



PROGRAMA DE INVESTIGACION



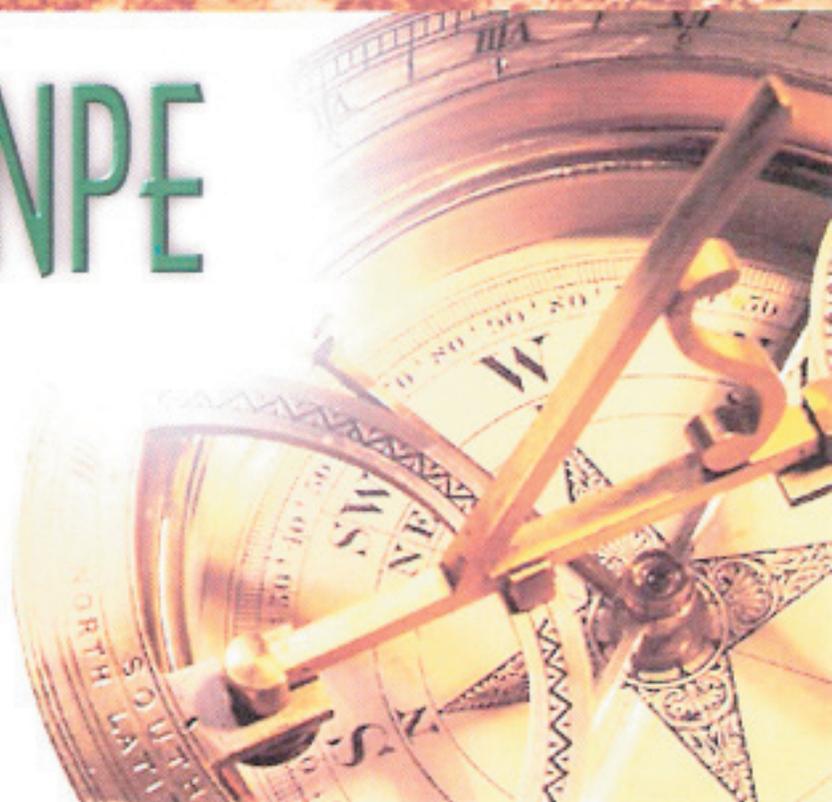
Los beneficios netos de un manejo integrado y sostenible de
desechos sólidos

Gerardo Jiménez Porras y Susy Victoria Lobo Ugalde

Serie Documentos de Trabajo 001-2002



CINPE



Los beneficios netos de un manejo integrado y sostenible de desechos sólidos

Gerardo Jiménez Porras*
Susy Victoria Lobo Ugalde**

Serie Documentos de Trabajo 016- 2002

Resumen

La existencia de un modelo económico y político basado en un alto consumo de energía, materiales, bienes y servicios, en donde el estilo de vida y la constante expansión del mercado requieren dar salida a una producción creciente que necesita fabricar objetos de baja duración, difíciles de reparar y de reciclar, da como resultado la generación de gran cantidad de desechos sólidos. Si no se manejan adecuadamente, estos desechos provocan severos desequilibrios ambientales que amenazan la integridad de los ecosistemas e incrementan el daño al bienestar social, económico y cultural.

En manejo integrado y sostenible de desechos sólidos (MISDS) plantea una orientación para alcanzar mejores y sostenibles soluciones al problema del manejo de desechos sólidos. El mismo refiere a un sistema de manejo de desechos que sea apropiado a las características sociales, económicas y ambientales de una localidad o una ciudad determinada. Parte de un enfoque estratégico y de largo plazo, en donde la participación de los actores institucionales es el eje central del concepto.

El objetivo central del presente documento es presentar una metodología para el análisis de los beneficios netos de la ejecución de un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos municipales, incluyendo el análisis de los requisitos para su factibilidad financiera. La metodología se elabora teniendo como referencia la problemática del manejo de desechos en Costa Rica, y se hace una aplicación al cantón de San Isidro de Heredia. Se demuestra las potencialidades del MISDS y se hacen recomendaciones para su implementación por parte de los gobiernos locales del país (recomendaciones que son válidas para otras latitudes), tomando en cuenta no solo los aspectos técnicos y financieros, sino también los requerimientos institucionales, legales, socioculturales, ambientales y de participación comunal. La principal conclusión de este documento es que la ejecución de un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos adecuadamente implementado no solo puede ser financieramente sostenible, sino también, puede implicar el cobro de tarifas aún menores que las aplicadas en la actualidad. Además, producirá grandes beneficios ambientales y sociales. Para ello sin embargo, se requiere una participación muy activa y comprometida de parte de todos los actores involucrados en la generación y manejo de los desechos sólidos.

* Académico del Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE) de la Universidad Nacional (gjimene@una.ac.cr).

** Funcionaria Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA), Costa Rica (slobo@acepesa.org).

Indice

Resumen	
Indice	
Introducción	
1. ¿Qué es el manejo integrado y sostenible de desechos sólidos (MISDS)?	
1.1 El concepto	
1.2 Integralidad y sostenibilidad	
1.3 Principios del MISDS	
2. El tratamiento de los desechos sólidos en la teoría económica	
2.1. El Sistema Económico y el Sistema Ecológico	
2.2. La Internalización de las externalidades: la receta neoclásica	
2.3 El principio de prevención y la Economía Ecológica	
2.4 Análisis Costo Beneficio	
3. Factibilidad financiera de un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos	
3.1 El modelo: descripción general	
3.2 Metodología para el cálculo de la tarifa	
3.2.1. Los supuestos del modelo	
3.2.2. Las unidades equivalentes y el número de cuotas a pagar	
3.2.3. El cálculo de la tarifa	
3.3 Resultados de la aplicación del modelo al caso de San Isidro de Heredia.	
3.4 Análisis de los resultados	
3.5 Beneficios sociales y ambientales de un manejo integrado y sostenible de desechos sólidos	
4. Los actores institucionales en un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos	
4.1 Definición de los actores institucionales y su correspondiente papel	
4.2 Requerimientos de coordinación institucional para el éxito de un plan de MISDS	
5. Conclusiones y recomendaciones	
5.1 Conclusiones	
5.2 Recomendaciones	
Bibliografía	
Anexo	

Introducción

La existencia de un modelo económico y político basado en el alto consumo de energía, materiales, bienes y servicios, en donde el estilo de vida y la constante expansión de la actividad económica requieren dar salida a una producción creciente que necesita fabricar objetos de baja duración, difíciles de reparar y de reciclar, da como resultado la generación de gran cantidad de desechos sólidos.

La mayoría de estos desechos no se disponen adecuadamente ya que se depositan en ríos, quebradas o lotes vacíos; o son quemados, enterrados o simplemente dispuestos en botaderos a cielo abierto, práctica que provoca el deterioro y la degradación del ambiente, limitando el posible uso de los recursos naturales. Entre los principales impactos negativos provocados por la inadecuada disposición de desechos se encuentran la generación de polvo, los malos olores, el humo, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, la contaminación de suelos y el deterioro del panorama escénico.

La disposición inadecuada de los desechos sólidos también afecta directa e indirectamente la salud de la comunidad. Las poblaciones expuestas en forma implícita a los agentes físicos, químicos y biológicos son los trabajadores formales e informales que manipulan los desechos, la población no servida, la que vive cerca de los sitios de disposición final, la población de segregadores y sus familias. Las principales consecuencias en la salud son las infecciones en la piel y las enfermedades provocadas por los parásitos.

La población en general es afectada mediante la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, el consumo de carne de animales criados en basureros, y la exposición a desechos peligrosos. Además, las prácticas incorrectas causan la proliferación de vectores sanitarios (insectos, roedores, cucarachas, entre otros), los cuales son portadores de virus y de bacterias que producen enfermedades peligrosas en los seres humanos.

Esta situación se agrava conforme se desarrollan las actividades productivas, dado que con ellas se incrementa la generación de desechos sólidos. Estudios realizados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) indican que para 1991, la producción de desechos por habitante por día (kg/hab/día), en países como Canadá, Estados Unidos, Suiza, Japón y El Salvador era de 1.9, 1.5, 1.2, 1.0 y 0.54 respectivamente, mientras que en la India el indicador era de 0.4. Esto permite esperar una relación directa entre la producción de desechos sólidos y el crecimiento económico. No obstante, las cantidades y composición de desechos varían con el clima (según la temporada de los productos agrícolas) y con factores culturales, ideológicos y educativos.

En Costa Rica, al igual que en otras latitudes, el manejo de los desechos sólidos se enfoca a trasladar materiales de un lugar a otro y a proceder a su disposición

final con el menor costo en el corto plazo, sin considerar las externalidades negativas provocadas al ambiente y a la sociedad. Sin embargo, este sistema está colapsando debido al continuo crecimiento en la generación de desechos sólidos, la mayor complejidad del tratamiento de los nuevos materiales empleados en la elaboración de productos y las presiones de alcanzar normas ambientales de mayor nivel.

En el plano institucional, si bien la operación, la administración y el financiamiento del manejo de desechos sólidos en Costa Rica están bajo el régimen municipal (y las municipalidades tienen la potestad para hacer concesiones y contratar total o parcialmente el manejo de los desechos sólidos en su localidad), se puede afirmar que las mismas carecen de sistemas integrados y sostenibles de manejo. Además, tampoco se aplican instrumentos para analizar y valorizar los daños económicos, sociales, políticos y ambientales, que conlleva el manejo inadecuado actual. Por otro lado, el manejo de desechos sólidos no se reconoce como un sector formal, por lo tanto, no ha contado con el desarrollo ni el protagonismo necesario para la búsqueda de soluciones (OPS, 1996), ni se tienen planes operativos, financieros o ambientales de largo plazo.

En el plano laboral, se carece de recursos humanos capacitados y calificados en todos los niveles, lo cual facilita la interferencia política que compromete la contratación de personal operativo en exceso y nombramientos de jefaturas sin ninguna calificación.

En el plano legal, no existe coherencia entre las disposiciones jurídicas referidas a los desechos sólidos municipales, especiales y peligrosos y los riesgos que representan para la salud pública y el ambiente. La legislación es incompleta y ambigua respecto al ámbito de competencia de las instancias administrativas involucradas. Además, se carece de políticas para reducir la generación de desechos sólidos.

En el plano social, es importante destacar que se han presentado conflictos recurrentes que desembocan en la concesión de nuevos plazos para el cierre técnico de Río Azul (todavía en funcionamiento); así como enfrentamientos, algunos violentos, entre las autoridades del gobierno y las diferentes comunidades donde se ha planeado la instalación del relleno metropolitano. Entre las principales preocupaciones de las poblaciones con respecto al tema, Arrieta (1997) sistematiza las siguientes, tomando como base un sondeo realizado por estudiantes universitarios en cinco de los cantones centrales de San José:

- Insuficiente transparencia de las autoridades en la toma de decisiones.
- Decisiones con insuficiente respaldo científico tanto en lo tecnológico como en lo social.
- Experiencia negativa en el manejo de los depósitos de desechos en todo el país.
- Temor ante las inconveniencias de vivir en el campo de influencia de un depósito de basuras (malos olores, moscas, depreciación de la tierra).

- Incumplimiento de promesas de campaña electoral.
- Reproche a las autoridades gubernamentales y municipales por su ineficiente labor en la protección de los recursos naturales y planificación urbana.
- Imposición de una solución obsoleta (el relleno sanitario indiscriminado y centralizado) y opuesta a los lineamientos de convenios y documentos internacionales suscritos por la Asamblea Legislativa.

El inadecuado manejo de los desechos sólidos se hace evidente en Costa Rica a partir de 1991, cuando se declaró el caso como emergencia nacional, principalmente en la Gran Área Metropolitana. El elemento detonante fue el cierre técnico del botadero a cielo abierto de Río Azul, hecho que dio como resultado una confrontación entre las comunidades vecinas y el Gobierno.

En ese mismo año, a solicitud del Gobierno y con la colaboración de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ), se elaboró el Plan Nacional de Desechos en Costa Rica (PNMD), el cual estuvo a cargo de un grupo de trabajo nacional con asesores alemanes y regionales. Para crear el plan, se realizó un diagnóstico puntual sobre la situación del manejo de los desechos. Se definieron objetivos y se propuso la elaboración y la ejecución de una planificación técnica e institucional, así como el desarrollo de un proceso de formación del personal y de la población en general. A pesar de su integralidad, el Plan fue ignorado por las autoridades gubernamentales.

Dada la complejidad de los problemas que se presentan en el sector de los desechos sólidos municipales, este documento presenta una metodología para el análisis de los beneficios netos y la factibilidad financiera de la ejecución de un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos municipales (MISDS). La metodología se elabora teniendo como referencia la problemática del manejo de desechos en Costa Rica, y se hace una aplicación al cantón de San Isidro de Heredia. Se demuestra las potencialidades del MISDS y se hacen recomendaciones para su implementación por parte de los gobiernos locales del país (recomendaciones que son válidas para otras latitudes), tomando en cuenta no solo los aspectos técnicos y financieros, sino también los requerimientos institucionales legales, socioculturales, ambientales y de participación comunal.

El documento se presenta en cinco secciones. En la sección 1 se describe el concepto de Manejo Integrado y Sostenible de Desechos Sólidos (MISDS). La sección 2 hace un repaso del tratamiento del tema de los desechos sólidos en la teoría económica. En la sección 3 se utiliza el análisis Costo-Beneficio para determinar una metodología para el cálculo de una tarifa que haga sostenible financieramente la ejecución de un plan de MISDS. En esta misma sección se describen los resultados de la aplicación de esa metodología al caso de San Isidro de Heredia; además, se enuncian los beneficios sociales y ambientales de la ejecución de un plan de MISDS. En la sección 4 se hace una discusión

acerca del rol que deben jugar los actores institucionales para que la ejecución de un plan de MISDS sea exitoso y en la sección 5 se brindan las principales conclusiones y recomendaciones del trabajo.

1. ¿Qué es el Manejo Integrado y Sostenible de Desechos Sólidos?

1.1. El concepto

Para abordar el manejo de los desechos sólidos municipales no es suficiente conocer los aspectos técnicos de la recolección, la limpieza de calles y la disposición final. Se requiere también aplicar los nuevos conceptos relacionados con el financiamiento de los servicios, los enfoques de descentralización y de mayor participación del sector privado, los factores concomitantes de salud, de ambiente, de pobreza en áreas marginales urbanas, de educación y de participación comunitaria.

El término **basura** involucra todos los desechos que se producen, pero, lo que para unas personas es basura, puede que no lo sea para otras. Por otra parte, la expresión **desechos sólidos** contempla aquellos restos de materia orgánica e inorgánica producidos por actividades domiciliarias, comerciales, institucionales e industriales, es decir, aquellos restos de materia que han perdido valor para el primer propietario (Cointreau, 1994). En el presente documento, se utiliza este último término.

