidos sean parecidos. Por lo tanto, será posible extrapolar la información disponible de una ciudad para aplicarla en otra.

Cuando no se dispone de información sobre los parámetros básicos mencionados en el cuadro 2, será necesario estimar indirecta o directamente estos datos.

Estimación indirecta:

Producción per cápita

Establecer la proporción entre la cantidad total de residuos que se recoge y la población atendida.

$$\text{ppc} = \frac{\text{Cantidad total de residuos sólidos que se recolecta (kg/día)}}{\text{Población atendida por el servicio de recolección (habitantes/día)}}$$

Calcular la proporción entre la cantidad total de residuos que se vierte al botadero o relleno sanitario y la población total atendida.

$$\text{ppc} = \frac{\text{Cantidad total de residuos dispuestos en el relleno sanitario (kg/día)}}{\text{Población total atendida por el servicio de recolección (habitantes/día)}}$$

Densidad

Estimar la relación entre el peso y el volumen que ocupan los residuos en determinado contenedor. Se recomienda usar un cilindro de 200 litros aproximadamente, el cual una vez lleno y antes de medir el volumen que ocupan los residuos sólidos, se debe dejar caer tres veces desde una altura de 10 cm, como se detalla bajo el encabezamiento "Estimación directa" de esta sección.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso de los residuos sólidos (kg)}}{\text{Volumen que ocupan los residuos sólidos en el recipiente (m}^3\text{)}}$$

Composición

Estimar la cantidad de materia orgánica que se emplea en el reciclaje y el volumen total de residuo sólido (para conocer la proporción del contenido de materia orgánica respecto a la materia inorgánica). Si no se tiene esta información y se necesitar conocer la composición física de los residuos sólidos para un fin específico, por ejemplo, diseñar un proyecto de reciclaje, se deberá estimar la composición de los residuos mediante el método recomendado en el encabezamiento "Estimación directa" de esta sección.

Peso de la materia orgánica (kg)

$$\% \text{ de materia orgánica} = \frac{\text{Peso total de los residuos sólidos (kg)}}{\text{Peso total de los residuos sólidos (kg)}} \times 100$$

El ejemplo 1 muestra un caso de estimación indirecta de los parámetros básicos de los residuos sólidos.

Ejemplo 1. Estimación indirecta de la producción per cápita, densidad y composición de los residuos sólidos

Las dos terceras partes de un poblado de 1.000 habitantes suele emplear a una persona que hace la recolección interdiaria de los residuos sólidos con una carreta tirada por caballos. La carreta tiene una capacidad de 250 kg y 1 metro de largo y ancho y se llena 0,80 metro de altura. Esta persona realiza dos viajes por día de trabajo hacia el botadero. En el botadero una persona alimenta a sus animales y obtiene 200 kilos de materia orgánica por día efectivo. Para mejorar y ampliar la cobertura del servicio a toda la población se necesita estimar la producción per cápita y total, densidad y contenido de materia orgánica e inorgánica.

i. Producción per cápita:

Cantidad de residuos recolectados interdiario: $250 \text{ kg} \times 2 \text{ viajes} = 500 \text{ kg}$
 Cantidad de residuos que se producen a diario: $500 \text{ kg} / 2 = 250 \text{ kg}$

ii. Producción total de residuos:

250 kg/día ----- $2/3$ de la población
 $x \text{ kg/día}$ ----- Total de la población $\Rightarrow x = 375 \text{ kg/día}$

iii. Producción per cápita (ppc)

$\text{ppc} = 375 \text{ kg/día} / 1000 \text{ habitantes} = 0,375 \text{ kg/hab-día}$

iii. Densidad

Volumen de la carreta: $1 \times 1 \times 0,80 = 0,80 \text{ m}^3$
 Densidad: $250 \text{ kg} / 0,80 \text{ m}^3 = 312,5 \text{ kg/m}^3$

iv. Composición aproximada

Contenido de materia orgánica = $200 \text{ kg} / (250 \text{ kg} \times 2 \text{ veces}) = 0,4$ ó 40%
 Contenido de materia inorgánica = $100\% - 40\% = 60\%$

Ante la falta de información que se pueda extrapolar de una ciudad a otra, será necesario realizar un estudio específico para conocer los parámetros arriba indicados. Este estudio se puede hacer de manera económica y sencilla siguiendo la secuencia que se muestra a continuación.

Estimación directa:

- a) Recopilar información del número de habitantes, un mapa, ubicación de las fuentes no domésticas de producción de residuos sólidos (mataderos, ferias, etc.), zonas de recolección, botaderos, etc.
- b) Seleccionar una muestra de 15 familias o viviendas.
- c) Recolectar los residuos de las familias seleccionadas durante ocho días consecutivos y descartar la muestra del primer día.
- d) Colocar los residuos sólidos en un cilindro de 200 litros. Dejar caer el recipiente tres veces desde una altura de 10 centímetros. Pesar los residuos y medir el volumen que ocupan. Repetir la operación por

- tres días consecutivos y calcular el promedio de la relación peso/volumen para obtener la densidad.
- e) Obtener el peso total y por componente durante siete días consecutivos (luego de descartar la muestra del primer día) y distinguir los siguientes componentes.

Producto	Días																Promedio
	0		1		2		3		4		5		6		7		
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
Papeles																	
Plástico																	
Metales																	
Vidrio																	
Madera																	
Materia orgánica																	
Otros materiales																	
Total																	

- f) Calcular el promedio de los siete días para obtener la composición física por componente y la producción per cápita (ppc). La composición física por componente resulta de dividir el peso total promedio de los residuos entre el peso del respectivo componente (expresado en porcentaje). La ppc es la relación entre el peso total y la población que produce estos residuos.

Cuadro 3. Relaciones para conocer las características básicas de los residuos sólidos

Característica del residuo sólido	Fórmula práctica	Unidad más común
Producción per cápita	Peso de los residuos/población que los produce	kg/(hab-día)
Composición	Peso total de los residuos/peso del componente	%
Densidad	Peso de los residuos/volumen que ocupan	kg/m ³

1.5 ALMACENAMIENTO EN EL HOGAR Y EL BARRIDO

En el hogar, el almacenamiento debe seguir las siguientes recomendaciones:

- almacenar los residuos sólidos en un recipiente con tapa
- evacuar los residuos cada siete días como máximo
- usar recipientes resistentes a la humedad
- evitar que el agua de lluvia entre al recipiente
- reciclar los residuos.

El barrido de calles y espacios públicos es una práctica usual cuando la población tiene conciencia sanitaria y la calidad del servicio es buena. El barrido se debe prever luego de eventos especiales como ferias, festividades, asambleas o reuniones del pueblo, etc. En esos casos, se empleará herramientas sencillas y se coordinará con la ruta del vehículo de recolección, de manera tal que los residuos permanezcan el menor tiempo posible en las calles y espacios públicos.

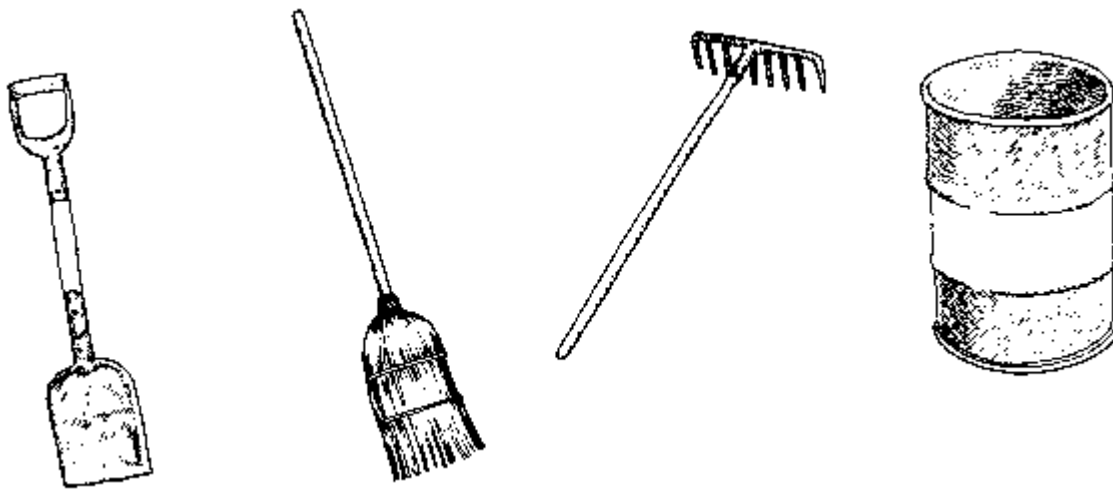


Figura 1. Herramientas sencillas para el barrido

1.6 LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

La recolección tiene por objetivo evacuar los residuos sólidos fuera de la vivienda u otra fuente de producción de desechos a fin de centralizarlos en un punto de transferencia, reciclaje o disposición final.

La recolección de residuos sólidos se debe realizar teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1.6.1 Tipo de vehículo de recolección

Existen múltiples equipos de recolección de residuos sólidos, desde los tradicionales camiones compactadores hasta los pequeños carritos manuales. La recolección de residuos sólidos en ciudades pequeñas y poblados rurales se puede realizar con alguno de los vehículos descritos en el cuadro 4. La decisión depende del volumen de residuos que se debe recolectar y la distancia para transportarlos.

Es importante que los vehículos de recolección, o por lo menos sus repuestos, estén disponibles en la zona. En este sentido, es mejor usar o adaptar un vehículo que ya existe en la localidad, antes que introducir un nuevo tipo de vehículo.

El cuadro 4 resume las ventajas y desventajas asociadas a cada tipo de vehículo de recolección.

Cuadro 4. Principales ventajas y desventajas de los vehículos de recolección

Descripción del vehículo	Ventajas	Desventajas
Tirados por animales de carga	Permiten el acceso a zonas de difícil topografía; velocidad de recolección adecuada; facilidad de control del equipo	Costo de alimentación de los animales de carga; poco radio de acción (<2 km en promedio)
Impulsados únicamente por el esfuerzo humano	Velocidad de recolección adecuada; acceso a calles angostas	Dificultad para controlar el vehículo en pendientes; accidentes ocupacionales por sobre esfuerzo; limitado radio de acción (< 2 km en promedio)
Motorizados de pequeña y mediana capacidad (1,5 y 2,5 toneladas respectivamente)	Mayor radio de acción; mayor capacidad de carga	Costo de inversión inicial; falta de repuestos; dificultades de mantenimiento

La siguiente figura muestra los vehículos que se pueden utilizar para la recolección de residuos sólidos.

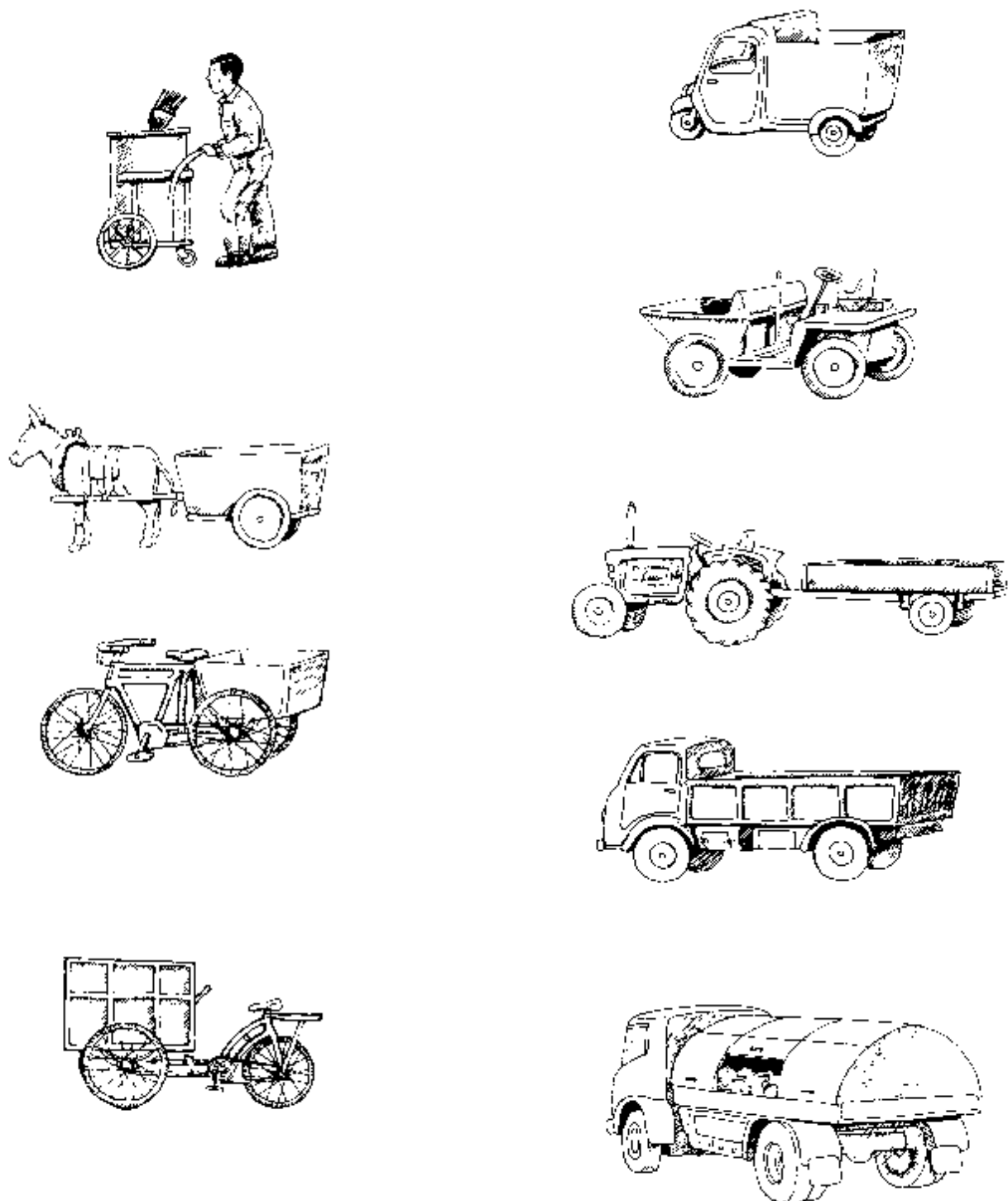


Figura 2. Vehículos de recolección

1.6.2 Frecuencia y horario de recolección

La frecuencia de recolección varía de interdiaria a una vez por semana. Una frecuencia mayor puede incrementar los costos. En ningún caso se debe dejar los residuos sólidos sin recolectar por más de una semana porque origina proliferación de insectos y malos olores en las casas. En mercados y ferias permanentes, la frecuencia de recolección debe ser diaria. Los horarios de recolección dependen del tráfico y de la preferencia del usuario del servicio.

1.6.3 La distribución espacial de las viviendas o fuentes de producción de residuos sólidos

La distribución de las viviendas y otras fuentes de producción de residuos incidirá en las rutas y el tipo de vehículo a emplear. La ruta debe ser simple, con trazos rectos y deberá terminar lo más cerca al lugar de disposición final. La ruta de recolección óptima se ajustará mediante sucesivos ensayos de tipo ensayo-error. En todos los casos, las rutas que se diseñan deben ser corregidas en la práctica.

La siguiente figura muestra un esquema de ruta.

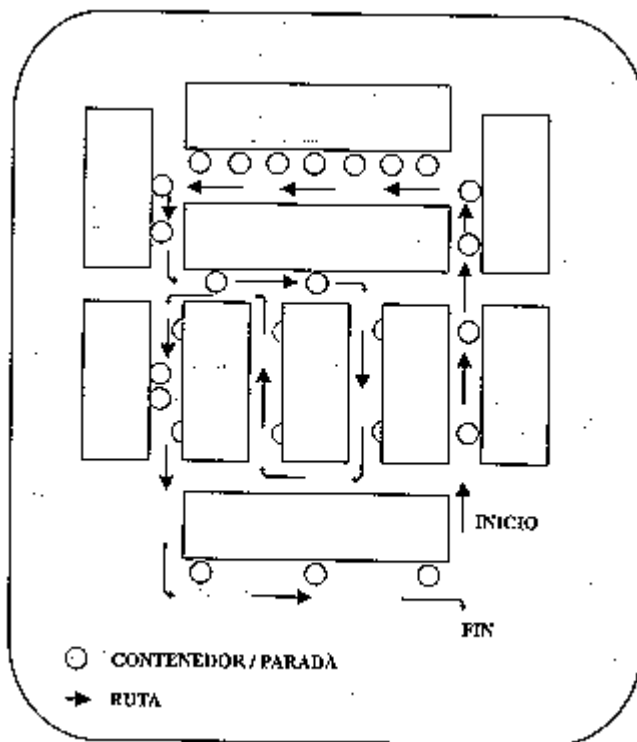


Figura 3. Ruta de recolección

1.6.4 La distancia hacia el lugar de tratamiento o disposición final

La distancia hacia el lugar de tratamiento, reciclaje o disposición final centralizado incide en el tipo de vehículo que se debe emplear y en la necesidad de instalar una pequeña estación de transferencia.

Se estima que más de 1 hora de transporte haría necesaria la instalación de una pequeña estación de transferencia de residuos sólidos. Se debe considerar la velocidad de transporte que tiene cada vehículo. El cuadro 5 muestra las velocidades de un triciclo impulsado únicamente por el esfuerzo humano y una pequeña moto con una cajuela de 0,5 y 1 m³ de volumen de carga por viaje.

Cuadro 5. Velocidades de recolección, transporte vacío y lleno de dos vehículos de recolección

Vehículo	Transporte sin carga (km/h)	Recolección a domicilio (km/h)	Transporte lleno (km/h)
Triciclo impulsado por el esfuerzo humano (0,5 m ³ de capacidad)	2,0 a 3,0	0,7 a 1,5	0,9 a 1,5
Triciclo motorizado (1 m ³ de capacidad)	8,0 a 10,0	0,8 a 1,6	3,0 a 5,5

Fuente: (OACA e IDMA, 1992)

Con la información del cuadro 4 se puede estimar el tiempo total por actividad que requerirá el vehículo recolector para conocer, entre otros, el número de viajes que podría realizar un vehículo de recolección por jornada de trabajo.

