



Convenio IDEAM – UNICEF – CINARA  
Proyecto Selección de Tecnologías para la Recolección, Transporte, Recuperación, Tratamiento y  
Disposición Final en Torno al Manejo Integral de Residuos Sólidos en  
Municipios Menores de 50.000 Habitantes

## CARACTERIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



Santiago de Cali, Febrero de 2006

**TABLA DE CONTENIDO**

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL.....	2
2.1 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	2
2.1.1 Definición.....	2
2.1.2 Principales aspectos.....	2
2.2. EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL MARCO DE LA GESTIÓN INTEGRAL.....	3
2.2.1 Esquema básico del manejo de los residuos sólidos.....	3
2.2.2 El generador de residuos sólidos y la gestión integral.....	3
2.2.3 El prestador del servicio de aseo y la gestión integral.....	5
3. METODOLOGÍA.....	6
4. OPCIONES TECNOLÓGICAS IDENTIFICADAS.....	7
5. CARACTERIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA RECOLECCIÓN, EL TRANSPORTE, LA RECUPERACIÓN, EL TRATAMIENTO Y LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	12
5.1 RECOLECCIÓN.....	12
5.2 TRANSPORTE.....	13
5.3 RECUPERACIÓN.....	13
5.4 TRATAMIENTO.....	14
5.5 DISPOSICIÓN FINAL.....	15
6. CONCLUSIONES.....	15
7. BIBLIOGRAFÍA.....	16

## LISTA DE TABLAS

- 4.1 Parámetros considerados para la caracterización de tecnologías

## LISTA DE FIGURAS

- 2.1. Esquema del manejo de los residuos sólidos enmarcados en la gestión integral de residuos sólidos (adaptado de la Metodología de los planes de gestión integral de residuos sólidos – PGIRS, Resolución 1045 de 2003, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)
- 4.1 Esquema general de tecnologías de acuerdo con el escenario de manejo de residuos sólidos en municipios menores de 50.000 habitantes
- 4.2 Opciones tecnológicas para la generación y separación de residuos sólidos
- 4.3 Opciones tecnológicas para la recolección de residuos sólidos
- 4.4 Opciones tecnológicas para el transporte de residuos sólidos
- 4.5 Opciones tecnológicas para la recuperación de residuos sólidos
- 4.6 Opción tecnológica para el tratamiento de residuos sólidos
- 4.7 Opciones tecnológicas para la disposición final de residuos sólidos

## LISTA DE ANEXOS

- A. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
  - A.1 Recolección conjunta
  - A.2 Recolección selectiva
- B. TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS
  - B.1 Transporte mecanizado
  - B.2 Transporte no mecanizado
- C. RECUPERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
  - C.1 Compostaje
  - C.2 Lombricompostaje
  - C.3 Digestión anaerobia
  - C.4 Cría de animales con residuos orgánicos
  - C.5 Reciclaje
- D. TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS
  - D.1 Incineración
  - D.2 Pirólisis
  - D.3 Producción de energía y gasificación
  - D.4 Termólisis
- E. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
  - E.1 Relleno sanitario
  - E.2 Enterramiento en sitio

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido al amplio crecimiento demográfico y al desarrollo industrial, en Colombia ha aumentado la concentración de la población en núcleos urbanos, con su consecuente cambio en los patrones de consumo. Esto ha llevado a que en la última década la generación de residuos sólidos municipales se haya incrementado aproximadamente en un 50%, pasando en 1995 de 18.000 t/día<sup>1</sup> a 27.000 t/día<sup>2</sup> en lo transcurrido del presente año.

La situación anterior ocasionado problemas de tipo sanitario y ambiental asociados al manejo de los residuos sólidos, como es el caso de la disposición final, donde las debilidades en la gestión ha dejado como consecuencia la generación de botaderos a cielo abierto, quemas indiscriminadas y residuos sólidos arrojados a cuerpos de agua, situación que se presentan aproximadamente en el 32% de los municipios mayores de 300.000 habitantes y en el 70% de municipios menores (ACODAL, 1999).

Para remediar esta situación, en Colombia y en general en Latinoamérica, las grandes ciudades y aún las medianas han incorporado en su estructura administrativa una dependencia encargada de estudiar, analizar y dar solución al problema del manejo de los residuos sólidos. Son las poblaciones menores de 50.000 habitantes las que en su mayoría, tienen limitación de recursos para mejorar las condiciones del manejo de residuos sólidos, siendo un compromiso para las entidades o instituciones involucradas con el sector apoyar estas localidades, brindándole elementos para hacerles más simples los procesos de toma de decisiones que deben realizar las administraciones municipales. Dentro de estos procesos, la selección de tecnología es un factor importante para la sostenibilidad de los sistemas, por lo tanto es necesario conocer el universo de tecnologías que puedan dar respuesta a las condiciones de cada localidad.

Colombia tiene aproximadamente 1.025 cabeceras municipales menores de 50.000 habitantes, que suman una población igual a 7'311.985 habitantes, y que producen en total 3.598 t/día, y es este universo de municipios menores al que debe apoyarse para alcanzar las metas de la gestión integral de residuos sólidos<sup>3</sup>.

El objetivo y alcance de este informe es caracterizar la oferta tecnológica con mayor potencial para ser utilizada en poblaciones menores de 50.000 habitantes en Colombia, para la recolección, el transporte, la recuperación, el tratamiento y la disposición final entorno al manejo integral de residuos sólidos. Sin embargo es importante resaltar la necesidad de caracterizar las demás componentes del manejo, con el fin de darle una mayor solidez a la formulación de las opciones tecnológicas aquí identificadas. Para efectos este informe, se hacen unas consideraciones básicas para los componentes de generación, separación, almacenamiento y presentación, que sirvieron como un punto de partida para la identificación de las opciones tecnológicas.

Este informe es desarrollado en el marco del Proyecto Selección de Tecnologías para la Recolección, Transporte, Recuperación, Tratamiento y Disposición Final en Torno al Manejo Integral de los Residuos Sólidos en Municipios Menores de 50.000 habitantes, por medio del convenio entre IDEAM, UNICEF y CINARA.

En este documento se presenta el marco conceptual que condujo a la caracterización de tecnologías, en el que se esboza de manera general los componentes del manejo de los residuos en el contexto de la gestión integral. Se encuentra igualmente la metodología adoptada para su elaboración, basada en la identificación del abanico de tecnologías para estimar las opciones viables para poblaciones menores de 50.000 habitantes. Finalmente se presentan las opciones tecnológicas caracterizadas para los componentes del servicio de aseo, y se identificaron las tecnologías viables de acuerdo con el tamaño de población para lo cual se tuvieron en cuenta condiciones de las componentes iniciales del manejo de los residuos sólidos.