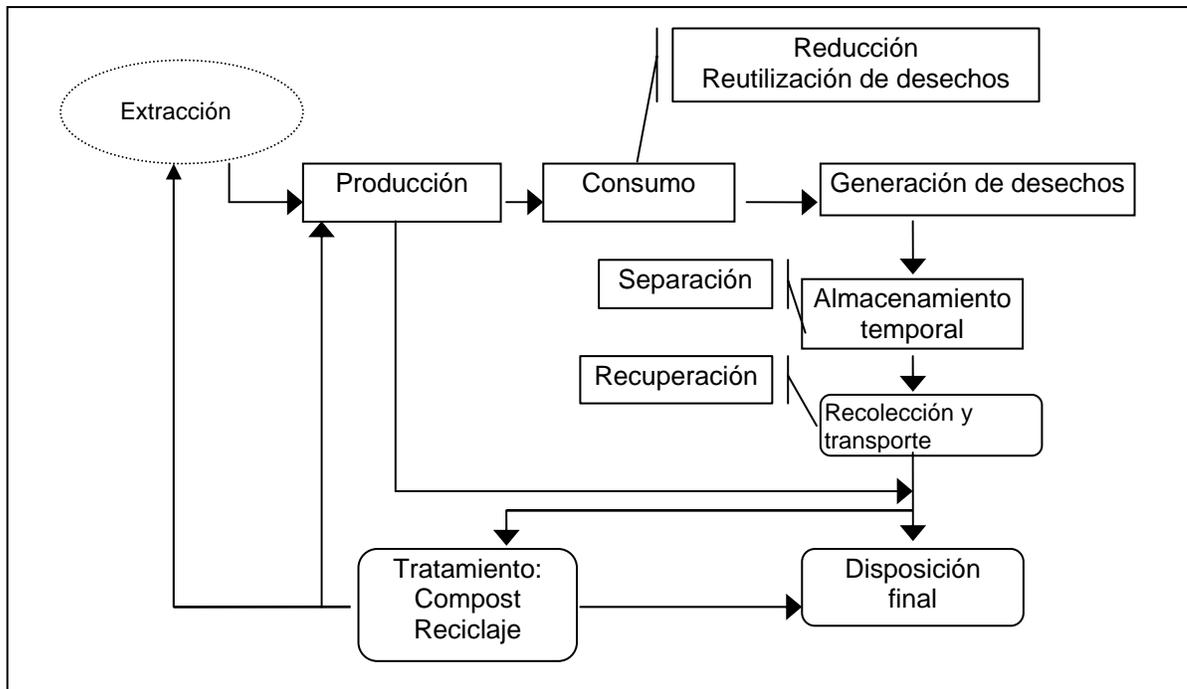
Etimológicamente, basura se deriva del latín barrer, es decir, “quitar todo lo que había en alguna parte, hacer desaparecer” (Larousse; 1995). Antiguamente no se pensó en que se llegara a generar cantidades de desechos que fueran imposibles de ser barridas (GTZ, 1992). La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos define los desechos sólidos como: “residuos sólidos” cualquier basura, desperdicio, lodos y otros materiales sólidos de desecho (OPS, 1991).

Los desechos sólidos se clasifican según su origen, su composición física y su valor económico. Según su origen, se pueden clasificar en residencial, comercial, industrial, hospitalario, construcción y agrícola. Según su composición física se pueden clasificar como materias orgánicas e inorgánicas y de acuerdo con su valor económico, se clasifican en material recuperable y material desechable. Por sus características, los desechos pueden ser peligrosos o no peligrosos. Entre los desechos peligrosos se encuentran algunos desechos industriales, hospitalarios y de plantas nucleares.

El Capítulo 21 de la Agenda de Río establece las bases para un manejo integral de los desechos sólidos municipales como parte del desarrollo sostenible. Se define ahí que el manejo de los desechos debe contemplar la minimización de la producción de desechos, el reciclaje, la recolección, el tratamiento y la disposición final adecuada. Se dice también que cada país y cada ciudad establecerá sus programas para lograr lo anterior, de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas (PNUMA, 1992).

Los elementos que incorpora el manejo integrado y sostenible de desechos sólidos son: extracción de recursos naturales, producción, consumo, generación de desechos, almacenamiento temporal, recolección y transporte, tratamiento y disposición final. Estos elementos se ilustran en la figura 1, donde se presenta un esquema del ciclo del manejo integrado y sostenible de los desechos sólidos e incluye también elementos de sostenibilidad económica, ambiental, política y de participación comunal.

Figura 1: Ciclo del Manejo Integrado y Sostenible de Desechos Sólidos



Fuente: Elaboración propia con base a información de ACEPESA (1996).

La descripción de cada uno de estos elementos se brinda a continuación:

Extracción: es el proceso mediante el cual se substraen recursos naturales para ser utilizados como materias primas en la siguiente fase (producción de bienes). El costo de oportunidad por la pérdida de dichos recursos no es cuantificado en el PIB en la mayoría de los países, lo que se ha denominado “cuentas verdes”.

Producción: en el proceso productivo se manufacturan los bienes que luego serán consumidos, tanto por otras empresas como por instituciones y familias. La producción industrial y artesanal generan desechos como resultado de su actividad.

Consumo: los hábitos de consumo de cada persona están determinados por su condición socioeconómica, su estilo de vida, la producción de bienes y servicios del país donde habita y la tecnología disponible, entre otras cosas.

Estos hábitos tienen un importante impacto ambiental. Debido al tipo y la cantidad de bienes que se fabrican y consumen, muchos no son biodegradables. Las acciones que se pueden ejecutar para cambiar los hábitos de consumo son: *reducción, reutilización y separación*¹.

Generación: es aquello que se produce después de haber consumido un bien y de poner en práctica todas las acciones encaminadas a reducir la cantidad de desechos sólidos.

Almacenamiento temporal: es el proceso de almacenar los desechos generados hasta que los mismos sean recolectados. Se debe tener un recipiente apropiado para almacenar con seguridad los desechos sólidos.

Recolección y transporte: son las acciones que permiten, de manera organizada y planificada el traslado de los desechos desde la fuente de origen hasta el sitio de tratamiento y/o disposición final (puede ser ejecutada por la municipalidad o la empresa privada).

Tratamiento: es el procesamiento de los desechos, previa a la disposición final, que procura reducir el volumen de desechos generados, recuperar los materiales reciclables, disminuir el impacto ambiental de la disposición final o aprovechar la capacidad de combustión de los desechos. Se pueden mencionar las siguientes opciones para el tratamiento de desechos: *incineración*², *pirólisis*³, *compostaje*⁴ y *reciclaje*⁵.

Disposición final: es la última etapa operacional del servicio de aseo público en la cual se destinan o se disponen los desechos recolectados. Existen

¹ Las actividades dirigidas a disminuir la cantidad de desechos producidos y generados, se conoce como *reducción*. La *reutilización* es la acción más próxima a la generación de desechos; es darle a un artículo una función similar o distinta para la que fue creado y evitar que se deseche. La *separación* de los desechos debe realizarse según la composición física para facilitar su aprovechamiento en los procesos de tratamiento.

² Reduce los volúmenes y el peso de la masa, transforma los desechos en materiales relativamente no combustibles, inodoros, homogéneos, de mejor aspecto y sin valor para el desarrollo de plagas y animales. Constituye una potencial fuente de contaminación del aire, suelo y agua y tiene un costo de operación elevado respecto a las otras formas de tratamiento.

³ Ocurre cuando se expone el material orgánico al calor, en ausencia o casi ausencia de oxígeno. Los desechos producidos con la pirólisis son biológicamente inactivos y pueden eliminarse con seguridad en los rellenos sanitarios.

⁴ También conocido como elaboración de abono orgánico, es el producto de la descomposición de los desechos de alimentos, frutas, verduras y partes de plantas. Esta descomposición la realizan microorganismos (bacterias y hongos) en ciertas condiciones.

⁵ Es un proceso en el que se recuperan materiales desechados para transformarlos en materia prima, ya sea para fabricar el mismo producto o para hacer uno diferente.

diversas formas de disposición final, tales como: *botadero a cielo abierto*⁶, *quema de desechos*⁷ y *relleno sanitario*⁸.

El manejo integrado y sostenible de los desechos sólidos comienza necesariamente por el individuo, por lo tanto, éste debe tener suficiente formación y motivación para que pueda participar activamente del proceso. El compromiso y la participación de los actores en los procesos de planificación y ejecución resultan vitales. Existe evidencia de que las iniciativas más exitosas se producen donde se integran la participación comunal, pública y privada⁹.

1.2. Integralidad y Sostenibilidad

El concepto de Manejo Integrado y Sostenible de Desechos Sólidos (MISDS)¹⁰ plantea una orientación para alcanzar mejores y sostenibles soluciones a los problemas de manejo de desechos sólidos. El concepto considera los aspectos técnico, económico-financiero, sociocultural, ambiental, institucional y político que influyen en la sostenibilidad total del manejo desechos. Por lo tanto, parte de un enfoque estratégico y de largo plazo.

La sostenibilidad en el contexto del MISDS se refiere a que el mismo sea apropiado a las condiciones locales desde una perspectiva técnica, ambiental, social, económica, financiera, institucional, y política. Además, debe ser capaz de auto mantenerse en el tiempo sin agotar los recursos que necesita.

Dicha sostenibilidad se logra siempre que el sistema sea capaz de tomar en cuenta el papel, los intereses y la estructura de poder. Como se ha comentado, es fundamental la coordinación entre los diferentes actores sociales: el gobierno local, el gobierno central, los usuarios del servicio, las ONGs, las organizaciones de base de la comunidad, el sector privado (formal e informal), y la cooperación internacional.

⁶ Son aquellos donde se depositan los desechos en lotes baldíos, en cauces y ríos sin ningún tratamiento técnico. Provocan una grave contaminación, debido a que los lixiviados son absorbidos por la tierra y las aguas subterráneas, además de que generan malos olores, incrementan la proliferación de vectores sanitarios y provocan el deterioro estético del lugar.

⁷ Se reducen los volúmenes, pero en el proceso de combustión se generan sustancias peligrosas, tales como dioxinas, dióxido de carbono y otros gases. También afectan la capa superior de nutrientes que aseguran la fertilidad del suelo.

⁸ Es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que minimiza el peligro para la salud y la seguridad pública. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola diariamente con capas de tierra y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los lixiviados y los gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

⁹ Por ejemplo, en Suecia existe una experiencia en donde el gobierno local, a través de las empresas privadas y con la participación de la población, ejecuta un programa de recolección selectiva desde la fuente de origen (CEGESTI; 1997). En Alemania se encuentran múltiples experiencias novedosas en el tema (Cardona, et al; 1997).

¹⁰ El concepto es desarrollado por la organización holandesa WASTE, con la participación de CAPS de Filipinas, Cek Kala Saba de Malí-Africa, Waste Wise de India, IPES de Perú y ACEPESA de Costa Rica. Este concepto es retomado por el "Collaborative Working Group", en el que participan organizaciones representativas de todo el mundo vinculadas al tema.

La integralidad se refiere a los diversos aspectos de la sostenibilidad (técnica, ambiente/ salud pública, financiera, entre otros); a las diferentes opciones de recolección y tratamiento según el nivel habitacional, por ejemplo, vivienda, barrio y ciudad; a las posibilidades de interacción operacional; a los diversos actores sociales, gubernamentales o no gubernamentales, formales o informales, con orientación lucrativa o no lucrativa, y a las diferentes relaciones que se pueden establecer entre ellos, tales como cooperación, vínculos, alianzas e interacción económica y social y el sistema de manejo de desechos y su relación con otros sistemas urbanos, tales como alcantarillado, energía y agricultura urbana, entre otros.

El objetivo común de estos sectores es unir esfuerzos para el impulso de cambios a medio y largo plazo, especialmente en los aspectos de actitudes y hábitos, así como en la definición de responsabilidades en el manejo de desechos sólidos.

La integración del manejo de desechos con otros sistemas urbanos tales como el alcantarillado, la agricultura urbana, los viveros urbanos, la energía, entre otros, puede reforzar también la sostenibilidad.

La elaboración de compost con desechos orgánicos urbanos y aplicado en la agricultura urbana o en los parques públicos, puede llevar a un sistema de ciclo-cerrado dentro de la ciudad. Esto trae como beneficio reducciones en la importación de materiales y productos y a la vez, disminuye las cargas sobre el ambiente como resultado de ahorros en transporte y en la manufactura industrial de fertilizantes químicos, entre otros beneficios.

La recolección en sitios que antes no recibían el servicio, se traduce también en ventajas ambientales, dado que los residentes no tirarán tan fácilmente los desechos en los desagües y por lo tanto mejorará dicho sistema en la ciudad. Es necesario optimizar los efectos positivos de la integración y minimizar los efectos negativos de la falta de integración.

1.3 Principios del MISDS

Los aspectos del MISDS se han desarrollado en varios principios que pueden servir como guías o metas para alcanzar un sistema integrado y sostenible de manejo de desechos. Los principios técnicos, ambientales, económico-financiero, socioculturales, institucionales, políticos, legales y de políticas del MISDS se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principios del Manejo Integrado y Sostenible de Desechos Sólidos

Principio	Detalle
Técnico	Tecnologías: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Selecciona la tecnología considerando la disponibilidad local de repuestos. ◦ Selecciona preferiblemente tecnología fabricada localmente y más cercana al

	<p>conocimiento y las prácticas autóctonas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Selecciona tecnología duradera, de buena calidad, que tenga una mayor vida útil. ◦ Sistemas: ◦ Adopta sistemas apropiados al ambiente físico, topografía y otros requisitos físicos de la localidad. ◦ Establece sistemas eficaces, asegura un uso óptimo del equipo. ◦ Establece procedimientos de mantenimiento preventivo.
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Minimiza el impacto negativo en la tierra, el aire y el agua. ◦ Minimiza la generación de desechos adaptando la organización de los procesos de producción, utilizando tecnologías limpias, entre otros. ◦ Maximiza el reuso, reciclaje y evita la pérdida de materiales, energía y nutrientes. ◦ Deposita los desechos de una manera controlada, no excediendo la capacidad de los sitios. ◦ Trata los desechos y los materiales reciclables tan cerca de la fuente como sea posible.
Financiero-económicos	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Fundamenta el manejo financiero en el principio de "la contribución de todos los beneficiarios" Ej. además de lo que pagan los usuarios por el servicio, el sector de la recuperación de materiales y el gobierno local deben contribuir también respectivamente pagando un impuesto por ganancias y asignando un porcentaje municipal para el manejo de los desechos. ◦ Maximiza la eficacia del sistema, buscando el costo más bajo por tonelada, tomando en cuenta el costo de otros sistemas urbanos vinculados. ◦ Maximiza la productividad del trabajo y del capital en la situación local (utilizando sistemas de mano de obra intensivas en caso de costos de trabajo más bajos y viceversa). ◦ Realiza análisis de costos completos para diseñar y evaluar el sistema, incluyendo el costo de otros sistemas urbanos vinculados (ej. salud pública, alcantarillado). ◦ Logra la recuperación total de costos por el funcionamiento, mantenimiento y manejo de los servicios de desechos. ◦ Aplica subsidios cruzados (usando los réditos de grupos de ingresos altos y de actividades comerciales para financiar los servicios de grupos de bajos ingresos). ◦ Mantiene la transparencia en la contabilidad. ◦ Ajusta el servicio a la voluntad de pago y la capacidad local de pago, llevando a sistemas accesibles. ◦ Los trabajadores del servicio perciben ingresos suficientes para garantizarse un modo de vida sostenible.

...continúa

Cuadro 1. (continuación...)