Según la distancia del relleno sanitario, se puede plantear dos alternativas de recolección:

Alternativa 1: Recolección y transporte de residuos con un mismo vehículo

Es la práctica más común y simple. Ocurre cuando el lugar de disposición final o centro de reciclaje se encuentra dentro del radio de acción del vehículo recolector.

Ejemplo 2. Estimación del tiempo requerido por un triciclo manual para la recolección de residuos sólidos

En un mapa a escala se estimó que la longitud del garaje al inicio de la ruta es de 500 metros, la longitud de las calles a las que se debe dar el servicio de recolección es de 700 metros y el micro-relleno sanitario se ubica a 300 metros del punto final de la ruta.

Se pide calcular el tiempo total de cada una de estas actividades y el tiempo desde la salida del garaje hasta el micro-relleno sanitario.

A fin de tener un margen de seguridad se usarán los valores mínimos del cuadro 5:

- i. Tiempo de llegada al inicio de la ruta (t_i)
 $t_i = 0,50 \text{ km} / 2,0 \text{ km/h} = 0,25 \text{ hora} \text{ ó } 15 \text{ minutos} (0,25 \times 60 \text{ minutos})$
- ii. Tiempo empleado en la recolección (t_t)
 $t_t = 0,7 \text{ km} / 0,7 \text{ km/h} = 1 \text{ hora} \text{ ó } 60 \text{ minutos}$
- iii. Tiempo requerido para llegar al micro-relleno sanitario (t_r)
 $t_r = 0,3 \text{ km} / 0,9 \text{ km/h} = 0,33 \text{ h} \text{ ó } 20 \text{ minutos} (0,33 \times 60 \text{ minutos})$

El tiempo empleado desde el inicio de la ruta hasta el micro-relleno sanitario es:

$15 + 60 + 20 \text{ minutos} = 95 \text{ minutos} \text{ ó } 1 \text{ hora con } 35 \text{ minutos.}$

Alternativa 2: Recolección y transporte en dos etapas por distintos vehículos

La recolección y transporte en dos etapas por distintos vehículos ocurre cuando el relleno sanitario se encuentra alejado del poblado (más de 1 hora de viaje). En este caso, la recolección la efectúa un vehículo de pequeña capacidad que acumula los residuos en algún punto estratégico denominado comúnmente "estación de transferencia", de donde un vehículo de mayor capacidad los evacúa hacia el lugar de reciclaje o disposición final.

Esta situación se debe evitar porque incrementa los costos de recolección e introduce dificultades adicionales para el manejo de los residuos sólidos. De no existir otra alternativa, la estación de transferencia se debe construir en algún lugar que no origine molestias a los vecinos y que permita facilidades para las operaciones de descarga, carga y eventualmente almacenamiento de residuos sólidos.

La estación de transferencia no es un lugar de almacenamiento de residuos, por lo cual los residuos sólidos se deben evacuar de este lugar a diario.

La figura que se muestra a continuación describe las etapas de la recolección de residuos sólidos.

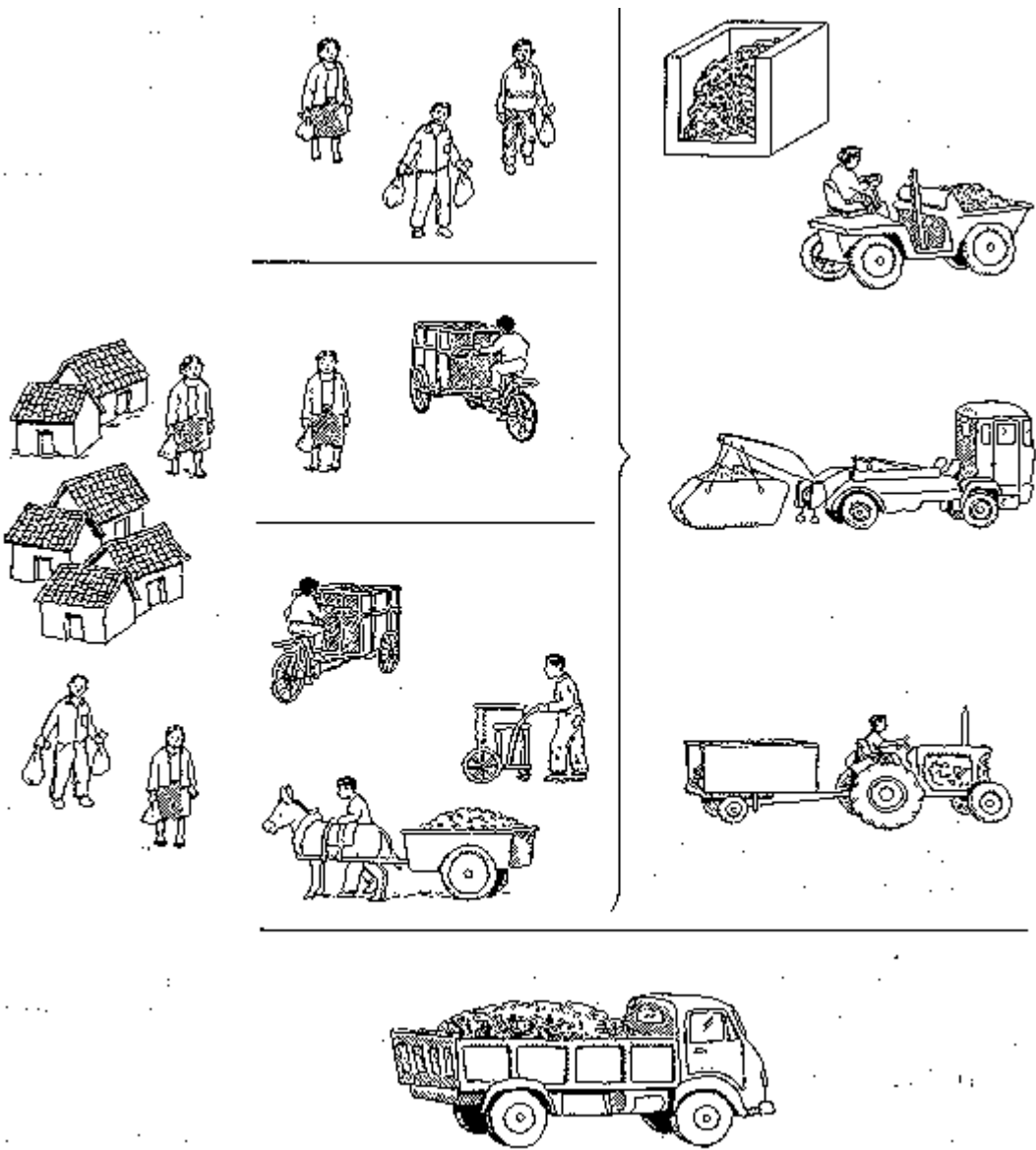


Figura 4. Opciones de recolección primaria de residuos sólidos

1.7 LA DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final en rellenos sanitarios es la práctica más común y aceptada y permite disponer los distintos tipos de residuos que se encuentran en las ciudades pequeñas y poblados rurales. Este método se puede aplicar en ciudades grandes y hasta en pequeños bloques de viviendas o familias individuales.

El relleno sanitario consiste en el enterramiento ordenado y sistemático de los residuos sólidos compactados en el menor espacio posible a fin de minimizar los potenciales impactos negativos en la salud y ambiente.

De acuerdo a las características del área se puede construir tres tipos de relleno sanitario: de zanja, superficie y ladera. Por lo general, el relleno sanitario de zanja se construye en zonas planas donde se excavan trincheras para depositar los residuos sólidos. En el relleno sanitario de superficie se cubren los residuos con tierra en la misma superficie del terreno, mientras que en el relleno sanitario de ladera se trata de aprovechar las depresiones o taludes naturales para disponer los residuos sólidos. La siguiente figura muestra esquemáticamente los 3 tipos de relleno sanitario.

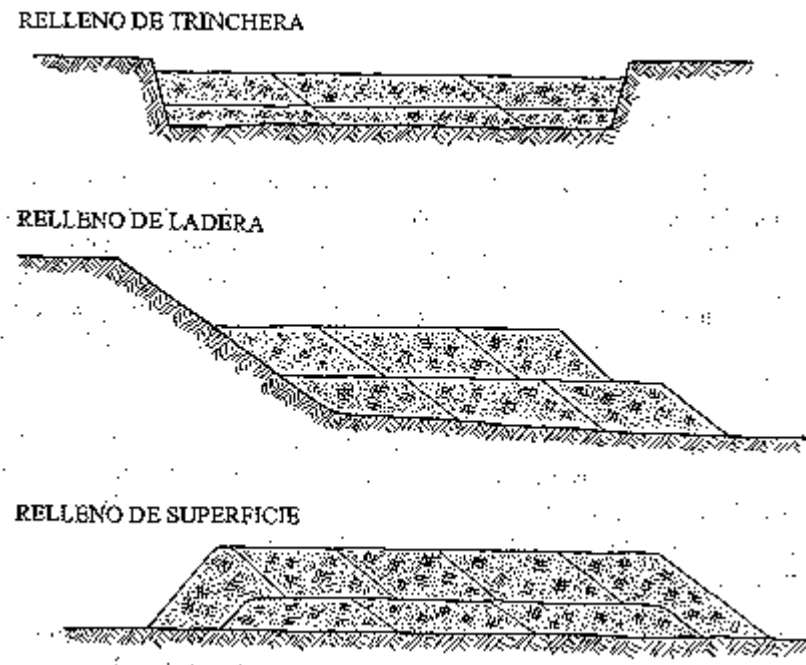


Figura 5. Sección típica de un relleno sanitario

En los tres tipos de relleno sanitario se construye celdas en donde se compacta y entierra los residuos sólidos que se reciben. Las principales operaciones que se realizan en un relleno sanitario son:

- recepción de los residuos sólidos
- formación de una celda diaria con los residuos
- compactación de la celda
- recubrimiento con tierra
- compactación de la celda.

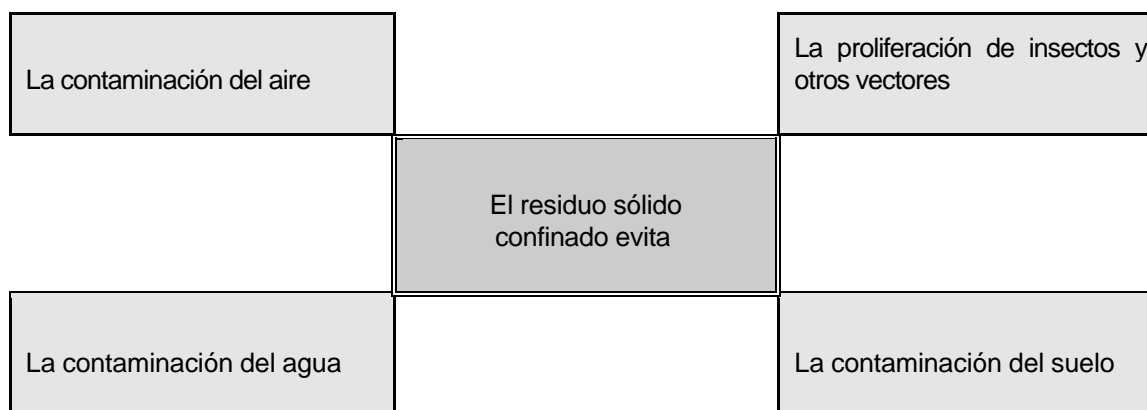


Figura 6. Minimización de impactos ambientales a través del confinamiento de desechos

El relleno sanitario previene que las personas, animales y vectores que transmiten enfermedades (por ejemplo: moscas, cucarachas, etc.) estén en contacto con los residuos sólidos y evita que éstos contaminen el ambiente. Esta técnica de confinamiento también se puede usar para disponer aquellos residuos que por sus características representan un riesgo mayor a la salud y al ambiente, como los residuos sólidos de los establecimientos de salud. Dada la importancia de la adecuada disposición final de los residuos de establecimientos de salud, al final de esta sección se sugieren algunas pautas sobre este tema.

De acuerdo al volumen de residuos sólidos que se debe procesar, las tareas de formación de celdas, compactación y enterramiento de residuos sólidos en el relleno sanitario, se pueden realizar con maquinaria pesada (tractores, compactadores, etc.) o únicamente a través del esfuerzo humano. En este último caso, el relleno sanitario se denomina relleno sanitario de operación manual (RSM).

Se considera que el RSM puede funcionar adecuadamente con 20 toneladas por día, aunque se conoce experiencias con volúmenes mayores (en Cajamarca, Perú, un RSM procesa 40 toneladas por día). Por razones de seguridad se recomienda que por encima de las 20 toneladas por día se debe emplear maquinaria pesada. Una pequeña ciudad que no disponga de espacio para implementar un RSM, puede vincularse con otras ciudades e instalar un RSM centralizado para atender colectivamente a un grupo de ciudades. En este caso, el RSM debe estar ubicado en un lugar estratégico que permita el transporte económico de los residuos sólidos.

Dado que en las ciudades pequeñas y zonas rurales no se espera tratar más de 20 toneladas por día, en esta Guía sólo se desarrollará el RSM¹.

1.7.1 Relleno sanitario manual (RSM)

Los pasos para diseñar un RSM son:

Ubicación del lugar

La localización del RSM se realiza mediante sucesivas inspecciones de campo. Los mapas, planos

¹Se recomienda revisar la siguiente referencia: Jaramillo Pérez, Jorge Alberto; Zepeda Porras, Francisco. Residuos sólidos municipales. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington, DC., OPS, 1991. (OPS Serie Técnica, 28).

topográficos e indicaciones de la población, entre otros, son útiles para definir los lugares a visitar. En general, el área debe permitir un período de vida útil mínimo de 3 a 5 años. Ello depende de la cantidad de residuos sólidos que se van a tratar y del tamaño y características del área.

Cálculo del área requerida

El área requerida depende de la cantidad de residuos sólidos que se van a depositar en el RSM. Para calcular el área se necesita:

- proyectar la producción total en kilogramos por día de residuos sólidos de 3 a 5 años como mínimo;
- convertir esta información a unidades de volumen utilizando un factor de conversión de 300 a 450 kilogramos por metro cúbico; este factor de conversión es la densidad de los residuos sólidos que se compactan en un RSM;
- estimar el volumen total requerido considerando que 20% del volumen será ocupado por material de cobertura (tierra) y el restante 80% por los residuos sólidos enterrados.

El ejemplo 3 muestra el cálculo para estimar el área que necesita un RSM.

Ejemplo 3. Estimación del área requerida por un RSM
Calcular el área de un RSM para la población del ejemplo 1, quienes utilizarán una cantera de 2,5 m de profundidad promedio y desean disponer del RSM por cinco años como mínimo.
Producción total diaria: 375 kilogramos Volumen diario: $375 \text{ kg}/350 \text{ kg/m}^3 = 1,07 \text{ m}^3$ (se asume una densidad de 350 kg/m^3) Volumen requerido en 5 años = $1,07 \times 365 \text{ días} \times 5 \text{ años} = 1953 \text{ m}^3$ Dado que 20% es material de cobertura, se necesitará un volumen total (x) de: 1953 m^3 --- 80% (residuo sólido) $x \text{ m}^3$ --- 100 % (volumen total residuo sólido + tierra de cobertura) Volumen total requerido = $1953 \times 100 / 80 = 2441 \text{ m}^3$ Área total requerida = $2441 \text{ m}^3 / 2,5 \text{ m de altura} = 977 \text{ m}^2$

El cuadro 6 muestra una estimación del área promedio para construir un RSM de 3 a 6 años de vida útil que sirve a una población de 1.000 a 5.000 personas con una ppc de 0,2 a 0,6 kg/hab/día.

Cuadro 6. Promedio de área para un RSM según el tamaño poblacional y vida útil esperada

Población (habitantes)	Vida útil (años)			
	3	4	5	6
1.000	250 - 700	300 - 900	400 - 1.100	500 - 1.400
2.000	500 - 1.400	600 - 1.800	800 - 2.200	900 - 2.700
3.000	700 - 2.000	900 - 2.700	1.100 - 3.300	1.400 - 4.000
4.000	900 - 2.700	1.200 - 3.600	1.500 - 4.400	1.800 - 5.300
5.000	1.100 - 3.300	1.500 - 4.400	1.900 - 5.500	2.200 - 6.600
	Área (m2)			

Los cálculos del cuadro 5 han considerado una producción per cápita de 0,2 a 0,6 kg/hab-día y una altura promedio de relleno sanitario de 3 metros.

El RSM debe ubicarse en las proximidades de la comunidad, pero no tan cerca a zonas habitadas porque el tratamiento de residuos sólidos puede causar molestias a los vecinos. Una distancia razonable del RSM a la vivienda más próxima es 200 metros. De preferencia el RSM debe tener fácil acceso y material de cobertura disponible en el mismo lugar.

Construcción de un RSM

El RSM debe tener un mínimo de instalaciones que permitan el tratamiento de los residuos sólidos de manera higiénica, cómoda y organizada. A continuación se describen las instalaciones mínimas que debe tener un RSM.

Vía de acceso

La vía de acceso puede ser de material afirmado y debe permitir el tránsito de los vehículos con comodidad hasta el lugar donde se construyen las celdas para los residuos sólidos. El trazo de la vía de acceso debe estar claramente señalado de tal manera que las personas y vehículos de recolección transiten por los lugares que les corresponde. La vía de acceso se puede señalar con piedras pintadas de color claro, llantas alineadas una tras otra, u otro material disponible en la zona.

Caseta de uso múltiple

Es recomendable construir una caseta con diversos ambientes para el almacenamiento de las herramientas, uniformes y equipos de seguridad en el trabajo; para los servicios higiénicos y facilidades de higiene personal; y eventualmente guardíania. La caseta también puede servir de oficina para las labores administrativas y de control (registro de vehículos que ingresan, archivos de personal, contabilidad, etc.).