<sup>1</sup> Ministerio del Medio Ambiente, 1999.

<sup>2</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005

<sup>3</sup> Datos contruidos a partir de revisión estadísticas del Ministerio del Medio Ambiente, del DANE y del IDEAM

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

#### 2.1.1 Definición

La gestión integral de residuos sólidos es la selección y aplicación de métodos y tecnologías para darle un manejo adecuado a los residuos generados por las actividades del hombre, con el fin de minimizar el impacto sobre el medio ambiente y la salud pública. En general maneja cuatro principios, los cuales a la vez se relacionan entre sí:

**Reducción en el origen:** es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de los residuos sólidos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales y sanitarios que producen.

**Aprovechamiento y valorización:** comprende los procesos dirigidos a la recuperación de los residuos sólidos para obtener de éstos un beneficio económico y ambiental; implica desde la separación y recolección de materiales residuales en su lugar de origen, hasta la obtención de productos que pueden ser empleados como fuente de energía.

**Tratamiento y transformación:** implica la alteración física, química o biológica de los residuos, disminuyendo su volumen y acondicionándolos para la disposición final.

**Disposición final controlada:** componente final del manejo de los residuos sólidos, donde se depositan técnicamente los materiales que no tienen ningún valor económico, de forma tal que no representen riesgos para la salud y para el medio ambiente.

#### 2.1.2 Principales aspectos

Los principios planteados en la gestión integral de residuos sólidos conducen, en un contexto práctico, a la elaboración de un plan para el manejo de los residuos sólidos que básicamente involucra aspectos técnicos, sociales, económicos, institucionales y ambientales, que debe ser diseñado de acuerdo con las condiciones de cada localidad, con el fin de que el sistema sea sostenible.

En general, en cada aspecto debe considerarse lo siguiente:

- Aspectos ambientales: la respuesta tecnológica del servicio de aseo debe reflejar la disminución o control del impacto ambiental, por medio del establecimiento de métodos y tecnologías que no representen riesgo a la salud de las personas ni al medio ambiente. Además debe impulsar el desarrollo de tecnologías que propendan por la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos con el fin de disminuir la explotación de recursos y la entrega de menor cantidad de desechos al ambiente.
- Aspectos técnicos: debe asegurarse el adecuado desarrollo de las tecnologías, de acuerdo con los recursos locales, tanto humanos como físicos, estableciendo el nivel de servicio en armonía con las características de la localidad.
- Aspectos socioculturales: la participación de la comunidad en la gestión integral de residuos sólidos contribuye con el éxito de las tecnologías; esta participación está dirigida a la disminución en su producción, el reuso, la separación, y el empleo de subproductos recuperados determina en gran medida la sostenibilidad del sistema.

- Aspectos institucionales: El apoyo técnico y económico, así como la capacidad de gestión de las entidades territoriales locales, regionales u otras instituciones relacionadas con el sector, es un soporte para garantizar la participación de la comunidad, la obtención de productos de características o propiedades aceptables, además del apoyo técnico y económico.
- Aspectos económicos y financieros: la evaluación de los costos e ingresos asociados a cada tecnología por medio de un análisis económico y financiero determina su sostenibilidad en términos económicos.

## **2.2 EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL MARCO DE LA GESTIÓN INTEGRAL**

### **2.2.1 Esquema básico del manejo de los residuos sólidos**

A partir de la evaluación de los aspectos socioculturales, técnicos, ambientales, institucionales, económicos y financieros de una localidad, se establecen los esquemas tecnológicos aplicables a las condiciones particulares de una localidad. Esto permite definir las actividades que deben desarrollarse para alcanzar una gestión integral sostenible.

La Figura 2.1 muestra un esquema con las componentes del manejo de los residuos sólidos. Estas componentes, tanto de forma individual como colectiva, responden a los principios de la gestión integral.

De acuerdo con estos principios, es posible identificar dos momentos del manejo integral de los residuos sólidos: el primero donde el actor principal es el generador de los residuos sólidos, el cual puede desarrollar algunas o todas las componentes que se le adjuntan, dependiendo de la existencia o no de un servicio de aseo, y el segundo actor, el prestador del servicio, el cual define las componentes que va a desarrollar de acuerdo con las condiciones que se presenten en la fuente de generación.

La integración entre la participación de la comunidad, las tecnologías seleccionadas para abordar cada componente, la capacidad de gestión del prestador del servicio, y la disminución de la presión sobre el ambiente enmarcan el manejo de los residuos sólidos en el contexto de la sostenibilidad y de la producción más limpia.

### **2.2.2 El generador de residuos sólidos y la gestión integral**

Su participación se centra en las componentes iniciales que se desarrollan en la fuente de producción de residuos sólidos y que pueden condicionar las demás componentes del manejo, para el caso en que esté establecido un servicio de aseo.

- **Generación**

Comprende aspectos como producción per cápita de residuos sólidos, su composición física y química y la reducción en el origen. Para el caso en particular, en el cual no exista un servicio de aseo, en el esquema se propone la posibilidad de que en este componente, la fuente de generación pueda darle un manejo de manera individual a sus residuos, disponiéndolos en sitio o bien, realizando un proceso de recuperación previo a la disposición en sitio.