Principio	Detalle
Sociocultural	<p>Usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ El servicio se brinda a todos los estratos de la población independientemente de factores étnicos, culturales, religiosos o sociales, trata de lograr la cobertura máxima. ◦ El servicio se adapta a las demandas y las prioridades de los usuarios. ◦ Los usuarios pueden participar en la toma de decisiones sobre el nivel, calidad y precio de los servicios y en cambios en los mismos. ◦ Minimiza los riesgos a la salud pública. <p>Operadores del servicio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Utiliza modelos de manejo que son aceptables para la población involucrada. ◦ Propicia condiciones de trabajo seguras y saludables.

	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Maximiza la generación de empleo.
Institucionales/ Organizacionales	<p>Desarrollo del recurso humano:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Promueve la cooperación intersectorial y la integración del manejo de desechos con otros sistemas urbanos. ◦ Desarrolla capacidades de trabajadores y jefes. ◦ Basa los incentivos, contratación y promoción en el mérito y la ejecución. <p>Desarrollo organizacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Divide claramente las responsabilidades. ◦ Existen organizaciones funcionales. ◦ Crea un ambiente propicio para la prestación del servicio por el sector privado. ◦ Apoya la participación de micro y pequeñas empresas y organizaciones de la comunidad en el manejo de desechos (descentralización social). ◦ Provee mecanismos para recibir y responder quejas. ◦ Provee mecanismos para involucrar a todos los actores sociales en la planificación e implementación, especialmente de los grupos más débiles y menos privilegiados, para aumentar su influencia en la toma de decisiones. <p>Desarrollo Institucional:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Descentraliza los servicios urbanos, brindando suficiente regulación y autonomía financiera a los gobiernos locales para mejorar la sostenibilidad del manejo de desechos (autoridad para fijar tarifas, conservar las ganancias, etc.). ◦ Hace del profesionalismo un principio fundamental en la prestación del servicio.

...continúa

Cuadro 1. (continuación...)

Principio	Detalle
Político, Legal y de Políticas	<p>Marco legal:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Apoya el involucramiento de actores no gubernamentales y el sector privado. ◦ Apoya la descentralización de tareas, autoridad y finanzas. ◦ Crea condiciones favorables para la participación pública y asegura la libertad de expresión y asociación. ◦ Crea reglas y regulaciones que sean transparentes y claras. ◦ Permite la aplicación imparcial de reglas y regulaciones. <p>Políticas y marco político:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Posibilita la toma de decisión en la municipalidad, con respecto a aspectos financieros y selección de tecnologías. ◦ Prioriza el manejo de desechos, tanto en políticas como en presupuestos. ◦ Planifica el manejo de desechos en una manera estratégica. ◦ Integra la planificación del manejo de desechos con la planificación de otros sistemas urbanos. ◦ Reconoce que el manejo de desechos es un aspecto de salud y ambiente, que hace necesaria la equidad en la provisión del servicio. ◦ Reconoce el papel de los actores no gubernamentales y el sector privado en el manejo de desechos y los apoya.

	<ul style="list-style-type: none">◦ Reconoce el papel de la recolección de desechos privada informal y el sector del reciclaje y los apoya.◦ Sostiene la responsabilidad de los tomadores de decisión para un uso eficaz de los fondos públicos.◦ Apoya la jerarquía del manejo de los desechos, dando preferencia a la prevención, separación en la fuente, reuso y reciclaje, sobre la simple recolección y disposición final.
--	--

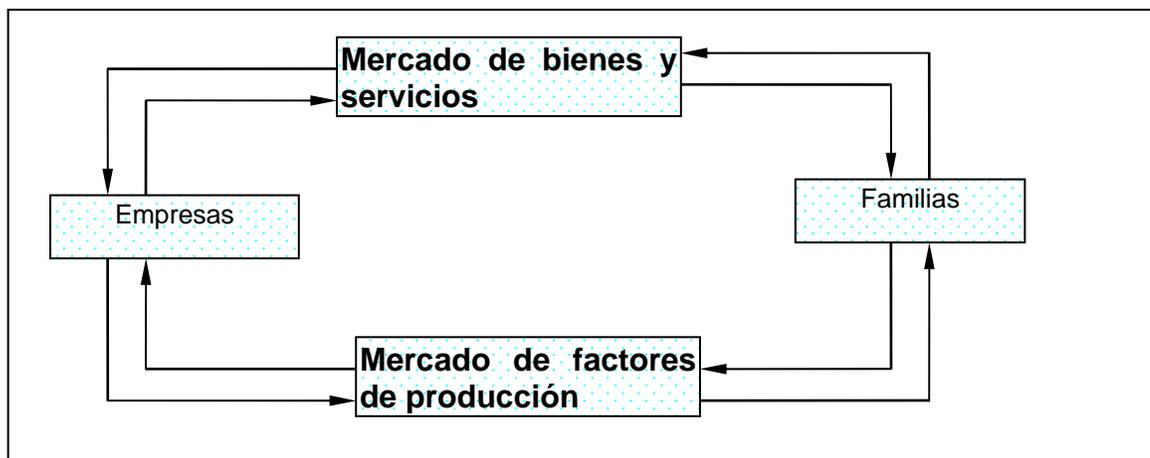
Fuente: Rudin, 2000

2. El tratamiento de los desechos sólidos en la teoría económica

2.1. El sistema económico y el sistema ecológico

Bajo la perspectiva del análisis neoclásico (Figura 2) las fuerzas de oferta y demanda determinan el precio de equilibrio de un bien y el proceso es un flujo simple y cerrado: las empresas venden bienes y servicios en el mercado a las familias, y éstas venden en el mercado de factores su trabajo y demás factores de producción como tierra y capital.

Figura 2: El flujo circular de la economía desde la perspectiva de la Economía Neoclásica



El paradigma neoclásico (1870) estuvo preocupado por definir el valor de los bienes y servicios según la escasez, dado que “la actividad económica se veía como el resultado de la interacción entre la actividad productiva (determinada por el progreso tecnológico) y las preferencias de los compradores individuales, limitados por la escala factible de elección e ingresos” (Pearce; et al; 1994). Por lo tanto, el ambiente no fue visto como un problema.

Con el desarrollo histórico de la humanidad y en forma persistente a partir de la década de los años setenta, los aspectos ambientales ejercen presión con mayor intensidad al modelo económico mediante la participación de los sectores ambientalistas en los países desarrollados, dando origen a los enfoques que se conocen como economía de los recursos naturales y economía ambiental. El aporte de estos enfoques se centra en lograr un entendimiento de la naturaleza con la economía de mercado, siempre dentro del enfoque teórico de la economía neoclásica.

“El estudio de la naturaleza en su papel como proveedor de materias primas se denomina economía de los recursos naturales. El impacto de la actividad

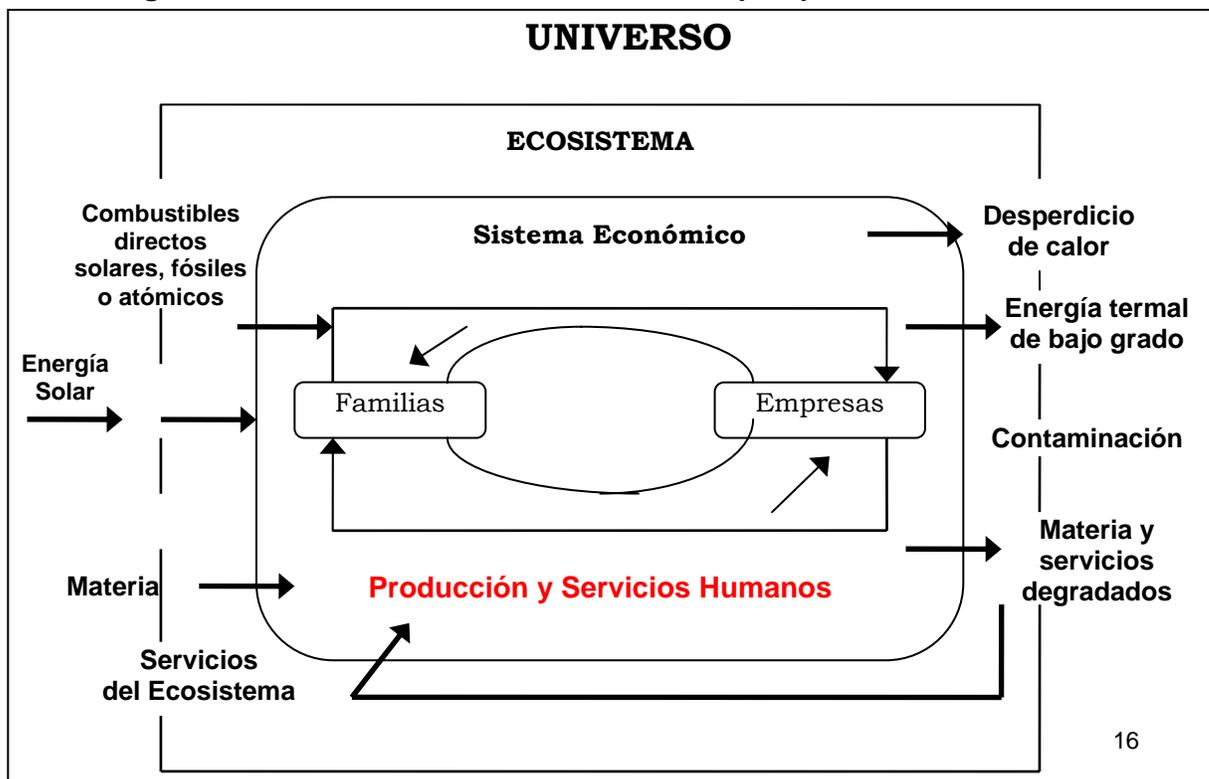
económica en la calidad del ambiente mediante el flujo de residuos en el mundo natural se denomina básicamente economía ambiental” (Field, 1997).

En la figura 3 se describe el modelo “...de una economía termodinámicamente abierta incrustada en el ecosistema: los recursos biofísicos fluyen del ecosistema hacia la economía y los energéticos degradados (no útiles) y otros subproductos (la polución) fluyen hacia el ecosistema” (Colby, 1991).

En ese esquema se percibe al sistema ecológico como el proveedor de insumos (combustibles, materiales y servicios) que ingresan al sistema económico y la economía como transformadora de recursos a través de las relaciones entre familias y empresas. A su vez, los recursos se degradan y vuelven al sistema ecológico en forma de calor y materia. Además, se desprende que “el sistema económico forma parte de un sistema mayor que podemos denominar sistema ecológico” (Jiménez; 1999) lo que necesariamente genera interrelaciones, como son:

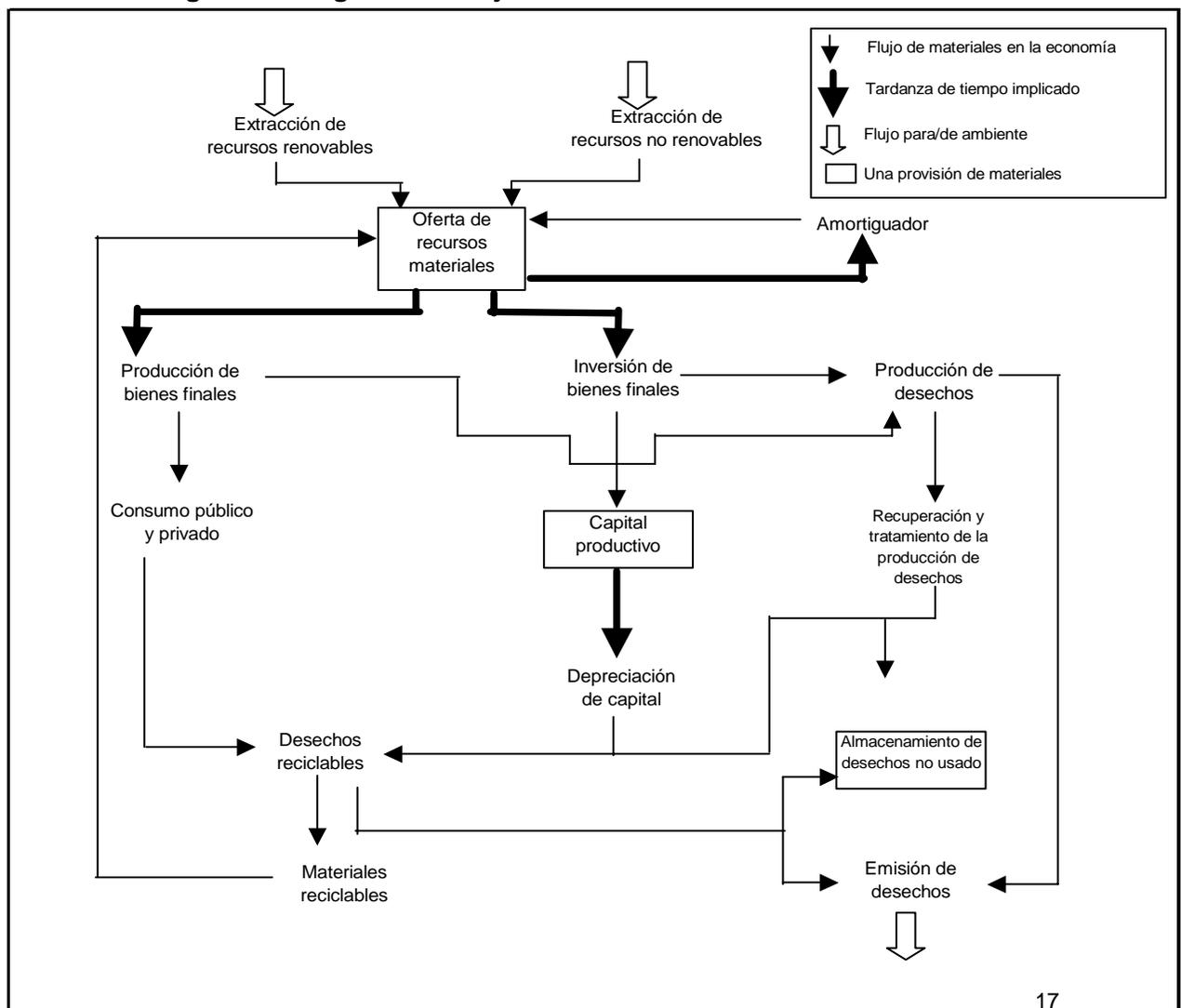
- El sistema económico utiliza insumos (combustibles, materia, energía) para producir bienes y servicios. Si la extracción de recursos es mayor que la regeneración natural, se puede ocasionar daños al sistema ecológico.
- Los desechos generados en el proceso de producción y consumo (sistema económico) son asimilados por el sistema ecológico. Si el nivel de producción es mayor que esta capacidad de absorción por parte del ecosistema, entonces también se puede deteriorar el sistema ecológico.
- Los recursos que provee el sistema ecológico son demandados por la sociedad, entonces se puede afirmar que los individuos están dispuestos a pagar por el consumo de dichos recursos, lo cual le da un valor económico positivo.

Figura 3: Producción económica desde una perspectiva biofísica



van den Bergh (1996), amplía el esquema anterior desde la perspectiva del flujo de materiales de la economía (ver figura 4). Se observa que la extracción de recursos tanto renovables como no renovables, generan la oferta de recursos, que se divide en tres grandes áreas: 1. producción de bienes finales para el consumo público y privado, que conllevan a la producción de desechos y materiales reciclables (una parte volverán a la oferta de recursos y otra parte será lanzada al ambiente); 2. inversión de bienes finales, los cuales incluyen el capital productivo y por ende su depreciación, a la vez que producirán también desechos y materiales reciclables (incorporándose a la oferta nuevamente una parte, mientras que la otra se emite como desechos al ambiente), además de la producción de desechos y su emisión al ambiente; 3. amortiguador, en donde se demora el impacto al ambiente.