Cerco perimétrico

El cerco perimétrico sirve de cortina rompe viento, aislamiento visual del área de operaciones y delimitación del RSM. El cerco perimétrico también permite atrapar papeles y objetos livianos que el viento puede dispersar durante la operación del RSM. Se puede construir con materiales baratos como cañas, troncos, plantones y árboles nativos. Se debe evitar los materiales costosos (ladrillo, alambre de púas, prefabricados, etc.).

Canal perimétrico

El canal perimétrico es de suma importancia, sobre todo en zonas de lluvia para evitar que el agua superficial penetre en el RSM. El canal perimétrico debe tener una sección uniforme y por lo general puede ser excavado sin recubrimiento de concreto u otro material aislante.

Drenes de líquidos contaminados

Los residuos sólidos que se van depositando en el RSM tienden a producir líquidos con alta contaminación, a los que se denomina lixiviados. A fin de evitar que estos líquidos contaminen el agua subterránea o afloren a la superficie del RSM es necesario drenarlos por medio de canales. Los canales o drenes se construyen en la base del RSM de forma tal que capturen la mayoría de líquidos lixiviados.

Impermeabilización del suelo

En zonas de abundante lluvia y nivel de agua subterránea cerca a la superficie es necesario impermeabilizar la base del RSM a fin de evitar que los líquidos lixiviados contaminen las aguas subterráneas. La impermeabilización se puede realizar con arcilla compactada.

Chimeneas para la evacuación de gases

La descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos genera una serie de gases que deben ser evacuados de manera controlada. De lo contrario, estos gases pueden originar problemas en las viviendas cercanas y eventualmente incendios en el RSM. Las chimeneas pueden ser de piedra colocadas sobre un soporte y van creciendo verticalmente conforme la altura del RSM se incrementa.

Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran los detalles constructivos de un RSM concluido. La figura 9 indica los pasos a seguir para la implementación del RSM.

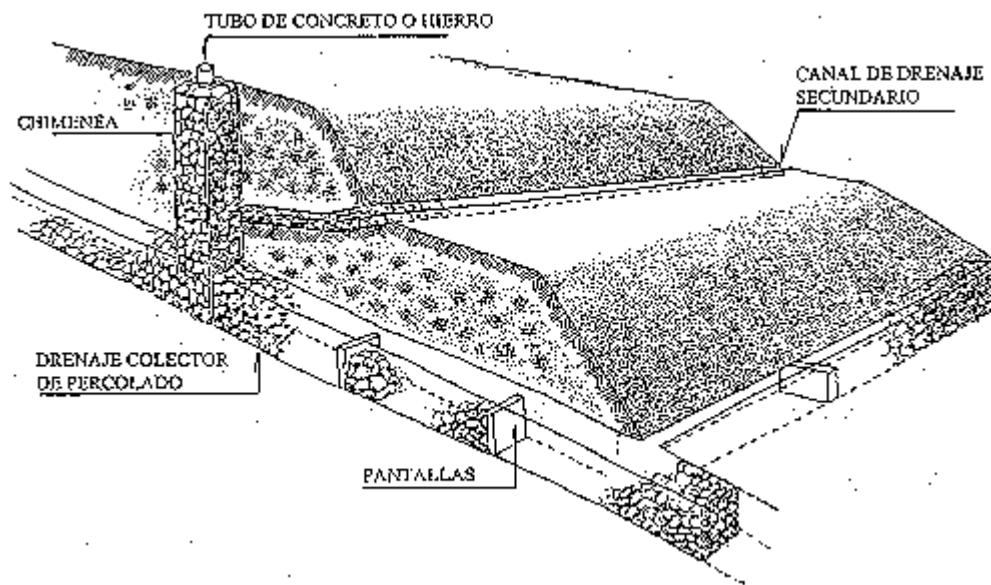


Figura 7. Relleno concluido. Detalles de los sistemas de drenaje de líquidos y gases

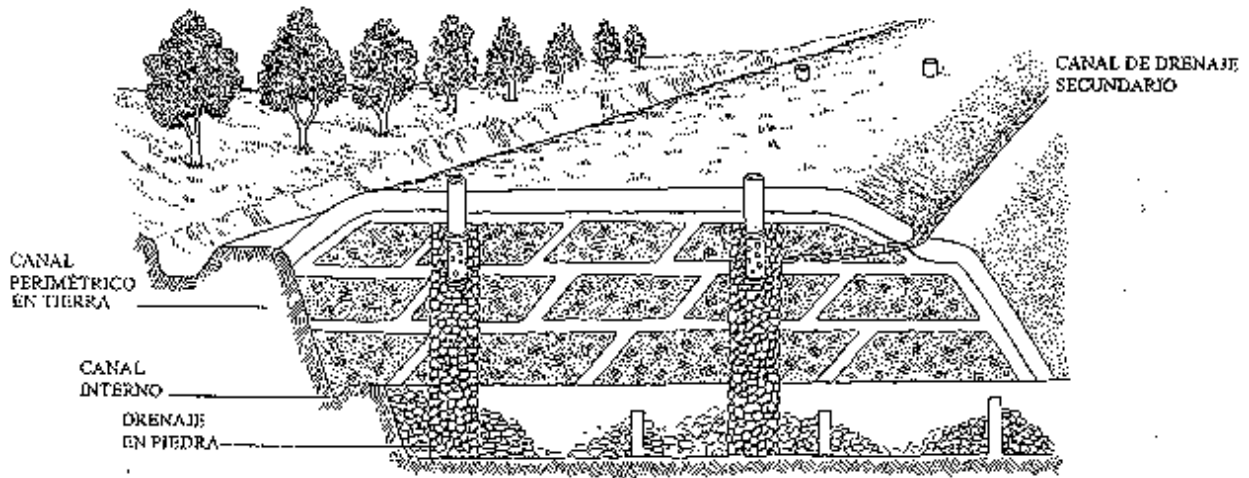


Figura 8. Relleno concluido. Detalle de ubicación de las chimeneas para evacuación de gases y canales de drenaje de líquidos

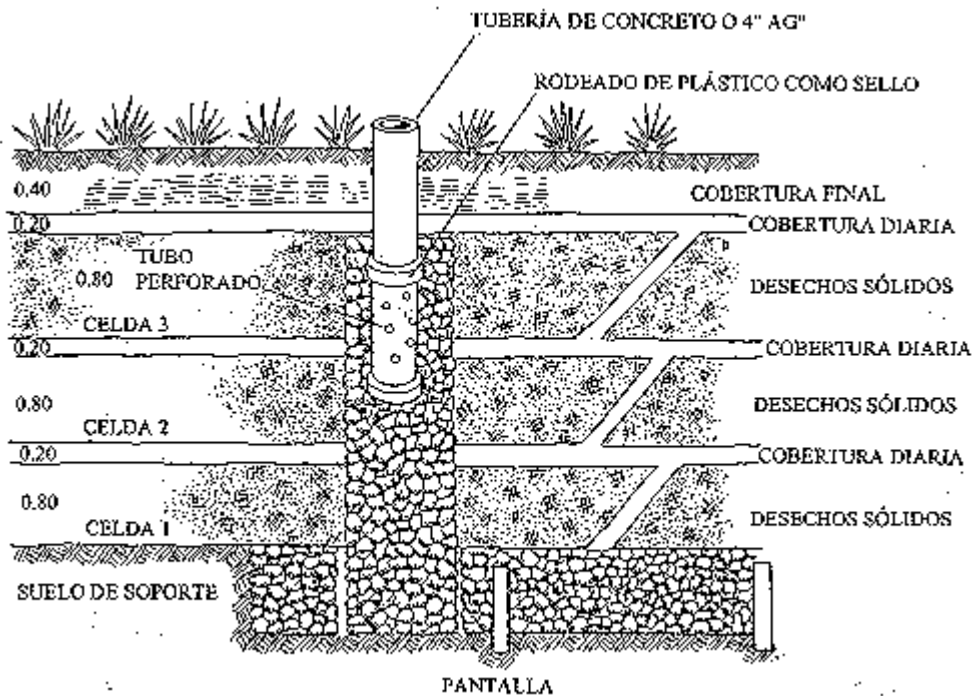


Figura 9. Relleno concluido. Detalle constructivo de chimeneas de evacuación de gases.

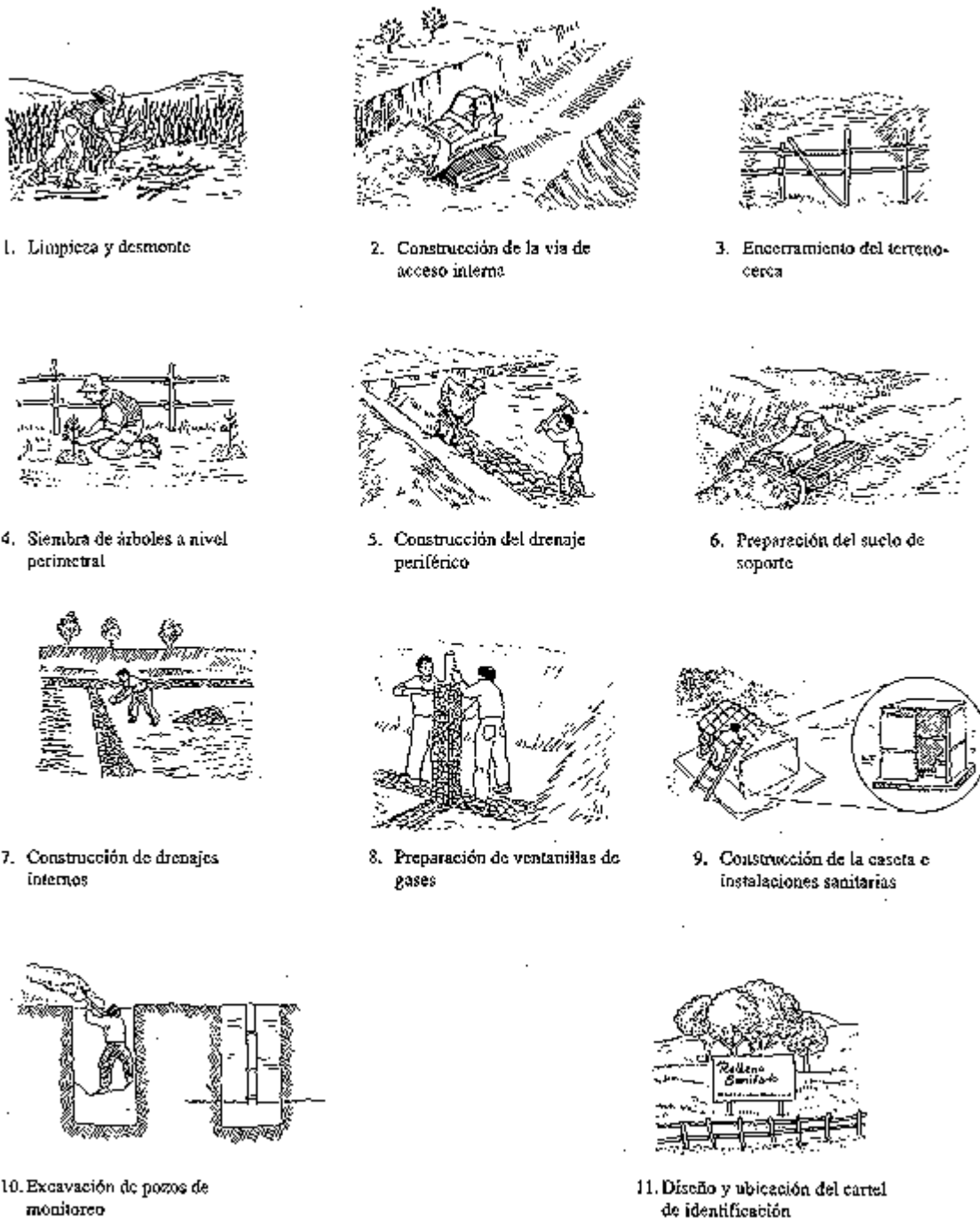


Figura 10. Implementación del relleno sanitario manual

Operación de un RSM

El personal es el recurso más importante en la operación del RSM. Los operarios deben realizar las siguientes tareas:

- recepción de los residuos sólidos
- construcción de la celda de residuos sólidos
- enterramiento y compactación de la celda
- limpieza y mantenimiento del RSM.

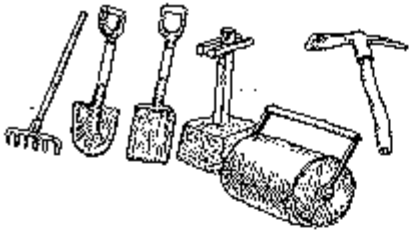
Las celdas deben tener una altura de 1,20 m con una cobertura de tierra de 5 a 10 cm y se deben construir y enterrar a diario, cuidando que el lugar presente un aspecto limpio al final de la jornada.

La disposición final de residuos sólidos de pequeños establecimientos de salud

Los residuos sólidos que se producen en los establecimientos de salud se pueden disponer mediante técnicas de confinamiento basadas en los mismos principios que rigen los rellenos sanitarios comunes. Sin embargo, su manejo y tratamiento requiere un cuidado especial. Las jeringas, vidrio de análisis clínicos, vendajes, etc. deben recibir un manejo especial desde el momento en que se usan hasta su disposición final.

Los residuos infecciosos y peligrosos de los pequeños establecimientos de salud se deben almacenar en la misma fuente que los produce, en recipientes especiales y separados del resto de residuos comunes. Por ejemplo, una posta o consultorio médico podría tener pequeños cilindros donde sólo se coloquen los residuos contaminados. Los otros residuos comunes, como los desechos de las oficinas administrativas o restos que dejan las visitas se pueden juntar con los residuos comunes. Los residuos sólidos infecciosos y peligrosos se deben recolectar evitando romper o dañar los empaques para evitar que estos se mezclen con los residuos comunes o se dispersen en el ambiente.

La figura 12 muestra un silo simple que se puede utilizar para disponer los residuos infecciosos y peligrosos de origen hospitalario.



1. Adquisición de herramientas



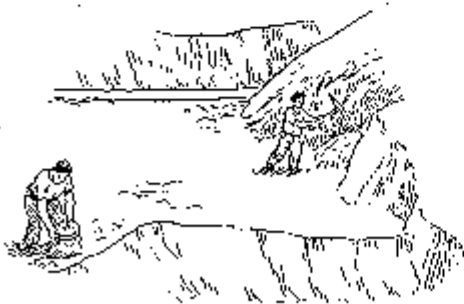
2. Adquisición de elementos de protección de los trabajadores



3. Inicio de la operación del relleno



4. Clausura del botadero



5. Mantenimiento permanente



6. Preparación del presupuesto anual

Figura 11. Operación y mantenimiento del relleno sanitario municipal

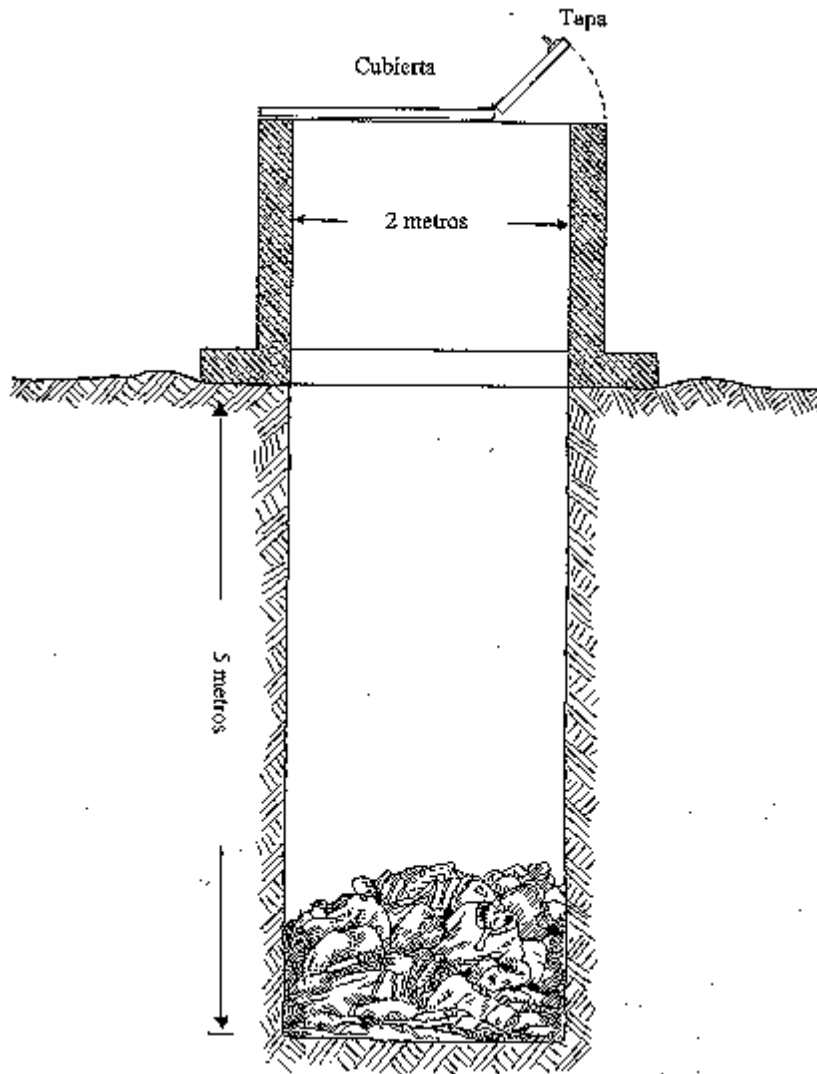


Figura 12. Silo para la disposición de residuos sólidos infecciosos y peligrosos de origen hospitalario

El silo debe tener una tapa de fácil manipulación que evite el ingreso y eventualmente la salida de insectos u otros vectores. No se deben colocar residuos líquidos ni lodos en el silo porque podría originar olores desagradables. El acceso al silo debe permitirse únicamente a las personas responsables de su cuidado y mantenimiento. El silo se debe sellar con una capa de tierra compactada de 30 cm cuando los residuos lleguen a esa distancia de la superficie del terreno. Una vez que el silo se clausure, se debe colocar en el lugar una señal que indique la existencia de esta instalación a fin de evitar que los residuos sólidos se desentierren o se traten de recuperar.