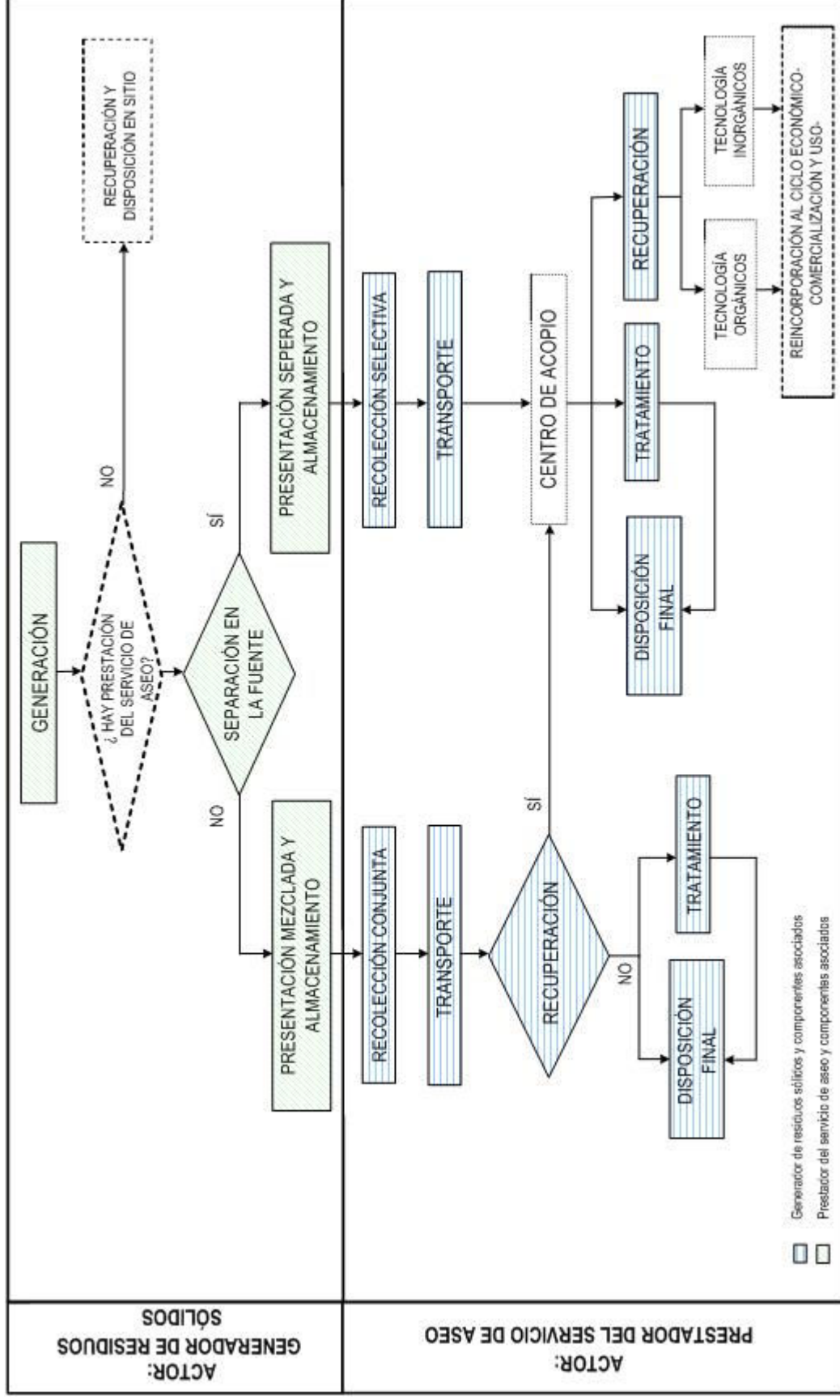


Figura 2.1. Esquema del manejo de los residuos sólidos enmarcados en la gestión integral de residuos sólidos (adaptado de la Metodología de los planes de gestión integral de residuos sólidos – PGIRS, Resolución 1045 de 2003, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)

- **Separación**

Estrechamente ligada con la componente de generación, se refiere al desarrollo de actividades de clasificación de los residuos sólidos en orgánicos e inorgánicos, como aspecto fundamental para desarrollar la recuperación y disposición en sitio, o para el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos en un sistema de recuperación, según el caso.

- **Almacenamiento y presentación**

Condicionada por la componente de separación, considera aspectos como recipientes y materiales empleados para almacenar los residuos sólidos producidos, sitio de presentación al servicio de recolección y cumplimiento de horarios de presentación.

### 2.2.3 El prestador del servicio de aseo y la gestión integral

En esta fase, a partir de las condiciones en las que se desarrolle el manejo de residuos sólidos en sus componentes iniciales, el prestador del servicio ejecuta las tareas operativas para continuar con el manejo de los residuos sólidos, respondiendo a escenarios de recuperación o no se los mismos.

- **Recolección**

Se involucran variables como definición del sistema de acuerdo con la separación o no de residuos sólidos en la fuente, lo cual se denomina *recolección selectiva*, para el caso en que los residuos sólidos sean presentados separadamente orgánicos de inorgánicos, o *recolección conjunta* si no existe separación.

- **Transporte**

Las opciones tecnológicas se dirigen hacia la identificación del sistema con el cual los residuos sólidos son transportados bien sea a una unidad de recuperación o al sistema de disposición final. De acuerdo con lo anterior se identifican tres formas de transporte: *transporte mecanizado* para el caso en que el sistema de recolección se ejecute empleando algún tipo de vehículo con motor de combustible (motocarro, tractor, volqueta etc.) y *transporte no mecanizado* para el caso en que el sistema de recolección sea de arrastre animal o humano (carretillas con caballo, carretas manuales o triciclos);

- **Recuperación**

Existen diferentes tecnologías para la recuperación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, las cuales parten de la factibilidad de que exista separación en la fuente de producción y de la viabilidad de comercializar los subproductos obtenidos del aprovechamiento. Dependiendo de las condiciones de la localidad, estas tecnologías pueden ser combinadas para obtener resultados favorables sobre los propósitos de la recuperación. Para efectos de este documento, se contemplan las tecnologías que por medio de procesos fisicoquímicos y biológicos propenden por la transformación y recuperación de residuos para su posterior aprovechamiento y reuso.

- **Tratamiento**

Consiste en las operaciones y procesos tendientes a eliminar o disminuir volúmenes de los residuos sólidos que no se pueden recuperar o aprovechar, sea que provengan directamente de la fuente, o como desecho de un proceso de recuperación.

- **Disposición final**

Última componente del manejo de los residuos sólidos, en el cual, los residuos sólidos no recuperados o no aprovechables son enterrados, compactados y cubiertos, procurando el mínimo impacto sobre el ambiente y la salud de las personas.

Al sitio de disposición final pueden llegar los residuos sólidos provenientes directamente de la fuente, para el caso que no haya ningún proceso de recuperación, o los que se producen como desechos de los sistemas de aprovechamiento de los mismos.

### 3 METODOLOGÍA

Para la elaboración de este informe, se inició por la apropiación de términos claves como recolección, transporte, recuperación, tratamiento, disposición final, y sostenibilidad de tecnologías entre otros, con el fin reconocer el marco dentro del cual se realizaría la caracterización de los componentes del manejo de residuos sólidos mencionados.