Figura 4: Diagrama de flujo de materiales de la economía



Fuente: (van den Bergh, Jeroen. 1996), traducción libre y propia.

2.2 La internalización de las externalidades: la receta neoclásica

Las externalidades son el efecto de los actos que un agente económico produce hacia otros agentes que no han sido tomados en cuenta dentro de sus funciones privadas de costos o beneficios y que no son compensados. Estos efectos pueden ser positivos o negativos, según sea el efecto (beneficioso o perjudicial) que se provoque). Si se genera contaminación, entonces se trata de una externalidad negativa¹¹.

En el marco de las externalidades negativas, la contaminación como definición económica se entiende como función del efecto físico de los desechos sobre el ambiente y la reacción humana frente a ese efecto físico. El efecto físico, puede ser biológico (cambio en las especies, perjuicios en la salud), químico (lluvia ácida sobre los edificios) y auditivo (ruido). Las reacciones humanas se ubican en un rango desde disgusto, ansiedad, preocupación que llevan necesariamente una pérdida en el bienestar (Pearce, et al; 1994)¹².

De acuerdo con la escuela de pensamiento neoclásico, las externalidades se producen porque el mercado falla en su papel de asignador, al no existir un mercado para las mismas, lo que da como resultado ineficiencias en la asignación de los recursos.

En ausencia de externalidades, el mecanismo de mercado es capaz de lograr asignaciones eficientes en el sentido de Pareto. Una asignación eficiente en el sentido de Pareto es aquella en la que "... no es posible mejorar el bienestar de todas las personas involucradas o no es posible mejorar el bienestar de una de ellas sin empeorar el de otra, o no es posible realizar ningún intercambio mutuamente ventajoso" (Varian, 1993). Sin embargo, al existir una externalidad, el mercado no conduce a una asignación eficiente en el sentido de Pareto, dado que existe una diferencia entre el Costo Marginal Privado (CMP), que incluye únicamente los costos directos del productor o consumidor a la hora de realizar su proceso de producción o consumo respectivamente, y el Costo Marginal Social (CMS), el cual considera el CMP y el valor económico de la externalidad. Las decisiones privadas no se toman considerando el CMS.

¹¹ La teoría neoclásica describe a los agentes económicos como racionales y egoístas, donde en la búsqueda del interés personal, se logra el máximo bienestar de la sociedad. La decisión de contaminar se da como resultado de que "...contaminar es la forma más económica para resolver un problema práctico muy común" (Field, 1997).

¹² En el manejo actual de desechos sólidos se presentan cuatro tipos de externalidades negativas: productores que contaminan a otros productores; productores que contaminan a consumidores; consumidores que contaminan a productores y consumidores que contaminan a consumidores.

La no consideración de las externalidades en la toma de decisiones privadas, da como resultado que el precio de mercado del bien producido y consumido (que causa la contaminación) sea menor que el CMS, que es el verdadero costo para la sociedad de producir una unidad adicional de dicho bien. Si se considera el CME a la hora de tomar las decisiones de producción y consumo, el resultado es que en el mercado, el producto contaminante tendrá un precio mayor. La cantidad producida, así como la contaminación, serán menores. Si la tecnología no cambia, la forma de reducir el nivel de contaminación es por medio de la reducción en la producción. Como resultado, una parte de la externalidad anteriormente producida se internaliza y otra se elimina.

Para lograr la eliminación o la internalización de las externalidades, se recomienda el uso de ciertos instrumentos económicos, los cuales se basan en el principio de “*quien contamina paga*”¹³. Según Hussen (1999), dicho principio se basa en la noción de que los agentes no tienen suficientes incentivos para disminuir la producción (de ahí la descarga de desechos) al nivel deseado por la sociedad. Es decir, que el que contamina paga una multa económica por mayores niveles de contaminación y paga una multa menor o recibe una recompensa financiera por niveles inferiores de contaminación. El objetivo que se persigue con este principio es de incorporar al mínimo costo social, los gastos de la protección ambiental.

Los principales instrumentos recomendados por la teoría económica para la internalización de las externalidades son los impuestos sobre las emisiones y los estándares ambientales, este último combinado con multas por no cumplimiento del estándar especificado. Soluciones de mercado también se ven factibles en la teoría, a partir de negociación entre las partes involucradas, es decir, contaminadores y contaminados (Teorema de Coase), o soluciones que combinan la intervención gubernamental y el mercado, como por ejemplo el establecimiento de mercados de permisos de contaminación¹⁴. Obviando los diferentes requerimientos institucionales y supuestos de funcionamiento de mercados en uno u otro caso para que el mecanismo propuesto funcione adecuadamente¹⁵, el resultado esperado es el mismo: la internalización de las externalidades trae como consecuencia precios más altos para el bien o servicio contaminante.

En el caso del manejo de desechos sólidos, la aplicación de los instrumentos económicos tradicionales no resuelve el problema de manera integral. Para ello

¹³ El principio surgió en los años 60 y fue reafirmado por la declaración adoptada en la Conferencia de Estocolmo en 1972.

¹⁴ Para un mayor tratamiento teórico de la temática, véase por ejemplo, Pearce y Turner (1994) entre muchos otros autores. En la práctica, de acuerdo con CEPAL (1994) el instrumental económico mayoritariamente utilizado para el caso del manejo de desechos sólidos municipales se orienta a disminuir la generación, economizar en el transporte y aumentar las alternativas de reciclaje.

¹⁵ Se asume por lo general que tanto los mercados como el aparato institucional que sustenta la aplicación de estos instrumentos funcionan perfectamente.

se requiere la consideración de otro tipo de principios, más allá del denominado “principio del que contamina paga”. Dentro de estos principios podemos citar (Durán; 2000):

- el principio de la “*cuna a la sepultura*”, el cual significa que el impacto ambiental del residuo es responsabilidad de quien lo genera, esto es, a partir del momento en que lo produce hasta que el residuo queda transformado en una materia inerte, eliminado o depositado en un lugar seguro, sin riesgo para la salud o el ambiente¹⁶.
- el principio “*precautorio*”, el cual busca prevenir el daño en vez de curarlo una vez que el mismo se haya generado.
- el *principio de menor costo de disposición*, el cual define una orientación dada en el Convenio de Basilea para que las soluciones que se adopten en relación con los residuos minimicen los riesgos y costos de traslado o desplazamiento, logrando que en lo posible los desechos se traten o depositen en los lugares más próximos a sus centros de origen;
- el *principio de reducción en la fuente*, el cual sostiene la conveniencia de evitar la generación de desechos mediante el uso de tecnologías adecuadas, tratamiento o minimización en su lugar de origen.

La aplicación de estos principios tendría como resultado la reducción y re-utilización de algunos desechos. Esto permite que la tarifa por recolección, transporte y disposición final, disminuya, tanto porque se reducen los costos (especialmente los asociados con el tratamiento y disposición final de desechos), como porque se obtienen ingresos por venta de materiales a reciclar o a ser re-utilizados en otros procesos de producción y/o consumo. Además, tendría la ventaja adicional de generar grandes beneficios ambientales y sociales, incluyendo dentro de este último la generación de fuentes empleo e ingresos.

2.3 El principio de prevención y la Economía Ecológica

Al enfoque neoclásico se le ha calificado como el enfoque del “final del tubo”, o de “lo mismo de siempre, más una planta de tratamiento”. Usando una analogía económica, diremos que se aplica la “atención médica de la tierra”, más bien que la “salud de la tierra” (Colby, 1991). Una visión crítica del enfoque neoclásico indicaría que la protección ambiental tiene un enfoque inherentemente defensivo o correctivo en la práctica, lo cual es identificado con el principio de prevención.

La economía ecológica desarrolla este principio (prevención) a raíz de considerar los límites biofísicos del planeta, la equidad intergeneracional, la interacción y el enlace entre el sistema económico y el ecológico, siendo su

¹⁶ Este principio ha sido aplicado en el Convenio de Basilea en relación con los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación. Se refiere preferentemente a desechos industriales. No hay forma de aplicarlo a los desechos domésticos, en donde la responsabilidad de la recolección, transporte y depósito final es de la municipalidad, es decir, donde el generador endosa su responsabilidad al Estado (Durán, 2000).

principal contribución el pasar del debate del enfoque de la escasez de los recursos naturales, al desarrollo sostenible para el crecimiento de la economía (Hussen, 1999). Este principio se basa en la aversión al riesgo, concluyendo que la resolución para los problemas requiere un programa agresivo para disminuir significativa y efectivamente los daños al ambiente. El principio sostiene que la autoridad puede ejercer una acción preventiva cuando hay razones para creer que las sustancias, los desechos o la energía introducida en el ambiente pueden ser nocivas para la salud o para el ambiente.

Se deben tomar los controles de acceso para el uso de los recursos naturales antes de que aparezcan los problemas; evitar la extracción de los recursos naturales en la medida de lo posible, alentando la responsabilidad de los agentes económicos y la ejecución de actividades de forma autosuficiente, desarrollar los límites de la conservación de los recursos naturales y definir los rangos máximos. Si el rango máximo se excede, debe implementarse la recuperación inmediatamente después del daño, reducir los subsidios, desarrollar planes de manejo con la participación de la comunidad y propiciar la retroalimentación del proceso, entre otros (Hussen; 1999).

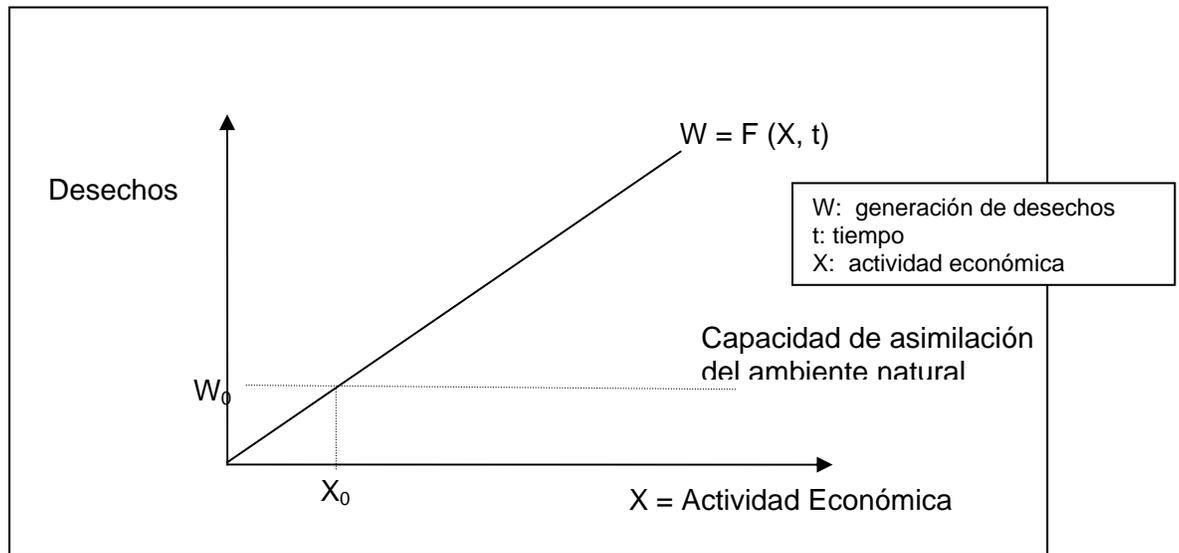
La economía ecológica tiene como principios fundamentales la inconmensurabilidad y la consideración de las generaciones futuras, en donde en el proceso de toma de decisiones intervienen muchos objetivos, muchos valores y muchos criterios. Por lo tanto, la economía ecológica va mucho más allá del principio “del que contamina paga”, dado que no se trata de un asunto de derechos de propiedad o de interiorizar las externalidades negativas del mal manejo de los desechos, sino de la búsqueda de acciones preventivas del riesgo por sobre la cura de su impacto.

La economía ecológica considera el proceso de producción de bienes, el tratamiento de desechos (los cuales, una parte son reciclados y otros van directamente al ambiente), extracción de recursos renovables y extracción de recursos no renovables, para volver a iniciar el ciclo según la capacidad de carga y de asimilación del ambiente, como se observa en la figura 5. El punto (W_0, X_0) representa la cantidad máxima de actividad económica que puede ser considerada sin afectar materialmente el ambiente natural. Los desechos generados para este nivel de actividad económica podrían ser degradados completamente, a través de un proceso natural. Una cierta cantidad mínima de bienes económicos pueden ser producidos sin infringir un daño al ambiente en el punto X_0 . A esto es lo que se llama el *umbral ecológico* de la actividad económica (Hussen, 1999).

La estrategia de un manejo integrado y sostenible de desechos sólidos, introducida como modelo en el presente documento, parte de que se aprovechen mejor los recursos naturales y se preserven para las futuras generaciones, evitándose la contaminación por medio de mecanismos como reducción, separación, tratamiento, y disposición final segura de desechos, basada en valores de respeto y solidaridad e impulsando el ordenamiento

urbano y territorial. Todo ello dentro de un proceso de participación ciudadana corresponsable y democrático.

Figura 5: Una relación simple entre la producción económica y la descarga de desechos



Fuente: (Hussen, 1999).

Bajo este esquema, el análisis del presente documento se centra en los desechos sólidos municipales que se están lanzando al ambiente, en forma irresponsable con las generaciones futuras, dado que se requiere un cambio de actitud en donde la sociedad debe "...abandonar la noción de que la gente tiene derecho a hacer cualquier cosa que haya hecho en el pasado" (Colby, 1991). Además, se debe considerar la existencia de la incertidumbre ecológica de las acciones humanas, en la medida de que algunos de los daños ambientales son inconmensurables.

El manejo inadecuado de desechos sólidos agrava los problemas ambientales. No obstante, se pueden encontrar soluciones si se realizan cambios significativos en los patrones de consumo y en el uso de tecnologías más limpias, si se sensibiliza a la población de su responsabilidad social y se toman las decisiones acertadas.

2.4 Análisis costo beneficio

El análisis costo beneficio (ACB) es comúnmente utilizado para evaluar un gran rango de proyectos públicos, como son: autopistas, puentes, aeropuertos, centros de reciclaje, tecnología para el control de la emisión, entre otros. Este análisis involucra juicios de valor, dado que para valorar relativamente un proyecto es necesario identificar que una opción es mejor o peor que otra (Hussen, 1999).

El ACB consiste en establecer el flujo de costos y beneficios monetarios que un proyecto proporciona durante su vida útil. Se aplica a través de un análisis financiero y un análisis económico. El análisis financiero se refiere al estudio que se realiza para un subconjunto de la población del país, una institución, una empresa o grupo de personas. Los recursos generados son registrados como beneficios financieros, y las erogaciones de efectivo o las pérdidas de otros recursos se clasifican como costos financieros, por lo que interesa el bienestar del subgrupo. El análisis económico trata de establecer la medida en que se ve afectado el bienestar de los residentes de un país mediante la comparación de los costos y beneficios. Este análisis debería reflejar los costos sociales, incluyendo los costos internos y externos en términos de costo de oportunidad (Jiménez, 1998).