Figura 13. Símbolo de residuos sólidos de establecimientos de salud

1.8 EL RECICLAJE

En términos generales, las ventajas ambientales del reciclaje resultan indiscutibles; sin embargo, los proyectos de reciclaje deben considerar el aspecto de sostenibilidad económica para garantizar que sus beneficios sean permanentes. Antes de iniciar un proyecto de reciclaje es conveniente evaluar los siguientes aspectos:

- volumen y tipo de residuo sólido que se desea reciclar
- tecnología de reciclaje
- costos de inversión inicial, operación y mantenimiento del sistema de reciclaje
- uso y demanda de los productos reciclados
- precio de los productos reciclados.

Los proyectos de reciclaje se deben desarrollar con pleno conocimiento de sus implicancias económicas. En muchos casos, estos esfuerzos han atravesado dificultades económicas que han desalentado y paralizado este tipo de iniciativas. Sin embargo, sus ventajas no sólo se deben evaluar desde un punto de vista netamente económico sino también ambiental, por los beneficios que se derivan del mejor aprovechamiento de los recursos.

En ciudades pequeñas y zonas rurales no existen muchas posibilidades de reciclar residuos sólidos inorgánicos. Aparte de consideraciones económicas, la escasa demanda por parte de la industria y el bajo contenido de materiales inorgánicos reciclables en los residuos sólidos constituyen dos factores que limitan el reciclaje en estas zonas.

De otro lado, el reciclaje de residuos sólidos orgánicos, como restos de cocina, maleza, estiércol, etc., en determinados poblados pequeños y zonas rurales merece ser considerado como una alternativa viable. Esta práctica reduce considerablemente el volumen de residuos que se debe recolectar y disponer. Además, posibilita la recuperación y aprovechamiento de la fracción putrescible que normalmente causa molestias ambientales y acarrea riesgos a la salud.

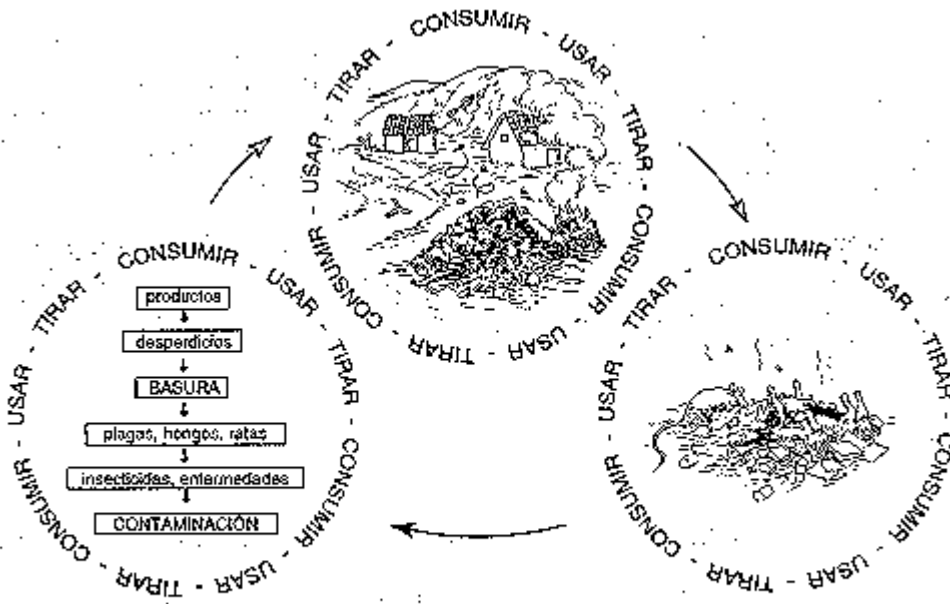
En los poblados pequeños y zonas rurales, el reciclaje y disposición final se puede realizar en el mismo predio o cerca de la vivienda porque es común encontrar espacio suficiente para ello. De esta manera, se evita gastos y esfuerzos innecesarios de transporte y disposición final. Existen las siguientes alternativas para el reciclaje de residuos orgánicos:

- compostificación
- crianza de cerdos
- lombricultura.

El cuadro 7 señala las ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos de reciclaje.

Cuadro 7. Ventajas y desventajas de algunos métodos de reciclaje de residuos sólidos orgánicos

Descripción	Ventajas	Desventajas
Compostificación	Fácil implementación a diversas escalas Bajo costo de operación y mantenimiento	Baja demanda del compostado por desconocimiento de sus ventajas La calidad del compostado puede no ser aceptable Rechazo a la forma de desarrollar la compostificación
Crianza de cerdos	Provee una fuente de alimento para la población La crianza "tecnificada" de cerdos es una buena opción para adecuar las prácticas informales de crianza de cerdos	Requiere personal técnico capacitado Riesgo de salud pública Alta inversión inicial Exige monitoreo sanitario permanente Resistencia de la población a ingerir esta carne de cerdo
Lombricultura	El humus de lombriz es fácilmente aceptado por los agricultores La lombricultura tiene poco riesgo de generar impactos ambientales negativos	Dificultad para obtener las lombrices



Reciclar significa que todos los desechos y desperdicios que generamos en nuestra vida se vuelvan a integrar a un ciclo natural, industrial y comercial mediante un proceso cuidadoso que nos permita llevarlo a cabo de manera adecuada y limpia.

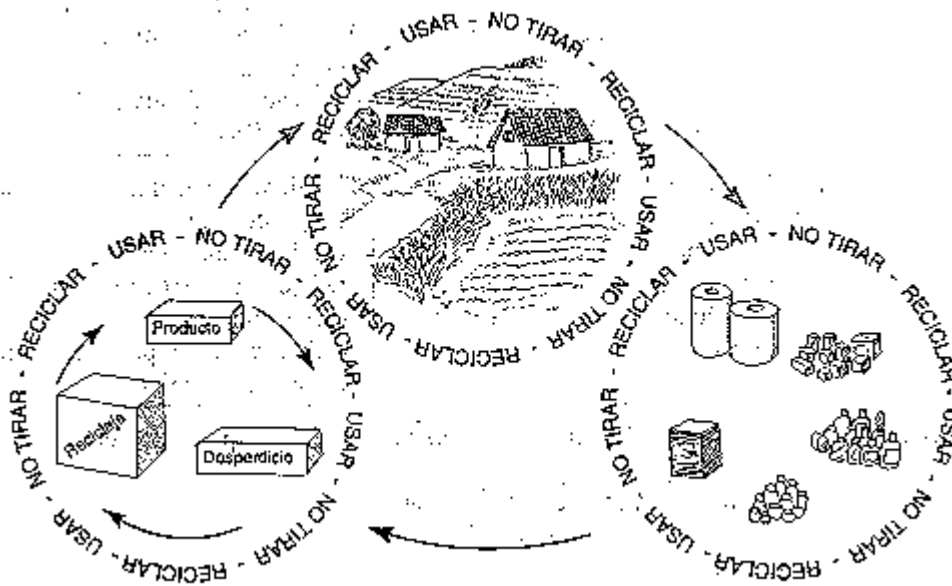


Figura 14. El reciclaje

1.8.1 Compostificación manual

Se denomina compostificación al proceso controlado mediante el cual los residuos sólidos orgánicos se convierten en un mejorador del suelo. Su producto, el compostado, se puede usar en biohuertos comunales, viveros y recuperación de terrenos eriazos. El compostado provee nutrientes esenciales a las plantas, entre ellos, el nitrógeno, fósforo y potasio. Además, mejora la estructura física del suelo al incrementar su capacidad para retener agua y contribuye al desarrollo de una importante flora microbiana que mejora su calidad orgánica.

El siguiente cuadro muestra la calidad promedio del compostado obtenido de residuos sólidos orgánicos.

Cuadro 8. Calidad promedio del compostado de residuos orgánicos

Parámetro	Valor
Nitrógeno	0,6 - 1,7 %
Fósforo	0,2 - 1,5 %
Potasio	0,4 - 1,3 %
Manganeso	430 - 600 ppm
Materia orgánica	20 - 40%

ppm: partes por millón

El compostado se puede preparar con maquinaria y equipo mecanizado o con métodos manuales. El uso de determinado método de compostificación depende del volumen de residuo orgánico que se va a tratar. En poblados pequeños y zonas rurales es recomendable usar métodos manuales de compostificación que permitan procesar tres a cuatro toneladas de residuos orgánicos por día.

La materia prima para preparar el compostado es el residuo sólido orgánico. Mientras más variada sea la materia orgánica, mejor será la descomposición y calidad del compostado. La relación carbono/nitrógeno depende de las características de los productos de origen animal o vegetal. En la preparación del compostado, la mezcla adecuada de residuos orgánicos debe tener una relación inicial carbono/nitrógeno de aproximadamente 30 a 40.

El cuadro 9 muestra la relación carbono/nitrógeno de algunos compuestos orgánicos que se encuentran en los residuos sólidos.

Cuadro 9. Relación carbono/nitrógeno de algunos compuestos orgánicos presentes en los residuos sólidos

Relación carbono/nitrógeno	
Alta	Baja
<ul style="list-style-type: none"> · Cáscara de papa · Cáscara de plátano · Hojas secas de árboles · Restos de caña de azúcar · Papel · Paja · Ramitas · Residuos de algodón · Fibras de coco · Cáscara de maní (cacahuete) 	<ul style="list-style-type: none"> · Plantas frescas · Vísceras de pescado · Sangre deshidratada · Vísceras de pollo · Residuos de leche o productos lácteos · Residuos de cerveza · Vísceras de res · Alga marina

Fuente: Adaptado de Marietjevvan Eeghen. The preparation and use of compost. Holanda, 1983.

El cuadro se puede usar como una guía para preparar la materia prima del compostado. Es necesario disponer de una mezcla de compuestos de alta y baja relación carbono/nitrógeno. Los residuos sólidos que tienen una baja relación carbono/nitrógeno se descomponen con mayor rapidez que los que tienen una alta relación carbono/nitrógeno. Por este motivo, es mejor mezclar residuos con baja relación carbono/nitrógeno como vísceras de pescado y plantas frescas con residuos de alta relación carbono/nitrógeno como restos de caña de azúcar, paja, hojas secas de árboles. Se debe evitar la compostificación únicamente con los compuestos indicados en las columnas de alta o baja relación carbono/nitrógeno. Por ejemplo, no es posible obtener un buen compostado sólo con residuos de caña de azúcar (baja relación C/N) o sólo con vísceras de pescado (alta relación C/N); lo mejor es mezclarlos para lograr una relación C/N adecuada.

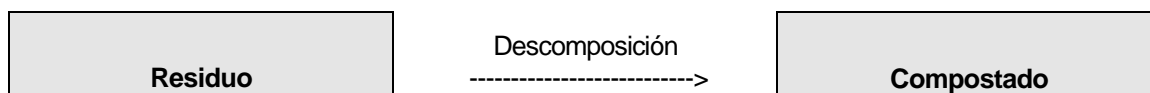
Algunas fuentes apropiadas para la producción de compostado son:

- mercados
- comedores públicos o comunales
- restaurantes
- agricultura
- ganadería
- mataderos.

Principios básicos para la preparación del compostado

La preparación del compostado se puede realizar mediante la descomposición de la materia orgánica en condiciones aerobias o anaerobias (con y sin oxígeno, respectivamente). La compostificación aerobia, o sea en un medio con oxígeno, es más común y preferida que la descomposición anaerobia, debido a que esta última genera olores desagradables y su temperatura no llega a eliminar los microbios patógenos. Por el contrario, la compostificación en un substrato aerobio experimenta un incremento espontáneo de temperatura, favorece la descomposición de la materia orgánica, elimina microbios patógenos y no libera malos olores.

A continuación se muestra el proceso de compostificación en un medio aerobio.



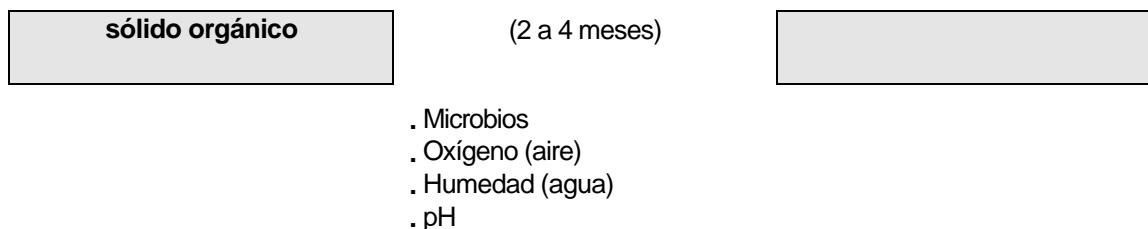


Figura 15. Compostificación en medio aerobio

Como se puede apreciar, la compostificación depende de la acción de los microbios que se encargan de descomponer la materia orgánica. Para ello es necesario controlar tres parámetros adicionales: la aireación, la humedad y el pH.

La materia en descomposición debe tener 50% de humedad. Para obtener este nivel de humedad se agrega agua a la materia orgánica hasta que no libere agua o tenga una apariencia de tierra húmeda.

La aireación se puede lograr volteando o colocando pequeñas chimeneas en el material que se compostifica. El pH se controla agregando un poco de cal o ceniza durante el acondicionamiento inicial de la materia orgánica que se convertirá en compostado.

Los pasos principales para preparar compostado se pueden resumir como sigue:

1. Separación de la materia orgánica
2. Trituración y homogeneización
3. Compostificación
4. Tamizado
5. Almacenamiento
6. Aplicación del compostado.

Preparación del compostado en pozas

El compostado se puede preparar en pozas donde se entierra los diversos residuos sólidos y se puede emplear en las viviendas. Al igual que en otros procesos de compostificación de mayor escala, en este caso también es importante mantener un nivel adecuado de humedad agregando agua moderadamente a la masa en descomposición. Además, es recomendable colocar un pequeño tronquito o tubo de aproximadamente 5 cm de diámetro al centro del hoyo para facilitar el ingreso de aire a la masa en tratamiento.

Siguiendo estas pautas se podrá obtener compostado al cabo de 3 a 4 meses. La calidad se puede mejorar si el compostado se tamiza a través de una malla de 5 mm para obtener una apariencia pareja, inerte y de fácil manipulación.

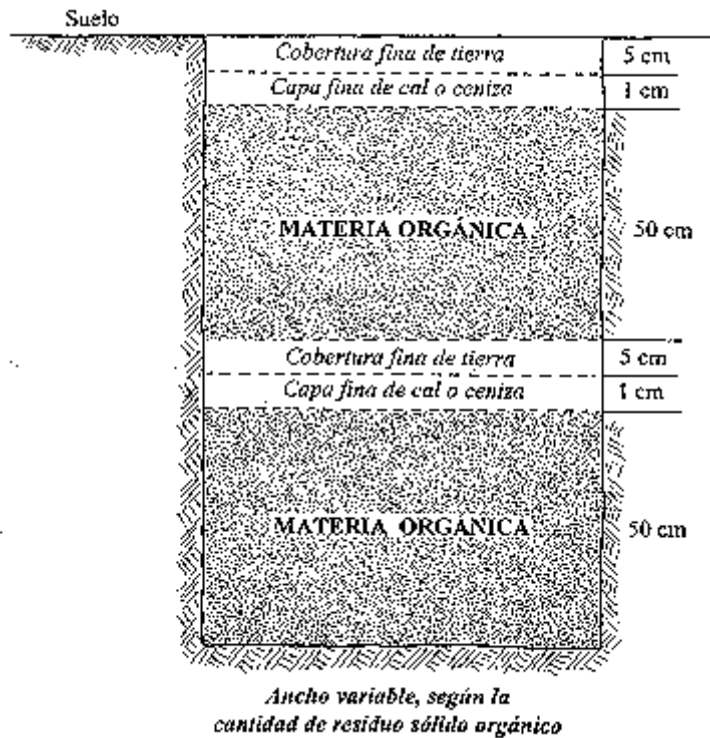


Figura 16. Poza de compostificación en viviendas

El método de compostificación en pozas también se puede usar para procesar desechos de la agricultura o ganadería. Lo importante es mantener la humedad y la aireación durante el procesamiento. Según el volumen de residuo sólido orgánico, la profundidad de la poza puede llegar a 1,5 m como máximo. No es recomendable una profundidad mayor porque resulta difícil mantener un nivel adecuado de humedad y aireación en la masa que se compostifica.

En caso de tener una poza de 1,5 m de profundidad, será necesario dejar libre un espacio adyacente para voltear el material que se compostifica por lo menos un par de veces durante los primeros dos meses. Al voltear los residuos, se debe procurar homogeneizar la masa, verificar la humedad y agregar nuevamente un poco de cal o ceniza.

El siguiente esquema muestra la distribución de la poza de compostificación con espacio para voltear la materia orgánica.

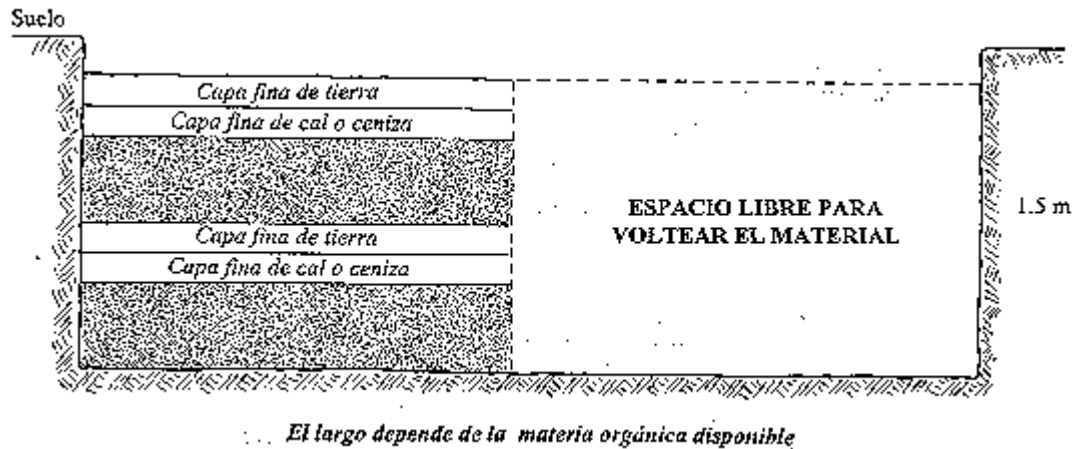


Figura 17. Poza de compostificación a escala agrícola o comunal

Compostificación en cúmulos

A diferencia del método de pozas, que se llena y descarga cada cierto tiempo, el método de compostificación en cúmulos o rumas permite procesar de manera continua los residuos sólidos orgánicos. Los cúmulos se construyen con la materia orgánica que se desea procesar sobre la superficie del suelo, lo que resulta fácil de implementar.