La identificación de las tecnologías para el manejo de los residuos sólidos y las opciones viables para municipios menores de 50.000 habitantes, se realizó a partir de actividades como revisión de literatura, consultas con expertos por medio de discusiones técnicas y diligenciamiento de encuestas a profesionales involucrados con la temática, también se realizaron visitas a personas cuyas actividades están relacionadas con los residuos sólidos, y se analizaron situaciones de municipios con diferentes características y dinámicas en su manejo. Como punto de partida para la definición de tecnologías viables, fue necesario realizar una caracterización básica de los componentes iniciales del manejo de los residuos sólidos, en la cual, basados en el esquema de gestión de residuos sólidos del Ministerio del Medio Ambiente<sup>4</sup> se identificaron opciones para su desarrollo y se tuvieron presentes otras consideraciones que permitieron estimar la viabilidad de algunas tecnologías

Entre estas consideraciones y de acuerdo con lo recomendado por el RAS 2000, está la adopción de los tres niveles de complejidad para el tamaño de población del Proyecto, sin embargo, y teniendo en cuenta que en el último nivel pueden presentarse entre una población de 12.501 habitantes y otra de 50.000 habitantes, diferencias relacionadas con la producción de residuos sólidos, este intervalo fue dividido. De esta manera, se establecieron cuatro rangos de población (menores de 2.500 habitantes, entre 2.501 y 12.500 habitantes, entre 12.501 y 30.000 habitantes, entre 30.001 y 50.000 habitantes). Así mismo, se tuvieron en cuenta los valores típicos de producción per cápita de residuos sólidos, de acuerdo con el rango poblacional respectivo.

Otra consideración es la adopción de la composición física de los residuos sólidos para cada rango de población y así mismo, de separación en la fuente para aquellas tecnologías que involucren técnicas de recuperación de los residuos sólidos. Esta estimación de la composición se obtuvo a partir de la revisión de algunas experiencias conocidas por los profesionales que participaron en la elaboración de este documento, además de discusiones técnicas y de la revisión de documentos técnicos e institucionales

Una vez identificado el conjunto de tecnologías para cada componente, se procedió a la elaboración de las fichas técnicas en las cuales quedarían condensadas sus principales características, facilitando información que permita diferenciar entre las bondades y dificultades de una tecnología u otra y la sustentación sobre las tecnologías descartadas para los municipios menores de 50.000 habitantes. Para la caracterización de tecnologías se emplearon tres fuentes de información:

---

<sup>4</sup> Selección de Tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

- Revisión de literatura: consultas a documentos técnicos, publicaciones, libros y otro tipo de material e información seleccionada de internet.
- Revisión de la normatividad: identificación del componente legislativo y reglamentario, además de las Políticas actuales sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Recopilación de experiencias: relacionada con la consulta a expertos que facilitaron su conocimiento para la consolidación de parámetros de diseño, a las Corporaciones Autónomas Regionales y otras instituciones involucradas en la gestión de los residuos sólidos.

Finalmente, el diseño de la ficha técnica resultó de identificar los aspectos sobresalientes de cada tecnología, los cuales ofrecen la información necesaria para su selección dentro de las tecnologías posibles para un componente. El cuerpo de la ficha contiene entonces información sobre procedimientos, parámetros de diseño y requerimientos, los cuales pueden ser comparados entre cada tecnología si se está proyectando un proceso de selección.

El contenido en general de las fichas es el siguiente:

- Definición
- Antecedentes
- Aspectos fundamentales
- Descripción
- Clasificación
- Ventajas y desventajas
- Aspectos ambientales
- Experiencias en Colombia
- Conclusiones

Para las cinco componentes desarrolladas, existen variantes de la tecnología, las cuales igualmente son presentadas en las fichas técnicas.

#### 4 OPCIONES TECNOLÓGICAS

Las opciones tecnológicas se construyeron a partir de la combinación de los diferentes componentes, de acuerdo con el esquema de gestión integral de residuos sólidos presentado en la Figura 2.1.

El análisis de las opciones tecnológicas enmarcadas en el contexto de la viabilidad y la sostenibilidad, permitió construir un árbol de tecnologías, en el cual es posible identificar rutas conformadas por las componentes del manejo de los residuos sólidos y la opción tecnológica con la que se abordará cada una. La Figura 4.1 presenta el esquema general de tecnologías con los diferentes escenarios de manejo de residuos sólidos, identificados a partir de la recuperación o no de residuos sólidos y del manejo en sitio de los mismos, como se enumeran a continuación.

1. Escenario 1: Sin recuperación de residuos sólidos
2. Escenario 2: Con recuperación de residuos sólidos orgánicos
3. Escenario 3: Con recuperación de residuos sólidos inorgánicos
4. Escenario 4: Con recuperación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos
5. Escenario 5: Manejo en sitio de los residuos sólidos