El ACB implica medir, adicionar y comparar todos los beneficios y todos los costos de un proyecto o programa público particular (Field, 1997). Se realiza a través de cuatro pasos básicos: 1. Especificar en forma clara el proyecto o programa; 2. Describir en forma cuantitativa las entradas y las salidas del programa; 3. Calcular los costos y beneficios sociales de estas entradas y salidas y 4. Comparar estos beneficios y costos.

El primer punto implica la especificación de los principales elementos del proyecto: localización, calendario de actividades, grupos involucrados, vínculos con otros programas, entre otros. En la determinación de los flujos de entradas y salidas, cuando se trata de proyectos ambientales, debe considerarse los pronósticos de acontecimientos futuros.

Para asignar un valor a los flujos de entradas y salidas, se utiliza los términos monetarios. Cuando los impactos ambientales no pueden reducirse a términos monetarios, se debe complementar los cálculos intangibles de esos impactos. Para comparar los beneficios y los costos existen diversas formas: i) restar los costos totales de los beneficios totales para obtener los beneficios netos, ii) establecer la relación costo-beneficio, que resulta de la razón de los beneficios y los costos, o sea, muestra los beneficios que producirá el proyecto por cada unidad monetaria. En el ACB se puede presentar el problema de la doble contabilidad y de la tasa de descuento que debe utilizarse para realizar los cálculos correspondientes, así como el tiempo de duración del proyecto. La tasa de descuento refleja la visión de la generación actual sobre la importancia relativa por determinar a los beneficios y los costos que se dan en diversos años.

Para la cuantificación de todas las consideraciones de impacto ambiental que implica un manejo inadecuado de desechos sólidos, se requiere un grupo de trabajo interdisciplinario. Además, algunos impactos ambientales son inconmensurables.

3 Factibilidad financiera de un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos

3.1 El modelo: descripción general

En el apartado 1 se ha presentando al “manejo integrado y sostenible de desechos sólidos” (MISDS) como una alternativa que representa grandes beneficios desde el punto de vista social y ambiental, pero no se ha mencionado los requerimientos para su factibilidad financiera.

En el presente apartado se hace uso del análisis costo beneficio (ACB), para determinar una metodología para el cálculo de la tarifa por recolección, transporte y disposición final de desechos que haga financieramente sostenible la ejecución de un plan de MISDS. Si bien se identifican los beneficios sociales y ambientales del proyecto, su cuantificación económica no se incluye dentro del mismo¹⁷. Una vez desarrollada la metodología, se presentan los resultados de su aplicación al caso de San Isidro de Heredia.

El ACB se presenta en 3 escenarios. En cada uno de los escenarios el objetivo es determinar la tarifa óptima que permita la factibilidad financiera del proyecto en ejecución, independientemente de su sostenibilidad desde el punto de vista ambiental. El escenario 1 presenta la situación actual o escenario base (sin proyecto) y el escenario 4, el MISDS (con proyecto). Los escenarios 2 y 3 son casos intermedios. La descripción de cada uno de los escenarios se da a continuación.

Escenario 1 (base). Se muestra la situación del servicio de aseo público en el año base, antes de la ejecución del proyecto (entendiéndose por “proyecto” la aplicación de un plan de MISDS), y se definen los costos reales del servicio prestado por la Municipalidad. En este escenario el manejo de los desechos sólidos se realiza en forma tradicional, es decir, la municipalidad presta el servicio de recolección y transporte de los desechos sólidos y los traslada a un sitio de disposición final. No se presenta ningún tipo de tratamiento.

Escenario 2: recolección selectiva y recuperación de materiales reciclables. Los desechos son clasificados en su fuente o lugar de origen. Los materiales reciclables (papel, vidrio, algunos tipos de plástico y aluminio), se transportan a un centro de acopio, en donde se clasificarán y comercializarán directamente o mediante intermediarios, con las empresas recicladoras. El resto de los desechos generados son llevados al sitio de disposición final.

Escenario 3: recolección selectiva, producción y comercialización de compost. Al igual que en el escenario anterior, la municipalidad presta el servicio de recolección y transporte, e implementa un programa de separación de la materia

¹⁷ La inclusión de estos beneficios indudablemente redundará en un mayor rédito para el proyecto.

biodegradable desde la fuente de origen. La materia orgánica o biodegradable es tratada mediante la instalación de una planta de compostaje y el resto de los desechos no biodegradables son llevados al sitio de disposición final. Este escenario no incluye la recuperación de los materiales para el reciclaje.

Escenario 4 (MISDS). En este escenario se articulan los escenarios 2 y 3, es decir, un programa de recolección selectiva que incluye la recuperación de los materiales reciclables y de la materia orgánica o biodegradable; la clasificación y comercialización de materiales reciclables, así como la producción y comercialización de compost. Sin embargo, queda aún una parte de los desechos generados que deberá ser llevada al sitio de disposición final.

3.2 Metodología para el cálculo de la tarifa

3.2.1 Los supuestos del modelo

Por tratarse de un servicio público, cuya tarifa es regulada, el manejo de desechos debe basarse en el principio de “servicio al costo”, es decir, los ingresos recaudados deben corresponder con los costos de brindarlo. Los **costos** deben incluir las inversiones realizadas, el endeudamiento incurrido, los costos y gastos efectuados, y la rentabilidad obtenida (Contraloría General de la República, 2002). Debe considerarse además un rubro denominado “Utilidad para el Desarrollo”, el cual se calcula como un porcentaje (10%) del total de costos directos e indirectos del proyecto. Para realizar el ACB, los costos a incluir obviamente van a depender del escenario que se esté estudiando y de los componentes del proyecto en cada uno de ellos.

Para evaluar la sostenibilidad financiera de la ejecución del proyecto en cada escenario, el siguiente paso es calcular el monto de **ingresos** requeridos para que esos costos (incluyendo la utilidad para el desarrollo) sean cubiertos. En el primer escenario, los ingresos son determinados únicamente por las tarifas, pero en el segundo y tercer escenario, además de los ingresos por tarifas, debe incluirse los ingresos por venta de materiales reciclables (escenario 2) o venta de abono orgánico (escenario 3). El escenario 4 considera ingresos por tarifas, ingresos por venta de materiales reciclables e ingresos por venta de abono orgánico.

Antes de especificar la forma de cálculo de las tarifas, es necesario aclarar algunos supuestos con respecto al análisis costo beneficio:

- i. Debe definirse el período para el cual se realizará el ACB, el cual debe ser lo suficientemente largo para recuperar la inversión realizada (15 años, por ejemplo).
- ii. Se debe tomar un año base para el cual se construye el escenario 1 (año base, sin proyecto).
- iii. Se determina la estructura de costos del servicio de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos a ser utilizada en cada escenario y se recopila información sobre los ingresos generados. Además, se obtiene

información de otros datos estadísticos para completar el análisis (número de viviendas y de establecimientos comerciales, expectativas de crecimiento, etc).

- iv. Se debe definir una tasa de descuento. 10% puede ser recomendable ya que es la tasa empleada para proyectos de pobreza y de protección ambiental (recomendación del señor Ramón Rosales, experto en el tema).
- v. Los ingresos por tarifas se calculan como residuo. Primero se obtiene la información sobre los costos del programa a ejecutar según sea el escenario y los componentes del proyecto a realizar. Luego se obtiene información de los ingresos esperados por conceptos diferentes a ingresos por tarifas, y a partir de ahí se determina el monto de ingresos por tarifas requerido para el cubrimiento de los costos totales del programa. Una vez obtenido el monto de ingresos por tarifas, se determina la tarifa a pagar por cada vivienda y categoría de comercio.

3.2.2 Las unidades equivalentes y el número de cuotas a pagar

Una *unidad de ocupación* es cada una de las viviendas y comercios existentes en la localidad objeto de estudio, quienes son a la vez los usuarios del servicio recolección, transporte y disposición final de desechos. Las unidades de ocupación pueden clasificarse en categorías, de acuerdo con la cantidad de desechos que generan. Así por ejemplo se tiene: residencias, comercios categoría A, comercios categoría B, etc. La tarifa a pagar por cada unidad de ocupación debe corresponder con la cantidad de desechos que cada uno de ellos genera; por lo tanto, unidades de ocupación ubicadas en categorías diferentes, deben pagar tarifas diferentes.

Una *unidad equivalente* consiste en una unidad tarifaria básica (UTB) con base en la cual se determina la tarifa correspondiente a pagar por cada unidad de ocupación. Usualmente se define que la UTB es la tarifa pagada por las residencias. Entonces, cada categoría de comercio paga un múltiplo de esa UTB, donde el factor de ponderación debe establecerse en función de la cantidad de desechos generados en relación con la cantidad de desechos generado por las residencias.

El número total de unidades equivalentes (o UTBs) por año se obtiene sumando los productos del número de unidades de ocupación (viviendas y comercios) por categoría para ese año y el factor de ponderación correspondiente a cada categoría.

$$N_t = \sum_{i=1}^n a_{it} p_i \quad \text{Para todo } t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Donde:

N_t : Número total de unidades equivalentes (UTBs) en el año t.

a_{it} : número de unidades de ocupación categoría i en el año t
 p_i : factor de ponderación para la unidad de ocupación categoría i (se asume constante para todo $t = 1, \dots, T$; siendo T el número total de años del proyecto).
 n : número de categorías de unidades de ocupación

El valor obtenido mediante la fórmula (1) debe ser interpretado como el número total de cuotas anuales, medidas en unidades tarifarias básicas o equivalentes, para un año t específico de los T años que dura el proyecto. Si en vez de obtener el número de cuotas *anuales* se quiere obtener el número de cuotas *trimestrales* por año, el dato obtenido debe multiplicarse por 4, que corresponde con el número de trimestres existentes en un año. Por lo tanto, en la fórmula (2), $NTRIM_t$ da el número total de cuotas trimestrales (medidas en unidades tarifarias básicas o equivalentes) para un año t específico de los T años que dura el proyecto.

$$NTRIM_t = 4 \sum_{i=1}^n a_{it} p_i \quad \text{Para todo } t = 1, \dots, T \quad (2)$$

Si se quisiera obtener el total de cuotas trimestrales (medidas en unidades tarifarias básicas o equivalentes) para todos los años que dura el proyecto, se suma el total de cuotas trimestrales por año ($NTRIM_t$) para todos los años (T) que dura el proyecto, es decir:

$$NTRIM = \sum_{t=1}^T NTRIM_t = 4 \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n a_{it} p_i \quad (3)$$

Donde:

NTRIM: Número total de unidades equivalentes (cuotas trimestrales medidas en UTBs) para todos los años que dura el proyecto.

3.2.3 El cálculo de la tarifa

Tal como se ha indicado con anterioridad, el servicio de aseo público debe prestarse al costo, es decir, el total de ingresos deben corresponder con el total de costos. Los costos y los ingresos dependerán del escenario a estudiar; sin embargo, en todos los casos se definirá una tarifa que es la que permitirá que se recauden los ingresos suficientes para que el programa ejecutado en cada escenario sea sostenible financieramente.

En términos generales, el cálculo de la tarifa se define de la siguiente manera.

Escenario 1 (año base $t=0$):

Se calculan los costos totales anuales de la prestación del servicio (recolección, transporte y disposición final, de acuerdo a la estructura recomendada por

ARESEP) y se determinan los ingresos necesarios para cubrir estos costos. Al dividir estos costos por el número total de unidades equivalentes para ese año ($N_t=N_0$ para $t=0$), se determina la unidad tarifaria básica anual (UTB_{ANUAL}) que es la que permite obtener, a partir del factor de ponderación especificado para cada categoría, la tarifa a pagar por cada unidad de ocupación.

$$UTB_{ANUAL} \frac{CT_0}{N_0} = \quad (4)$$

Donde:

UTB_{ANUAL} = unidad tarifaria básica anual

CT_0 = costo total anual para el año base $t=0$

N_0 = número total de unidades equivalentes en el año base $t=0$

Una vez calculada la unidad tarifaria *anual*, se puede determinar la unidad tarifaria *trimestral* o *mensual*, simplemente dividiendo por 4 o 12, según corresponda. Para obtener la tarifa a pagar por cada unidad de ocupación, se multiplica la UTB resultante por su correspondiente factor de ponderación.

Escenarios 2, 3 y 4.

Se introduce el análisis costo beneficio. Para el cálculo de los costos, se utiliza la estructura definida para el escenario 1, sin embargo, deben incluirse otros costos dependiendo del caso a estudiar. Los ingresos también varían según sea el escenario que se estudia, incluyendo ingresos por tarifas y por venta de materiales reciclables (escenario 2); ingresos por tarifas y por venta de abono orgánico (escenario 3) e, ingresos por tarifas, venta de materiales reciclables y venta de abono orgánico (escenario 4).

Tal como se ha indicado con anterioridad, los ingresos por tarifas se obtienen como residuo para todo el período, una vez considerados los costos totales y los ingresos por los otros conceptos, de la siguiente manera:

$$\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IT_t = \sum_{t=1}^T \delta^{t-1} C_t - \sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IR_t - \sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IA_t - \delta^{T-1} VR_T \quad (5)$$

Donde:

IT_t = Ingresos por tarifa del año t

C_t = Costos totales de la prestación del servicio para el año t (incluye la utilidad para el desarrollo)

IR_t = Ingresos por materiales reciclables para el año t.

IA_t = Ingresos por venta de abono orgánico para el año t.

$\delta = 1/(1 + r)$ Factor de descuento, donde $r = 10\%$, es la tasa de descuento¹⁸.

¹⁸ El año 1 es el año de inicio del proyecto. Al aplicar el factor de descuento correspondiente se obtiene el valor actual (en valores del año 1) de la corriente de ingresos y costos de todo el proyecto.

VR: valor de rescate
 T = número total de años del proyecto

La igualdad (5) se cumple dado que, por definición, por tratarse de un servicio público, el mismo debe brindarse al costo, es decir:

$$\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} C_t = \sum_{t=1}^T \delta^{t-1} Y_t \quad (6)$$

Donde $Y_t = IT_t + IR_t + IA_t$ (en el año T los ingresos deben incluir además el valor de rescate)

Los costos e ingresos varían según sea el escenario que se esté analizando. Por definición:

$$\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IA_t = 0 \quad \text{en el escenario 2;} \quad \sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IR_t = 0 \quad \text{en el escenario 3}$$

Una vez obtenidos los ingresos totales por tarifas descontados ($\sum \delta^{t-1} IT_t$), la tarifa trimestral promedio se obtiene dividiendo estos ingresos entre el número total de cuotas a pagar durante el periodo, también descontadas (ver detalle en el anexo 1).

$$UTB_{TRIM} = \frac{\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IT_t}{\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} NTRIM_t} \quad (7)$$

Donde:

UTB_{TRIM} : unidad tarifaria básica trimestral (promedio trimestral para todo el período que dura el proyecto)

IT_t : Ingresos por tarifas para el año t

$NTRIM_t$: Número total de cuotas trimestrales a pagar en el año t (ver fórmula 2)

$\delta = 1/(1+r)$ = factor de descuento

Con esta metodología de cálculo de la tarifa, el ACB presentará beneficios netos negativos en los primeros años del proyecto en todos los escenarios. Esto requiere entonces realizar un análisis de flujo de caja para determinar la capacidad de pago de la municipalidad en cada año en la ejecución del proyecto. Una vez realizado el flujo de caja, si aún se continúan presentando flujos netos negativos (lo cual es muy probable), se debe contemplar una forma de financiarlos. Para ello se cuenta básicamente con las siguientes opciones: solicitar un nuevo

préstamo o ajustar tarifas para los años en los que el flujo de caja es negativo. La segunda opción parece ser la más apropiada en la medida en que el pago del servicio de la deuda incrementa el costo del servicio.