Los cúmulos deben tener 1,2 a 1,5 m de altura mínima y máxima, respectivamente. Una altura menor de 1,2 m dificultaría el calentamiento natural de la masa que se procesa, mientras que una altura mayor de 1,5 m impediría la adecuada aireación del material. El largo del cúmulo depende de la cantidad de residuo sólido orgánico disponible.

El cúmulo se construye en capas de 20 a 30 cm de altura de residuo sólido orgánico a las que se les rocía un poco de cal o ceniza y agua para mantener una humedad uniforme en todo el cúmulo (ver figura). Al igual que en las pozas, no se debe formar un charco alrededor del cúmulo. Ello indicaría una sobre saturación de humedad e impediría una adecuada aireación del cúmulo. La falta de oxígeno en la masa en descomposición promueve la generación de malos olores. La compostificación por el método de cúmulos dura aproximadamente tres meses.

En caso de contar con una fuente permanente de producción de residuos sólidos (mercados, restaurantes y comedores) es posible colocar un cúmulo tras otro de manera tal que cada día se recibe y procesa los residuos.

La siguiente figura muestra el diseño típico de un cúmulo de compostificación.



Figura 18. Diseño típico de un cúmulo de compostificación

Los cúmulos pueden construirse uno a continuación del otro de la siguiente manera:

+

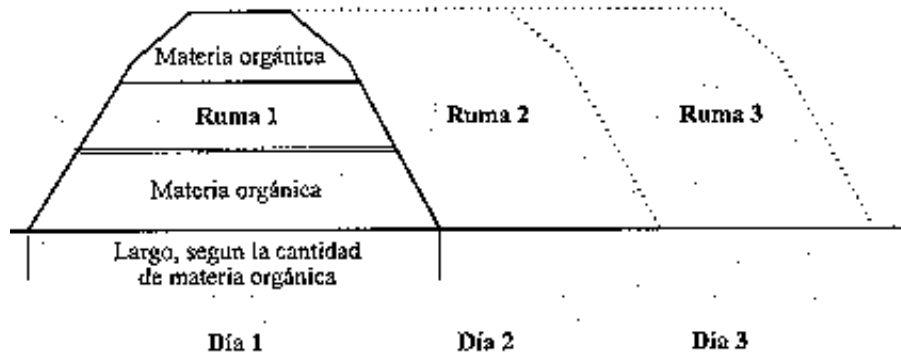


Figura 19. Diseño típico de cúmulos en hilera para compostificación continua

Cada día se puede construir un cúmulo, de manera que al llegar al número 90 (3 meses), el cúmulo número 1 (día 1) ya se habrá convertido en compostado. En el día 90, el cúmulo 1 se podrá retirar, tamizar y obtener así el compostado, y en su lugar se podrá construir un nuevo cúmulo con materia orgánica fresca. Esta rutina permite producir compostado y recibir residuo sólido orgánico de manera continua.

Es necesario recordar que cada uno de los cúmulos requiere aireación y homogeneización durante los tres meses que dura la compostificación. Se debe preparar un plan de trabajo que permita voltear cada cúmulo tres veces en los tres meses, así:

- primer volteo a la segunda semana;
- segundo volteo a la quinta semana;
- tercer volteo a la octava semana.

El cuadro 10 muestra un esquema de trabajo para producir compostado en un terreno con capacidad para 90 cúmulos (una por día).

A continuación se muestran datos básicos referidos al requerimiento de área y personal para una planta de producción de compostado que usa la técnica de cúmulos en hilera.

Datos prácticos de una planta de compostado de 2,0 t/día de residuo sólido	
.	Volumen recepcionado: 2,0 t/día de residuos de mercados
.	Porcentaje de materia orgánica: 90%
.	Volumen de materia orgánica procesada: 1,8 t/día
.	Total de trabajadores (incluida la recolección): 3 obreros y 1 obrero-administrador
.	Tiempo de recolección: 3 horas aproximadamente
.	Jornada de trabajo: 6 horas
.	Tiempo de compostificación: 90 días
.	Área total: 2.000 m ²
.	Método: húmedo-aerobio, cúmulo en hileras con 3 volteos
.	Porcentaje de compostado producido: 30% del total de residuo orgánico
.	Volumen de compostado producido: 540 kg/día

Cuadro 10. Plan de operación de una planta de compostificación mediante cúmulos en hileras

Día	Cúmulo No.	Volteo			Tami z	Día	Cúmulo No.	Volteo			Tami z
		1e ro.	2do.	3ro.				1ero	2do.	3ro.	
1	1					47	47	33	12		
2	2					48	48	34	13		
3	3					49	49	35	14		
4	4					50	50	36	15		
5	5					51	51	37	16		
6	6					52	52	38	17		
7	7					53	53	39	18		
8	8					54	54	40	19		
9	9					55	55	41	20		
10	10					56	56	42	21		
11	11					57	57	43	22	1	
12	12					58	58	44	23	2	
13	13					59	59	45	24	3	
14	14					60	60	46	25	4	
15	15	1				61	61	47	26	5	
16	16	2				62	62	48	27	6	
17	17	3				63	63	49	28	7	
18	18	4				64	64	50	29	8	
19	19	5				65	65	51	30	9	
20	20	6				66	66	52	31	10	
21	21	7				67	67	53	32	11	
22	22	8				68	68	54	33	12	
23	23	9				69	69	55	34	13	
24	24	10				70	70	56	35	14	
25	25	11				71	71	57	36	15	
26	26	12				72	72	58	37	16	
27	27	13				73	73	59	38	17	
28	28	14				74	74	60	39	18	
29	29	15				75	75	61	40	19	
30	30	16				76	76	62	41	20	
31	31	17	1			77	77	63	42	21	
32	32	18	2			78	78	64	43	22	
33	33	19	3			79	79	65	44	23	
34	34	20	4			80	80	66	45	24	
35	35	21	5			81	81	67	46	25	
36	36	22	6			82	82	68	47	26	
37	37	23	7			83	83	69	48	27	
38	38	24	8			84	84	70	49	28	
39	39	25	9			85	85	71	50	29	
40	40	26	10			86	86	72	51	30	
41	41	27	11			87	87	73	52	31	
42	42	28				88	88	74	53	32	
43	43	29				89	89	75	54	33	
44	44	30				90	90	76	55	34	
45	45	31				91	1	77	56	35	1
46	46	32				92	2	78	57	36	

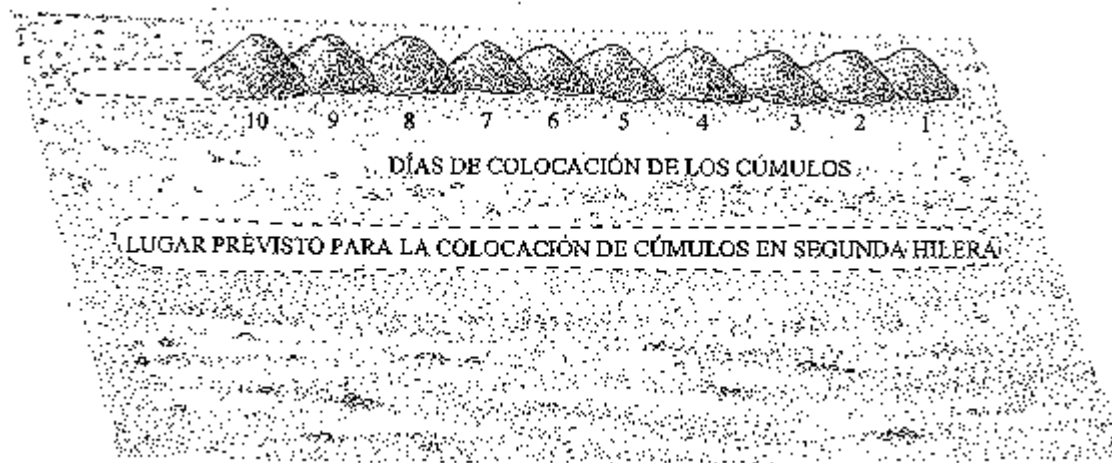


Figura 20. Disposición de los cúmulos

Al final de la sección sobre lombricultura se indican algunas proporciones para abonar la tierra con humus de lombriz, las cuales se pueden tomar como referencia para aplicar compostado a las plantas.

1.8.2 Crianza de cerdos con residuos orgánicos

La crianza de cerdos con residuos sólidos orgánicos ha sido poco investigada e implementada y, en algunos casos, mal entendida. En países como Estados Unidos, Alemania y Cuba la crianza controlada de cerdos con residuos sólidos orgánicos es una práctica de larga trayectoria y se realiza bajo estrictas medidas de higiene y criterios sanitarios. De lo contrario, resulta de alto riesgo para la salud de la población y se puede convertir en una fuente de contaminación ambiental.

Se ha demostrado que los residuos sólidos orgánicos constituyen una fuente alimenticia relevante para los cerdos y compite con los alimentos balanceados que usa la crianza comercial de cerdos. El siguiente cuadro muestra algunos índices comparativos entre la crianza de cerdos con residuos orgánicos tratados y con alimentos balanceados.

Cuadro 11. Comparación entre la crianza de cerdos con residuos sólidos tratados y con alimentos balanceados

Descripción	Tipo de alimento	
	Residuo orgánico tratado	Balanceado
No. de crías promedio por parto	7,6	9
Peso promedio al nacer (kg)	1,2	1,2
Peso promedio en 42 días (kg)	8,4	8,5
Peso promedio en 77 días (kg)	17,1	18,3

Fuente: Rembold y Zolezzi, IDMA, 1989. Kalinosky, Moreno, 1988. Mundo Porcino. Enero- julio, 1989. OACA. 1992. Manual de tecnología apropiada para el manejo y tratamiento de residuos sólidos.

Las fuentes que producen residuos orgánicos en cantidades relevantes para la alimentación de cerdos son:

- cuarteles
- mataderos
- mercados
- comedores populares
- hospitales.

El punto crucial de la crianza de cerdos con residuos orgánicos es la cocción de estos desechos y la adición de algún suplemento nutritivo para garantizar una dieta correcta. La cocción asegura la calidad de la crianza de cerdos y protege la salud de la población. La alimentación de cerdos con residuos orgánicos incluye las siguientes etapas:

- producción de residuos orgánicos;
- recolección y transporte;
- selección y cocción;
- distribución de los alimentos tratados;
- consumo del residuo tratado.

Producción de residuos sólidos orgánicos

Se debe considerar lo siguiente:

- Las fuentes de residuos sólidos: ubicación, acceso y aceptación de alimentar a los cerdos con residuos orgánicos.

- Cantidad y calidad del residuo orgánico: volumen, proporción y composición de la fracción orgánica. Es recomendable usar fuentes que tengan como mínimo 90% de residuos orgánicos.
- Incentivos para la selección y segregación en la fuente: paso clave en la cadena de alimentación de cerdos; es importante establecer incentivos para promover la selección de residuos en la fuente (compensaciones económicas, entrega de una fracción de la producción de carne de cerdo, etc.).

Recolección y transporte

La recolección y transporte se debe realizar en vehículos destinados exclusivamente a tal fin; pueden ser triciclos o carretas acondicionadas. La capacidad de los vehículos dependerá del volumen que se produce en la fuente, estableciéndose una frecuencia de recolección diaria.

De preferencia, los residuos sólidos orgánicos se deben transportar en pequeños contenedores de plástico, de 40 a 60 litros y con tapas herméticas.

Selección y cocción de los residuos sólidos orgánicos

Antes de cocinar los residuos orgánicos es necesario verificar que no existan materiales que puedan atender contra la salud del cerdo o los equipos que se utilicen para el acondicionamiento del alimento, pues es común encontrar tenedores, cuchillos, envases de alimentos, servilletas de papel, etc.

La cocción de los residuos sólidos orgánicos es de suma importancia por dos motivos:

- favorece la digestión del alimento
- reduce la contaminación del alimento por agentes patógenos.

En la mayoría de los casos es necesario agregar agua al alimento para facilitar su cocción y posterior distribución. La cantidad de agua depende de la consistencia del residuo orgánico y del sistema de mezcla del alimento.

Se recomienda mantener el punto de ebullición por 10 minutos. En algunos casos se ha observado buenos resultados con el uso de cilindros de 200 litros. Se usan cocinas industriales de kerosene o petróleo.

Distribución del alimento cocido

La distribución del alimento depende de la disposición de los corrales y puede tener un flujo constante desde el punto de cocción a través de tuberías cerradas o canales abiertos con suficiente pendiente. En este caso, es imprescindible que el alimento tenga la suficiente cantidad de agua para facilitar su transporte.

Si la instalación de tuberías o canales resulta costosa, la distribución se puede realizar mediante carritos, carretillas y baldes, en cuyo caso se requerirá más personal.

Consumo del alimento

El consumo promedio de alimento seco varía de 4 a 5% del peso del animal vivo. Este valor se correlaciona con la humedad del residuo orgánico para conocer el consumo de alimento por kg de animal vivo. Como dato práctico se menciona que se debe suministrar al cerdo una ración diaria equivalente a 20-25% del peso del animal vivo, sin embargo, las exigencias alimenticias varían según la edad y estado del animal.

Una marrana que lacta una cría de lechones requerirá más alimento que una sin crías o un berraco. Los lechones de 2 a 3 semanas pueden empezar a recibir pequeñas porciones de residuos orgánicos tratados para prepararlos a consumir exclusivamente este tipo de alimento al momento del destete, luego de 6 a 8 semanas de nacido.

Los animales jóvenes son más exigentes en calidad y cantidad de alimento, por lo que es necesario agregar algún suplemento alimenticio. En determinados casos, es conveniente que el animal tenga libre acceso al alimento. Para atender la mayor demanda de alimentos, se puede incrementar la proporción de restos de mataderos y pescado ricos en proteína.

El siguiente cuadro indica las ventajas de algunos compuestos orgánicos que se encuentran en los residuos sólidos.

Cuadro 12. Propiedad nutricional por sub-grupo de residuo sólido orgánico

Tipo de residuo/alimento	Propiedad nutricional
Sangre y residuos de mataderos	Proteína
Viscera y cabeza de pescado	Proteína
Cáscaras y restos de frutas	Vitaminas y minerales
Cáscara de huevo, huesos y conchas molidas	Calcio

Fuente: Fritz Rembold y Octavio Zolezzi, 1989.

Reciclaje de desechos porcinos

El estiércol y otros sub-productos orgánicos provenientes de la crianza de cerdos pueden convertirse en fuente de contaminación y reducir el área útil de la granja.

Para optimizar la granja de cerdos se puede reciclar los diversos sub-productos orgánicos que se generan. En el cuadro 13 se muestra las principales alternativas de reciclaje asociados a la crianza de cerdos.

El control de moscas y otros insectos se puede realizar con la crianza de aves de corral (en particular patos) que al alimentarse de los insectos consumen una buena cantidad de proteínas.

Cuadro 13. Alternativas de reciclaje de sub-productos orgánicos de la crianza de cerdos

Sub-producto orgánico	Alternativa de reciclaje	Comentario
Estiércol acuoso	Biodigestión	El biodigestor anaerobio produce metano que se puede emplear para la cocción de los residuos orgánicos
Estiércol sólido	Lombricultura	El estiércol mezclado con restos de cosechas o paja, pre-compostado (15 días), es un excelente alimento para lombrices
Restos de alimentos no consumidos	Compostificación	Los restos de alimentos no consumidos se pueden compostar en pozas

1.8.3 Lombricultura

Las lombrices (oligoquetos) del grupo epigeo ingieren solo materia orgánica y se pueden criar para tres fines principales:

- aprovechar el humus que producen
- reciclar residuo sólido orgánico
- usar la biomasa de lombrices para alimento de animales.

Entre las lombrices, las del género *Eisenia* y en particular la *Eisenia foetida* son las que mejor cumplen los fines mencionados. Este tipo de lombriz posee menos de 200 segmentos, tiene un tono rojizo, y en general no se reproduce con otras variedades que incluso puedan pertenecer a su mismo género (*Eisenia*).

Las lombrices son hermafroditas y es indispensable que haya dos individuos para la reproducción.

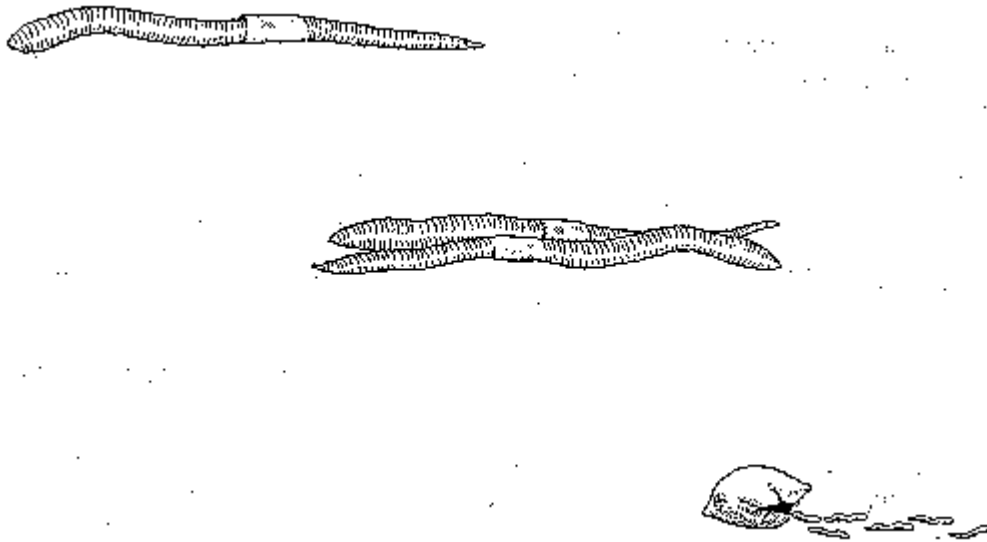


Figura 21. Reproducción de las lombrices

La siguiente figura muestra el ciclo de reproducción y crecimiento de la *Eisenia foetida* a 25 °C.