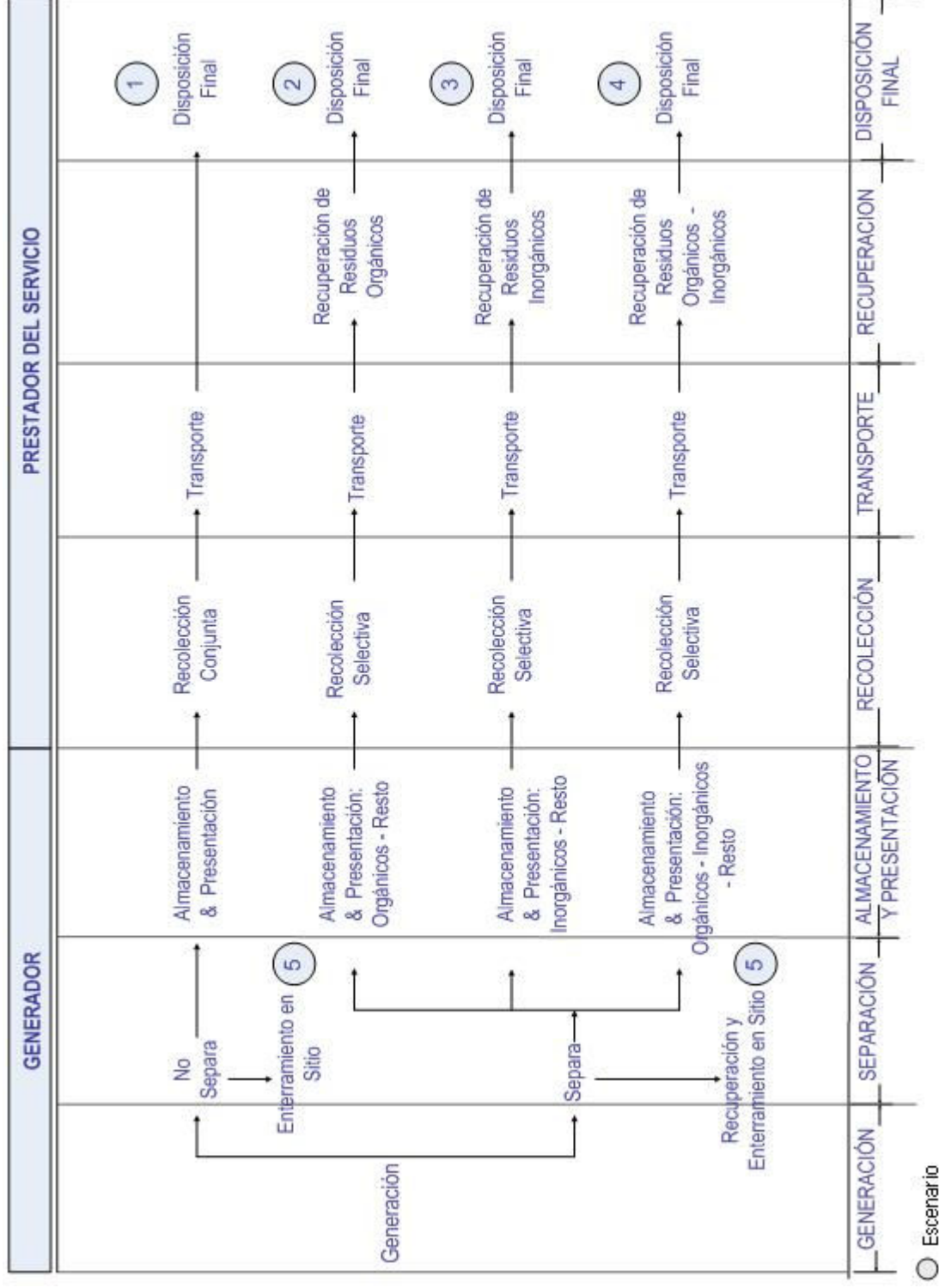


Figura 4.1. Esquema general de tecnologías de acuerdo con el escenario de manejo de residuos sólidos en municipios menores de 50.000 habitantes

• **Generación**

No existen en este caso, posibilidades diferentes a la producción inevitable de residuos sólidos por parte de los usuarios, aunque la educación y concientización de la comunidad puede conducir a la disminución en la cantidad que se produce, la cual hará parte del proceso de manejo de los residuos sólidos. En esta componente se estima una variación de la composición de los residuos sólidos dependiendo del contexto poblacional en el que se encuentre. La Tabla 4.1 contiene las variaciones consideradas.

Tabla 4.1 Parámetros considerados para la caracterización de tecnologías

Parámetros	Unidades	Rangos de población			
		$p \leq 2.500$	$2.500 < p \leq 12.500$	$12.500 < p \leq 30.000$	$30.000 < p \leq 50.000$
Composición orgánicos <sup>1</sup>	%	70	65	60	60
Composición inorgánicos <sup>1</sup>	%	20	20	22	22
No aprovechable <sup>1</sup>	%	10	15	18	18
Separación en la fuente <sup>1</sup>	%	70	70	70	65
Producción per capita actual <sup>2</sup>	kg/hab-día	0,45	0,45	0,53	0,53

1. Consideraciones planteadas por el grupo técnico de Cinara basándose en otras experiencias, en revisión de literatura y en discusiones con expertos

2. valor promedio de producción per capita tomado del RAS, 2000

• **Separación**

Depende del nivel de participación de la comunidad y su interés en apoyar actividades relacionadas con la recuperación de residuos sólidos.

En la Figura 4.2, se presenta el esquema general para la generación y la separación de residuos sólidos.

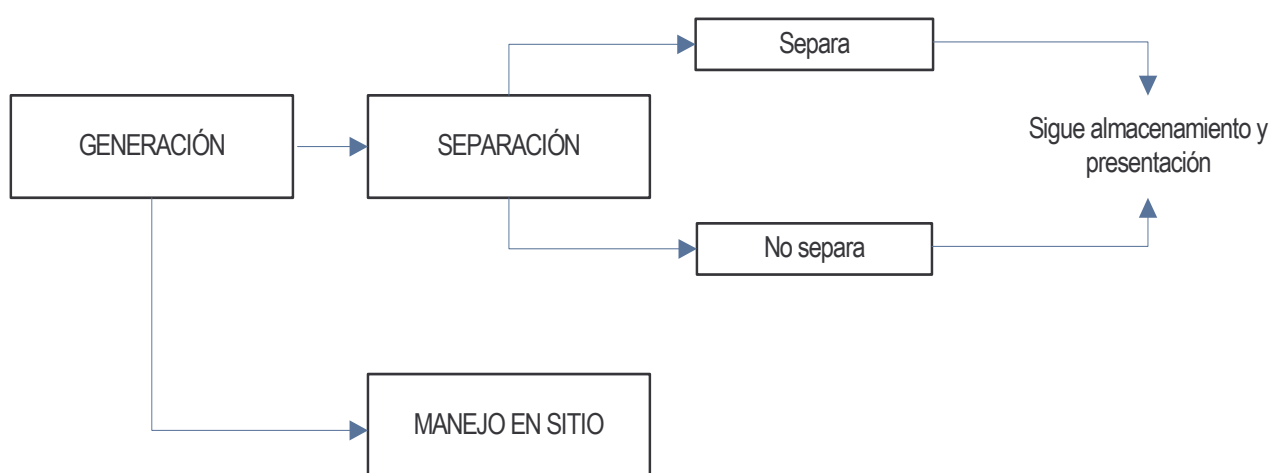


Figura 4.2. Opciones tecnológicas para la generación y separación de residuos sólidos

- **Almacenamiento y presentación**

En éste punto no se consideran posibilidades de respuesta para el planteamiento de las opciones tecnológicas, sin embargo se resalta la importancia de que sean analizadas en una segunda fase.

- **Recolección**

En este caso, las opciones consideradas dependen de la condición de que exista o no separación en la fuente y de las frecuencias de recolección que puede ofrecer el sistema (Ver Figura 4.3).