3.3 Resultados de la aplicación del modelo al caso de San Isidro de Heredia

El cuadro 2 presenta el resumen de las principales variables y resultados obtenidos para cada uno de los escenarios aplicados al caso de San Isidro de Heredia. Un análisis más detallado puede consultarse en Lobo (2003).

Cuadro 2
San Isidro de Heredia. Resumen de resultados de la aplicación del ACB a un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos por escenario
Mayo 2003
 (colones constantes descontados)

Variables	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Inversión		¢ 17.017.300 (incluye construcción centro de acopio y compra de vehículo)	¢ 75.361.620 (incluye la construcción de una planta de compostaje)	¢ 92.378.920 (incluye inversión escenario 2 y 3)
Costos totales descontados		¢ 519.527.972	¢ 602.892.471	¢ 565.924.344
Ingresos totales descontados		¢ 519.527.972	¢ 602.892.471	¢ 565.924.344
-Por venta de materiales reciclables		¢ 154.360.493		¢ 154.360.493
-Por venta de compost			¢ 79.594.480	¢ 79.594.480
-Por tarifas		¢ 365.167.478	¢ 523.297.991	¢ 331.969.371
Tarifas mensuales _*/				
Vivienda (UTB)	¢ 999.81	¢ 654.76	¢ 938.29	¢ 595.23
Comercios				
Categoría A	1.999.62	1.309,52	1.876.58	1.190.47
Categoría B	3.999.25	2.619,03	3.753.17	2.380.93
Categoría C	5.998.87	3.928,55	5.629.76	3.571.40
Categoría D	7.998.50	5.238,07	7.506.34	4.761.87
Tasa de descuento		10%	10%	10%
VAN		0	0	0

_*/ No se incluye ajuste de tarifas por flujo de caja. A manera de ejemplo, al aplicar el ACB, el escenario 4 presenta rendimientos negativos para los primeros 8 años del proyecto. Si se hace el ajuste de tarifas para esos años, el incremento promedio en la unidad tarifaria básica mensual (UTB) sería de 10% con respecto a la tarifa resultante del ACB original. Este incremento se considera manejable para los usuarios del servicio, dado que la UTB original es relativamente baja.

Fuente: Elaboración propia

En la aplicación del modelo al caso de San Isidro, se asumió lo siguiente:

- El escenario base es el año comprendido entre junio de 2002 y mayo de 2003.

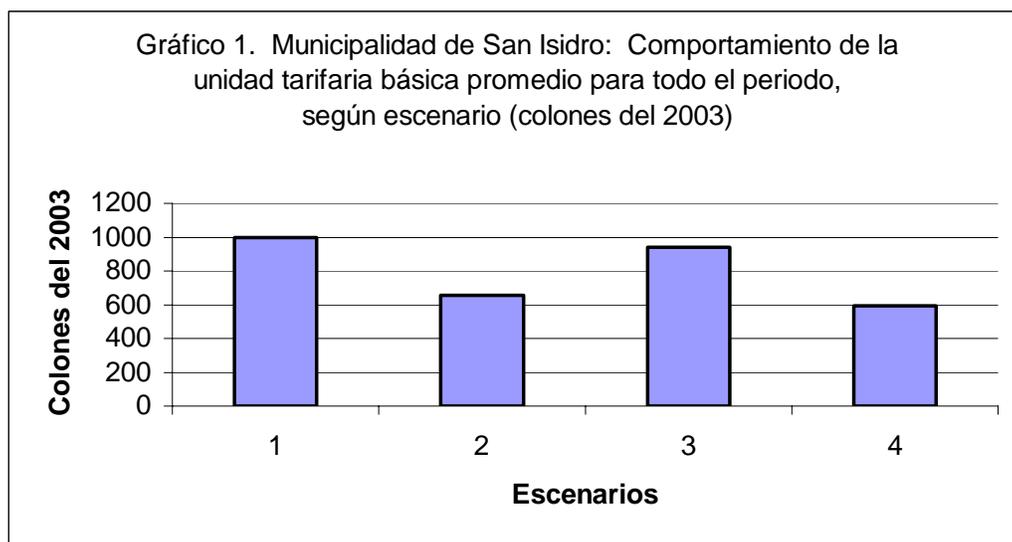
- La duración del proyecto es de 15 años.
- El crecimiento del número de residencias es de 3.7%, igual al crecimiento actual de la población del cantón (INEC, 2001). Se supone que el número de comercios se mantiene fijo, asumiendo las características poblacionales del cantón. Además, el plan regulador del cantón no contempla la creación de grandes empresas en los próximos 15 años.
- De acuerdo con estudios previos sobre generación de desechos en el cantón (ACEPESA, 2001), se propone la constitución de cuatro categorías de comercios con los siguientes factores de ponderación en relación con la unidad tarifaria básica: 2, 4, 6 y 8 para las categorías A, B, C y D respectivamente.
- La tasa de descuento utilizada es de 10%.

3.4 Análisis de los resultados

Tomando en cuenta que la UTB mensual vigente en el momento de la investigación es de ₡ 806.68 (la cual es la tarifa vigente para el sector residencial), las tarifas propuestas para el escenario 2 son un 19% menores que las tarifas actuales y 35% menores que las propuestas para el escenario 1. Las tarifas del escenario 3 son 16% y 6% menores que las aplicadas actualmente y las propuestas para el escenario 1, respectivamente.

La conclusión más importante se da en el escenario 4, el cual es la mejor alternativa desde el punto de vista social y ambiental y la que presenta las tarifas más bajas: 26% menos que la tarifa actual y 40% menos que la recomendada para el escenario 1.

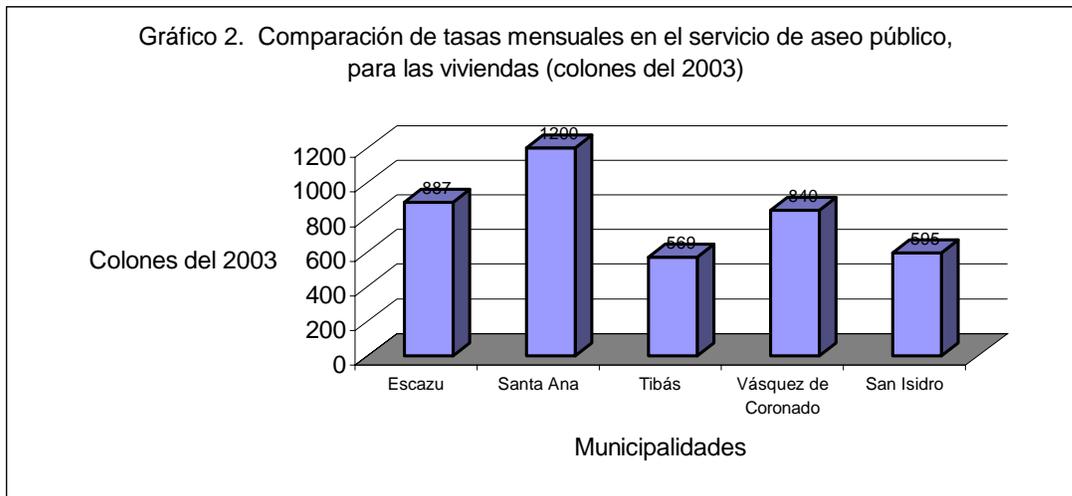
En el gráfico 1 se muestra el comportamiento de las tarifas mensuales en los 4 escenarios desarrollados, para la unidad tarifaria básica.



Fuente: Elaboración propia

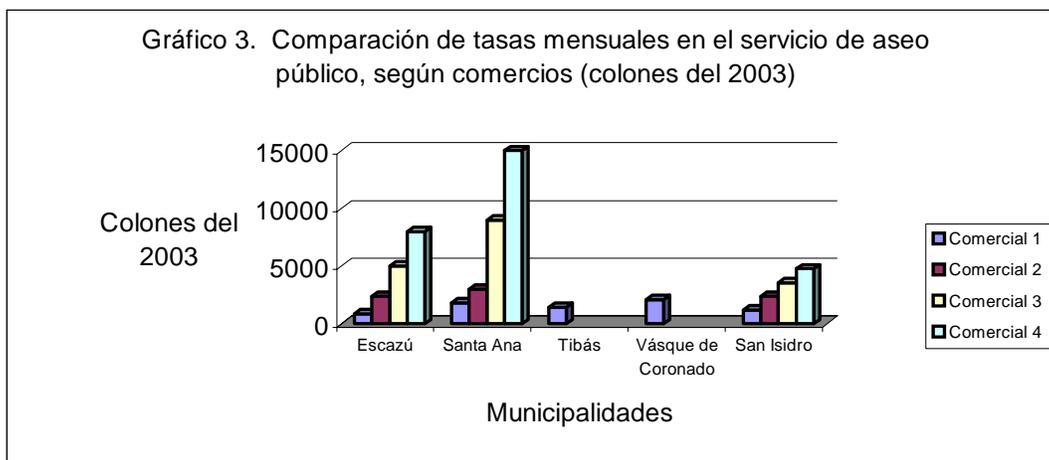
Resulta interesante realizar un análisis comparativo de las tarifas resultantes para el escenario 4 (con proyecto MISDS) para San Isidro con respecto a las tarifas aplicadas actualmente por otras municipalidades.

El gráfico 2 presenta las tarifas mensuales para las viviendas (UTB), de las municipalidades de Escazú, Santa Ana, Tibás y Vásquez de Coronado y la resultante para San Isidro de Heredia de la aplicación de plan de MISDS. Escazú y Santa Ana se seleccionaron por contar con una estructura similar a San Isidro respecto a la diferenciación de las categorías de las tarifas. Tibás y Vásquez de Coronado fueron seleccionadas al azar, solamente para efectos comparativos. El gráfico 3 presenta la información para los comercios.



Fuente: Elaboración propia con base en Arrieta (2002).

De las municipalidades presentadas, con excepción de la Escazú, ninguna desarrolla un programa de recolección selectiva de los materiales reciclables; no tienen concesiones con la empresa privada para la prestación del servicio, y disponen los desechos finales en el vertedero de Río Azul.



Fuente: Elaboración propia.

Puede concluirse que las tarifas resultantes para el escenario 4 del caso de San Isidro de Heredia son *menores* a las cobradas en el momento de la investigación, en promedio, por otras municipalidades. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que esta tarifa (la resultante para San Isidro de Heredia) corresponde únicamente con la dimensión financiera, es decir, no contempla los beneficios sociales y ambientales adicionales de la ejecución del MISDS en esa comunidad.

3.5 Beneficios sociales y ambientales de un manejo integrado y sostenible de desechos sólidos

“Los recursos naturales del planeta Tierra son limitados y deben ser utilizados de manera responsable, socialmente justa y ambientalmente sustentable”.
 CNUMAD-Río 92, 1995.

Un manejo integrado y sostenible de desechos sólidos no solo puede implicar el cobro de tarifas menores. También presenta grandes beneficios sociales y ambientales. A continuación se presenta un listado de los principales beneficios sociales y ambientales de la aplicación de un plan de MISDS.

En términos generales:

- Responsabilidad ciudadana por la generación, y manejo de desechos sólidos en el mediano y largo plazo (separación domiciliar)
- Eliminación de la incidencia de un mal manejo de los desechos al distorsionar el paisaje en el mediano y largo plazo
- Disminución en las mermas de productividad y los gastos médicos por dolencia de salud y la pérdida de valor de los terrenos por cercanía a los focos de contaminación (sitio de disposición final)

Al reciclar:

- Se ahorra energía y materias primas

- Se reduce el espacio para enterrar los desechos
- Se crea fuentes de empleo
- Disminuye dependencia a las importaciones de los materiales
- Fomenta la creación de industrias caseras
- Fomenta las especialidades industriales mediante la reparación de piezas recicladas (Bartone, 1998)
- Se ahorra recursos naturales

Al elaborar **abono orgánico**:

- Se evita la incorporación de metales pesados, gracias a la separación domiciliaria
- El compost es un insumo agrícola valioso como acondicionar del suelo, como fertilizante de acción retardada, mejora la textura y la capacidad de retención de la humedad de los suelos porosos
- Pueden mejorarse los rendimientos agrícolas (con una aplicación correcta)
- Se evita la eutroficación (aumento de la población de algas por exceso de nitrato, al morir y descomponerse agotan el oxígeno del agua, lo que hace que los peces mueran por asfixia) provocada por los abonos industriales
- Se produce una mayor capacidad de retención de la humedad y de infiltración del agua a capas inferiores del suelo, disminuyendo escorrentía y la erosión
- Se genera una mayor capacidad de retención de nutrientes
- Se crea una mayor aireación del suelo y una mejor salud de las plantas, provocando una menor incidencia en las enfermedades en los cultivos
- Beneficio privado al poseer efectos positivos que redundan en una mayor producción agraria
- Se puede utilizar en parques, en la producción agrícola o forestal, o para recuperar suelos quemados, lo que permite ir devolviendo al suelo la materia orgánica y los nutrientes que se extraen de él
- Se puede ir paulatinamente sustituyendo al máximo las importaciones de los fertilizantes inorgánicos o sintéticos
- Se reduce el impacto de la materia orgánica que al descomponerse a cielo abierto produce olores (fase de transformación) y compuestos sulfurados, así como los biogases que son ricos en metano y perjudican gravemente la capa de ozono y favorecen el efecto invernadero
- En general se evita la contaminación de las aguas subterráneas causada por la filtración del lixiviado no controlado y la contaminación del aire resultante de la quema de la basura

4 Los actores institucionales en un plan de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos

En el presente apartado se detallan los diferentes actores institucionales y su papel en la ejecución de un plan de MISDS, así como los requerimientos de coordinación institucional necesarios para que dicho plan se ejecute exitosamente.

4.1 Definición de los actores institucionales y su correspondiente papel

Para ejecutar un plan de MISDS se debe garantizar la participación de los actores institucionales involucrados en el manejo de desechos sólidos. Por definición, la implementación de un plan de MISDS debe planificarse para el largo plazo y su construcción deberá hacerse según las condiciones de cada localidad; es decir, en cada localidad donde se desarrolle, los actores institucionales participantes deberán organizarlo según sus intereses y deseos.

Los actores institucionales que pueden participar en un plan de MISDS son:

- Municipalidad
- Líderes comunales
- Usuarios del servicio de aseo público (residencias y sector comercial)
- Escuelas y colegios
- Instituciones Estatales
- Organizaciones No Gubernamentales
- Recuperadores de materiales reciclables (“buzos”)
- Empresa privada encargada de los elementos del sistema (recolección, recuperación y compost)
- Cooperación internacional

A continuación se describe el papel que desempeña cada una de estas instituciones.

a. La Municipalidad

La Municipalidad es por ley el ente responsable del manejo de desechos sólidos en Costa Rica. Su papel es reglamentar el manejo de desechos sólidos, definir las tarifas que se cobran a los usuarios del servicio (garantizando que se cubran los costos incurridos), así como realizar la gestión de cobro. Puede ser responsable de los diferentes elementos del sistema: recolección, transporte, recuperación de materiales reciclables y elaboración de compost, pero también puede delegar estos elementos a la empresa privada.