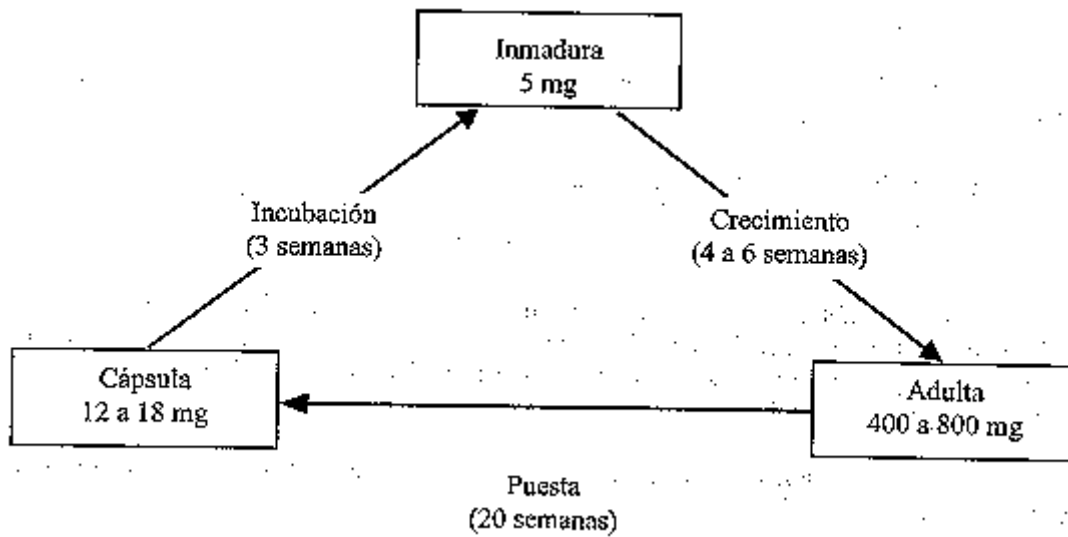


Figura 22. Ciclo de reproducción y crecimiento de la lombriz

La *Eisenia foetida* es ideal para la lombricultura por las siguientes razones:

- su tasa de reproducción es relativamente alta
- es resistente a las variaciones de temperatura, pH, humedad, etc.
- acepta diversos alimentos de origen orgánico
- digiere el alimento en horas y lo excreta como humus.

Requisitos básicos para el desarrollo de la lombriz

El agua

El cuerpo de las lombrices tiene 75 a 85% de agua. La humedad del sustrato donde viven influye directamente en su desarrollo. A 80% de humedad la movilidad y actividad de las lombrices es máxima; a menor humedad el movimiento y su peso disminuye; y a menos de 50% de humedad pueden morir.

El medio donde viven las lombrices no debe estar seco ni fangoso. La humedad ideal se reconoce por la apariencia de tierra húmeda, requiriéndose aproximadamente 10 litros por día por cada m².

La lombriz <i>Eisenia foetida</i>
Familia: Lumbricidae Género : <i>Eisenia</i> Crecimiento en condiciones óptimas: 18 mg/día (3 mg/día en peso seco) Consumo de alimento: 1/4 de peso por día Peso adulto: 400 a 800 mg Carga óptima: 80 lombrices/kg de sustrato húmedo

La aireación

La aireación debe ser natural, pero suficiente. Las camas de lombrices no deben tener más de 0,5 m de profundidad para facilitar la aireación. Esto permite el desarrollo de una flora aerobia para la alimentación de las lombrices.

Factores químicos

La *Eisenia foetida* necesita un sustrato con 1,5% de nitrógeno, el cual excreta en diversas formas aprovechables por las plantas. Si el contenido de nitrógeno en el sustrato supera el 6% habrá que reducirlo o diluirlo. El contenido de nitrógeno y fijación de otros factores químicos apropiados para la vida de la lombriz se logra con una pre-compostificación de la materia orgánica mediante cúmulos o pozas por 15 días aproximadamente.

La temperatura

La temperatura ideal para la *Eisenia foetida* es 25 °C; por encima de 30 °C el crecimiento disminuye; los valores por debajo de 5 °C y encima de 35 °C son fatales para esta lombriz. Por ello, la lombricultura no se recomienda en zonas de climas extremos.

Pasos a seguir en un proyecto de lombricultura

Acondicionamiento de los viveros de lombriz

El sustrato es el medio donde se desarrollan las lombrices y se puede preparar con una mezcla de residuos orgánicos debidamente triturados a 6 mm de tamaño y mantenidos mediante riego con 75-80% de humedad aproximadamente.

La composición del sustrato es variable, pero como dato práctico se recomienda la siguiente proporción: 50% de paja seca o aserrín de madera más 50% de estiércol de bovino mezclado con cáscaras de frutas y vegetales frescos.

Cuando hay exceso de material rápidamente putrescible es recomendable una pre-compostificación del compuesto por 15 días para estabilizarlo antes de hacer el sustrato.

La superficie del vivero se debe cubrir con paja u otro material similar a fin de evitar la pérdida de humedad por los rayos solares. Se pueden emplear recipientes rectangulares con una profundidad máxima de 0,5 m para acondicionar los viveros de lombrices. Lo importante es que estos recipientes drenen el exceso de agua del sustrato, pero a su vez deben evitar que las lombrices se escapen.

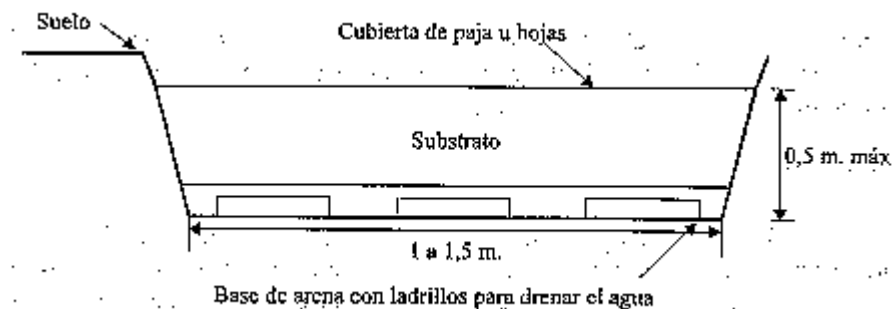


Figura 23. Diseño típico de un vivero de poza para reproducción de lombrices

Introducción de las lombrices en el vivero

Se coloca una pequeña cantidad de lombrices sobre la superficie del sustrato y si luego de 5 horas como máximo no están en el fondo del vivero, se hace pequeños hoyos en la superficie. En caso que las lombrices no desaparezcan de la superficie del vivero luego de 5 horas, hay que preparar o acondicionar nuevamente el sustrato, porque esto indicaría que el medio no es aparente para el desarrollo de las lombrices.

A los 60 días, la población de lombrices en el vivero habrá aumentado significativamente, procediéndose a retirar las lombrices para dar inicio al vermicompostaje.

Vermicompostaje

En el vermicompostaje se usa material de origen vegetal mezclado eventualmente con estiércol para la producción de humus. Este humus se denomina vermicompostado. Se puede usar restos de caña de azúcar, rastrojos, papeles, desechos de la poda de jardines, residuos de comida (cáscaras de frutas y vegetales). Este material se pre-compostifica en condiciones aerobias y de humedad hasta que la temperatura alcance 20 a 28°C. Se debe agregar aproximadamente 50 a 60 kg de alimento pre-compostificado por cada m². Recién entonces se introducen las lombrices para producir el vermicompostado que tiene apariencia húmeda y barrosa.

Las camas de vermicompostaje por lo general son de 30 cm de profundidad por 1 a 2 m de ancho; el largo depende de la materia orgánica disponible y volumen de las lombrices. Se recomienda introducir alrededor de 500 lombrices por metro cuadrado de cama de vermicompostaje.

El tiempo de cosecha del vermicompostado varía según el manejo de la técnica y los factores ambientales y puede durar de 45 a 180 días.

Mantenimiento de los viveros de lombrices

El vivero requiere cuidados especiales para mantenerlo húmedo (75-80%) y evitar la presencia de predadores de lombrices como aves y hormigas. Para evitar la incursión de hormigas se recomienda rociar un insecticida con piretro a 50 cm del vivero de lombrices.

Cosecha del vermicompostado

La cosecha del vermicompostado se realiza retirando cuidadosamente la superficie de las camas hasta encontrar las primeras lombrices, luego se espera que migren a las zonas más profundas de la cama durante 30 a 60 minutos y se procede a retirar una nueva capa de vermicompostado. Esta operación se repite hasta concentrar las lombrices en el fondo de la cama.

También es posible cosechar el vermicompostado y trasladar las lombrices a otros viveros o camas mediante trampas de alimentos. Se coloca alimento fresco en lugares estratégicos de la superficie de las camas para atraer a las lombrices adultas concentrándolas en un pequeño espacio, de donde resulta fácil retirarlas.

Otro método de extracción del vermicompostado es mediante el tamizado o separación mecánica de las lombrices y el substrato, sin embargo, este procedimiento solo se recomienda en la producción a gran escala. Las lombrices se vuelven a colocar en camas de vermicompostaje para continuar la producción de este valioso mejorador del suelo agrícola.

Las ventajas del vermicompostado o humus de lombriz

El humus de lombriz contribuye con una amplia gama de nutrientes esenciales al desarrollo de las plantas y también mejora las características físicas del suelo. Así, el suelo retiene más el agua, las plantas asimilan mejor los nutrientes y se facilita la germinación de las semillas.

El cuadro 14 indica la calidad del humus de lombriz.

Cuadro 14. Algunos indicadores de calidad del humus de lombriz

Parámetro	Rango
pH	7 a 7,3
Materia orgánica	50 a 60%
Humedad	45 a 47%
Nitrógeno	2 a 3%
Fósforo	1 a 1,5%
Potasio	1 a 1,5%

Fuente: Sardi Coral, Luis. 1991. La lombricultura y el humus de lombriz en agroquímicos. Problema Nacional Políticas y Alternativas.

La aplicación de humus de lombriz varía según el tipo de vegetación que se desea sembrar. Por ejemplo, los pastos requieren 0,5 kg por m² durante la siembra y dos aplicaciones líquidas a 10% por año en el agua de riego; los árboles de reforestación en general necesitan 200 a 300 gramos por hoyo en la siembra y 500 a 600 gramos por planta al año, incrementándose 30% la dosis por año; los frutales de climas templados requieren 0,5 kg por hoyo durante la siembra y de 1 a 2 kg/planta por año, aumentándose 30% cada año subsiguiente.

2. EDUCACIÓN SANITARIA Y PARTICIPACIÓN DE LA POBLACIÓN

2.1 LAS CAMPAÑAS DE EDUCACIÓN SANITARIA: PARA QUIÉN Y CÓMO REALIZARLAS

La adopción de prácticas y hábitos sanitarios positivos constituyen una medida indispensable para el éxito de todo proyecto de saneamiento básico. La instalación de un servicio adecuado de limpieza pública puede fallar si el usuario inicia incorrectamente el ciclo del manejo de los residuos sólidos.

Como las enfermedades se originan por múltiples causas, es difícil precisar el impacto de la provisión del servicio de limpieza pública en el bienestar y salud de la población. Sin embargo, se estima que la promoción de la higiene personal y la vivienda permite reducir hasta 40% la incidencia de enfermedades diarreicas.

Por tal motivo, la promoción del saneamiento básico, capacitación y educación sanitaria debe ser una actividad continua a fin de mantener los logros de salud pública. En esencia, se trata de cambiar hábitos y costumbres negativas y también de desarrollar la capacidad local para establecer una organización comunal para la gestión de los servicios básicos, entre ellos la limpieza pública.

Para cambiar efectivamente el comportamiento de la población, se debe comprender cabalmente las prácticas y percepción que tiene la población sobre el manejo de los residuos sólidos. Toda comunidad, de alguna manera, dispone sus residuos sólidos y posee una visión particular a nivel individual y colectivo sobre esta actividad.

Muchas veces los hábitos sanitarios, positivos o negativos, se encuentran arraigados en las personas. Por este motivo, el cambio de comportamiento puede tomar un tiempo considerable, incluso una generación.

La población infantil es una audiencia objetivo prioritaria en los programas de educación sanitaria. En muchos casos, este segmento de la población participa directamente en la limpieza del hogar y del barrio y puede influir en el comportamiento de los mayores.

Las mujeres y grupos femeninos organizados constituyen otro grupo importante en los programas de educación sanitaria, pues ellas desempeñan las actividades caseras, se preocupan por la salud de la familia y son la principal fuente de información sobre temas de salud e higiene.

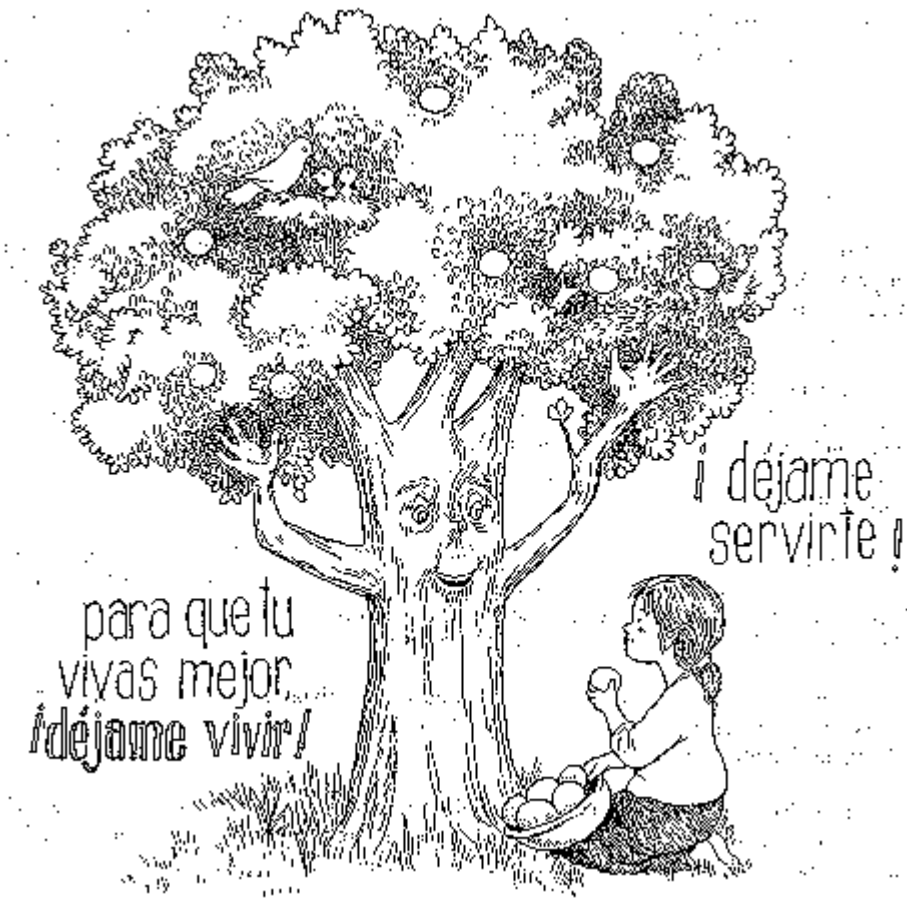


Figura 24. Ejemplo de mensaje educativo

En general, todas las personas, en tanto generadoras de residuos sólidos, tienen un papel en el ciclo del manejo y tratamiento de los desechos, pero todo programa de educación sanitaria debe seleccionar la audiencia objetivo a la cual se dirigirán los esfuerzos educativos. Esto es de vital importancia.

Los materiales de educación sanitaria que se producen localmente pueden ser tan efectivos como los que se diseñan externamente a un mayor costo. A continuación se enumeran los materiales educativos usados por los promotores de salud:

- afiches
- folletos
- materiales para docentes
- trípticos
- guías para estudiantes
- historietas
- material de campañas (calendarios, etiquetas, etc.).

El material educativo se puede complementar con concursos, campañas, teatro, juegos, etc.

Cuadro 15. Consideraciones para diseñar y probar material de educación sanitaria

Descripción		Ejemplo
Mensaje	Dentro de los objetivos del programa educativo se debe identificar mensajes claves para cada audiencia	"A limpiar el barrio", "La cuadra más verde", "No al mano sucia"
Medio	Se debe considerar los factores socioeconómicos, culturales y físicos del entorno local	Televisión, radio, periódico, películas, afiches, folletos, etc.
Forma	La mejor combinación de palabras habladas o escritas, e ilustraciones que se diseminan a través del medio más apropiado	Textos, lenguaje e ilustraciones según el medio y audiencia

2.2 PARTICIPACIÓN DE LA POBLACIÓN: MÉTODOS Y PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO

Los usuarios del servicio de limpieza pública deben involucrarse activamente en cada una de las fases del proyecto, desde la identificación de los problemas y soluciones hasta la operación y mantenimiento del servicio. Esta es una necesidad reconocida en los proyectos de saneamiento básico y en particular en el manejo y tratamiento de los residuos sólidos.

El planeamiento del servicio de limpieza pública implica cuatro pasos diferenciados:

- diagnóstico
- diseño
- implementación y consolidación
- operación y mantenimiento.

Cada uno de estos pasos supone plazos y metas realistas, así como la identificación de responsables para cada actividad. El planeamiento se debe entender como un proceso en el que cada paso debe ser previsto cuidadosamente y evaluado por los agentes involucrados.