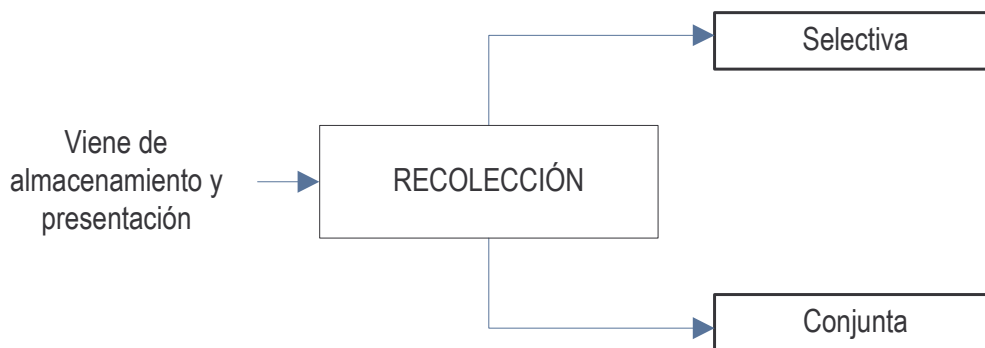


Figura 4.3. Opciones tecnológicas para la recolección de residuos sólidos

- **Transporte**

Las consideraciones para este componente se relacionan con el tipo de transporte empleado para conducir los residuos sólidos recolectados hasta el sitio de recuperación y al sitio de disposición final (Ver Figura 4.4)

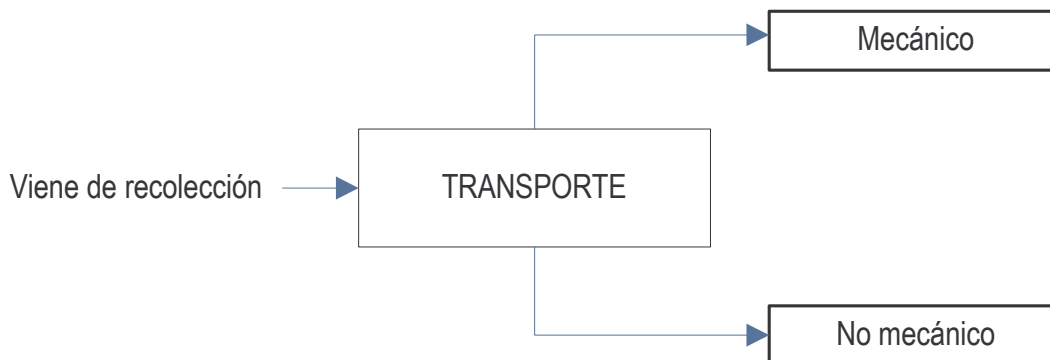


Figura 4.4 Opciones tecnológicas para el transporte de residuos sólidos

• **Recuperación**

Surge de la consideración de que existe separación en la fuente y por lo tanto un sistema de recolección selectiva (Ver Figura 4.5).

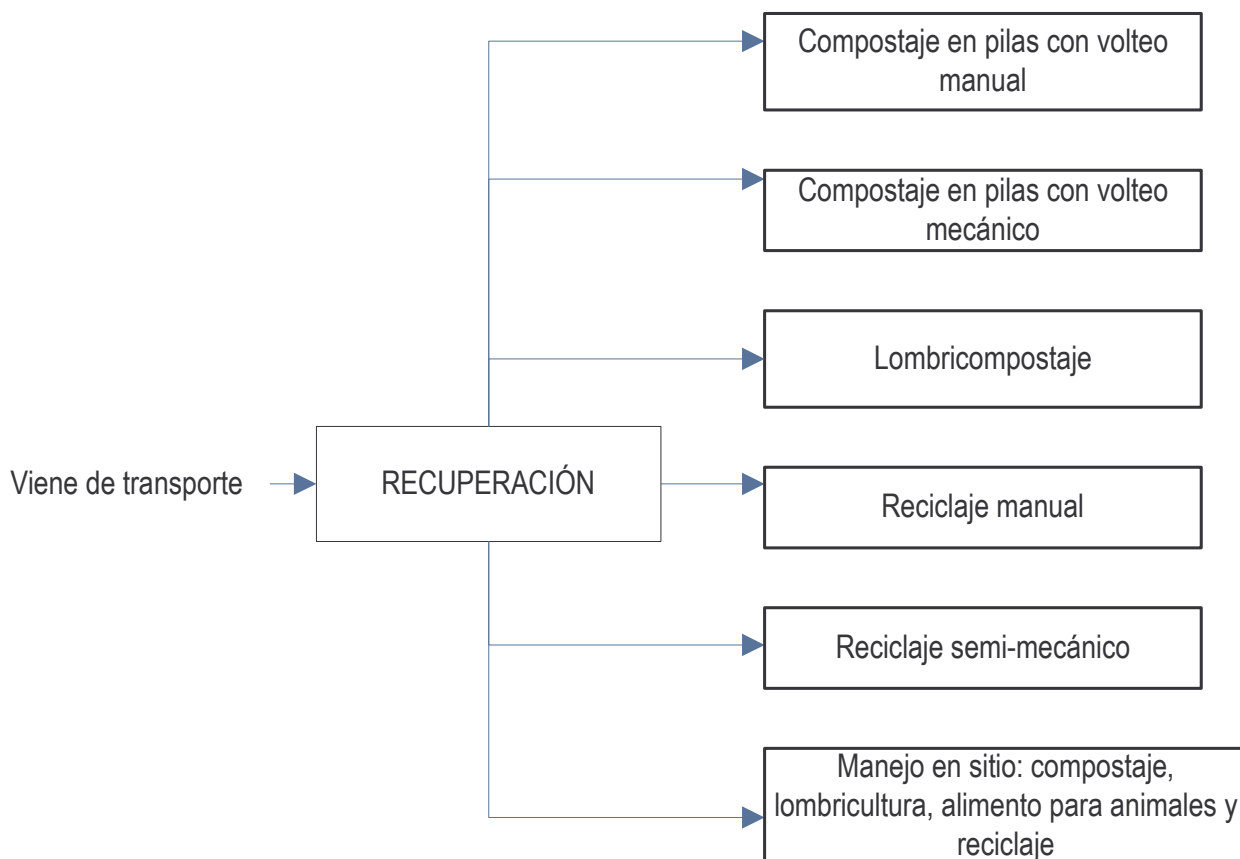


Figura 4.5. Opciones tecnológicas para la recuperación de residuos sólidos

• **Disposición final**

En este componente se plantea el relleno sanitario como opción tecnológica, considerando al tiempo variables operativas y constructivas; como una propuesta se propone la disposición en sitio para el caso en que no exista un sistema de aseo implementado.