En términos generales, la Municipalidad es la rectora y la supervisora del plan, y por lo tanto el ente encargado de que el mismo se ejecute adecuadamente. Si se logra su incorporación en forma activa, el plan tendrá una gran probabilidad de éxito.

b. Líderes comunales

Los líderes comunales tienen la labor de ser los multiplicadores del plan, realizando el contacto directo con la población usuaria y tratando de sensibilizar a las personas sobre el cambio de hábitos y costumbres en el manejo de desechos sólidos y de los beneficios ambientales y sociales de tal cambio. Su labor de multiplicadores incluye la sensibilización de los vecinos y llevar a cabo actividades propias del plan.

c. Usuarios del servicio de aseo público

La colaboración de los usuarios del servicio público, es decir la población y el sector comercial, es clave. Debe garantizarse la participación y confianza en el plan, lo cual se logra en la medida que el mismo genere credibilidad a partir de que se respete la frecuencia y el horario de recolección selectiva, ya sea de parte de la Municipalidad o de la empresa privada. Para lograr la participación efectiva de estos actores, es importante la implementación de una estrategia de sensibilización e información a los usuarios. La divulgación de los avances del plan fortalece la colaboración de la población.

Otra forma de colaborar por parte de los usuarios es realizando el pago puntual de la tarifa del servicio de aseo público.

d. Escuelas y colegios

La incorporación de la población estudiantil garantiza que en el largo plazo el plan pueda continuar, dado que se ha logrado el cambio de hábitos y costumbres en esas nuevas generaciones. Las labores de formación a lo interno de los centros educativos, así como las tareas de proyección a la comunidad, fortalecen el éxito del plan.

e. Instituciones estatales

La participación de instituciones como el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Ministerio de Salud y el Ministerio de Educación Pública (MEP), garantizan que se cuente con el apoyo político para las acciones, así como otro tipo de gestión que sea necesario realizar para implementar el plan. Su papel es de coordinación y de ejecución de tareas en forma conjunta, tratando de hacer un uso racional de los recursos escasos.

f. Organizaciones no gubernamentales

En las comunidades existen diferentes organizaciones ambientalistas que pueden apoyar técnica y financieramente las acciones del plan. Esta es una forma de garantizar la participación de la sociedad civil organizada.

g. “Buzos” o recuperadores de materiales reciclables

En las localidades donde existan buzos debe garantizarse su participación en el plan. No se puede obviar que estas personas han realizado con antigüedad una labor que se requiere eliminar, es decir, pueden ser afectados por el plan. Deberá analizarse cual será su posible participación en el plan.

h. Empresa privada en los elementos del sistema

Cuando la Municipalidad no es la encargada de la prestación de servicios públicos, sino que contrata a la empresa privada, entonces también debe considerarse la participación de ésta en el plan.

Se deberá negociar y esclarecer el papel que jugará la empresa privada. Por ejemplo, si no existe una empresa para la recuperación del material reciclable, se puede planificar la creación de una o varias, según el tamaño de la localidad, o si ya existe una, puede ser fortalecida.

i. Cooperación internacional

Puede suceder que la localidad cuente con apoyo de la cooperación internacional para la ejecución del plan. Por lo tanto, este actor también deberá ser considerado sobre todo para la negociación de plazos y objetivos, para que se logre coordinar todos los intereses de los diferentes actores involucrados en el plan de MISDS.

4.2 Requerimientos de coordinación institucional para el éxito de un plan de MISDS

Cada localidad deberá crear el mecanismo de coordinación institucional que mejor se adapte a sus condiciones. Es recomendable constituir un comité, una comisión o un grupo. Lo fundamental es que existan representantes de todos los actores posibles del sistema y que se asigne responsabilidades y funciones.

La toma de decisiones estratégicas deberá ser responsabilidad de ese comité, pero garantizando la eficacia y la eficiencia del sistema y tratando de que el proceso sea participativo y democrático y se ajuste a las necesidades y condiciones de cada localidad.

Cada actor debe tener definido claramente su papel, para que no ocurran duplicidades ni retrasos. Cada uno cumple su papel en el engranaje total del sistema. La participación de todos los actores es esencial.

Es recomendable que el comité cuente con la asesoría técnica para la implementación del plan, así como la capacitación general en el tema para cada actor. El comité como instancia aglutinadora de los principales actores institucionales debe tratar de proyectarse a la localidad, según sus características

y peculiaridades, pero a la vez retroalimentándose de las recomendaciones de la población para mejorar las acciones planificadas. Debe ser el encargado de gestionar recursos financieros para la ejecución del plan.

La participación de los actores institucionales y sus respectivas responsabilidades para el caso de San Isidro de Heredia se puede apreciar en la figura 6.

Para que un sistema de manejo de desechos sólidos sea viable debe, cumplir entre otras, con 3 condiciones: ser de bajo coste, requerir una tecnología asequible y estar gestionado localmente. Esto se conoce en inglés como las 3 L's: "*Low cost, Low tech, Local control*" (Scheinberg, Anne. Entrevista personal).

La estrategia de formación y sensibilización involucra a todos los actores, desde los funcionarios municipales, tanto administrativos como operativos, hasta la población usuaria en general. Esta estrategia se puede llevar a cabo mediante la realización de talleres, campañas, visita casa a casas, entre otras.

El trabajo de sensibilización, información y educación, motiva la participación de la comunidad en la resolución de un problema como es el inadecuado manejo de desechos sólidos. Para ello se trata de que el manejo de desechos tenga un carácter más preventivo que curativo, responsabilizando a los actores de la generación de desechos y su respectiva reducción, la selección en el origen, la minimización y el tratamiento, mediante el reciclaje y la elaboración de compost. Se busca vincular el tema de los desechos a los estilos de vida y a los patrones de consumo, asumiendo los alcances de más largo plazo.

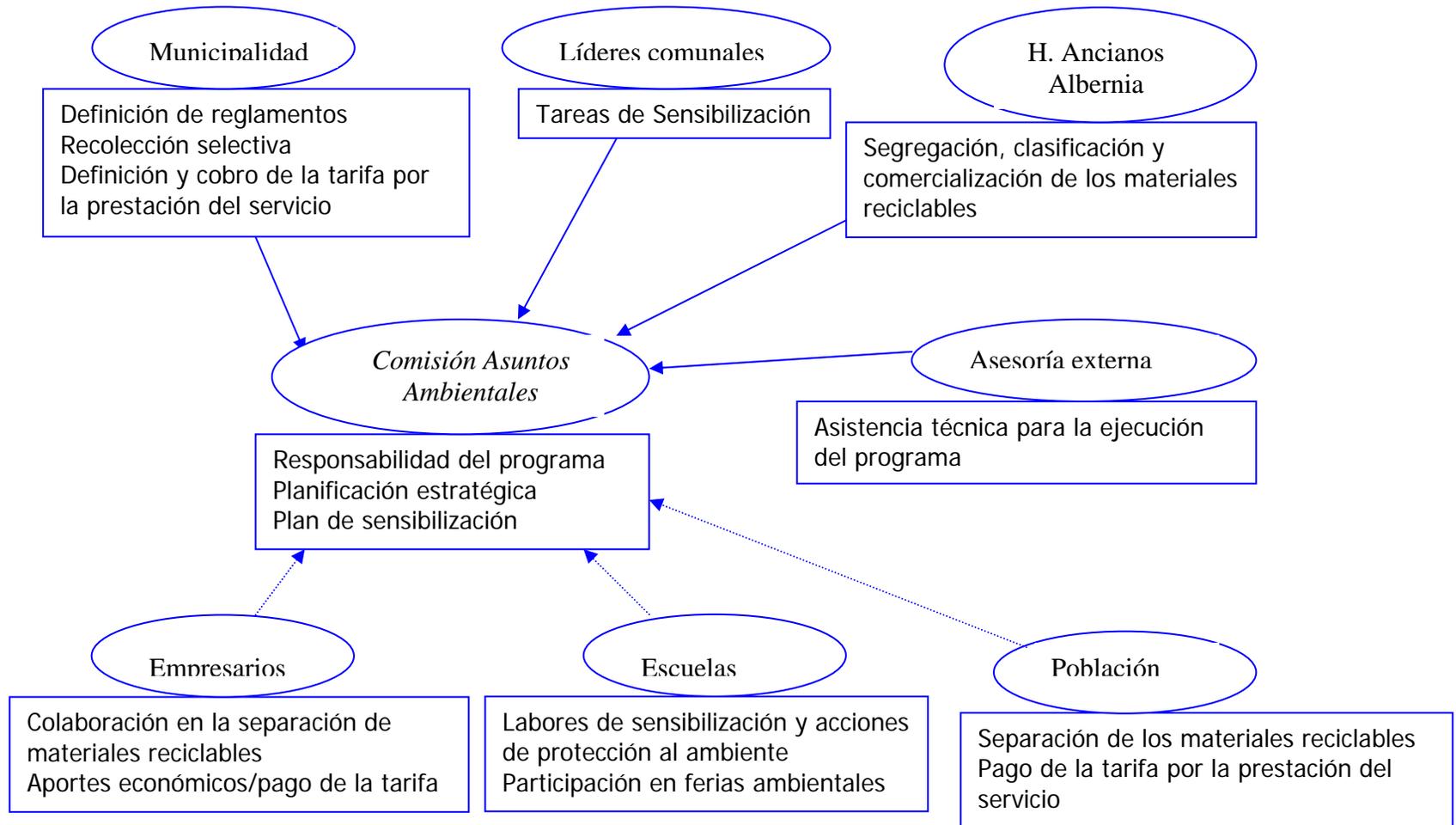
Paralelo al programa educativo, debe elaborarse un reglamento para el manejo de los desechos sólidos. Esto con el fin de contar con políticas y normativas en la localidad.

La gestión de recursos financieros, también debe ser una prioridad del comité. Además, la Municipalidad debe destinar recursos económicos para llevar a cabo las diferentes acciones del plan.

A escala nacional se requiere la definición de acciones que incluye medidas tales como: "activar el mercado de los materiales reciclables, establecer un impuesto a los rellenos, extender la responsabilidad de los productores para recuperar sus productos, continuar aumentando la conciencia del público" (Read, 2000).

En el recuadro 1 se muestra el caso de Inchón en Corea, donde el gobierno local ha jugado un papel destacado en llevar a cabo una política ambiental en el campo de los desechos sólidos. La primera medida consistió en establecer el cobro de la recolección del servicio de aseo público en relación con el volumen generado por los agentes económicos. Esto permitió la reducción en la generación de desechos e incrementó los ingresos; favoreció la recuperación de materiales reciclables y la participación comunal, entre los principales logros.

Figura 6. Participación de los actores institucionales en la Comisión de Asuntos Ambientales de la Municipalidad de San Isidro



De la experiencia acumulada en países desarrollados, se puede concluir que uno de los problemas de la fijación de políticas para el manejo de desechos sólidos es la necesidad de conjugar los intereses de distintos sectores de la población. Es necesario considerar al gobierno, que deberá conciliar los diversos intereses en juego, la industria y la población.

Recuadro 1. El caso de Inchón, Corea: un sistema de recolección basado en volumen

El Gobierno metropolitano de Inchón, Corea, puso en vigor un programa de control de residuos sólidos (1995) basándose en un sistema de tasación de la recolección basado en el volumen (Volume-based Collection Fee Systems). Antes de su puesta en vigor, la cuantía total de los residuos sólidos producidos era de 2.272 toneladas diarias, pero tras esta medida, se redujo a 1.598 toneladas diarias, una reducción del 30%. En 1995 los ingresos procedentes de la recuperación de residuos habían aumentado en un 195%, pasando de unos 4 millones de dólares a 11.6 millones.

Este sistema se ideó bajo el principio de que “el usuario paga”. Con el sistema se podían recaudar diferentes tipos de cuotas por el vertido de residuos, en un esfuerzo por minimizar los residuos en la fase de producción y de incrementar el uso de materiales reciclables. Participaron además del gobierno central de Corea y el metropolitano de Inchón, ONGS de los distritos locales y juntas tales como Korea Women’s Associations United, la Korean Senior Citizen’s Association, la Housekeeping Women’s Association y el sector privado.

Las principales actividades realizadas fueron:

- Mejoras en la recaudación de las cuotas y en el sistema de recaudación.
- Reestructuración del sistema de recolección de residuos reutilizables
- Mejora del sistema de recolección de residuos.
- Racionalizar la gestión de un sistema de recolección de residuos mejorando la autofinanciación.

Los principales logros obtenidos fueron:

- Participación de los habitantes
- Reducción drástica de los residuos sólidos
- Aumento de la recolección de los residuos reutilizables
- Intensificación de la autofinanciación en el control de residuos
- Mejoras a consecuencia de la implementación del sistema, considerando las recomendaciones de la población
- Amplia difusión de las actitudes relacionadas con la reducción de residuos domésticos.

Dong, Kuwol, 2000.

En nuestros países, en donde se reconoce que el impacto primordial de los desechos es local, la solución debe iniciarse en el ámbito local, con la introducción

de alternativas ecológicamente adecuadas. La toma de decisiones debe incluir la participación pública y no debe estar bajo el control exclusivo de las autoridades.

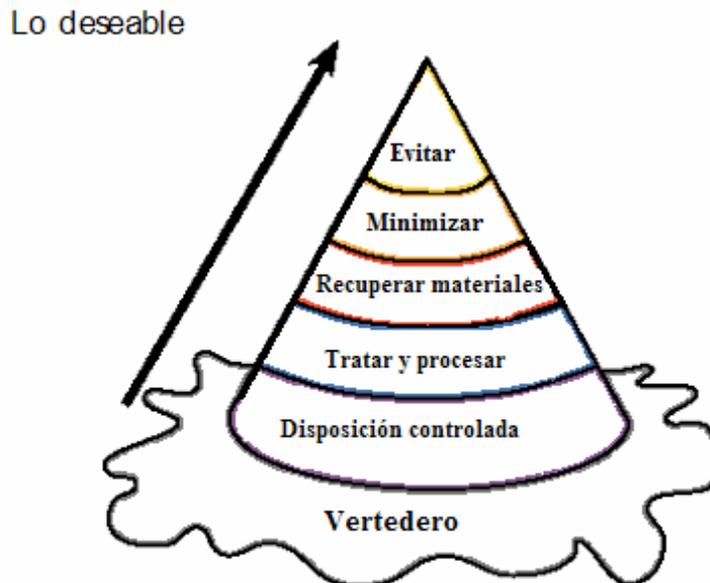
Una de las principales recomendaciones es poner en práctica la separación de los desechos en sus fuentes de origen para su recolección, con el propósito de aumentar al máximo las posibilidades de reciclaje y evitar los riesgos de contaminación en el proceso de descomposición.

Por ejemplo, la Unión Europea en 1994 (Berbel, 2000) aprobó tras un largo proceso negociador la siguiente jerarquía para las estrategias relativas al tratamiento de desechos sólidos:

- Reducción del volumen generado
- Reutilización
- Recuperación o reciclado: Material (reciclado en sentido estricto) y Recuperación química (romper cadenas de plásticos para volver al crudo original)
- Eliminación o vertido

La organización inglesa Environmental Resources Management (ERM), ilustra lo anterior en la figura 7, que lo deseable además de lo mencionado por la Unión Europea es iniciar con evitar la generación de desechos.