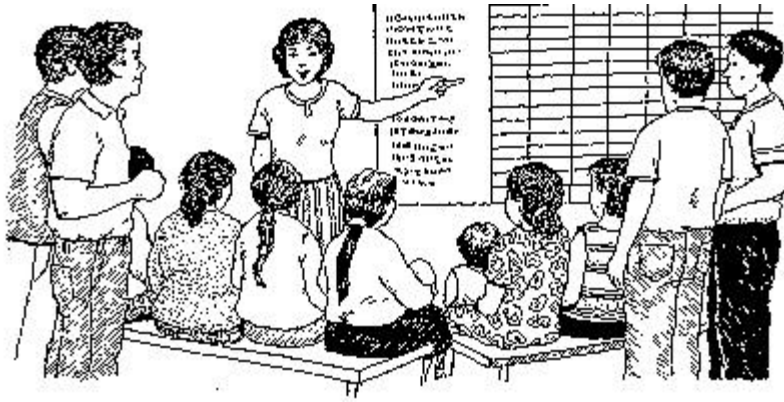


Figura 25. Participación de la población en la planificación del servicio de limpieza pública

Primer paso: Diagnóstico

Consiste en conocer los problemas y potencialidades que posee cada comunidad para recolectar, tratar y disponer los residuos sólidos. El diagnóstico no es un objetivo en sí mismo, debe servir de base para crear consenso en la propia comunidad a fin de preparar el camino para implementar las soluciones más eficaces.

El diagnóstico incluye una revisión completa del ciclo de los residuos sólidos, desde que se generan hasta que se disponen y debe identificar los principales riesgos para la salud y el ambiente local. El cuadro 16 resume la información básica para el diagnóstico.

Cuadro 16. Guía para el diagnóstico del estado de la limpieza pública

Ítem	Descripción
Información general	Ubicación del pueblo, clima (períodos de lluvia), distribución de las viviendas y puntos especiales de generación de residuos (mercados, mataderos, etc.), número de habitantes
Producción de residuos sólidos	Estimación del volumen y tipo de residuo por actividad (doméstico, mercados, matadero, etc.)
Almacenamiento	Formas de almacenamiento en el hogar y ubicación de puntos críticos de almacenamiento en el barrio
Recolección	Modalidad de recolección, número y capacidad de cada vehículo recolector, estimación de tiempos
Disposición final	Ubicación del botadero, volumen y tipo de residuo que se arroja, tipo y cantidad de materiales que se recicla o comercializa
Organización	Identificación del responsable de la limpieza pública, modalidad de cobranza, otros

En el anexo 1 se incluye un modelo de encuesta para realizar un diagnóstico mínimo del estado del manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales.

Segundo paso: Diseño

El diseño del sistema de manejo y tratamiento de residuos sólidos debe cubrir las etapas "desde la cuna

hasta la tumba". Muchas veces la comunidad tiene sus propias ideas para resolver los problemas críticos identificados en el diagnóstico, en cuyo caso hay que reforzar las buenas iniciativas. La siguiente secuencia de preguntas puede ayudar a identificar los métodos más apropiados para brindar el servicio de limpieza pública:

- 1) ¿Qué problemas críticos indican una necesidad para la acción? (por ejemplo, suciedad en la vía pública, incidencia de enfermedades, contaminación de aguas superficiales, etc.).
- 2) ¿Existen medios humanos, materiales y económicos para implementar determinada solución?
- 3) ¿La población conoce la solución propuesta? ¿Ha sido difundida y discutida a este nivel?
- 4) ¿Qué grado de participación supone la solución propuesta? (por ejemplo, entregar los residuos a determinada hora y día, colocar los residuos en contenedores públicos, pago de una cuota, etc.).
- 5) ¿Quién o qué instancia de la comunidad se hará cargo de determinada actividad? (por ejemplo, recolección, transporte, disposición final).
- 6) ¿Cómo se financiará el servicio?

Tercer paso: Implementación y consolidación

La implementación o mejoramiento del servicio de limpieza pública se debe realizar mediante un plan con metas e indicadores sencillos que permitan conocer el grado de aceptación y el nivel de consolidación del servicio. A continuación se enumeran algunos de estos indicadores.

Cuadro 17. Indicadores clásicos del servicio de limpieza pública

Descripción	Indicador
Aceptación social	⇒ Porcentaje de personas que tienen acceso y hacen uso del servicio ⇒ Número y frecuencia de quejas por el servicio ⇒ Porcentaje de personas que pagan o están dispuestas a pagar por el servicio
Cobertura de recolección	⇒ Número de personas o viviendas atendidas comparado con el total de personas o viviendas ⇒ Volumen de residuo que se recolecta comparado con el total de residuo que se produce
Cobertura de relleno sanitario	⇒ Volumen de residuo que llega al relleno sanitario comparado con el volumen que se recolecta ⇒ Volumen de residuo que llega al relleno sanitario comparado con el total que se produce
Costo	⇒ Costo por tonelada de residuo que se recolecta ⇒ Costo por tonelada de residuo que se dispone en el relleno sanitario

Cuarto paso: Operación y mantenimiento

La operación y mantenimiento es tal vez el paso más crítico del proceso de establecimiento del servicio de limpieza pública. Al respecto, se debe implementar rutinas de reparación y reposición de equipos,

modalidades de estímulo del personal y sobre todo mecanismos apropiados de financiamiento.

La operación y mantenimiento del servicio debe ser tal que evite el deterioro. La instancia que brinda el servicio de limpieza pública debe mantener vivo el interés de la comunidad a lo largo del tiempo y fomentar la discusión colectiva de los problemas que se enfrentan. En el anexo 2 se incluye formularios para el control y supervisión del servicio de limpieza pública.

Algunas experiencias exitosas de operación y mantenimiento han incluido microempresas que se mantienen con el aporte económico de los usuarios del servicio. En la sección 3.5 se indica algunos mecanismos de financiamiento del servicio de limpieza pública.

3. ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO

3.1. EL SISTEMA MUNICIPAL

Tradicionalmente, los gobiernos locales han tenido la responsabilidad del manejo y tratamiento de los residuos sólidos en sus respectivas jurisdicciones urbanas y rurales. Sin embargo, la evidencia indica que la estructura clásica del gobierno local o municipio se adapta mejor a la gestión y provisión de este servicio en ámbitos urbanos.

En ciudades pequeñas y poblados rurales, la población se encuentra alejada de los centros de decisión e información y muchas veces ocupa grandes extensiones de difícil acceso. Estas características demandan modelos organizacionales comunitarios para la recolección, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos.

Sin embargo, el manejo comunal de los residuos sólidos tiene limitaciones para resolver problemas limítrofes o encontrar oportunidades y ventajas de escala. Por ejemplo, establecer un micro-relleno sanitario o planta de reciclaje para varios pueblos a la vez o adquirir equipo de limpieza pública en mayores cantidades y a menor costo, etc.

En este sentido, el gobierno local o municipio debería desempeñar un papel orientador y promotor de las iniciativas locales.

3.2. EL MODELO COMUNAL AUTOGESTIONARIO

La autogestión del servicio de limpieza pública ocurre cuando la propia comunidad fija la modalidad y alcances del servicio, y lo administra con sus propios medios y mecanismos. Es necesario mencionar que la autogestión del servicio de limpieza pública no significa competir con el gobierno local o las autoridades; es más bien una descentralización con delegación racional de funciones y responsabilidades. El gobierno local orienta y fija los requisitos básicos que debe cumplir el servicio de limpieza pública, mientras que la comunidad se convierte en su propio proveedor y fiscalizador del servicio.

El cuadro 18 contiene algunas modalidades de administración comunal del servicio de limpieza pública.

Cuadro 18. Modalidades de administración comunal del servicio de limpieza pública

Forma organizacional	Descripción
Individual	Cada familia o individuo se encarga de disponer sus residuos sólidos bajo ciertos patrones acordados por el grupo (p.e. no arrojar la basura al río, no tirar la basura en el terreno del vecino, etc.). Sin embargo, el control de las buenas prácticas no se ejerce de manera organizada
Individual y comité de limpieza	La comunidad delega en un comité de limpieza la supervisión del comportamiento sanitario del individuo o la familia, pero cada familia es responsable de la disposición de los residuos
Comité de limpieza, comité de salud o equivalente	La comunidad nombra a una persona o grupo para que se encargue de la recolección y disposición de los residuos sólidos. A veces estas tareas se remuneran simbólicamente y son rotativas
Microempresa y otras modalidades reconocidas por la ley	La comunidad, por lo general en coordinación con el gobierno local, constituye o contrata a una microempresa o equivalente para que realice el servicio de limpieza pública en el pueblo. La microempresa se puede financiar con un fondo rotatorio

3.3 LA CONCEPCIÓN INTEGRAL DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA Y SU CONEXIÓN CON OTROS SERVICIOS SANITARIOS BÁSICOS

Las prioridades de la comunidad pueden variar desde la generación de empleo hasta el acceso al servicio de electricidad, pasando por el suministro de agua potable. Es importante que el servicio de limpieza pública se diseñe y proporcione conociendo este contexto.

El saneamiento básico se refiere al suministro de agua de bebida, eliminación adecuada de excretas, higiene de los alimentos y de la vivienda, y recolección y disposición de residuos sólidos. La mejora de uno de estos componentes produce efectos positivos en la salud, pero el impacto combinado es mayor que la suma de las partes. Por tal motivo un plan integral de saneamiento básico debe incluir estos componentes y su eficacia en lograr los objetivos de salud y bienestar esperados dependen del éxito de cada uno de ellos.

Cuadro 19. Impacto acumulado de los componentes del saneamiento básico en la salud y bienestar de la población

Componente del saneamiento básico	Impacto positivo acumulado en la salud y bienestar de la población *
Abastecimiento de agua de bebida +	
Eliminación adecuada de excretas +	
Higiene de los alimentos +	
Higiene personal y de la vivienda +	
Recolección y disposición de residuos sólidos	

* Representación gráfica, no sujeta a escala.

3.4 ESTIMACIÓN SIMPLIFICADA DE COSTOS

El costo del servicio de limpieza pública se calcula mediante la suma de los costos de todas las etapas, desde la recolección hasta la disposición final. Debe incluir los costos directos como el gasto de mantenimiento de vehículos de recolección y costos indirectos como los gastos administrativos, de facturación y cobranza, entre otros.

Normalmente los costos se expresan en unidades de moneda por tonelada o metro cúbico de residuo. Por ejemplo, en ciudades de la Región, el costo de recolección oscila entre US\$ 15 y 30 por tonelada; el costo de disposición final en relleno sanitario varía de US\$ 1 a 5 por tonelada.

Esta forma de expresar los costos se denomina costo unitario y posibilita comparaciones entre un sistema y otro, y permite llevar la estadística para conocer si el gasto por el servicio de limpieza pública tiende a aumentar o disminuir. Por lo general el costo unitario se refiere a un mes o a un año. Así:

$$\text{Costo unitario mensual o anual} = \frac{\text{Costo total mensual o anual}}{\text{Volumen de residuo manejado en un mes o año}}$$

El costo total mensual o anual debe considerar una partida para reponer los equipos y herramientas que se van gastando (costo de depreciación), de tal manera que cuando estos ya no sean útiles se puedan adquirir nuevamente. Este costo de reposición es como un pequeño ahorro que se va haciendo para reemplazar los equipos y herramientas al término de la vida útil.

También es importante prever que este pequeño ahorro (el costo de reposición de equipos y herramientas) incluya una cantidad para cubrir el incremento de precios por la inflación.

Las principales partidas que se deben considerar en las dos etapas críticas del servicio de limpieza pública, recolección y relleno sanitario, se pueden apreciar en el cuadro 20.

Cuadro 20. Principales componentes de los costos de recolección y relleno sanitario

Fase	Recolección	Relleno sanitario
Costo 1 Diseño	Diseño de vehículos y rutas de recolección Reuniones de consulta y coordinación	Levantamiento topográfico y diseño del relleno sanitario Reuniones de consulta y coordinación
Costo 2 Implementación	Adquisición de vehículos de recolección Adquisición de herramientas para la recolección Compra de uniformes y equipos de higiene y seguridad personal Reuniones de evaluación y ajuste	Movimiento de tierra, acondicionamiento del lugar, construcción de obras auxiliares y vías de acceso Adquisición de herramientas Compra de uniformes y equipos de higiene y seguridad personal Reuniones de evaluación y ajuste
Costo 3 Operación y mantenimiento	Pago de personal Mantenimiento y reposición de vehículos de recolección Gasto en campañas educativas Gasto administrativo (cobranza, contabilidad, etc.)	Pago de personal Mantenimiento y reposición de equipos y herramientas Eventual movimiento de tierra Gasto en campañas educativas Gasto administrativo (cobranza, contabilidad, etc.)

Se debe agregar que al término de la vida útil del relleno sanitario habrá un costo de clausura por los gastos en el movimiento de tierra y acondicionamiento del paisaje.

Los costos de recolección y transporte normalmente representan 75% a 90% del costo total del servicio en ciudades pequeñas y zonas rurales. Por este motivo es importante lograr un buen nivel de eficiencia en esta etapa del manejo de los residuos sólidos.

Ejemplo 4. Estimación del costo de limpieza pública (recolección y relleno sanitario) en un pequeño poblado
<p>Un pequeño poblado de 1.000 habitantes y 200 viviendas produce 300 kg de residuos domésticos por día y con la ayuda de un organismo no gubernamental de desarrollo planea hacer la recolección con una pequeña carreta y disponerlos en un relleno sanitario cercano. Propone contratar a un operario a tiempo completo y otro a 1/3 de tiempo para que realicen las tareas de la limpieza pública.</p> <p>El costo de la carreta es de US\$ 600 y su vida útil es de dos años; el costo del uniforme e implementos de protección y herramientas de trabajo es de US\$ 100 y deben ser renovados 2 veces por año; el pago mensual por persona es de US\$ 150.</p> <p>Se pide aproximar el costo mensual y unitario de operación y mantenimiento del servicio de limpieza pública (recolección y disposición final) y la tarifa media mensual por vivienda.</p>
<p>Costo mensual del servicio de limpieza pública (Cm) Pago del personal: $US\\$ 150 + 1/3 \times 150 = US\\$ 200$ (incluye prestaciones sociales) Gasto de mantenimiento de la carreta: US\$ 10 (estimado) Reserva para reponer la carreta: $US\\$ 600/24$ meses de vida y funcionamiento = US\$ 25 (no considera la inflación) Reserva para reponer el uniforme y equipos: $US\\$ 100/6$ meses de vida útil x 2 personas (no considera la inflación = US\$ 34) Cm = $US\\$ 200 + US\\$ 10 + US\\$ 25 + US\\$ 34 = US\\$ 269$</p> <p>Costo unitario aproximado (Cu) Volumen mensual de residuo que se maneja = $300 \text{ kg} \times 30 = 9000 \text{ kg}$ ó 9 toneladas Cu = $US\\$ 269/9 = US\\$ 30/\text{tonelada}$</p> <p>Tarifa mensual promedio por vivienda (Tm) Tm = $Cm/\text{Número de viviendas} = US\\$ 269/200 = US\\$ 1,35$ por vivienda</p>

En el ejemplo 4 habría que colocar un margen de seguridad en la tarifa porque es difícil lograr que 100% de la población pague por el servicio. También se debería colocar un pequeño porcentaje para gastos administrativos, campañas educativas e inflación.

3.5 MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO

La experiencia indica que salvo contadas excepciones, en ciudades pequeñas y zonas rurales resulta poco viable que la propia comunidad invierta para cubrir los costos 1 y 2 del cuadro 19. Estos costos (1 y 2) deberían cubrirse con recursos gubernamentales asignados al desarrollo del sector saneamiento y salud, o fondos de compensación y alivio social. En este sentido, también la cooperación técnica internacional debería jugar un papel promotor de las inversiones en limpieza pública en ciudades pequeñas y zonas rurales.

Sin embargo, el costo 3 referido a operación y mantenimiento debería cubrirse con las aportaciones de los propios usuarios del servicio. En este caso la tarifa media mensual sería el costo mensual del servicio dividido entre el número de viviendas o familias que hacen uso del servicio (ver ejemplo 4).

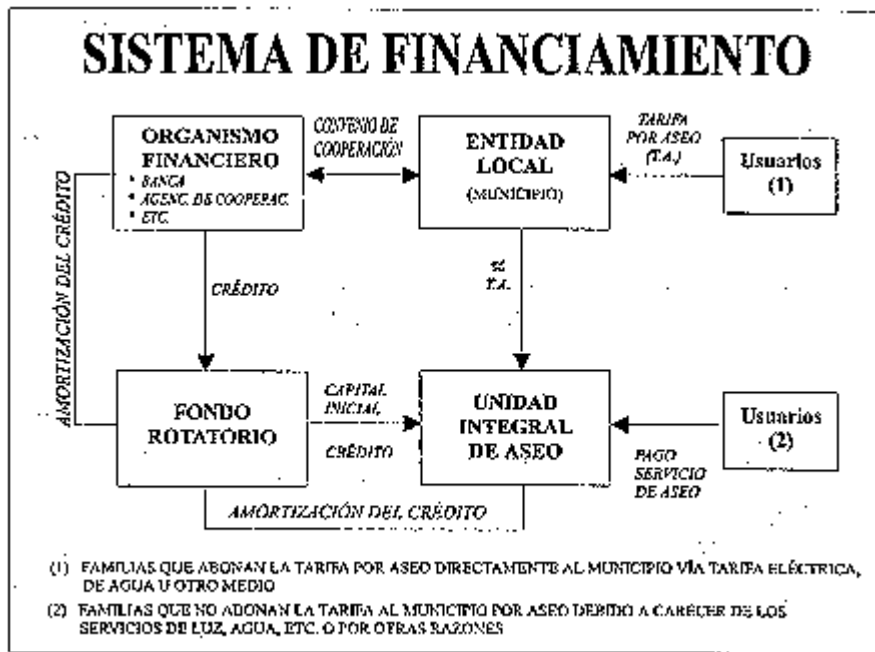
Para garantizar la viabilidad económica del servicio de limpieza pública se debe fijar una tarifa que cubra las etapas del manejo y tratamiento de los residuos sólidos. En muchos casos, la cobranza se puede realizar mediante el pago de otro servicio más coactivo como el de energía eléctrica o abastecimiento de agua potable.