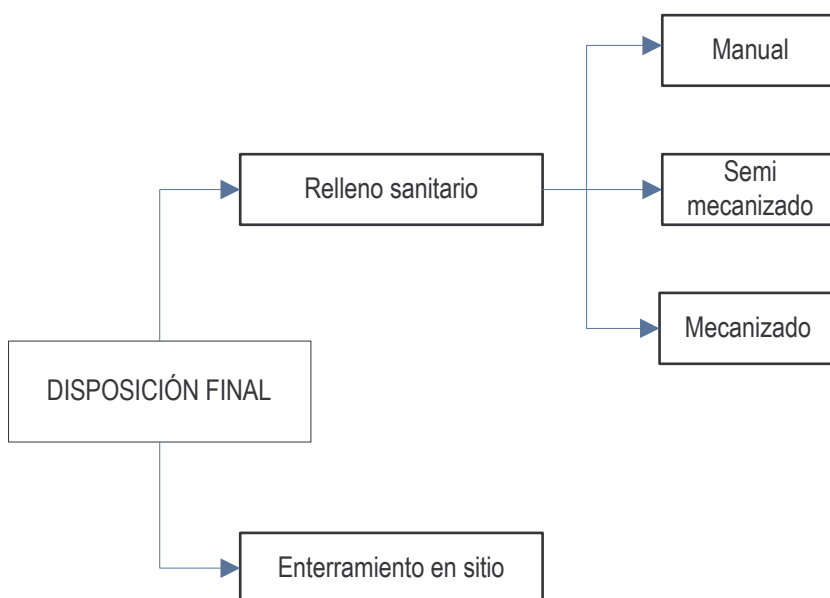


Figura 4.6. Opciones tecnológicas para la disposición final de residuos sólidos

## 5 CARACTERIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA RECOLECCIÓN, EL TRANSPORTE, LA RECUPERACIÓN Y LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En este capítulo se listan las fichas técnicas de las tecnologías caracterizadas para la recolección, transporte recuperación, tratamiento y disposición final, las cuales se anexan a este documento.

### 5.1 RECOLECCIÓN (Ver Anexo A)

- **Recolección Conjunta (Ver Ficha A.1)**

Se caracteriza la actividad de recolección sujeta a la condición de que no se recupera ningún tipo de residuos sólidos.

- **Recolección Selectiva (Ver Ficha A.2)**

Para esta tecnología se consideran dos variaciones operativas que corresponden a un sistema donde se aprovecha alguna fracción o el total de los materiales recuperables; estas variaciones son:

- Recolección selectiva en función del equipo (Ver Ficha A.2, Numeral A.2.5.1)
- Recolección selectiva en función de la frecuencia (Ver Ficha A.2, Numeral A.2.5.2)

## 5.2 TRANSPORTE

Para este componente se identifican dos tecnologías, las cuales dependen de aspectos como cantidad de residuos sólidos que se produce, estado de las vías y distancia al sitio de disposición final, entre otros. Las tecnologías identificadas son:

- **Transporte Mecanizado (Ver Ficha B.1)**

Se identifican las diferentes alternativas de sistemas transporte mecanizados tanto convencionales y no convencionales que pueden servir desde localidades pequeñas hasta grandes ciudades.

- **Transporte no mecanizado (Ver Ficha B.2)**

Corresponde a sistemas de transporte no convencionales que tienen mayor aplicabilidad en localidades con baja producción de residuos y con recursos limitados para la implementación de sistemas mas sofisticados.

## 5.3 RECUPERACIÓN (Ver Anexo C)

- **Compostaje (Ver Ficha C.1)**

Es una tecnología para la transformación de la fracción orgánica de los residuos sólidos, en un producto que puede ser empleado para el mejoramiento o la recuperación de suelos. Las técnicas identificadas para el compostaje son:

- Compostaje en pozas (Ver Ficha C.1, Numeral C.1.5.1)
- Compostaje en pilas estáticas con aireación mecánica (Ver Ficha C.1, Numeral C.1.5.2)
- Compostaje en pilas con volteo manual (Ver Ficha C.1, Numeral C.1.5.3)
- Compostaje en pilas con volteo mecánico (Ver Ficha C.1, Numeral C.1.5.4)
- Compostaje en reactores anaerobios (Ver Ficha C.1, Numeral C.1.5.5)

De las anteriores, se consideran como alternativas viables para municipios menores de 50.000 habitantes, el compostaje en pozas y el compostaje en pilas con volteo manual.

- **Lombricompostaje (Ver Ficha C.2)**

Es una variación del proceso de compostaje, que amplía su alcance al obtener un producto de mejores características para el mejoramiento de los suelos. Las técnicas identificadas para esta tecnología son:

- Lombricompostaje sobre la superficie (Ver Ficha C.2, Numeral C.2.1.1)
- Lombricompostaje por excavación (Ver Ficha C.2, Numeral C.2.1.2)
- Lombricompostaje por elevación (Ver Ficha C.2, Numeral C.2.1.3)

Las tres opciones tecnológicas se consideran como viables.

- **Digestión anaerobia (Ver Ficha C.3)**

Es una tecnología que no ha sido implementada en Latinoamérica, y sólo se cuentan con experiencias a escala piloto, aunque presenta buen potencial de aplicación según las fuentes consultadas, sin embargo, su uso es recomendado en poblaciones mayores a 60.000 habitantes (Ver Anexo C.3).

- **Cría de animales (Ver Ficha C.4)**

La cría de animales para uso doméstico y posteriormente a nivel comercial es una actividad muy común, desarrollada desde hace años, sin embargo se considera que puede mejorarse a través de una metodología para su aplicación bajo un contexto básico de normas de seguridad e higiene. Para esta tecnología se encuentran las siguientes variaciones:

- Tratamiento térmico simple (Ver Ficha C.4, Numeral C.4.5.1)
- Destrucción térmica (Ver Ficha C.4, Numeral C.4.5.2)
- Fermentación controlada (Ver Ficha C.4, Numeral C.4.5.3)
- Cría de animales domésticos (Ver Ficha C.4, Numeral C.4.5.4)

De las variantes anteriores se consideran como viables el tratamiento térmico simple de residuos orgánicos para la producción de animales y la cría de animales domésticos.

- **Reciclaje (Ver Ficha C.5)**

Comprende las actividades desarrolladas para la recuperación de material inorgánico para ser incorporado como materia prima en nuevos procesos productivos. Para el caso particular de Colombia y en especial debido a la diversidad socio económica y cultural de sus municipios, se sugiere para determinar los procesos involucrados en la tecnología (maquinaria o equipos a emplear, infraestructura necesaria), realizar un análisis financiero que evalúe la viabilidad económica y sostenibilidad del sistema.

## 5.4 TRATAMIENTO (Ver Anexo D)

Comprende las tecnologías de conversión térmica, cuyo proceso en general permite transformar los residuos sólidos a productos de conversión gaseosos. Las tecnologías caracterizadas para este componente son:

- **Incineración (Ver Ficha D.1)**
- **Pirólisis (Ver Ficha D.2)**
- **Gasificación (Ver Ficha D.3)**
- **Termólisis (Ver Ficha D.4)**

Las tecnologías anteriores fueron descartadas exceptuando la quema en sitio. Esto se debió a que la implementación de procesos de este tipo exige una gran disponibilidad de recursos y un nivel técnico elevado, con los costos que esto representa, además de que las características de los residuos sólidos producidos en los municipios menores limitan aún más la viabilidad de estos sistemas. Las fichas técnicas de las tecnologías de tratamiento son presentadas para respaldar su exclusión del árbol de tecnologías.