Figura 7. Estrategia para el manejo deseable de los desechos sólidos



Fuente: ERM, 2002

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El concepto de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos desarrollado en este documento, considera todos los elementos del sistema: recolección, transporte, reciclaje, reducción, compost, disposición final, y los aspectos económico, político, social, institucional y cultural. En este sentido, comparte con el concepto de la economía ecológica al aprovechar mejor los recursos naturales y de esta forma se preserve para ser utilizado por las futuras generaciones, evitándose la contaminación por medio de mecanismos como reducción, separación, tratamiento, y disposición final segura de desechos, basada en valores de respeto y solidaridad, impulsando el ordenamiento urbano y territorial. Promueve un proceso de participación ciudadana co-responsable y democrático. Un problema para la implementación de modelos de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos es la factibilidad financiera. Por lo tanto, con base en los resultados del ACB en este documento se elabora una metodología que permita la definición de tarifas que hagan sostenible la factibilidad financiera de un plan de MISDS.

La principal conclusión de la aplicación de esta metodología al caso de San Isidro de Heredia es que un plan de MISDS, no solo puede ser sostenible financieramente, si no que además puede resultar en tarifas menores a las cobradas en la actualidad. Además, genera grandes beneficios sociales y ambientales.

El éxito de un plan de MISDS debe garantizar y promover la participación de los actores institucionales involucrados en la generación y manejo de los desechos sólidos, lo cual incluye la creación de mecanismos de coordinación institucional que mejor se adapte a las condiciones nacionales y locales.

5.2 Recomendaciones

En el plano **local**:

La aplicación de un plan de MISDS debe considerar la realidad y las condiciones específicas de la localidad en la que se vaya a implementar. En este sentido, es conveniente realizar estudios previos para su implementación.

- Los gobiernos locales que deseen impulsar planes de manejo integrado y sostenible de desechos sólidos, deben considerar el involucramiento de los diferentes actores institucionales o agentes económicos que puedan participar en el plan, dado que el diseño del plan debe adaptarse a las necesidades, las condiciones y las normas de la comunidad.
- La determinación de la tarifa como instrumento económico deberá reflejar los costos reales por la prestación del servicio. Las políticas deberán estar orientadas a la disminución en la generación de desechos sólidos, disminuir costos en el transporte y tratamiento, así como incentivar el reciclaje (de materiales reciclables y de la materia orgánica mediante la elaboración de compost).

En el ámbito nacional debe definirse una estrategia para el manejo de desechos sólidos, la cual debe considerar los siguientes aspectos:

En lo **político, legal e institucional:**

- Se requiere impulsar políticas coherentes con los principios del que contamina paga, y el principio precautorio, incluyendo a los agentes productores de bienes y los agentes consumidores, dado que lo que se requiere es impulsar procesos productivos utilizando una tecnología más limpia y reduciendo las cantidades que se producen y generan. Para esto se requiere desarrollar el término de la responsabilidad extendida del productor¹⁹ y del consumidor.
- La definición de las políticas necesita el involucramiento de todos los agentes económicos, en donde se priorice el manejo de desechos sólidos. Sin embargo, debe existir un ente rector a nivel nacional que coordine la aplicación de planes de MISDS en las diferentes localidades. Este ente rector debe definir plazos para la implementación de los diferentes planes, con el fin de que en determinado momento, todos los municipios lo hayan implementado.
- Dado que existen reglamentaciones internacionales, se deberá estudiar su adopción para implantar tecnologías de producción no contaminantes, reduciendo al mínimo los desechos en su origen y eliminando los envases no biodegradables y no reutilizables o no reciclables.
- Se debe reconocer que el manejo de desechos es un aspecto de salud y ambiente que hace necesaria la equidad en la provisión del servicio.
- Apoyar la jerarquía del manejo de los desechos, dando preferencia a la prevención, separación en la fuente, re-uso y reciclaje, sobre la simple recolección y disposición final.

En lo **económico y financiero:**

- Se debe fomentar la elaboración de presupuestos nacionales y locales, que sean eficientemente asignados.
- Se debe mejorar la definición de tarifas, diferenciando el pago según la generación de desechos de los agentes económicos, así como estableciendo “subsidios cruzados” entre sectores.
- Las tarifas que se establezcan deben considerar los daños ambientales y sociales que implica el inadecuado manejo de desechos sólidos.
- Realizar estudios del flujo de materiales a escala nacional para determinar los beneficios ambientales de un manejo integrado y sostenible de desechos sólidos.
- Debe buscarse medidas para incentivar el mercado de reciclaje y de abono orgánico.
- Deben definirse instrumentos económicos (cobros por contaminación, permisos negociables, subsidios, sistemas de depósito y reembolso e

¹⁹ Si bien este documento no se centró en los aspectos de la producción de bienes y servicios, los productores como agentes económicos, también deben apoyar el desarrollo de un plan de MISDS.

incentivos de imposición), complementados con regulaciones directas (cuotas y sanciones), según el agente económico, para tratar de que contribuyan a la calidad del ambiente.

- Lograr la recuperación de los costos por el servicio prestado, mejorando la calidad del servicio y disminuyendo las tasas de morosidad.

En lo **social y cultural**:

- Los roles de los agentes económicos (gobierno central, gobierno local, empresas, y la comunidad) deben estar claras.
- Debe realizarse un esfuerzo por capacitar todos los recursos humanos que de una u otra manera están involucrados en el tema del manejo de desechos sólidos, así como lograr situaciones seguras en el trabajo, para minimizar la incidencia de riesgos y accidentes laborales.
- Se debe valorizar el trabajo que realizan los operarios municipales y privados que prestan el servicio de aseo público, con salarios que puedan garantizar su calidad de vida.
- Es fundamental que se ponga en práctica la separación de los desechos desde su fuente de origen, con el propósito de aumentar al máximo las posibilidades de reciclaje y evitar los riesgos de contaminación en el proceso de descomposición. La disminución de la cantidad generada requerirán de cierto tiempo, hasta que se hagan ajustes industriales.
- La educación ambiental, debe establecerse como un mecanismo para incorporar a la población de una manera consciente a la búsqueda de soluciones a los problemas que producen el inadecuado manejo de desechos sólidos.
- La inversión en educación ambiental es uno de los mejores métodos de prevención, incluyendo todos los niveles educativos y todas las posibilidades de la educación escolar y extraescolar. Para ello se pueden organizar campañas con el fin de tratar de disminuir los envases no reutilizables, no biodegradables y no reciclables, así como el cambiar actitudes y hábitos de consumo y almacenamiento temporal de los desechos sólidos.
- El fin último es tratar de reducir la generación de desechos, involucrando a todos los agentes económicos que participan desde la producción de bienes hasta los consumidores finales, tratando de responsabilizar a cada agente de su papel en una política de gestión ambientalmente adecuada.
- La participación popular y su decisiva consolidación y estabilización en el tiempo, dependerá de la coherencia del proceso seguido y de la comprensión y aceptación del mismo. La estrategia a seguir debe ser clara, transparente, flexible e imaginativa.

En lo **técnico**:

- Se debe tratar de cambiar la concepción de que únicamente los aspectos técnicos (compra de vehículo compactador y construcción de relleno sanitario) resuelven el problema. La solución implica mucho más aspectos.

- La tecnología utilizada debe adaptarse a las condiciones del lugar, según los requerimientos de mano de obra y topografía y repuestos, entre otros. El vehículo compactador, no es una tecnología adecuada para nuestro país.
- Las rutas, horarios y frecuencias deben establecerse según las recomendaciones técnicas. En la mayoría de municipios en el país, se carece de tales estudios.

En lo ambiental:

- Se debe impulsar procesos de producción más limpios, en donde se ahorre recursos.
- Se debe garantizar que se minimiza el impacto negativo en la tierra, el aire y el agua.
- Se debe tratar de maximizar el re-uso y el reciclaje, evitando la pérdida de materiales, energía y nutrientes.
- La disposición final de los desechos debe realizarse de una manera controlada, no excediendo la capacidad de los sitios.
- Se recomienda tratar los desechos y los materiales reciclables tan cerca de la fuente como sea posible.

Bibliografía

- ACEPESA.** (1996). "Módulo de Capacitación: El Manejo Integral de los Desechos Sólidos". Editado por el Ministerio de Salud, San José, Costa Rica.
- ACEPESA.** (2001). "Estudio de Composición física de los desechos sólidos en el cantón de San Isidro de Heredia". San José, Costa Rica. Sin publicar
- Arrieta, Ronald.** (1997). Conflictos Ambientales en Costa Rica. En: "Desechos Sólidos y Educación Ambiental". Flacso. San José, Costa Rica.
- _____. (2002). "Análisis de las tasas de recolección de desecho sólidos domiciliarios del año 2002". San José, Costa Rica. Sin publicar.
- Cardona, Rokael,** et al. (1997). "Desechos Sólidos y Educación Ambiental". San José, Flacso-Sede Costa Rica.
- CEGESTI.** (1997). "Modelo municipal para el manejo de desechos de cartón y vidrio: reporte final". San José, Costa Rica. Sin publicar.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe).** (1994). "Políticas para la gestión ambientalmente adecuada de los residuos: el caso de los residuos sólidos urbanos e industriales en Chile a la luz de la experiencia internacional". Material de Conferencia de Hernán Durán de la Fuente. Sin Publicar.
- Cointreau, Sandra.** (1994). "Private Sector Participation in Municipal Solid Waste Services in Developing Countries". Volume I. The Formal Sector. Urban Management Programme, World Bank, Washington, D.C, USA.
- Colby, Michael.** (1991). "La administración ambiental en el desarrollo: evolución de los paradigmas". En: "El trimestre Económico". Vol. 18, No 231.
- Contraloría General de la República.** (2002). "Informe sobre estudio horizontal ICE-ARESEP, en materia de regulación y fiscalización de los servicios públicos brindados por el ICE". San José, Costa Rica. Sin publicar.
- ERM (Environmental Resources Management).** (2002). "Tools to the Integrated Sustainable Waste Management". England. Archivo Digital.
- Field, Barry.** (1997). "Economía Ambiental: una introducción". De. McGraw-Hill Interamericana S.A. Colombia.
- GTZ (Agencia Alemana de Cooperación Técnica).** (1992). "Estrategias para evitar la producción de basura". Coordinación sectorial regional para Latinoamérica en Ingeniería sanitaria y ambiental. San José, Costa Rica. Sin publicar.
- Hussen, Ahmed.** (1999). "Principles of environmental economics: economics, ecology and public policy". Londres, Inglaterra.

- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).** (2001). "IX Censo Nacional de Población y V de Vivienda: Cifras preliminares por provincia, cantón y distrito". San José, Costa Rica.
- Jiménez, Gerardo.** (1999). "Interacción entre Economía y Medio Ambiente". SINADES. San José, Costa Rica.
- Jiménez, Roberto.** (1998). "Limitaciones del Análisis Costo Beneficio para la evaluación de proyectos". ICE, Centro Nacional de Planificación Eléctrica. San José, Costa Rica.
- Larousse.** (1995). Diccionario práctico español moderno. México.
- Lobo, Susy** (2003). "Determinación de los beneficios netos del manejo integrado y sostenible de desechos sólidos municipales. El caso de San Isidro de Heredia". Tesis para optar por el grado de Maestría en Política Económica. Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional, Costa Rica.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud).** (1996). "Manual de Vigilancia Sanitaria". Washington D.C, EEUU. Volumen IV. N° 11.
- (1991). "Guías para el Desarrollo del Sector de Aseo Urbano en Latinoamérica y el Caribe". Washington D.C, EEUU.
- Pearce, David y Turner, R. Kerry.** (1994). "Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente". Celeste Ediciones, España.
- Read, Adam.** (2000). "Making good use of the things that we find a rally call for a generation of waste managers in the UK?" Kingston University. Mimeo. Great Britain. Sin publicar.
- Rudin, Victoria.** (2000). "Assessing the sustainability of waste management using the concept of Integrated Sustainable Waste Management". Elaborado por Arnold van de Klundert y Justine Anschütz, Holanda. Traducido y adaptado por ACEPESA, San José, Costa Rica. Sin publicar.
- Van den Bergh, Jeroen CJM.** (1996). "Ecological Economics and Sustainable Development. Theory, Methods and Applications". Great Britain.
- Varian, Hal R.** (1993). "Microeconomía Intermedia. Un enfoque Moderno". Tercera Edición. Antoni Bosh Editor.

Sitios web

Berbel, Julio y José Gómez-Limón. 2000. "La gestión de residuos urbanos, una oportunidad para la agricultura sostenible". <http://www.cepal.org/español/berbel.htm>

Durán de la Fuente, Hernán. 2000. "Políticas Ambientales y Desarrollo sustentable". <http://www.cepal.org/español/Proyecto/qtz/duran.htm>.

CNUMAD-Río 92. (2000). "Tratado sobre Desechos/Residuos". Brasil. <http://www.wamani.apc.org/docs/trat-rio-d8.html>

Dong, Kuwol. Environmental & Forestry Bureau. (2000). "Reducción eficaz de residuos en la metrópoli de Inchón (Corea)". Corea. <http://www.habitat.aq.upm.es/bpn/bp198.html>

PNUMA. (1992). Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. "Agenda 21". Río de Janeiro, 3-14 junio. <http://www.rolac.unep.mex/agenda21/esp/ag21/inde.htm>

Entrevistas Personales

Arrieta, Ronald. Biotecnólogo, especialista en elaboración de compost.

Bustos, José Manuel. Expresidente. Cámara Nacional de Recolectores, Recuperadores y Recicladores de Desechos Sólidos (CANARDES).

Rosales, Ramón. Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos. Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP).

Rudin, Fernando. Ingeniero civil.

Scheinberg, Anne. Especialista en manejo de desechos sólidos.

Anexo

El cálculo de la tarifa trimestral promedio

Los ingresos por tarifas para cada año se obtienen, multiplicando la unidad tarifaria trimestral promedio (UTB_{TRIM}) por el número de cuotas trimestrales de ese año ($NTRIM_t$):

$$IT_t = UTB_{TRIM} * NTRIM_t$$

Donde:

IT_t = Ingresos por tarifa del año t

UTB_{TRIM} : unidad tarifaria básica trimestral (promedio trimestral para todo el período que dura el proyecto)

$NTRIM_t$: número total de cuotas trimestrales (medidas en unidades tarifarias básicas o equivalentes) para un año t específico de los T años que dura el proyecto [ver fórmula (2) en el texto].

De esta forma, los ingresos por tarifas para todo el período se pueden obtener mediante la suma de los ingresos de todos los años del proyecto. (Al aplicar el factor de descuento correspondiente, obtenemos como resultado el valor actual de la corriente de ingresos en valores del año 1):

$$\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IT_t = \sum_{t=1}^T \delta^{t-1} UTB_{TRIM} * NTRIM_t$$

Donde:

$\delta = 1/(1 + r)$ Factor de descuento, donde $r = 10\%$, es la tasa de descuento.

Despejando para UTB_{TRIM} :

$$\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IT_t = UTB_{TRIM} * \sum_{t=1}^T \delta^{t-1} NTRIM_t$$

$$UTB_{TRIM} = \frac{\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} IT_t}{\sum_{t=1}^T \delta^{t-1} NTRIM_t}$$