De otro lado, la administración comunal (ver cuadro 17) puede establecer mecanismos propios para promover que los usuarios del servicio de limpieza pública cumplan con pagar la tarifa pactada. Se puede

promover sorteos de premios entre los usuarios que pagan oportunamente; publicar en lugares comunales la lista de morosos, entre otros.

Un tipo de financiamiento que ha dado buenos resultados es la constitución de unidades integrales de aseo (UIA), que adoptan formas jurídicas apropiadas a cada país (por ejemplo, micro-empresa, cooperativa, etc.) para brindar el servicio de limpieza pública y acceder oficialmente a créditos. El crédito se puede otorgar mediante un fondo rotatorio, de tal manera que la UIA, conforme va pagando el préstamo, permite fondos para otras UIA (CEPIS, 1994).

El siguiente esquema muestra el sistema de financiamiento con un fondo rotatorio.



Fuente: Hojas de Divulgación Técnica, No. 57. CEPIS. Marzo, 1994.

Figura 26. Sistema de financiamiento con un fondo rotatorio

4. IMPACTO AMBIENTAL Y SALUD DE LOS TRABAJADORES

4.1 IMPORTANCIA DEL CORRECTO MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El correcto manejo de los residuos sólidos afecta significativamente el bienestar y la salud de la población. Los riesgos de contraer enfermedades o de producir impactos ambientales adversos varían considerablemente en cada una de las etapas por las que atraviesan los residuos sólidos. La generación y almacenamiento de residuos sólidos en el hogar puede acarrear la proliferación de vectores y microorganismos patógenos, así como olores desagradables.

El almacenamiento o disposición inadecuada de residuos sólidos en la vía pública o espacios públicos perjudica el ornato del barrio y propicia la reproducción de moscas, cucarachas y otros vectores que transmiten enfermedades infecciosas o causan molestias, como alergias o incremento de diarreas por la contaminación del agua de bebida y alimentos.

El transporte inadecuado de los residuos sólidos se puede convertir en un medio de dispersión de las basuras por el pueblo y eventualmente podría causar accidentes ocupacionales.

La disposición no controlada de residuos sólidos contamina el suelo, agua superficial y subterránea y la atmósfera, y compromete directamente la salud de los manipuladores de residuos sólidos y de la población en general cuando se alimentan animales de consumo humano sin precauciones sanitarias.

El cuadro 21 muestra las principales enfermedades por vectores asociados al manejo inadecuado de los residuos sólidos.

Cuadro 21. Vectores y enfermedades asociados al manejo y tratamiento inadecuados de los residuos sólidos

Vector	Mosca	Cucaracha	Mosquito	Rata
Enfermedad	Cólera Fiebre tifoidea Salmonelosis Disentería Diarreas	Fiebre tifoidea Gastroenteritis Diarreas Lepra Intoxicación ali- menticia	Malaria Fiebre amarilla Dengue Encefalitis vírica	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis Diarreas Disenterías Rabia

Fuente: Jaramillo Pérez, Jorge Alberto. Residuos sólidos municipales; guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington, D.C., OPS. 1991.

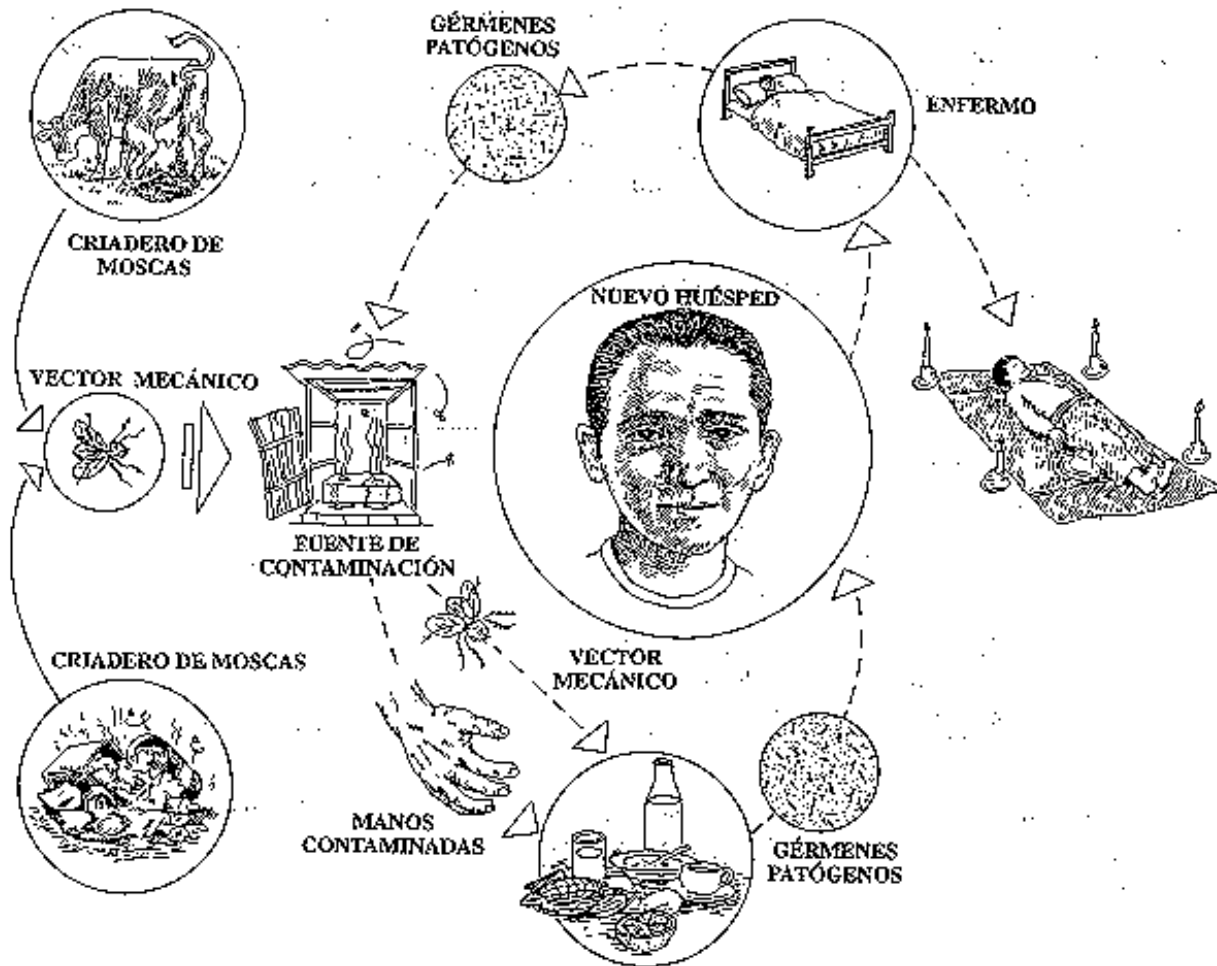


Figura 27. El papel de los residuos sólidos en la transmisión de las enfermedades

4.2 PRÁCTICAS AMBIENTALMENTE ADECUADAS

Aún cuando existen diversos métodos para recolectar y tratar los residuos sólidos a nivel de barrio o pueblo, estos no servirán de mucho si el individuo no contribuye con prácticas positivas, las cuales se han denominado "ambientalmente adecuadas".

El ciclo de los residuos sólidos, no se inicia sólo con la producción de los desechos ni termina en el relleno sanitario. A veces los hábitos de consumo contribuyen a empeorar el problema de los residuos sólidos. En la mayoría de los casos, cuando se compra algo también se paga por el empaque o recipiente, tal vez necesario, pero en términos de su uso posterior puede resultar secundario y acabar en la basura. Se inicia así la producción del residuo sólido.

El efecto del consumismo desmedido atenta contra la disponibilidad de los recursos y energía que se emplean para fabricar los productos que están presentes en los recipientes de basura.

El caso del papel grafica dramáticamente este hecho.

Para producir una tonelada de papel de empaque se necesita:
3 árboles medianos ó 2.385 kilogramos de madera 440.000 litros de agua dulce y limpia 7.600 W/hora de energía eléctrica
La producción de una tonelada de papel genera:
42 kg de contaminantes en el aire 18 kg de contaminantes en el agua 88 kg de residuos sólidos

La misma situación ocurre en el caso de los metales y el vidrio. El cuadro 22 contiene el requerimiento típico de materiales, energía y emisiones durante la fabricación de acero, aluminio y vidrio.

Cuadro 22. Requerimiento típico de materiales, energía y emisiones durante la fabricación de acero, aluminio y vidrio

Material (*)	Requerimiento de materiales y energía	Emisiones
Acero	894 kg de mineral de hierro 359 kg de carbón mineral 206 kg de caliza 8.497 W/hora de energía	244 kg de residuos sólidos 110 kg de contaminantes en el aire
Aluminio	3 981 kg de bauxita 463 kg de hulla 438 kg de óxido de sodio 108 kg de caliza 57.720 W/hora de energía	1 492 kg de bauxita 1 315 kg de dióxido de carbono 36 kg de contaminantes en el aire 358 kg de residuos sólidos
Vidrio	603 kg de arena 196 kg de cloruro de potasio 196 kg de caliza 4.454 W/hora de energía	174 kg de desechos de extracción 13 kg de contaminantes en el aire

Fuente: Aguilar Rivero, Margarita; Salas Vidal, Héctor. La basura; manual para el reciclamiento urbano. México, D.F., Editorial Trillas, 1995.

(*) Referido a una tonelada de material.

A estas cifras se debe agregar que 9, 11 y 60% de la producción del acero, aluminio y vidrio, respectivamente, se usa en la industria de empaques.

Conociendo las enormes cantidades de insumos y energía y la contaminación que genera la fabricación de los productos que se arrojan como residuos sólidos domésticos, las prácticas ambientalmente adecuadas se basan en un cambio de hábitos del consumo individual a fin de prevenir el deterioro del ambiente y proteger la salud de la población.

A pesar de que las poblaciones de las ciudades pequeñas y zonas rurales se caracterizan por una excelente capacidad para el reciclaje y uso racional de los recursos disponibles, cada día se requiere de mayores esfuerzos para evitar que en estos espacios, se copien patrones de consumo perjudiciales para el ambiente.

En este sentido, el reciclaje, en las formas como se han mencionado en los capítulos anteriores de la presente Guía, constituyen elementos básicos para fomentar prácticas ambientalmente adecuadas.

4.3 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y ENFERMEDADES OCUPACIONALES

El personal de limpieza pública vinculado directamente con el manejo y tratamiento de los residuos sólidos está expuesto a una serie de enfermedades y accidentes ocupacionales. Por tal motivo, este personal debe disponer de un equipo mínimo compuesto por lo siguiente:

- uniforme completo (apropiado al clima local)

- botas
- guantes
- mascarilla
- gorro o protector de la cabeza.

El accidente o enfermedad ocupacional ocurre por dos grandes motivos: i) diseño o uso inadecuado de las herramientas y equipo de trabajo; ii) falta o no uso de los equipos de higiene y seguridad en el trabajo.

A continuación se describen las situaciones más comunes, a fin de que el trabajador de limpieza pública tome las provisiones del caso.

Diseño o uso inadecuado de las herramientas y equipo de trabajo

- Baranda demasiado alta de los vehículos recolectores (no se recomienda más de 1,20 m).
- Recipientes excesivamente voluminosos o pesados para el esfuerzo humano promedio.
- Mala posición al levantar recipientes (la fuerza la soporta la columna flexionada, en vez de los músculos de las extremidades trabajando con la columna en posición recta).
- Lesión por falta de destreza o descuido al manipular picos, lampas o trinchas.

Falta o no uso de los equipos de higiene y seguridad

- No se usa la mascarilla; se inhalan olores, gases y partículas que pueden causar malestar y enfermedades.
- No se usan los guantes; se pincha o corta las manos con objetos punzo-cortantes (riesgo de tétano, heridas infecciosas, etc.).
- No se usan botas.
- No se usa el uniforme de trabajo; se contaminan brazos y piernas y eventualmente la ropa de uso cotidiano
- No se protege el cabello y cabeza; se contamina el cuero cabelludo; el sol tiende a irritar al trabajador y al rascarse la cabeza se corre el riesgo de dañar o infectar el cuero cabelludo o cuello.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Rivero, Margarita; Salas Vidal, Héctor, 1995. La basura; manual para el reciclamiento urbano. México, D.F., Editorial Trillas.

CETESB. 1987. Proposta para la disposição final de lixo domiciliar; transformação do lixo em humus de minhocas. São Paulo.

CEPIS. 1994. Fondos rotatorios para unidades integrales de aseo. Hojas de Divulgación Técnica (57), Marzo 1994.

Kalinosky y Moreno, 1988. Mundo porcino. Enero-Julio, 1989. Perú.

Eeghen, Marietjevvan. 1983. The preparation and use of compost. Holanda.

OACA; Instituto de Desarrollo y de Medio Ambiente, 1992. Manual de tecnología apropiada para el manejo y tratamiento de residuos sólidos. Lima.

Jaramillo Pérez, Jorge Alberto; Zepeda Porras, Francisco. 1991. Residuos sólidos municipales; guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington, D.C., OPS.

Rembold, Fritz y Zolezzi, Octavio, 1989. Lima, IDMA.

Sardi Coral, Luis, 1991. La lombricultura y el humus de lombriz en agroquímicos. Problema Nacional, Políticas y Alternativas. Lima.

AID. 1982. Designing a landfill. Washington, D.C. (Water for the World, Technical Note No. SAN.3.D.1).

AID. AID. 1982. Designing a solid waste collection system. Washington, D.C. (Water for the World, Technical Note No. SAN.3.D.3).

AID. Planning solid waste management systems. 1982. Washington, D.C. (Water for the World, Technical Note No. SAN.3.P).

ANEXO 1
Modelo de encuesta para el diagnóstico mínimo
del manejo de residuos sólidos

I. Información básica

- 1 Nombre del poblado : _____
 2 Distrito : _____
 3 Provincia : _____
 4 Región : _____

 5 Población total : _____
 6 Clima : _____
 7 Épocas de lluvia : _____
 8 Otros comentarios : _____

II. Producción y composición de residuos sólidos

		Producción (kg/día o kg/semana)	Composición	
			% de materia orgánica	% de materia inorgánica
5	Residuos domésticos			
6	Residuos de mercados y ferias			
7	Residuos de centros de salud			
8	Residuos de mataderos			
9	Otros residuos			

III. Recolección de residuos sólidos

		1	2	3	4
10	Número de vehículos de recolección				
11	Tipo				
12	Capacidad				
13	Viajes por día				
14	Rutas y frecuencia de recolección	Adjuntar croquis con las rutas principales por cada día.			

IV. Disposición de residuos sólidos

- 15 Ubicación del lugar de disposición final (adjuntar plano): _____
- 16 Distancia desde el centro del pueblo o punto de referencia al lugar de disposición final (km): _____
- 17 Tiempo promedio para llegar al lugar con el vehículo de recolección (minutos): _____
- 18 Volumen de residuos que se recepciona (kg/día): _____
- 19 Tipo de tratamiento que se realiza (quema, compactación, enterramiento, etc.): _____
- 20 ¿Existen botaderos en el pueblo? (adjuntar croquis)

V. Reciclaje

- 21 Materiales que se reciclan (papel, desechos de cocina, etc.)

- 22 Describir cómo se recicla y qué se hace con el material reciclado (p.e. se separa manualmente el papel y se vende a un comerciante que visita el pueblo cada mes)

VI. Organización y financiamiento

- 23 Existe un comité o equivalente, responsable del manejo de residuos sólidos. ¿Cómo se denomina y cuántas personas lo conforman?

- 24 ¿Se cobra de manera directa o indirecta por el servicio de manejo de residuos sólidos?
¿Cuánto se cobra y cómo se fija la tarifa?

Nota: Esta información se complementa con las preguntas que se mencionan en el encabezamiento 2.2 referido al segundo paso del diseño del sistema de manejo de residuos sólidos.

ANEXO 2

Formulario para el control del servicio de limpieza pública en ciudades pequeñas y zonas rurales

Nombre de la ciudad: _____
 Encargado: _____
 Mes: _____
 Año: _____

1. Ficha de control semanal de recolección de residuos sólidos (*)

Vehículo de recolección	Micro-zona o ruta	Fecha						
		Lun	Mar	Mier	Jue	Vier	Sab	Dom
Observaciones:								

Ejemplo.

Vehículo de recolección	Micro-zona o ruta	Fecha						
		Lun 12	Mar 13	Miér 14	Jue 15	Vier 16	Sáb 17	Dom 18
<i>Triciclo 1</i>	<i>Zona 1 Mercado Central y alrededores</i>	x		x		x		x
	<i>Zona 2 Periferia</i>		x		x		x	
<i>Carreta</i>	<i>Matadero</i>		x	x	x	x	x	x
	<i>Posta médica</i>		x		x			
	<i>Feria</i>							x
Observaciones: <i>El lunes 12, los comerciantes del Mercado Central solicitaron que los días sábado también se recolecte la basura; esperan una respuesta.</i>								

(*) Este modelo también se puede adaptar para el control del barrido de calles. En este caso, en la primera columna habría que colocar el nombre del barrendero.

2. Ficha de control semanal de la disposición final de residuos sólidos

Nombre del relleno sanitario: _____
 Encargado: _____
 Mes: _____
 Año: _____

Vehículo de recolección	No. de viajes por semana	Volumen estimado por semana	Fecha y número de viajes						
			Lun	Mar	Miér	Juev	Vier	Sáb	Dom
Observaciones:									

Ejemplo.

Vehículo de recolección	No. de viajes por semana	Volumen estimado por semana	Fecha y número de viajes por día						
			Lun 12	Mar 13	Miér 14	Juev 15	Vier 16	Sáb 17	Dom 18
Triciclo 1	7	1.050 kg	1	1	1	1	1	1	1
Carreta	9	1.800 kg	0	2	1	2	1	1	2
Observaciones: Se realizó un estudio de pesos y se encontró que el triciclo carga en promedio 150 kg por viaje y la carreta 200 kg por viaje. El martes 13 y jueves 15 se depositaron los residuos de la posta médica en el silo especial que recién se acaba de inaugurar.									