## 5.5 DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (Ver Anexo E)

La disposición final de los residuos sólidos es la última tarea operativa del servicio de aseo, donde se busca depositar los residuos sólidos causando el menor impacto posible al ambiente y al bienestar de las personas. La normatividad señala al relleno sanitario como la única opción tecnológica para la disposición final de los residuos sólidos, sin embargo, y acorde con la dificultad que existe en los municipios menores de ofrecer un servicio de aseo colectivo por las diferentes limitaciones físicas y económicas se sugiere una solución individual para este componente. Las tecnologías identificadas son:

- **Relleno sanitario (Ver Ficha E.1)**
- **Enterramiento en sitio (Ver Ficha E.2)**

Dentro de la tecnología de relleno sanitario se encuentran variantes operativas y constructivas:

- Sistema operativo (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.1):
  - Relleno sanitario manual (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.1.1)
  - Relleno sanitario semi mecanizado (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.1.2)
  - Relleno sanitario mecanizado (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.1.3)
- Método constructivo (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.2):
  - Relleno sanitario tipo rampa (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.2.1)
  - Relleno sanitario tipo zanja (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.2.2)
  - Relleno sanitario área (Ver Ficha E.1, Numeral E.1.5.2.3)

## 6 CONCLUSIONES

Para el componente de recuperación se identificaron en total 5 tecnologías, de las cuales se plantean el compostaje, la lombricultura y el reciclaje como las de mayor posibilidad de sostenibilidad en el contexto de los municipios colombianos. En el componente de tratamiento se encontraron 4 tecnologías las cuales por sus requerimientos y exigencias técnicas para su funcionamiento, no se consideran factibles para el tratamiento de residuos sólidos domésticos en los municipios menores de 50.000 habitantes. En la componente de disposición final, el relleno sanitario es considerado como la única alternativa para el manejo de los residuos sólidos bajo un sistema organizado y se propone el enterramiento como una tecnología de manejo en sitio para localidades que no cuenten con un servicio de recolección y transporte de residuos sólidos.

Para el componente de recuperación, en las tecnologías identificadas se describieron una serie de variantes. En el compostaje se encontraron las siguientes:

- En pozas: el cual puede ser una opción para la recuperación en sitio.
- En pilas estáticas con aireación mecánica.
- En pilas con volteo manual: el cual puede ser una opción para la recuperación en sitio.
- En pilas con volteo mecánico.
- En reactores anaerobios.

El análisis de las variantes del compostaje llevó a la identificación del compostaje en pozas como la alternativa tecnológica para el manejo en sitio; el compostaje en pilas con volteo manual para localidades que no superen los 12.500 habitantes y con volteo mecánico para localidades menores de 50.000 habitantes, teniendo en cuenta los requerimientos para su adecuada operación.

Para la tecnología de lombricompostaje se tienen las siguientes variantes:

- Lombricompostaje sobre la superficie
- Lombricompostaje por excavación
- Lombricompostaje por elevación

Su análisis dio como resultado el reconocimiento del lombricompostaje sobre la superficie como una alternativa para municipios menores de 12.500 habitantes, y el lombricompostaje por elevación como una alternativa de manejo en sitio; el lombricompostaje por excavación se descarta por las dificultades que se presentan en el manejo de los lixiviados y control de aguas lluvias.

La tecnología de digestión anaerobia fue descartada por sus requerimientos, por la falta de condiciones que ayudan a la apropiación de la tecnología en la región y por que es una tecnología que aún está en desarrollo.

La cría de animales con residuos orgánicos es una tecnología que la Normatividad colombiana descarta para la recuperación de residuos sólidos, sin embargo puede ser considerada como una alternativa de manejo en sitio, por medio de la alimentación de animales caseros sin mantener ningún propósito productivo ni comercial.

En cuanto al reciclaje, se considera el reciclaje manual como una alternativa para municipios menores de 50.000 habitantes, y que a partir de 12.500 habitantes es posible incluir otro tipo de procesos como el embalaje para obtener mayores beneficios económicos; cabe anotar que es necesario desarrollar un análisis financiero y de mercado para cada localidad, con el cual es posible identificar con mayor precisión la magnitud y el tipo de proceso que se puede desarrollar.

Fueron descartadas las tecnologías pertenecientes a la componente de tratamiento para el manejo de los residuos sólidos a nivel colectivo, debido a los requisitos técnicos, ambientales, económicos y sociales para su implementación, entre los cuales se resaltan la necesidad de contar con una alta disponibilidad de recursos para su operación y control de las variables del proceso, como también los altos costos de infraestructura; asimismo se considera que las características de los residuos sólidos producidos en municipios menores dificultan el proceso de tratamiento.

En cuanto a la disposición final, se identificaron las variantes para la tecnología del relleno sanitario y se concluyó que cada clasificación de sistema operativo puede ser viable para los rangos poblacionales considerados, los cuales son relacionados en la ficha técnica con las cantidades de residuos sólidos a disponer.

A pesar de que no se encuentra reglamentada, las opción de disposición en sitio fue considerada bajo el escenario de la carencia de un servicio de aseo, con el fin de reformar y mejorar los procesos que se han desarrollado bajo el contexto del generador, como lo vienen siendo quemas no controladas y botaderos a cielo abierto, transformándolos a procedimientos controlados y desarrollados fácilmente por la propia comunidad.

Se resalta la necesidad e importancia de caracterizar en detalle los demás componentes del manejo de residuos sólidos que no fueron contemplados a profundidad en este informe, con el fin de robustecer la identificación de las opciones tecnológicas sostenibles para municipios menores de 50.000 habitantes en el marco de la gestión integral.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005. Decreto 838 del 23 de Marzo de 2005. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. República de Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003. Resolución 1045 del 3 de Octubre de 2003. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS y se dictan otras disposiciones. República de Colombia.

Ministerio de Desarrollo Económico, 2002. Decreto 1713 del 6 Agosto de 2002. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. República de Colombia.

Ministerio de Desarrollo Económico, 2000. Resolución 1096 de 2000 – Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, Título F. República de Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente, 2002. Selección de Tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos – Guía Ambiental. República de Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente, 1998. Políticas Ambientales de Colombia.